

**DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BAFA GÖLÜ SEDİMANLARINDAKİ AĞIR  
METAL KİRLİLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

**Sinem YILGÖR**

**Mart, 2012**  
**İZMİR**

# **BAFA GÖLÜ SEDİMANLARINDAKİ AĞIR METAL KİRLİLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

**Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Doktora Tezi**

**Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Bölümü, Deniz Jeolojisi ve Jeofiziği Programı**

**Sinem YILGÖR**

**Mart, 2012**

**İZMİR**

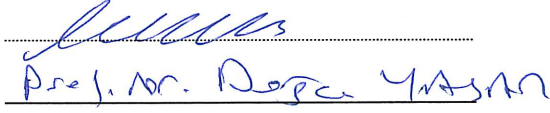
## DOKTORA TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

SİNEM YILGÖR tarafından PROF.DR. FAİK ERDENİZ ÖZEL yönetiminde hazırlanan “BAFA GÖLÜ SEDİMANLARINDAKİ AĞIR METAL KİRLİLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

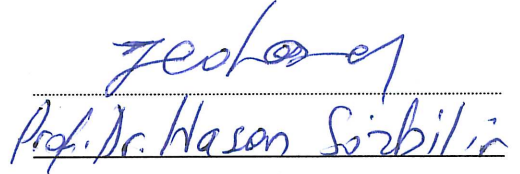


Prof. Dr. Erdeniz Özel

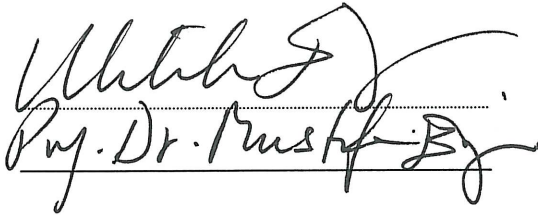
Yönetici



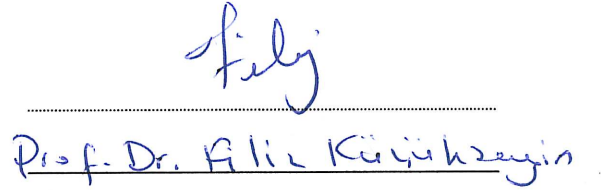
Tez İzleme Komitesi Üyesi



Tez İzleme Komitesi Üyesi



Jüri Üyesi



Jüri Üyesi

Prof. Dr. Musrafa SABUNCU

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

## TEŞEKKÜR

Bu tez Türkiye Bilimsel ve Teknolojik araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından finanse edilen 110Y002 no'lu “Bafa Gölü'nün Jeolojik, jeofizik ve Oşinografik İncelenmesi” isimli proje desteğiyle gerçekleştirilmiştir.

Çalışmalarım sırasında bilimsel katkıları ile yardımlarını esirgemeyen tez danışmanım ve hocam Prof. Dr. Erdeniz ÖZEL'E ve hocam Prof. Dr. Filiz KÜÇÜKSEZGİN'E

Radyometrik tarihlendirme çalışmalarında ki desteklerinden dolayı Araş. Gör. İlker SERT'e, ve Ege Üniversitesi Nükleer Bilimler Enstitüsü'ne,

Su derinliği ölçüm çalışmalarında ve büro çalışmalarındaki desteklerinden dolayı Arş. Gör. Can EYTEMİZ ve Şüheda EDREMİT'E,

Arazi çalışmalarında sediment örneklerinin alınması sırasındaki yardımlarından dolayı Öğr. Gör. Mustafa EFTELİOĞLU ve Gamze KORDACI'YA,

ve tüm proje çalışanlarına,

sevgili eşime, beni anlayarak çalışmama müsaade eden minik kızım AYŞENUR' A ve aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Sinem YILGÖR

# BAFA GÖLÜ SEDİMANLARINDAKİ AĞIR METAL KİRLİLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

## ÖZ

Günümüzden 2000 yıl kadar önce Ege Denizi'nin büyük Körfezlerinden biri olan Latmos Körfezi'nin önünün Menderes nehrinin taşıdığı alüvyonlarla kapanması sonucu, Bafa Gölü doğal bir set gölü (Lagün) olarak ortaya çıkmıştır. Gölün yüzölçümü yaklaşık olarak 75 kilometrekare , deniz seviyesinden olan yüksekliği 5m ve en derin yeri 20-25 m olarak bilinmektedir.

Birçok açıdan önem taşıyan gölün bilimsel verileri oldukça sınırlıdır. Bu çalışmada Ege bölgesinin en büyük kıyusal göllerinden biri olan Bafa Gölü'nün kirliliği araştırılmış ve bu amaçla göl sedimentlerinden yüzey ve karot şeklinde sediment örnekleri alınmıştır. Gölde oluşan kirliliğin derecesini ortaya koymak amacıyla yüzey ve dip sedimentlerinde Fe, Cr, Mn, Pb, Ni, Zn, Cu, Hg metallerinin konsantrasyonları saptanmış, karot örneklerinde radyometrik yöntemler kullanılarak (kurşun ikiyüzon) yakın zaman tarihlemesi yapılmış, sediment çökelim hızı tespit edilmiştir. Ayrıca sediment örneklerine tane boyu, organik karbon, karbonat analizleri, göl suyuna ait akıntı ölçümleri ve fizikokimyasal parametreler tayin edilmiştir.

Yapılan tarihlendirme ve ağır metal analizi sonuçlarına göre; C1 karotu boyunca yıllara göre Hg dışında metal derişimlerinde önemli sapmalar saptanmamıştır. Ancak yaklaşık olarak 1985 yılına karşılık gelen karotun 10.cm. sinden itibaren Hg derişiminde önemli miktarda artış olduğu gözlenmektedir. Ağır metal derişimleri bazı kirlilik indekslerine göre yorumlanmış, bunun sonucunda; Fe, Cr, Mn, Pb, Ni, Zn ve Cu, metalleri için neredeyse bütün yüzey ve karot örnekleri kirlenmemiş olarak sınıflanmıştır. Ancak Hg metaline ait zenginleşme faktörü değerleri oldukça yüksek bulunmuş olması çalışma alanının genelinin Hg açısından kirli olduğunu ortaya çıkarmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Bafa Gölü, göl sedimentleri, ağır metal, kirlilik.

# INVESTIGATION OF HEAVY METAL POLLUTION IN SEDIMENTS FROM LAKE BAFA

## ABSTRACT

About 2000 years ago, the Bafa Lake was formed as a natural lagoon due to filling of the alluvial materials to the front of the Latmos Bay, one of the biggest bay of the Aegean Sea, which were carried by Menderes River. The surface area of the Bafa Bay is about 75 square kilometer, it's the location above the sea level 5 m, and it's the deepest part 20-25 m.

The scientific data of the Bafa Lake is too limited. In this study, the Lake Bafa, which is one of the largest coastal lakes in the Aegean region, pollution of the lake sediment are investigated and for this purpose in the form of surface and core sediment samples were taken. In order to demonstrate the degree of pollution of the lake; metal concentration (Fe, Cr, Mn, Pb, Ni, Zn, Cu, Hg) in surface and bottom sediments, radiometric dating of core samples, were analyzed. In addition, grain size, organic carbon and carbonate analyzes in sediment samples, and physicochemical parameters and current were determined in the lake water.

According to the dating and heavy metal analysis; There was no significant deviations of metal concentrations except for Hg along the core C1. However after the 10. cm of the cores Hg concentration amount show a significant increase. Heavy metal concentrations were interpreted according to some indices of pollution and for Fe, Cr, Zn, Pb, Ni, Zn and Cu, in the almost all of the surface and core samples are classified as unpolluted. However, metal enrichment factor of Hg values were rather high. In this case; the study area to be polluted by Hg.

**Keywords:** Bafa Lake, lake sediment , heavy metal, sediment contamination.

# İÇİNDEKİLER

Sayfa

TEZ SONUÇ FORMU .....	ii
TEŞEKKÜR .....	iii
ÖZ .....	iv
ABSTRACT .....	v

## **BÖLÜM BİR – GİRİŞ .....** 1

1.1 Çalışmanın Amacı .....	1
1.2 Çalışma Alanının Jeolojisi .....	1

## **BÖLÜM İKİ – MATERYAL VE YÖNTEM.....** 8

2.1 Fizikokimyasal Parametreler .....	8
2.2 Konum Belirleme ve Su Derinliği Ölçüm Çalışmaları .....	8
2.3 Akıntı Ölçümleri .....	8
2.4 Sediment Örnekleme .....	9
2.5 Tane Boyu, Organik Karbon ve Karbonat Analizleri .....	9
2.6 Tarihlendirme ve Sedimentasyon Hızı Ölçümleri .....	11
2.7 Ağır Metal Analizleri .....	11

## **BÖLÜM ÜÇ – BULGULAR VE TARTIŞMA.....** 14

3.1 Göl Suyunun Fizikokimyasal Özellikleri .....	14
3.2 Su Derinliği Ölçümü ve Haritalama .....	17
3.3 Akıntı Ölçümleri .....	19
3.4 Sediment Örneklerinin Dokusal Sınıflaması .....	20

3.5 Sediment Örneklerinin Toplam Organik Karbon ve Karbonat Dağılımı .....	22
3.6 Ağır Metal Ölçümü ve Değerlendirilmesi .....	25
3.6.1 Karot Örneklerinde Tarihlendirme ve Sedimentasyon Hızı.....	25
3.6.2 Yüzey ve Karot Örneklerinde Ağır Metal Derişimleri .....	27
3.6.3 Yeni Jeokümülyasyon Index (NIgeo).....	41
3.6.4 Zenginleşme Faktörü (EF) .....	44

**BÖLÜM DÖRT – SONUÇLAR .....** 53

**KAYNAKLAR .....** 58

**EK-1**



## **BÖLÜM BİR**

### **GİRİŞ**

Bafa Gölü Türkiye'nin Güneybatısı'nda, Muğla ili Milas ilçesinin güney sınırında, Aydın ili Söke ilçesinin kuzeyinde yer almaktadır (Şekil 1.1). Maksimum derinliği ortalama 20 m, yüzey alanı yaklaşık 75 km<sup>2</sup> dir. Gölün Büyük Menderes Nehri'nin delta ilerlemesi sonucu oluştuğu bilinmektedir. Buna göre; geçen altı binyılda nehir sedimentleri Latmian Körfezi olarak bilinen deniz ortamını neredeyse tamamen doldurarak körfezi açık denizden ayırmıştır (Müllenhoff, Handl, Knipping, ve Brückner, 2004). Bafa Gölü 37° 31' Kuzey, 27° 27' Doğu koordinatlarında yer alır.

#### **1.1 Çalışmanın Amacı**

Yapılan çalışmanın amacı Ege Bölgesi'nin en büyük kıyısal göllerinden biri olan Bafa Gölü'nün kirliliği ve bu kirliliğe neden olan etkenlerin araştırılmasıdır. Birçok açıdan önem arz eden Bafa Gölü son yıllarda yaşadığı kirlilik tehdidi nedeniyle sürekli gündemde olan bir bölgedir. Göl kenarında balık işletme tesisleri, yağ üretim fabrikaları, otel, motel, lokanta ve yerleşim birimleri ve pamuk tarımı yapılan tarım arazileri yer almaktadır ve bu alanlardan gelen her türlü sıvı atıklar arıtılmadan göle verilmektedir. Ayrıca bir kanal vasıtasıyla Büyük Menderes Nehri 'nden gelen kirliliği sular göle boşalmaktadır. Ancak yaz aylarında ve kurak dönemlerde nehrin sularının aşırı derecede kirliliği olması nedeniyle su transferi yapılamamaktadır. Yapılan çalışma gerek kirlilik çalışmaları gerekse tarımsal çalışmalar ve halk sağlığı çalışmalarına temel veri ve katkı sağlayacaktır.

#### **1.2 Çalışma Alanının Jeolojisi**

Çalışma alanında Menderes Masifine ilişkin metamorfik kayalar yüzeyler. Bugüne değin masifin stratigrafik, petrografik, metamorfik ve jeotektonik konumlarının aydınlatılmasına yönelik çalışmalar gerçekleştirilmiştir (Öztürk ve Koçyiğit (1982, 1983); Şengör, Satır ve Akkök (1984); Bozkurt (1994, 1996).



Şekil 1.1 Bafa Gölü yerbulduru haritası ve tarihsel zaman içinde Büyük Menderes nehri deltasının ilerlemesine ait senaryo (Müllenhoff ve diğer., 2004)

Masifin yapısal özellikleri, Turner ve Weiss (1963), Ramsay (1967), Hobbs, Means ve Williams (1976) ve Ramsay ve Hubber (1989) tarafından verilen mesoskopik tektonik analiz yöntemleri ile değerlendirilmiştir. Çalışılan bölgede Kuvaterner yaşlı alüvyonlar dışında, geniş bir alan kaplayan Menderes Masifinin metamorfiteri mostra verir (Ek-1).

Pan-Afrikan temele ait birimlerin geniş alanlarda yüzlek verdiği, KD-GB uzanımlı Menderes Masifi (200 x 300 km) Batı Anadolu'nun en büyük kabuksal segmentlerinden birini oluşturmaktadır. Bu kristalin kompleks güneyde Likya napları, kuzey ve kuzey batıda ise İzmir - Ankara Zonu'na ait birimler tarafından tektonik olarak üzerlenmektedir. Masif doğuda ise Neojen yaşlı birimlerle örtülmektedir. Menderes Masifi günümüzde aktifliğini sürdüren D-B uzanımlı graben sistemleriyle dört asmasife (kuzeyden güneye doğru; Eğrigöz, Demirci - Gördes, Ödemiş - Kiraz ve Çine asmasifleri) bölünmüştür. Masifin en temel kaya türlerinden biri olan gnaysların ilksel kayaları konusundaki görüşler "tortul" ve "magmatik" köken olmak üzere iki başlık altında toplanabilir. Tortul köken genelde eski çalışmalarda kabul gören bir görüştür. Buna karşın son 10 yıllık zaman dilimi içerisinde gerçekleştirilen çalışmaların büyük çoğunluğunda, tortul görüşün aksine tüm gnaysların granitik bir köken kayacından türediği yönünde son derece sağlam jeolojik, jeokronolojik ve jeokimyasal bulgular elde edilmiştir (Dora ve diğ. 2005).

Menderes Masifinin kaya istifi için aşağıdaki şu genel değerlendirmelerde bulunulabilir;

- 1-Her üç asmasif de Demirci - Gördes, Ödemiş - Kiraz ve Çine asmasifleri benzer litostratigrafiye sahiptir.
- 2-Masifin en yaşlı birimleri paragnays ve şistlerden oluşan üst kabuk metakırıntılardır.
- 3-İri kristalli, gözlü ve/veya lökokratik gnaysların tümü granitik kökenlidir ve söz konusu metakırıntılarla intruzif dokanak ilişkileri sunmaktadır.
- 4-Masif, Pan-Afrikan ve Paleozoik - Erken Tersiyer birimlerinden oluşan bir nap yığını yapısı göstermektedir.

5-Son naplaşma Alpin yaşıdır. Ancak Prekambriyen birimlerinde Pan-Afrikan orojenezi ile ilişkili daha yaşlı dilimlenmeler olabilir.

Dora ve diğ. 2005 yaptıkları çalışmada Bafa gölü doğusundaki Bucak ve Karahayıt Köyleri arasındaki alanın Pan-Afrikan temel Subarkoz / çamurtaşlarından türeme granat mika şistler ve onlar içerisine sokulmuş turmalin lökokratik ortognayslardan yapılı olduğunu, Bucak Köyü kuzeyinde, Yanıklık sırtında ve Karahayıt Köyü'nün 500 m kuzeyinde turmalin lökokratik ortognaysların Prekambriyen şistlerle olan intruzif ilişkisinin çok net olarak izlendiğini, Dokanak boyunca şistlerin aplitik damarlar tarafından kesilip, gnayslar içerisinde ise çevre kaya kapanımlan gözlendiğini ve Pan-Afrikan temelin, fillit - kuvarsit - mermer ardalanmalı bir seri tarafından tektonik olarak üzerlendiğini belirtmişlerdir.

**Gnays:** Çine Asmasıfinin güney ve batı kesimi boyunca uzanan çalışma alanlarında, Pan-Afrikan temel mika şistler ve bunların içerisine sokulmuş, aynı magmatik aktivitenin farklı evrelerine ait granitlerden türeyen gnayslardan yapılıdır. Şistler içerisinde ayrıca ender olarak bazik magmatik aktivite ürünü amfibolit düzeylerine de rastlanmaktadır. Dora ve diğ. bölgede yapılan ayrıntılı harita alımı ve petrografik çalışmalarda, genel haritalarda gnays olarak gösterilen ve önceki çalışmaların birçoğunda ana hatlarıyla gözlü / granitik gnays olarak tanımlanan kayaların kendi içlerinde türlere ayrılmasının mümkün olduğu belirlenmiştir.

Jeokronolojik bulgulara dayalı olarak, Pan-Afrikan yaşlı asidik bir magmatik aktivitenin birbirini izleyen evrelerine ait olduğu anlaşılan bu sokulumlar 5 grup altında toplanmıştır. Bunlar;

1-Ortoklas porfiroblastlarının ve biyotit varlığı ile tanımlanan iri kristalli gözlü/  
**granitik gnays** 2-Hornblend içeren, eş boyutlu, ince-orta taneli **amfibol gnays**

3-Lökokratik karakterde, ince kristalli **porfirleritik metagranit** 4-Biyotit içermeyen, turmalince zengin, beyaz renkli, orta taneli es boyutta kristallerden yapılı **turmalin lökokratik ortognayslar** 5-Çok büyük oranda albit ve

kuvarstan yapılı, turmalin ve rutil içerebilen, damar karakterindeki **lökokratik metaaplitler** olarak verilebilir.

**Dora ve diğ. 2005;** Gnaysların jeokimyasal Özelliklerine dayalı genel değerlendirmelerini aşağıdaki şekilde özetlemişlerdir:

-Turmalin lökokratik ortognays ve gözlü gnayslar genel olarak kalkalkalen peralümina granit bileşiminde magmatik kütleleri ifade etmektedir.

-Gözlü ve turmalin lökokratik ortognaysların ilksel kayalarını oluşturan granitoidler, birbirine yaklaşan levha sınırlarında, dalma-batma ve çarpışma süreçlerini içeren orojenik olaylar sonrası gerçekleşen genişleme ve çökme ile bağlantılı magmatizmanın ürünleridir,

-Mineralojik olarak iki gruba ayrılan gözlü gnayslar ve turmalinli gözlü gnayslar, aynı tektonik ortamda gelişmiş, tek bir kaynak kayadan farklı bölümsel ergime süreçlerinde kristalleşmiş, değişik oranda kabuksal kirlenmeye uğramış magmatik kütlelerdir.

**Şist:** Büyük oranda homojen bir yapıya sahip olmaları nedeniyle Pan-Afrikan temele ait şistleri makroskobik özellikleri ve mineralojik bileşimleri açısından farklı litolojiler şeklinde haritalamak mümkün değildir. Bu durum, ilksel tortul kayanın litolojik özelliklerinin düşey ve yatay yönde kısa mesafelerde küçük değişimler sunmasından kaynaklanmaktadır. Bu nedenle saha gözlemlerinde bu kayalar genel olarak, mika şist / granat mika şist olarak tanımlanmıştır. Haritalamada herhangi bir ayrıma gidilememesine karşın petrografik incelemelerde şistler; 1-Mika şist, 2-Granat mika şist, 3-Muskovit kuvars şist / Kuvarsit ve 4-Amfibol granat şist olmak üzere dört gruba ayrılmıştır.

**Mermer:** Örtü serileri, koyu gri / siyah renkli mermer düzeylerinin varlığı ile karakterize olmaktadır. Kalınlıkları birkaç metreden birkaç yüz metreye kadar uzanan bu mermerler yanal yönde kilometrelerce izlenebilmektedir. Bu karbonatların diğer

bir tipik özelliği, çizgisellik sunan veya budinleşerek kayaca benekli bir görünüm kazandıran düzeyler içermesidir. Bu beyaz benekler kalınlığı birkaç metreyi geçmeyen yığılımlar oluşturabilmektedir.

**Kuvarsit / Kuvars şist:** Kuvars ve muskovit içeriklerine göre saf kuvarsit ile kuvars şist arasında değişimler gösteren bu kayalar Paleozoik serinin en alt düzeylerini oluşturmaktadır. yanal ve düşey yönde kısa mesafelerde fillit ve kuvarşça zengin şistlere geçişler göstermeleri nedeniyle kuvarsitlerin çoğu kez ayrı bir birim olarak haritalanması mümkün olmamaktadır. Beyaz, sarımsı beyaz renklerdeki kuvarsitlerde sığ ve çalkantılı bir ortamı yansıtan çapraz katmanlanmalar sıkça gözlenmektedir .Kuvarsitler uyumlu ve geçişli bir dokanakla fillitler tarafından üzerlenmektedir.

**Fillit:** Siyah renkli fillitler Paleozoik serilerin en karakteristik kaya türünü oluşturmaktadır. Çalışılan bölgelerin tümünde gözlenen bu kayalar metamorfizma koşullarını yansıtan, porfiroblast karakterindeki mineral içermeleri ile karakterize olmaktadır. Kloritoid fillit ve granat fillitler en yaygın gözlenen fillit türlerini oluşturmaktadır.

Dora ve diğ. (2005) yaptıkları çalışmada jeokronolojik verilerin, farklı dokusal ve mineralojik özellikler sunan bu granitlerin Pan-Afrikan yaşlı aynı bir magmatik aktivitenin birbirini izleyen evrelerine ait ürünleri olduklarını gösterdiğini, çevre kayayı oluşturan ve gnays dokanağı boyunca Bafa Gölü'nden Karacasu'ya kadar uzanan bölgedeki mika şistlerin, Pan-Afrikan temele ait olup Geç Proterozoik yaşlı olduklarını, öte yandan detritik zirkon yaşlarına dayalı olarak, fillit - kuvarsit - mermer ardalanmalı serinin çökelim yaşının ise Paleozoik olması gerektiğini belirtmişlerdir.

Gnayslar çevre kayaları tüm dokanak boyunca homojen bir bileşim sunan, subarkozik bir kumtaşından türeme granat ve mikaca zengin şistlerdir. Pb/Pb yöntemine dayalı jeokronolojik çalışmalarda mika şistler içerisindeki detritik kökenli zirkonların 592 - 3239 my arasında değişen yaşlar verdiği saptanmıştır. Ortalama 550

mylık detritik zirkonların yokluğu bu kayaların en ayırtaç özelliğidir. Şistlerde saptanmış en genç kırıntı zirkon yaşı ve bu kayaları kesen granitlerin sokulum yaşlarına dayanarak söz konusu kayaların ilksel tortullarının çökelim yaşlarının Geç Proterozoik olduğu belirlenmiştir.

Menderes Masifi metamorfitletindeki amfibolitler ortoamfibolittir, yani magmatik kökenlidir ve örneklerdeki yapılan jeokimyasal çalışmalar da; Ti, Cr ve Ni içeriklerinin yüksek olmasıyla da bu durum doğrulanmaktadır. Cr-Ni birlikteliği ilksel bazik magmatik kayalara bağlanabilir (Akıska, Ünlü ve Sayılı, 2008).

Akat, Öztürk, Öztürk ve Çağlayan (1975); Milas (Muğla) batısında Bafa gölü çevresinde yer alan Menderes masifi metamorfiklerini Bafa formasyonu olarak adlandırmıştır. Formasyon, yeşil şist metamorfizması sınırları içinde başkalaşım geçirmiş pelitik ve bazik-ultrabazik kayalardan oluşmaktadır. Bafa formasyonunu oluşturan metamorfitletlerin, mikroskop incelemelerinde klorit şist, serisit şist, kuvarsit, kalkşist, aktinolit şist, amfibolit, serpantin, muskovit şist, tremolit şist, biyotit şist, granat şist vb. türlerde oldukları saptanmıştır. Yer yer serpantinleşmiş peridotitler yer yer de ince mermer bantları bulunmaktadır (Ercan, Akat, Günay ve Savaşın, 1985).

