



TÜRKİYE BİLİMSEL VE
TEKNİK ARAŞTIRMA KURUMU

THE SCIENTIFIC AND TECHNICAL
RESEARCH COUNCIL OF TURKEY

**ORTA VE DOĞU KARADENİZ'DE
AĞIR METAL KİRLİLİĞİNİN
KARASAL KAYNAKLARININ BELİRLENMESİ**

PROJE NO: DEBAG-121/G

Yer Deniz Atmosfer Bilimleri ve
Çevre Araştırma Grubu

Earth Marine Atmospheric Sciences and
Environmental Researches Grant Group

**ORTA VE DOĞU KARADENİZ'DE
AĞIR METAL KİRLİLİĞİNİN
KARASAL KAYNAKLARININ BELİRLENMESİ**

PROJE NO: DEBAG-121/G

YÜRÜTÜCÜ: PROF.DR. MUSTAFA ÜNSAL

**ZİR.Y.MÜH. YILMAZ BEKİROĞLU
ARAŞT.GÖR. ŞENGÜL (AKDOĞAN) BEŞİKTEPE
ZİR.Y.MÜH. YUSUF KAYIKÇI
KİMYAGER NİGAR ALEMDAĞ
KİMYAGER MUAMMER AKTAŞ
KİMYAGER CELAL YILDIRIM**

**KASIM 1995
Erdemli-MERSİN**

ÖNSÖZ

TÜBİTAK desteğinde yürütülen "Orta ve Doğu Karadeniz'de Ağır Metal Kirliliğinin Karasal Kaynaklarının Belirlenmesi" projesi, Devlet Planlama Teşkilatı (DPT), ODTÜ-Erdemli Deniz Bilimleri Enstitüsü, Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Trabzon Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü arasında kurulan bir izleme komitesi ve TÜBİTAK-DEBAG tarafından izlenmiştir. Katkılarından dolayı bu kuruluşlara teşekkür ediyoruz.

Yukarıda adı geçen proje çalışmalarıyla ilgili gelişme ve faaliyetleri içeren bu rapor, 01.04.1993-31.12.1994 tarihleri arasında yapılan metal analizlerinin sonuçlarını ve bu sonuçların yorumunu içermektedir.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
Tablolar Listesi	vi
Şekiller Listesi	vii
Özet ve Anahtar Kelimeler.....	ix
Summary and Key Words	xi
1. Giriş	1
2. Projeyi destekleyen ve işbirliğ yapılan kuruluşlar	2
2.1. Türkiye Bilimsel Teknik Atarştırma Kurumu-TÜBİTAK	2
2.2. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı- TrabzonSu Ürünleri Araştırma Enstitüsü	2
2.3. Orta Doğu Teknik Üniversitesi-Erdemli Deniz Bilimleri Enstitüsü	3
3. Projenin Amaçları	4
4. Projede Uygulanan Metotlar	6
4.1. Toplam Askı Yük	6
4.2. Sediman	7
4.3. Midye	7
4.4. Makroalg	7
5. Elde Edilen Bulgular	9

5.1. Metal Konsantrasyonlarının İstasyonlara Göre Değişimi	9
5.1.1. Cıva	9
5.1.1.1. Toplam Askı Yük	9
5.1.1.2. Sediman	11
5.1.1.3. Midye	12
5.1.1.4. Makroalg	12
5.1.2. Bakır	14
5.1.2.1. Toplam Askı Yük	14
5.1.2.2. Sediman	15
5.1.2.3. Midye	17
5.1.2.4. Makroalg	18
5.1.3. Kurşun	19
5.1.3.1. Toplam Askı Yük	19
5.1.3.2. Sediman	20
5.1.3.3. Midye	21
5.1.3.4. Makroalg	22
5.2. Metal Konsantrasyonlarının Mevsimlere Göre Değişimi	23
5.2.1. Toplam Askı Yük	24
5.2.1.1. Cıva	24
5.2.1.2. Bakır	25

5.2.1.3. Kurşun	26
5.2.2. Sediman	27
5.2.2.1. Cıva	27
5.2.2.2. Bakır	28
5.2.2.3. Kurşun	29
5.2.3. Midye	31
5.2.3.1. Cıva	31
5.2.3.2. Bakır	32
5.2.3.3. Kurşun	34
5.2.4. Makroalg	35
5.2.4.1. Cıva	35
5.2.4.2. Bakır	36
5.2.4.3. Kurşun	37
6. Karşılaşılan Güçlükler	39
7. Sonuçlar	40
8. Harcamalar	41
9. Referanslar	42

TABLolar LİSTESİ

	Sayfa
1. Örnekleme İstasyonlarının Yerleri	56
2a. Örnekleme İstasyonlarında Ölçülen pH, Çözünmüş Oksijen (D.O.), Sıcaklık (T °C), Tuzluluk (S‰) ve Seki Disk (Sk.D.) Değerleri	57
2b. Örnekleme İstasyonlarında Ölçülen pH, Çözünmüş Oksijen (D.O.), Sıcaklık (T °C) Tuzluluk (S‰) ve Seki Disk (Sk.D.) Değerleri	59
3. Toplam Askı Yükte Farklı Örnekleme Zamanlarında Ölçülen Metal Konsantrasyonlarının Genel Ortalaması	61
4. Sedimanda Farklı Örnekleme Zamanlarında Ölçülen Metal Konsantrasyonlarının Genel Ortalaması	62
5. Midyelerde Farklı Örnekleme Zamanlarında Ölçülen Metal Konsantrasyonlarının Genel Ortalaması	63
6. Makroalglerde Farklı Örnekleme Zamanlarında Ölçülen Metal Konsantrasyonlarının Genel Ortalaması	64
7. Midyelerde Ortalama Cıva Konsantrasyonlarının Diğer Bölgeler ve Ülkelerle Karşılaştırılması	65
8. Midyelerde Ortalama Bakır Konsantrasyonlarının Diğer Bölgeler ve Ülkelerle Karşılaştırılması	66
9. Midyelerde Ortalama Kurşun Konsantrasyonlarının Diğer Bölgeler ve Ülkelerle Karşılaştırılması	67

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
1. Örnekleme İstasyonları	69
2. Toplam Askı Yükte Cıva Konsantrasyonlarının İstasyonlara Göre Değişimi	70
3. Sedimanda Cıva Konsantrasyonlarının İstasyonlara Göre Değişimi	70
4. Midyelerde Cıva Konsantrasyonlarının İstasyonlara Göre Değişimi	71
5. Makroalglerde Cıva Konsantrasyonlarının İstasyonlara Göre Değişimi	71
6. Toplam Askı Yükte Bakır Konsantrasyonlarının İstasyonlara Göre Değişimi	72
7. Sedimanda Bakır Konsantrasyonlarının İstasyonlara Göre Değişimi	72
8. Midyelerde Bakır Konsantrasyonlarının İstasyonlara Göre Değişimi	73
9. Makroalglerde Bakır Konsantrasyonlarının İstasyonlara Göre Değişimi	73
10. Toplam Aslı Yükte Kurşun Konsantrasyonlarının İstasyonlara Göre Değişimi	74
11. Sedimanda Kurşun Konsantrasyonlarının İstasyonlara Göre Değişimi	74
12. Midyelerde Kurşun Konsantrasyonlarının İstasyonlara Göre Değişimi	75
13. Makroalglerde Kurşun Konsantrasyonlarının İstasyonlara Göre Değişimi	75

14. Orta ve Doğu Karadeniz'de Bulunan Madenler	76
15. Toplam Askı Yükte Cıva (a), Bakır (b) ve Kurşun (c) Konsantrasyonlarının aylara Göre Değişimi	77
16. Sedimanda Cıva (a), Bakır (b) ve Kurşun (c) Konsantrasyonlarının aylara Göre Değişimi	78
17. Midyelerde Cıva (a), Bakır (b) ve Kurşun (c) Konsantrasyonlarının aylara Göre Değişimi	79
18. Makroalglerde Cıva (a), Bakır (b) ve Kurşun (c) Konsantrasyonlarının aylara Göre Değişimi	80
19. Orta ve Doğu Karadeniz'e Dökülen Kızılırmak, Yeşilirmak ve Bazı Derelerin Ortalama Debileri	81
20. Örnekleme Süresince Orta ve Doğu Karadeniz'de Toplam ve Ortalama Yağış Miktarlarının Aylara Göre Değişimi	82

ÖZET VE ANAHTAR KELİMELELER

Bu raporda, "Orta ve Doğu Karadeniz'de Ağır Metal Kirliliğinin Karasal Kaynaklarının Belirlenmesi Projesi" çerçevesinde toplam askı yük, sediman, midye ve makroalglerde yapılan metal (Hg, Cu ve Pb) ölçümlerinden 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 yürütülmüştür.

Proje süresince, Orta ve Doğu Karadeniz'de cıva, bakır ve kurşunun karasal kaynakları belirlenmeye çalışılmış, ayrıca alınan örneklerde metal konsantrasyonlarının istasyonlara ve mevsimlere göre değişimi incelenmiştir. Bunun için Nisan, Temmuz, Ekim ve Aralık aylarında 14 kaynak ve 4 referans istasyonundan toplam askı yük (TAY), sediman, midye ve makroalg örnekleri alınarak analiz edilmiştir.

Cıva TAY'te diğer örneklerle göre en yüksek düzeyde bulunmuş, bunu sediman örnekleri izlemiştir. İstasyonlara göre incelendiğinde, en yüksek cıva konsantrasyonu, İst.1'de ve nehir, dere ve atık suların bulunduğu yerlerden alınan örneklerde ölçülmüştür. Bu da cıvanın karasal kaynaklı olduğunu göstermektedir. Mevsimlere göre incelendiğinde en yüksek cıva değerleri TAY'te İlkbaharda, diğer örneklerde ise Yaz ve Sonbahar aylarında ölçülmüştür.

Bakır konsantrasyonları yine TAY ve sediman örneklerinde en yüksek düzeyde bulunmuştur. Özellikle İst.1 ve 2'de anormal derecede

yüksek değerler ölçülmüştür. İst.8, 9 ve 11, 12'de yine oldukça yüksek bakır konsantrasyonları bulunmuştur. TAY, sediman ve midye örneklerinde en yüksek bakır değerleri Sonbahar ve Kış aylarında, Makroalglerde ise Yaz ve sonbahar aylarında ölçülmüştür.

Bakırda olduğu gibi kurşunda da en yüksek değerler TAY ve sedimanda ölçülmüştür. İst.1, 2 ve 7, 8'de alınan örneklerde genellikle kurşun konsantrasyonları yüksek bulunmuştur. İst. 10'dan alınan midye ve makroalg örnekleri ile İst. 14'ten alınan midye örnekleri de oldukça yüksek kurşun içermektedirler. Mevsimlere göre en yüksek kurşun konsantrasyonları TAY ve sedimanda Sonbaharda, midyelerde Kış, makroalglerde ise İlkbakar mevsiminde ölçülmüştür.

Anahtar kelimeler: Toplam askı yük, Sediman, Midye, Makroalg, Konsantrasyon, Mevsimsel değişim.

SUMMARY AND KEY WORDS

The present report comprehends the data and results obtained on the temporal and spatial levels of some heavy metals (Hg, cu and Pb) in total suspended sediment (TSS), sediment, mussels and in macroalgae which were studied within the framework of the project "**Determination of the Land-based Sources of Heavy Metal Pollution in the Middle and Eastern Black Sea Coast**".

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

During the project, the land-based sources of mercury, copper and lead were tried to be defined in the middle and eastern Black Sea and in addition the seasonal and spatial changes in metal concentrations of the samples were also studied. To do this, total suspended sediment, sediment, mussel and macroalgae samples were taken from 14 source and 4 reference stations in April, July, October and December.

The TSS samples were found to contain the highest mercury level and they were followed by sediment samples. Comparison of the mercury concentrations within sampling stations, have yielded the highest levels for the samples taken from Stat.1 and for those taken from creeks, rivers and effluents. This shows that the source of mercury is land-based. When the seasonal changes were studied, the highest mercury levels were measured in Spring in total suspended sediment and in Summer and Autumn periods in other samples.

Copper concentrations were found to be highest again in TSS and sediment samples. Abnormally high levels were measured especially at Stats. 1 and 2. Relatively high copper concentrations were also found at Stats.8, 9 and 11, 12. The highest copper concentrations were measured in Autumn and Winter in TSS, sediment and mussel samples, as well as in Summer and Autumn in macroalgae.

As was observed for copper, the highest lead levels were measured in TSS and sediment samples. The lead concentrations were generally high in all samples taken from Stats. 1, 2 and 7, 8. The mussel and macroalga samples taken from Stat.10 and the mussel samples from Stat.14 contained also quite high lead levels. According to the seasons, the highest lead concentrations were found in Autumn in TSS and sediment, while the highest levels were observed in Winter in mussels and in Spring in macroalgae.

Key words: Total suspended sediment, Sediment, Mussel, Macroalga, Concentration, Seasonal variation.

1. GİRİŞ

Denizler ve akarsular her zaman, her türlü atık maddenin atılabileceği alanlar olarak düşünülmüştür. Oysaki bu atık maddelerin bir gün, onları atanlara da zarar verebileceği hiç düşünülmemiştir.

Orta ve Doğu Karadeniz'e başlıca üç büyük nehir, Kızılırmak, Yeşilirmak ve Çoruh ile pek çok ırmak ve dere dökülmektedir. Bu bölge ayrıca maden yatakları yönünden de oldukça zengindir. Bu madenler arasında özellikle bakır önemli bir yer tutmakta ve Türkiye ekonomisine önemli bir katkı sağlamaktadır. Ancak sağladığı bu katkı yanında atıkları, bilinçli olarak ya da yağmur ve sel sularıyla doğrudan ya da nehirler yoluyla dolaylı olarak Karadeniz'e karışmaktadır.

Diğer yandan Orta ve Doğu Karadeniz'de yerleşim alanları Batı Karadeniz'e göre daha çok ve geniş bir alana yayılmış olup kıyı boyunca devam etmektedir. Buna bağlı olarak tarımsal faaliyetler ve endüstrileşme de batıya göre daha yoğundur.

Yukarıdaki bilgileri dikkate alarak, Orta ve Doğu Karadeniz'de kirliliğe sebep olan başlıca kaynakları belirlemek amacıyla ODTÜ-Deniz Bilimleri Enstitüsü ile Tarım ve Köyişleri Bakanlığı-Trabzon Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü, TÜBİTAK desteğinde bir proje başlatmışlardır. Cıva, bakır ve kurşun'un Orta ve Doğu Karadeniz'e hangi yollardan ve kaynaklardan ulaştığını belirlemeyi amaçlayan bu proje, 1991 yılında yine aynı bölgede yürütülen ve TÜBİTAK tarafından desteklenen "Orta ve Doğu Karadeniz'de, Ekonomik Önemi Olan Bazı Deniz Ürünlerinde Ağır Metallerin Belirlenmesi" projesinin devamı ve onu tamamlayıcı bir projedir.

Bu projede, özellikle kirliliğin belirleyicisi "İndikatör" türler olarak bilinen midye ve makroalg ile yine önemli miktarda kirletici içeren sediman ve toplam askı yük araştırma materyali olarak seçilmiştir.

2. PROJEYİ DESTEKLEYEN VE İŞBİRLİĞİ YAPILAN KURULUŞLAR

Projeyi destekleyen ve işbirliği yapılan 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).

