

2001-249

DEBAG - 18/G Kod No'lu  
ULUSAL DENİZ ÖLÇÜM, İZLEME VE ARAŞTIRMA PROGRAMI  
ORTA VE DOĞU KARADENİZ DE EKONOMİK ÖNEMİ OLAN BAZI DENİZ  
ORGANİZMALARINDA AĞIR METALLERİN BELİRLENMESİ

Alt Projesi  
1991 Yılı Raporu

ORTA DOĞU TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
ERDEMLİ DENİZ BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ve

TARIM VE KÖYİŞLERİ BAKANLIĞI  
TRABZON SU ÜRÜNLERİ ARAŞTIRMA ENSTİTÜSÜ

HAZIRLAYANLAR

Mustafa ÜNSAL	Proje Yürütücüsü
Murat DOĞAN	Yard. Araştırmacı
Ülkü ATAÇ	Yard. Araştırmacı
Semal YEMENİCİOĞLU	Yard. Araştırmacı
Şengül AKDOĞAN	Yard. Araştırmacı
Yusuf KAYIKÇI	Yard. Araştırmacı
Muammer AKTAŞ	Yard. Araştırmacı

Mayıs 1992

Erdemli

İÇİNDEKİLER	Sayfa
Önsöz .....	iv
Özet ve anahtar kelimeler .....	v
Summary and key words .....	vii
Şekiller listesi .....	ix
Tablolar listesi .....	xi
1. Giriş .....	1
2. Araştırma konusu metallerin kaynakları ve özellikleri .....	2
2.1. Cıva .....	2
2.2. Bakır .....	3
2.3. Kurşun .....	4
3. Projeyi destekleyen ve işbirliği yapılan kuruluşlar .....	4
3.1. Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu-TÜBİTAK .....	5
3.2. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı-Trabzon Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü .....	5
3.3. Orta Doğu Teknik Üniversitesi-Erdemli Deniz Bilimleri Enstitüsü .....	5
4. Projenin amaçları .....	6

5. Projede uygulanan metodlar .....	7
5.1. Balık .....	7
5.2. Midye .....	8
5.3. Plankton .....	9
6. Elde edilen sonuçlar .....	9
6.1. Metal konsantrasyonlarındaki değişimler .....	9
6.1.1. Örnekleme zamanına bağlı değişimler .....	9
6.1.2. Örnekleme bölgelerine bağlı değişimler .....	16
7. Karşılaşılan güçlükler .....	21
8. Gelecek çalışmalar için öneriler .....	22
9. Harcamalar .....	23
10. Referanslar .....	24

## ÖNSÖZ

TÜBİTAK desteğinde yürütülmekte olan "Orta ve Doğu Karadeniz'de Ekonomik Önemi Olan Bazı Deniz Ürünlerinde Ağır Metallerin Belirlenmesi" Projesi, Dr. Haşim ÖĞÜT (Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Proje Uygulama Genel Müdürü), Doç.Dr. Altan ACARA (Devlet Planlama Teşkilatı), Zir.Yük.Müh. Murat DOĞAN (Trabzon Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü Müdürü) ve Prof.Dr. Mustafa ÜNSAL'dan (ODTÜ- Erdemli Deniz Bilimleri Enstitüsü-Proje Yürütücüsü) oluşan izleme komitesinin genel denetimi altında yürütülmüştür.

Yukarıda adı geçen proje çalışmalarıyla ilgili gelişme ve faaliyetleri içeren bu rapor, 1.5.1991-31.12.1991 tarihleri arasında alınan örneklerde yapılan metal analizlerinin sonuçlarını ve bu sonuçların yorumunu içermektedir.

## TÜRKÇE ÖZET VE ANAHTAR KELİMELER

Bu raporda, " Orta ve Doğu Karadeniz'de Ekonomik Önemi Olan Bazı Deniz Ürünlerinde Ağır Metallerin Belirlenmesi Projesi" çerçevesinde yapılan ölçümlerden elde edilen sonuçlar ve bu sonuçların yer ve zamana göre değişimlerine yer verilmiştir.

Adı geçen proje, Devlet Planlama Teşkilatı (DPT), Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK)'nın parasal katkısı, Tarım ve Köyişleri Bakanlığı - Trabzon Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü'nün (TKB-TSÜAE) tekne, personel, araç ve gereç katkısıyla Orta Doğu Teknik Üniversitesi - Erdemli Deniz Bilimleri Enstitüsü tarafından yürütülmektedir.

Proje süresince Orta ve Doğu Karadeniz'de önemli miktarda avlanan ve dolayısıyla ekonomik önemi büyük olan pelajik türlerden Hamsi ve İstavritte, demersal türlerden Mezgitte Cıva, Bakır ve Kurşun düzeyleri belirlenmiş ve bu düzeylerin yer ve zamana bağlı olarak değişimleri incelenmiştir. Ayrıca, deniz suyundan önemli miktarda kirleticiyi aldıkları ve bu özelliklerinden dolayı "indikatör organizma" olarak bilinen Midye ve planktonlar (fito ve zooplankton karışımı) da kaynak (kirliliği) ve referans (temiz) istasyonlardan örneklenerek aynı proje içerisinde analiz edilmişlerdir.

Elde edilen sonuçlardan, Haziran ve Ekim aylarında analiz edilen organizmalarda Cıva konsantrasyonlarının arttığı, Bakır konsantrasyonlarının ise azaldığı gözlenmiştir. Kurşun değerleri yaz aylarında en yüksek değere ulaşmış, sonbahar ve kış aylarına doğru azalmıştır.

Örnekleme bölgelerine göre metal konsantrasyonları incelendiğinde Samsun ve Hopa'da Bakır konsantrasyonlarının yüksek

olduğu, Doğu Karadeniz'in doğusuna gidildikçe arttığı, Kurşun konsantrasyonlarının ise batıda özellikle Sinop'ta yüksek olduğu saptanmıştır. Bazı istisnalar dışında cıva konsantrasyonlarının örnekleme bölgelerinde eşit düzeyde olduğu gözlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Ekonomik nem, Kirlilik, Kirletici, Balık,  
Konsantrasyon, İnsan sağlığı, Midye, Plankton.

## SUMMARY AND KEY WORDS

The present report comprehends the data on the level and seasonal changes of some heavy metals in some fish species, mussel and mixed plankton which were studied within the framework of the project "Determination of Heavy Metals in Some Economically Important Marine Organisms in Southeastern Black Sea".

The project was conducted by Middle East Technical University, Institute of Marine Sciences in Erdemli with the financial support of the State Planning Office, Turkish Scientific and Technical Research Council (TUBITAK) and in collaboration with Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Aquatic Resources Research Institute in Trabzon.

During the project, the levels of Mercury, Copper and Lead and their changes in time and space were studied in two pelagic fish species, Anchovy and Horse Mackerel and also in a demersal species, European Hake which were caught in significant amounts in southeastern Black Sea, so all having economic importance. Furthermore, the mussel and mixed plankton (Phyto- and Zooplankton) collected from polluted and unpolluted areas were also analysed for the same metals, since they were accepted to be good indicators of pollution.

From the results obtained, the Mercury concentrations in analysed organisms were found to be high in June and in October while Copper concentrations were low in these months.

When the distribution of metal concentrations was studied within the sampling areas, the copper concentrations appeared to be high in Samsun and Hopa regions and they increased from

western to eastern part of the southeastern Black Sea. However, lead concentrations were high in the western part, especially in Sinop region and they decreased towards east. With some exceptions, the mercury concentrations were evenly distributed throughout the sampling areas.

Key words: Economic importance, Pollution, Pollutant, Fish, Concentration, Public health, Mussel, Plankton.



ŞEKİLLER LİSTESİ	Sayfa
1. Örneklemeye bölgeleri .....	29
2. Değişik örneklemeye zamanlarında balıklarda ölçülen cıva konsantrasyonları .....	30
3. Değişik örneklemeye zamanlarında midye ve planktonda ölçülen cıva konsantrasyonları ....	30
4. Değişik örneklemeye zamanlarında balıklarda ölçülen bakır konsantrasyonları .....	31
5. Değişik örneklemeye zamanlarında midye ve planktonda ölçülen bakır konsantrasyonları.....	31
6. Değişik örneklemeye zamanlarında balıklarda ölçülen kurşun konsantrasyonları .....	32
7. Değişik örneklemeye zamanlarında midye ve planktonda ölçülen kurşun konsantrasyonları ..	32
8. Karadeniz'e dökülen Kızılırmak, Yeşilirmak ve bazı derelerin 1971-1986 yılları arasında ortalama debileri (EİE, 1989) .....	33
9. Balıklarda cıva konsantrasyonlarının örneklemeye bölgelerine göre değişimi .....	34
10. Midye ve planktonda cıva konsantrasyonlarının örneklemeye bölgelerine göre değişimi .....	34

11.	Balıklarda bakır konsantrasyonlarının örnekleme bölgelerine göre değişimi .....	35
12.	Midye ve planktonda bakır konsantrasyonlarının örnekleme bölgelerine göre değişimi .....	35
13.	Balıklarda kurşun konsantrasyonlarının örnekleme bölgelerine göre değişimi .....	36
14.	Midye ve planktonda kurşun konsantrasyonlarının örnekleme bölgelerine göre değişimi .....	36

TABLÖLAR LİSTESİ

Sayfa

1. Balık, midye ve plankton örneklerinde cıva konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ , yaş ağırlık) (Örnekleme zamanı: Haziran 1991) ..... 38
2. Balık, midye ve plankton örneklerinde bakır konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ , yaş ağırlık) (Örnekleme zamanı: Haziran 1991) ..... 39
3. Balık, midye ve plankton örneklerinde kurşun konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ , yaş ağırlık) (Örnekleme zamanı: Haziran 1991) ..... 40
4. Balık, midye ve plankton örneklerinde cıva konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ , yaş ağırlık) (Örnekleme zamanı: Ağustos 1991) ..... 41
5. Balık, midye ve plankton örneklerinde bakır konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ , yaş ağırlık) (Örnekleme zamanı: Ağustos 1991) ..... 42
6. Balık, midye ve plankton örneklerinde kurşun konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ , yaş ağırlık) (Örnekleme zamanı: Ağustos 1991) ..... 43
7. Balık, midye ve plankton örneklerinde cıva konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ , yaş ağırlık) (Örnekleme zamanı: Ekim 1991) ..... 44

8.	Balık, midye ve plankton örneklerinde bakır konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ; yaş ağırlık) (Örnekleme zamanı: Ekim 1991) .....	45
9.	Balık, midye ve plankton örneklerinde kurşun konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ; yaş ağırlık) (Örnekleme zamanı: Ekim 1991) .....	46
10.	Balık, midye ve plankton örneklerinde cıva konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ; yaş ağırlık) (Örnekleme zamanı: Aralık 1991) .....	47
11.	Balık, midye ve plankton örneklerinde bakır konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ; yaş ağırlık) (Örnekleme zamanı: Aralık 1991) .....	48
12.	Balık, midye ve plankton örneklerinde kurşun konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ; yaş ağırlık) (Örnekleme zamanı: Aralık 1991) .....	49
13.	Bazı ülkelerde ağır metallerin deniz ürünlerindeki kabul edilebilir üst limitleri ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) (Mauen, 1983; UNEP, 1987) .....	50
14.	Örnekleme süresince organizmalarda ölçülen en yüksek metal değerleri ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) .....	51

## 1. GİRİŞ

Denizler, göller ve akarsular her zaman sanayi kuruluşlarının atıklarını atabilecekleri alanlar olarak düşünülmüşlerdir. Aynı şekilde kentler de kanalizasyonlarını yine aynı alanlara akıtmayı en kolay ve kısa yol olarak düşünmüşlerdir. Ancak sorumlular bunu yaparken, atılan zararlı maddelerin bir gün gerek bu ortamda yaşayan canlılar üzerine doğrudan etkilerini, gerekse insanlar üzerine yine doğrudan ya da dolaylı etkilerini düşünmemişler ya da düşünememişlerdir.

Günümüzde gelişen çevre bilinciyle çevreciler, bir yandan bu tür atıkların su ortamına bırakılmasını önlemeye çalışırken diğer yandan da bunların gerek suda yaşayan canlılar üzerine doğrudan etkilerini, gerekse bu canlıları yiyerek beslenen diğer canlılar, bu arada insanlar üzerine dolaylı etkilerini araştırmaktadırlar. Kirleticilerin insanlar üzerine dolaylı etkilerinin araştırılması için ilk yapılacak iş, su ortamında yaşayan ve besin olarak kullanılan organizmaların içerdiği kirletici miktarlarını belirlemek ve elde edilecek sonuçlara göre gerekli önlemleri almaktır. Bu noktadan hareketle, Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Trabzon Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü ile müşterek olarak TÜBİTAK desteğinde bir proje başlatılmıştır. 1 Mayıs 1991 tarihinde başlayan bu proje içeriğinde, Orta ve Doğu Karadeniz'de en çok avlanan, dolayısıyla ekonomik önemi olan bazı balık türlerinde (Hamsi, İstavrit ve Mezgit) ağır metallerin (Cıva, Kurşun ve Bakır) düzeyleri ve bu düzeylerin yer ve zamana göre değişimleri incelenmiştir. Ayrıca su ortamından önemli miktarda kirletici alıp bünyelerinde biriktiren ve bu özelliklerinden dolayı "İndikatör Organizma" olarak belirlenen midye ve planktonlar (fito- ve zooplankton) da proje kapsamına alınarak analiz edilmişlerdir.

## 2. ARAŞTIRMA KONUSU METALLERİN KAYNAKLARI VE ÖZELLİKLERİ

### 2.1. CIVA

Cıva deniz suyunda bulunan en zehirli metallere birisidir (Yemenicioğlu, 1990). Deniz suyunda çeşitli şekillerde ( $\text{HgCl}_4^{--}$ , Riley & Cherter, 1971,  $\text{HgCl}_3^-$ ,  $\text{HgCl}_2^{4-}$ , Sillen, 1961; Goldberg, 1963, bakınız Keckes & Miettinen, 1973) bulunmakta, konsantrasyonu ise bölgelere göre değişmektedir. Deniz suyunda kalma süresi ise yaklaşık  $4.2 \times 10^4$  yıldır (Goldberg & Arrhenius, 1958, bakınız Keckes & Miettinen, 1973). Cıvanın pek çok kullanım alanı vardır. Bunlardan bazıları; elektrikli aletlerin ve ziraat ilaçlarının yapımında, eczacılıkta, kağıt endüstrisinde, zehirli boyalarda, dişçilikte amalgam yapımında vb. (Fishbein, 1974).

Cıva çeşitli kaynaklardan denize ulaşmaktadır. Bu kaynakları doğal kaynaklar ve antropojenik (evsel ve endüstriyel) kaynaklar olarak ikiye ayırabiliriz.

Cıvanın sülfidril (SH) gruplarına karşı bir yakınlığı olduğundan suda planktonlara, partikül ya da askı halindeki parçacıklara, dipte sedimandaki organik maddelere bağlanabilir. Organizma içerisinde de yine proteinlerin SH gruplarına bağlanarak uzun süre organizmanın vücudunda kalır ve onu yiyen diğer organizmalara geçerek gıda zincirinin üst halkalarına doğru gittikçe artar.

Denizlerdeki bakteriyel faaliyetler sonunda cıva, organik (metil cıva) şekline dönüşür. Her iki halde de (organik ya da inorganik) organizmalar tarafından alınabilir. Ancak organik cıva organizmalar tarafından daha kolay asimile edildiğinden inorganik cıvadan daha zehirlidir (Ramelow, 1978).

## 2.2. BAKIR

Bakır düşük konsantrasyonlarda organizmalar için gerekli metaller (esas elementler) arasında yer almaktadır. Bakır deniz ortamında ya eriyebilen inorganik formda ya da gerek inorganik partiküllere gerekse organik maddelere yapışık halde bulunur. İnorganik olarak  $\text{Cu}^{+2}$ ,  $\text{Cu(OH)}_2$  ve  $\text{CuCO}_3$  halinde bulunur. Bakır ayrıca denizdeki organik maddelerle kompleks bileşikler oluşturarak suda eriyebilir hale dönüşür (Schmidt, 1978). Yapılan araştırmalar bakırın kıyı sularında daha fazla olduğunu göstermiştir. Bu da bakırın karasal kaynaklı olduğunu göstermektedir. Denizlerdeki bakırın başlıca kaynakları: çeşitli meteorolojik olaylar sonucunda kayaların parçalanarak nehir sularına karışması, evsel ve endüstriyel atıklar, kara atmosferinde bulunan bakırın yağmur sularıyla doğrudan ya da dolaylı olarak (nehirler yoluyla) denizlere ulaşması, deniz atmosferinde partikül halinde bulunan bakırın yine yağmurla ya da deniz yüzeyinden suya geçmesi şeklinde özetlenebilir (Schmidt, 1978). Örneğin su yüzeyinde oluşan ince film tabakasının (microlayer) yüksek konsantrasyonlarda bakır içerdiği gözlenmiştir.