## **BÖLÜM İKİ**

### **MATERYAL VE YÖNTEM**

#### **2.1 Fizikokimyasal Parametreler**

Göle ait su kalitesi parametreleri (pH, tuzluluk ve sıcaklık) yerinde WT pH/Cond 304i/Set cihazı kullanılarak, çözünmüş oksijen (ÇO) değerleri ise Winkler metoduyla saptanmıştır.

#### **2.2 Konum Belirleme ve Su Derinliği Ölçüm Çalışmaları**

Göl suyunun derinliğinin hassas bir şekilde belirlenmesi göl tabanının morfolojisinin ortaya çıkarılması açısından önemlidir. Sonuçta elde edilen harita tabandaki yükselteler, çukurlar, tektonik yüzey hareketleri, jeolojik yapılar vb. hakkında bilgi edinilmesini sağlar.

Pozisyon belirleme çalışmaları DGPS navigasyon sistemi (Crescent A100) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Su derinliği ölçümlerinde ise; 480 ışınlı, 0.5-100 m su derinliğine duyarlı, göl tabanında taradığı alan 100 m' ye kadar su derinliğinin üç katı olan ODOM ES3 modeli çok ışınlı ekosounder kullanılmıştır.

#### **2.3 Akıntı Ölçümleri**

Akıntı ölçümleri 150 kHz RDI WH Mariner ADCP kullanılarak yapılmıştır. WH150 ünitesi teknenin yan tarafına, transduserler bir metre suyun içinde kalacak şekilde yerleştirilmiştir. WH150'nin teknik sınırları içerisinde, deniz yüzeyinin 5m altından tabana kadar 2m aralıklarla her saniyede bir ölçüm alınmıştır. Bafa gölünde her bir istasyonda yaklaşık 1 saat süreyle akıntı ölçümleri yapılarak daha sonra bu ölçümlerin ortalaması alınmıştır. Bu yöntemin izlenmesinin nedeni göldeki akıntıların çok zayıf olması ve ADCP' nin ölçüm hassasiyetleri içerisinde istatistikî olarak güvenilebilir ölçümler elde edebilmektir.



## 2.4 Sediment Örnekleme

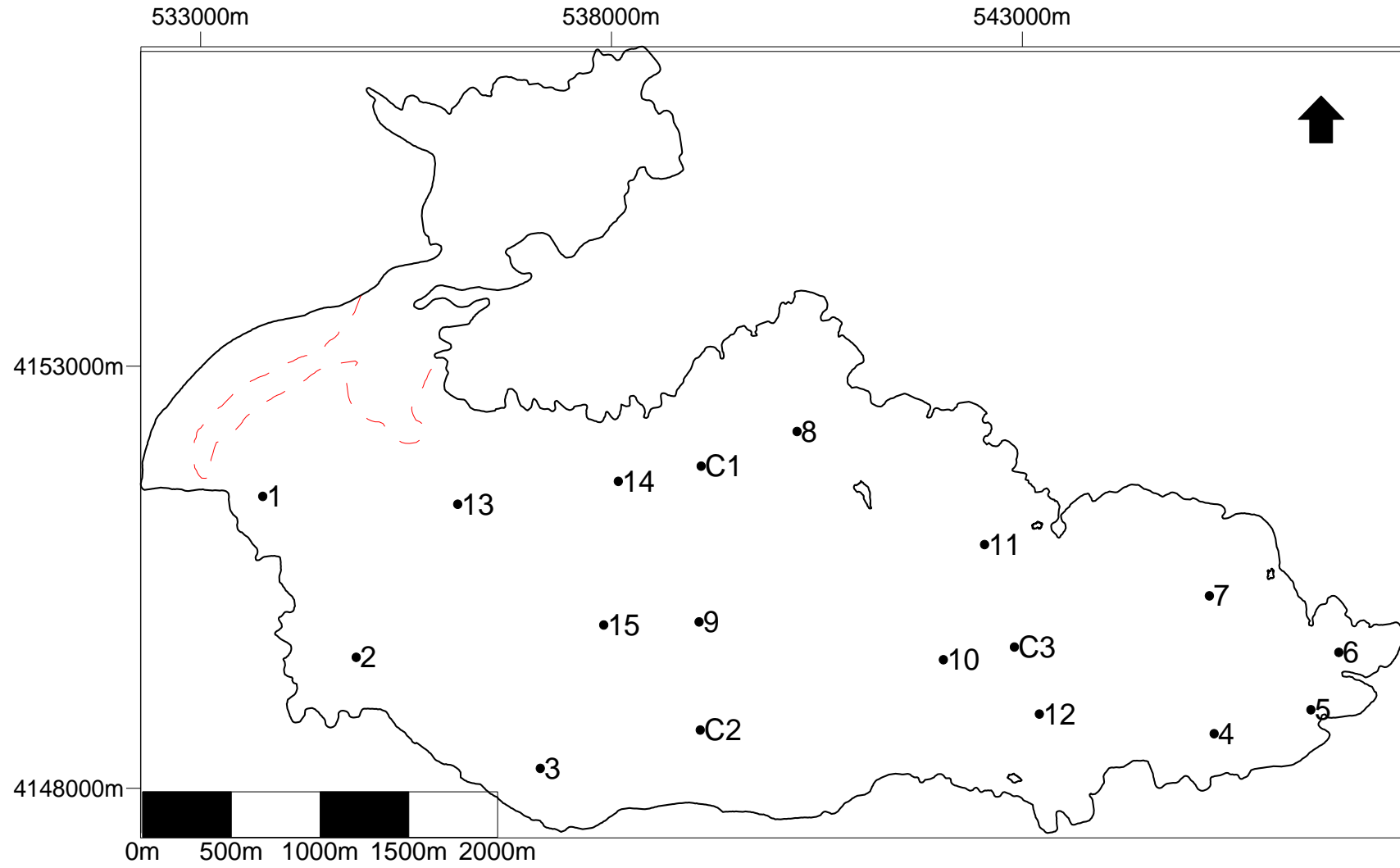
Yüzey sedimentleri Eylül 2010 tarihinde van Veen tipi grab kullanılarak, karot örnekleri ise Kasım 2010 tarihinde gravite karotu yardımıyla toplanmıştır (Şekil 2.1).

15 yüzey ve 3 karot örneği (karotların uzunlukları; C1=65 cm, C2=38 cm, C3=63 cm) alınmış ve tane boyu özellikleri, toplam karbonat ve organik karbon içerikleri saptanmıştır. Ağır metal (Fe, Mn, Ni, Cu, Zn, Cr, Pb, Hg) derişimleri ise; 7 yüzey ve 3 adet karot örneği üzerinde belirlenmiştir. Kum tane boyundan oluşan örnekler üzerinde ağır metal analizi yapılamamıştır.

Toplam 3 adet karot örneği ağır metal derişimleri ve tane boyutunu hesaplanmak için 5 cm kalınlığında, tarihlendirme ve sedimantasyon hızı belirleme çalışmaları için ise 1'er cm'lik dilimler halinde kesilmiş ve her bir dilim üzere kurutma işlemine kadar buz çantasında taşınarak derin dondurucuya konulmuştur (UNEP, 1985a, b, c).

## 2.5 Tane Boyu, Organik Karbon ve Karbonat Analizleri

Tane boyu ölçümleri; 15 adet yüzey ve 5 cm lik dilimler halinde bölünmüş 3 adet karot örneği üzerinde uygulanmıştır. Bu çalışmalar sediment örneğinin kaba taneleri için standart elek tekniği, ince taneler için ise hidrometre tekniği kullanılarak saptanmıştır (Hakanson ve Jansson, 1983). Örneklere ait organik karbon içerikleri Walkley-Black metodu ile (Gaudette, Flight, Toner ve Folger, 1974) saptamıştır. Bu metodun esası ekzotermik ısınma ve potasyum dikromat ve konsantre sülfirik asit ile organik maddenin oksidasyonunu takiben ferro amonyum sülfat ve fenilamin indikatörü ile geri titrasyona dayanır. Sediment örneklerine ait karbonat içerikleri Piper 1974 tarafında geliştirilen bir titrasyon metoduyla hesaplanmıştır. Kullanılan bu analitik metotların hassasiyeti standart örnekler kullanılarak karbonat için % 0,1, organik karbon için % 0.25 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 2.1 Çalışma alanı sediment örnekleme istasyonları

## 2.6 Tarihlendirme ve Sedimentasyon Hızı Ölçümleri

Tarihlendirme ve sedimentasyon hızı belirleme çalışmalarında alınan sediment örneklerinin yaş ağırlıkları belirlendikten sonra etüvde (70°C) kurutma işlemi yapılmış ve kuru ağırlıkları belirlenmiştir.  $^{210}\text{Po}$  tayini için kurutulduktan sonra 63  $\mu\text{m}$ 'lik elekten geçirilen sediment örneklerinden 1g. alınarak teflon beherde uygun asitler ( $\text{HNO}_3$ , HF ve HCl) kullanılarak çözme işlemi gerçekleştirilmiştir (Flynn, 1968; Suriyanarayanan, ve diğer., 2008). Çözelti tam kurumadan önce ısıtıcı tabla üzerinden alınmış, elde kalan tortu 0,5 M HCl asit ile tekrar çözülerek, katı ve sıvı fazlar filtrasyonla ayrılmıştır. 250 mL'lik bir behere süzülen çözeltinin içine askorbik asit ve taşıyıcıya yerleştirilmiş bakır disk konularak, üzeri saat camı ile kapatılmıştır. Manyetik karıştırıcılı ısıtıcıda 70°C'de depozisyon işlemi tüm örnekler üzerine uygulanmıştır. Bakır disk üzerine toplanan  $^{210}\text{Po}$  derişimleri alfa spektrometresi ile sayılmış ve örneklerdeki aktivite derişimleri hesaplanmıştır.

İlk çökeltmeden sonra çözelti ikinci çökeltme için yaklaşık 1yıl süre ile  $^{210}\text{Pb}$  tayinlerini yapmak üzere bekletilmiştir. Bu şekilde  $^{210}\text{Pb}$ 'un bozunumu ile meydana gelen  $^{210}\text{Po}$ 'un ortamda  $^{210}\text{Pb}$  ile dengeye gelmesi sağlanmıştır. Dolayısıyla, örneklerdeki  $^{210}\text{Pb}$  derişimleri,  $^{210}\text{Pb}$  ve  $^{210}\text{Po}$  arasındaki radyoaktif denge sağlandıktan sonra ölçülen  $^{210}\text{Po}$  aktivitesinden tayin edilmiştir. Böylece  $^{210}\text{Po}$  aktivitesinin tayini ile  $^{210}\text{Pb}$ , dolaylı olarak ölçülmüştür.

## 2.7 Ağır Metal Analizleri

Ağır metallerin yarattığı kirliliğin büyük bir kısmı 19. yüzyılın sonlarında endüstriyel gelişimle birlikte başlamıştır. Dünya genelinde ağır metal kirliliği; gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler için halen süregelen çevresel bir problemdir. Birçok iz elementin karasal ve atmosferik ortamlardan akuatik ortama girişi önemli ölçüde artış göstermiştir.

Birçok endüstriyel ve zirai aktiviteler genellikle büyük oranda ağır metal içeren sıvı atıklar ve katı ve gaz emisyonları doğaya bıraktıklarında kirletilmiş toprak, nehirler ve göller oluşur (Gatti, Mozeto ve Artaxo, 1999).

Jeolojik ayrışma ve biyolojik dekompozisyon gibi doğal kaynaklar ve antropojenik kaynaklar olarak tanımlanan metal ve madenlerin endüstriyel prosesleri, metal ve metal bileşenlerinin kullanımı, katı ve evsel atıklardan metallerin koparak ayrılması da kıyasal ortama iz metallerin ulaşmalarına sebep olurlar (Forstner ve Withmann, 1983; Park ve Presley, 1997).

Birçok ağır metal örneğin Zn, Mn, Cu, Cr, Ni, Co ve Mo yaşam için gerekli elementler olarak kabul edilirken; Hg, Pb, Cd, Ag ve Sn gibi metaller ise organizmaların büyük bir çoğunluğu için toksik özellik göstermektedir. Yaşam için gerekli olan metaller de eğer yüksek derişimlere sahip iseler onlarda biota üzerinde toksik etkilere sahip olabilirler.

Birçok çalışma göl ekosistemlerinin antropojenik kaynaklardan gelen iz metaller tarafında kirletildiğine işaret etmektedir (Hu, Wang ve Zou, 2011; Yang ve Rose, 2005; Charlesworth ve Foster, 1999; Roach, 2005; Belzile, Chen, Gunn ve Dixit, 2004).

Kentsel göllere kuru ve ıslak atmosferik depozitlerden, cadde tozları ve yüzey toprağından bir kısım katı artıklar içeren büyük oranda kentsel akış meydana gelmektedir. Bu katı artıklar otomobil egzozu, kentsel uçucu tozlar ve kentsel atıklardan gibi çeşitli kaynaklardan ağır metal içerebilir (Hu ve diğer.,2011). Göl sedimentleri göl ekosistemleri ve bölge içindeki çevresel değışimler açısından bir arşiv özelliğinde olup, bu nedenle dünya genelinde doğal çevresel değışimler veya insan etkilerini araştırmak için kullanılırlar (Yang ve Rose, 2005).

Karotlar; göl ve havzasında endüstri öncesi zamanda meydana gelen olaylardan bilgiler içerir. Karotlarda kirletici gruplara ait düşey profiller genellikle “kirlilik kaydı” olarak kullanılırlar. Bu nedenle karotlar akuatik ekosistemlerin kirlilik tarihi hakkında ki çalışmalarda kullanılırlar.

Fe, Mn, Ni, Cu, Zn, Cr, Pb ve Hg içerikleri mikrodalga çözücünde (Milestone 1200) HNO<sub>3</sub>-HF-HClO<sub>4</sub>-HCl asit karışımları kullanılarak yapılan çözme işleminden sonra atomik absorpsiyon spektrofotometre (AAS) kullanılarak hesaplanmıştır (UNEP 1985 a, b, c) Analizlerde alevli (Fe, Mn, Ni, Cu, Zn, Cr, Pb) ve soğuk buhar (Hg) atomik absorpsiyon spektrofotometre (Varian Spectra-300 plus) kullanılmıştır (Tablo 2.1).

Tablo 2.1 (IAEA-433) (Uluslararası Deniz Radyoaktivite Laboratuvarı) İnterkalibrasyon sediment örneği sonuçları (mg/kg).

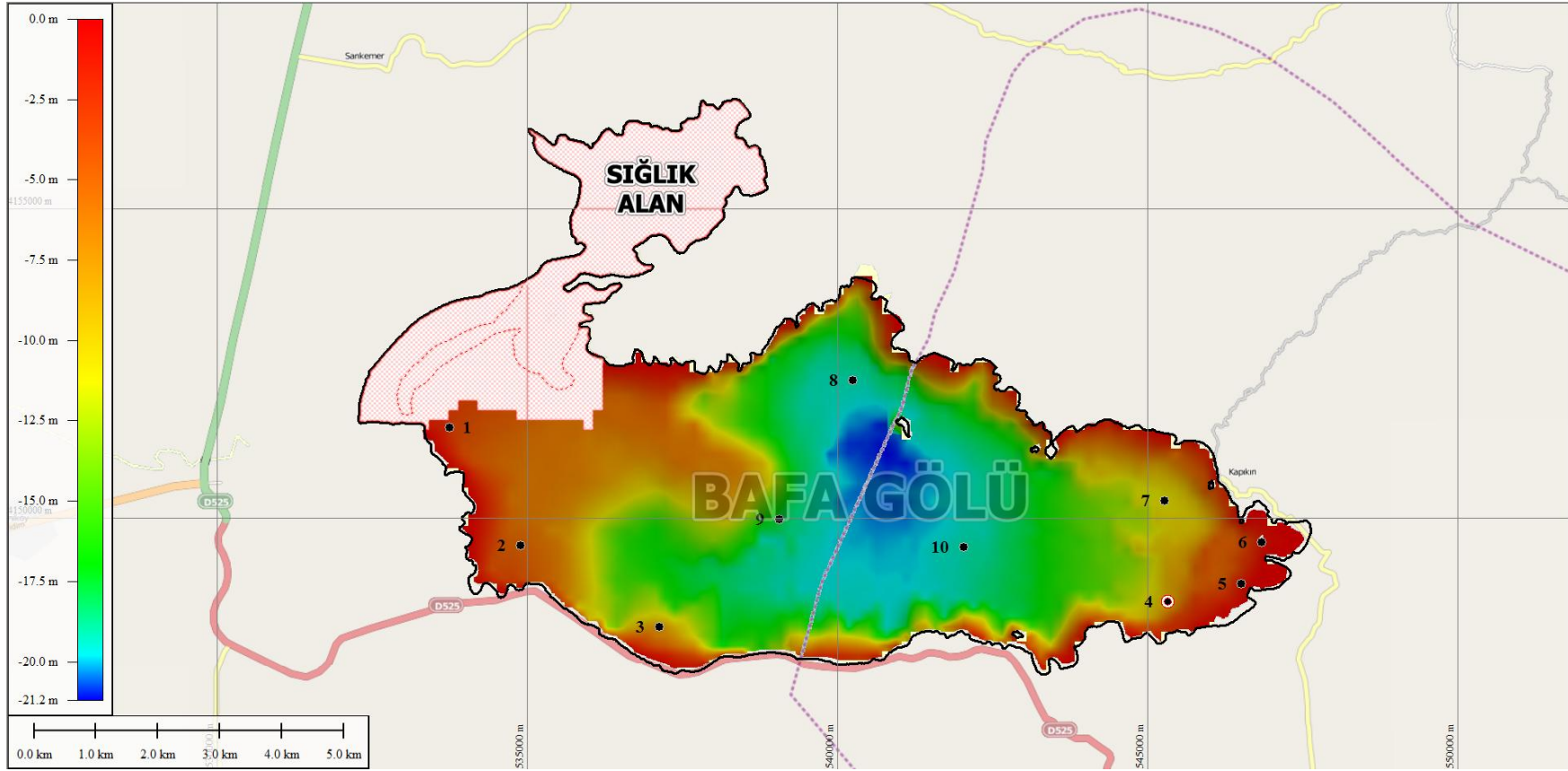
Metal	Ölçülen Değer	Referans Değer
Hg	0.167 ± 0.012	0.168 ± 0.017
Cr	136.7 ± 2.0	136 ± 10
Cu	30.8 ± 2.3	30.8 ± 2.6
Pb	27 ± 3.1	26 ± 2.7
Zn	103 ± 1.9	101 ± 8
Fe	40412 ± 293	40800 ± 1900
Mn	317 ± 1.7	316 ± 16
Ni	40.9 ± 0.98	39.4 ± 3.1

## BÖLÜM ÜÇ

### BULGULAR VE TARTIŞMA

#### 3.1 Göl Suyunun Fizikokimyasal Özellikleri

Gölün suyunun sıcaklık, tuzluluk ve pH gibi fiziko-kimyasal özellikleri, 10 noktada ve yüzey ve dip olmak üzere 2 derinlikte tespit edilmiş, aynı zamanda çözünmüş oksijen değerleri saptanmıştır (Şekil 3.1). Gölün su kalitesi genel olarak iyi tespit edilmiştir. Sonuçlar WHO İçme Suyu Kalite Standartları (WHO, 1993) ve Türkiye Doğal Sular Kalite Standartları (TSI, 1997) ile karşılaştırılmıştır. Akvatik sistemin pH'ı su kalitesi ve kirlilik derecesi için önemli bir göstergedir. WHO (1993) ve TSI (1997) tarafından pH değerleri; 6.5-8.5 arasında normal kabul edilmektedir. Çalışma alanı göl suyu örnekleme istasyonlarına ait pH değerleri 8.10 ile 8.3 arasında değişim göstermektedir. Su örneklerinin çoğunluğuna ait pH değerleri WHO (1993) ve TSI (1997)'ye göre kabul edilebilir sınırlar arasındadır. Bafa Gölü'ne ait çözünmüş oksijen derişimleri 3,2 ile 7,5 ppm arasında değişim göstermektedir. Çözünmüş oksijen değerinde önemli düşüş 3 ve 8 numaralı istasyonların dip suyu örneklemelelerinde saptanmış, 3 numaralı istasyonda 7.00 mg/l olan çözünmüş oksijen değeri 3,9 mg/l ye, 8 numaralı istasyonda 7,5 mg/l olan çözünmüş oksijen değeri 3,2 mg/l' ye düşmüştür. 3 numaralı istasyon civarında bulunan zeytinyağı fabrikaları ve 8 numaralı istasyon civarında nehirler yoluyla gelen evsel ve endüstriyel atıklar ve akıntının bu alanlarda sınırlı olması çözünmüş oksijen değerinde ki düşüşün nedeni olabilir. Bafa Gölü'ne ait sıcaklık değerleri 23 ile 29,2°C arasında, tuzluluk değerleri ise 13 ile 14,20 psu arasında değişim göstermektedir. Tuzluluk değerlerinden anlaşılacağı üzere Bafa Gölü acı su özelliği gösteren bir göldür (Tablo 3.1).



Şekil 3.1 Fiziko-kimyasal çalışmalara ait su örnekleme noktalar

Tablo 3.1 Bafa Gölü'ne ait fiziko-kimyasal değerler

İstasyon		Sıcaklık (°C)	Tuzluluk (psu)	Çözünmüş Oksijen (mg/l)	ph
1	Yüzey	28.0	14.0	6.1	8.1
	Dip	28.0	14.0	6.8	8.2
2	Yüzey	28.0	14.1	5.5	8.2
	Dip	28.0	14.0	5.3	8.3
3	Yüzey	29.5	14.0	7.0	8.2
	Dip	28.0	14.0	3.9	8.1
4	Yüzey	29.0	14.2	7.5	8.2
	Dip	29.0	14.1	7.0	8.1
5	Yüzey	29.2	14.0	7.4	8.3
	Dip	-	-	-	-
6	Yüzey	28.0	14.1	6.0	8.2
	Dip	-	-	-	-
7	Yüzey	30.0	14.0	7,5	8.1
	Dip	29.0	14.0	6.0	8.2
8	Yüzey	28.0	14.2	7.5	8.1
	Dip	28.0	14.1	3.2	8.3
9	Yüzey	27.5	14.1	7.4	8.2
	Dip	23.0	13.0	5.8	8.1
10	Yüzey	27.5	14.0	7.5	8.1
	Dip	25.0	14.0	6.2	8.2



### 3.2 Su Derinliği Ölçümü ve Haritalama

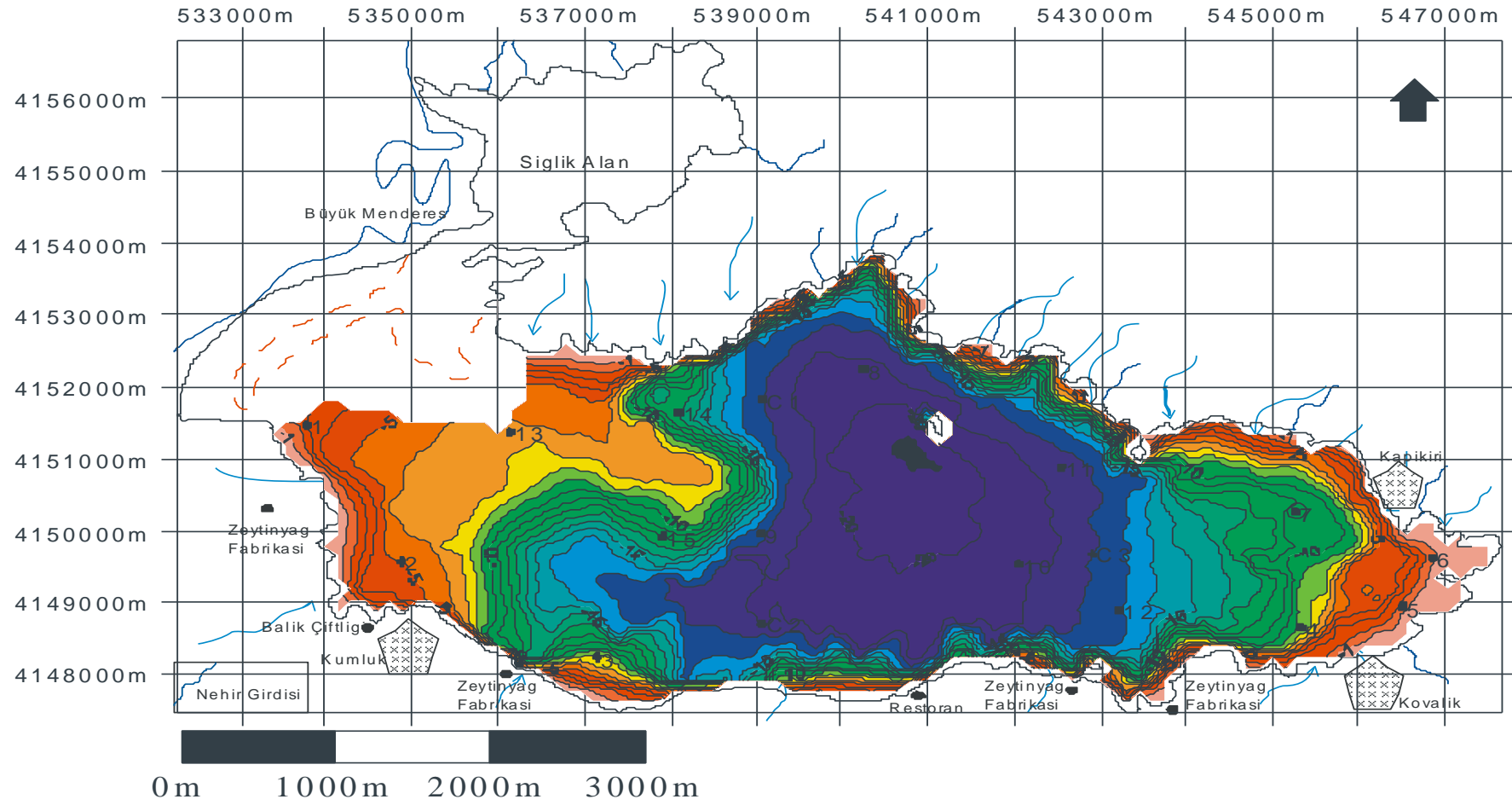
Gölü besleyen en önemli su kaynağı olan Büyük Menderes Nehri'nden tarım sulaması maksadıyla yaz aylarında havza boyunca su çekilmesi, su seviyesinin düşmesine, Büyük Menderes Nehri Besleme Kanalı ve Serçin Priz Yapısı vasıtasıyla nehirden Bafa Gölü'ne su takviyesi yapılması da gölde su seviyesinin yükselmesine sebep olmaktadır.