2.1. TÜRKİYE BİLİMSEL ve TEKNİK ARAŞTIRMA KURUMU – TÜBİTAK

Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu, bünyesindeki Deniz Bilimleri ve Balıkçılık Araştırma Grubu (DEBAG) tarafından DEBAG-121/G Projesi kapsamında desteklenmiştir.

2.2. 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, şekil 1'de belirlenen istasyonlardan Enstitü elemanları tarafından alınmış, asitte eritilmiş (digestion) ve Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi'nde analiz edilmişlerdir. Örnekleme noktalarındaki fiziksel ve kimyasal parametreler örnekleme anında yine Enstitü elemanları tarafından ölçülmüştür.

2.3. ORTA DOĞU TEKNİK ÜNİVERSİTESİ- ERDEMLİ DENİZ BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Deniz Bilimleri Enstitüsü, bir yandan Trabzon Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü personelinin teorik ve pratik eğitime katkıda bulunmuş, diğer yandan da bu Enstitü personeli tarafından yapılan analizlerde elde edilen sonuçları değerlendirmiştir. Ayrıca projenin ara raporları da yine Deniz Bilimleri Enstitüsü tarafından hazırlanarak TÜBİTAK'a sunulmuştur.

3. PROJENİN AMAÇLARI

Giriş bölümünde de belirtildiği gibi Doğu Karadeniz'de kentleşme tüm kıyı boyunca devam etmektedir. Bu yerleşim birimlerinin ürettiği evsel atıklar, çoğu kez hiçbir ön arıtma yapılmadan ya doğrudan denizlere ya da dere, nehir gibi akarsulara verilmekte ve dolaylı olarak denize ulaşmaktadır. Ayrıca Doğu Karadeniz kıyısı maden yönünden oldukça zengin ve endüstriyel faaliyetler bakımından oldukça yoğundur. Balkaş ve ark. (1990), Karadeniz'in Türkiye kıyısında mevcut ve atık üreten tüm sanayi kuruluşlarının sayısını 236 olarak vermektedirler. Bunların büyük bölümü Doğu Karadeniz bölgesinde bulunmaktadır.

Ayrıca kuzeydoğu, doğu ve güneyden, Doğu Karadeniz'e dökülen önemli nehirler ve bazı dereler Rusya ve Türkiye'den topladıkları her türlü evsel ve endüstriyel atıkları bu bölgeye taşımaktadırlar. Bölgede yaşayan organizmaların bu kirlenmeden etkilenmemesi düşünülemez. Bu etkiler, kısa bir süre sonunda (gün, hafta, vb) gözlenebileceği gibi (akut etki) aylar, hatta yıllar sonra da ortaya çıkabilir (kronik etki). Özellikle uzun süreli etkiler en tehlikeli olanlarıdır. Bu etkilerin belirlenerek gerekli önlemlerin alınabilmesi için kirli bölgeden alınan örneklerin içerdikleri kirletici miktarlarının bilinmesi gerekir. Böylece hem bölgenin, hem de o bölgede yaşayan organizmaların kirlilik düzeyi belirlenebilir. Organizmalar için elde edilen sonuçlar, uluslararası kabul edilebilir üst limitlerle karşılaştırılarak bu organizmaların insan sağlığı açısından bir tehlike oluşturup oluşturmadığı anlaşılabilir.

Yaptığımız literatür araştırmaları, Doğu Karadeniz'de yaşayan organizmaların ağır metal konsantrasyonları konusundaki çalışmaların yok denecek kadar az olduğunu (Akdoğan, 1991; Ünsal ve ark., 1992; Ünsal ve

Beşiktepe, 1994) balıklar ve alglerle ilgili herhangi bir çalışmanın yapılmadığını göstermektedir.

1991 yılında Orta ve Doğu Karadeniz'den başlatılan, 1992 yılında Batı Karadeniz'de devam eden çalışmaların devamı niteliğinde olan bu projenin amaçları:

- Doğu Karadeniz'de, nehir, dere ve atık sulardan alınan örneklerle aynı zamanda denizden alınan örneklerden elde edilen sonuçları karşılaştırarak kirlenmenin en çok hangi bölgelerde ve hangi kaynaklardan geldiğini belirlemek ve gerekli önlemleri almak,
- Midyeler için elde edilen sonuçları, diğer ülkeler tarafından belirlenen kabul edilebilir üst limitlerle karşılaştırarak bu organizmaların içerdiği kirletici konsantrasyonlarının sağlık açısından tehlikeli olup olmadıklarını saptamak ve böylece, ülkemizde henüz belirlenmemiş olan "sağlık açısından kabul edilebilir üst limitler'in" belirlenmesinde veri tabanı oluşturmak,
- TKB-TSÜAE personelini örnek alınması, örneklerin analiz edilmesi ve çıkan sonuçların değerlendirilmesi konularında daha çok eğiterek gelecekte bu tür çalışmaları rutin olarak yapabilecek şekilde deneyim kazanmalarını sağlamak,

4. PROJEDE UYGULANAN METOTLAR

Örnekler, Tablo 1'de belirtilen yerlerden, Şekil 1'de gösterilen kaynak ve referans istasyonlarından alınmıştır. Her istasyonda üç ayrı nokta belirlenmiştir: (a) Eğer nehir, dere ya da atıksu mevcut ise bunların kıyıya ulaştığı noktadan geriye doğru 25-50 m içerisinde suyun durgun olduğu bir yerden, (b) kıyıdan ve (c) kıyıdan itibaren açığa doğru 25-50 m içerisinde.

4.1. TOPLAM ASKI YÜK

Nehir, dere, atıksu ya da denizden alınan 1 litrelik su örnekleri 0.45 µm'lik membran filtrelerden süzülüp deney tüpleri içerisine konularak eritme işlemine kadar derin dondurucuda saklandı. Blank (Kontrol) olarak kullanılmak üzere planktonsuz iki adet 0.45 µm'lik membran filtre de örneklerle birlikte derin dondurucuda saklandı. Üzerinde süzölmüş askı yük bulunan filtreler alınarak eritilmek üzere (digestion) teflon kaplara konuldu. Örneklerin üzerine 3.0 ml konsantre nitrik asit (HNO₃) ilave edildi ve teflon kapların kapakları kapatılarak çelik bloktaki yerlerine yerleştirildi. Blank (Kontrol) için iki adet teflon kaba sadece birer adet 0.45 µm'lik membran filtreler konuldu ve üzerine yine 3.0 ml HNO₃ eklenerek bunlar da çelik blok içindeki yerlerine yerleştirildi. İçerisinde teflon kapların bulunduğu çelik blok ısıtıcı levha (Hot plate) üzerine konularak 130-150 °C'de 9 saat ısıtıldı. Isıtıcı kapatılarak çelik blok oda ısısına gelinceye kadar beklendi ve daha sonra teflon kaplardaki erimiş örnekler balon jöjelere alınarak hacim, iki kez distile edilmiş su ile 25 ml'ye tamamlandı. Örnekler analize kadar buz dolabında +4 °C' de saklandı. Cıva, bakır ve kurşun analizleri UNEP/FAO/IAEA/IOC (1984a,b) de tanımlanan yöntemle Atomik Absorpsiyon

Spektrofotometresi'nde (AAS) analiz edildi ve çıkan sonuçlar çeşitli yöntemlerle değerlendirildi.

4.2. SEDİMAN

Dalgıç ya da Backman kepçesi (Grab) ile ortamdan alınan sediman örnekleri de analize kadar asit ile temizlenmiş plastik kavanozlar içerisinde derin dondurucuda saklandı. Yaklaşık 0.5 gr sediman örneği yukarıda açıklanan yöntemle asitte eritildi ve AAS'de analiz edildi. Sedimandaki metal konsantrasyonları genellikle yüksek olduğundan analiz esnasında örnekler bazen birkaç kez seyreltildi.

4.3. MİDYE

Örneklerin alınması ve eritilmesi Bernhard (1976) tarafından tanımlanan yöntemle yapılmıştır. Buna göre: örnekleme yerlerinden toplanan ve plastik torbalar içinde derin dondurucuda saklanan midyelerin mümkün olduğunca aynı boyda olanları alınarak kabukları plastik ya da paslanmaz çelikten yapılmış bisturi ile açıldı ve yumuşak (et) kısmından yaklaşık 0.5 gr alınarak eritmek üzere (digestion) teflon kaplara konuldu. Örneklerin üzerine 3.0 ml konsantre nitrik asit (HNO_3) ilave edildi ve teflon kapların kapakları kapatılarak bir süre (15-20 dak.) bekledikten sonra çelik bloktaki yerlerine yerleştirildi. Ayrıca blank için iki adet teflon kaba sadece 3.0 ml HNO_3 konularak bunlar da çelik blok içindeki yerlerine yerleştirildi. Eritme işleminin bundan sonraki safhaları ve analizler Toplam Askı Yük'te açıklandığı şekilde yapıldı.

4.4. MAKROALG

Ortamdan toplanan alglerin üzerindeki yabancı maddeler temizlendikten sonra plastik torbalara konularak analize kadar derin dondurucuda

saklandı. Analizden önce yaklaşık 1.0 gr alg örneği alınarak eritmek üzere teflon kaplara konuldu ve üzerine 3.0 ml konsantre HNO₃ eklenerek 9 saat ısıtıldı. Midyelerde olduğu gibi daha sonra 25 ml'lik balon jodelere alınarak analiz edilinceye kadar +4 °C'de buzdolabında saklandı. Yine midyeler için kullanılan yöntemle AAS' de analiz edildi.

5. ELDE EDİLEN BULGULAR

Şekil 1'de gösterilen istasyonlardan, dört değişik örnekleme zamanında (Nisan, Temmuz, Ekim ve Aralık) alınan toplam askı yük, sediman, midye ve makroalg örnekleri analiz edilmiş ve analiz sonuçlarının ortalamaları Tablo 3-6'da gösterilmiştir. Tablolardan da görüldüğü gibi metal konsantrasyonları analiz edilen örneklerin türlerine ve örnekleme bölgelerine göre değişmektedir.

5.1. METAL KONSANTRASYONLARININ İSTASYONLARA GÖRE DEĞİŞİMİ

Toplam 14 kaynak ve 4 referans istasyonunun her biri için dört ayrı örnekleme zamanında elde edilen değerlerin ortalamaları hesaplanarak yıl boyunca örnekleme istasyonlarındaki konsantrasyon değişimi şekil 2-13'te gösterilmiştir.

5.1.1. CIVA

5.1.1.1. TOPLAM ASKI YÜK

Kaynak istasyonlarından Nisan, Temmuz, Ekim ve Aralık aylarında alınan toplam askı yük örneklerinde ortalama cıva konsantrasyonları, istasyonlara ve istasyonlardaki örnekleme noktalarına (Dere, atıksu, kıyı, açık deniz vb) göre 0.55 ile 35.98 $\mu\text{g g}^{-1}$ arasında değişmektedir (Şekil 2).

Atıksudan alınan örnekler arasında en yüksek değer (2.15 $\mu\text{g g}^{-1}$) Hopa Karadeniz Bakır İşletmelerinden (İst.1) alınan örneklerden elde edilmiştir. Aynı istasyonda kıyıda ve açık denizden (B ve C noktalarından) alınan örneklerde de ortalama 9.56 ve 8.69 $\mu\text{g g}^{-1}$ gibi yüksek değerler ölçülmüştür. Benzer yüksek değerler, Trabzon-Sürmene Yeniay

Bakır İşletmelerinden alınan (İst.2) örneklerde de gözlenmiştir (Şekil 2). Bu yüksek ortalama değerler Nisan ayında alınan örneklerde ölçülen yüksek konsantrasyonlardan kaynaklanmaktadır. Meteoroloji kayıtlarına göre Rize ve Hopa çevresinde yağış Kış aylarında oldukça yüksek düzeydedir (D.M.İ.G.M., 1993). Dolayısıyla bu iki istasyondan elde edilen yüksek değerler bakır işletmelerinden kaynaklanabileceği gibi yağışlardan da kaynaklanmış olabilir. Saydam ve ark., (1989) göre maksimum cıva değerleri ile maksimum yağış arasında bir ilişki vardır. Bu da cıvanın karasal kaynaklı olduğunu göstermektedir. Yine aynı araştırmacılara göre denizde partikül halinde bulunan cıva, askı yükün üzerine yapışmıştır. Trabzon-Yomra açıklarından alınan örneklerde de $17.43 \mu\text{g g}^{-1}$ gibi yüksek bir değer elde edilmiştir. Ekim ve özellikle Nisan ayında ölçülen yüksek konsantrasyonlar sonucu elde edilen bu değer, akıntılarla bu yöreye ulaşmış olan askı yükten kaynaklanmış olabilir. Çünkü Nisan ayında 5 No'lu istasyonda kıyıda alınan örneklerde $94.5 \mu\text{g g}^{-1}$ gibi çok yüksek cıva değeri ölçülmüştür. Toplam ası yükteki cıva değerleri 6 ile 10 No'lu istasyonlar arasında $5 \mu\text{g g}^{-1}$ 'in altında kalmıştır. Yeşilirmak önünden (İst.11) ve özellikle açıktan alınan askı yükte en yüksek ortalama konsantrasyon ($35.98 \mu\text{g g}^{-1}$) elde edilmiştir (Şekil 2). Yine Kızılırmak önünden alınan örneklerde de $5 \mu\text{g g}^{-1}$ 'in üzerinde bir değer elde edilmiştir. Her iki istasyonda da nehirlerin etkisi söz konusudur. Sinop önlerinden elde edilen yüksek sayılabilecek değerler de büyük olasılıkla karasal kaynaklıdır.

Kaynak istasyonları ile aynı örnekleme zamanlarında referans istasyonlarından alınan toplam askı yük örneklerinde ölçülen cıva konsantrasyonları ise $5 \mu\text{g g}^{-1}$ 'in altında kalmıştır (Şekil 2).

5.1.1.2. SEDİMAN

Toplam askı yükte olduğu gibi İst. 1 ve 2'den alınan sediman örneklerinde de ortalama cıva konsantrasyonları yüksek bulunmuştur. Özellikle İst.1'de üç örnekleme noktasından alınan örneklerde çok yüksek cıva konsantrasyonları elde edilmiştir (Şekil 3). Atık suda ölçülen yüksek değerler, kıyıda ve açıktaki cıvanın bu atıklardan kaynaklandığını göstermektedir. Çok yüksek olmamakla birlikte İstasyon 4, 6, 7, 8 ve 9'dan alınan örneklerde ölçülen cıva konsantrasyonlarının da İst.1 ve 2'de olduğu gibi nehir, dere ya da atık suların kaynaklandığı söylenebilir. Çünkü bu istasyonların tamamı dere ve atık suların denize ulaştığı yerlerdedir (Tablo 1). Bu derelerden alınan örneklerde ölçülen cıva konsantrasyonları kıyı ve açıktan alınan örneklerle aynı düzeyde hatta bazı istasyonlarda daha da yüksek bulunmuştur (Şekil 3).