Brewer ve Spencer (1974) yaptıkları bir araştırmada bakırın, oksijenin sıfır değerine yaklaştığı ya da  $\text{H}_2\text{S}$ 'ün başladığı tabakada en yüksek düzeye ulaştığını gözlemişlerdir. Zamanla alt tabakalara çöktüğünü düşünerek çöküş miktarını hesaplamışlar ve bu hesaplama sonucunda çöküşün  $0.6 \text{ mg/m}^2/\text{yıl}$  olduğunu bulmuşlardır. Ayrıca nehirler yoluyla Karadeniz'e giren yıllık bakır miktarını da  $114 \text{ mg/m}^2$  olarak hesaplamışlardır.

### 2.3. KURŞUN

Canlılar için gerekli olmayan bu metale yer kabuğunda, besinlerde, suda ve atmosferde rastlanmaktadır. Kurşun endüstride çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Bu alanları; kurşun boruların yapımı ya da su geçirmeyen kurşun kaplamaların yapılması, akü sanayi, kalay, bakır ve antimon ile alaşım yapımı, boya ve vernik yapımı, cam ve vitray kaplamada, tarım ilaçlarının (insektisidlerin) yapımı ve kurşuntetraetil yapımı şeklinde özetleyebiliriz (Fishbein, 1974).

Genellikle ortamda inorganik halde bulunur ve cıvada olduğu gibi biyolojik aktivite sonucunda organik (metil) şekle dönüştüğü pek görülmemiştir. Havadaki kurşunun % 98'i benzin tüketiminden kaynaklanmaktadır. Atmosferde kalış süresi 7-30 gündür. Nehirler ya da kanalizasyonlar yoluyla su ortamına ulaşan kurşun, suda erimediğinden dibine çökerek su ortamından sedimana geçer ve bu ulaşım noktasından itibaren deniz ortamında kilometrelerce yayılabilir.

### 3. PROJEYİ DESTEKLEYEN VE İŞBİRLİĞİ YAPILAN KURULUŞLAR

Projeyi destekleyen ve işbirliği yapılan kurum ve kuruluşlar şunlardır :

- \* Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK)
- \* Tarım ve Köyişleri Bakanlığı-Trabzon Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü (TKB-TSÜAE),
- \* Orta Doğu Teknik Üniversitesi-Erdemli Deniz Bilimleri Enstitüsü (ODTÜ-DBE)



### 3.1. TÜRKİYE BİLİMSEL VE TEKNİK ARAŞTIRMA KURUMU - TÜBİTAK

Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu, bünyesindeki Deniz Bilimleri ve Balıkçılık Araştırma Grubu (DEBAG) kanalıyla bir yandan proje faaliyetlerini izlerken diğer yandan da proje bütçesinin kullanımı, malzeme satın alımları ve benzeri konularda destek vermektedir.

### 3.2. TARIM VE KÖYİŞLERİ BAKANLIĞI - TRABZON SU ÜRÜNLERİ ARAŞTIRMA ENSTİTÜSÜ

Tarım ve Köyişleri Bakanlığına bağlı Trabzon Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü proje çalışmalarına, personel, araç ve gereç yönünden katkıda bulunmuştur. Örnekler, seçilen istasyonlardan (Şekil 1) Enstitü elemanları tarafından alınmış, ağırlık ve boy ölçümleriyle fiziksel ve kimyasal parametreler ölçülmüş, asitte eritilmiş (digestion) ve Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi'nde metal analizleri yapılmıştır.

### 3.3. ORTA DOĞU TEKNİK ÜNİVERSİTESİ - ERDEMLİ DENİZ BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Deniz Bilimleri Enstitüsü bir yandan Trabzon Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü personelinin teorik ve pratik eğitimine katkıda bulunurken diğer taraftan da Enstitü personeli tarafından yapılan analizler sonucunda elde edilen sonuçları değerlendirmektedir. Ayrıca projenin ara raporları da yine Deniz Bilimleri Enstitüsü tarafından hazırlanarak TÜBİTAK'a sunulmaktadır.

#### 4. PROJENİN AMAÇLARI

Karadeniz'de şehirleşme tüm kıyı boyunca devam etmektedir. Bu yerleşim birimlerinin ürettiği evsel atıklar çoğunlukla hiçbir ön arıtma yapılmadan ya doğrudan denizlere ya da nehirlere verilmekte ve oradan da denizlere ulaşmaktadır. Ayrıca Karadeniz bölgesinde endüstriyel faaliyetler de oldukça yoğundur. Balkaş ve ark.,(1990) bölgede atık üreten endüstri kuruluşlarının sayısını toplam 236 olarak vermektedirler. Ayrıca bölgede geniş tarım alanları nedeniyle kullanılan tarım ilaçlarının miktarı da azımsanamıyacak düzeydedir.

Ayrıca kuzeyde ve doğuda Rusya Federasyonundan, batıda Romanya ve Bulgaristan kıyılarından gelen evsel ve endüstriyel atıklara ek olarak Avrupa ve Türkiye içerilerinden doğup Karadeniz'e dökülen nehirler ve dereler yoluyla da önemli miktarda kirletici bu denize ulaşmaktadır.

Doğaldır ki Karadeniz'de yaşayan organizmalar az ya da çok bu kirlilikten etkilenmektedirler. Kirleticilerin bu etkileri, kısa sürede gözlenebileceği gibi zaman içerisinde organizmalarda birikerek uzun süreler sonunda da ortaya çıkabilir. Uzun süredeki etkileri incelemek için organizmaların içerdikleri kirletici miktarının bilinmesi gerekir. Böylece hem organizmanın, hem de bu organizmanın yaşadığı ortamın kirlilik düzeyi belirlenir. Elde edilen sonuçlar, uluslararası kabul edilebilir üst limitlerle karşılaştırılarak organizmaların insan sağlığı açısından bir tehlike oluşturup oluşturmadığı anlaşılabilir. Yaptığımız literatür araştırmaları Karadeniz'e kıyısı olan ülkelerde bu tür çalışmaların az da olsa yapıldığını, (Petkevich & Stepanyuk, 1971; Sarbanescu ve ark., 1980) ülkemizde ise yok denecek kadar az olduğunu göstermektedir.

- Dört yıl süreyle devamı düşünülen bu projenin amaçları ;
- Doğu Karadeniz'de en çok avlanan dolayısıyla ekonomik önemi olan bazı balık türlerinde (Hamsi, İstavrit ve Mezgit) Cıva, Bakır ve Kurşun düzeylerini belirlemek ve bu düzeylerin yer ve zamana göre değişimlerini incelemek,
  - Elde edilen sonuçları, diğer ülkeler tarafından belirlenen kabul edilebilir üst limitlerle karşılaştırarak adı geçen balık türlerindeki kirletici konsantrasyonlarının sağlık açısından tehlikeli olup olmadıklarını saptamak,
  - Ülkemizde henüz belirlenmemiş olan "sağlık açısından kabul edilebilir üst limitlerin" belirlenmesinde veri tabanı oluşturmak,
  - TKB-TSÜAE personelini eğiterek gelecekte bu tür çalışmaları rutin olarak yapabilecek şekilde deneyim kazanmalarını sağlamak,
  - Pek çok artaştırmacı tarafından kirlilik indikatörü (göstergesi) olarak kabul edilen Midye ve planktonları da proje kapsamına alarak Orta ve Doğu Karadeniz'in kirlilik düzeyini belirlemektir.

## 5. PROJEDE UYGULANAN METODLAR

### 5.1. BALIK

Örnekleme ve eritme işlemleri Bernhard (1976) tarafından belirtilen yöntemlere göre yapılmıştır. Buna göre; değişik boylarda balık örnekleri alındı. Balıkların total boyları ve toplam ağırlıkları ölçülerek plastik torbalara konuldu ve analize kadar derin dondurucuda saklandı. Analiz için derin dondurucudan çıkarılan balıklar bir süre çözülmeye bırakıldı. İyice çözülmeyen kurutma kağıdında kurulandı ve solungaçların

gerisinden yanal çizginin üst kısmından pullar temizlendikten sonra 0.5 ile 1.0 gr örnek (deri ile birlikte et kısmı) analiz edilmek üzere plastik ya da paslanmaz çelikten yapılmış bisturi ile kesilerek alındı. Alınan örnekler hassas terazide tartıldı, eritme işlemi (digestion) için teflon kaplara konuldu ve üzerine 3.0 ml konsantre nitrik asit ( $\text{HNO}_3$ ) ilave edildi. Teflon kapların kapakları kapatılarak bir süre beklendikten sonra çelik bloklardaki yerlerine yerleştirildi. Ayrıca blank (kör) için iki adet teflon kaba sadece 3.0 ml  $\text{HNO}_3$  konularak bunlar da çelik bloklara yerleştirildi. Daha sonra çelik blok ısıtıcı levha üzerine konularak  $130-150^\circ\text{C}$ 'de 9 saat ısıtıldı. Isıtıcı kapatılarak çelik blok oda ısısına gelinceye kadar beklendi. Teflon kaplardaki erimiş örnekler balon jodelere alınarak hacim, iki kez distile olmuş su ile 25 ml'ye tamamlandı. Örnekler analize kadar buzdolabında  $+4^\circ\text{C}$ 'de saklandı. Cıva, bakır ve kurşun analizleri UNEP/FAO/IAEA/IOC (1984 a, b)'de tanımlanan yöntemle Atomik Absorbsüyon Spektrofotometresinde (AAS) analiz edildi. Çıkan sonuçlar çeşitli yöntemlerle değerlendirildi.

## 5.2. MİDYE

Örneklerin alınması ve eritilmesi yine Bernhard (1976) tarafından belirtilen ve yukarıda balıklar için açıklanan yöntemle yapıldı :

Örneklenen farklı boydaki midyelerin kabukları plastik ya da paslanmaz çelikten yapılmış bisturi ile açıldı ve yumuşak (et) kısmından yaklaşık 0.5 gr alınarak teflon kaplara konuldu. Bundan sonra analize kadar olan işlemlere balıklarda olduğu şekilde devam edildi. Metaller yine UNEP/FAO/IAEA/IOC (1984a,b)'de tanımlanan yöntemle AAS'de analiz edildi.

### 5.3. PLANKTON

Göz açıklığı 55  $\mu\text{m}$  olan plankton ağı ile toplanan plankton örnekleri 0.45  $\mu$ 'luk membran filitrelerden süzülüp deney tüpleri içerisine konularak eritme işlemine kadar derin dondurucuda saklandı. Blank (kör) olarak kullanılmak üzere planktonsuz 0.45  $\mu$ 'luk membran filitrelerden iki adedi de örneklerle birlikte derin dondurucularda saklandı. Örneklerin eritme işlemi ve analizleri balık ve midyelerde izlenen yöntemlere göre yapıldı.

### 6. ELDE EDİLEN BULGULAR

Dört değişik örnekleme zamanında Şekil 1'de gösterilen istasyonlardan alınan balık, midye ve karışık plankton örnekleri analiz edilmiş ve analiz sonuçları Tablo 1-12'de gösterilmiştir. Tablolarda da görüldüğü gibi metal konsantrasyonları analiz edilen organizmaların türlerine göre değiştiği gibi örnekleme zamanına ve örnekleme bölgelerine göre de değişmektedir.

#### 6.1. METAL KONSANTRASYONLARINDAKİ DEĞİŞİMLER

Ölçümler sonucu elde edilen metal konsantrasyonlarının ortalama değerleri alınarak bu değerlerin örnekleme zamanına ve örnekleme bölgelerine göre değişimleri incelenmiştir.

##### 6.1.1. ÖRNEKLEME ZAMANINA BAĞLI DEĞİŞİMLER

Haziranda istavrit, mezgıt ve midyede cıva konsantrasyonları diğer aylara göre oldukça yüksek bulunmuştur. Planktonda ise çok düşük düzeyde kalmıştır (Şekil 2 ve 3). Bakır konsantras-

yonları ise cıvanın aksine istavrit, mezgit ve midyede düşük, planktonda ise oldukça yüksek düzeyde ( $33.75 \mu\text{g g}^{-1}$ ) bulunmuştur (Şekil 4 ve 5). Kurşun, istavritte diğer aylara göre en yüksek düzeyde bulunmuş, mezgitte ise Ağustos ayına göre düşük ancak diğer örnekleme zamanlarına göre ise oldukça yüksek bulunmuştur. Midyedeki kurşun konsantrasyonu diğer örnekleme zamanlarına göre en yüksek düzeydedir. Planktonda kurşun konsantrasyonu mezgite benzer bir durum göstermiştir; Ağustos ayı değerinden düşük, fakat diğer aylara göre oldukça yüksek bulunmuştur (Şekil 6 ve 7). Balık ve midyede gözlenen yüksek cıva konsantrasyonları büyük olasılıkla iklim koşullarından kaynaklanmaktadır. Çünkü meteorolojik veriler incelendiğinde 1991 yılı Mart, Nisan ve Mayıs aylarında yağın yağmur miktarının geçmiş yıllar ortalamalarından daha yüksek olduğu görülmektedir. Diğer yandan EİE (1989) verilerine göre Doğu Karadeniz'e dökülen Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirleriyle diğer derelerin debileri ilkbaharda en yüksek düzeye ulaşmaktadır (Şekil 8). Tüm bu etmenler sayesinde denize ulaşan ve erimiş halde bulunan cıva, balıklar ve midyeler tarafından alınmıştır. Planktondaki düşük değerler, bu organizmaların tür kompozisyonlarındaki değişimlerden kaynaklanmış olabileceği gibi bulanıklığın da etkisi düşünülebilir. Feyzioğlu (1990) yaptığı çalışmada Haziran ayında planktonların tür kompozisyonlarının değiştiğini belirtmektedir. Diğer taraftan planktonun tür kompozisyonunun cıva konsantrasyonu üzerinde etkisi olduğu saptanmıştır (UNEP/FAO/WHO, 1987).

Planktonlarla bulanıklık arasında ters bir ilişki vardır. Haziran ayında nehirlerin getirdiği parçacıklar bir yandan planktonların azalmasına sebep olduğu gibi diğer yandan planktonla birlikte toplanan ve cıva içermeyen parçacıklar da plankton adı altında analiz edilmiş olabilir. Bu da Haziran ayında alınan plankton örneklerinde cıva konsantrasyonlarının düşük düzeyde kalmasına neden olabilir.

Cıvanın aksine Haziran ayında balıklarda ve midyede ölçülen bakır miktarı düşük düzeyde bulunmuştur. Bunun nedeni, bu metalin deniz suyunda bulunuş şekli olabilir. Yukarıda da bahsedildiği gibi Haziran ayında nehirlerin getirdiği inorganik parçacıkların sebep olduğu bulanıklık devam etmektedir. Schimidt'e (1978) göre deniz suyunda bulunan bakır, suda asılı haldeki parçacıkların yüzeyine yapışarak su ortamından alınmaktadır. Dolayısıyla balıklar tarafından alınması önlenmektedir. Planktondaki yüksek bakır değerleri ya bakırın bu canlılar üzerine tutunmasından ya da planktonlarla birlikte üzerine bakır yapışmış parçacıkların da analiz edilmesinden kaynaklanmış olabilir. Haraldsson ve Westerlung (1988) Karadeniz'in su kolonunda iz metalleri ölçmüşlerdir. Yaptıkları ölçümler sonucunda bakır ve kurşunun büyük bir kısmının sudaki parçacıklar üzerinde bulunduğunu gözlemişlerdir.

Istavritteki kurşun konsantrasyonu Haziran ayında diğer aylara göre en yüksek değerde bulunmuştur. Branika ve Konrad (1979) yaptıkları araştırmada kurşunun suda asılı parçacıklara kolaylıkla tutunduğunu gözlemişlerdir. Dolayısıyla nehirler ve yağmur yoluyla denize ulaşan kurşunun, pelajik bir balık olan istavritin de vücut yüzeyine tutunması olasıdır. Gilmartin ve Revelante (1975), sardalya ve hamsi üzerinde yaptıkları araştırmada kurşunun daha çok deri ve solungaçlar yoluyla alındığını göstermişlerdir. Haziran ayındaki bu yüksek kurşun değeri, deri üzerine tutunan parçacıkların da analiz edilmesi sonucu elde edilmiş olabilir. Nehirler yoluyla gelen ve parçacıklara bağlı olan kurşun henüz deniz dibine ulaşmadığından demersal bir balık olan mezgitte kurşun düzeyi düşük bulunmuştur. Planktonun yüzeyine de tutunmuş olan kurşun hem bu organizmalarda hem de planktonla beslenen midyede kurşun konsantrasyonunun Haziran ayında artmasına sebep olmuştur.