Batı kesimi, gölün deniz ile bağlantısını kesen Büyük Menderes Nehri delta alüvyonlarının etkisinde olup oldukça sığdır ve halen Büyük Menderes Nehri ile arasında bir kanal bağlantısı olup buradan sediment taşınımı olmakta ve bu alanın sığlaşmaya devam etmesine sebep olmaktadır (Ek-1).

Gölün doğu kesiminde bulunan Kovalık Deresi diğer akarsular yoluyla göle malzeme girdisi olmakta bu alanda sığlaşma yaratmaktadır. Doğu kıyısının sahil özelliğinde olmasından dolayı gölde ki su seviyesi değişimleri burada açıkça görülebilmektedir (Ek-1).

Kuzey kesiminde ise Beşparmak Dağları gnayslarının kıyıya dik inmeleri sonucu gölde su seviyesi bu alanda hızlı değişim göstermektedir. Gölün güney kesimi kıyından açığa doğru, düzgün bir eğimle değişim göstermektedir (Şekil 3.2).

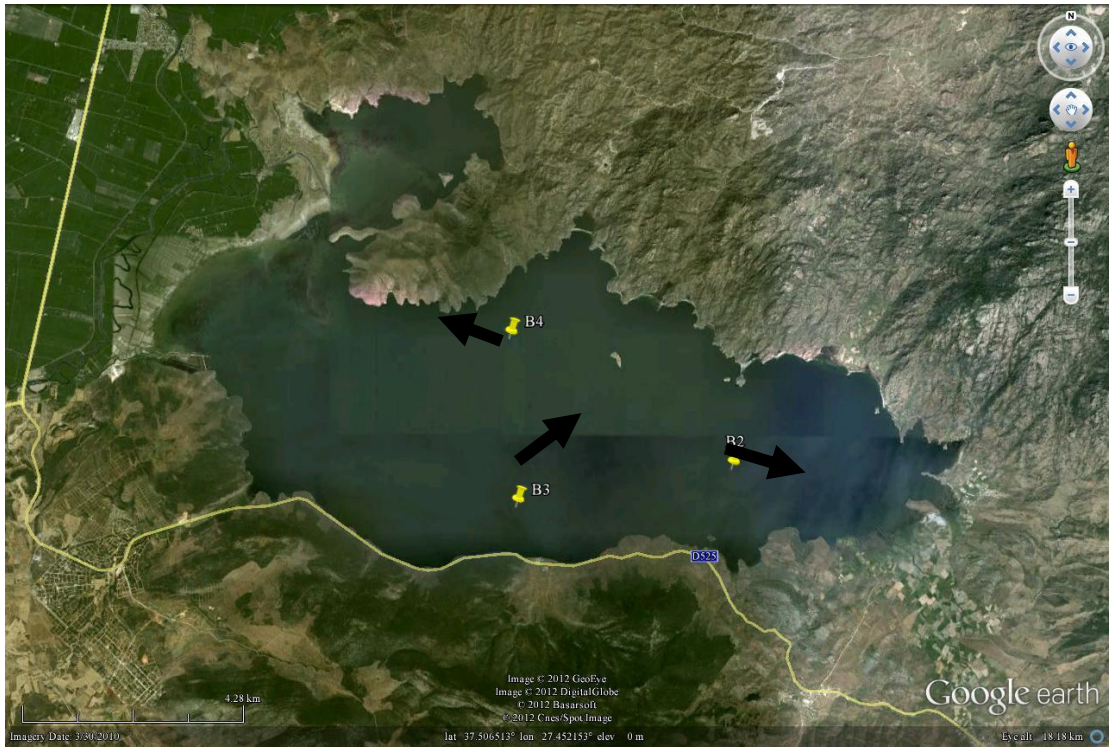
Gölün orta kesiminin en derin alan olduğu ve derinliğin 20m civarında olduğu saptanmıştır.



Şekil 3.2 Baa Gölü batimetri haritası (m)

### 3.3 Akıntı Ölçümleri

Elde edilen akıntı ölçüm sonuçları Şekil 3.3’de verilmiştir. Bu tablodan da görüleceği gibi Bafa gölü akıntıları ölçüm yapılan periyotta yaklaşık olarak 4–5 cm/s mertebesinde olup, zayıf akıntılardır ve akıntının kaynağı rüzgârdır. Akıntılar yüzeyden tabana aynı yöne doğru gitmekte ve akıntı şiddeti yüzeyden tabana çok az azalmaktadır. Bu üç istasyondaki akıntılarının yönleri incelendiğinde, Bafa gölünde zayıf bir siklonik döngünün varlığı belirlenmiştir. Bu göl büyüklüğündeki döngü, ortalama 5 cm/s hızla dönmekte ve rüzgar şiddeti ve yönü ile değişimler gösterebilmektedir.



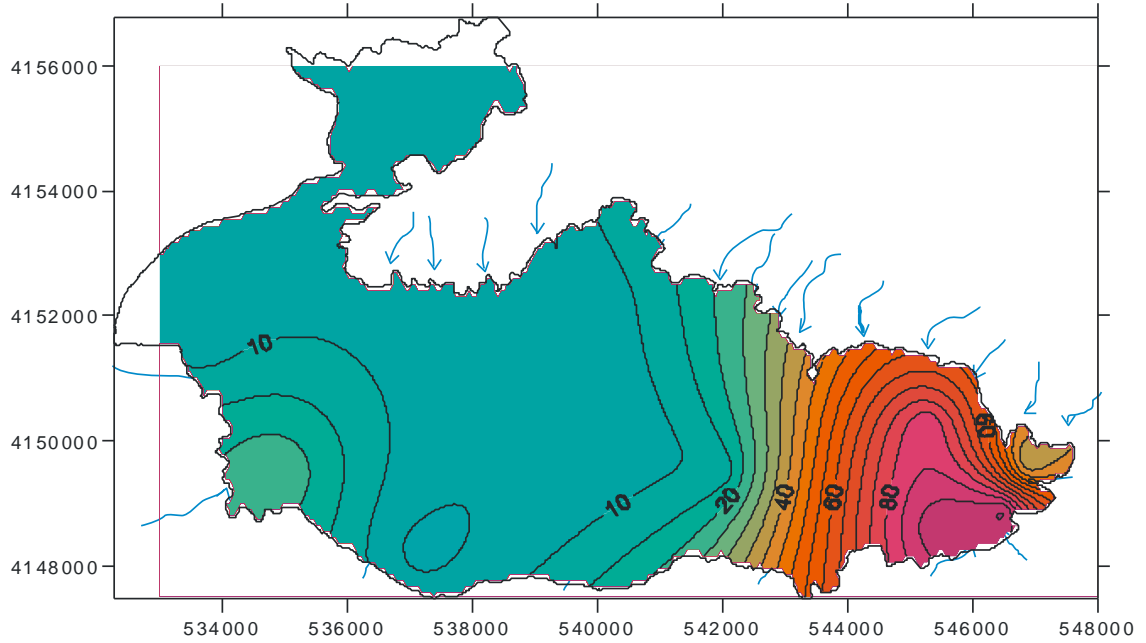
Şekil 3.3 Bafa Gölü akıntı ölçüm istasyonları ve akıntı yönleri

Çalışma alanında akıntı ölçüm istasyonlarından B2 numaralı istasyonda her üç derinlikte de kuzeybatı yönlü ve derinlikle değişim göstermeyen akıntılar mevcuttur. B3 numaralı istasyonda da üç farklı derinlikte akıntı ölçümleri yapılmış ve akıntının güneybatı yönlü olduğu saptanmıştır. B4 numaralı akıntı ölçüm istasyonunda

güneydoğu yönlü bir akıntı söz konusu ve derinlikle değişmeyen akıntılar olduğu görülmüştür.

### 3.4 Sediment Örneklerinin Dokusal Sınıflaması

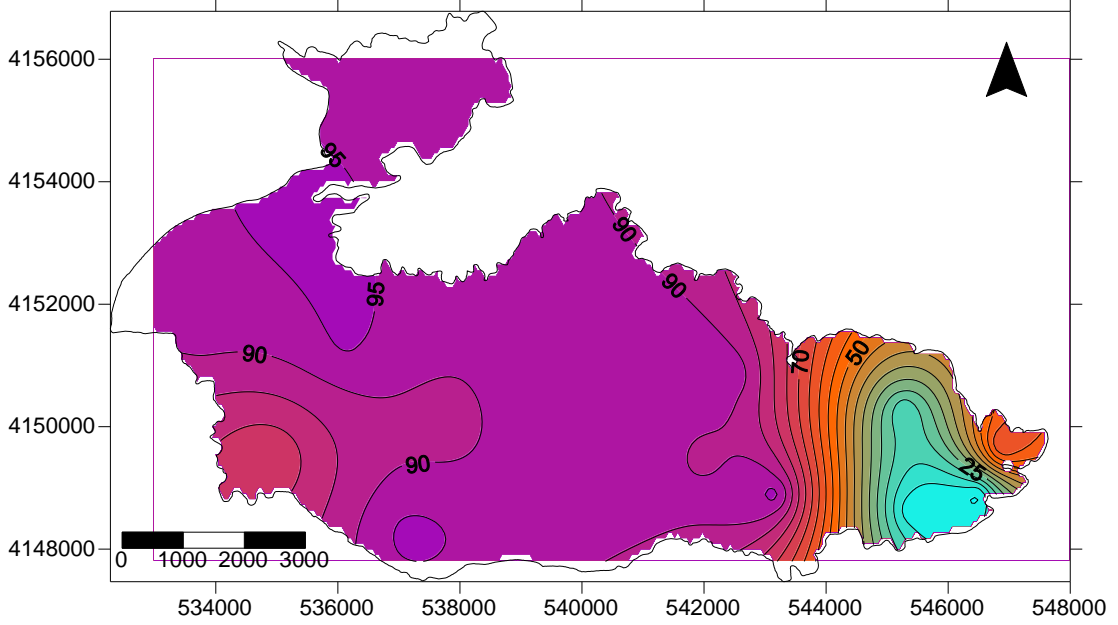
Çalışma alanından alınan 15 adet yüzey ve 3 adet karot örneğinin incelenmesi sonucu Bafa Gölü yüzey sedimentlerinin kum yüzdelerinin % 3–94 arasında değişim gösterdiği görülmektedir. (Şekil 3.4). Gölün genelinde kum yüzdesi değerleri düşük gözlenirken, en yüksek değerler gölün doğu kesiminde gözlenmektedir. Gölde doğuya doğru ilerledikçe kum yüzdesinde belirgin bir artış görülmektedir. Özellikle gölün güneydoğu ucunda kum yüzdesi maksimum değerlere (> % 90) ulaşmaktadır. Gölün güneybatı kesiminde kum yüzdesi % 25'lere ulaşırken, merkezde ve sığlık alanda kum yüzdeleri oldukça düşük değerlerdedir.



Şekil 3.4 Bafa Gölü güncel sedimentlerinde kum yüzdesi dağılımı

Gölün doğu kıyısı boyunca nehirler yoluyla gelen sedimentler bu alanda dalgalar, akıntılar ve su seviyesinde ki değişimlerin yarattığı gel-git gibi etkenlerden dolayı hareket halindedir. Nitekim yapılan akıntı ölçüm çalışmalarında gölün orta ve doğu kesiminde ki ölçüm istasyonlarında kuzeybatı ve güneybatı yönlü akıntılar tespit

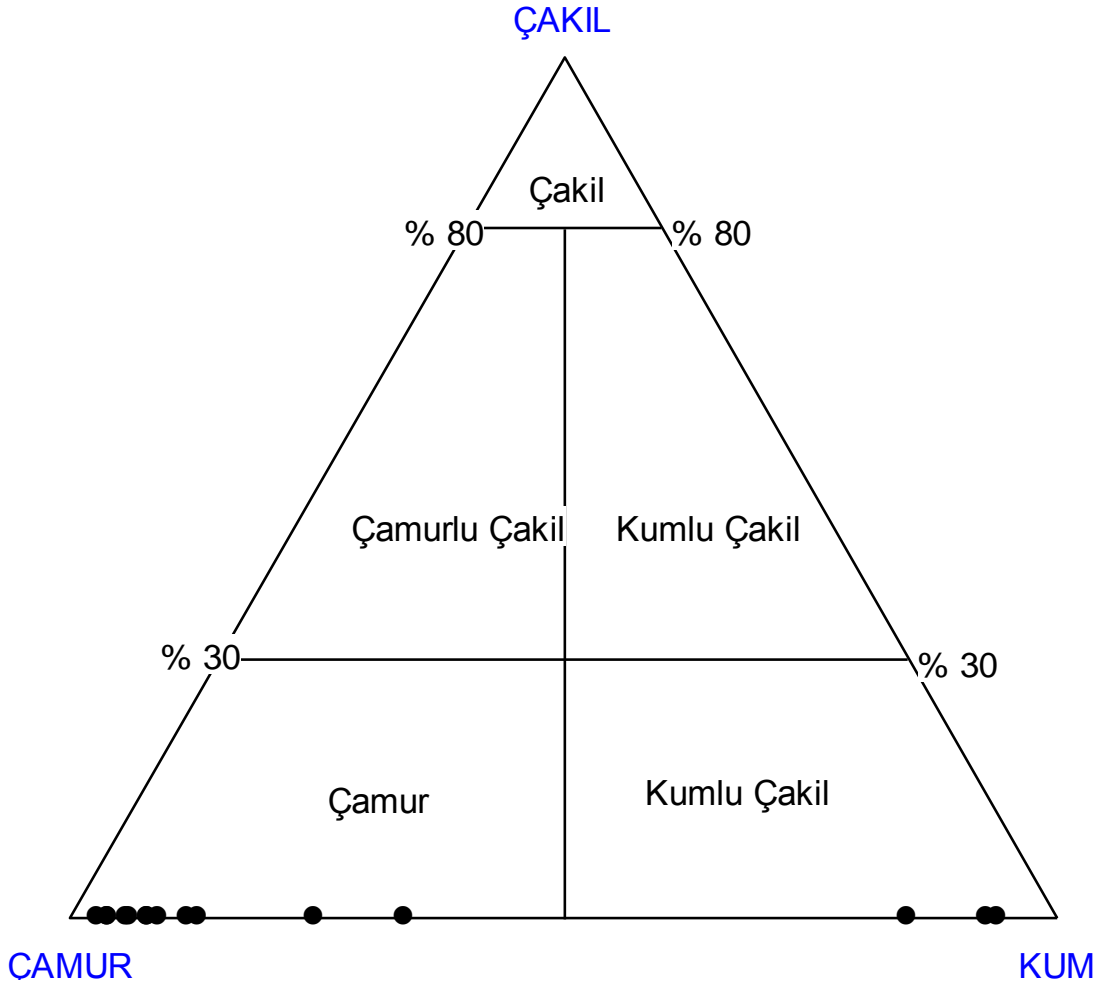
edilmiştir. Bu etkenler çamur (silt+kil) gibi ince taneli malzemeyi hareket ettirerek kaba taneliden ayırırlar. İnce taneler hafif olduklarından taşınıırken, kum boyutunda ki kaba taneler ağırlıklarından dolayı kolayca batarlar.



Şekil 3.5 Bafa Gölü güncel sedimentlerinde çamur (silt+kil) yüzdesi dağılımı

Bafa Gölü güncel sedimentlerinde çamur yüzdesi % 6–97 arasında değişim göstermektedir (Şekil 3.5). Gölün batı ve orta kesimlerinde çamur yüzdesi maksimum değerlerine ulaşırken, GD kesiminde % 10–15 arasında değişmektedir. Batı kesiminde çamur yüzdesinin yüksek olması Büyük Menderes Nehri kanalı ve gölün güneybatısından göle boşalan nehir yoluyla gelen çamurca zengin malzemelerden kaynaklanmaktadır. Gölün doğu kesiminde çamur yüzdesinin, bu alandaki sahil kumları içerisindeki düşük oranda ki çamur olduğu söylenebilir ve gölün merkezinde ki sedimentlerin çamur miktarları % 90'ı aşarak, göl için bir depolanma merkezi görünümü vermektedir.

Folk (1954)'ün dokusal sınıflamasına göre; Bafa Gölü güncel sedimentlerinde en sık görülen litoloji çamur ve kumlu çamur'dur (Şekil 3.6).



Şekil 3.6 Bafa Gölü yüzey sediment sınıflaması Folk (1954) e göre.

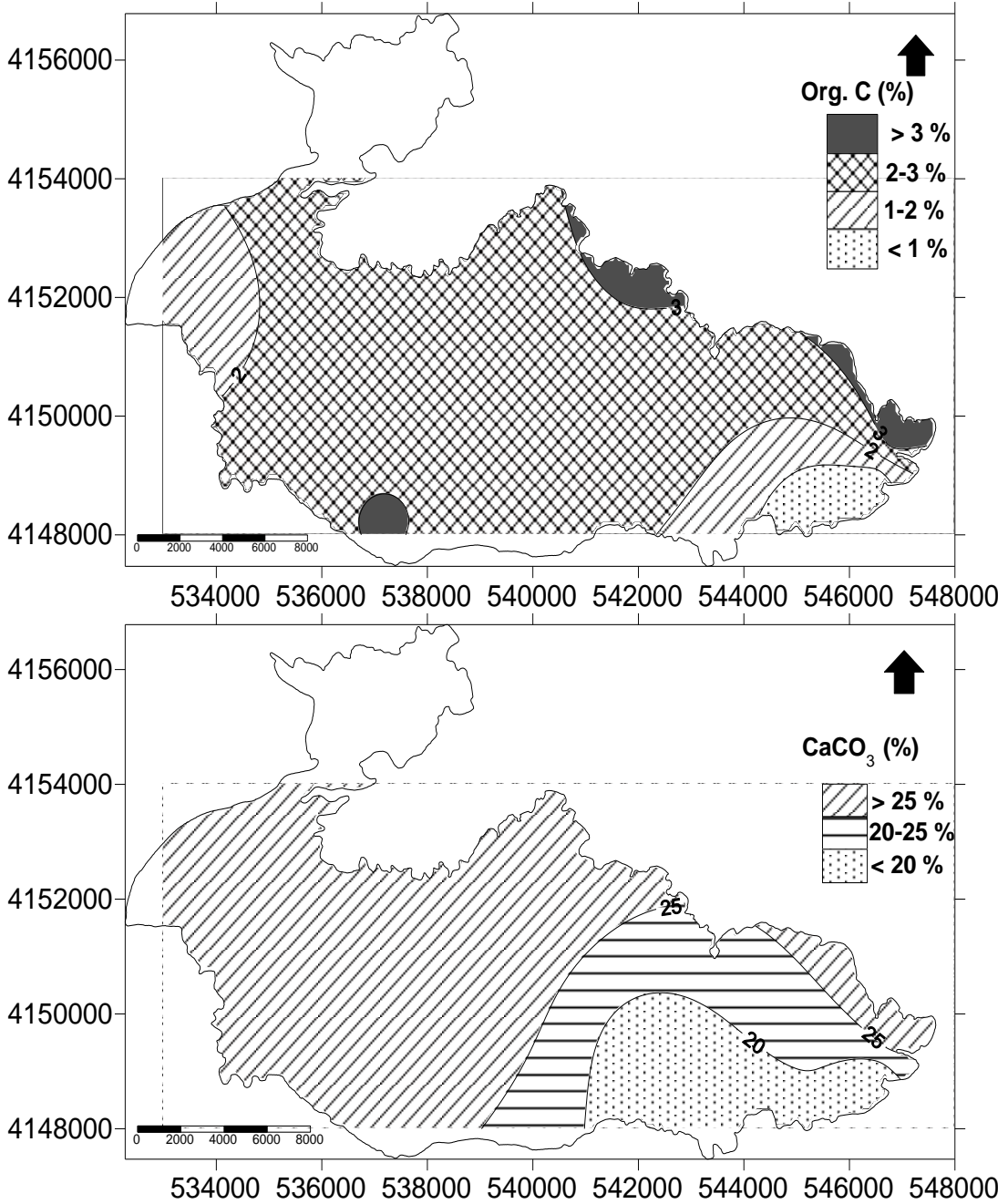
### 3.5 Sediment Örneklerinin Toplam Organik Karbon ve Karbonat Dağılımı

Bafa Gölü dip sedimentlerinde organik karbon içeriği % 0,35 – 3,58 arasında değişmektedir. En yüksek organik karbon içeriği gölün kuzey ve doğu kıyıları ile güney batısında küçük bir alanda görülmektedir (Şekil 3.7). Bu alanlardan Bafa Gölü'ne kanalizasyon ve evsel atıklar ile zeytinyağı atölyelerine ait atıklar ve dereler boşalmakta bunun sonucu olarak bu kesimlerde organik karbon içeriklerinde nispeten yüksek sonuçlar ortaya çıkmaktadır.