Yeşilirmak ve Kızılırmak nehirlerinden ve bunların denize ulaştığı yerlerden alınan sediman örneklerinde de oldukça yüksek cıva konsantrasyonları ölçülmüştür. Özellikle nehirlerden alınan örneklerde bulunan yüksek değerler, cıvanın bu nehirler yoluyla taşındığının bir göstergesidir. Örneğin Akdeniz'de bulunan cıvanın %74 ile 99'u nehirler yoluyla taşınmaktadır (UNEP, 1987). Saydam ve ark., (1989) göre de özellikle tarım alanlarını yıkayarak gelen kara kaynaklı sular (nehirler) cıvanın denize taşınmasında rol oynamaktadırlar. Yine aynı araştırmacılara göre cıva sülfür halinde dibe çökmekte ve dipte cıva konsantrasyonu önemli miktarda artmaktadır.

Referans istasyonlarındaki ortalama cıva konsantrasyonları $1 \mu\text{g g}^{-1}$ in altında bulunmuştur.

Kaynak istasyonlarında ölçülen değerler, Akdeniz'de kirli sayılabilecek bazı körfezlerden elde edilen değerlerle (Rapin ve ark., 1979; Rapin ve Fernex, 1881) karşılaştırıldığında, İst.1, 2, 11 ve 12'de değerlerin çok

yüksek olduğu, diğer kaynak istasyonlarında ve bazı referans istasyonlarında ise yaklaşık aynı düzeyde olduğu görülmektedir.

5.1.1.3. MİDYE

Midyeler bazı kaynak istasyonlarında bulunamamış, diğerlerinde de bazen tek örnekleme noktasından alınabilmiştir. Elde edilen sonuçlara bakıldığında toplam askı yükte ve sedimanda olduğu gibi en yüksek konsantrasyonlar (0.83 ve 1.05 $\mu\text{g g}^{-1}$) Hopa Bakır İşletmelerinin denize ulaştığı noktada bulunan İst. 1'de ölçülmüştür (Şekil 4). Bu da midyelerdeki cıva düzeyinin, toplam askı yük ve özellikle sedimandaki cıva miktarı ile ilişkili olduğunu göstermektedir. Benzer ilişki başka araştırmacılar tarafından *Mytilus galloprovincialis* (Vukadin ve ark., 1986; Majori ve ark., 1991b) ve diğer bir bivalvia *Macra corallina corallina*'da (Hornung, 1986) da gözlenmiştir. İstasyon 5, 6, ve 13'te de yüksek sayılabilecek değerler elde edilmiştir. Daha önce Doğu Karadeniz'de yapılan araştırmalarda da (Akdoğan, 1991; Ünsal ve Beşiktepe, 1994) aynı bölgelerden alınan midyelerde yüksek cıva konsantrasyonları ölçülmüştür. Yukarıda adı geçen 1, 5, 6 ve 13 no'lu istasyonlar hariç elde edilen değerler, Akdeniz'in değişik bölgelerinden ve Doğu Karadeniz'den aynı midye türü (*Mytilus galloprovincialis*) için elde edilen değerlerin (UNEP, 1987; Majori ve ark., 1991a,b) maksimum-minimum sınırları içerisinde bulunmaktadır (Tablo 7). Bu sonuçlar da cıva kirliliğinin İst. 5, 6, ve 13'te önemli, İst. 1'de ise oldukça ciddi düzeyde olduğunu göstermektedir.

5.1.1.4. MAKROALG

Makroalg örnekleri iki istasyon (İst. 2 ve 7) dışında diğer istasyonlarda kıyıdan ve açıktan (denizden) alınmıştır. İstasyon 8'den sadece Temmuz ayında, İst. 9'dan ise sadece Nisan ayında derelerden de (Aksu

deresi ve Pazar suyu) alınabilmiştir. Pazar Suyu'ndan alınan makroalg örneklerinde ölçülen cıva konsantrasyonları diğer örnekleme istasyonlarına göre daha yüksek düzeyde bulunmuştur (Şekil 5). Makroalgler bazı araştırmacılar tarafından ağır metal kirliliğinin göstergesi (indikatörü) olarak kullanılmışlardır (Bryan & Hummerston, 1973; Forsberg ve ark., 1988; Rönberg ve ark., 1990). İstasyon 1'de kıyıda ve açıktan alınan örneklerdeki cıva konsantrasyonları oldukça yüksek ve yaklaşık aynı düzeyde (0.60 ve $0.59 \mu\text{g g}^{-1}$) bulunmuştur (Tablo 6). İstasyon 5'teki yüksek değer Temmuz ayında ölçülen $1.12 \mu\text{g g}^{-1}$ 'lık yüksek değerden kaynaklanmaktadır. İstasyon 8've özellikle de 9'da derelerden alınan makroalg örneklerinde cıva konsantrasyonları önemli düzeydedir. Bu sonuçlar cıvanın karasal kaynaklı olduğunu bir kez daha göstermektedir.

Makroalglerde cıva konsantrasyonları konusunda yapılmış çalışmaların sayısı diğer metallere göre daha azdır (Renzoni ve ark., 1973; Campesan ve ark., 1980; UNEP/FAO, 1986; UNEP, 1987; Ünsal ve ark., 1993). Bu çalışmalarda elde edilen değerler 0.01 ile $0.72 \mu\text{g g}^{-1}$ arasında değişmektedir.

Sürpriz bir şekilde referans istasyonlarında özellikle kıyıda alınan makroalg örneklerinde cıva konsantrasyonları genel olarak kaynak istasyonlardan daha yüksek bulunmuştur (Şekil 5). Aynı düzeyde olmasa da benzer durum midyelerde de gözlenmiştir (Şekil 4). Bu kirlenme, kaynak istasyonlarından kıyı akıntılarıyla taşınmış olabilir. Bu sonuçlar, referans istasyonlarında da belirli bir kirliliğin olduğunu, daha sonra açığa doğru bu kirliliğin seyreltiğini ve azaldığını düşündürmektedir.

5.1.2. BAKIR

5.1.2.1. TOPLAM ASKI YÜK

Toplam askı yükteki bakır konsantrasyonları genelde oldukça yüksek, İst.1'de ise diğer örnekleme istasyonlarına göre en yüksek düzeyde ($36580.67 \mu\text{g g}^{-1}$) bulunmuştur. Bu istasyonu, 2 no'lu istasyon izlemiştir (Şekil 6). Her iki istasyon da bakır işletmelerinin atıklarının denize ulaştığı yerde bulunmaktadır (Tablo 1). Şekil 6'da da görüleceği gibi atık sulardan elde edilen değerler oldukça yüksek düzeydedir. Bu da kıyıda ve açık denizde ölçülen yüksek bakır konsantrasyonlarının bu atıklardan kaynaklandığını göstermektedir. İstasyon 1 ve 2 ile aynı düzeyde değilse de Harşit Çayı ve Aksu Deresi'nin denize ulaştığı yerlerde bulunan İst.7 ve 8'de ölçülen bakır konsantrasyonları da oldukça yüksek düzeylerde bulunmuştur (Şekil 6). Bu iki istasyonda kıyıda ve açık denizden elde edilen yüksek değerlerin de yine karasal kaynaklı olduğu anlaşılmaktadır. Aksu Deresi aynı zamanda Giresun SEKA kağıt fabrikasının atıklarını da taşımaktadır. Dolayısıyla bakır kirliliğinin bir bölümünün buradan gelmesi mümkündür. Çünkü kağıt fabrikalarının atıklarında bakır da bulunmaktadır (UNEP/WHO, 1995). Toplam 14 örnekleme istasyonundan beş tanesi (İst. 3,5,10,13 ve 14) hariç diğer 9 istasyon nehir, dere ya da atık suların bulunduğu yerlerden seçilmiştir. Bu dokuz istasyonda nehir, dere ya da atık sularından alınan örneklerde bakır konsantrasyonları oldukça yüksek bulunmuştur. Bu sonuçlar, nehirlerin toplam askı yükteki bakır konsantrasyonlarına etkisini açıkça göstermektedir. Hacısalihoğlu ve ark., (1992) yaptıkları bir araştırmada Karadeniz'e atmosfer ve nehirler yoluyla gelen bakır miktarını 8400 ton/yıl olarak belirtmişlerdir. Örneklerin sadece kıyı ve açıktan alındığı istasyonlarda ölçülen yüksek bakır değerleri de, bu metal yönünden zengin olan toplam askı yükün akıntılar ve girdaplarla (Eddies) bu istasyonlara ulaşmasından kaynaklanmaktadır.

Toplam askı yükün içerdiği bakırın önemli bir kısmı partikül halindeki bakırdır. Yapılan bir çalışmada Karadeniz'de bakırın %80'inin partikül halinde bulunduğu gözlenmiştir (Haraldsson & Westerlund, 1988). Diğer kısmı ise askı yükün içerisinde bulunan plankton (fito ve zooplankton) dan kaynaklanmaktadır. Çünkü bakır, özellikle fitoplankton hücreleri üzerine tutunarak (adsorption) bu canlıların bakır konsantrasyonlarını arttırmaktadır (Romeo & Gnassia-Barelli, 1985). Fabiano ve ark. (1985) da klorofil-*a* ile partikül halindeki bakır konsantrasyonları arasında önemli bir ilişki olduğunu saptamışlardır.

Referans istasyonlarında da bakır konsantrasyonları $10 \mu\text{g g}^{-1}$ 'in üzerinde olup bazı istasyonlarda $100 \mu\text{g g}^{-1}$ 'i geçmektedir. Bu kirlenmenin rüzgar, kıyı boyunca devam eden yüzey akıntıları ve oluşan çevrimler (Eddies, Oğuz ve ark., 1993) yoluyla kaynak istasyonlarından geldiği düşünülmektedir.

5.1.2.2. SEDİMAN

Toplam askı yükte olduğu gibi sedimanda da bakır konsantrasyonları oldukça yüksek bulunmuştur (Şekil 7). Bu da toplam askı yükü oluşturan ve bakır içeren parçacıkların zamanla çökerek sedimana ulaştığını göstermektedir. Spencer & Brewer'a (1971) göre su kolonundaki bakır, sülfür ile birleşerek suda erimeyen CuS oluşturmakta ve dibe çökmektedir. Marinov'a (1994) göre yüzey sularına ulaşan askıda katı maddenin büyük bir kısmı ilk 5 saatte dibe çökmekte, 20 saatin sonunda başlangıçtaki miktarın yaklaşık %1'i suda kalmaktadır. Çökmeyi sağlayan değişik faktörler vardır. Örneğin antisiklonik girdaplar (çevrimler) suda asılı halde bulunan kirleticilerin dibe çökmesine sebep olmaktadır (Komarov & Shimkus, 1994). Zooplanktonların atıkları (Feacal pellets) ve değişen kabukları ile de önemli miktarda bakır dibe çökmektedir (Fowler, 1977).

En yüksek bakır değerleri İst. 1,2 ve 7'de ölçülmüştür. Bu istasyonlarda nehir dere ve atık sudan alınan sediman örneklerinde bakır konsantrasyonları oldukça yüksek bulunmuştur (Şekil 7). Dere ya da atık suların denize ulaştığı yerlerde bulunan diğer istasyonlardan (İst. 4,6,8, 9,11 ve 12) alınan sediman örneklerinde de yüksek değerler bulunmuştur. Bu da karasal kaynakların önemini bir kez daha göstermektedir. İstasyon 1 ve 2'de ölçülen yüksek değerler Hopa ve Yeniay bakır işletmelerinden gelmektedir. Çünkü bu iki bölgede bulunan madenlerden elde edilen bakır hem işlenmekte hem de Hopa limanından yüklenmektedir. Geriye kalan diğer istasyonlarda (İst. 3,5 ve 10) da bakır değerleri oldukça yüksek (genellikle 100-1000 $\mu\text{g g}^{-1}$) bulunmuştur. Bu yüksek değerler, dip ya da yüzey akıntılarıyla gelen ve bakır yönünden zengin olan partiküllerin zamanla dibe çökmesiyle oluşmaktadır. Aslında Doğu Karadeniz Bölgesi'nde pek çok yerde bakır madeni vardır. Bu madenlerde bakır ya saf olarak ya da diğer madenlerle (Kurşun, çinko vb) bir arada bulunmaktadır (Şekil 14). Bu kaynaklardan sel suları ve derelerle denize ulaşan bakır, akıntı ve girdaplarla yatay ve dikey olarak dağılmakta, zaman içerisinde antisiklonik girdapların ve diğer faktörlerin de yardımıyla dibe çökerek sedimanda yüksek konsantrasyonlara ulaşmaktadır. Kaynaklardan uzakta bulunan İst. 14'te bakır konsantrasyonları çok düşük düzeyde bulunmuştur.

Sedimanda ölçülen bakır değerleri, daha önce Batı Karadeniz'de Pecheanu, (1982a,b), Yücesoy & Ergin, (1992) ve Ünsal ve ark. (1993), Marmara Denizi ve İzmit Körfezi'nde ve hatta Haliç'te pek çok istasyonda, Ergin ve ark., (1991) tarafından ölçülen değerlerden çok daha yüksek bulunmuştur. Bu da Doğu Karadeniz'in özellikle orta ve doğu kısmında bakır kirliliğinin ne kadar ciddi boyutlara ulaştığını göstermektedir.

Referans istasyonlardan elde edilen değerler de 1000 $\mu\text{g g}^{-1}$ 'a kadar ulaşmaktadır. Tüm bu sonuçlar Doğu Karadeniz sedimanlarında bakır kirliliğinin önemli ve ciddi boyutlarda olduğunu göstermektedir.

5.1.2.3. MİDYE

Seçilen midye türü, *M.galloprovincialis*, denizde yaşayabilen bir tür olduğundan örnekler sadece kıyıda ve açıktan alınabilmektedir. Ölçüm sonuçlarına bakıldığında İst. 1'de anormal derecede yüksek değerler (3.05 ve 36.64 $\mu\text{g g}^{-1}$) elde edilmiştir (Şekil 8). Bu yüksek konsantrasyonlar analiz esnasında meydana gelebilecek bir kirlenmeden (Contamination) kaynaklanabileceği gibi (Standard sapmaları oldukça yüksek, (Tablo 5) gerçek durumu yansıtmış da olabilir. Çünkü bu istasyondan alınan toplam askı yük ve sediman örneklerinde de oldukça yüksek bakır konsantrasyonları ölçülmüştür (Şekil 6 ve 7). Elde edilen bu değerler, Kuzey Adriyatik Denizi' nin kirli bölgelerinden elde edilen değerlere (790-1550 $\mu\text{g kg}^{-1}$) göre oldukça yüksektir (UNEP/FAO, 1986). Ancak Orta ve Doğu Karadeniz kıyılarında daha önce yapılan çalışmalarda (Ünsal & Beşiktepe, 1994) aynı midye türünde ölçülen bakır konsantrasyonlarının Rize yöresinde 13.33 $\mu\text{g g}^{-1}$ 'a kadar yükselebildiği gözlenmiştir. Yapılan başka bir çalışmada da (Akdoğan, 1991) bakır konsantrasyonlarının Karadeniz'in doğusuna doğru arttığı saptanmıştır. Diğer istasyonlarda ölçülen bakır konsantrasyonları, Romanya kıyıları (Serbanescu ve ark., 1980), İstanbul Boğazı (Akdoğan & Ünsal, 1993) ve Sinop civarından (Erdem & Öztürk, 1991) elde edilen değerlerle yaklaşık aynı düzeydedir (Tablo 9). Bu değerler, bazı ülkeler tarafından belirlenen kabul edilebilir üst limitlerin (yaklaşık 10 $\mu\text{g g}^{-1}$) altındadır (Nauen, 1983).