Ağustos ayında plankton dışındaki tüm organizmalarda cıva konsantrasyonlarında bir azalma gözlenmiştir. Planktonda ise diğer örnekleme zamanlarına göre en yüksek düzeye ulaşmıştır. (Şekil 2 ve 3). Haziranda olduğu gibi bakır konsantrasyonlarında cıvanın tam tersi bir durum gözlenmiştir; planktonda bakır konsantrasyonu azalmış, buna karşın balıklarda ve midyede artmıştır (Şekil 4 ve 5). Kurşun konsantrasyonları, cıva ve bakırdan farklı bir durum göstermiştir; planktonda ve mezgitte diğer örnekleme zamanlarına oranla en yüksek düzeye ulaşmıştır. Buna karşın midye ve istavritte önemli bir azalma gözlenmiştir (Şekil 6 ve 7).

Ağustosta nehirler yoluyla cıva girdisi azaldığından plankton dışındaki organizmalarda cıva düzeyi düşmüştür. Planktondaki yüksek değer ise yerel bir kirlenmeden kaynaklanmış olabilir. Çünkü Ağustosta sadece Samsun ve Trabzon'dan alınan plankton örnekleri analiz edilmiştir. Trabzon örneklerinde ortalama cıva değeri  $0.15 \mu\text{g g}^{-1}$  olmasına karşın, Samsun'dan alınan örneklerde ortalama  $7.31 \mu\text{g g}^{-1}$  bulunmuştur. Bu da planktonda yüksek değerlerin elde edilmesine sebep olmuştur.

Bakır konsantrasyonu, plankton dışında analiz edilen tüm organizmalarda yüksek bulunmuştur. Bunun nedeni, yukarıda da belirtildiği gibi Haziran ayında nehirler yoluyla denize ulaşan bakır, aradan geçen iki aylık sürede midye ve balıklar tarafından alınarak vücutta biriktirilmiştir. Bilindiği gibi planktonlar kısa ömürlü olduklarından ve tür kompozisyonu çok sık değiştiğinden Haziran ayındaki türleri Ağustos ayında bulmak imkansızdır. Planktondaki düşük bakır değerlerinin nedeni de bu olabilir. Yapılan araştırmalarda plankton örneklerindeki phytoplankton-zooplankton oranı bir bölgeden diğerine, hatta bir örnekten diğerine değişmektedir. Dolayısıyla içerdikleri metal miktarı da değişmektedir (UNEP, 1987).



Kurşun konsantrasyonu, istavrit ve midyede azalmış ise de henüz Ekim ve Aralık'ta ölçülen düzeylerden yüksektir. Bu da Haziran ayında midye ve istavrit tarafından alınan kurşunun bir kısmının atılmış olmasına karşın bir kısmının halen organizmaların vücudunda tutulduğunu göstermektedir. Kurşun konsantrasyonu Ağustos'ta mezgit ve planktonda en yüksek düzeye ulaşmıştır. Bunun nedeni, Haziran ayına kadar nehirler ve yağmur yoluyla gelen ve parçacıklara tutunarak dibe ulaşan kurşun, demersal bir tür olan mezgit tarafından alınarak vücutta biriktirilmiş olabilir. Dolayısıyla bu türde kurşun konsantrasyonu Ağustos ayında bu nedenle yüksek bulunmuş olabilir. Planktonda gözlenen kurşun artışı yine tür kompozisyonunun değişiminden olabileceği gibi analiz hatasından ya da yerel bir kirlenmeden kaynaklanmış olabilir. Çünkü Ağustos ayında sadece Samsun ve Trabzon'dan alınan örnekler analiz edilmiştir. Analiz sonucunda Trabzon örneklerinde  $8.16 \mu\text{g g}^{-1}$  kurşun bulunmasına karşın Samsun'dan alınan tek örnekte  $117.18 \mu\text{g g}^{-1}$  kurşun ölçülmüştür. Bu, büyük olasılıkla örnek kirlenmesinden ya da ölçüm hatasından kaynaklanmış olabilir.

Ekim'de hamsi dahil analiz edilen tüm balık türlerinde ve midyede cıva konsantrasyonları artmış, planktonda ise azalmıştır (Şekil 2 ve 3). Bakır düzeyi ise plankton dışında analiz edilen tüm organizmalarda azalmıştır (Şekil 4 ve 5). Ağustos ayında istavrit ve midyede azalmaya başlayan kurşun düzeyi Ekimde daha da azalmış, bu azalmaya mezgit ve plankton da katılmıştır. Ağustos'ta plankton ve mezgitte en yüksek düzeye ulaşan kurşun konsantrasyonu bu örnekleme zamanında önemli miktarda azalmıştır. Bu ay ilk kez analiz edilen hamside kurşun konsantrasyonu aletin hassasiyet düzeyinin altında bulunmuştur (Şekil 6 ve 7).

Meteorolojik verilere bakıldığında Doğu Karadeniz'de yağışın en fazla Sonbahar aylarında olduğu görülmektedir. Yine Eylül ayından itibaren nehirlerin debilerinde bir artış gözlenmektedir (Şekil 8). Dolayısıyla cıva girdisi de artmış olabilir. Bu da Ekim ayında balıklarda ve midyede cıva konsantrasyonlarının artmasına neden olabilir. Haziran ayında da gözleendiği gibi nehir girdilerinin artmasıyla planktonda cıva düzeyi azalmıştır. Ekim'deki azalmanın bir nedeni bu olabileceği gibi diğer nedeni de mevsim değişikliği nedeniyle özellikle fitoplanktonların tür kompozisyonu da değişmiştir. Feyzioğlu (1990) yaptığı araştırmada Ekim ayında yeni diatome türlerinin ortaya çıktığını gözlemiştir.

Balık ve midyede ölçülen düşük bakır konsantrasyonlarının nedeni nehirlerin ve yağışların sebep olduğu bulanıklık olabilir. Daha önce de belirtildiği gibi bakırın suda asılı parçacıklara tutunma özelliği vardır. Bu da bakırın su ortamından balıklar ve midye tarafından alınmasını önlemektedir. Planktonlarda bakır konsantrasyonu Haziran ayından daha yüksek bulunmuştur. Wallace (1982) bakırın, aktif yüzeylere örneğin fitoplanktonlara önemli miktarda tutunduğunu göstermiştir.

Balıklarda ve midyede ölçülen düşük kurşun değerleri, bakır için açıklanan nedenlerden olabilir. Her ne kadar planktonda bir azalma mevcut ise de konsantrasyon  $40 \mu\text{g g}^{-1}$  in üzerindedir. Cıva'da olduğu gibi bulanıklığın arttığı zamanlarda planktondaki kurşun konsantrasyonu azalmaktadır.

Aralık ayında cıva konsantrasyonu midyede aynı kalmış, analiz edilen diğer tüm organizmalarda azalmıştır. Bakır konsantrasyonları analiz edilen tüm organizmalarda artış göstermiştir. Bu artış hamsi, mezgit ve midyede 5 katı, istavrit ve planktonda ise 2 katı olmuştur. Kurşun konsantrasyonları istavrit ve mezgitte aynı düzeyde kalmış, hamside artmış, midye ve planktonda ise azalmıştır (Şekil 2,3,4,5,6 ve 7).

Eylül ayından itibaren yağışlarda ve nehir debilerindeki artış denize metal girdisini de arttırmaktadır. Diğer yandan iklime bağlı çevre koşulları da (sıcaklık, tuzluluk, oksijen vb) önemli ölçüde değişmiştir. Dolayısıyla organizmaların fizyolojilerinde de önemli değişiklikler meydana gelmiştir. Ekim ayına göre civa düzeyinin düşüşünü bu değişimlere bağlamak mümkündür.

Aralık ayında balıklarda gözlenen bakır artışı hamsi dışında diğer türlerde yerel kirlenmeden kaynaklanmaktadır. Üç ayrı istasyondan alınan hamsideki bakır değerleri birbirine çok yakın bulunmuştur. Sinop'tan alınan tek istavrit örneğinde  $2 \mu\text{g g}^{-1}$  bakır ölçülmüş, buna karşılık Trabzon'dan alınan üç örnekte de aletin hassasiyet düzeyinin altında kalmıştır. Benzer durum mezgitte de gözlenmiştir (Tablo 11). Sinop ve Trabzon'dan alınan örneklerde bakır konsantrasyonu aletin hassasiyet düzeyinin altında bulunmasına karşın Hopa örneklerinde  $3.07 \mu\text{g g}^{-1}$  bulunmuştur. Midyedeki yüksek bakır konsantrasyonu da Rize ve Hopa örneklerinde ölçülen yüksek değerlerden kaynaklanmaktadır.

Kurşun değerleri Aralık ayında hamside yükselmiş, istavritte aynı kalmış, mezgit ve midyede çok az, planktonda ise önemli miktarda azalmıştır. Hamsi için elde edilen yüksek değer Sinop bölgesi örneklerinden kaynaklanmaktadır. Bu da yerel bir kirlenmeyi düşündürmektedir. Çünkü örneğin Hopa'dan alınan hamsi örneklerinde kurşun düzeyi aletin hassasiyet düzeyinin altında bulunmuştur. Feyzioğlu'nun (1990) belirttiği gibi kış aylarında planktonlar önemli miktarda azalmaktadır. Buna karşılık nehirlerle gelen çamur ve benzeri parçacıkların miktarı artmaktadır. Örneklem esnasında suda asılı ve kurşun içermeyen bu parçacıklar da toplanmaktadır. Bu nedenle Aralık ayında planktonda kurşun düzeyi düşük bulunmuştur.

Burada belirtilmesi gereken bir nokta da şudur: bilindiği gibi balıklar aktif olarak hareket ederler ve dolayısıyla sürekli yer

değiştirirler. Samsun bölgesinden alınan örnek belki de birkaç gün önce Sinop bölgesinde bulunmaktaydı. Aynı durum pasif hareket eden plankton için de geçerlidir. Çünkü bu organizmalar da akıntıya bağlı olarak yer değiştirirler. Halbuki Midyeler sabit yaşayan organizmalardır. Dolayısıyla hangi bölgeden alınmışlarsa kesinlikle o bölgeyi temsil ederler. Bu nedenle midyedeki örnekleme zamanına göre elde edilen metal değerleri "Varyans Analizi" yöntemiyle balıklarla karşılaştırılmış ve aralarında hiç bir fark olmadığı görülmüştür. Bu da bize her bölgeden aldığımız balık örneklerinin o bölgeyi temsil ettiğini göstermektedir.

Sonuç olarak araştırma konusu organizmalarda metal düzeylerinin aylara göre değişimi incelendiğinde cıva konsantrasyonları Haziran ve Ekim aylarında artmış, dolayısıyla yağışlarla ve nehir debileriyle olumlu bir ilişki göstermiştir. Bakır konsantrasyonları ise cıvanın tam tersi yağışların bol ve nehir debilerinin yüksek olduğu Haziran ve Ekim aylarında azalmıştır. Kurşun değerleri, yaz aylarında en yüksek değere ulaşmış, sonbahar ve kışa doğru gidildikçe azalmıştır.

#### 6.1.2. ÖRNEKLEME BÖLGESİNE BAĞLI DEĞİŞİMLER

Balıklar açısından baktığımızda istavritte en yüksek cıva Sinop yöresinden alınan örneklerde bulunmuş, diğer örnekleme bölgelerinden alınanlarda ise cıva konsantrasyonu aynı düzeyde ( $0.07 \mu\text{g g}^{-1}$ ) kalmıştır. Buna karşılık mezgitte en düşük cıva konsantrasyonu Sinop yöresinden alınan örneklerde ölçülmüş, Trabzon'a doğru gidildikçe konsantrasyon artmış ve Hopa'da yeniden azalmıştır. Hamsi örnekleri Sinop, Samsun, Trabzon ve Hopa yöresinden sadece bir defa alınmış ve en yüksek değer Trabzon örneklerinden elde edilmiştir. Midyede ve planktonda en yüksek

cıva konsantrasyonu Samsun örneklerinden elde edilmiş, plankton için ikinci yüksek değer Hopa örneklerinde, midye için en düşük cıva değerleri ise Rize örneklerinde ölçülmüştür (Şekil 9 ve 10). Buna göre plankton ve midyeyi dikkate aldığımızda cıva açısından en kirli bölgenin Samsun, balıkları dikkate aldığımızda ise Trabzon'un en kirli bölge olduğu görülmektedir. Sinop yöresinin ise cıva bakımından daha az kirli olduğu görülmektedir. Akdoğan (1991) midye (*Mytilus galloprovincialis*) üzerinde yaptığı araştırmalarda Trabzon'dan alınan midye örneklerinin Sinop'tan alınan örneklerden daha yüksek cıva içerdiğini gözlemiştir. Bunun nedeni, Samsun bölgesinden denize ulaşan cıvanın akıntılarla doğuya doğru taşınmasıdır. Samsun bölgesinden girdinin fazla olmasının nedeni de önce, bu bölgede Kızılırmak ve Yeşilirmak gibi iki büyük nehir denize ulaşmaktadır. Diğer bir neden ise, Doğu Karadeniz'de en geniş ovalar Samsun yöresinde bulunmaktadır. Bilindiği gibi ziraat ilaçlarının bileşiminde cıva da bulunmaktadır. Bu nedenle Doğu Karadeniz bölgesinde en fazla cıva girdisinin Samsun bölgesinden olması doğaldır. Enstitümüzün bugüne kadar yaptığı çalışmalardan Doğu Karadeniz'de akıntılarının batıdan doğuya doğru aktığı belirlenmiştir (Oğuz ve Tuğrul, 1990). Dolayısıyla Samsun yöresinden denize ulaşan cıva, akıntılarla doğuya doğru taşınmaktadır. Trabzon'da yüksek cıva düzeyinin bir diğer nedeni de Trabzon limanındaki yoğun gemi trafiği olabilir. Çünkü bilindiği gibi gemilere fauling organizmaların tutunmaması için kullanılan zehirli boyaların bileşiminde cıva da bulunmaktadır.

Trabzon yöresinden alınan balık örneklerinde bakır miktarı düşük, Sinop ve Hopa yöresinden avlananlarda ise yüksek bulunmuştur. Midyede en düşük bakır değerleri Trabzon ve Sürmene'den alınan örneklerde, en yüksek değerler ise Rize ve Hopa örneklerinden elde edilmiştir. Planktonda tüm türlerden farklı olarak en yüksek değer Samsun'dan alınan örneklerden elde edilmiştir

(Şekil 11 ve 12). Yukarıda da bahsedildiği gibi balıklar sürekli yer değiştirdiğinden bir bölgeden örneklenen balıkların mutlaka o bölgeyi temsil ettiği söylenemez. Bu nedenle Sinop ile Samsun arasında bakır kirliliği bakımından fark aramak sağlıklı bir yaklaşım değildir. Her iki bölgeden örneklenmiş midyelerdeki bakır değerlerine baktığımızda hemen hemen aynı düzeyde olduğunu görmekteyiz (Şekil 12). Halbuki Trabzon'dan alınan balık ve midye örneklerinde bakır düzeyi düşük, Hopa'dan alınanlarda ise yüksektir. Rize ve Sürmene'den alınmış balık örneği olmadığı için midye ile bir karşılaştırma yapılamamıştır. Bu sonuçlara göre bakır kirliliğinin Trabzon'da az, Rize ve Hopa'da ise fazla olduğu görülmektedir. Rize'deki yüksek değer ( $13 \mu\text{g g}^{-1}$ ), Aralık ayında alınan midye örneklerindeki yüksek değerlerden kaynaklanmaktadır. Çünkü Hopa'dan alınan midye örneklerinde bakır düzeyi hemen her örnekleme zamanında Rize örneklerinden daha yüksek olduğu halde sadece Aralık ayında Rize örneklerinde bakır düzeyi Hopa'dan daha yüksek bulunmuştur. Bu değer, bir ölçüm hatasından ya da analiz esnasında bir kirlenmeden kaynaklanabileceği gibi ortamda Aralık ayında meydana gelen bir yerel kirlenmeden de kaynaklanmış olabilir. Rize için sadece Aralık ayında elde edilen bu yüksek değer ortalamadan çıkarıldığında, Hopa ve Sürmene'den elde edilen bakır değerlerinin daha yüksek olduğu görülmektedir. Sonuç olarak kirliliğin göstergesi olan midye dikkate alındığında bakır yönünden en kirli bölgenin Hopa bölgesi olduğu ( $4.86 \mu\text{g g}^{-1}$ ), bunu Samsun ve Sinop'un izlediği (sırasıyla  $1.80$  ve  $1.69 \mu\text{g g}^{-1}$ ), en az kirli bölgenin ise Rize olduğu ( $0.55 \mu\text{g g}^{-1}$ ) gözlenmektedir. Sinop'tan iki ayrı yerden örnek alınmıştır; sanayi bölgesi ve liman önü. Sanayi bölgesinden alınan örneklerden elde edilen ortalama değer ( $2.36 \mu\text{g g}^{-1}$ ) liman bölgesinden elde edilen ortalama değerden ( $1.03 \mu\text{g g}^{-1}$ ) yüksek olduğu gibi Hopa bölgesinden sonra en yüksek değeri oluşturmaktadır. Bu yüksek değerlerin nedeni, Samsun, Sürmene ve Hopa'da bakır

işletmeleri olabilir. Sinop'ta ise sanayiden kaynaklanan bir kirlilik olduğu düşünülebilir.