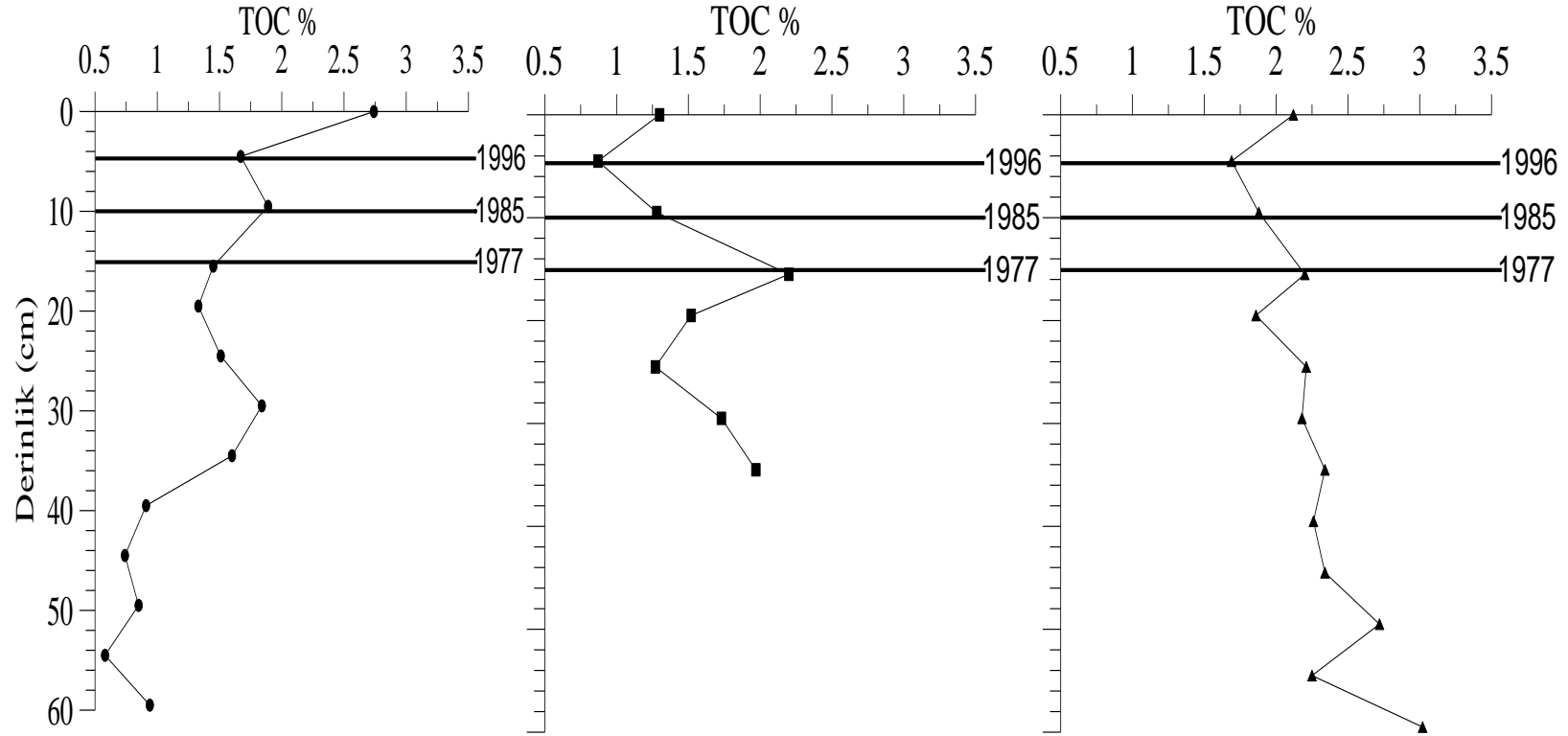
Yüzey sedimentlerinde toplam karbonat içerikleri %15–29 arasında değişim göstermektedir. En düşük derişimler gölün güney batısında görülmekte diğer

kesimlerde karbonat içerikleri % 25' in üzerine çıkmaktadır. Bu durum karbonatların çoğunun çamur fraksiyonuyla birlikte bulunduğunu göstermektedir (Şekil 3.7).

Karotlara ait organik karbon değerleri % 0.58 ile 3.02 arasında değişim göstermekte ve ortalama değeri % 1.8 civarındadır. C1, C2 ve C3 karotlarına ait TOC değerleri sırasıyla % 1.37, 1.52 ve 2.31 olarak hesaplanmıştır. Karotlar arası TOC sonuçları sıralandığında  $C3 > C2 > C1$  şeklinde olduğu görülmektedir (Şekil 3.8).



Şekil 3.7 Güncel sedimentlerde organik karbon ve karbonat yüzdesi dağılımı



Şekil 3.8 Bafa Gölü'ne ait karot örneklerinde TOC (%)'a ait düşey grafikler. (C1: -●-, C2: -■-, C3: -▲-).



### 3.6 Ağır Metal Ölçümü ve Değerlendirilmesi

#### 3.6.1 Karot Örneklerinde Tarihlendirme ve Sedimentasyon Hızı

Bafa Gölü C1 istasyonundan alınan karot üzerinde yapılan  $^{210}\text{Pb}$  tarihlendirme çalışmalarından alınan sonuçlar dip sedimentlerin günümüzden yaklaşık 120 yıl öncesinde depolanmış olduklarını göstermektedir. Sedimentasyon hızını belirlemek amacıyla CRS matematiksel modeli kullanılmış ve Bafa Gölü'nde ortalama sedimentasyon hızı  $0,418 \pm 0,316 \text{ cm y}^{-1}$  olarak hesaplanmıştır.

Göllerdeki sediment birikimleri gölü besleyen akarsuların ilerledikleri su yolu boyunca çevresindeki materyalleri sürükleyerek göle boşaltması, kıyıya yakın bölgelerde inşaat yapılarının artması sonucunda yapı malzemelerinin göle taşınması, insan aktiviteleri sonucunda oluşan atıkların göle atılması ve sanayi kuruluşlarından kaynaklanan atık suların arıtılmadan göle boşaltılmasından kaynaklanmaktadır (Yıldız ve Yener, 2010). Bu çalışmada 1966 yılına kadar oldukça düşük iken bu tarihten itibaren yükselmeye başlamış, özellikle 1976 yılından itibaren en yüksek değerlerine ulaşmıştır. Bu yüksek birikim hızlarının nedeni olarak, bu noktanın kıyıya daha yakın olmasından dolayı insan etkisine maruz kalabilecek bir yer olması, ayrıca; bu bölgeden akarsuların göle boşalması ve yoğun miktarda sediment getirmiş olabilecekleri düşünülmektedir. C1 karotunda görülen yüksek sediment birikim hızlarının nedenlerine ilişkin resmi bir kayıt elde edilememiştir.

C1 karotu boyunca yıllara göre Hg dışında metal derişimlerinde önemli sapmalar saptanmamıştır. Ancak yaklaşık olarak 1985 yılına karşılık gelen karotun 10. cm. sinden günümüze doğru gelindiğinde Hg derişiminde önemli miktarda artış olduğu gözlenmektedir. (Tablo 3.2). Organik karbon miktarının yıllara göre değişimine bakıldığında; 1996 yılında 1,55 olan organik karbon (%) miktarı günümüzde 2,74 değeri ile maksimum miktarına ulaşmıştır. Karot boyunca tane boyunda bir değişim gözlenmemiştir.

Tablo 3.2 C1 karotuna ait sediment birikim hızı, metal derişimleri, organik karbon ve kum, çamur yüzdeleri

Derinlik (cm)	Oluşma süresi		Sediment Birikim Hızı		Takvim Yılı	C1 Karotuna Ait Metal Derişimleri								TOC (%)	Kum (%)	Çamur (%)	Sediment Sınıfı
	yıl	±	(cm y <sup>-1</sup> )	±		Fe (%)	Cr (ppm)	Mn (ppm)	Pb (ppm)	Ni (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)	Hg (ppm)				
1	3,60	0,11	0,278	0,009	2006	3,11	239,21	651,99	16,84	285,26	73,00	33,69	0,22	2,74	3	97	Çamur
2	6,83	0,23	0,309	0,010	2004	3,17	250	710,32	11,96	313,39	84,47	29,90	0,83				
3	9,21	0,34	0,420	0,015	2001												
4	10,77	0,40	0,641	0,024	2000	3,10	233,38	700,33	9,77	323,80	85,53	30,54	0,65				
5	14,64	0,51	0,259	0,009	1996								1,55	4	96	Çamur	
6	18,35	0,62	0,269	0,009	1992	3,07	235,54	673,49	13,99	382,46	83,95	30,31	0,56				
7	19,68	0,75	0,752	0,028	1991												
8	21,30	0,79	0,619	0,023	1989	3,40	227,60	699,40	14,60	402,87	81,54	30,42	0,42				
9	23,44	0,88	0,467	0,018	1987								1,89	3	97	Çamur	
10	25,44	0,96	0,499	0,019	1985	2,92	235,45	712,01	16,02	393,24	69,03	30,81	0,09				
11	27,93	1,15	0,402	0,017	1983												
12	31,45	1,22	0,284	0,011	1979												
13	33,36	1,31	0,522	0,020	1977												
14	33,56	1,39	4,973	0,206	1977												
15	33,69	1,38	7,587	0,310	1977	3,40	272,57	735,13	18,50	432,90	72,76	33,30	0,06	1,45	7	93	Çamur
16	34,94	1,38	0,803	0,032	1976												
17	37,05	1,43	0,473	0,018	1973												
18	41,17	1,62	0,243	0,010	1969												
19	43,33	1,72	0,462	0,018	1967	3,49	278,32	752,84	14,64	467,52	75,68	32,95	0,07	1,33	3	97	Çamur
20	44,92	1,89	0,631	0,027	1966												
21	46,12	1,86	0,832	0,034	1964												
22	47,32	1,94	0,835	0,034	1963												
23	51,57	1,98	0,235	0,009	1959												
24	54,95	2,14	0,296	0,012	1956	3,50	257,74	768,63	13,31	474,34	75,02	31,46	0,10	1,51	4	96	Çamur
25	61,38	2,28	0,156	0,006	1949												
26	69,94	2,66	0,117	0,004	1941												
27	80,12	3,03	0,098	0,004	1930												
28	91,30	3,58	0,089	0,004	1919												
29	101,94	3,99	0,094	0,004	1909	3,38	247,78	729,31	9,86	350,09	69,03	30,81	0,08	1,84	2	98	Çamur
30	112,42	4,67	0,095	0,004	1898												

### **3.6.2 Yüzey ve Karot Örneklerinde Ağır Metal Derişimleri**

Sedimentte tane boyuyla metal konsantrasyonu arasında ters orantı vardır. Özellikle 63µm altındaki tanelerde metal konsantrasyonu yüksektir. Bunun nedeni tabakalı silikatların metalleri absorbe etmesiyle ve yüksek organik madde içeriğiyle ilgilidir. Sedimentlerin ağır metal içeriği, partikülün tane boyu ile ilişkili olan kimyasal ve minerolojik kompozisyonu ve organik madde içeriğinin fonksiyonudur. Bu nedenle ağır metal yoğunluğu, sedimentin ince taneli fraksiyonuyla beraber bulunur (Förstner, Wittman 1983). Bu nedenle çalışma alanı sediment örneklerinde saptanan ağır metal içerikleri çamur (silt + kil) tane boyuna göre normalleştirilmiştir.

Bafa Gölü yüzey sedimentlerinde metal birikimi ile tane boyu, organik karbon ve karbonat içeriği arasında korelasyon analizi yapılmış ve tüm metal birikimleri ile kum tane boyu arasında negatif, çamur tane boyu ile pozitif korelasyon olduğu görülmüştür (Tablo 3.3). Sedimentte organik karbon içeriği bir çok elementle iyi bir korelasyon göstermektedir (Zn, Ni, Pb, Mn, Cu, Fe, Hg). Bu durum organik karbonun metal bağlama rolünü vurgulamaktadır (Naidu ve diğ., 1997). Bu sonuçlar elementlerin aynı kaynağa sahip olduklarını; muhtemelen litolojik, sediment karakteristiğinden kaynaklı dolayısıyla doğal kaynaklı olduklarını göstermektedir (Salomons ve Fostner, 1984). Neredeyse tüm elementlerin karbonat içeriği ile anlamlı bir ilişkisi bulunmamaktadır.

C1 karotu sediment örneklerinde metal derişimleri ile tane boyu ve organik karbon içerikleri arasında korelasyon analizleri yapılmış ve metallerin tane boyu ve organik karbon ile aralarında anlamlı bir korelasyon olmadığı görülmüştür (Tablo 3.4). Ancak metallere; Cu, Fe, Cr, Pb ve Ni arasında yüksek pozitif korelasyon söz konusudur.

Tablo 3.3 Bafa Gölü yüzey sedimentlerinde metal derişimleri ile tane boyu, organik karbon ve karbonat içeriklerine ait korelasyon değerleri

	<b>Fe</b>														
<b>Fe</b>	1,00	<b>Cr</b>													
<b>Cr</b>	<b>0,76</b>	1,00	<b>Mn</b>												
<b>Mn</b>	0,50	0,49	1,00	<b>Pb</b>											
<b>Pb</b>	0,48	0,33	<b>0,88</b>	1,00	<b>Ni</b>										
<b>Ni</b>	<b>0,88</b>	<b>0,61</b>	0,59	<b>0,67</b>	1,00	<b>Zn</b>									
<b>Zn</b>	<b>0,80</b>	0,52	<b>0,77</b>	<b>0,78</b>	<b>0,74</b>	1,00	<b>Cu</b>								
<b>Cu</b>	<b>0,72</b>	0,42	<b>0,65</b>	<b>0,87</b>	<b>0,88</b>	<b>0,81</b>	1,00	<b>Hg</b>							
<b>Hg</b>	<b>0,84</b>	0,48	<b>0,68</b>	<b>0,68</b>	<b>0,89</b>	<b>0,86</b>	<b>0,82</b>	1,00	<b>Sand</b>						
<b>Sand</b>	<b>-0,92</b>	<b>-0,88</b>	-0,44	-0,42	<b>-0,80</b>	<b>-0,69</b>	<b>-0,67</b>	<b>-0,72</b>	1,00	<b>Çamur</b>					
<b>Çamur</b>	<b>0,92</b>	<b>0,91</b>	0,39	0,33	<b>0,72</b>	<b>0,64</b>	0,55	<b>0,62</b>	<b>-0,96</b>	1,00	<b>OrgC</b>				
<b>Org C</b>	<b>0,73</b>	0,48	<b>0,81</b>	<b>0,77</b>	<b>0,63</b>	<b>0,89</b>	<b>0,73</b>	<b>0,80</b>	<b>-0,63</b>	<b>0,61</b>	1,00	<b>CaCO3</b>			
<b>CaCO3</b>	0,52	0,56	0,39	0,45	0,45	0,38	0,58	0,36	<b>-0,67</b>	<b>0,61</b>	0,59	1,00			

Tablo 3.4 Bafa Gölü C1 karotu sedimentlerinde metal derişimleri ile tane boyu, organik karbon içeriklerine ait korelasyon değerleri

	<b>Fe</b>													
<b>Fe</b>	1,00	<b>Cr</b>												
<b>Cr</b>	<b>0,83</b>	1,00	<b>Mn</b>											
<b>Mn</b>	-0,32	-0,13	1,00	<b>Pb</b>										
<b>Pb</b>	0,54	<b>0,64</b>	-0,54	1,00	<b>Ni</b>									
<b>Ni</b>	<b>0,76</b>	<b>0,71</b>	0,01	0,46	1,00	<b>Zn</b>								
<b>Zn</b>	0,37	0,35	-0,09	-0,07	0,32	1,00	<b>Cu</b>							
<b>Cu</b>	<b>0,89</b>	<b>0,82</b>	-0,55	<b>0,73</b>	<b>0,57</b>	0,31	1,00	<b>Hg</b>						
<b>Hg</b>	<b>-0,64</b>	<b>-0,76</b>	0,21	<b>-0,68</b>	<b>-0,62</b>	-0,16	<b>-0,67</b>	1,00	<b>Org.C</b>					
<b>Org.C</b>	<b>-0,84</b>	<b>-0,71</b>	0,17	-0,43	<b>-0,82</b>	-0,51	<b>-0,70</b>	<b>0,77</b>	1,00	<b>Kum</b>				
<b>Kum</b>	-0,37	-0,18	-0,07	-0,15	<b>-0,63</b>	-0,18	-0,26	0,36	0,54	1,00	<b>Çamur</b>			
<b>Çamur</b>	-0,37	-0,39	0,01	-0,17	-0,29	0,09	-0,35	<b>0,57</b>	0,36	0,14	1,00			

Bafa Gölü sedimentlerinde metal konsantrasyonları Türkiye ve Avrupa da ki bazı göllerde yapılan diğer çalışmalarla karşılaştırılmıştır (Özmen ve diğ., 2004; Fytianos ve Lourantou, 2004; Altındag ve Yigit, 2005, Nguyen ve diğ., 2005; Soylak ve Yılmaz, 2006; Duman ve diğ. 2007). Bu karşılaştırma sonucuna göre Cr ve Ni değerlerinin diğer göllere göre; batı Anadolu'nun jeolojik yapısı nedeniyle oldukça yüksek olduğu görölmektedir. Ayrıca Mn değerleri de diğer göllere oranla yüksek

sayılabilir. Diğer metal değerleri karşılaştırılan çalışmalar ile benzer sonuçlar vermektedir (Tablo 3.5).

Tablo 3.5 Bafa Gölü sedimentleri metal içeriklerinin bazı göl sedimentlerine ait değerlerle karşılaştırılması

	Fe	Cr	Mn	Cu	Ni	Pb	Zn	Hg	References
Bafa Lake	2.62-3.91	181-388	625-1181	19.48-62.18	153-514	6.09-35.5	56.02-116.14	0.05-0.83	Bu çalışma
Sapanca Gölü	-	19.09	337.81	26.68	26.72	15.20	62	-	Duman ve diğ. 2007
Beyşehir Gölü	-	9.93-11.12	-	-	-	31.10-33.45	-	0.22-0.25	Altındağ ve Yiğit, 2005
Hazar Gölü	1.85	35	423	24	41	< dl	49	N.D.	Özmen ve diğ. 2004
Palas Gölü	0.2-1	22-58	98-863	dl-51	-		10-47	-	Soylak, Yılmaz 2006
Volvi Gölü, Yunanistan	2.9-3.8	20-25	84-157	12-16	-	10.5-14.4	48-75	-	Fytianos ve Lourantou 2004
Koronia Gölü, Yunanistan	5.2-5.7	27-37	581-682	15-19	-	16.3-24.5	72-100	-	Fytianos ve Lourantou 2004
Balaton Gölü, Maceristan	-	5.7-66	160-760	0.7-36	4.4-55	2.4-160	13-150	-	Nguyen ve diğ. 2005

Bir çok araştırmacı sedimentteki metal konsantrasyonu kıyaslamasında genellikle çabuk ve pratik bir metot olan şeyl standardını kullanmıştır ( Ergin ve diğ. 1993 ; Kunwar P. ve diğ. 2005). Bafa Gölü karot örneklerinde derinlikle değişen elementel derişimler Şekil 3.11-18 de görülmektedir. Düşey grafikte ki boyuna çizgi sedimanter kayaçlarda ki element değerlerini vermektedir (Turekian ve Wedepohl, 1961).

Karot örneklerinde Fe derişimleri % 2,62 ile 3,91 arasında değişim göstermektedir. Ortalama demir derişimleri % 3,26 olarak saptanmıştır. Bafa Gölü karot örneklerine ait ortalama demir derişimleri karotlar arasında C1>C2>C3 şeklindedir (Şekil 3.9). Karotlarda yüzey ve dip örnekleri arasında Fe derişimleri açısından önemli sapmalar gözlenmemektedir.

Yerkabuğunda en çok bulunan elementlerden biri olmasından dolayı Bafa Gölü yüzey sedimentlerinde de demir en baskın elementtir. Yüzey sedimentlerinde Fe derişimleri % 3,03 – 3,88 arasında değişim göstermektedir ve C1 karotu 60. cm'sine ait Fe miktarı ile yaklaşık değerler mevcuttur.

Tüm örneklerde ki göreceli olarak yüksek Fe değerlerinin; Menderes Masifi'ne ait demirce zengin metamorfik kayalardan kaynaklandığı düşünölmektedir.

Bafa Gölü sedimentlerinde demir derişimleri ile çamur tane boyu arasında kuvvetli pozitif korelasyon söz konusudur. Benzer şekilde Fe içeriği, organik karbon içeriği ile de pozitif korelasyon göstermektedir. Fe içeriği kum tane boyu ile güçlü negatif korelasyona sahiptir.

Karotlar boyunca Cr derişimlerinin üniform oldukları görölmekte ve yüzey ve dip örnekleri arasında önemli farklar bulunmamaktadır. Krom içerikleri 181 ile 316 ppm arasında değişim gösterirken karotlar arasında ortalama değerin 248 ppm. olduğu saptanmıştır. Şeylde ki ortalama Cr değeri (90 ppm) ile kıyaslandığında Bafa Gölü karot istasyonlarına ait Cr miktarlarının bu değerin çok üzerinde olduğu görölmektedir (Şekil 3.10).

Bafa Gölü yüzey sedimentlerinde Cr derişimleri 189–388 ppm arasında değişmektedir ve şeyl ortalama değerinin (90 ppm) ve C1 karotuna ait dip değerinin üzerindedir.

Sediment örneklerine ait bu yüksek krom değerleri göl çevresinde bulunan mafik-ultramafik kayalardan kaynaklanmaktadır. Göle boşalan nehirlerin drenaj baseninde bulunan bu kayalar göl sedimentlerinde Cr ve Ni metallerinin birikimine sebep olmaktadır (Ek-1).

Yılgör, (2009); Büyük Menderes Nehri karot sedimentlerinde ki yüksek Cr değerlerinin Menderes Masifi'nin mafik-ultramafik kayalarından kaynaklandığını belirtmiş, ayrıca Akçay ve diğ. 2003 Büyük Menderes Nehri'nde yapmış oldukları fraksiyon çalışmasında Cr'yi sadece belli fraksiyonlarda saptamışlar ve bunun sonucu olarak insan etkisinden kaynaklanan Cr kirliliğinin önemsiz seviyelerde

olduğu sonucuna varmışlardır. Ergin ve diğ. 1993; Ege Denizi doğu kıyılarında yapmış oldukları çalışmada en olası Cr kaynağı olarak bölgede ki mafik-ultramafik kayaları göstermişlerdir. Akıska ve diğ., 2008' in bu kayaçlarda yaptıkları jeokimyasal çalışmalar da; Ti, Cr ve Ni içeriklerinin yüksek bulunmuş olmasıyla da bu durum doğrulanmaktadır.

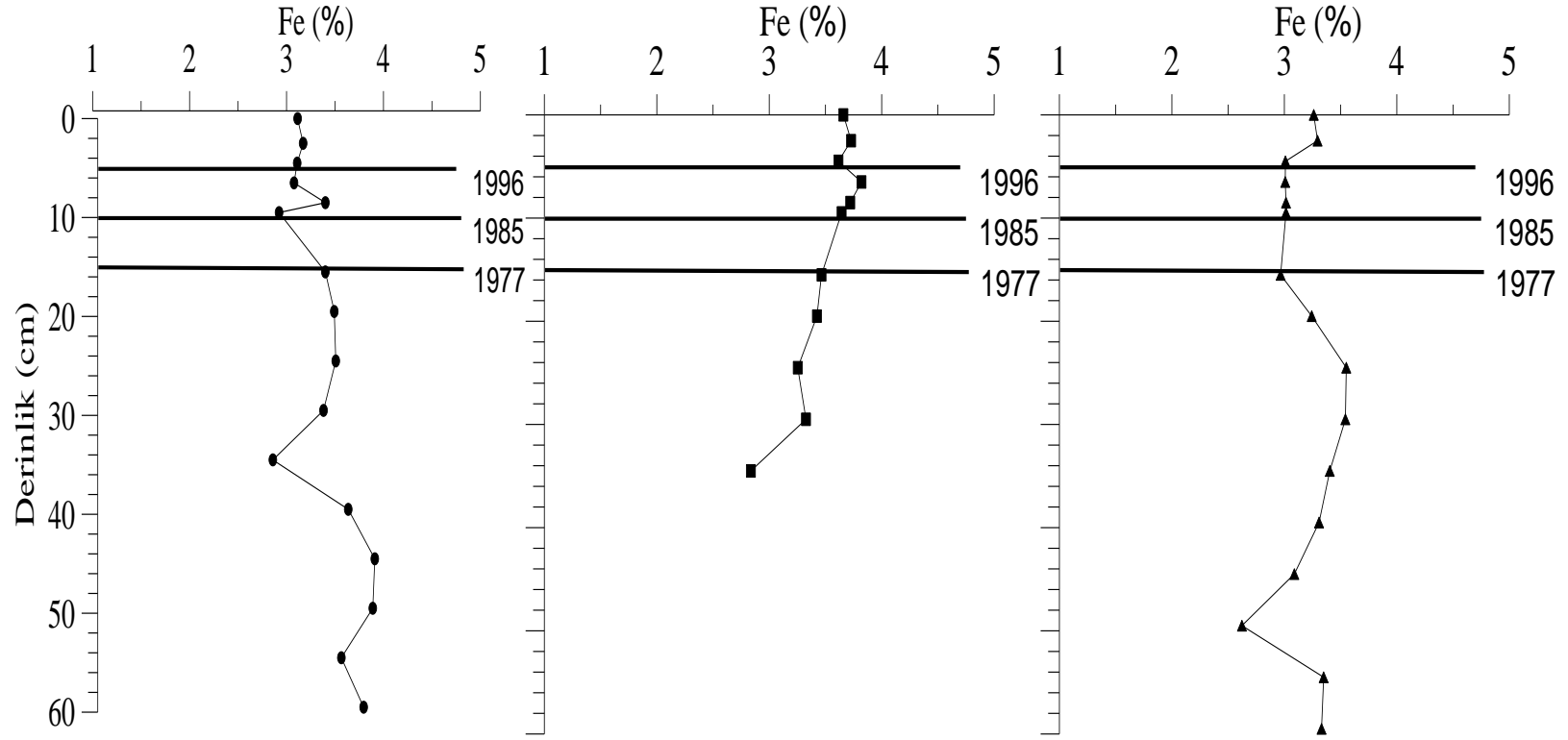
Sediment örneklerine ait Cr derişimleri ile sedimentin çamur tane boyu arasında kuvvetli pozitif korelasyon vardır. Cr içerikleri organik karbon ve karbonat içeriği ile anlamlı bir birliktelik içerisinde değildir.