Referans istasyonlarından alınan örneklerde ölçülen bakır konsantrasyonları genellikle 1 $\mu\text{g g}^{-1}$ 'in altında olup yaklaşık kaynak istasyonları ile aynı düzeyde bulunmuştur (Şekil 8).

5.1.2.4. MAKROALG

Midyelerde olduğu gibi makroalglerde de en yüksek bakır konsantrasyonları (24.89-714.33 $\mu\text{g g}^{-1}$) İst. 1'de ölçülmüştür (Şekil 9). Kıyıda alınan örneklerde ölçülen 24.89 $\mu\text{g g}^{-1}$ 'lık değer, Bryan & Hummerston, (1973) tarafından İngiltere'nin bazı kirli mansaplarından (Estuaries) elde edilen değerlere yakındır. Halbuki 714.33 $\mu\text{g g}^{-1}$ 'lık konsantrasyonu açıklamak oldukça zordur. Daha önce de belirtildiği gibi İst. 1'den alınan toplam askı yük ve sediman örneklerinde bakır konsantrasyonları, diğer istasyonlara göre en yüksek düzeyde bulunmuştu. Partikül halinde ya da partiküllere yapışmış halde bulunan bakır, algler üzerine yapışmıştır (Bryan & Hummerston, 1973). Analizden önce bu partiküller büyük olasılıkla yeterince temizlenmediği için alg örnekleri ile birlikte analiz edilmiş ve böylece yüksek konsantrasyonlar elde edilmiştir. Luoma ve ark. (1982) da sedimandaki bakır ile makroalg (*Fucus*) arasın da sıkı bir ilişki olduğunu gözlemişlerdir.

Diğer istasyonlar arasında Giresun civarında iki istasyondan (İst. 8 ve 9), Fatsa önünde ve Kızılırmak ağzında bulunan istasyonlardan (İst.10 ve 12) alınan makroalg örneklerinde de bakır konsantrasyonları yüksek bulunmuştur. Şekil 9'da da görüldüğü gibi İst. 8, 9 ve 12'de dereler ve nehirler yoluyla bakırın karasal girdisi önemli düzeydedir. Dolayısıyla örneklerde ölçülen yüksek bakır konsantrasyonları bu karasal girdileri yansıtmaktadır.

Referans istasyonalarında (R₄ hariç) bakır konsantrasyonları oldukça düşük düzeyde bulunmuştur.

5.1.3. KURŞUN

5.1.3.1. TOPLAM ASKI YÜK

Karadeniz'de toplam askı yükteki kurşun miktarı çok az araştırmacı tarafından incelenmiştir (Haraldson & Westerlund, 1991; Lewis & Landing, 1992).

Cıva ve bakırda olduğu gibi en yüksek kurşun değeri yine İst. 1'de ölçülmüş, bu istasyonu 2,4 ve 7 No'lu istasyonlar izlemiştir (Şekil 10). İstasyon 1 ve 2'deki yüksek değerler bu yörelerde bakır ile bir arada bulunan kurşun madenlerinden (Şekil 14) ya da rüzgar ve yüzey akıntıları ile batıdan ve hatta antisiklonik Batum girdabı ile (Oğuz ve ark., 1992, 1993) kuzeden gelen ve kurşun yönünde zengin olan toplam askı yükten kaynaklanmış olabilir. Dere, nehir, atık sular dan ve kıyıda n alınan örneklerde ölçülen yüksek kurşun konsantrasyonları karasal kaynakların önemini belirtmektedir. Akdeniz'e kurşunun %52'si nehirler yoluyla gelmektedir ((UNEP, 1884). Bilindiği gibi su ortamındaki kurşunun en önemli kaynaklarından birisini de çeşitli yollardan atmosfere karışan kurşun partikülleri oluşturmaktadır (Kendler, 1993). Doğu Karadeniz atmosferinde ölçülen kurşun konsantrasyonu 37 ng/m^3 'tür ve atmosfer yoluyla denize ulaşan kurşun miktarı $700 \text{ ng/cm}^2/\text{yıl}$, toplam kurşun girdisi ise 1500 ton/yıl 'dır (Hacısalıhoğlu, 1992). Atmosferdeki bu partiküller zamanla suya geçerek suda bulunan partikül halindeki kurşuna katkıda bulunmaktadır. Çünkü deniz suyundaki kurşunun önemli bir bölümü ya partikül halinde (Haraldson & Westerlund, 1988), ya da suda asılı parçacıklara tutunmuş olarak (Branika & Konrad, 1979) bulunmaktadır. İst.7' nin bulunduğu bölgede kurşun madeni vardır. Ayrıca Harşit Çayı'na yakın cevher konsantre tesisleri bulunmaktadır. Bu tesislerden önemli miktarda kurşun denize karışmaktadır. Toplam askı yükteki kurşunun önemli bir kısmını da partiküllerle bir arada

bulunan planktonlar oluşturmaktadır. Yapılan araştırmalarda kurşunun aktif yüzeyli organik maddelerle (Wallace, 1982) ya da biyojenik (Canlı) patiküllerle (Neriki, 1985) birleştiği gözlenmiştir. Yukarıda adı geçen dört istasyon dışında diğer istasyonlardaki kurşun konsantrasyonları yaklaşık $10 \mu\text{g g}^{-1}$ civarındadır.

Referans istasyonlarında da kurşun konsantrasyonları bir istasyon (İst R₂) dışında $10 \mu\text{g g}^{-1}$ ve onun altındadır. Şekil 10'da da görüldüğü gibi İst. R₂ yüksek konsantrasyonların ölçüldüğü İst.7 ile 4 arasında bulunmaktadır. Bu nedenle her iki yönden de etkilenmiş olabilir.

5.1.3.2. SEDİMAN

Toplam askı yükte $1000 \mu\text{g g}^{-1}$ 'den yüksek konsantrasyonlar ölçülmesine karşın sedimanda ölçülen en yüksek kurşun konsantrasyonları $1000 \mu\text{g g}^{-1}$ 'in altındadır (Şekil 11). İst.1 ve 2'de yine oldukça yüksek değerler ölçülmüştür. Ayrıca İst. 7, 8 ve 9'da da $100 \mu\text{g g}^{-1}$ 'in üzerinde konsantrasyonlar elde edilmiştir. Dere ve atık sularda ölçülen oldukça yüksek değerler karasal girdilerin önemini göstermektedir. İst.1 ve 2'deki yüksek bakır konsantrasyonları hem kaynaktan hem de batıdan gelen askı yükün zamanla dibe çökmesinden kaynaklanmaktadır. Çünkü deniz suyundaki kurşunun büyük bir kısmı partikül halindeki maddelerle birleşerek hızlı bir şekilde dibe çökmektedir (Roth & Hornung, 1977; Oregon & Fukai, 1981). Zooplankton'un dışkısı (Feacal pellets) ve değişen kabukları ile birlikte de önemli miktarda kurşun sedimana ulaşmaktadır. Fowler (1977) yaptığı bir araştırmada zooplankton'un dışkısında, hayvanın tüm vücuduna oranla 30 kat daha fazla kurşun bulmuştur. Ayrıca Murgul bakır madeni ve Çayeli bakır işletmelerinde bakır ile bir arada bulunan kurşun (Yücesoy & Ergin, 1992) atık sularla denize ulaşmaktadır. Kurşun kirliliğinin kuzeyden gelmesi de olasıdır. Yesin ve ark., (1994) göre Kafkas kıyılarında detritus güney-doğu yönünde akmaktadır. Dolayısıyla partiküllere bağlı olan

kirleticiler de bu yönde hareket etmektedirler. Giresun yöresinde bulunan üç istasyondan (İst. 7, 8 ve 9) elde edilen yüksek bakır konsantrasyonları bu bölgede bulunan kurşun madenlerinden kaynaklanmaktadır (Şekil 14). Ayrıca Tirebolu'da bulunan cevher konsantre tesislerinden de önemli miktarda kurşun kirliliği meydana gelmektedir. Yücesoy ve Ergin de (1992) Doğu Karadeniz sedimanlarında en yüksek kurşun konsantrasyonunu Giresun civarında ölçmüşlerdir. Yukarıda adı geçen İst.1, 2, 7, 8 ve 9 dışında diğer istasyonlardaki kurşun konsantrasyonları 3.06 ile 55.72 $\mu\text{g g}^{-1}$ arasında değişmektedir (Tablo 4). Daha önce Karadeniz'de yapılan çalışmalarda elde edilen değerler (Pecheanu, 1982a,b; Yücesoy & Ergin, 1992) kuru ağırlık üzerinden verildiği için konsantrasyonları karşılaştırmak mümkün olamamıştır. Ancak İst. 1, 2, 7 ve 9'da kıyı ve açıktan alınan sediman örneklerinden yaş ağırlık olarak elde edilen değerler daha önceki değerlerden çok daha yüksek bulunmuştur. Ergin ve ark., (1991) tarafından Haliç'ten elde edilen ve kuru ağırlık olarak verilen kurşun değerlerinin pek çoğu, yukarıda adı geçen istasyonlarda ölçülen değerlerden düşük bulunmuştur. Yine Ünsal ve ark. (1993) tarafından Batı Karadeniz sedimanlarında ölçülen ortalama kurşun konsantrasyonları 11.00 ile 16.68 $\mu\text{g g}^{-1}$ arasında değişmektedir. Dolayısıyla Karadeniz'in bazı bölgelerinde sedimandaki kurşun kirliliğinin ciddi boyutlara ulaştığı görülmektedir.

Referans istasyonlarında ölçülen bakır değerleri İst. R₄ hariç düşük bulunmuştur. İstasyon R₄ için elde edilen yüksek standard sapmalar örnekler arasında fark olduğunu göstermektedir. Belki de analiz esnasında bir kirlenme söz konusudur.

5.1.3.3. MİDYE

Midyelerde 10 istasyonda ölçülen kurşun konsantrasyonları cıva ve bakıra göre farklılık göstermiştir; cıva ve bakırda en yüksek değerler İst. 1'de ölçülmüştür (Şekil 4 ve 8). Halbuki kurşun konsantrasyonları da yine

İst.1'de yüksek olmasına karşın en yüksek değerler İst.10 ve 14'ten elde edilmiştir (Şekil 12). Midyelerde bakır konsantrasyonları İstasyon 10'da, diğer istasyonlara göre (İst.1 ve 4 hariç) oldukça yüksek ölçülmüştü (Şekil 8). Dolayısıyla bu sonuçlar, bakır ile kurşunun aynı kaynaktan bir arada bulunduğunu ve birlikte denize karıştığını göstermektedir (Yücesoy & Ergin, 1992). Sinop Merkez Sanayi önlerinde bulunan İst. 14'ten elde edilen değerlerin ($0.83-1.71 \mu\text{g g}^{-1}$) aynı ($0.832-1.710 \mu\text{g g}^{-1}$) daha önce yine aynı yörede Erdem & Öztürk (1991) tarafından ölçülmüştür. Ünsal ve Beşiktepe (1994) tarafından 1991 yılında Doğu Karadeniz bölgesinde 6 ayrı istasyondan toplanan ve analiz edilen midyelerde en yüksek kurşun değeri $2.58 \mu\text{g g}^{-1}$ ile yine Sinop yöresinden toplanan midyelerden elde edilmiştir. Erdem & Öztürk'e (1991) göre İst.14'ün çok yakınında bulunan Dışlıman, şehir çöp ve radar tesisi atıklarının boşaltıldığı yerdir. Bu evsel atıkların içinde pil ve floresan lambaları da bulunmaktadır. Dolayısıyla elde edilen yüksek kurşun konsantrasyonu hem sanayiden, hem de bu evsel atıklardan meydana gelmektedir.

Proje süresince ölçülen kurşun konsantrasyonları gerek Doğu, Batı ve Orta Karadeniz'den, gerekse Adriyatik Denizi'nden elde edilen değerlerle karşılaştırılmış ve aralarında önemli bir fark olmadığı gözlenmiştir (Tablo 10).

Referans istasyonlarında ölçülen kurşun değerleri de oldukça düşük düzeyde olup 0.07 ile $0.27 \mu\text{g g}^{-1}$ arasında değişmektedir.

5.1.3.4. MAKROALG

Makroalglerde en yüksek kurşun konsantrasyonları İst. 8 ve 10'da ölçülmüştür. Bu istasyonları, İst. 11, 12 ve 13 izlemiştir. İst. 1 ve 8'deki yüksek konsantrasyonların yörede bakır madenleri ile bir arada bulunan kurşundan kaynaklandığı düşünülmektedir. İst. 11 ve 12 ise Yeşilirmak ve Kızılırmak nehirlerinin denize ulaştığı yerde bulunmaktadır. Bu iki nehirden

özellikle Kızılırmak, İçanadolu Bölgesi'nden doğmakta ve gerek bu bölgede, gerekse Karadeniz Bölgesi'nde geniş alanları tarayarak Karadeniz'e ulaşmaktadır. Bu nedenle pek çok kirletici ile birlikte kurşunu da Karadeniz'e taşınması mümkündür. İst. 10 ise yüksek konsantrasyonların ölçüldüğü 8, 11 ve 12 No'lu istasyonların arasında bulunmaktadır. Dolayısıyla bu istasyonlardan etkilenmesi olasıdır. Diğer istasyonlardaki kurşun konsantrasyonları $1 \mu\text{g g}^{-1}$ 'in altında ölçülmüştür.

İst. 1 ile 8 dışında sedimandaki yüksek kurşun konsantrasyonları ile makroalg'deki kurşun konsantrasyonları arasında herhangi bir ilişki gözlemlenmemektedir (Şekil 11 ve 13). Bryan & Hummerston (1973) da yaptıkları bir araştırmada kahverengi alglerde ölçtükleri kurşun konsantrasyonu ile aynı yerden aldıkları su ve sedimandaki kurşun konsantrasyonları arasında herhangi bir ilişki gözlememişlerdir. Halbuki daha sonra yapılan bir araştırmada Luoma ve ark. (1982) makroalgdeki (*Fucus*) kurşun konsantrasyonu ile yüzey sedimanındaki kurşun konsantrasyonu arasında önemli bir ilişki olduğunu gözlemişlerdir.

Proje süresince elde edilen ortalama değerler, Karadeniz' den (Erdem & Öztürk, 1994; Öztürk, 1994) ve İzmir Körfezi'nden (Güner ve ark., 1987; Türkan ve ark., 1989) elde edilen ortalama değerlerle karşılaştırıldığında oldukça düşük düzeyde kalmıştır.

Referans istasyonlarının tamamında kurşun konsantrasyonları $0.5 \mu\text{g g}^{-1}$ 'in altında bulunmuştur. Bu da kirli bölgelerdeki makroalglerin kurşun kirliliğini yansıttığını göstermektedir.

5.2. METAL KONSANTRASYONLARININ MEVSİMLERE GÖRE DEĞİŞİMİ

Kaynak (14) ve referans (4) istasyonundan her örnekleme döneminde (Nisan, Temmuz, Ekim ve Aralık) alınan örneklerde ölçülen metal

konsantrasyonlarının genel ortalaması hesaplanarak, proje süresince Orta ve Doğu Karadeniz'de cıva, bakır ve kurşunun yıl içindeki (Mevsimsel) değişimi incelenmiştir (Şekil 15 - 18).