En yüksek ortalama kurşun değerleri Sinop'tan alınan balık ve midye örneklerinden elde edilmiştir. Planktonda ise en yüksek ortalama değer Samsun bölgesinden alınan örneklerde gözlenmiş, bunu Hopa izlemiştir (Şekil 13 ve 14). Yine kirliliğin göstergesi olan midyeler dikkate alındığında, Hopa değeri dışında balıklarla benzerlik gösterdiği görülmektedir. Bu da Sinop bölgesinin örnek alınan bölgeler arasında kurşun bakımından en kirli bölge olduğunu göstermektedir. Sinop'taki bu kirlilik daha çok sanayiden kaynaklanmaktadır. Çünkü, örneğin sanayi bölgesinden alınan midye örneklerinden elde edilen ortalama kurşun değeri ( $1.13 \mu\text{g g}^{-1}$ ) liman önünden alınan örneklerden elde edilen ortalama değerden ( $0.79 \mu\text{g g}^{-1}$ ) daha yüksektir. Bilindiği gibi kurşunun sanayide pek çok kullanım alanı vardır. Bunlardan bir tanesi de akü sanayidir. Sinop'ta bulunan askeri üssün de kurşun kirliliğinde bir katkısı olduğu düşünülebilir. Balıklar için elde edilen ortalama kurşun değerleri karşılaştırıldığında mezgitin, hamsi ve istavrite göre daha fazla kurşun içerdiği görülmektedir. Branika ve Konrad (1977), yaptıkları araştırmada denizlerdeki kurşunun genellikle suda asılı parçacıklara tutunmuş halde bulunduğunu gözlemişlerdir. Roth ve Hornung (1977) ile Oregon ve Fukai (1981) de deniz suyundaki kurşunun büyük bir kısmının partikül halindeki maddelerle birleşerek hızlı bir şekilde deniz dibindeki sedimanlara taşındığını belirtmektedirler. Sedimanların akıntı, rüzgar ve dalga hareketleriyle karışımı sonucu kurşun, sedimanın üzerindeki deniz suyuna geçmektedir. Demersal bir tür olan, sedimanlara yakın ortamlarda yaşayan ve sedimandaki organizmalarla beslenen mezgitte kurşun konsantrasyonunun yüksek olması bu şekilde açıklanabilir. Pelajik türler olan hamsi ve istavrit ise sudaki asılı parçacıklara yapışmış ya da erimiş

halde bulunan kurşunu, solungaçlar ve deri yoluyla almaktadır. Gilmartin ve Revelante (1975) yaptıkları bir araştırmada kurşunun sardalya ve hamsiler (her ikisi de pelajik türler) tarafından deri ve solungaçlar yoluyla alındığını göstermişlerdir. Kurşun, Samsun ve Hopa'dan alınan midye örneklerinde de diğer örnekleme bölgelerine göre yüksek bulunmuştur. Bilindiği gibi her iki yörede de bakır fabrikası bulunmaktadır. Yücesoy ve Ergin'e (1992) göre bakır, toprak altında kurşun ile birlikte bulunmaktadır. Dolayısıyla bakırın işlenmesi esnasında açığa çıkan atık maddeler arasında kurşun da bulunmaktadır. Samsun ve Hopa'dan alınan plankton örneklerinde bakır değerlerinin yüksek oluşu da midye için belirtilen varsayımınla açıklanabilir.

Sonuç olarak örnekleme bölgelerine göre metal konsantrasyonlarının değişimi incelendiğinde analiz edilen organizmalarda bakır konsantrasyonlarının Doğu Karadeniz'in doğu kısmında batısına göre arttığı, bakırın aksine kurşun konsantrasyonlarının batı kısmında daha fazla olduğu, cıva konsantrasyonlarının ise bazı istisnalar dışında tüm Doğu Karadeniz'de eşit dağıldığı gözlenmiştir.

Pek çok ülkede ağır metallerin deniz ürünlerinde kabul edilebilir üst limitleri belirlendiği halde ülkemizde bu henüz yapılmamıştır (Tablo 13). Örnekleme süresince elde edilen en yüksek cıva, bakır ve kurşun değerleri Tablo 14 'de gösterilmiştir. Bu iki tablo karşılaştırıldığında araştırma süresince Doğu Karadeniz'den balık ve midyeler için elde edilen en yüksek cıva değerlerinin, diğer ülkeler tarafından belirlenen limitlerin altında olduğu görülmektedir. Balıklarda ölçülen en yüksek bakır değerleri de yine uluslararası kabul edilebilir limitlerin altındadır. Midye için çok az değer olduğundan bir karşılaştırma yapılamamıştır. Balık ve midyeler için elde edilen en yüksek kurşun değerleri, bazı ülkeler tarafından belirlenen limitlerin



biraz üzerinde bulunmuştur. Bu yüksek değerlerin tamamı Sinop bölgesinden belirli zamanlarda alınan balık ve midye örneklerinden elde edilmiştir. Yukarıda da belirtildiği gibi Sinop bölgesinde kurşun kirliliği diğer örnekleme bölgelerinden daha fazladır. Ancak ortalama değerlere bakıldığında, balık ve midyeler için elde edilen kurşun değerleri uluslararası kabul edilebilir limitlerin altındadır. Bu sonuçlar, özellikle Sinop bölgesindeki kurşun kirliliğine dikkatimizi çekmektedir.

## 7. KARŞILAŞILAN GÜÇLÜKLER

Çalışma süresince karşılaşılan güçlükleri, örneklemede ve analizde karşılaşılan güçlükler olmak üzere iki kısma ayırabiliriz:

İklim koşulları ve bazı ekonomik nedenlerle örnekleme zamanlarında denize çıkılamamış, bu nedenle balık örnekleri pazardan alınmak zorunda kalmıştır. Midye ve plankton örnekleri ise doğrudan denizden alınmıştır. Ancak yukarıda da değinildiği gibi her örnekleme zamanında balıklardan elde edilen metal değerleri "Varyans Analizi" yöntemiyle midyelerle karşılaştırıldığında, aralarında bir fark olmadığı gözlenmektedir. Bu da, pazardan alınan balıkların o bölgeyi temsil ettiklerini göstermektedir.

Analizde karşılaşılan güçlüklerle gelince; Trabzon Su Ürünleri Araştırma Enstitüsünde metal analizleri için gerekli olan Atomik Absorpsiyon aleti bulunmadığından, Erdemli Deniz Bilimleri Enstitüsünde bulunan aletin ise grafit tüpünün olmayışı nedeniyle metal analizleri farklı yerlerde, farklı aletlerle yapılmak zorunda kalmıştır. Cıva analizleri ODTÜ-Erdemli Deniz Bilimleri Enstitüsünde, Bakır ve Kurşun analizleri ise Çay İşletmeleri Genel Müdürlüğüne bağlı Rize Çay Enstitüsünde yapılmıştır. Bu

nedenle örneklerin gerek Erdemli'ye gerekse Rize'ye taşınması esnasında bazı güçlüklerle karşılaşmıştır.

## 8. GELECEK ÇALIŞMALAR İÇİN ÖNERİLER

Elde edilen sonuçların değerlendirilmesi esnasında bazı ek çalışmaların yapılmasının gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bu çalışmaları aşağıdaki şekilde özetlemek mümkündür:

- Analizlerin aynı aletle ve mümkün olduğunca aynı kişiler tarafından yapılması,
- Örneklerin alındığı bölgedeki sedimanlarda da metal analizlerinin yapılması,
- Kirleticiler karasal kaynaklı ve nenirler yoluyla geldiğinden nehir suyunda da metal analizlerinin yapılması,
- Toplanan plankton örneklerinde fitoplankton ve zooplanktonun sayısal oranlarının belirlenmesi,
- Deniz dibinde sabit yaşayan bazı makroalglerin de analiz edilmesi,
- Analiz edilen örnek sayısının arttırılması ve her tür için en az 6-8 örneğin analiz edilmesi,
- Örneklenen balık türlerinin ve midyenin yumurta taşıyıp taşımadığının belirlenmesi,
- Özellikle balıkların sadece etinde değil solungaç, ve karaciğerinde de metal analizlerinin yapılması.

9. HARCAMALAR

Proje bütçesi, ödenek ve dağılımı ile yapılan harcamaların dağılımı (TL)

Kalemler	Toplam ödenek	Trabzon S. Ü. A. E.	Erdemli D. B. E.
Personel	90.000.000	31.114.000	4.941.000
Teçhizat	175.000.000 (TÜBİTAK tarafından bloke edildi)		
Sarf	85.000.000	--	49.074.000
Seyahat	25.000.000	--	16.863.000
Diğer	--	--	--
Toplam	375.000.000	31.114.000	101.992.000

## 10. REFERANSLAR

- AKDOĞAN, Ş. , 1991- The seasonal variation in trace metal concentrations in *Mytilus galloprovincialis* along the Turkish Black Sea Coast. *M.Sc.Thesis, METU-Institute of Marine Sciences*, 144 p.
- BALKAŞ, T. , DECHEV, G. , MIHNEA, R. , SERBANESCU, O. and ÜNLÜATA, Ü. , 1990- State of marine environment in the Black Sea Region. *UNEP Regional Seas Reports and Studies*. No:124, UNEP.
- BERNHARD, B. , 1976- Manual of methods in aquatic environment research. Part 3. Sampling and analyses of biological materials (Guidlines for the FAO (GFCMD)/UNEP joint coordinated project on pollution in Mediterranean 124 p.
- BRANICA, M. and KONRAD, Z. , 1977- Lead in marine environment. Proceedings of the International Experts Discussion on the "*Lead Occurrence, Fate and Pollution in the Marine Environment*", Rovinj 1977, M.Branica and Z.Konrad (Eds.), Pergamon Press, 155-179.
- BREWER, P.G. and SPENCER, D.W. , 1974- Distribution of some trace elements in the Black sea and their flux between dissolved and particulate phases. In: *The Black Sea, Geology, Chemistry and Biology*. E.T. degens and D.A.Ross (Eds.), Tulsa, Oklahoma, American Association of Petroleum Geologists, pp 137-143.

EİE., 1989- Türkiye sularında su kalitesi gözlemleri. *Elektrik İşleri Etüd İdaresi Genel Müdürlüğü*, 163 p.

FEYZİOĞLU, M., 1990- Doğu Karadeniz fitoplankton türlerinin kalitatif ve kantitatif yönden araştırılması. *Yüksek Lisans Tezi*. KTÜ-Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Trabzon 51 p.

FISHBEIN, L., 1974- Mutagens and potential mutagens in the biospher. II. Metals-Mercury, Lead, Cadmium and Tin. *Sc. Total Environ.*, 2, 341-371.

GILMARTIN, M. and REVELANT, N., 1975- The concentration of Mercury, Copper, Nickel, Silver, Cadmium and Lead in the northern Adriatic anchovy, *Engraulis engrasicholus*, and sardine, *Sardina pilchardus*. *Fish. Bull.*, 73(1), 193-201.

HARALDSSON, C. and WESTERLUND, S., 1988- Trace metals in the water columns of the Black Sea and Framvaren Fjord. *Mar. Chem.* 23, 417-424.

KECKES, S. and METTINEN, J.K., 1973- Mercury as a marine pollutant. *Marine Pollution and Sea Life*, Fishing News (Books), Ltd., London, 1-44, 1972.

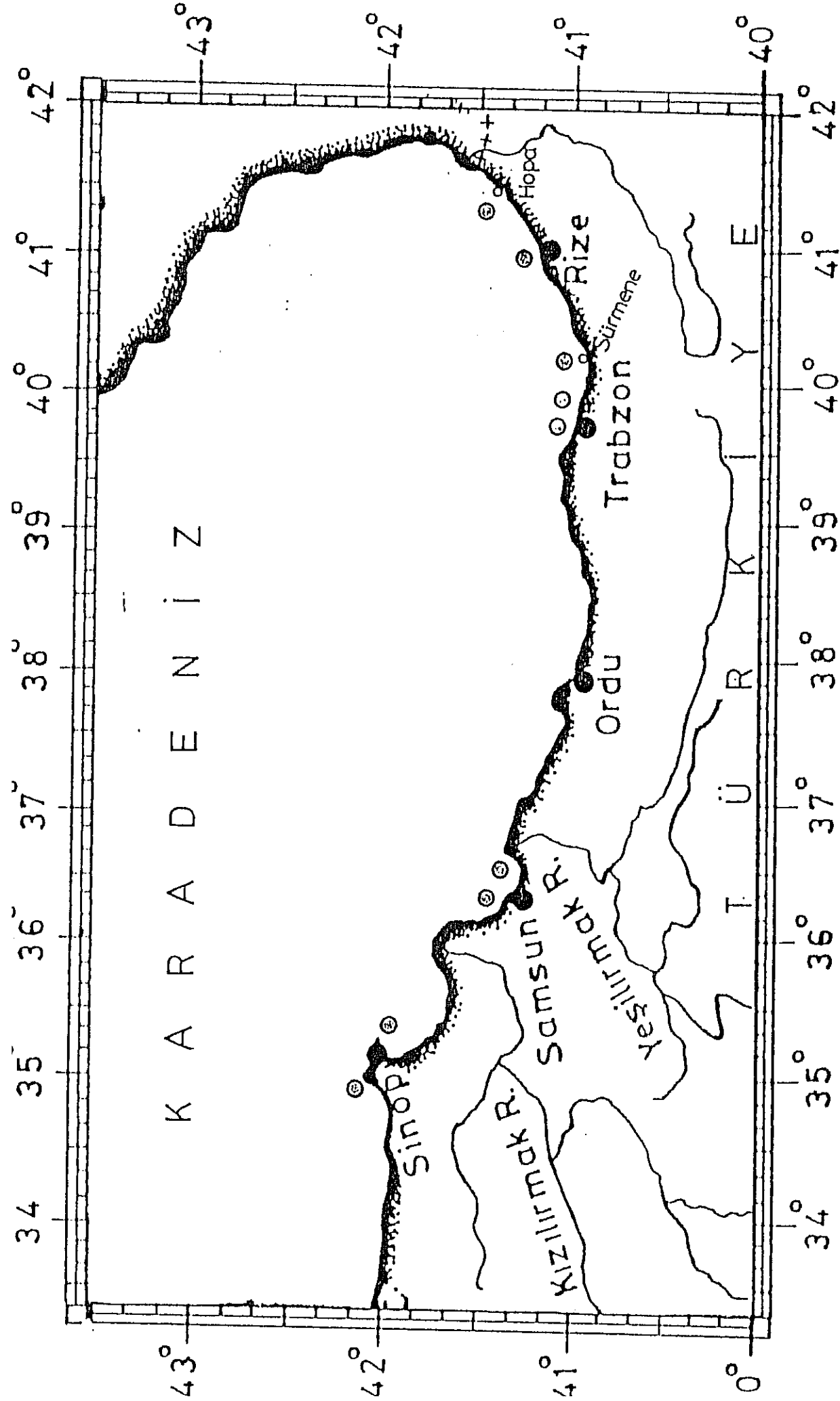
NAUEN, C.E., 1983- Compilation of legal limits for hazardous substances in fish and fisheries products. *FAO, Fish. Circ.*, (764), 102 p.