Bafa Gölü karot örneklerine ait mangan derişimleri 625 ile 773 ppm arasında değişmektedir ve karotlar arası ortalama Mn miktarı 699 ppm dir. C1, C2 ve C3 istasyonlarına ait ortalama Mn değerleri sırasıyla 709, 728 ve 706 ppm ve Şeylde ki ortalama Mn değeri ise; 850 ppm dir. İstasyonlar arasında Mn derişimleri  $C2 > C1 > C3$  şeklinde sıralanmaktadır. Mn değerlerine ait düşey grafikler Şekil 3.11'de görülmektedir. Karotlarda yüzey ve dip örnekleri arasında Mn derişimleri açısından önemli farklar gözlenmemektedir.

Bafa Gölü yüzey sedimentlerine ait Mn içerikleri 654-1181ppm arasındadır ve 2 ve 7 numaralı yüzey örneklerinde 850 ppm olan şeyl ortalama değerinin üzerinde sonuçlar vermektedir. Ayrıca neredeyse tüm yüzey örneklerine ait Mn derişimleri C1 karotuna ait dip sedimenti Mn miktarından (668 ppm) yüksektir. Yüksek Mn içeriklerinin zirai ve Büyük Menderes nehri kaynaklı endüstriyel aktivitelerden geldiği düşünölmektedir.

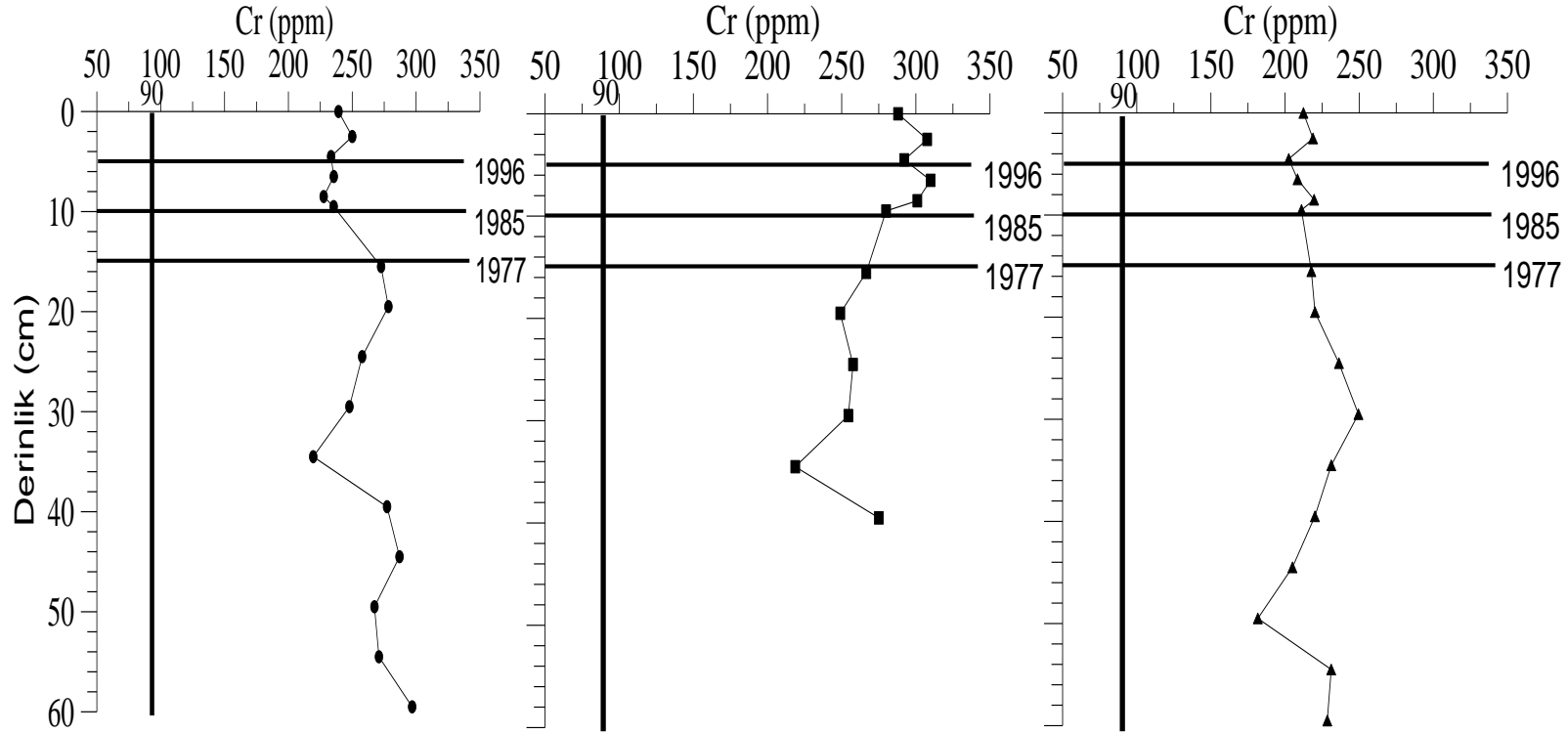
Akçay ve diğ. 2003 ve Yılgör, 2009; Büyük Menderes Nehri sedimentlerinde sırasıyla 385–415 ppm ve 361–4016 ppm Mn değerleri saptamışlar ve endüstriyel ve zirai aktivitelerden kaynaklandığını belirtmişlerdir. Ayrıca Mn; redoks duyarlı elementtir ve sedimentte erken diyajenezden kaynaklanmaktadır (Balkıs ve Çağatay 2001).

Mn organik karbon ile kuvvetli bir korelasyon göstermektedir. Çamur ve karbonat ile ise arasında oldukça zayıf bir birliktelik saptanmıştır.

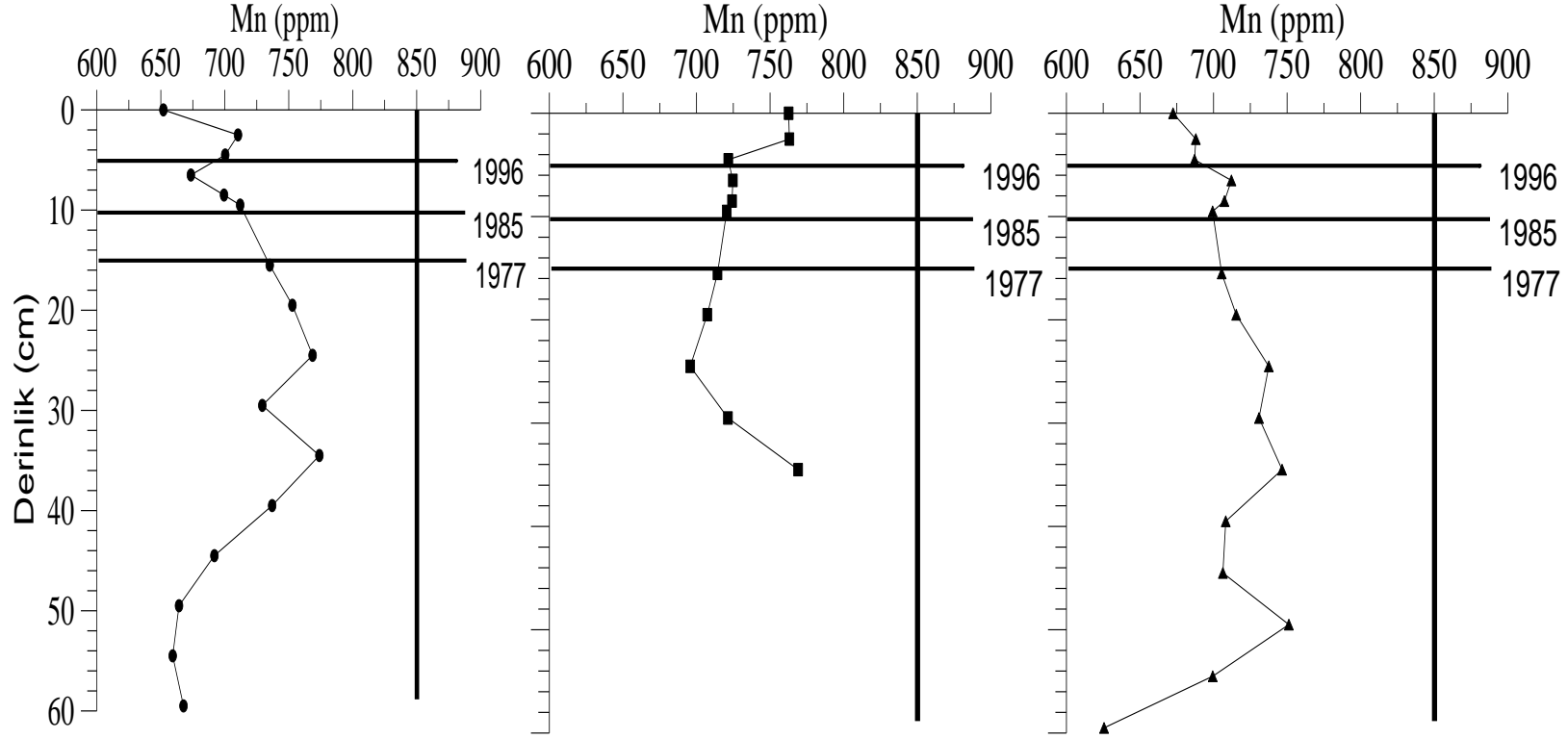


Şekil 3.9 Bafa Gölü'ne ait karot örneklerinde Fe derişimleri. (C1: -●-, C2: -■-, C3: -▲)





Şekil 3.10 Bafa Gölü'ne ait karot örneklerinde Cr derişimleri. (C1: -●-, C2: -■-, C3: -▲-) Düşey çizgi Arz Kabuğu'nu oluşturan sedimanter kayalarda ki ortalama element derişimlerini göstermektedir (Turekian ve Wedepohl, 1961)



Şekil 3.11 Bafa Gölü'ne ait karot örneklerinde Mn derişimleri. (C1: -●-, C2: -■-, C3: -▲-) Düşey çizgi Arz Kabuğu'nu oluşturan sedimanter kayalarda ki ortalama element derişimlerini göstermektedir (Turekian ve Wedepohl, 1961)

Bafa Gölü karotları arasında C3 karotunun en yüksek Pb içeriğine sahip istasyon olduğu saptanmış ve ortalama miktarı 19,20 ppm bulunmuştur. İstasyonlara ait Pb değerleri 7,39 ile 25,05 ppm arasında değişim göstermektedir ve Pb derişimleri, 20 ppm olan yer kabuğunu oluşturan şeyde ki Pb değerine yakın sonuçlar vermektedir. Karot örneklerine ait Pb değerleri sıralandığında C3>C2>C1 şeklinde bulunmaktadır. Şekil 3.12’de derinlikle değişen kurşun miktarlarını göstermektedir.

Bafa Gölü yüzey sedimentleri Pb içerikleri 6,09 – 35,5 ppm olarak ölçülmüş ve 6 numaralı istasyon (35,5 ppm) dışında ki sediment örnekleme noktalarında hesaplanan değerlerin şeyl ortalama değerinden (20 ppm) düşük olduğu saptanmıştır. 2, 6 ve 10 numaralı sediment örneklerine ait Pb değerleri C1 karotu 60.cm. si Pb değerinden (15,5 ppm) yüksektir. Yine de çalışma alanında önemli bir Pb kirliliği olduğunu gösteren veri bulunmamaktadır.

Sedimentin organik karbonu ile Pb içeriği pozitif korelasyon; çamur ve karbonat ile oldukça zayıf korelasyona sahiptir.

Karotlarda yüzey ve dip örnekleri arasında Ni derişimleri açısından önemli sapmalar gözlenmemektedir. Bafa Gölü karot istasyonlarına ait nikel değerleri sıralandığında C2>C3>C1 olduğu görülmektedir. Nikel derişimleri 285 ile 514 ppm arasında değişim göstermektedir. C1, C2 ve C3 istasyonlarına ait Ni değerleri sıralandığında 416, 456 ve 436 ppm şeklinde olduğu görülmektedir ve şeyde ki ortalama Ni değeri 68 ppm dır. Tüm istasyonlara ait ortalama Ni değerlerinin yer kabuğunda bulunan şeyde ki değerinin çok üzerinde olduğu görülmektedir (Şekil 3.13). Yüksek Ni değerleri göl çevresinde bulunan mafik-ultramafik kayalardan kaynaklanmaktadır. Menderes Masifinin magmatik kökenli metamorfiteğinde yapılan çalışmada yüksek Cr-Ni içerikleri saptanmıştır (Akıska ve diğ., 2008).

Çalışma alanı yüzey sedimentlerine ait Ni derişimleri 153-373 ppm arasında değişim göstermekte ve 68 ppm olan şeyl ortalama değerinin üzerinde sonuçlar vermektedir.

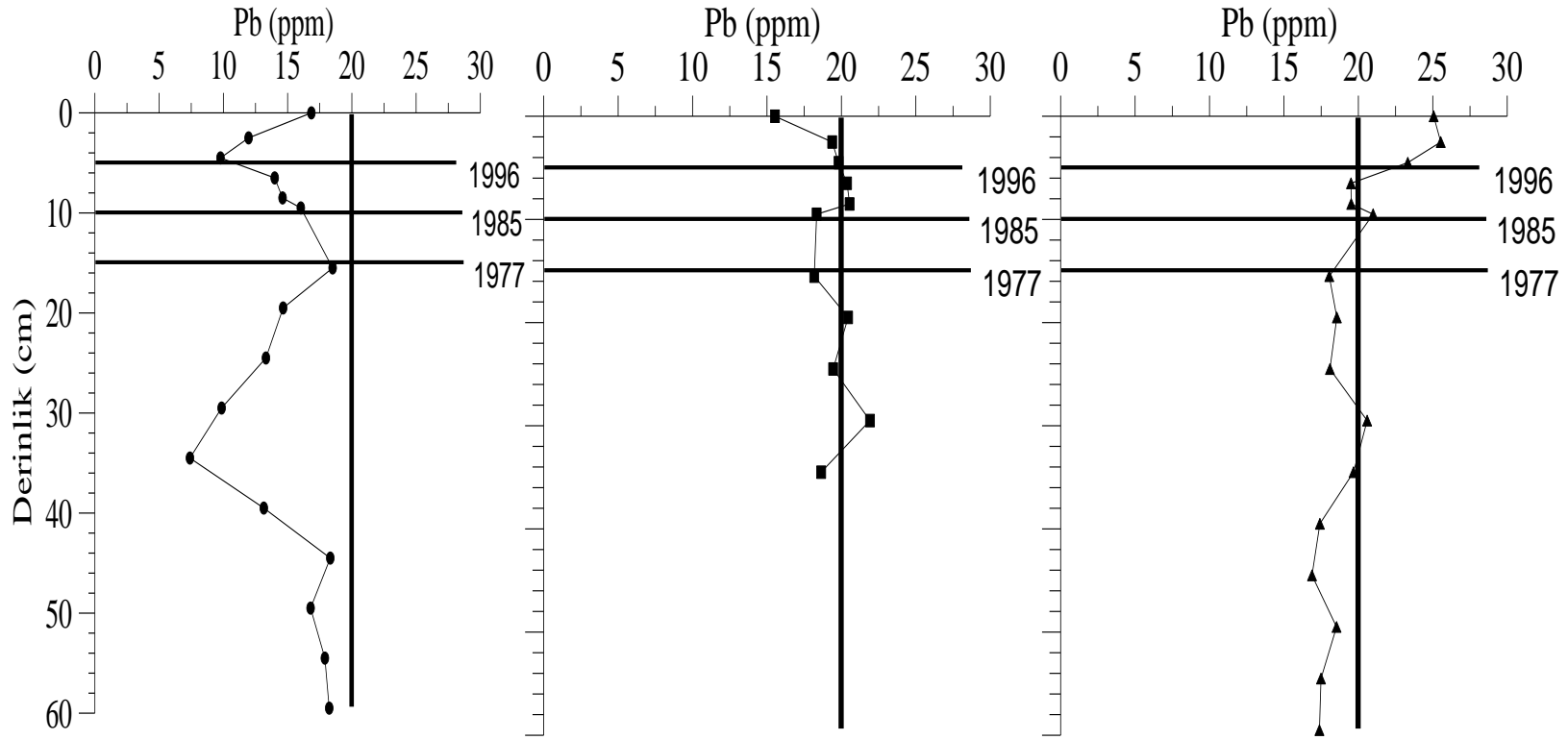
Yılgör (2009); Büyük Menderes Nehri karot sedimentlerinde ki yüksek Ni değerlerinin Menderes Masifi'nin mafik-ultramafik kayalarından kaynaklandığını belirtmiştir. Akçay ve diğ.(2003), bölgede yaptıkları çalışmada nikelin antropojenik kökenli olmadığını silikatlara bağlı olarak bulunduğunu ve bu yüzden yüksek değerlerde olduğunu belirtmişlerdir. Ergin ve diğ. 1993; Ege Denizi doğu kıyılarında yapmış oldukları çalışmada en olası Ni kaynağı olarak bölgede ki mafik-ultramafik kayaları göstermişlerdir. Akıska ve diğ., 2008' in bu kayaçlarda yaptıkları jeokimyasal çalışmalar da; Cr ve Ni içeriklerinin yüksek bulunmuş olmasıyla da bu durum doğrulanmaktadır.

Sedimentin Ni içeriği çamur tane boyu ve organik karbon ile pozitif korelasyona sahip iken; karbonat ile anlamlı bir birlikteliği bulunmamaktadır.

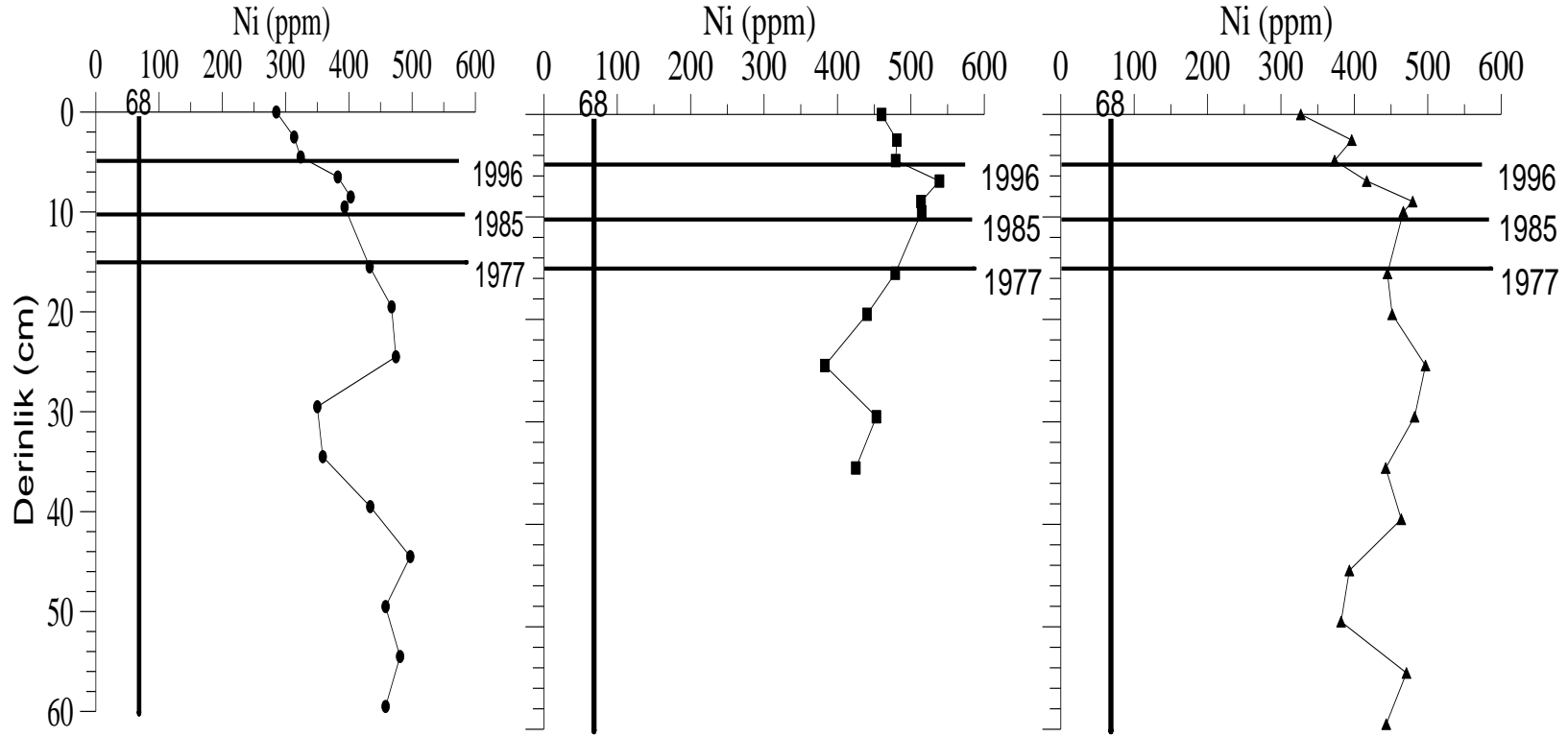
İstasyonlara ait çinko değerleri 64,6 ile 87,3 ppm arasında değişim göstermekte ve karotlar boyunca Zn miktarlarında önemli farklar saptanmamaktadır. Karotlara ait ortalama Zn derişimi ise 75,9 ppm'dır ve şeyde ki ortalama değer altındadır (Turekian ve Wedepohl, 1961). İstasyonlar arası Zn derişimleri sıralandığında C1>C3>C2 şeklinde olduğu görülmektedir. Karotlar boyunca değişen Zn değerlerine ait düşey grafikler Şekil 3.14' de verilmiştir.

Yüzey sedimentleri Zn derişimleri 56,02-116,14 ppm arasında değişmekte olup; 2 ve 6 numaralı istasyonlara ait derişimler şeyl ortalama değerinden (95 ppm) yüksektir. Diğer tüm istasyonlara ait değerler C1 karotuna ait dip sedimenti Zn değerine (81,5 ppm) yakın sonuçlar vermektedir.