5.2.1. TOPLAM ASKI YÜK

5.2.1.1. CIVA

Toplam askı yükte ortalama cıva konsantrasyonları, Nisan ayı dışında diğer aylarda $2 \mu\text{g g}^{-1}$ 'in altında bulunmuştur. Nisan ayında ortalama cıva konsantrasyonu kaynak istasyonlarda $16.7 \mu\text{g g}^{-1}$, referans istasyonlarında ise $6.5 \mu\text{g g}^{-1}$ olarak ölçülmüştür (Şekil 15a). Elde edilen bu yüksek değerler, özellikle İst.1-5, 11,12 ve 14'te kıyı ve açıktan alınan örneklerde ölçülen yüksek konsantrasyonlardan kaynaklanmaktadır. Şekil 19'da da görüldüğü gibi Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirlerinin debisi Nisan ayında en yüksek düzeydedir. Derelerin debisi de Mart ayından itibaren artmaktadır. Dolayısıyla geniş alanları tarayarak gelen bu iki büyük nehir ile evsel ve endüstriyel atıkları taşıyan dereler özellikle partikül halindeki cıvayı denize taşımaktadırlar. Ayrıca örnekleme döneminde Orta ve Doğu Karadeniz'de toplam yağış miktarı da Nisan ayında önemli düzeydedir (Şekil 20). Saydam ve ark., (1989) göre deniz suyundaki maksimum cıva değerleri ile yağış arasında bir ilişki vardır. Bu da cıvanın karasal kaynaklı olduğunu göstermektedir. Yine aynı araştırmacılara göre özellikle tarım alanlarını yıkayarak gelen kara kaynaklı sular (nehirler) cıvanın denize taşınmasında rol oynamaktadır. Akdeniz'e cıvanın %82 ile 94'ü nehirler yolu ile taşınmaktadır (UNEP, 1984; Zafiropulos. 1986). Cıvanın taşınmasında toplam askı yükün önemi başka araştırmacılar tarafından da belirtilmiştir (El-Rayis ve ark., 1986; Figueres ve ark., 1986).

Referans istasyonlarında ölçülen cıva miktarı Nisan ayı dışında $2 \mu\text{g g}^{-1}$ 'in altında bulunmuştur.

5.2.1.2. BAKIR

Bakır konsantrasyonlarının mevsimsel dağılımı cıvaya göre farklılık göstermiştir. En yüksek ortalama değer 4440.78 $\mu\text{g g}^{-1}$ ile Ekim ayında elde edilmiş, bu değeri Aralık ve Nisan ayında elde edilen değerler izlemiştir (Şekil 15b). Bu farklı mevsimsel değişim büyük olasılıkla cıva ile bakırın farklı kaynaklardan geldiğini göstermektedir. Elde edilen yüksek değerler Hopa ve Rize yöresindeki istasyonlarda ölçülen yüksek değerlerden kaynaklanmaktadır. Daha önce de belirtildiği gibi bu yöre bakır madenleri bakımından oldukça zengindir. Diğer yandan bu yörede yağış miktarı Ağustos, Eylül ve Kasım aylarında diğer aylara göre en yüksek düzeydedir (D.M.I.G.M., 1993). Dolayısıyla karasal kaynaklı partikül halindeki ya da partiküllere yapışmış olarak bulunan bakır bu yüksek değerlere sebep olmaktadır.

Toplam askı yükün, özellikle belirli mevsimlerde, büyük bir kısmını planktonlar (Fito- ve zooplankton) oluşturmaktadır. Her ne kadar Karadeniz'de planktonların ilkbahar ve sonbaharda arttığı belirtilmekte ise de (Bologa, 1985/1986), Batı Karadeniz'de daha önce yapılan bir çalışmada (Bologa ve ark., 1984) en yüksek plankton üretiminin (*Excuviaella cordata* türünün artmasından dolayı) Temmuz ayında ölçüldüğü belirtilmektedir. Yine Doğu Karadeniz'de yapılan başka bir çalışmada (Karaçam ve Düzgüneş, 1990) fitoplankton yoğunluğunun Mayıs ve Ekim aylarında en yüksek düzeye ulaştığı saptanmıştır. Diğer yandan fitoplankton üretiminin artması ile denizlerde bulunan partikül halindeki maddelerin bakır konsantrasyonunun arttığı saptanmıştır (Fabiano ve ark., 1985; Fabiano & Povero, 1990). Dolayısıyla toplam askı yükteki bakır konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi büyük ölçüde plankton üretiminin artış zamanına ve planktonun tür kompozisyonuna (UNEP/FAO/WHO, 1987) bağlıdır. Neriki ve ark. (1985) göre de bakır ve kurşunun biyojenik partiküller (Fitoplankton

gibi) tarafından deniz ortamından alınması mevsimlere ve bölgelere göre önemli ölçüde değişmektedir.

Referans istasyonlarında ölçülen bakır konsantrasyonları kaynak istasyonlarına göre oldukça düşük düzeyde (6.22 ile 136.36 $\mu\text{g g}^{-1}$ arasında) bulunmuştur.

5.2.1.3. KURŞUN

Kurşun konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi ile bakır konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi arasında büyük bir benzerlik görülmektedir (Şekil 15 b ve c). Yine en yüksek konsantrasyon 393.19 $\mu\text{g g}^{-1}$ ile Ekim ayında ölçülmüş, bunu 139.40 $\mu\text{g g}^{-1}$ ile Aralık ayı izlemiştir. Bakırdan farklı olarak Temmuz ayında ölçülen kurşun konsantrasyonu Nisan ayından daha yüksek bulunmuştur. Kurşun ve bakır için Ekim ve Aralık aylarında elde edilen benzer değerler her iki metalin de aynı kaynaktan geldiğini göstermektedir. Dolayısıyla yıllık ve yöresel yağışların toplam askı yükün bakır konsantrasyonları üzerine etkisi kurşun için de geçerlidir. Her ne kadar toplam ve ortalama yağış miktarları Temmuz, Ekim ve hatta Aralık aylarında düşük düzeyde ise de, Nisan-Haziran ve Ağustos-Eylül aylarında toplam yağış 800 ile 10000 mm arasında değişmekte, Kasım ayında ise 1393 mm' ye ulaşmaktadır (Şekil 20).

Denizlerdeki kurşunun en önemli kaynaklarından birisi de atmosferdir. Atmosferdeki kurşunun başlıca kaynaklarından birisi de taşıtlarda kullanılan akaryakıttır (Kendler, 1993). Trafiğin daha yoğun olduğu yaz aylarında atmosferdeki kurşunun artması doğaldır. Daha önce de belirtildiği gibi Doğu Karadeniz'e atmosfer yoluyla giren kurşun miktarı 700 $\text{ng/cm}^2/\text{yıl}$ 'dır (Hacısalıhoğlu ve ark., 1992). Yukarıda da belirtildiği gibi yüksek kurşun değerlerinin elde edildiği aylardan önceki yüksek yağış miktarları (Şekil 20) atmosferdeki kurşunun denize inmesini sağlamıştır.

Bakırda olduğu gibi toplam askı yükün içerdiği plankton miktarının ve tür kompozisyonunun da yine kurşun konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi üzerine etkisi vardır.

Referans istasyonlarında ölçülen en yüksek kurşun konsantrasyonu $16.97 \mu\text{g g}^{-1}$ dir. Bu değer kaynak istasyonlarından elde edilen en düşük kurşun konsantrasyonunun yaklaşık yarısına eşittir.

5.2.2. SEDİMAN

5.2.2.1. CİVA

Sedimandaki cıvanın mevsimsel değişimi toplam askı yükten farklı olmuştur. En yüksek konsantrasyon $2.66 \mu\text{g g}^{-1}$ ile Ekim ayında ölçülmüştür (Şekil 16a). Bu yüksek değer özellikle Hopa yöresinden, Yeşilirmak ve Kızılırmak nehirlerinden ve bu nehirlerin denize ulaştığı noktadan alınan örneklerden elde edilen yüksek değerlerden kaynaklanmaktadır. Bilindiği gibi Çoruh nehri, Hopa'nın kuzeyinde ve Hopa'ya yakın bir yerden denize dökülmektedir. Yesin ve ark., (1994) göre Kafkas kıyılarında detritus güney-doğu yönünde akmaktadır. Dolayısıyla partiküllere (parçacıklara) bağlı olan kirleticiler de bu yönde hareket etmektedirler. Ayrıca bu bölgede oluşan ve "Batım Gıdabı" olarak isimlendirilen (Oğuz ve ark., 1992,1993) antisiklonik girdaplar (Eddies) yardımıyla da Çorum nehriyle gelen kirleticiler Hopa yöresine taşınmaktadır. Böylece sedimandaki cıvanın nehirler yoluyla geldiği bir kez daha kanıtlanmaktadır. Yukarıda da (Bölüm 5.2.1.1) belirttiği gibi Akdeniz'e taşınan cıvanın %94'ü nehirler yoluyla gelmektedir (Zafiropulos, 1986).

Sedimandaki cıvanın mevsimsel değişimi konusunda yapılmış çok az çalışma vardır (Figueres ve ark., 1986; Ünsal ve ark. 1993). Figueres ve ark., (1986) yaptıkları çalışmada gözledikleri aylık değişimleri yöredeki endüstriyel kuruluşların çalışma zamanı, nehirlerin akış hızı, çöken

sedimanların tane boyu gibi faktörlere bağlamışlardır. Parçacıkların boyu küçüldükçe içerdikleri cıva miktarı artmaktadır (Renzoni ve ark., 1973; Figueres ve ark., 1986). Yaz boyunca sakin ortamda dibe çöken küçük ve cıva yönünden zengin olan parçacıklar özellikle Ekim ayında ölçülen yüksek cıva konsantrasyonunun elde edilmesine sebep olmuştur. Kışa doğru ve İlkbaharda yağmurların artmasıyla nehir ve derelerin debileri de artmakta (Şekil 19) ve cıva bakımından zengin olan sedimanın üst tabakası tekrar suya karıştırmaktadır. Dolayısıyla Aralık ve özellikle Nisan aylarında sedimanda ölçülen düşük cıva değerlerini bu şekilde açıklamak mümkündür. Benzer açıklama Figueres ve ark., (1986) tarafından da yapılmıştır.

5.2.2.2. BAKIR

Sedimandaki ortalama bakır miktarının mevsimsel olarak artış ve azalması, sedimandaki cıva ile benzerlik göstermiştir (Şekil 16 a ve b). Toplam askı yükte olduğu gibi sedimanda da en yüksek bakır değeri 8012.00 $\mu\text{g g}^{-1}$ ile Ekim ayında ölçülmüş, bunu 3296.59 $\mu\text{g g}^{-1}$ ile Aralık ayı izlemiştir (Şekil 16b). Ancak sedimandaki ortalama bakır konsantrasyonları toplam askı yükün yaklaşık iki katı bulunmuştur. Bu yüksek değerler, Ekim ayında İst.1'de, Aralık ayında ise İst. 1, 2 ve kısmen de 11 ve 12'de ölçülen yüksek konsantrasyonlardan kaynaklanmaktadır. Toplam askı yükten farklı olarak sedimanda Temmuz ayında ölçülen bakır değeri Nisan ayından daha yüksek olmuştur (Şekil 15b ve 16b). Hopa ve Rize yöresinden elde edilen değerler atıklardan kaynaklanmaktadır. Ayrıca Hopa limanından gemilere bakır madeni yüklenmektedir. Yaz boyunca gerek madenlerin işletilmesi, gerekse yüklemenin daha yoğun olması nedeniyle denize karışan bakırın bir kısmı (Özellikle büyük parçacıklar ve bu parçacıklara yapışmış olan bakır) yaz aylarında dibe çökmekte, bir kısmı da su kolonunda asılı olarak kalmaktadır. Sonbahara doğru bu asılı parçacıkların da dibe

çökmesiyle sedimandaki bakır miktarı toplam askı yükün yaklaşık iki katına kadar ulaşmaktadır.

Bakırın sudan alınmasında Fitoplankton ve zooplanktonlar da önemli rol oynamaktadır (Knauer & Martin, 1973; Romeo & Gnassia-Barelli, 1985; Fabiano ve ark., 1985). Gerek ölen planktonlar, gerekse zooplanktonların atıkları (dışkıları) ve değişen kabuklarıyla önemli miktarda metal sedimana ulaşmaktadır (Fowler, 1977). Her ne kadar Karadeniz'de planktonik organizmaların İlkbahar ve Sonbaharda en yüksek düzeye ulaştığı belirtilmekte ise de (Bologa, 1985/1986), özellikle dinoflagellatlar ve coccolitler Yaz ve Sonbahar aylarında artmaktadır (Bologa ve ark., 1984; Benli, 1987). Mandelli (1969, bakınız Knauer & Marti, 1973) yaptığı bir çalışmada dinoflagellatların diğer fitoplankton türlerinden daha çok miktarda bakır biriktirdiğini gözlemiştir. Hardstedt-Romeo & Laumond (1980) da yaptıkları araştırmada Zooplanktonda bakır konsantrasyonunu Yaz ve İlkbahar aylarında en yüksek düzeyde bulmuşlardır. Zamanla dibe çöken fitoplanktonlar ve bunları yiyerek geçinen zooplanktonlar sedimana çökerek Sonbahar ve Kış başlangıcında buradaki bakır konsantrasyonunu arttırmış olabilirler. Honjo ve ark., (1987) göre Batı Karadeniz'de Haziran-Ekim arasında çöken biyojenik (Canlı kökenli) maddenin en önemli kısmını coccolitoforlar oluşturmaktadır. İlkbahar aylarında yağışların artmasıyla bakır yönünden zengin olan yüzey sedimanları su kolonuna karışmakta ve böylece Nisan ayında sedimandaki bakır konsantrasyonları azalmaktadır.

Referans istasyonlarında bakır konsantrasyonları Ekim ayı dışında $500 \mu\text{g g}^{-1}$ 'in altında kalmıştır.

5.2.2.3. KURŞUN

Sedimanın kurşun konsantrasyonlarındaki mevsimsel artış ve azalmalar hem toplam askı yükteki kurşun miktarı, hem de sedimandaki cıva

ve bakır ile benzerlik göstermiştir (Şekil 15c ve Şekil 16 a,b). Ancak konsantrasyonlar cıvaya göre çok yüksek, bakıra göre de çok düşük bulunmuştur. En yüksek değer $363.24 \mu\text{g g}^{-1}$ ile Ekim ayında, en düşük değer de $28.46 \mu\text{g g}^{-1}$ ile Nisan ayında ölçülmüştür. Bakırın mevsimsel değişimini etkileyen yukarıda açıklanan faktörler kurşun için de geçerlidir. Her şeyden önce her iki metal de aynı kaynaklardan ancak, belki farklı miktarlarda denize ulaşmaktadır. Yine her iki metal de fitoplanktonlar tarafından alınmaktadır (Knauer & Martin, 1973; Noriki ve ark., 1985). Dolayısıyla bunları yiyen zooplanktona da geçmektedir. Zooplankton tarafından alınan kurşunun önemli bir kısmı dışkı (Feacal pellets), kabuk değişimi ve yumurtalarla tekrar dışarı atılmakta ve dibe çökmektedir. Fowler (1977) zooplanktonlar (Euphosids-küçük karidesler) üzerinde yaptığı bir araştırmada bu organizmaların tüm vücutlarında, dışkılarında ve değişen kabuklarında kurşun miktarlarını ölçmüştür. Tüm vücutta kurşun konsantrasyonu $1.1 \mu\text{g g}^{-1}$ (kuru ağırlık) iken dışkıdaki kurşun konsantrasyonunu 34, değişen kabuktakini ise $22 \mu\text{g g}^{-1}$ (kuru ağırlık) olarak bulmuştur. Yani dışkıdaki ve değişen kabuktaki kurşun miktarı, tüm vücuttaki konsantrasyona göre 30 ile 20 kat daha fazladır. Dolayısıyla bunları sedimana ulaşmasıyla sedimandaki metal konsantrasyonu, bu arada kurşun konsantrasyonu da, artmaktadır. Zooplankton üretimi fitoplankton üretimini izlediğine göre Yaz ve Sonbahar aylarında artan zooplankton, bu aylarda sedimandaki kurşun miktarına katkıda bulunmaktadır. İlkbahar aylarında artan yağışlarla nehir ve derelerin debileri de artmakta (Şekil 19), dolayısıyla bir yandan aşırı su girdisi, diğer yandan oluşan dip akıntılarıyla, yüksek kurşun içeren yüzey sedimanları tekrar suya karışmaktadır (Elbaz-Poulichet ve ark., 1984). Sonuçta Nisan ayında olduğu gibi sedimandaki kurşun konsantrasyonları azalmaktadır.