- OĞUZ, T. and TUĞRUL, S., 1990- Stock assessment studies for the Turkish Black sea coast- Oceanographic Section-NATO-TU Fisheries, First Technical Report. pp 1-78.
- OREGON, B. and FUKAI, R., 1981- Distribution of different chemical forms of Lead in Mediterranean sediments. V<sup>es</sup> *Journées Études Pollution*. 243-250, CIESM, Cagliari.
- PETKEVICH, T.A. and STEPANYUK, I.A., 1971- The seasonal variability of the chemical elementary composition of Black Sea mussels. *Biologiya Morya/* 22, 77-85.
- RAMELOW, G.J., 1978- Atomic spectral methods for the analysis of trace metals, particularly Mercury in marine environmental samples. *Ph.D. Thesis, METU, Institute of Marine Sciences*. 200 p.
- ROTH, I. and HORNUNG, H., 1977- Heavy metal concentrations in water, sediment and fish from Mediterranean coastal area. *Israel Environ. Sci. Technol.*, 11(3), 265-269.
- SERBANESCU, O., MUNTEANU, G., PECHEANU, I. and MIHNEA, R., 1980- *Mytilus galloprovincialis* de la côte romaine de la Mer Noire, facteur de concentration en métaux lourds. V<sup>es</sup> *Journées Etudes Pollution*, 573-576, CIESM, Cagliari.
- SCHMIDT, R.L., 1978- Copper in marine environment. Part I: *CRC Critical Reviews in the Environmental Control*, 8(2): 101-152. Copper in the marine environment. Part II: *CRC Critical Reviews in the Environment Control*, 8(3): 247-291.

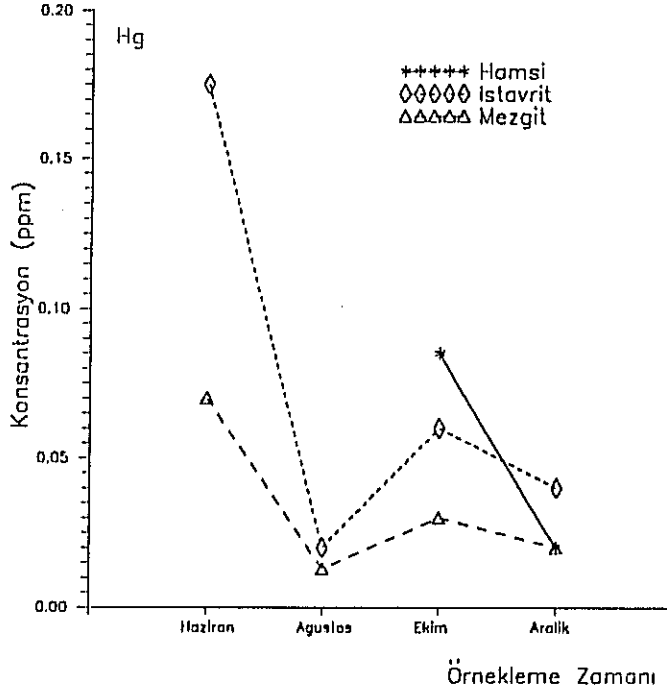
- UNEP/FAO/WHO., 1987- Assessment of the state of pollution of the Mediterranean Sea by Mercury and Mercury Compounds. *MAP Technical Reports Series No:18*. UNEP, Athens.
- UNEP/FAO/IAEA/IOC., 1984a- Determination of total Mercury in selected marine organisms by cold vapour Atomic Absorption Spectrophotometry. *Reference Methods for Marine Pollution Studies, No:8, Rev.1* , UNEP.
- UNEP/FAO/IAEA/IOC., 1984b- Determination of total Cadmium, Zinc, Lead and Copper in selected marine organisms by flameless Atomic Absorption Spectrophotometry. *Reference Methods for Marine Pollution Studies, No:11, Rev.1* , UNEP.
- WALLACE, G. T. Jr., 1982- The association of Copper, Mercury and Lead with surface-active organic matter in coastal seawater: *Mar. Chem.*, 11, 379-394.
- YEMENİCİOĞLU, S., 1990- The basin-scale fate of Mercury in the Sea of Marmara. *Ph.D. Thesis, METU, Institute of Marine Sciences*. 160 p.
- YÜCESOY, F. and ERGİN, M., 1992- Heavy metal geochemistry of surface sediments from the southern Black Sea shelf and upper slope. *Chem. Geol. (Baskıda)*.

Ş E K İ L L E R

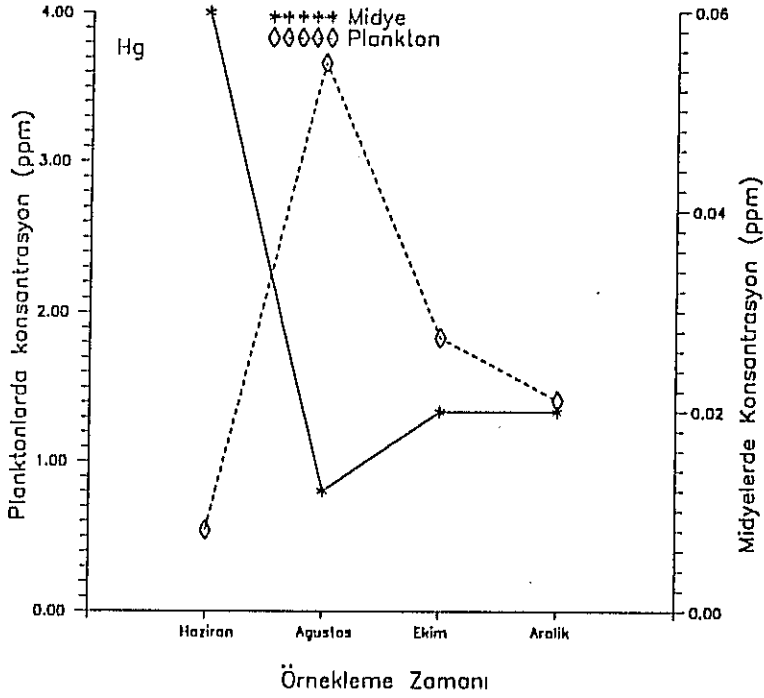




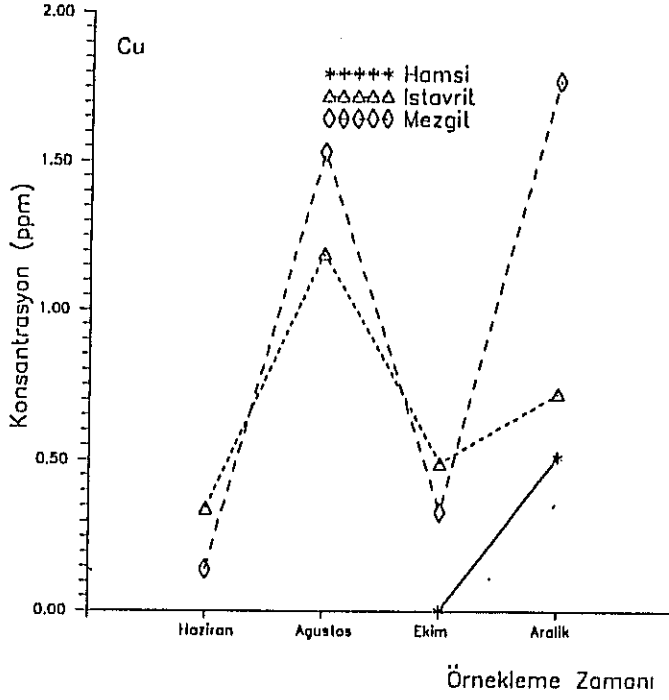
Şekil 1. Örnekleme bölgeleri



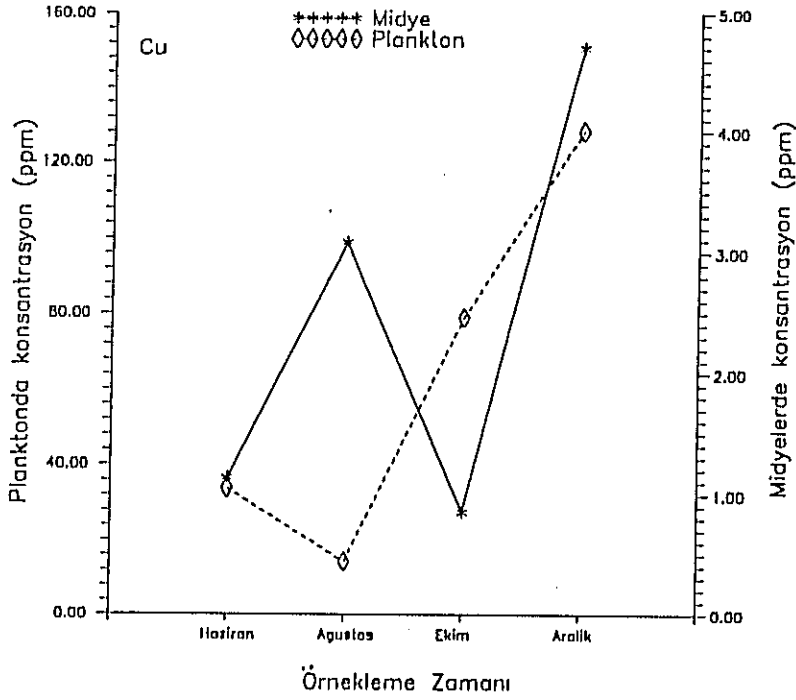
Şekil 2. Değişik örnekleme zamanlarında balıklarda ölçülen civa konsantrasyonları



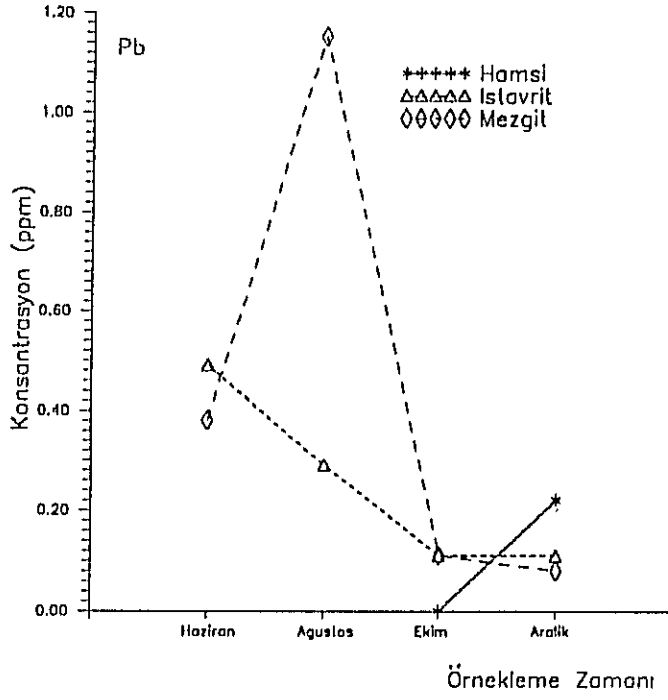
Şekil 3. Değişik örnekleme zamanlarında mıdye ve planktonda ölçülen civa konsantrasyonları



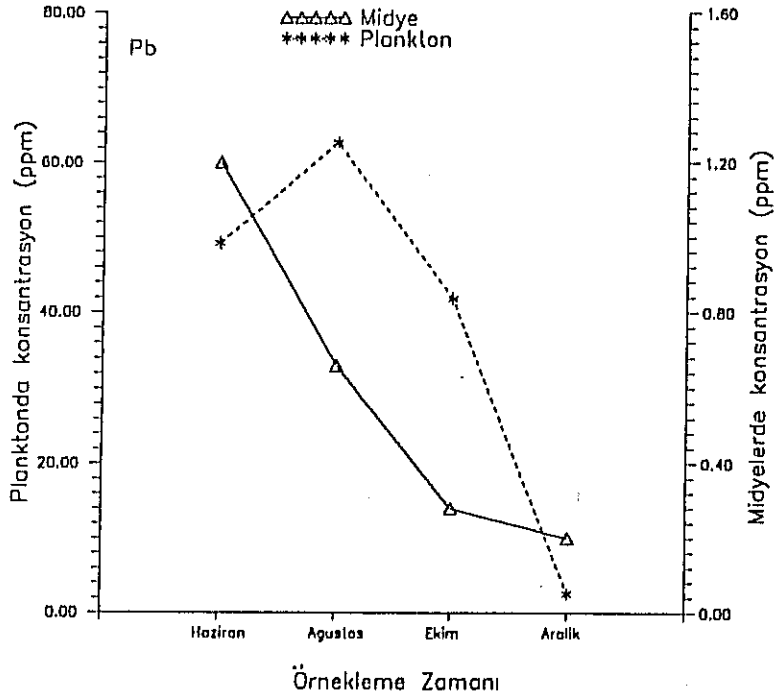
Şekil 4. Değişik örneklenme zamanlarında balıklarda ölçülen bakır konsantrasyonları



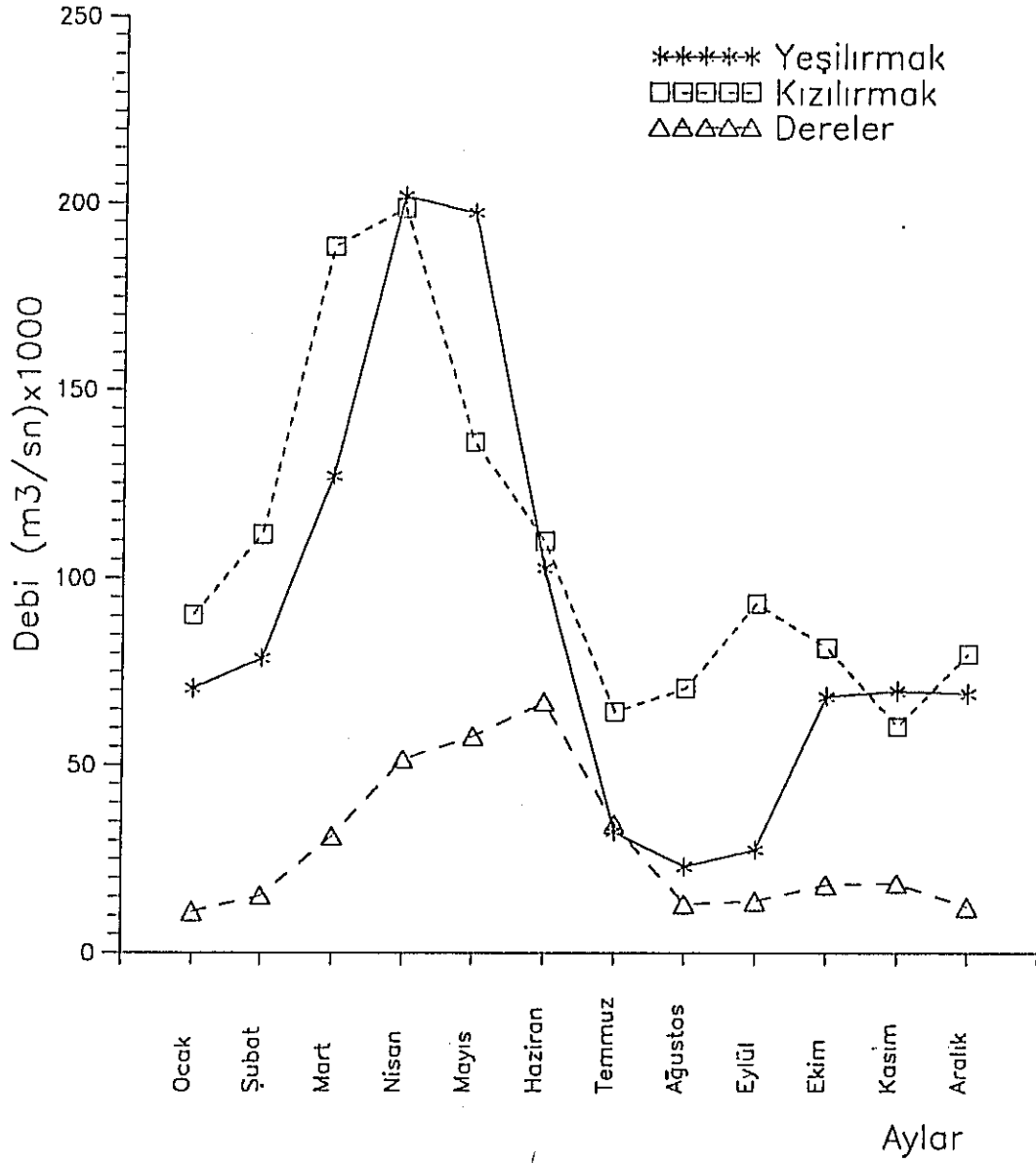
Şekil 5. Değişik örneklenme zamanlarında midye ve planktonda ölçülen bakır konsantrasyonları