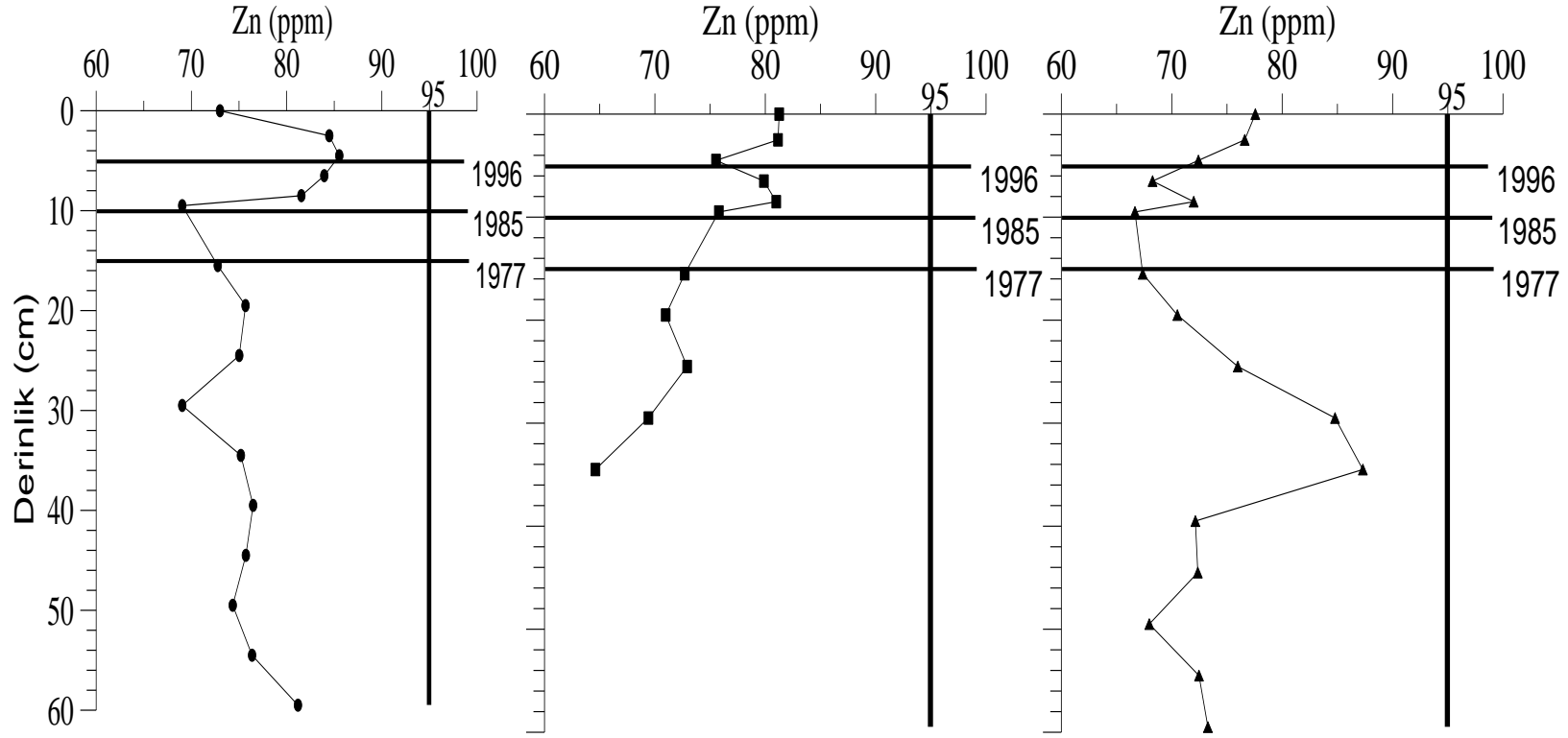
Zn; organik karbon ile kuvvetli pozitif, daha az oranda çamurla pozitif korelasyona sahiptir. Karbonat ile arasında ise anlamlı bir ilişki bulunmamaktadır.



Şekil 3.12 Bafa Gölü'ne ait karot örneklerinde Pb derişimleri. (C1: -●-, C2: -■-, C3: -▲-) Düşey çizgi Arz Kabuğu'nu oluşturan sedimanter kayalarda ki ortalama element derişimlerini göstermektedir (Turekian ve Wedepohl, 1961)



Şekil 3.13 Bağcıbaşı Gölü'ne ait karot örneklerinde Ni derişimleri. (C1: -●-, C2: -■-, C3: -▲-) Düşey çizgi Arz Kabuğu'nu oluşturan sedimanter kayalarda ki ortalama element derişimlerini göstermektedir (Turekian ve Wedepohl, 1961)



Şekil 3.14 Bafa Gölü'ne ait karot örneklerinde Zn derişimleri. (C1: -●-, C2: -■-, C3: -▲-) Düşey çizgi Arz Kabuğu'nu oluşturan sedimanter kayalarda ki ortalama element derişimlerini göstermektedir (Turekian ve Wedepohl, 1961)

Karotlar boyunca bakır miktarları üniform özellik göstermekte ve karot örneklerine ait bakır derişimleri 28,3 ile 37,5 ppm arasında değişmektedir. C1, C2 ve C3 karotlarına ait Cu değerleri sırasıyla 32,9, 31,3 ve 32,3 ppm'dir. Ortalama Cu değerleri şeyl ortalama değerinin (45 ppm) altında sonuçlar vermektedir (Şekil 3.15).

Yüzey sedimentlerine ait Cu değerleri 19.48 - 62.18 ppm arasında değişmekte ve 6, 8, 9, 10 numaralı örnekler (54, 55, 58 ve 62 ppm) dışında genellikle derişimler şeyl ortalama değeri (45 ppm) ve kirlili olmadığı düşünölen C1 karotu 60.cm sindeki Cu derişiminden (34.7 ppm) düşük sonuçlar vermektedir.

Cu içeriğinin; organik karbon, karbonat ve çamur ile pozitif birlikteliği söz konusudur.

Civa değerleri 0,05 ile 0,83 ppm arasında değişim göstermektedir. Ortalama Hg derişimi şeylde ki ortalama değerin (0,4 ppm) (Turekian ve Wedepohl, 1961) altında olup karotlar arası derişimler sıralandığında  $C3 > C1 > C2$  şeklinde olduğu görölmektedir. C1 karotunun 10. cm.sinden itibaren Hg değerlerinde sürekli bir artış olduğu görölmekte ve yapılan sedimantasyon hızı ve tarihlendirme çalışmaları bu artışın yaklaşık olarak 1985 yılından sonra başladığını göstermektedir (Şekil 3.16).

C1 karotuna ait Hg derişimlerinde ki son yıllarda gerçekleşen artış; Bafa Gölü için bir Hg kirliliğinin var olduğunu göstermektedir. Hg değerlerinde ki bu yükselmenin nedeninin göl civarında ki tarım arazilerinde kullanılan tarım ilaçları ve gübreleme kaynaklı olduğu ve drenaj suları vasıtasıyla göle ulaştığı düşünölmektedir.

Tarım ilaçları ve gübreler yüksek oranda nitrit, fosfat, arsenik ve civa içerirler. Toprak bu ağır metallerce zenginleşir ve toprak erozyonuyla bu sedimentler nehir, göl ve denizlere taşınırlar (Yılğör, 2009). Zheng ve diğ. 2008; gübreleme ve tarımsal ilaçlama uygulanan alanlarda yapmış oldukları çalışlarında bu alanlarda ki toprakta 0.777 ppm değerlerine ulaşan yüksek Hg derişimleri saptamışlardır.



Çalışma alanında bu metale ait diğer bir kaynaktan Büyük Menderes Nehri yoluyla gelen antropojenik girdilerdir. Nitekim Büyük Menderes Nehri güncel sedimentlerinde yapılan ağır metal çalışmalarında da 0,81 ppm değerinde yüksek Hg derişimleri saptanmıştır (Yılgör, 2009).

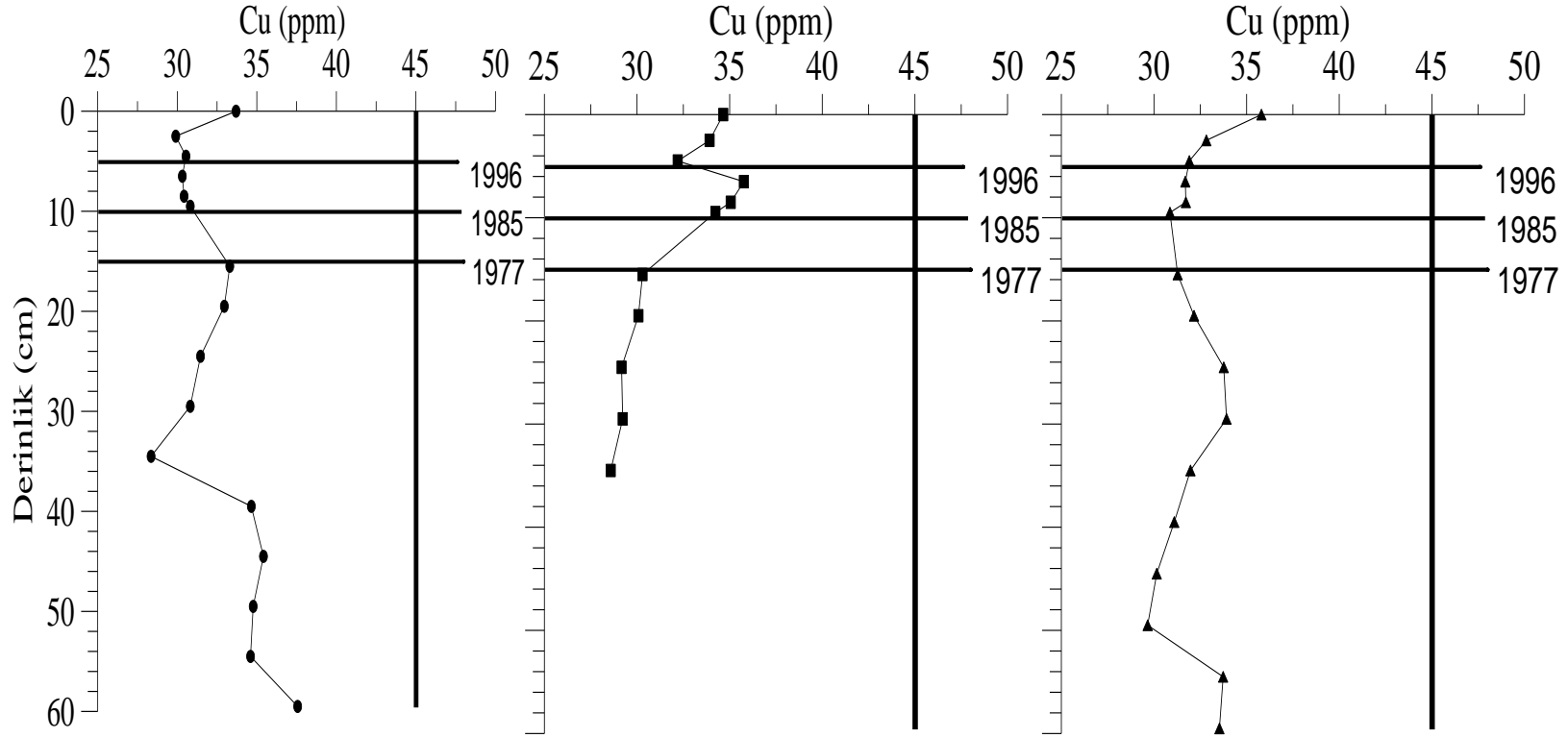
Hg; organik karbon içeriği ile kuvvetli pozitif korelasyonu söz konusu iken, daha az oranda çamurla birlikteliğe sahiptir. Karbonat ile arasında ki korelasyon anlamlı değildir.

Çalışma alanı yüzey sedimentlerine ait Hg derişimleri 0,09 ve 0,29 ppm arasında değişmektedir ve şeyl ortalama değerinin (0,4 ppm) altındadır. Ancak tüm sediment örnekleme noktalarına ait derişimler C1 karotuna ait dip derişimlerinden (0,07 ppm) yüksektir.

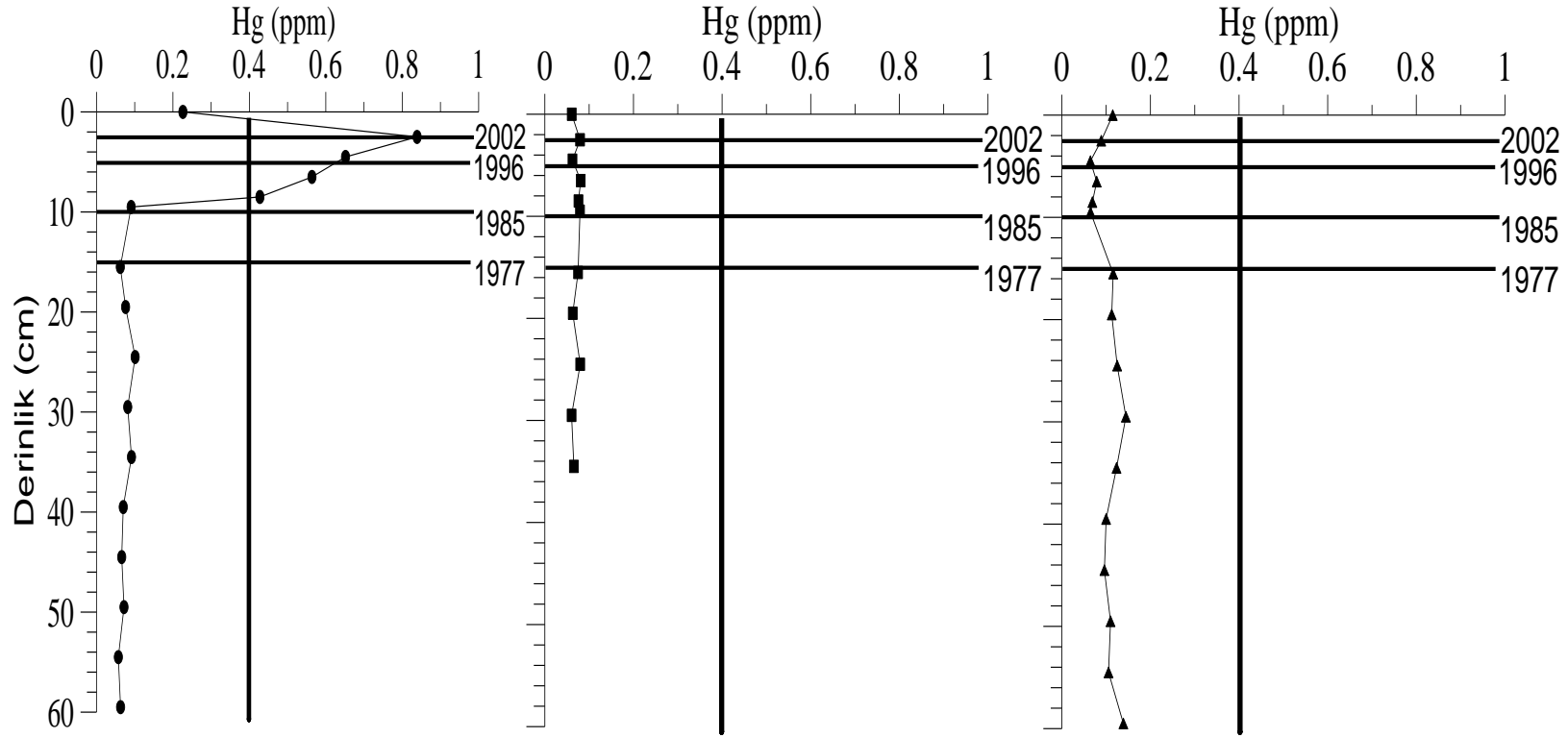
Bafa Gölü yüzey ve karot sedimentlerinde ölçülen ağır metal derişimleri, Yeni jeoakümülyasyon İndeksi ( $NI_{geo}$ ), Zenginleşme Faktörü (EF) gibi indekslere göre yorumlanmıştır.

### **3.6.3 Yeni Jeoakümülyasyon Index ( $NI_{geo}$ )**

Bu indekse ait ilk versiyon ( $I_{geo}$ ) Müller (1981) tarafından geliştirilmiş ve birçok çalışmada kullanılmıştır (Aksu, Yaşar, Uslu, 1997; Karageorgis, Anagnostou, Sioulas, Chronis, Papathanassiou, 1998; Zhang ve diğ., 2007; Hu ve diğ., 2011). Fakat yeni versiyonu olan  $NI_{geo}$  kıyasal alanlar için geliştirilmiştir (Caeiro, Costa, Ramos, Fernandes, Silveira, Coimbra 2005).



Şekil 3.15 Bafa Gölü'ne ait karot örneklerinde Cu derişimleri. (C1: -●-, C2: -■-, C3: -▲-) Düşey çizgi Arz Kabuğu'nu oluşturan sedimanter kayalarda ki ortalama element derişimlerini göstermektedir (Turekian ve Wedepohl, 1961)



Şekil 3.16 Baa Gölü'ne ait karot örneklerinde Hg derişimleri. (C1: -●-, C2: -■-, C3: -▲-) Düşey çizgi Arz Kabuğu'nu oluşturan sedimanter kayalarda ki ortalama element derişimlerini göstermektedir (Turekian ve Wedepohl, 1961)

$$NI_{geo} = \log_2 (Cn \cdot 1.5 \cdot Bn)$$

Bn; kirli olmadığı düşünölen sediment için “n” sayıdaki metalin derişimi, Cn; metal derişimi. Faktör 1.5 litojenik etkilerden kaynaklanan muhtemel değişimler için kullanılır (Caeiro ve diğ., 2005).  $NI_{geo} < 1$ , kirli olmayan;  $1 < NI_{geo} < 2$ , çok az kirli;  $2 < NI_{geo} < 3$ , az kirli;  $3 < NI_{geo} < 4$ , orta derecede kirli;  $4 < NI_{geo} < 5$ , çok kirli;  $NI_{geo} > 5$ , çok fazla kirli. Bu çalışmada C1 karotuna ait kirli olmadığı düşünölen dip sedimentlerine ait metal derişimleri kullanılmıştır.

Tablo 3.6  $NI_{geo}$  indeksi değerlerini göstermektedir. Fe, Cr, Mn, Pb, Ni, Zn ve Cu, metalleri için neredeyse bütün yüzey ve karot örnekleri kirlenmemiş olarak sınıflanmıştır ( $NI_{geo} < 1$ ). En yüksek  $NI_{geo}$  değerleri 10 ve C1 numaralı örneklerde; Hg metalinde gözlenmekte ve çok az kirli olarak sınıflanmaktadır. Civanın göle insan etkisiyle geldiği ve göl civarında bulunan tarım arazilerinde kullanılan tarım ilaçları ve gübrelemeden ve Büyük Menderes Nehri’ne ait antropojenik girdilerden kaynaklandığı düşünölmektedir.

Tablo 3.6 Bafa Gölü sedimentlerinde Ağır Metallere Ait Yeni Jeokümülasyon İndex Değerleri

İstasyon	$NI_{geo}$	$NI_{geo}$	$NI_{geo}$	$NI_{geo}$	$NI_{geo}$	$NI_{geo}$	$NI_{geo}$	$NI_{geo}$
	Fe	Cr	Mn	Pb	Ni	Zn	Cu	Hg
1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
2	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
3	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
6	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
8	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
9	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
10	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1-2
C1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1-2
C2	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
C3	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1

#### 3.6.4 Zenginleşme Faktörü (EF)

EF sedimentteki metalin antropojenik etkilerini değerlendirmek amacıyla kullanılmaktadır:

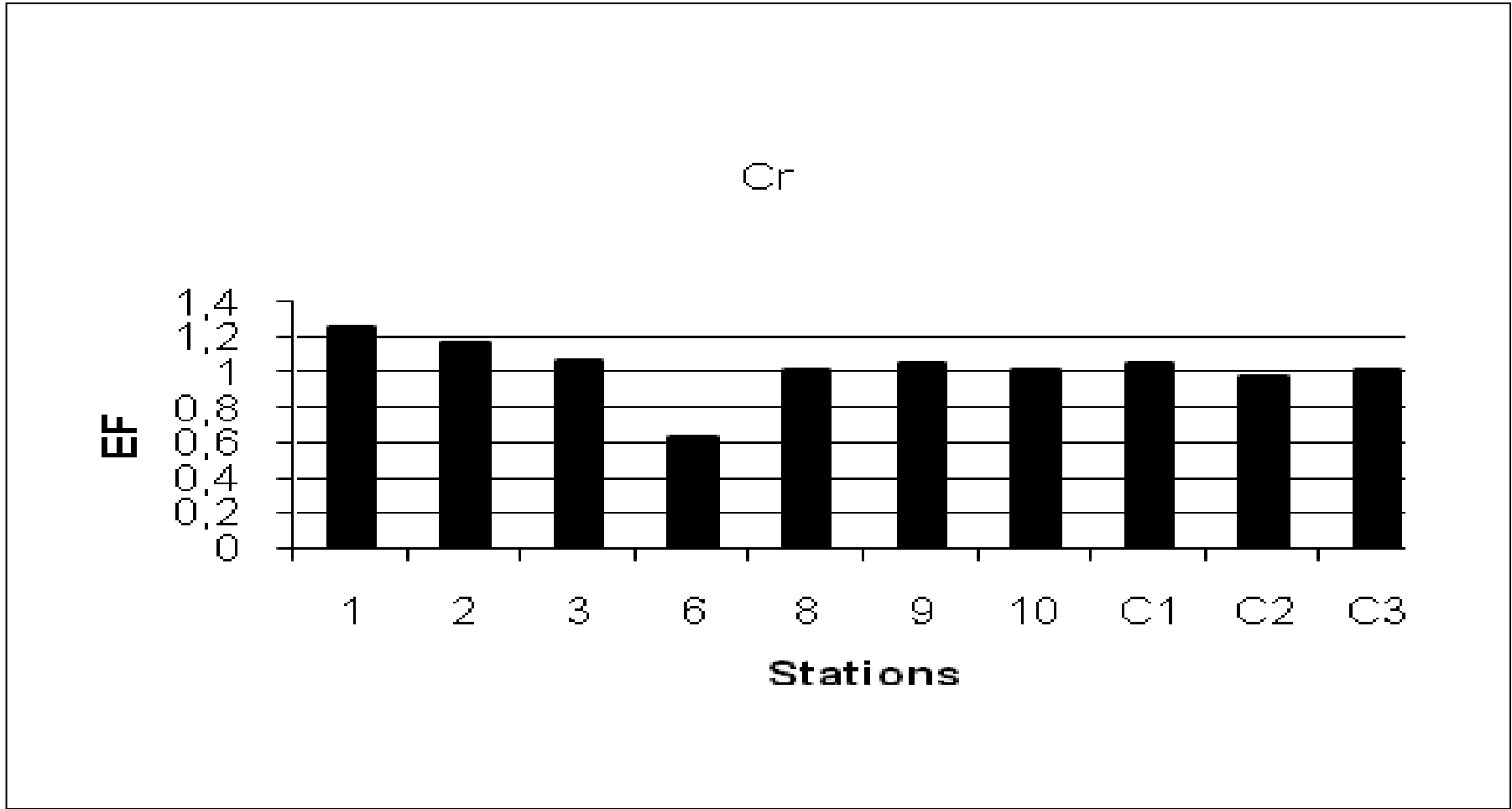
$$EF = (C_x/C_{ne})_{\text{örnek}} / (C_x/C_{ne})_{\text{dip sedimenti}}$$

$(C_x/C_{ne})_{\text{örnek}}$ ; element derişiminin ( $C_x$ ), normalleştirme elementinin ( $C_{ne}$ ) derişimine oranıdır ve  $(C_x/C_{ne})_{\text{dip sedimenti}}$  ise kirli olmadığı düşünölen sediment için bulunan aynı orandır.