Referans istasyonlarında ölçülen kurşun konsantrasyonları kaynak istasyonlara göre çok düşük düzeyde kalmıştır. Bu da kaynak

istasyonlarından önemli miktarda kurşunun Karadeniz'e girdiğini göstermektedir.

5.2.3. MİDYE

5.2.3.1. CIVA

Midye örnekleri her istasyondan alınamamıştır. Çünkü bazı istasyonların dip yapısı midyelerin tutunup yaşayabilmesi için uygun değildir. Buna göre Nisan ayında 8, Temmuz'da 10, Ekim' de 14 ve Kasım ayında 12 istasyondan örnek alınabilmiştir. Elde edilen ortalamalara göre en yüksek civa konsantrasyonları $0.29 \mu\text{g g}^{-1}$ ve $0.27 \mu\text{g g}^{-1}$ ile Ekim ve Temmuz aylarında ölçülmüştür. Nisan ayında da ortalama konsantrasyon ($0.22 \mu\text{g g}^{-1}$) yukarıdaki değerlere yaklaşmıştır (Şekil 17a). Buna göre midyedeki civa konsantrasyonlarının Nisan ayı dışında mevsimsel dağılımının homojen olduğu söylenebilir. Aynı midye türünde (*M. galloprovincialis*) Renzoni (UNEP/FAO, 1986) tarafından yapılan civa ölçümlerinde de mevsimler arasında önemli bir fark gözlenmiştir. Başka bir çalışmada ise (UNEP/FAO, 1986) civa konsantrasyonlarının ortalaması arasında çok az farklar görünmesine karşın bu ortalamaların standard sapmaları arasında bir fark görülmemiştir. Bu çalışmada her mevsim için tüm örnekleme istasyonlarının ortalamaları alınmıştır. Halbuki her örnekleme istasyonu için mevsimsel ortalamalar hesaplandığında aralarında fark olduğu görülmektedir. Daha önce yapılan bir çalışmada da benzer sonuçlar elde edilmiştir (Ünsal ve Beşiktepe, 1994). Marketos (UNEP/FAO, 1986) da aynı istasyondan aldığı *M. galloprovincialis* örneklerinde yaptığı ölçümlerde en yüksek civa konsantrasyonunu Sonbahar'da, en düşük konsantrasyonu ise Kış mevsiminde elde etmiştir. Mevcut çalışmada da en düşük konsantrasyon Kış mevsiminde (Aralık ayında) elde edilmiştir. Sedimandaki civanın mevsimsel değişimi ile midyelerdeki civanın mevsimsel değişimi arasında az çok bir

benzerlik görülmektedir (Şekil 16 a ve 17a). Bu da sedimandaki cıva kirliliğinin midyeler tarafından az da olsa yansıtıldığını göstermektedir. Hornung ve ark. (1984) yüzey sedimanındaki cıva ile bentik organizmaların içerdiği cıva arasında bir ilişki bulmuşlardır. Aynı araştırmacılara göre bu durumda bentik organizmalar, sedimandaki cıva miktarını yansıtmaktadır. Ancak, diğer taraftan yapılan bir başka araştırmada da, *M. galloprovincialis* 'de cıva konsantrasyonlarının kaynaktan itibaren 92 m. içerisinde önemli miktarda değiştiği gözlenmiştir (UNEP/FAO/WHO, 1987).

Referans istasyonlarından alınan midyelerde ölçülen cıva konsantrasyonları Nisan ve Temmuz aylarında yüksek sayılabilecek düzeyde ise de bu aylarda kaynak istasyonlarda ölçülen değerlerden daha düşük, ancak Aralık ayı değerinden ise daha yüksek bulunmuştur (Şekil 17a).

5.2.3.2. BAKIR

Midyelerde en yüksek bakır konsantrasyonu $5.91 \mu\text{g g}^{-1}$ ile Aralık ayında ölçülmüştür. Bu yüksek ortalama, sadece bir istasyonda (İst.1) ölçülen yüksek değerden ($57.00 \mu\text{g g}^{-1}$) kaynaklanmaktadır. Yine aynı istasyonda Ekim ayında da oldukça yüksek bir değer (16.88) elde edilmiştir. Yapılan literatür araştırmalarında midyelerde $57.00 \mu\text{g g}^{-1}$ ya da buna yakın bir bakır konsantrasyonuna rastlanmamıştır. Dolayısıyla bu yüksek ortalama değer analiz esnasında meydana gelen bir kirlenmeden kaynaklanmış olabilir. Daha önce Doğu Karadeniz'de Ünsal ve Beşiktepe (1994) tarafından yapılan bir araştırmada, Aralık ayında aynı yerden (İst.1) alınan midye örneklerinde ölçülen en yüksek cıva konsantrasyonu $13.00 \mu\text{g g}^{-1}$ dir. Buna göre $16.88 \mu\text{g g}^{-1}$ değeri anormal yüksek bir değer değildir. Çünkü bu bölgede hem bakır madeni vardır, hem de Hopa limanından bakır madeni yüklenmektedir. Eğer $57.00 \mu\text{g g}^{-1}$ değeri ortalamaya katılmaz, $16.88 \mu\text{g g}^{-1}$ değeri katılır ise Aralık ayı genel ortalaması $1.26 \mu\text{g g}^{-1}$ olarak bulunur ve

bu durumda en yüksek ortalama değer $1.96 \mu\text{g g}^{-1}$ ile Ekim ayı ortalamasıdır. Daha önceki toplam askı yük ve sediman değerlerine bakıldığında en yüksek bakır değerinin Ekim ayında elde edildiği görülmektedir (Şekil 15b ve 16b). Petkevich & Stepanyuk'a (1971) göre üremeye hazırlık için midyelerde kış öncesi organik madde miktarı artmakta, buna bağlı olarak mikroelementlerin miktarı da artmaktadır. Akdoğan (1991) da Trabzon ve Sinop bölgelerinden aldığı *M. galloprovincialis* örneklerinde en yüksek bakır konsantrasyonunu Kış mevsiminde ölçmüştür. Halbuki İstanbul Boğazından (Rumeli Hisarı) alınan örneklerde ise en yüksek bakır konsantrasyonu Sonbahar 'da gözlenmiştir (Akdoğan & Ünsal, 1993).

Diğer aylar için sedimandaki bakır ile midyedeki bakır arasında az da olsa bir ilişki gözlenmektedir. Phillips (1976b) tarafından midye, bakır kirliliğinin indikatörü (belirleyicisi) olarak önerilmemektedir. Bryan & Uysal (1978) da bir bivalvia türü olan *Scrobicularia plana* üzerinde yaptıkları araştırmada sedimandan bakırın diğer metallere göre bu tür tarafından daha az alındığını saptamışlardır. Bu araştırmacılara göre sedimandaki bazı gizli değişiklikler, diğer metallerin ya da organik maddenin varlığı bakırın bu organizmalar tarafından sedimandan alınmasını engellemektedir. Midyelerde bakırın (ve diğer metallerin) birikimi üzerine etki eden pek çok faktörün varlığı başka araştırmacılar tarafından da belirtilmiştir (Phillips, 1976a; Catsiki ve ark., 1991; Nolan, 1991).

Referans istasyonlarından alınan midyelerde ölçülen bakır konsantrasyonları kaynak istasyonlardan daha düşük bulunmakla birlikte aradaki fark çok büyük değildir.

Bu araştırmacılara göre bahşey, bu vadedeki bakır konsantrasyonunun değerine değişmektedir.

Bu araştırmacılara göre bahşey, bu vadedeki bakır konsantrasyonunun değerine değişmektedir. Fattetta & Tunis'e (1974) göre de *M. gallopro-*

5.2.3.3. KURŞUN

Midyelerde en yüksek ortalama kurşun konsantrasyonu $1.18 \mu\text{g g}^{-1}$ ile Aralık ayında ölçülmüş, bunu $0.45 \mu\text{g g}^{-1}$ ile Ekim ayı izlemiştir. Nisan ve özellikle Temmuz ayında kurşun düzeyleri oldukça düşük bulunmuştur (Şekil 17c). Kış mevsiminde elde edilen en yüksek değeri açıklamak oldukça güçtür. Aslında bu yüksek değer iki istasyonda (İst.10 ve 14) ölçülen yüksek değerlerden kaynaklanmaktadır. Bu değerler hesaplama katılmadığı takdirde Aralık ayında ortalama kurşun konsantrasyonu $0.34 \mu\text{g g}^{-1}$ dir. Eğer analiz esnasında bir kirlenme sözkonusu değil ise bir olasılıkla bu, tuzluluk değişikliğinden kaynaklanmış olabilir. Çünkü bu mevsimde buharlaşma az, tatlısu girdisi fazladır. Dolayısıyla tuzlulukta bir azalma olacaktır. Phillips'e (1978) göre tuzluluğu düşük ortamda bulunan midyelerin içierdiği kurşun konsantrasyonu yüksek tuzlulukta yaşayanlardan daha yüksektir. Sedimandaki demir miktarı da kurşunun midyeler tarafından alınmasına etki etmektedir (Luoma & Bryan, 1978). Bu araştırmacılara göre kurşun/demir oranının artışına paralel olarak *Scrobicularia*'daki (bir bivalvia türü) kurşun miktarı da artmaktadır. Ancak mevcut çalışmada sedimandaki demir miktarı ölçülmediği için bu iddiayı doğrulamak mümkün olamamıştır.

Sonbaharda (Ekim ayında) ölçülen yüksek kurşun miktarı başka araştırmacılar tarafından da gözlenmiştir. Orren ve ark. (1980) bir midye türünün (*Chloromytilus meridionalis*) erkek ve dişi fertlerinde kurşunun, Haziran ayından Kasım ayına %99 arttığını saptamıştır. Satsmadjis & Voutsinou-Taliadouri (1983) de, *M. galloprovincialis*'te en yüksek kurşun konsantrasyonunu Sonbaharda, en düşük konsantrasyonu ise Kış mevsiminde ölçmüştür. Bu araştırmacılara göre herhangi bir yerdeki kirlilik durumu bir haftadan diğerine değişmektedir.

Sedimandaki kurşun miktarı ile midyelerdeki kurşun miktarı arasında bir ilişki gözlenememiştir. Favretto & Tunis'e (1974) göre de *M. gallopro-*

vincialis'te sudan alınan kurşun miktarı mevsimsel değişikliklerden etkilenmemektedir. Bryan & Uysal'a (1978) göre *Scrobicularia pland*'nın içerdiği kurşunun başlıca kaynağı sedimandır. Daha önce Batı Karadeniz' de yapılan bir çalışmada da sedimandaki kurşun miktarı ile *M. galloprovincialis*'teki kurşun arasında bir ilişki gözlenmiştir (Ünsal ve ark., 1993). O halde midyeler tarafından sedimandan kurşunun alınarak biriktirilmesinde pek çok faktör rol oynamaktadır.

Referans istasyonlarında ölçülen kurşun konsantrasyonları $0.20 \mu\text{g g}^{-1}$ 'in altındadır.

5.2.4. MAKROALG

5.2.4.1. CIVA

Makroalglerde civa konsantrasyonları konusunda yapılan çalışmalar oldukça sınırlıdır (Renzoni ve ark., 1973; Campesan ve ark., 1980; Ünsal ve ark., 1993). Bu çalışmalardan sadece bir tanesinde (Ünsal ve ark., 1993) civanın makroalglerdeki mevsimsel değişimi incelenmiştir.

Mevcut çalışmada en yüksek civa değeri Temmuz ayında ölçülmüştür. Ancak aynı ayda referans istasyonlardan elde edilen ortalama değer de en yüksek olmuş, hatta kaynak istasyonlardan daha yüksek değere ulaşmıştır (Şekil 18a). Daha önce Batı Karadeniz'de yapılan bir çalışmada da (Ünsal ve ark., 1993) makroalglerde en yüksek civa değeri Haziran ayında elde edilmiştir. Diğer örnekleme zamanlarında elde edilen değerler yaklaşık aynı düzeydedir. İlkbaharda dereler ve nehirlerle civa içeren partiküller denize taşınmaktadır. Şekil 15a' da da görüldüğü gibi toplam askı yükteki civa Nisan ayında en yüksek düzeydedir. Denize ulaşan bu partiküller, denizin sakin olduğu Yaz mevsiminde dibe, bu arada makroalgler üzerine de çökmektedir. Analiz esnasında makroalgler üzerine yapışan bu partiküller de analiz edildiğinden yüksek konsantrasyonların elde edilmesine neden

olmaktadır. Diğer yandan dip akıntılarıyla kirli bölgelerden temiz bölgelere taşınan bu partiküller referans bölgesindeki makroalgler üzerine de yapışarak onların cıva konsantrasyonlarını yükseltebilir. Yesin ve ark. (1994) göre yazın sahin hava koşullarında kirleticilerin akıntılar yardımıyla kıyıdan uzaklaşması çok zordur. Bu nedenle yazın kıyı bölgelerinde kirletici konsantrasyonları daha yüksektir.

5.2.4.2. BAKIR

Makroalglerde en yüksek ortalama bakır değeri $73.07 \mu\text{g g}^{-1}$ ile Temmuz ayında ölçülmüş, bunu $49.47 \mu\text{g g}^{-1}$ ile Ekim ayı izlemiştir (Şekil 18b). Aslında bu iki yüksek ortalama İst.1' de ölçülen anormal yüksek değerlerden (1061 ve $882 \mu\text{g g}^{-1}$) kaynaklanmaktadır. Daha önce de belirtildiği gibi İst.1'in bulunduğu Hopa bölgesi bakır madeni yönünden zengin bir bölgedir ve aynı zamanda Hopa limanından bakır cevheri (Belki özellikle Yaz ve Sonbahar mevsimlerinde) yüklenmektedir. Yukarıda cıva için açıklandığı gibi bakır bakımından zengin olan parçacıklar algler üzerine yapışmaktadır. Analiz esnasında bu parçacıklar algler üzerinde kalmaktadır. Bryan & Hummerston, (1973) İngiltere' nin güney kıyılarından topladıkları makroalglerin bir kısmını suda yıkamışlar, bir kısmını da hem suda yıkamışlar hem de fırça ile temizlemişlerdir. Sadece suda yıkadıkları makroalglerde ölçtükleri bakır değeri $2780 \mu\text{g g}^{-1}$ (Kuru ağırlık), hem yıkayıp hem de fırça ile temizledikleri için elde ettikleri bakır değeri ise $2470 \mu\text{g g}^{-1}$ (Kuru ağırlık) dır. Dolayısıyla bu araştırmadan çıkarılabilecek sonuç; (a) kirli bölgelerden anormal yüksek bakır konsantrasyonlarının elde edilmesi mümkündür, (b) makroalgler üzerine yapışan partikül halindeki bakırı ya da bakır içeren parçacıkları temizlemek oldukça zordur.