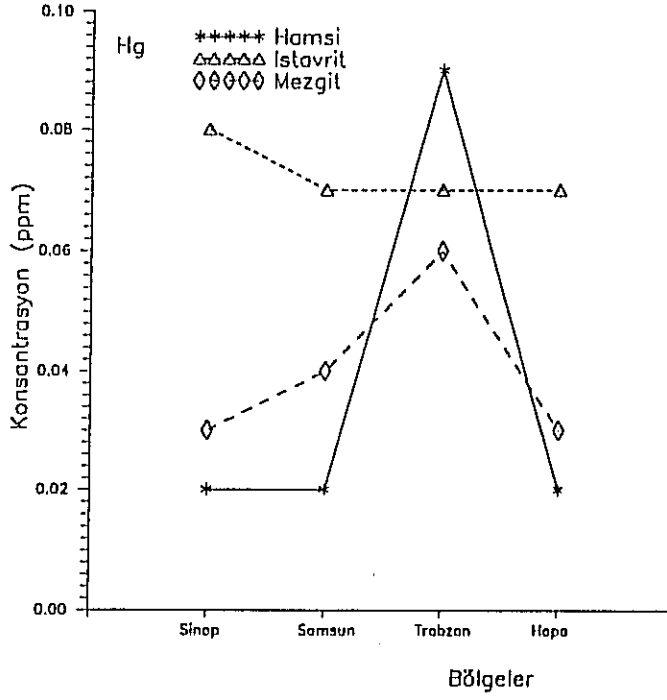
Şekil 6. Değişik örnekleme zamanlarında balıklarda ölçülen kurşun konsantrasyonları



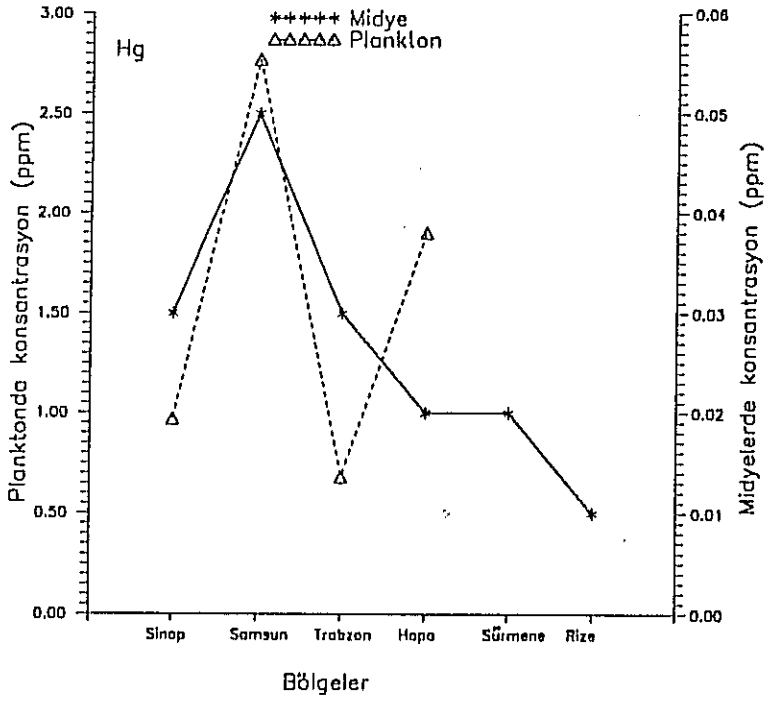
Şekil 7. Değişik örnekleme zamanlarında midye ve planktonda ölçülen kurşun konsantrasyonları



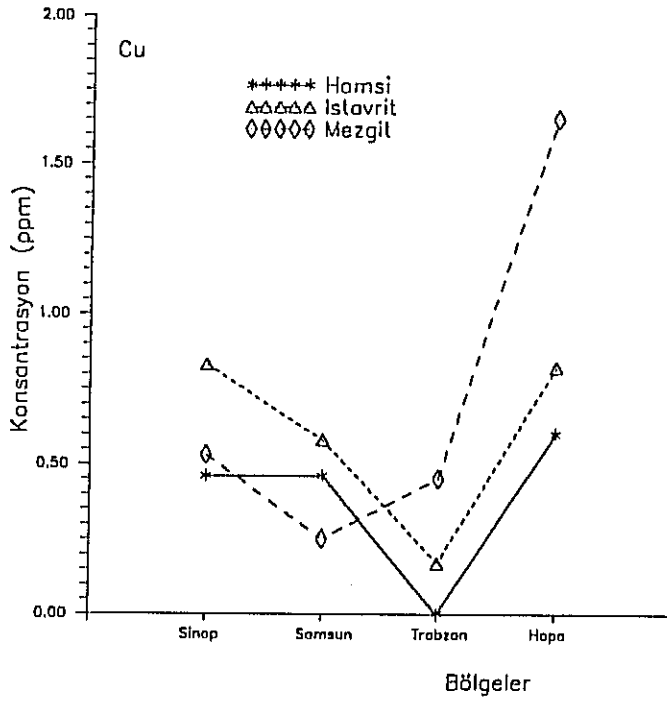
Şekil 8. Karadeniz'e dökülen Kızılırmak, Yeşilirmak ve bazı derelerin 1971-1986 yılları arasında ortalama debileri (ELE, 1989)



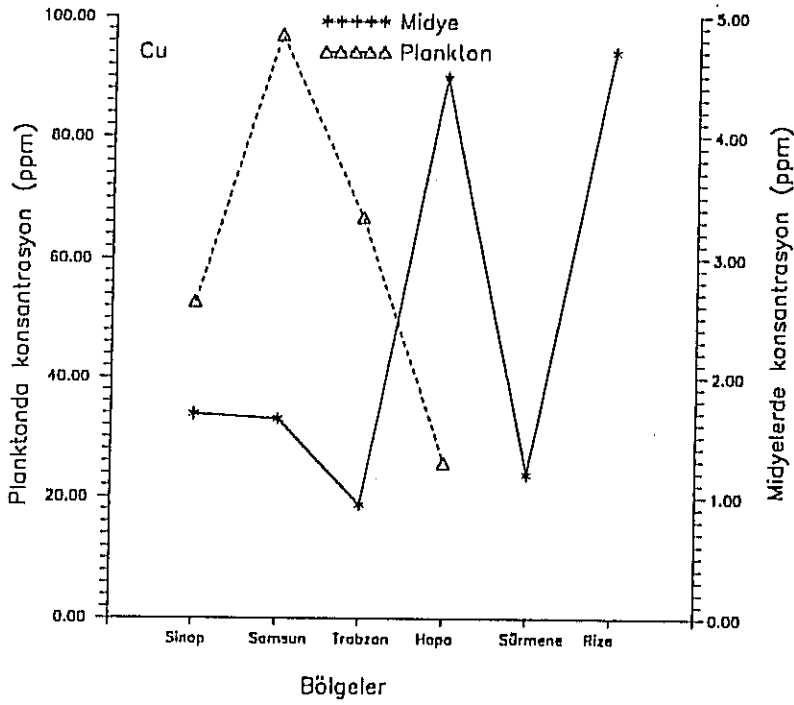
Şekil 9. Balıklarda cıva konsantrasyonlarının örneklem bölgelerine göre değişimi



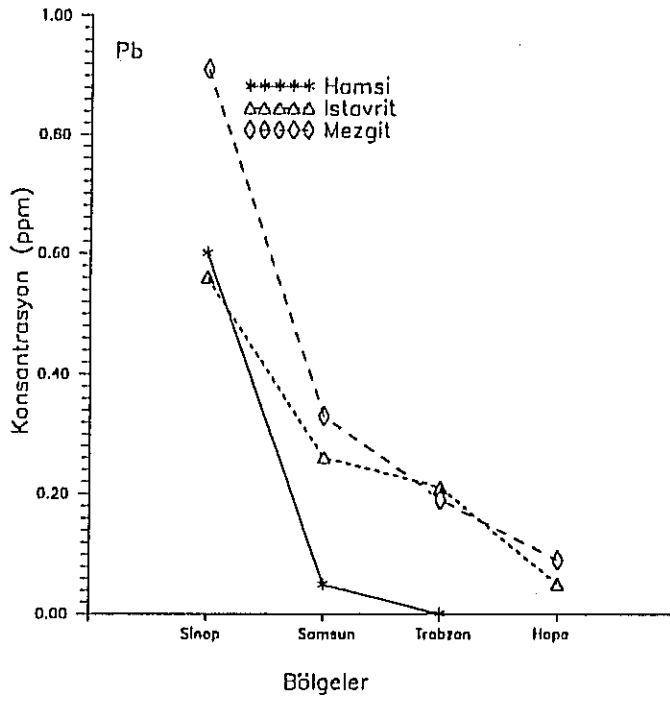
Şekil 10. Midye ve planktonda cıva konsantrasyonlarının örneklem bölgelerine göre değişimi



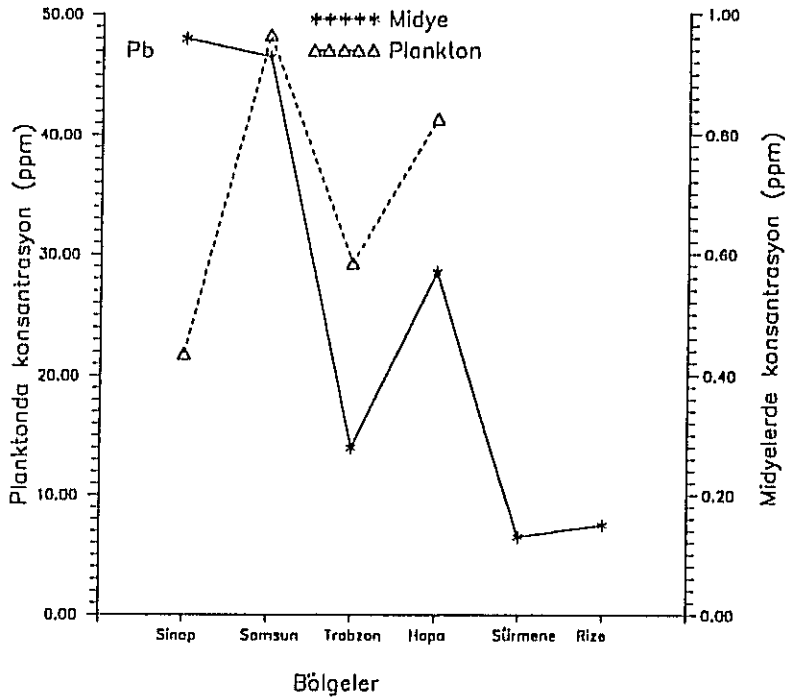
Şekil 11. Balıklarda bakır konsantrasyonlarının örnekleme bölgelerine göre değişimi



Şekil 12. Midye ve planktonda bakır konsantrasyonlarının örnekleme bölgelerine göre değişimi



Şekil 13. Balıklarda kurşun konsantrasyonlarının örnekleme bölgelerine göre değişimi



Şekil 14. Midye ve planktonda kurşun konsantrasyonlarının örnekleme bölgelerine göre değişimi



T A B L O L A R

Tablo 1. Balık, midye ve plankton örneklerinde cıva konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ , yaş ağırlık ; Örnekleme zamanı: Haziran 1991)

Organizmanın Türü	Örnekleme yeri	Örnekleme şekli	Ortalama total boy (cm)	Ortalama ağırlık (gr.)	Analiz edilen örnek sayısı	Metal konsantrasyonları		
						Min.	Max.	Ortalama
İstavrit	Sinop Liman önlü	Pazardan	15.8 ± 0.2	30.47 ± 1.18	3	0.11	0.20	0.17 ± 0.06
"	Samsun Gelemen bakır Fabr.	"	15.9 ± 0.4	34.51 ± 3.78	3	0.11	0.26	0.19 ± 0.08
"	Trabzon Enstitü önlü	"	14.8 ± 2.6	23.67 ± 10.18	3	0.13	0.23	0.20 ± 0.04
"	Hopa Bakır Fabr. önlü	"	15.6 ± 0.5	28.50 ± 2.51	3	0.08	0.27	0.14 ± 0.11
Mezgit	Sinop Liman önlü	"	14.9 ± 0.8	25.82 ± 5.18	3	0.05	0.08	0.07 ± 0.07
"	Samsun Gelemen bakır Fabr.	"	15.8 ± 0.9	32.43 ± 1.37	3	0.06	0.14	0.09 ± 0.04
"	Trabzon Enstitü önlü	"	12.8 ± 1.2	12.73 ± 3.68	3	0.02	0.19	0.09 ± 0.09
"	Hopa Bakır Fabr. önlü	"	14.2 ± 1.1	19.44 ± 5.64	3	0.02	0.04	0.03 ± 0.01
Nidye	Sinop Liman önlü	Dağcıç ile	5.8 ± 0.2	9.78 ± 1.32	3	0.11	0.21	0.14 ± 0.06
"	Sinop Sanayi önlü	"	4.7 ± 0.6	9.60 ± 2.69	3	0.01	0.02	0.01 ± 0.01
"	Samsun Sanayi önlü	"	3.4 ± 1.2	6.41 ± 1.48	3	0.14	0.20	0.17 ± 0.03
"	Trabzon Sanayi önlü	"	4.5 ± 0.1	5.16 ± 0.56	2	0.02	0.02	0.02
"	Sütlüce Hatıklı meşki	"	4.3 ± 0.6	5.06 ± 1.42	1	--	--	0.01
"	Hopa Bakır Fabr. önlü	"	5.9 ± 0.4	15.53 ± 4.28	2	0.01	0.03	0.02
Plankton	Sinop Liman önlü	Plankton ağı ile	--	0.646	2	0.01	0.02	0.015
"	Samsun Gelemen bakır Fabr.	"	--	0.483	2	0.01	0.05	0.03
"	Trabzon Sanayi önlü	"	--	0.266	2	0.08	0.17	0.13
"	Hopa Bakır Fabr. önlü	"	--	0.316	2	0.01	3.94	1.98

Tablo 2. Balık, midye ve plankton örneklerinde bakır konsantrasyonları  
 $\mu\text{g g}^{-1}$ , yaş ağırlık ; Örnekleme zamanı: Haziran 1991)

Organizmanın Türü	Örnekleme yeri	Örnekleme şekli	Ortalama total boy (cm)	Ortalama ağırlık (gr.)	Analiz edilen örnek sayısı	Metal konsantrasyonları		
						Min.	Max.	Ortalama
İstlavrit	Sinop Liman önlü	Pazardan	15.8 ± 0.2	30.47 ± 1.18	3	0.15	0.73	0.43 ± 0.29
	Samsun Gelemen bakır Fabr. "	"	15.9 ± 0.4	34.51 ± 3.78	3	Aletin hassasiyet düzeyinin altında		
	Trabzon Enstitü önlü	"	14.8 ± 2.6	23.69 ± 10.18	3	Aletin hassasiyet düzeyinin altında		
	Hopa Bakır Fabr. önlü	"	15.6 ± 0.5	28.50 ± 2.51	1	--	--	0.24
Mezgit	Sinop Liman önlü	"	14.9 ± 0.8	25.82 ± 5.18	3	Aletin hassasiyet düzeyinin altında		
	Samsun Gelemen bakır Fabr. "	"	15.8 ± 0.9	32.43 ± 1.37	3	Aletin hassasiyet düzeyinin altında		
	Trabzon Enstitü önlü	"	12.8 ± 1.2	12.73 ± 3.68	1	--	--	0.049
	Hopa Bakır Fabr. önlü	"	14.2 ± 1.1	19.44 ± 5.64	1	--	--	0.23
Midye	Sinop Liman önlü	Dalgıç ile	5.8 ± 0.2	9.78 ± 1.32	3	1.07	1.33	1.18 ± 0.14
	Sinop Sanayi önlü	"	4.7 ± 0.6	9.60 ± 2.69	3	0.76	1.43	1.07 ± 0.33
	Samsun Sanayi önlü	"	3.4 ± 1.2	6.41 ± 1.48	3	1.18	2.30	1.79 ± 0.57
	Trabzon Sanayi önlü	"	4.5 ± 0.1	5.16 ± 0.56	3	0.57	1.23	0.88 ± 0.33
	Sürmene Balıklı meyki	"	4.3 ± 0.6	5.06 ± 1.42	3	0.79	2.13	1.45 ± 0.67
	Rize Sanayi önlü	"	4.0 ± 0.4	4.90 ± 1.32	3	0.62	1.04	0.85 ± 0.21
	Hopa Bakır Fabr. önlü	"	5.9 ± 0.4	15.53 ± 4.28	3	1.13	2.57	1.77 ± 0.79
Plankton	Sinop Liman önlü	Plankton ağı ile	--	0.646	2	4.09	4.28	4.19
	Samsun Gelemen bakır Fabr. "	"	--	0.483	3	7.36	19.40	12.67 ± 6.1
	Trabzon Sanayi önlü	"	--	0.266	2	50.60	104.52	77.56
	Hopa Bakır Fabr. önlü	"	--	0.316	2	19.23	61.88	40.56