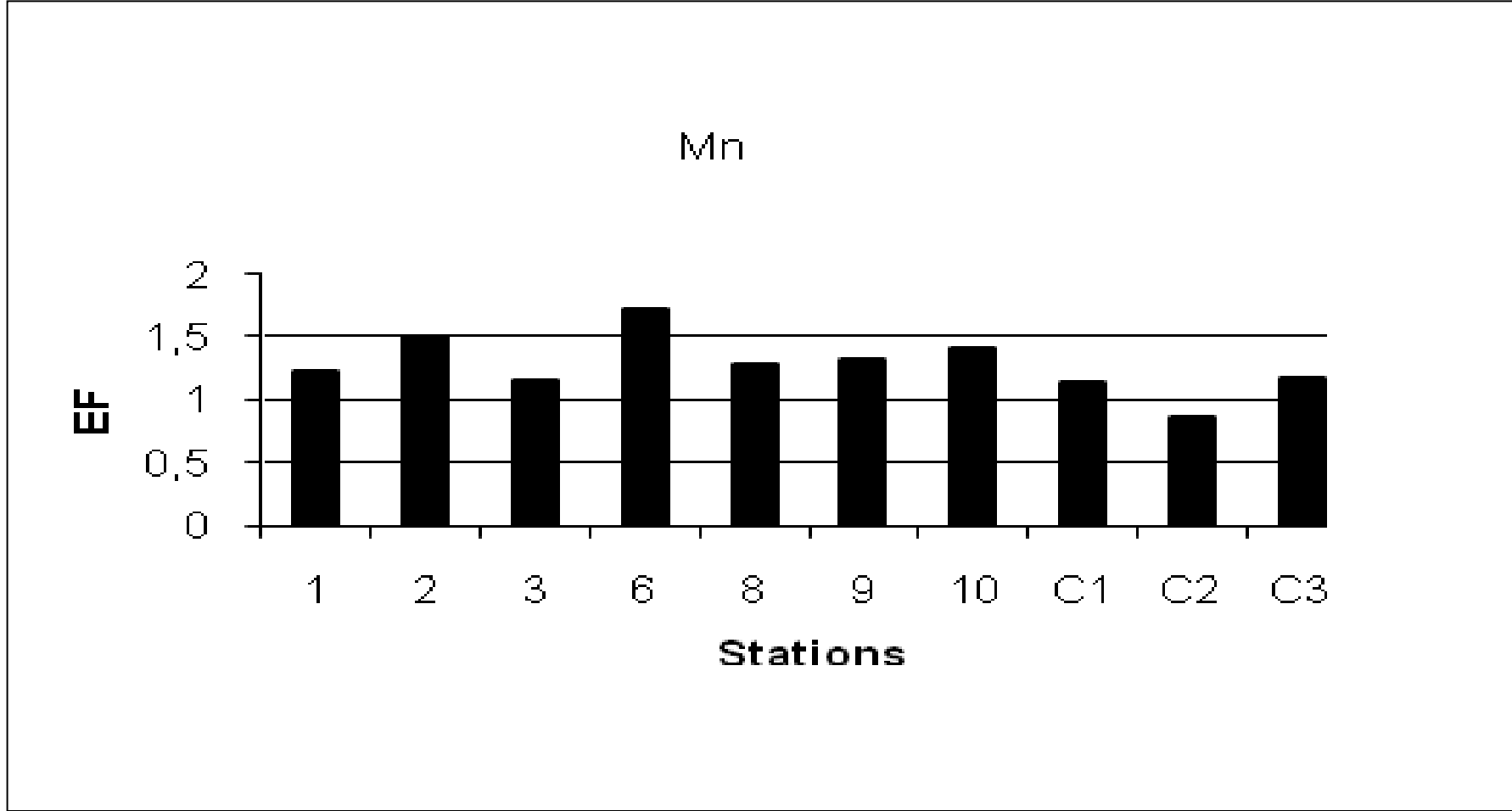
Genellikle ağır metal çalışmalarında anormal metal derişimini tanımlamak için yapılan jeokimyasal normalizasyon Al ve Fe gibi konservatif elementler kullanılarak hesaplanır. Bu çalışmada; alüminyum analiz edilemediğinden dolayı zenginleşme faktörünü hesaplariken normalleştirme elementi olarak Fe kullanılmıştır. Birçok çalışmada Fe aynı şekilde kullanılmıştır (Park ve Presley 1997; Feng., Cochran, Lwiza, Brownawell ve Hirschberg, 1998; Baptista Neto, Smith ve McAllister, 2000; Zhang ve diğ., 2007; Esen, Kucuksezgin ve Uluturhan 2008). C1 karotuna ait dip örneğindeki metal içeriği referans değeri olarak kullanılmıştır.

$0.5 \leq EF \leq 1.5$  ise; iz metal kabuksal kaynaklı veya doğal ayrışma prosesinin bir parçasıdır.  $EF > 1.5$  ise; iz metalin diğeri kaynaklardan geldiği düşünölebilir (Zhang ve diğ., 2007).

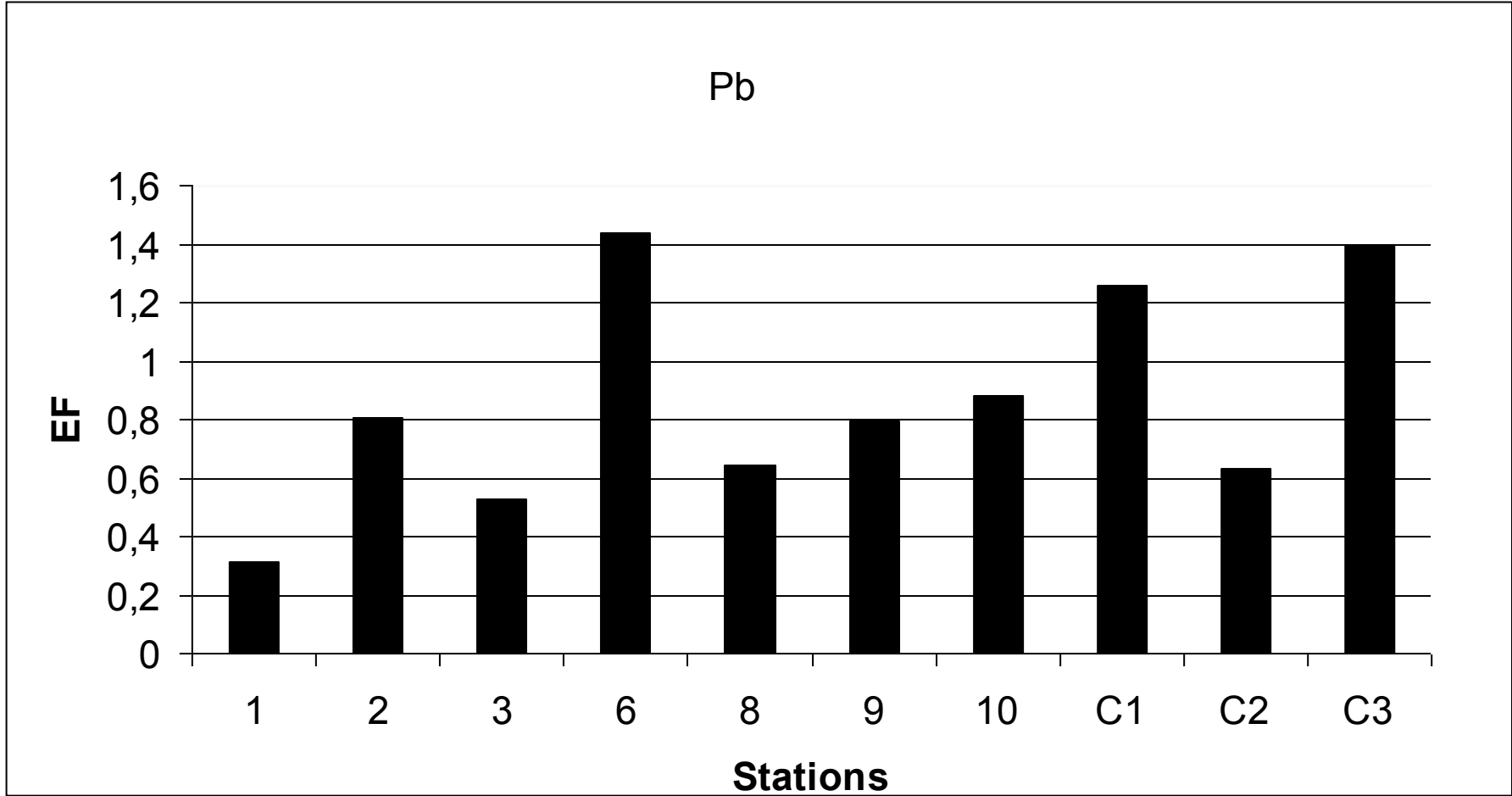
Şekil 3.17-23 Bafa Gölü yüzey sedimentlerinde zenginleşme faktörünü göstermektedir. Bu çalışmada metal zenginleşme faktörleri grab ve karot sedimentlerine ait yüzey örnekleri kullanılarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlara göre; çalışma alanında Cr zenginleşme faktörü EF (Cr), 0,6-1,2, EF (Mn) 0,8-1,7, EF (Pb) 0,3-1,4, EF (Ni) 0,3-0,9 EF (Zn) 0,8-1,4, EF (Cu) 0,6-1,9 ve EF (Hg) 1,0-5,6 değeri arasında değışim göstermektedir. Şekil 3.19-24'de göröldüğü gibi; Cr, Mn, Pb, Ni ve Zn ve Cu için zenginleşme faktörleri neredeyse gölün genelinde 1,5 değeriinden düşük bulunmakta, fakat Cu için EF değeriilerinin 8, 9 ve 10 numaralı istasyonlarda 1,5 değeriinden çok az yüksek olduğı görölmektedir. Bu durum da; göl için bu metaller açısından bir kirlenmenin söz konusu olmadığını gösterir. Ancak Hg metaline ait zenginleşme faktörü değeriileri neredeyse bütün istasyonlar için 1,5 değeriinden oldukça yüksek bulunmuş, bunun sonucu olarak da çalışma alanının genelini Hg açısından kirli olduğı ortaya çıkmıştır (Şekil 3.23).



Şekil 3.17 Bafa Gölü yüzey sedimentlerinde Cr Zenginleşme Faktörleri

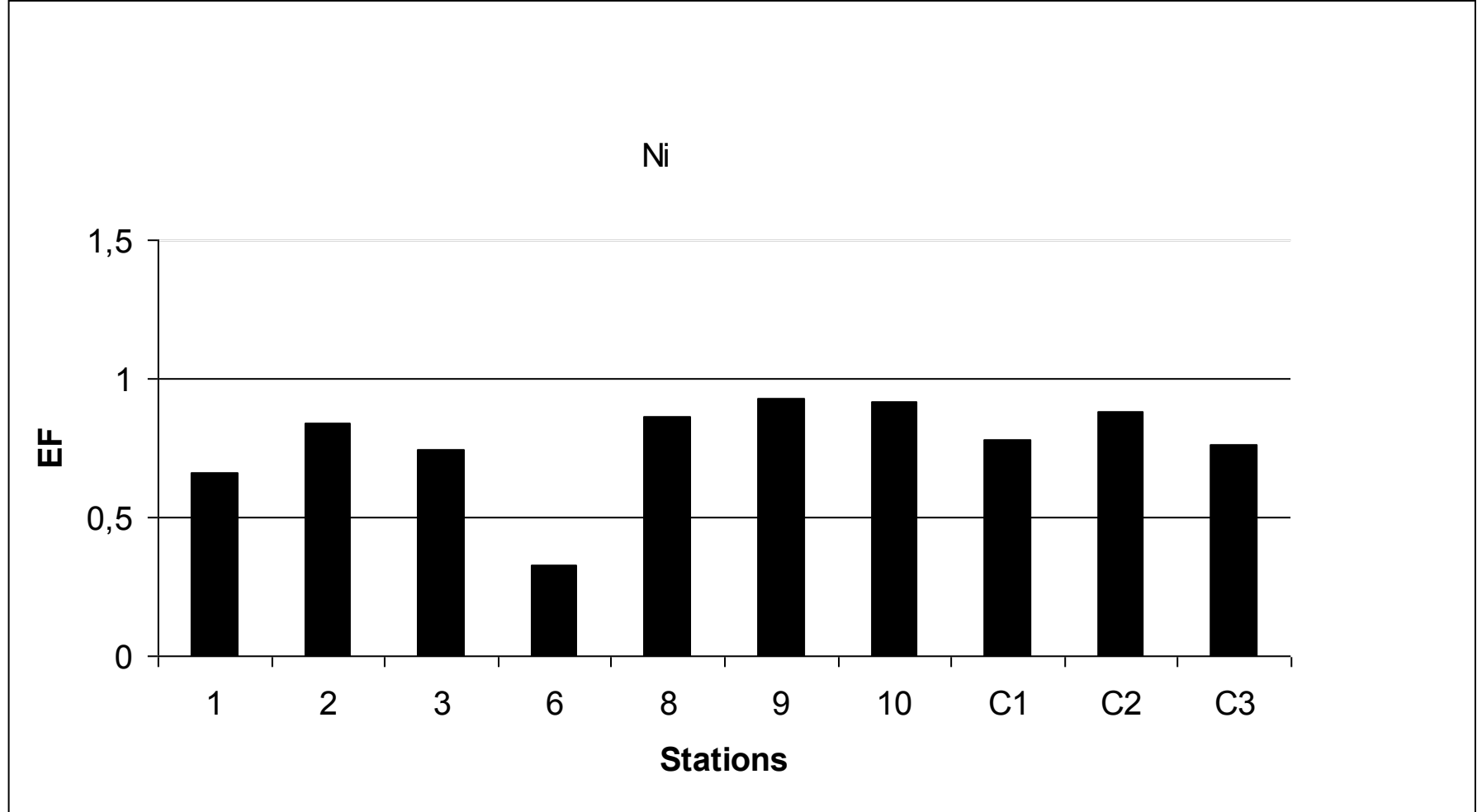


Şekil 3.18 Bafa Gölü yüzey sedimentlerinde Mn Zenginleşme Faktörleri

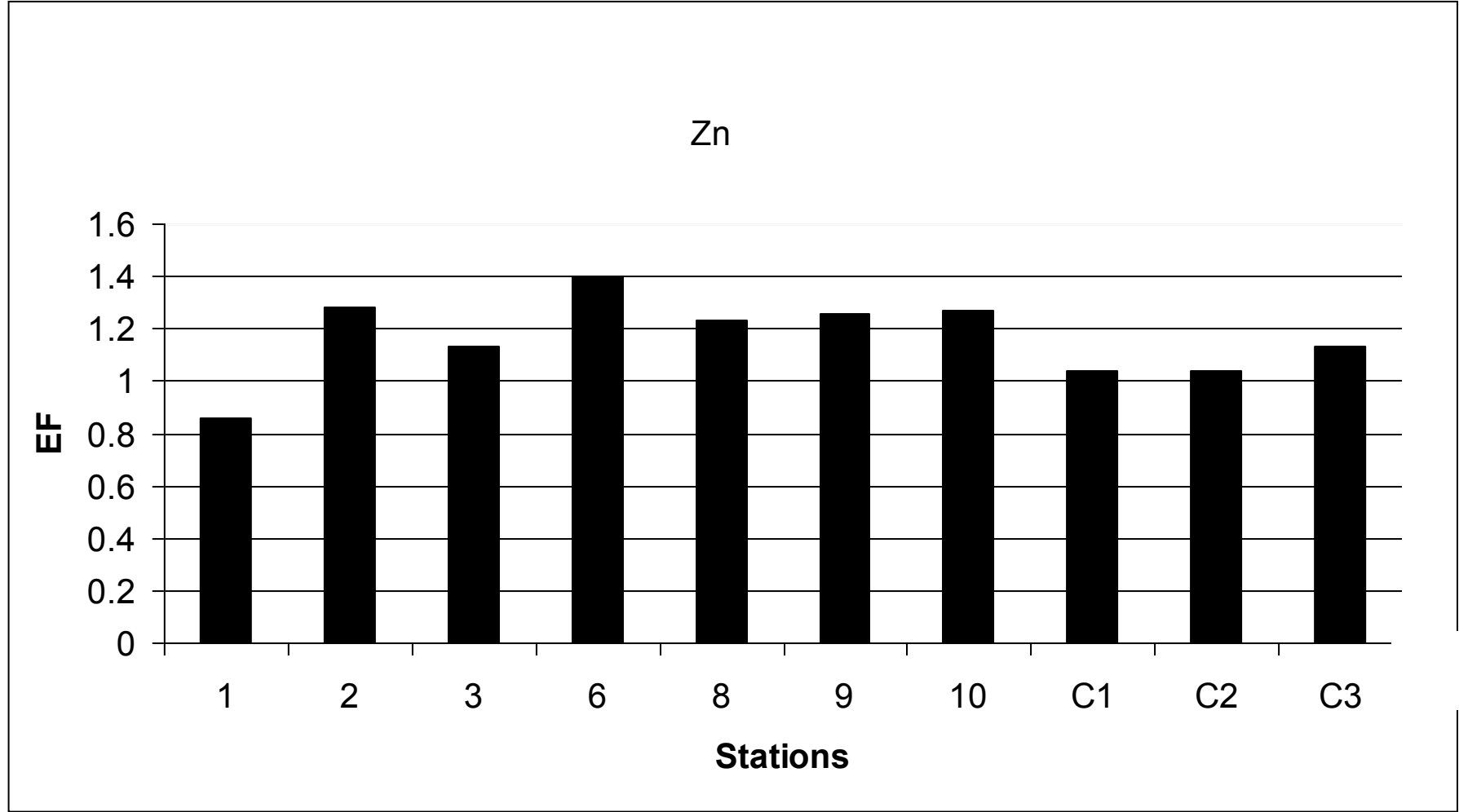


Şekil 3.19 Bafa Gölü yüzey sedimentlerinde Pb Zenginleşme Faktörleri

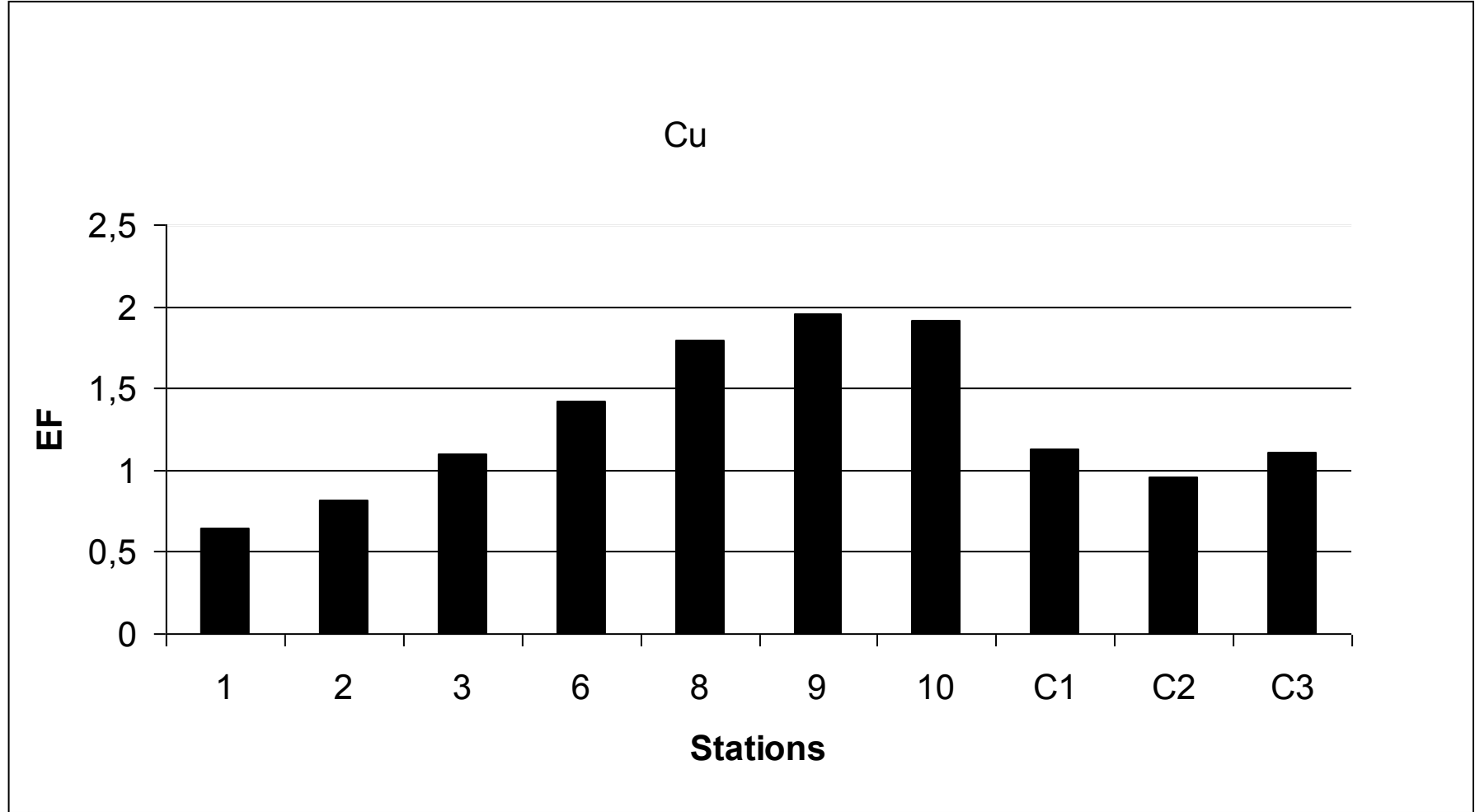




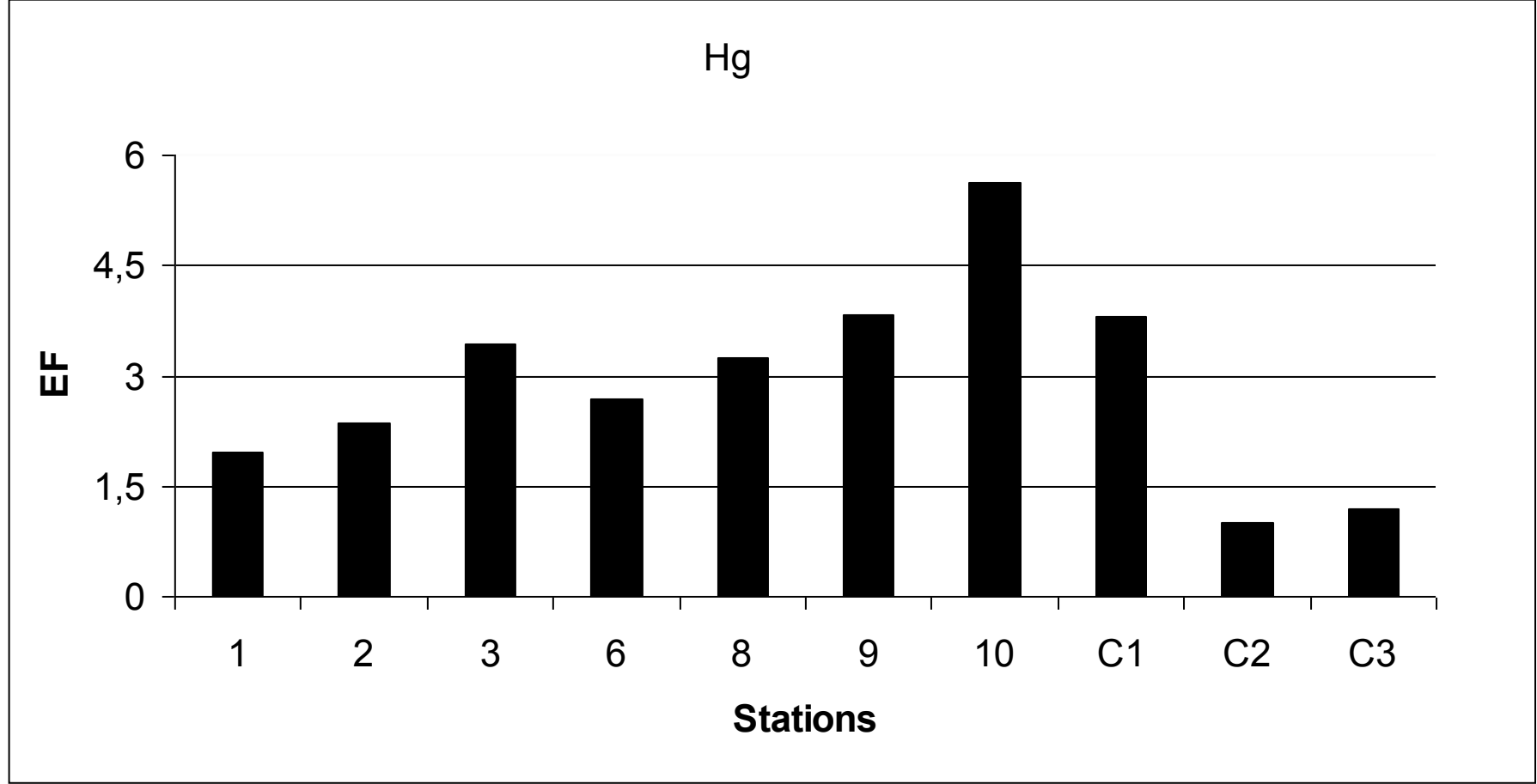
Şekil 3.20 Bafa Gölü yüzey sedimentlerinde Ni Zenginleşme Faktörleri



Şekil 3.21 Bafa Gölü yüzey sedimentlerinde Zn Zenginleşme Faktörleri



Şekil 3.22 Bafa Gölü yüzey sedimentlerinde Cu Zenginleşme Faktörleri



Şekil 3.23 Bafa Gölü yüzey sedimentlerinde Hg Zenginleşme Faktörleri

## BÖLÜM DÖRT

### SONUÇLAR

Bu çalışmada Ege Bölgesi'nin en büyük kıyısal göllerinden biri olan Bafa Gölü'nün kirliliği araştırılmış ve bu amaçla göl tabanından yüzey ve karot şeklinde sediment örnekleri alınmıştır. Gölde oluşan kirliliğin derecesini ortaya koymak amacıyla yüzey ve dip sedimentlerinde Fe, Cr, Mn, Pb, Ni, Zn, Cu, Hg metallerinin konsantrasyonları ile karot örneklerinin radyometrik yöntemler kullanılarak ( $^{210}\text{Pb}$ ) yakın zaman tarihlemesi yapılmış, sediment çökme hızı tespit edilmiş, karotlar boyunca ağır metal derişimleri ve karot sedimentlerinin yaşları saptanmıştır. Ayrıca göl suyu derinlik ölçümü ve haritalama, göl suyu fiziksel parametreleri, gölde akıntı ölçüm çalışmaları ve sediment örnekleri üzerinde dokusal sınıflama, organik karbon ve karbonat ölçüm çalışmaları yapılmıştır.