Nisan ayında elde edilen ortalama bakır konsantrasyonları diğer örnekleme zamanlarına göre çok düşük düzeyde kalmıştır. Bakır kirliliğinin

yoğun olduğu İst.1'den Nisan ayında örnek alınamamıştır. Diğer aylarda bu istasyonda ölçülen anormal yüksek değerler ortalamaya katılmadığı takdirde, elde edilen ortalama değerler Nisan ayı değerleriyle yaklaşık aynı düzeydedir.

Makroalglerde bakırın mevsimsel değişimi örnekleme istasyonlarının bulunduğu yere göre değiştiği gibi (Öztürk, 1994), alglerin metabolik özelliklerine, metallerin alınmaya hazır durumda olup olmadıklarına göre değişmektedir (Rönnberg ve ark., 1990).

Referans istasyonlarından elde edilen bakır değerleri kaynak istasyonlara göre oldukça düşük düzeyde kalmıştır.

5.2.4.3. KURŞUN

Bakırdan farklı olarak makroalglerde en yüksek kurşun konsantrasyonu ortalaması Nisan ayında gözlenmiştir (Şekil 18c). Her ne kadar sedimandaki kurşun ile makroalglerdeki kurşun arasında sıkı bir ilişki olduğu belirtilmekte ise de ((Luoma ve ark., 1982), mevcut çalışmada bu ilişki gözlenememiştir. Öztürk'ün (1994) Sinop yöresinde yaptığı çalışmada, makroalgdeki kurşun konsantrasyonları istasyonlara göre değişmekle birlikte Sonbahar ve Kış başlangıcında oldukça yüksek değerler elde etmiştir. Nisan ayında elde ettiği tüm değerlerde de bir artış gözlenmiştir. Forsberg ve ark. (1988) bir makroalg'in kirlilik indikatörü olarak kullanılabilmesi için örnek alınmasında nelere dikkat edilmesi gerektiğini maddeler halinde belirtmiştir. Mevcut çalışmada bunların çok az bir kısmına uyulabilmiştir.

Nisan ayındaki yüksek değer Fatsa Et-Balık Kurumu'nun bulunduğu yerden alınan örneklerde ölçülen yüksek değerden kaynaklanmaktadır. Aslında buradaki kirlenmenin yerel değil, başka bölgelerden taşındığı düşünülmektedir. Batıda bulunan Yeşilirmak ve Kızılırmak'ın Nisan ve Mayıs aylarında artan debileri nedeniyle (Şekil 19) denize ulaşan ve kurşun

içeren parçacıkların kıyı akıntıları ile doğuya (İst.10'a) doğru gelmesi büyük olasılıktır. Nisan ayı genellikle Karadeniz'in en durgun olduğu aydır. Bu da parçacıkların çökme hızını ve dolayısıyla miktarını arttırabilir. Çünkü deniz suyundaki kurşunun büyük bir kısmı partikül halindeki maddelerle birleşerek hızlı bir şekilde dibe çökmektedir (Roth & Hornung, 1977; Oregon & Fukai, 1981).

Temmuz ayındaki yüksek değer ise İst.8'de ölçülen yüksek değerlerden dolayıdır. Bu istasyon, İst.10'un doğusunda bulunmaktadır. Bu da kirleticilerin batıdan doğuya doğru geldiğini düşündürmektedir.

Referans istasyonlarında ölçülen kurşun konsantrasyonları kaynak istasyonlara göre oldukça düşük düzeyde bulunmuştur.

Kaynak ve referans istasyonlarının arası yaklaşık 1400 m. olan istasyonlarında ise referans konsantrasyonları oldukça düşük bulunmuştur. Her ne kadar alınan örneklerden elde edilen sonuçlar her dönemdeki dönemlerde 0,01 ile 0,02 arası değişim göstermişse de bu bulgular zaman içerisinde bazı istasyonlara göre değişim göstermektedir.

Bu bulguların yorumunu önceki çalışmalarda elde edilen sonuçları değerlendirilerek Batı ve Doğu Karadeniz'de kurşun konsantrasyonları çok hangi seviyelerde olduğu konusunda değerlendirilmiştir.

Suna göre Batı Karadeniz'de kurşun konsantrasyonları özellikle bazı bölgelerde oldukça yüksek bulunmuştur. Bununla beraber kurşun konsantrasyonları balık ve hayvanlarda bir miktar yüksek bulunmuştur. Kurşun konsantrasyonları bu tür ürünlerin alınmadır.

6. KARŞILAŞILAN GÜÇLÜKLER

Çalışma süresince örnek alımlarında bazı güçlüklerle karşılaşmıştır; Bölüm 2.2'de de belirtildiği gibi örnekler belirlenen istasyonlardan Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Trabzon Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü elemanları tarafından alınmıştır. Kış ve İlkbahar aylarında denizden ve özellikle Yeşilirmak ve Kızılırmak nhirleri ile bunların denize döküldüğü bölgelerden örneklerin alınmasında bazı güçlüklerle karşılaşmıştır.

Yine ortamda bulunmaları iklim koşullarına ve mevsime bağlı olan midye ve makroalg örnekleri bazı örnekleme zamanlarında bazı istasyonlardan alınamamıştır.

Kaynak ve referans istasyonlarının sayısı toplam 14'tür. Kaynak istasyonlarında üç, referans istasyonlarında iki noktadan örnek alınmıştır. Her noktadan alınan örnek çeşidi ise dördüttür. Buna göre her örnekleme döneminde 400 ile 600 örnek asiitte eritilerek analiz edilmiştir. Tüm bunlar zaman açısından bazı sıkıntılara ve gecikmelere sebep olmuştur.

Tüm bu güçlüklerle karşı alınan örneklerden elde edilen sonuçlar değerlendirilerek Orta ve Doğu Karadeniz'de cıva, bakır ve kurşunun en çok hangi kaynaklardan ne oranda denize ulaştığı saptanmıştır.

Buna göre Batı Karadeniz'de cıva , bakır ve kurşun kirliliği bazı bölgelerde oldukça yüksek düzeydedir. Ancak İnsan gıdası olarak kullanılan balık ve midyelerde bu metallerin miktarı henüz uluslararası kabul edilebilir limitlerin altındadır

7. SONUÇLAR

Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesi'nde Şekil 1'de gösterilen 14 kaynak ve 4 referans istasyonundan dört ayrı örnekleme zamanında alınan örneklerde cıva, bakır ve kurşun konsantrasyonları ölçülerek bu metallerin, senenin en çok hangi zamanında ve hangi kaynaklardan geldiği belirlenmiştir. Buna göre Hopa Bakır İşletmeleri ile Sürmene-Yeniay Bakır işletmelerinin atıklarından ve bu atıkların denize ulaştığı nokatalardan alınan tüm örneklerde her üç metal de çok yüksek düzeylerde bulunmuştur. Ayrıca Giresun yöresinde bulunan istasyonlarda kurşun ve bakır, Kızılırmak ve Yeşilirmak yöresindeki istasyonlarda da cıva, bakır ve kurşun konsantrasyonları oldukça yüksek bulunmuştur.

Bakır ve kurşun kirliliğinde bölgede bulunan madenlerin büyük etkisi vardır. Cıva ise daha çok nehir, dere ve sel sularıyla Karadeniz'e ulaşmaktadır. Ayrıca bazı sanayi bölgelerinden de bir miktar cıva denize karışmaktadır.

Toplam askı yükteki metal konsantrasyonları ile sedimandakiler arasında, yine sedimandaki metal konsantrasyonları ile midye ve makroalglerdeki metal düzeyleri arasında bazı istasyonlarda bir ilişki olduğu gözlenmiştir. Bu ilişki metallere, canlının türüne ve ortam koşullarına göre değişmektedir.

Toplam askı yükte cıva, bakır ve kurşun ile sedimandaki bakır ve kurşunun mevsimsel değişimi (artması ve azalması) aynı olduğu halde sedimandaki cıva farklılık göstermiştir. Midye ve makroalglerde metallerin mevsimsel değişimi arasında ise bir benzerlik gözlenmemiştir.

8. HARCAMALAR

Proje bütçesi ve yapılan harcamaların dağılımı (TL)

Kalemler	Toplam ödenek	Harcanan	Kalan
Personel	710.376.000	529.086.000	181.290.000
Teçhizat	261.924.000	261.924.000	---
Sarf	432.636.000	388.898.000	43.738.000
Seyahat	119.033.000	84.033.000	35.000.000
Bilgi işlem	40.000.000	24.676.000	15.324.000
Kırtasiye	53.000.000	33.375.000	19.625.000
Toplam	1.616.969.000	1.321.992.000	294.977.000

9- REFERANSLAR

- Akdoğan, Ş., The Seasonal Variation in Trace Metal Concentrations in *Mytilus galloprovincialis* along the Turkish Black Sea Coast. (Master Tezi) ODTÜ-Deniz Bilimleri Enstitüsü, (1991).
- Akdoğan, Ş. and Ünsal, M., Variations in Trace Metal Content of the Mussel, *Mytilus galloprovincialis* Lamark with Season and Size. *Doğa Tr. J. of Zoology*, 117-125, (1993).
- Balkaş, T., Dechev, G., Mihnea, R., Serbanescu, O. and Ünlüata, Ü., State of Marine Environment in the Black Sea Region. *UNEP Regional Seas Reports and Studies* No: 124 UNEP, (1990). pp: 41.
- Benli, H.A., Investigation of Plankton Distribution in the Southern Black Sea and its Effects on Particle Flux. *Mitt. Geol. Palaont. Inst. Univ. Hamburg. SCOPE/UNEP Sonderband. 62*, 77-87, (1987).
- Bernhard, B., Manual of Methods in Aquatic Environment Research. Part 3. Sampling and Analyses of Biological materials. *Guidelines for the FAO (GFCM)/UNEP joint coordinated project on pollution in Mediterranean*. (1976) pp:124.
- Bologa, A.S., Skolka, H.V. and Frangopol, P.T., Annual Cycle of Planktonic Primary Productivity off the Romanian Black Sea Coast. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 19, 25-32, (1984).
- Bologa, A.S., Planktonic Primary Productivity of the Black Sea: A review. *Thalassia Jugoslavica*, 21/22, 1-22, (1985/1986).

- Branica, M. and Konrad, Z.**, Lead in Marine Environment. Proceedings of the International Experts Discussion on the "*Lead Occurrence, Fate and Pollution in the Marine Environment*", eds: Branica, M. And Konrad, Z., Pergamon Press, (1977), p: 155-79.
- Bryan, G.W. and Hummerstone, L.G.**, Brown Seaweed as an Indicator of Heavy Metals in Estuaries in South-West England. *J. mar. Biol. Ass. U.K.*, 53, 705-20, (1973).
- Bryan, G.W. and Uysal, H.**, Heavy metals in the Burrowing Bivalve *Scrobicularia plana* from the Tamar Estuary in Relation to Environmental Levels. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, 58, 89-108, (1978).
- Campesan, G., Capelli, R., Pagotto, G., Stocco, G. And Zanicchi, G.**, Heavy Metals in Organisms from the Lagoon of Venice (Italy). *Ves Journées Etude. Pollutions, Cagliari, CIESM.* (1980) pp: 317-22.
- Catsiki, V.A., Mylona, A. and Mimicos, N.**, The Impact of Size on the Bioaccumulation Rate of Heavy Metals and PAHs by *Mytilus galloprovincialis* from Saronicos Golf. In: Proceedings of the FAO/ UNEP/IAEA Consultation Meeting on the Accumulation and Transformation of Chemical Contaminants by Biotic and Abiotic Processes in the Marine Environment. (La Spezia, Italy, 24-28 September (1990). Edited by G.P. Gabrielides. *MAP Technical Reports Series* No. 59. UNEP, Athens, (1991), pp:153-61.
- D.M.İ.G.M.**, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Aylık Meteoroloji Bülteni. Sayı: 138-149, (1993)
- EİE.**, Türkiye Sularında Su Kalitesi Gözlemleri. *Elektrik İşleri Etüd İdaresi Müdürlüğü*, (1989), pp: 163.

- Elbaz-Poulichet, F., Holliger, P., Huang, W.W. and Martin, J-M., Lead Cycling in Estuaries, Illustrated by the Gironde Estuary, France. *Nature*, 308, 409-14, (1984).
- El-Rayis, O.A., Halim, Y. and Aboul-Dahab, O., Total Mercury in the Coastal Marine Ecosystem West of Alexandria. In: *Papers presented at the FAO/UNEP/WHO/IOC/IAEA Meeting on the Biogeochemical Cycle of Mercury in the Mediterranean*. (1986) pp: 58-73.
- Erdem, M. ve Öztürk, M., Batı Karadeniz'de Yaşayan *Mytilus galloprovincialis* ve *Cyrtoseria barbata* Türlerindeki Ağır Metal Düzeyleri. *Karadeniz'in Ekolojik Sorunları ve Ekonomik Değerlendirme Olanakları Sempozyumu*. (1991).
- Ergin, M., Saydam, C., Baştürk, Ö., Erdem, E. and Yörük, R., Heavy Metal Concentrations in Surface Sediments from the two Coastal Inlets (Golden Horn Estuary and İzmit Bay) of the Northeastern Sea of Marmara. *Chem. Geol.*, 91, 269-85, (1991).
- Fabiano, m., Baffi, F. and Frache, R., Seasonal and Depth Variations of Copper, Iron and Nickel in Ligurian Coastal Waters. *Mar. Chem.*, 17, 165-75, (1985).
- Fabiano, M. and Povero, P., Particulate Matter and Heavy Metals in the Ligurian Sea. Transport of Pollutants by Sedimentation. Collected papers from the first Mediterranean workshop, (Villefranch-sur-Mer, France, 10-12 December (1987). *MAP Technical Reports Series No. 45*, UNEP, Athens, (1990) pp: 207-18.

Favretto, L. and Tunis, F., Typical Level of Lead in *Mytilus galloprovincialis* Lmk. from the Gulf of Trieste. *Rev. Intern. Océanogr. Méd.*, XXXIII, 67-74, (1974).

Figueres, G., Martin, J.M., Meybeck, M. and Seyler, P., A Comparative Study of Mercury Contamination in the Tagus Estuary (Portugal) and Major French Estuaries (Gironde, Loire, Rhone). In: *Papers presented at the FAO/UNEP/WHO/IOC/IAEA Meeting on the Biogeochemical Cycle of Mercury in the Mediterranean.* (1986) pp: 78-98.

Forsberg, A^o., Söderlund, S., Frank, A., Peterson, L.R. and Pedersén, M., Studies on Metal Content in the Brown Seaweed, *Fucus vesiculosus*, from the Archipelago of Stockholm. *Environ. Pollut.*, 49, 245-63, (1988).