Tablo 3. Balık, midye ve plankton örneklerinde kurşun konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ , yaş ağırlık ; Örnekleme zamanı: Haziran 1991)

Organizmanın Türü	Örnekleme yeri	Örnekleme şekli	Ortalama total boy (cm)	Ortalama ağırlık (gr.)	Analiz edilen örnek sayısı	Metal konsantrasyonları		
						Min.	Max.	Ortalama
İstavrit	Sinop Liman ölü	Pazardan	15,8 ± 0,2	30,47 ± 1,18	3	0,16	2,38	1,94 ± 0,67
	Samsun Gelemen bakır Fabr.	"	15,9 ± 0,4	34,51 ± 3,78	3	Aletin hassasiyet düzeyinin altında		
	Trabzon Enstitü ölü	"	14,8 ± 2,6	23,69 ± 10,18	3	"	"	"
	Hopa Bakır Fabr. ölü	"	15,6 ± 0,5	20,50 ± 2,51	3	"	"	"
Mezgit	Sinop Liman ölü	"	14,9 ± 0,8	25,82 ± 5,18	3	0,54	2,39	1,51 ± 0,92
	Samsun Gelemen bakır Fabr.	"	15,8 ± 0,9	32,43 ± 1,37	3	Aletin hassasiyet düzeyinin altında		
	Trabzon Enstitü ölü	"	12,8 ± 1,2	12,73 ± 3,68	3	"	"	"
	Hopa Bakır Fabr. ölü	"	14,2 ± 1,1	19,44 ± 5,64	3	"	"	"
Midye	Sinop Liman ölü	Dalgıç ile	5,8 ± 0,2	9,78 ± 1,32	3	1,71	2,49	2,21 ± 0,43
	Sinop Sanayi ölü	"	4,7 ± 0,6	9,60 ± 2,69	3	1,43	3,82	2,94 ± 1,31
	Samsun Sanayi ölü	"	3,4 ± 1,2	6,41 ± 1,48	3	0,32	3,11	1,37 ± 1,51
	Trabzon Sanayi ölü	"	4,5 ± 0,1	5,16 ± 0,56	2	0,11	0,72	0,42
	Sürmene Dalıklı meyki	"	4,3 ± 0,6	5,06 ± 1,42	2	0,20	0,33	0,27
	Rize Sanayi ölü	"	4,0 ± 0,4	4,90 ± 1,32	3	Aletin hassasiyet düzeyinin altında		
	Hopa Bakır Fabr. ölü	"	5,9 ± 0,4	15,53 ± 4,28	2	0,75	1,62	1,19
Plankton	Sinop Liman ölü	Plankton ağı ile	--	0,646	2	4,28	11,71	8,00
	Samsun Gelemen bakır Fabr.	"	--	0,483	3	15,94	100,00	47,30 ± 45,80
	Trabzon Sanayi ölü	"	--	0,266	3	6,80	87,10	53,57 ± 41,70
	Hopa Bakır Fabr. ölü	"	--	0,316	1	--	--	87,87

Tablo 4. Balık, midye ve plankton örneklerinde cıva konsantrasyonları  
 $\text{C}\mu\text{g g}^{-1}$ , yaş ağırlık ; Örnekleme zamanı: Ağustos 1991)

Organizmanın Türü	Örnekleme yeri	Örnekleme şekli	Ortalama total boy (cm)	Ortalama ağırlık (gr.)	Analiz edilen örnek sayısı	Metal konsantrasyonları		
						Min.	Max.	Ortalama
İstavrit	Sinop Liman önü	Pazardan	13.6 ± 0.9	22.41 ± 4.15	3	0.01	0.05	0.02 ± 0.02
"	Samsun Gelemen bakır Fabr.	"	15.9 ± 0.4	31.33 ± 4.16	3	0.02	0.04	0.03 ± 0.01
"	Trabzon Enstitü önü	"	12.8 ± 0.6	17.31 ± 4.52	3	0.013	0.062	0.02 ± 0.03
"	Hopa Bakır Fabr. önü	"	15.7 ± 0.3	31.18 ± 1.99	3	0.02	0.035	0.02 ± 0.009
Mezgit	Sinop Liman önü	"	15.1 ± 0.7	22.41 ± 4.15	3	0.008	0.027	0.02 ± 0.01
"	Samsun Gelemen bakır Fabr.	"	15.1 ± 0.4	22.71 ± 1.16	3	0.013	0.014	0.014 ± 0.007
"	Trabzon Enstitü önü	"	14.4 ± 1.1	21.04 ± 7.54	3	0.0013	0.009	0.006 ± 0.004
Midye	Sinop Liman önü	Dalgıç ile	5.8 ± 0.8	18.18 ± 13.0	3	0.004	0.01	0.007 ± 0.003
"	Sinop Sanayi önü	"	4.7 ± 0.3	10.14 ± 2.70	2	0.004	0.006	0.005 ± 0.001
"	Samsun Sanayi önü	"	5.9 ± 1.0	21.12 ± 8.53	1	--	--	0.014
"	Trabzon Sanayi önü	"	4.5 ± 0.1	8.57 ± 0.78	2	0.02	0.02	0.02
"	Sürmene Balıklı mevki	"	4.5 ± 0.4	8.42 ± 1.53	3	0.012	0.029	0.02 ± 0.009
"	Hopa Bakır Fabr. önü	"	6.0 ± 1.3	24.56 ± 9.83	2	0.003	0.005	0.004
Plankton	Samsun Gelemen bakır Fabr.	Plankton ağı ile	--	0.311	2	1.20	13.42	7.31
"	Trabzon Sanayi önü	"	--	0.678	2	0.007	0.24	0.15

Tablo 5. Balık, midye ve plankton örneklerinde bakır konsantrasyonları  $\text{Cu}$   $\text{g g}^{-1}$ , yaş ağırlık ; Örnekleme zamanı: Ağustos 1991)

Organizmanın Türü	Örnekleme yeri	Örnekleme şekli	Ortalama total boy (cm)	Ortalama ağırlık (gr.)	Analiz edilen örnek sayısı	Metal konsantrasyonları		
						Min.	Max.	Ortalama
İstavrit	Sinop Liman önü	Pazardan	13.6 ± 0.9	22.41 ± 4.15	1	--	--	0.43
"	Samsun Gelemen bakır Fabr.	"	15.9 ± 0.4	31.33 ± 4.16	3	0.55	1.61	0.92 ± 0.6
"	Trabzon Enstitü önü	"	12.8 ± 0.6	17.31 ± 4.52	2	0.47	0.84	0.66
"	Hopa Bakır Fabr. önü	"	15.7 ± 0.3	31.18 ± 1.99	2	2.10	3.42	2.76
Mezgit	Sinop Liman önü	"	15.1 ± 0.7	22.41 ± 4.15	2	2.18	1.82	2.00
"	Samsun Gelemen bakır Fabr.	"	15.1 ± 0.4	22.71 ± 1.16	2	0.28	0.70	0.49
"	Trabzon Enstitü önü	"	14.4 ± 1.1	21.04 ± 7.54	3	0.69	1.22	0.97 ± 0.3
Midye	Sinop Liman önü	Dalgıç ile	5.8 ± 0.8	18.18 ± 13.0	1	--	--	0.65
"	Sinop Sanayi önü	"	4.7 ± 0.3	10.14 ± 2.70	2	7.94	4.11	6.03
"	Samsun Sanayi önü	"	5.9 ± 1.0	21.12 ± 8.53	1	--	--	2.03
"	Trabzon Sanayi önü	"	4.5 ± 0.1	8.57 ± 0.78	1	--	--	2.67
"	Sürmene Balıklı mevki	"	4.5 ± 0.4	8.42 ± 1.53	3	3.28	3.61	3.96 ± 0.2
"	Hopa Bakır Fabr. önü	"	6.0 ± 1.3	24.56 ± 9.83	3	2.23	3.76	3.17 ± 0.9
Plankton	Samsun Gelemen bakır Fabr.	Plankton ağı ile	--	0.311	2	12.69	37.50	25.10
"	Trabzon Sanayi önü	"	--	0.678	2	2.71	4.01	3.36

Tablo 6. Balık, midye ve plankton örneklerinde kurşun konsantrasyonları  $\text{C}\mu\text{g g}^{-1}$ , yaş ağırlık ; Örnekleme zamanı: Ağustos 1991)

Organizmanın Türü	Örnekleme yeri	Örnekleme şekli	Ortalama total boy (cm)	Ortalama ağırlık (gr.)	Analiz edilen örnek sayısı	Metal konsantrasyonları		
						Min.	Max.	Ortalama
İstavrit	Sinop Liman önü	Pazardan	$13.6 \pm 0.9$	$22.41 \pm 4.15$	3	Aletin hassasiyet düzeyinin altında		
"	Samsun Gelemen bakır Fabr.	"	$15.9 \pm 0.4$	$31.33 \pm 4.16$	3	0.26	1.16	$0.85 \pm 0.5$
"	Trabzon Enstitü önü	"	$12.8 \pm 0.6$	$17.31 \pm 4.52$	2	0.26	0.39	0.32
"	Hopa Bakır Fabr. önü	"	$15.7 \pm 0.3$	$31.18 \pm 1.99$	2	Aletin hassasiyet düzeyinin altında		
Mezgit	Sinop Liman önü	"	$15.1 \pm 0.7$	$22.41 \pm 4.15$	3	1.18	2.68	$1.76 \pm 0.8$
"	Samsun Gelemen bakır Fabr.	"	$15.1 \pm 0.4$	$22.71 \pm 1.16$	1	--	--	1.32
"	Trabzon Enstitü önü	"	$14.4 \pm 1.1$	$21.04 \pm 7.54$	3	0.09	0.65	$0.37 \pm 0.3$
Midye	Sinop Liman önü	Dalgıç ile	$5.8 \pm 0.8$	$18.18 \pm 13.0$	2	0.26	0.36	0.31
"	Sinop Sanayi önü	"	$4.7 \pm 0.3$	$10.14 \pm 2.70$	3	0.53	1.32	$1.03 \pm 0.43$
"	Samsun Sanayi önü	"	$5.9 \pm 1.0$	$21.12 \pm 8.53$	2	0.64	2.00	1.32
"	Trabzon Sanayi önü	"	$4.5 \pm 0.1$	$8.57 \pm 0.78$	1	--	--	0.45
"	Sürmene Balıklı mevki	"	$4.5 \pm 0.4$	$8.42 \pm 1.53$	1	--	--	0.10
"	Hopa Bakır Fabr. önü	"	$6.0 \pm 1.3$	$24.56 \pm 9.83$	2	0.41	1.13	0.77
Plankton	Samsun Gelemen bakır Fabr.	Plankton ağı ile	--	0.311	1	--	--	117.18
"	Trabzon Sanayi önü	"	--	0.678	2	6.62	9.69	8.16

Tablo 7. Balık, midye ve plankton örneklerinde cıva konsantrasyonları  $\mu\text{g g}^{-1}$ , yaş ağırlık ; Örnekleme zamanı: Ekim 1991)

Organizmanın Türü	Örnekleme yeri	Örnekleme şekli	Ortalama total boy (cm)	Ortalama ağırlık (gr.)	Analiz edilen örnek sayısı	Metal konsantrasyonları		
						Min.	Max.	Ortalama
Hamsi	Trabzon Enstilü ölü	Pazardan	11.2 ± 0.9	8.94 ± 2.64	2	0.08	0.09	0.085
İstavrit	Sinop Liman ölü	"	15.4 ± 1.7	31.39 ± 11.52	3	0.027	0.072	0.05 ± 0.02
"	Samsun Gelemen bakır fabr.	"	10.7 ± 0.2	9.76 ± 0.81	3	0.012	0.099	0.04 ± 0.04
"	Trabzon Enstilü ölü	"	15.7 ± 1.0	34.36 ± 7.31	3	0.024	0.076	0.05 ± 0.03
"	Hopa Bakır fabr. ölü	"	15.7 ± 0.8	31.65 ± 5.55	3	0.05	0.16	0.09 ± 0.06
Mezgit	Sinop Liman ölü	"	19.7 ± 1.3	57.69 ± 11.90	3	0.005	0.013	0.008 ± 0.004
"	Samsun Gelemen bakır fabr.	"	15.4 ± 1.9	25.16 ± 6.57	3	0.041	0.049	0.05 ± 0.005
"	Trabzon Enstilü ölü	"	11.2 ± 0.3	41.82 ± 4.98	3	0.013	0.024	0.02 ± 0.005
Midye	Sinop Liman ölü	Dalgıç ile	6.3 ± 0.5	17.30 ± 4.46	2	0.022	0.028	0.025
"	Sinop Sanayi ölü	"	5.7 ± 0.6	18.20 ± 6.23	3	0.017	0.018	0.017 ± 0.0
"	Samsun Sanayi ölü	"	5.3 ± 0.6	13.21 ± 4.25	3	0.006	0.03	0.02 ± 0.01
"	Trabzon Sanayi ölü	"	3.9 ± 0.3	6.83 ± 1.28	3	0.012	0.022	0.017 ± 0.005
"	Sürmene Balıklı mevki	"	3.9 ± 0.2	3.95 ± 0.56	3	0.012	0.028	0.02 ± 0.008
"	Rize Merkez sanayi	"	4.0 ± 0.3	4.42 ± 1.43	3	0.015	0.02	0.017 ± 0.002
"	Hopa Bakır Fabr. ölü	"	4.2 ± 0.5	6.68 ± 2.87	3	0.002	0.006	0.004 ± 0.002
Plankton	Sinop Liman ölü	Plankton ağı ile	--	0.03	2	0.63	0.63	0.63
"	Samsun Gelemen bakır Fabr.	"	--	0.095	2	1.61	2.92	2.21
"	Trabzon Sanayi ölü	"	--	0.06	2	1.15	2.42	1.78
"	Hopa Bakır Fabr. ölü	"	--	0.025	2	1.20	4.17	2.68



Tablo 8. Balık, midye ve plankton örneklerinde bakır konsantrasyonları  $\mu\text{g g}^{-1}$ , yaş ağırlık ; örnekleme zamanı : Ekim 1991)

Organizmanın Türü	Örnekleme yeri	Örnekleme şekli	Ortalama total boy (cm)	Ortalama ağırlık (gr.)	Analiz edilen örnek sayısı	Metal konsantrasyonları		
						Min.	Max.	Ortalama
Hassasi	Trabzon Enstitü ölü	Pazardan	11.2 ± 0.9	8.94 ± 2.64	2	Aletin hassasiyet düzeyinin altında		
İstavrit	Sinop Liman ölü	"	15.4 ± 1.7	31.39 ± 11.52	3	0.14	0.79	0.46 ± 0.32
"	Samsun Gelemen bakır fabr.	"	10.7 ± 0.2	9.76 ± 0.81	3	0.24	3.30	1.40 ± 1.60
"	Trabzon Enstitü ölü	"	15.7 ± 1.0	34.36 ± 7.31	3	0.00	0.02	0.007 ± 0.011
"	Hopa Bakır Fabr. ölü	"	15.7 ± 0.8	31.65 ± 5.55	3	0.00	0.20	0.10 ± 0.10
Mezgit	Sinop Liman ölü	"	19.7 ± 1.3	57.69 ± 11.90	3	0.10	0.14	0.12 ± 0.02
"	Samsun Gelemen bakır fabr.	"	15.4 ± 1.9	25.16 ± 6.57	3	0.02	0.10	0.06 ± 0.04
"	Trabzon Enstitü ölü	"	11.2 ± 0.3	41.82 ± 4.98	3	0.02	2.40	0.80 ± 1.30
Midye	Sinop Liman ölü	Dalgıç ile	6.3 ± 0.5	17.30 ± 4.46	3	0.04	0.60	0.29 ± 0.28
"	Sinop Sanayi ölü	"	5.7 ± 0.6	18.20 ± 6.23	3	0.02	0.60	0.037 ± 0.021
"	Samsun Sanayi ölü	"	5.3 ± 0.6	13.21 ± 4.25	2	0.06	0.12	0.09
"	Trabzon Sanayi ölü	"	3.9 ± 0.3	6.83 ± 1.28	3	0.02	0.40	0.20 ± 0.19
"	Sürmene Balıklı meyki	"	3.9 ± 0.2	3.95 ± 0.56	3	0.00	0.23	0.12 ± 0.11
"	Rize Merkez sanayi	"	4.0 ± 0.3	4.42 ± 1.43	3	0.03	0.60	0.25 ± 0.31
"	Hopa Bakır fabr. ölü	"	4.2 ± 0.5	6.68 ± 2.87	3	0.00	15.00	5.00 ± 8.60
Plankton	Sinop Liman ölü	Plankton ağı ile	--	0.03	2	39.00	230.00	134.00
"	Samsun Gelemen bakır fabr.	"	--	0.095	2	51.00	149.00	100.00
"	Trabzon Sanayi ölü	"	--	0.06	2	60.00	82.00	71.00
"	Hopa Bakır İşletmeleri	"	--	0.025	2	2.80	20.00	11.00