Gölün suyunun sıcaklık, tuzluluk ve pH gibi fiziko-kimyasal özellikleri, 10 noktada ve yüzey ve dip olmak üzere 2 derinlikte tespit edilmiş, aynı zamanda çözülmüş oksijen değerleri saptanmıştır. Çalışma alanı göl suyu örnekleme istasyonlarına ait pH değerleri 8,10 ile 8,3 arasında değişim göstermektedir. Bafa Gölü'ne ait çözülmüş oksijen derişimleri 3,2 ile 7,5 ppm arasında değişim göstermektedir. Çözülmüş oksijen değerinde önemli düşüş 3 ve 8 numaralı istasyonların dip suyu örneklemelelerinde saptanmış, 3 numaralı istasyon civarında bulunan zeytinyağı fabrikaları ve 8 numaralı istasyon civarında nehirler yoluyla gelen evsel ve endüstriyel atıklar ve akıntının bu alanlarda sınırlı olması çözülmüş oksijen değerinde ki düşüşün nedeni olabilir. Bafa Gölü'ne ait sıcaklık değerleri 23 ile 29,2°C arasında, tuzluluk değerleri ise 13 ile 14,20 psu arasında değişim göstermektedir. Tuzluluk değerlerinden anlaşılacağı üzere Bafa Gölü acı su özelliği gösteren bir göldür.

Bafa Gölü'nde yapılan su derinliği ölçüm çalışmalarına göre; gölün batı kesimi, gölün deniz ile bağlantısını kesen Büyük Menderes Nehri delta alüvyonlarının etkisinde olup oldukça sığdır ve halen Büyük Menderes Nehri ile arasında bir kanal bağlantısı olup buradan sediment taşınımı olmakta ve sığlaşmaya devam etmektedir.

Gölün doğu kesiminde bulunan Kovalık Deresi ve diğer akarsular yoluyla göle malzeme girdisi olmakta bu alanda sığlaşma yaratmaktadır. Doğu kıyısının sahil özelliğinde olmasından dolayı gölde ki su seviyesi değişimleri burada açıkça görülebilmektedir. Kuzey kesiminde ise Beşparmak Dağları gnayslarının kıyıya dik inmeleri sonucu gölde su seviyesi bu alanda hızlı değişim göstermektedir. Gölün güney kesimi kıyından açığa doğru, düzgün bir eğimle değişim göstermektedir. Gölün orta kesiminin en derin alan olduğu ve derinliğin 20m civarında olduğu saptanmıştır.

Çalışma alanından alınan 15 adet yüzey ve 3 adet karot örneğinin incelenmesi sonucu Bafa Gölü yüzey sedimentlerinin kum yüzdelerinin % 3–94 arasında değişim gösterdiği görülmektedir. Gölde doğuya doğru ilerledikçe kum yüzdesinde belirgin bir artış görülmektedir. Özellikle gölün güneydoğu ucunda kum yüzdesi maksimum değerlere (> % 90) ulaşmaktadır. Gölün doğu kıyısı boyunca nehirler yoluyla gelen sedimentler bu alanda dalgalar, akıntılar ve su seviyesinde ki değişimlerin yarattığı gel-git gibi etkenlerden dolayı hareketlenerek çamur gibi ince taneli malzeme ile kaba taneli malzeme ayırırlar. İnce taneler taşınırken kum boyutunda ki kaba taneler ağırlıklarından dolayı ortamda kalırlar. Bafa Gölü güncel sedimentlerinde çamur yüzdesi % 6-97 arasında değişim göstermektedir. Batı kesiminde çamur yüzdesinin yüksek olması Büyük Menderes Nehri kanalı ve gölün güneybatısından göle boşalan nehir yoluyla gelen çamurca zengin malzemelerden kaynaklanmaktadır. Gölün merkezinde ki sedimentlerin çamur miktarları % 90'ı aşarak, göl için bir depolanma merkezi görünümü vermektedir. Bafa Gölü güncel sedimentlerinde en sık görülen litoloji çamur ve kumlu çamur'dur.

Karotlara ait tane boyu sınıflamasında ise karotlar boyunca yüzey ve dip arasında tane boyu açısından farklılık gözlenmemiş ve çamur özelliğinde oldukları saptanmıştır.

Bafa Gölü dip sedimentlerinde organik karbon içeriği % 0,35 – 3,58 arasında değişmektedir. En yüksek organik karbon içeriği gölün kuzey ve doğu kıyıları ile güney batısında küçük bir alanda görülmektedir. Bu alanlardan Bafa Gölü'ne kanalizasyon ve evsel atıklar ile zeytinyağı atölyelerine ait atıklar ve dereler

boşalmakta bunun sonucu olarak bu kesimlerde organik karbon içeriklerinde nispeten yüksek sonuçlar ortaya çıkmaktadır.

Yüzey sedimentlerinde toplam karbonat içerikleri %15-29 arasında değişim göstermektedir. En düşük derişimler gölün güney batısında görülmekte diğer kesimlerde karbonat içerikleri % 25'in üzerine çıkmaktadır. Bu durum karbonatların çoğunun çamur fraksiyonu ile birlikte bulunduğunu göstermektedir.

Bafa Gölü C1 istasyonundan alınan karot üzerinde yapılan  $^{210}\text{Pb}$  tarihlendirme çalışmalarından alınan sonuçlar dip sedimentlerin günümüzden yaklaşık 120 yıl öncesinde depolanmış olduklarını göstermektedir. Sedimentasyon hızını belirlemek amacıyla CRS matematiksel modeli kullanılmış ve Bafa Gölü'nde ortalama sedimentasyon hızı  $0.418 \pm 0.316 \text{ cm y}^{-1}$  olarak hesaplanmıştır. C1 karotu boyunca yıllara göre Hg dışında metal derişimlerinde önemli sapmalar saptanmamıştır. Ancak yaklaşık olarak 1985 yılına karşılık gelen karotun 10. cm. sinden itibaren Hg derişiminde önemli miktarda artış olduğu gözlenmektedir. Çalışma alanı sediment örneklerinde saptanan ağır metal içerikleri çamur (silt + kil) tane boyuna göre normalleştirilmiştir.

Bafa Gölü yüzey sedimentlerinde metal birikimi ile tane boyu, organik karbon ve karbonat içeriği arasında korelasyon analizi yapılmış ve tüm metal birikimleri ile kum tane boyu arasında negatif, çamur tane boyu ile pozitif korelasyon söz konusu olduğu görülmüştür. Sedimentte organik karbon içeriği bir çok elementle (Zn, Ni, Pb, Mn, Cu, Fe, Hg) pozitif korelasyon göstermektedir. Neredeyse tüm elementlerin karbonat içeriği ile anlamlı bir ilişkisi bulunmamaktadır. C1 karotu sediment örneklerinde metal derişimleri ile tane boyu ve organik karbon içerikleri arasında korelasyon analizleri yapılmış ve metallerin tane boyu ve organik karbon ile aralarında anlamlı bir korelasyon olmadığı görülmüştür. Ancak metallerden; Cu, Fe, Cr, Pb ve Ni arasında yüksek pozitif korelasyon söz konusudur.

NIgeo indeksi değerlerini göstermektedir. Fe, Cr, Mn, Pb, Ni, Zn ve Cu, metalleri için neredeyse bütün yüzey ve karot örnekleri kirlenmemiş olarak sınıflanmıştır. En

yüksek NIgeo değerleri 10 ve C1 numaralı örneklerde; Hg metalinde gözlenmekte ve çok az kirli olarak sınıflanmaktadır.

Metal zenginleşme faktörleri (EF) grab ve karot sedimentlerine ait yüzey örnekleri kullanılarak hesaplanmıştır. Cr, Mn, Pb, Ni ve Zn ve Cu için zenginleşme faktörleri neredeyse gölün genelinde 1.5 değerinden düşük bulunmakta, fakat Cu için EF değerlerinin 8, 9 ve 10 numaralı istasyonlarda 1.5 değerinden çok az yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum da; göl için bu metaller açısından bir kirlenmenin söz konusu olmadığını gösterir. Ancak Hg metaline ait zenginleşme faktörü değerleri neredeyse bütün istasyonlar için 1.5 değerinden oldukça yüksek bulunmuş, bunun sonucu olarak da çalışma alanının genelini Hg açısından kirli olduğu ortaya çıkmıştır.

Sediment örneklerine ait bu yüksek krom ve nikel değerleri göl çevresinde bulunan mafik- ultramafik kayalardan kaynaklanmaktadır.

Gölde yüzey sedimentlerinde saptanan yüksek Hg değerleri ve C1 karotuna ait Hg derişimlerinde ki son yıllarda gerçekleşen artış; Bafa Gölü için bir Hg kirliliğinin var olduğunu göstermektedir. Hg değerlerindeki bu yükselmenin nedeninin göl civarında ki tarım arazilerinde kullanılan tarım ilaçları ve gübreleme kaynaklı olduğu ve drenaj suları vasıtasıyla göle ulaştığı düşünülmektedir. Çalışma alanında bu metale ait diğer bir kaynakta Büyük Menderes Nehri yoluyla gelen antropojenik girdilerdir.

Bafa Gölü ile ilgili alınabilecek tedbirleri arasında; göle her türlü atık su deşarjının engellenmesi; göl kenarında mevcut yapıların (Fabrika, otel, motel, lokanta ve yerleşim birimleri) her türlü sıvı atıklarının arıtılmadan göle verilmesi; gölün mansabında yer alan yavru balık işletme tesislerinin atık sularının göle deşarj edilmesi ve yağ üretim tesislerinin atık sularının doğrudan göle verilmesi engellenmeli, göl civarında bulunan tarım arazilerinde zirai ilaç ve gübre kullanımı kontrollü olarak yapılması önerilir. Büyük Menderes Nehri'nden kanal yoluyla gelen ve yoğun miktarda sediment ve kirleticiler içeren sular arıtılmadan göle verilmemelidir. Bu veriler ışığında tedbir ve kontrol yöntemleri geliştirilebilir.



Bafa Gölündeki tuzlu-tatlı su girişi ve miktarı ile mevsimsel kirlenmelerin izlenebilmesi için mevsimsel ölçümlere ihtiyaç duyulmaktadır.

Bafa Gölü'nde yapılacak diğer çalışmalarda, araştırmacılara metal kirliliğinin insan sağlığı ve canlı yaşam üzerindeki etkilerinin belirlenebilmesi için, metallerin gölde yaşayan canlı türlerinde ve suda ki miktarlarını da incelemeleri önerilmektedir.

## KAYNAKLAR

- Akat, U., Öztürk, Z., Öztürk, E. M., Çağlayan A. (1975). Menderes masifi güneyi SW Toros kuşağı ilişkisi (ön rapor): MTA rap., 5488, Ankara.
- Akçay, H., Oğuz, A., Karapire, C. (2003). Study of heavy metal pollution and speciation in Büyük Menderes and Gediz river sediments. *Water Research*, 37, 813-822.
- Akıska, S., Ünlü, T., ve Sayılı, İ.S. (2008). İzmir-Ödemiş Yöresinde ki Arsenopiritlerle İlişkili Altın Oluşumlarının Maden Jeolojisi. *MTA Dergisi*, 136, 1-18.
- Aksu, A.E., Yaşar, D., & Uslu O. (1997). Assessment of Marine Pollution in İzmir Bay: Heavy Metal and Organic Compound Concentrations in Surficial Sediments. *Translations and Journal of Engineering and Environmental Science*, 22, 387-415.
- Altındağ, A., Yiğit, S. (2005). Assessment of heavy metal concentrations in the food web of lake Beyşehir, Turkey. *Chemosphere*, 60, 552–556.
- Balkıs, N., Çağatay, N. (2001). Factors controlling metal distribution in the surface sediments of the Erdek Bay, Sea of Marmara, Turkey. *Environmental International*, 27, 1-13.
- Baptista Neto, J.A., Smith B.J., & McAllister J.J. (2000). Heavy Metal Concentrations in Surface Sediments in a Nearshore Environment, Jurujuba Sound, Southeast Brazil. *Environmental Pollution*, 109, 1-9.
- Belzile N., Chen Y.W., Gunn J.M., & Dixit S.S. (2004). Sediment trace metal profiles in Lake of Killarney Park, Canada: from regional to continental Influence. *Environmental Pollutio*, 130, 239-248.
- Bozkurt, E. (1994). *Effects of Tertiary extension in the southern Menderes Massif, western Turkey*. PhD Thesis, University of Keele, Keele, 295.

- Bozkurt, E. (1996). Metamorphism of Palaeozoic Schists in Southern Menderes Massif: Field, Petrographic, Textural and Microstructural Evidence. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 5, 105-121.
- Caeiro S., Costa M.H., Ramos T.B., Fernandes F., Silveira N., Coimbra A., ve diğ. (2005). Assessing heavy metal contamination in Sado Estuary sediment: An index analysis approach. *Ecological Indicators*, 5, 151-169.
- Charlesworth S.M., & Foster I.D.L. (1999). Sediment budgets and metal fluxes in two contrasting urban lake catchments in Coventry, UK. *Applied Geography*, 19, 199-210.
- Duman, F., Aksoy, A., Demirezen, D. (2007). Seasonal Variability of Heavy Metals in Surface Sediment of Lake Sapanca, Turkey. *Environment Monitoring Assess*, 133, 277–283.
- Ercan, T., Akat, U., Günay, E. ve Savaşçın, S. (1985). *Söke-Selçuk-Kuşadası Dolaylarının jeolojisi ve Volkanik Kayaçların Petrokimyasal Özellikleri..* MTA Kütüphanesi, 200, 627.
- Ergin, M., Bodur M.N., Ediger, V., Yemenicioğlu, S., Okyar, M., Kubilay N.N. (1993). Sources and dispersal heavy metals in surface sediments along the eastern aegean shelf. *Bollettino Di Oceanologia Teorica ed Applicata*, 11 (1), 27-44.
- Esen, E., Kucuksezgin, F., & Uluturhan, E. (2008). Assessment of trace metal pollution in surface sediments of Nemrut Bay, Aegean Sea. *Environmental Monitoring and Assessment*, 160 (1–4), 257–266.
- Feng, H., Cochran, J. K., Lwiza, H., Brownawell B. J., & Hirschberg, D. J. (1998). Disribution of Heavy Metal and PCB Contaminants in the Sediments of an Urban Estuary: The Hudson River. *Marine Environmental Research*, 45, 69-88.

- Flynn, W.W. (1968). The determination of low levels of Polonium-210 in environmental materials. *Anal. Chim Acta.*, 43, 221-227.
- Forstner, U., & Withmann, G.T.W. (1983). *Metal Pollution in the Aquatic Environment*. Berlin Heidelberg New York Tokyo; Springer-Verlag.
- Fytianos, K., Laurantou, A. (2004). Speciation of elements in sediment samples collected at lakes Volvi and Koronia, N. Greece. *Environ. Int.*, 30, 11–17.
- Gatti, L.V., Mozeto, A.A., & Artaxo, P. (1999). Trace elements in lake sediments measured by the PIXE technique. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research*, B 150, 298-305.
- Gaudette, H.E., Flight, W.R., Toner, L., & Folger, D.W. (1974). An inexpensive titration method for the determination of organic carbon in recent sediments. *J. Sedimentary Petrology*, 44, 249-253.
- Hakanson, L., & Jansson, M. (1983). *Principles of lake sedimentology*. Berlin; Springer.
- Hobbs, B.E., Means, W.D., & Williams, P.E. (1976). *An outline of Structural Geology*. New York, John Wiley and Sons. Inc., 571.
- Hu, X., Wang, C., & Zou, L. (2011). Characteristics of heavy metals and Pb isotopic signatures in sediment cores collected from typical urban shallow lakes in Nanjing, China. *Journal of Environmental Management*, 92, 742-748.
- Karageorgis A., Anagnostou, Ch., Sioulas, A., Chronis, G., & Papathanassiou, E. (1998). Sediment geochemistry and mineralogy in Milos bay, SW Kyklades, Aegean Sea, Greece. *Journal of Marine Systems*, 16, 269-281.

- Kunwar P., Mohan D., Vinod K., Malik A. (2005) . Studies on distribution and fractionation of heavy metals in Gomti river sediments tributary of the Ganges, India *Journal of Hydrology*, 312, 14-27.
- Müllenhoff, M., Handl, M., Knipping, M., & Brückner H. (2004). The evolution of Lake Bafa (Western Turkey) –Sedimentological, microfaunal and palynological results. *Coastline Reports*, 1, 55-66.
- Müller, G., (1981). Die Schwermetallbelastung der sedimente des Neckars und seiner Nebenflüsse: eine Bestandsaufnahme. *Chemical Zeitung*, 105, 157-164.
- Naidu, S., Blanchard, A., Kelley, J.J., Goering, J.J., Hameedi, M.J., Baskaran, M. (1997). Heavy metals in Chukchi Sea sediments as compared to selected circum-Arcticshelves. *Marine Pollution Bulletin*, 35, 260-269.
- Nguyen, H.L., Leermakers, M., Osan, J., Torok, S., Baeyens, W. (2005). Heavy metals in Lake Balaton: water column, suspended matter, sediment and biota. *Sci. Total Environ.*, 340, 213–230.
- Özmen, H., Kulahcı, F., Cukurovalı, A., Dogru M. (2004). Concentrations of heavy metal and radioactivity in surface water and sediment of Hazar Lake (Elazığ, Turkey). *Chemosphere*, 55, 401–408.
- Öztürk, A. ve Koçyiğit, A. (1982). Selimiye-Beşparmak yöresindeki (Muğla) Menderes Masifi kayalarının stratigrafisi. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 26, 67-72.
- Öztürk, A. ve Koçyiğit, A. (1983). Menderes grubu kayalarının temel örtü ilişkisine yapısal bir yaklaşım (Selimiye, Muğla). *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 26( 2), 99-106.

- Park, J., & Presley, B. J. (1997). Trace Metal Contamination of Sediments and Organisms from the Swan Lake area of Galveston Bay. *Environmental Pollution*, 98, 209-221.
- Piper, D. J. W. (1974). *Manuel of sedimentological techniques*. Dalhousie University Publ.
- Ramsay, J.G., ve Huber, M.I. (1989). The Techniques of Modern Structural Geology: Folds and Fractures. *Academic press*, London, 2, 309-700.
- Ramsay, J.G. (1967). *Folding and Fracturing of Rocks*. New York, McGraw Hill Book Company, 568.
- Resmi Gazete (2004). *Su kirliliği kontrol yönetmeliği*. Sayı 25687, 31 Aralık, Ankara.
- Roach, A. C. (2005). Assessment of metals in sediments from Lake Macquarie, New South Wales, Australia, using normalization models and sediment quality guadelines. *Marine Environmental Research*, 59, 453-472.
- Salomons, W., Fostner, V. (1984). *Metals in the Hydrocycle*, 63-93.
- Shepard, F. P. (1954). High velocity turbidity currents, a discussion. *Royal Soc.London, Proc.*, 222, 323-326.
- Soylak, M., Yilmaz, S. (2006). Heavy metals in sediments samples from Lake Palas, Kayseri-Turkey. *Fresenius Environ. Bull.* 15, 340–344.
- Suriyanarayanan, S., Brahmanandhan, GM., Malathi, J., Kumar, SR., Masilamani, V., Hameed, PS., et.al. (2008). Studies on the distribution of <sup>210</sup>Po and <sup>210</sup>Pb in the acosystem of Point Calimere Coast (Palk Strait), India. *Journal of Environmental Radioactivity*, 99, 766-771.

- Şengör, A.M.C., Satır, M., ve Akkök, R. (1984). Timing of tectonic events in the Menderes Massif western Turkey: implications for tectonic evolution and evidence for Pan-African basement in Turkey. *Tectonics*, 3, 693-707.
- TSI (1997). *Turkish National Water Quality Standards*.
- Turekian, K. K., & Wedepohl, K. H. (1961). Distribution of the elements in some major units of the earth crust. *Geol. Soc. Am. Bull.* 72, 175-192.
- Turner, F.J., ve Weiss, L.E. (1963). *Structural Analysis of Metamorphic Tectonics*. New York, Mc. Graw-Hill Book Company Inc., 545.
- UNEP (1985a). Determination of total Hg in marine sediments and suspended solids by cold vapor AAS. *Reference Methods for Marine Pollution Studies*, 26.
- UNEP (1985b). Determination of total chromium in marine sediments by flameless AAS. *Reference Methods for Marine Pollution Studies*, 31.
- UNEP (1985c). Determination of total lead in marine sediments by flameless AAS. *Reference Methods for Marine Pollution Studies*, 34.
- WHO (1993). *Guidelines for drinking water quality*, 1, (2nd ed), Geneva; Recommendations.
- Yang, H., & Rose, N., 2005. Trace element pollution records in some UK lake sediments, their history, influence factors and regional differences. *Environment International*, 31, 63-75.
- Yıldız, N., Yener G. (2010). Van Gölü'nde Sediment Birikim Hızı, Radyoaktif ve Ağır Metal Kirliliğinin Tarihlemesi. *Ekoloji*, 19(77), 80-87.

Yılıgör, A. (2009). *Büyük Menderes Nehri Çökellerinde ki Ağır Metal Kirliliği ve Deltaya Olan Etkileri*. Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, 106 s.

Zhang, L., Ye, X., Feng, H., Jing, Y., Ouyang, T., Yu, X., et.al. (2007). Heavy Metal Contamination in Western Xiamen Bay Sediments and its Vicinity, China. *Marine Pollution Bulletin*, 54, 974-982.

Zheng Y.M., Liu, Y.R., Hu H.Q., He, J.Z. (2008). Mercury in soils of three agricultural experimental stations with long-term fertilization in China. *Chemosphere*, 72, 1274-1278.