Tablo 9. Balık, midye ve plankton örneklerinde kurşun konsantrasyonları  $\text{C}\mu\text{g g}^{-1}$ , yaş ağırlık ; Örnekleme zamanı: Ekim 1991)

Organizmanın Türü	Örnekleme yeri	Örnekleme şekli	Ortalama total boy (cm)	Ortalama ağırlık (gr.)	Analiz edilen örnek sayısı	Metal konsantrasyonları		
						Min.	Max.	Ortalama
Hamsi	Trabzon Enstitü ö nü	Pazardan	11.2 ± 0.9	8.94 ± 2.64	2	Aletin hassasiyet düzeyinin altında		
İstavrit	Sinop Liman ö nü	"	15.4 ± 1.7	31.39 ± 11.52	3	0.00	0.34	0.11 ± 0.19
"	Samsun Gelemen bakır fabr.	"	10.7 ± 0.2	9.76 ± 0.81	3	Aletin hassasiyet düzeyinin altında		
"	Trabzon Enstitü ö nü	"	15.7 ± 1.0	34.36 ± 7.31	3	0.10	0.60	0.33 ± 0.25
"	Hopa Bakır Fabr. ö nü	"	15.7 ± 0.0	31.65 ± 5.55	3	Aletin hassasiyet düzeyinin altında		
Mezgit	Sinop Liman ö nü	"	19.7 ± 1.3	57.69 ± 11.90	3	0.00	0.08	0.03 ± 0.05
"	Samsun Gelemen bakır fabr.	"	15.4 ± 1.9	25.16 ± 6.57	3	Aletin hassasiyet düzeyinin altında		
"	Trabzon Enstitü ö nü	"	11.2 ± 0.3	41.82 ± 4.98	3	0.20	0.40	0.30 ± 0.10
Midye	Sinop Liman ö nü	Dalgıç ile	6.3 ± 0.5	17.30 ± 4.46	3	0.40	0.54	0.44 ± 0.08
"	Sinop Sanayi ö nü	"	5.7 ± 0.6	18.20 ± 6.23	3	0.13	0.90	0.51 ± 0.30
"	Samsun Sanayi ö nü	"	5.3 ± 0.6	13.21 ± 4.25	3	0.20	1.00	0.50 ± 0.40
"	Trabzon Sanayi ö nü	"	3.9 ± 0.3	6.83 ± 1.28	3	0.00	0.20	0.07 ± 0.11
"	Sürmene Balıklı mevki	"	3.9 ± 0.2	3.95 ± 0.56	3	0.00	0.08	0.04 ± 0.04
"	Rize Merkez sanayi	"	4.0 ± 0.3	4.42 ± 1.43	3	0.00	0.60	0.40 ± 0.30
"	Hopa Bakır Fabr. ö nü	"	4.2 ± 0.5	6.68 ± 2.87	3	0.00	0.10	0.03 ± 0.06
Plankton	Sinop Liman ö nü	Plankton ağı ile	--	0.03	2	13.00	98.00	55.00
"	Samsun Gelemen bakır fabr.	"	--	0.095	2	24.00	28.00	26.00
"	Trabzon Sanayi ö nü	"	--	0.06	2	44.00	60.00	52.00
"	Hopa Bakır Fabr. ö nü	"	--	0.025	2	22.50	40.00	34.25

Tablo 10. Balık, midye ve plankton örneklerinde cıva konsantrasyonları  
 $\mu\text{g g}^{-1}$ , yaş ağırlık ; Örneklenme zamanı: Aralık 1991)

Organizmanın Türü	Örneklenme yeri	Örneklenme şekli	Ortalama total boy (cm)	Ortalama ağırlık (gr.)	Analiz edilen örnek sayısı	Metal konsantrasyonları		
						Min.	Max.	Ortalama
Hamsi	Sinop Liman önü	Girgir	11.1 ± 0.5	7.67 ± 0.94	3	0.012	0.031	0.02 ± 0.01
	Samsun Gelemen bakır fabr.	*	10.2 ± 2.0	6.33 ± 3.74	3	0.009	0.05	0.02 ± 0.02
	Hopa Bakır işletmeleri	*	11.3 ± 0.4	9.31 ± 1.34	3	0.004	0.044	0.02 ± 0.02
İstavrit	Sinop Liman önü	Pazardan	16.9 ± 0.6	38.16 ± 4.43	2	0.07	0.09	0.08 ± 0.19
	Samsun Gelemen bakır fabr.	*	14.9 ± 1.3	20.02 ± 0.74	2	0.022	0.044	0.03
	Trabzon Enstitü önü	*	14.1 ± 0.5	24.57 ± 3.03	3	0.018	0.027	0.02 ± 0.004
	Hopa Bakır fabr. önü	*	15.0 ± 0.7	20.89 ± 3.09	3	0.007	0.028	0.02 ± 0.01
Mezgit	Sinop Liman önü	*	16.0 ± 1.1	32.00 ± 9.75	3	0.01	0.053	0.03 ± 0.02
	Samsun Gelemen bakır fabr.	*	13.5 ± 2.6	20.90 ± 4.10	3	0.009	0.04	0.02 ± 0.01
	Trabzon Enstitü önü	*	17.9 ± 0.9	44.36 ± 5.60	3	0.024	0.03	0.025 ± 0.002
	Hopa Bakır fabr. önü	*	17.0 ± 2.3	30.77 ± 16.00	2	0.016	0.03	0.02
Midye	Sinop Liman önü	Dalgıç ile	4.7 ± 0.1	7.63 ± 0.69	2	0.002	0.006	0.004
	Sinop Sanayi önü	*	4.6 ± 0.0	0.85 ± 2.85	3	0.004	0.017	0.01 ± 0.00
	Samsun Sanayi önü	*	3.4 ± 0.3	4.12 ± 1.14	3	0.01	0.014	0.01 ± 0.002
	Trabzon Sanayi önü	*	3.0 ± 0.3	4.64 ± 1.46	3	0.009	0.11	0.05 ± 0.06
	Sürmene Balıklı mevki	*	4.5 ± 0.3	6.03 ± 0.46	3	0.02	0.03	0.025 ± 0.003
	Rize Merkez sanayi	*	4.6 ± 0.6	9.43 ± 4.12	2	0.004	0.017	0.01
	Hopa Bakır fabr. önü	*	4.2 ± 0.6	7.10 ± 4.17	3	0.03	0.057	0.04 ± 0.01
Plankton	Sinop Liman önü	Plankton ağı ile	--	0.07	2	0.67	3.86	2.26
	Samsun Gelemen bakır fabr.	*	--	0.04	2	1.003	2.08	1.54
	Trabzon Sanayi önü	*	--	0.06	2	0.35	1.26	0.80
	Hopa Bakır İşletmeleri	*	--	0.08	2	0.40	1.67	1.04

Tablo 11. Balık, midye ve plankton örneklerinde bakır konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ , yaş ağırlık ; Örnekleme zamanı: Aralık 1991)

Organizmanın Türü	Örnekleme yeri	Örnekleme şekli	Ortalama total boy (cm)	Ortalama ağırlık (gr.)	Analiz edilen örnek sayısı	Metal konsantrasyonları		
						Min.	Max.	Ortalama
Hamsi	Sinop Liman önü	Gargır	11.1 ± 0.5	7.67 ± 0.94	3	0.10	1.00	0.46 ± 0.47
	Samsun Gelemen bakır Fabr.	"	10.2 ± 2.0	6.33 ± 3.74	3	0.00	0.80	0.46 ± 0.41
	Hopa Bakır işletmeleri	"	11.3 ± 0.4	9.31 ± 1.34	3	0.40	0.90	0.60 ± 0.20
İslavrit	Sinop Liman önü	Pazardan	16.9 ± 0.6	38.16 ± 4.43	1	--	--	2.00
	Samsun Gelemen bakır Fabr.	"	14.9 ± 1.3	28.02 ± 8.74	3	0.00	0.022	0.007 ± 0.012
	Trabzon Enstitü önü	"	14.1 ± 0.5	24.57 ± 3.03	3	Aletin hassasiyet düzeyinin altında		
	Hopa Bakır Fabr. önü	"	15.0 ± 0.7	28.89 ± 3.09	3	0.00	0.30	0.16 ± 0.15
Mezgit	Sinop Liman önü	"	16.0 ± 1.1	32.00 ± 9.75	3	Aletin hassasiyet düzeyinin altında		
	Samsun Gelemen bakır Fabr.	"	13.5 ± 2.6	20.90 ± 4.18	3	0.00	1.00	0.46 ± 0.50
	Trabzon Enstitü önü	"	17.9 ± 0.9	44.36 ± 5.60	3	Aletin hassasiyet düzeyinin altında		
	Hopa Bakır Fabr. önü	"	17.0 ± 2.3	38.77 ± 16.00	2	1.20	4.44	3.07 ± 1.60
Midye	Sinop Liman önü	Dalgıç ile	4.7 ± 0.1	7.63 ± 0.69	3	2.00	2.00	2.00 ± 0.00
	Sinop Sanayi önü	"	4.6 ± 0.8	8.85 ± 2.85	3	1.00	4.00	2.30 ± 1.50
	Samsun Sanayi önü	"	3.4 ± 0.3	4.12 ± 1.14	3	1.30	5.00	2.70 ± 1.90
	Trabzon Sanayi önü	"	3.8 ± 0.3	4.64 ± 1.46	3	Aletin hassasiyet düzeyinin altında		
	Sürmene Balıklı mevki	"	4.5 ± 0.3	6.03 ± 0.46	3	0.00	0.70	0.27 ± 0.37
	Rize Merkez sanayi	"	4.6 ± 0.6	9.43 ± 4.12	2	10.00	18.00	13.00 ± 4.00
	Hopa Bakır Fabr. önü	"	4.2 ± 0.6	7.10 ± 4.17	3	0.00	13.00	8.00 ± 7.00
Plankton	Sinop Liman önü	Plankton ağı ile	--	0.07	1	--	--	20.00
	Samsun Gelemen bakır Fabr.	"	--	0.04	1	--	--	250.00
	Trabzon Sanayi önü	"	--	0.06	2	30.00	200.00	115.00

Tablo 12. Balık, midye ve plankton örneklerinde kurşun konsantrasyonları  
 $\mu\text{g g}^{-1}$ , yaş ağırlık ; Örnekleme zamanı: Aralık 1991)

Organizmanın Türü	Örnekleme yeri	Örnekleme şekli	Ortalama total boy (cm)	Ortalama ağırlık (gr.)	Analiz edilen örnek sayısı	Metal konsantrasyonları		
						Min.	Max.	Ortalama
Hamsi	Sinop Liman ölü	Gırgır	11.1 ± 0.5	7.67 ± 0.94	3	0.30	1.00	0.60 ± 0.30
	Samsun Gelemen bakır fabr.	"	10.2 ± 2.0	6.33 ± 3.74	3	0.00	0.10	0.05 ± 0.05
	Hopa Bakır Fabr. ölü	"	11.3 ± 0.4	9.31 ± 1.34	3	Aletin hassasiyet düzeyinin altında		
İstavrit	Sinop Liman ölü	Pazardan	16.9 ± 0.6	30.16 ± 4.43	2	0.00	0.20	0.10
	Samsun Gelemen bakır fabr.	"	14.9 ± 1.3	28.02 ± 8.74	3	0.00	0.20	0.00 ± 0.10
	Trabzon Enstitü ölü	"	14.1 ± 0.5	24.57 ± 3.03	3	0.20	0.20	0.20 ± 0.00
	Hopa Bakır Fabr. ölü	"	15.0 ± 0.7	28.89 ± 3.09	3	0.00	0.20	0.06 ± 0.11
Hezgit	Sinop Liman ölü	"	16.0 ± 1.1	32.00 ± 9.75	3	0.00	0.10	0.033 ± 0.06
	Samsun Gelemen bakır fabr.	"	13.5 ± 2.6	20.90 ± 4.10	3	0.00	0.05	0.016 ± 0.03
	Trabzon Enstitü ölü	"	17.9 ± 0.9	44.36 ± 5.60	3	0.00	0.30	0.10 ± 0.10
	Hopa Bakır Fabr. ölü	"	17.0 ± 2.3	30.77 ± 16.00	2	0.09	0.30	0.19 ± 0.10
Midye	Sinop Liman ölü	Dalgıç ile	4.7 ± 0.1	7.63 ± 0.69	3	0.11	0.30	0.20 ± 0.09
	Sinop Sanayi ölü	"	4.6 ± 0.0	0.85 ± 2.85	3	0.00	0.15	0.05 ± 0.09
	Samsun Sanayi ölü	"	3.4 ± 0.3	4.12 ± 1.14	3	0.30	0.70	0.53 ± 0.20
	Trabzon Sanayi ölü	"	3.8 ± 0.3	4.64 ± 1.46	3	0.00	0.30	0.16 ± 0.15
	Sürmene Dalıklı mevki	"	4.5 ± 0.3	6.03 ± 0.46	3	0.00	0.20	0.096 ± 0.10
	Rize Merkez sanayi	"	4.6 ± 0.6	9.43 ± 4.12	3	0.00	0.17	0.06 ± 0.09
	Hopa Bakır Fabr. ölü	"	4.2 ± 0.6	7.10 ± 4.17	3	0.00	0.46	0.29 ± 0.25
Plankton	Sinop Liman ölü	Plankton ağı ile	--	0.07	2	0.00	5.00	2.50
	Samsun Gelemen bakır fabr.	"	--	0.04	2	0.00	5.00	2.50
	Trabzon Sanayi ölü	"	--	0.06	2	0.00	6.60	3.30
	Hopa Bakır Fabr. ölü	"	--	0.08	2	0.00	3.80	1.90

Tablo 13. Bazı ülkelerde ağır metallerin deniz ürünlerindeki kabul edilebilir üst limitleri ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ), (Nauen, 1983; UNEP, 1987)

Ülke Adı	Cıva		Bakır		Kurşun	
	Balık	Midye	Balık	Midye	Balık	Midye
Almanya	1.0	--	--	--	--	0.5
A. B. D.	1.0	1.0	--	--	--	--
Avrupa Topl. Kom.	0.3	--	--	--	--	--
Australya	0.5	0.5	10.0	--	1.5-2.5	--
Brezilya	0.5	0.5	--	--	--	--
Danimarka	0.5	--	--	--	--	--
Ekvator	1.0	--	10.0	--	5.0	--
Finlandiya	1.0	--	--	--	--	2.0
Fransa	0.5-0.7	0.5	--	--	--	--
Filipinler	0.5	0.5	--	--	0.5	0.5
Hindistan	0.5	--	10.0	--	5.0	--
Hollanda	0.7	0.7	--	--	0.5	2.0
Hong-Kong	0.5	0.5	--	--	6.0	6.0
İngiltere	--	--	20.0	--	2.0-3.0	10.0
İspanya	0.5	--	--	--	--	--
İsviçre	0.5	0.5	--	--	1.0	1.0
İsveç	1.0	--	--	--	1.0	1.0
İtalya	0.7	0.7	--	--	--	2.0
Malta	0.5-0.7	--	--	--	--	--
Şili	--	--	10.0	10.0	2.0	2.0
TÜRKİYE	--	--	--	--	--	--
Yugoslavya	0.4-0.5	0.8-1.0	--	--	--	--
Yunanistan	0.7 (metil cıva)	--	--	--	--	--

Tablo 14. Örnekleme süresince organizmalarda ölçülen en yüksek metal değerleri (  $\mu\text{g g}^{-1}$ , yaş ağırlık)

Organizmanın türü	Metal değerleri		
	Cıva	Bakır	Kurşun
Hamsi	0.09	1.00	1.00
İstavrit	0.27	3.42	2.38
Mezgit	0.19	4.00	2.68
Midye	0.21	18.00	3.82
Plankton	13.42	250.00	100.00