Fowler, S.W., Trace Elements in Zooplankton Particulate Products. *Nature*, 269, 51-2, (1977).

Güner, H., Aysel, V., Özelsel, S. and Sukatar, A., Periodical Variation of Trace Element Accumulation in Some Algae Found in the Bay of İzmir. *Rev. Intern. Océanogr. Méd.*, LXXXV-LXXXVI, 52-55, (1987).

Hacısalıhoğlu, g., Ölmez, İ., Balkaş, T., Tuncel, G., Eliyakut, F., Anwari, M., Ataman, O.Y. ve Tuncel, S., Karadeniz Atmosferinde Ölçülen Parçacıkların Kimyasal Kompozisyonu. *II. Uluslararası Ekoloji ve Çevre Sorunları Sempozyumu*, 5-7 Kasım 1992, Ankara, (1992) pp: 192-201.

Haraldson, C. and Westerlund, S., Trace Elements in the Water Columns of the Black Sea and from Varen Fjord, *Mar. Chem.*, 23, 417-24, 1988).

Haraldson, C. and Westerlund, S., Total and Suspended Cadmium, Cobalt, Copper, Iron, Lead, Manganese, Nickel and Zinc in the Water Column of the Black Sea. In: *Black Sea Oceanography*. Eds: İzdar, E. & Murray, J.W., Kluwer Academic Publ., Netherland, (1991), p: 161-72.

Hardstedt-Romeo, M. and Laumond, F., Zinc, Copper and Cadmium in Zooplankton from the N.W.Mediterranean. *Mar. Pollut. Bull.*, 11, 133-8, (1980)

Honjo, S., Hay, B.J., Manganini, S.J., Asper, V.L., Degens, E.T., Kempe, S., Ittekkot, V., İzdar, E., Konuk, Y.T. and Benli, H.A., Seasonal Cyclicity of Lithogenic Particle Fluxes at a Southern Black Sea Sediment Trap Station. *Mitt. Geol. Palaont. Inst. Univ. Hamburg. SCOPE/UNEP Sonderband. 62*, 19-39, (1987).

Hornung, H., Krumgalz, B.S. and Cohen, Y., Mercury Pollution in Sediments, Benthic Organisms and Inshore Fishes of Haifa Bay, Israel. *Mar. Environ. Res.* 12, 191-208, (1984).

Hornung, H., Assessment of Mercury Pollution in Coastal Marine Sediments and in Benthic Organisms. In: *Papers presented at the FAO/UNEP/WHO/IOC/IAEA Meeting on the Biogeochemical Cycle of Mercury in the Mediterranean*. (1986) pp: 104-10.

- Karaçam, H. ve Düzgüneş, E.**, Trabzon Sahil Şeridi Fitoplanktonu Üzerinde bir Araştırma. *Ist. Üniv. Su Ürünleri Dergisi*, 4, 95-102, (1990).
- Kendler, B.S.**, Lead: An Element of Danger. *Caroline Biological Supply Company*, 56 (1), 1-3, (1993).
- Knauer, G.A. and Martin, J.H.**, Seasonal Variations of Cadmium, Copper, Manganese, Lead and Zinc in Water and Phytoplankton in Monterey Bay, California. *Limnol. Oceanogr.*, 18, 597-604, (1973).
- Komarov, A.V. and Shimkus, K.M.**, Features of the Seasonal Arrival and Accumulation of Pollutants in the Novorossiysk-Gelendzhik Region of the Black Sea, and the Ecological Consequences. In: *Assessment of Land-Based Sources of Marine Pollution (LBSMP) in the Seas Adjacent to the Commonwealth of Independent States (CIS). Papers from the Advisory Committee on Protection of the Sea Conference Held in Sevastopol, Crimea, Ukraine, from 6th to 10th April 1992.* (1994) pp: 145-7.
- Lewis, B.L. and Landing, W.M.**, The Investigation of Dissolved and Suspended-Particulate Trace Metal Fractination in the Black Sea. *Mar. Chem.*, 40, 105-41, (1992).
- Luoma, S.N. and Bryan, G.W.**, Factors Controlling the Availability of Sediment-Bound Lead to the Estuarine Bivalve, *Scrobicularia plana*. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, 58, 793-802, (1978).
- Luoma, S.N. and Bryan, G.W. & Langston, W.J.**, Scavenging of Heavy Metals from Particulates by Brown seaweed. *Mar. Pollut. Bull.*, 13, 94-6, (1982).

- Majori, L., Nedoclan, G., Daris, F. and Modonutti, G.B.,** Mercury Distribution in *Mytilus galloprovincialis* Lmk. in Northern Adriatic Lagoons and Coastal Areas. *Rev. Intern. Océanogr. Méd.*, Tomes 101-102-103-104, 214-7, (1991)
- Majori, L., Daris, F., Nedoclan, G., Modonutti, G.B. and Mattassi, G.,** Metal Distribution (Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn) in Northern Adriatic Lagoon Sediments and Interrelationships with the Concentrations Found in Bioindicators (*Mytilus galloprovincialis* Lmk.). *Rev. Intern. Océanogr. Méd.*, Tomes 101-102-103-104, 221-4, (1991).
- Mironov, O.G.,** The Composition of Organic Components of Surface-Water Discharges in the Area of Sevastopol. In: *Assessment of Land-Based Sources of Marine Pollution (LBSMP) in the Seas Adjacent to the Commonwealth of Independent States (CIS). Papers from the Advisory Committee on Protection of the Sea Conference Held in Sevastopol, Crimea, Ukraine, from 6 th to 10 th April 1992.* (1994) pp: 157-9.
- Nauen, C.E.,** Compilation of Legal Limits for Hazardous Substances in Fish and Fisheries Products. *FAO Fish. Circ.*, 764, (1983), pp: 102.
- Nolan, C.,** Trace Metal Accumulation in Molluscs: the Effects of Variables and Variability on Sampling Strategies. In: *Proceedings of the FAO/UNEP/IAEA Consultation Meeting on the Accumulation and Transformation of Chemical Contaminants by Biotic and Abiotic Processes in the Marine Environment.* (La Spezia, Italy, 24-28 September 1990). Edited by G.P. Gabrielides. *MAP Technical Reports Series* No. 59. UNEP, Athens, (1991), pp: 259-77.

- Noriki, S., Ishimori, N., Harada, K. and Tsunogai, S., Removal of Trace Metals from Seawater During a Phytoplankton Bloom as Studied with Sediment Traps in Funaka Bay, Japan. *Mar. Chem.*, 17, 75-89, (1985).
- Oğuz, T., La Violette, P.E. and Ünlüata, Ü., The Upper Layer Circulation of the Black sea: its Variability as Inferred from Hydrographic and Satellite Observations. *J. Geophys. Res.*, 97, 12,569-12,584, (1992).
- Oğuz, T. Latun, V.S., Latif, M.A., Vladimirov, V.V., Sur, H.İ., Markov, A.A., Özsoy, E.,Kotovshchikov, B.B., Eremeev, V.V. and Ünlüata, Ü., Circulation in the Surface and Intermediate Layers of the Black Sea. *Deep Sea Res.*, 40, 1597-1612, (1993)
- Oregon, B. and Fukai, R., Distribution of Different Chemical Forms of Lead in Mediterranean Sediments. *Ves Journees Etudes Pollution*. p: 243-250, CIESM, Cagliari (1981).
- Orren, M.J., Eagle, G.A., Hennig, H.F-K.O and Green, A., Variations in Trace Metal Content of the Mussel *Choromytilus meridionalis* (Kr.)with Season and Sex. *Mar. Pollut. Bull.*, 11, 253-7, (1980).
- Öztürk, M., Sinop'un Koy ve Limanlarında Yayılım Gösteren *Patella coeruleae* L. ve *Enteromorpha linza* (L.) J. Agardh Türlerindeki Ağır Metal Düzeyleri. *Tr. J. of Biology*, 18, 195-211, (1994).
- Pecheanu, I., Contenu de Certains Métaux Lourds dans les Sédiments Superficiels du Bassin du Port de Constanza. *VI^{es} J. Etude Pollut.*, Cannes, C.I.E.S.M. (1982a) pp: 435-38.

- Pecheanu, I.**, Contenu et Distribution de Certains Ions Métalliques dans des Sédiments Superficiels de L'Ouest de la Mer Noire *VI^{es} J. Etude Pollut.*, Cannes, C.I.E.S.M. (1982b) pp: 439-42.
- Petkevich, T.A. and Stepanyuk, I.A.**, The Seasonal Variability of the Chemical Elementary Composition of Black Sea Mussels. *Biyologiya Morya*, 22, 77-85, (1971).
- Phillips, D.J.H.**, The Common Mussel *Mytilus edulis* as an Indicator of Pollution by Zinc, Cadmium, Lead and Copper. I. Effects of Environmental Variables on Uptake of Metals. *Mar. Biol.*, 38, 59-69, (1976a).
- Phillips, D.J.H.**, The Common Mussel *Mytilus edulis* as an Indicator of Pollution by Zinc, Cadmium, Lead and Copper. II. Relationship of Metals in the Mussel to Those Discharged by Industry Metals. *Mar. Biol.*, 38, 71-80, (1976b).
- Phillips, D.J.H.**, The Common Mussel *Mytilus edulis* as an Indicator of Trace Metals in Scandinavian Waters: II. Lead, Iron and Manganese. *Mar. Biol.*, 46, 147-56, (1978).
- Rapin, F., Fernex, F., Favarger, P.Y., Vernet, J.P. and Van Dievoet, E.**, Répartition du Mercure dans les Sédiments Marins Superficiels du Plateau Continental de la Cote d'Azur (France, Méditerranée). *Rev. Int. Océanogr. Méd.*, Tomes LIII-LIV, 41-9, (1979).
- Rapin, F. and Fernex, F.**, Teneurs en Métaux Lourds dans les Sédiments des Baies de Nices et de Villefranche-Sur-Mer (Méditerranée, France) Origine des Contaminations. *Rev. Int. Océanogr. Méd.*, Tomes LXIII-LXIV, 85-96, (1981).

- Renzoni, A., Bacci, E. and Falciai, L.**, Mercury Concentration in the Water, Sediments and Fauna of an Area of the Tyrrhenian Coast. *Rev. Int. Océanogr. Méd.*, Tomes XXXI-XXXII, 17-45, (1973).
- Romeo, M. and Gnassia-Barelli, M.**, Metal Uptake by Different Species of Phytoplankton in Culture. *Hydrobiologia.*, 123, 205-9, (1985).
- Roth, I. and Harnung, H.**, Heavy Metal Concentrations in Water, Sediment and Fish from Mediterranean Coastal Area. *Israel Environ. Sci. Technol.*, 11, 265-69, (1977).
- Rönnerberg, O., Adjers, K., Ruokolahti, C. and Bondestam, M.**, *Fucus vesiculosus* as an Indicator of Heavy Metal Availability in a Fish Farm Recipient in the Northern Baltic Sea. *Mar. Pollut. Bull.*, 21, 388-392, (1990).
- Satsmadjis, J. and Voutsinou-Taliadouri, F.**, *Mytilus galloprovincialis* and *Parapenaeus longirostris* as Bioindicators of Heavy Metal and Organochlorine Pollution. *Mar. Biol.*, 76, 115-24, (1983).
- Saydam, A.C., Yılmaz, A., Salihoğlu, İ. ve Baştürk, B.**, Batı Karadeniz' in Oşinografisi "Kimyasal Oşinografi" *Tekn. Rap.*, ODTÜ- Deniz Bil. Enst. Cilt II, (1989) pp: 108.
- Serbanescu, O., Munteanu, G., Pecheanu, I. and Mihnea, R.**, *Mytilus galloprovincialis* de la Cote Romaine de la Mer Noire, Facteur de Concentration en Metaux Lourds. *Ves Journees Etudes Pollution*, Cagliari, CIESM, (1980) 573-576.

Spencer, D:W. and Brewer, P.G., Vertical Advection Diffusion and Redox Potentials as Controls on the Distribution of Manganese and other Trace Metals Dissolved in Waters of the Black Sea. *J. Geophys. Res.*, 76, 5877-92, (1971).

Türkan, I., Öztürk, M. and Sukatar, A., Heavy Metal Accumulation by the Algae in the Bay of İzmir, Turkey. *Rev. Int. Océanogr. Méd.*, LXXXIII-LXXXIV, 71-76, (1989).

UNEP/ECE/UNIDO/FAO/UNESCO/WHO/IAEA, Pollutants from Land-Based Sources in the Mediterranean. *UNEP Regional Seas Reports and Studies* No:32, UNEP, (1984).

UNEP/FAO/IAEA/IOC., 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 (1984a), pp: 17.

UNEP/FAO/IAEA/IOC., Determination of Total Cadmium, Zinc, Lead and Copper in Selected Marine Organisms by Flameless Cold Vapour Atomic Absorption Spectrophotometry. *Reference Methods for Marine Pollution Studies*, No:11, Rev. 1, UNEP (1984b), pp: 21.

UNEP/FAO, Baseline Studies and Monitoring of Metals, Particularly Mercury and Cadmium, in Marine Organisms(MED POL II). *MAP Technical Reports Series* No. 2 UNEP, Athens (1986) pp: 45-55; 125-39; 205-16.

UNEP/FAO/WHO, Assessment of the State of Pollution of the Mediterranean Sea by Mercury Compunds. *MAP Technical Reports Series*. No:18, UNEP, Athens (1987), pp: 354.

UNEP/WHO, Assessment of the State of Pollution of the Mediterranean Sea by Zinc, Copper and their Compounds. *Joint Meeting of the Scientific and Technical Committee and the Socio-Economic Committee*. Athens, 3-8 April (1995) pp: 121

Ünsal, M., Doğan, M., Ataç, Ü., Yemenicioğlu, S., Akdoğan, Ş., Kayıkçı, Y., ve Aktaş, M., Orta ve Doğu Karadeniz'de Ekonomik Önemi Olan Deniz Organizmalarında Ağır Metallerin Belirlenmesi. *Sonuç Raporu*, ODTÜ-Deniz Bilimleri Enstitüsü, Erdemli,(1992), pp: 52.

Ünsal, M., Bekiroğlu, Y., Akdoğan, Ş., Ataç, Ü.,Kayıkçı.Y., Alemdağ, N., Aktaş, M. ve Yıldırım, C., Batı Karadeniz'de Ekonomik Önemi Olan Bazı Deniz Ürünlerinde Ağır Metallerin Belirlenmesi. *Sonuç Raporu*, ODTÜ-Deniz Bilimleri Enstitüsü, Erdemli,(1993), pp: 78.

Ünsal, M. and Beşiktepe, Ş., A Preliminary Study on the Metal Content of Musseles, *Mytilus galloprovincialis* (Lmk.) in the Eastern Black Sea. *Tr.J.of Zoology*, 18, 265-71, (1994).

Vukadin, I., Tusek-Znidaric, M., Byrne, A.R. and Stegnar, P., Mercury and Methylmercury Distribution in Sediments and in *Mytilus galloprovincialis* from Kastela Bay (Central Adriatic).In: *Papers presented at the FAO/UNEP/WHO/IOC/IAEA Meeting on the Biogeochemical Cycle of Mercury in the Mediterranean*. (1986) pp: 163-67.

Wallace, G.T.Jr., The Association of Copper, Mercury and Lead with Surface-Active Organic Matter in Coastal Seawater. *Mar. Chem.*, 11, 379-94, (1982).

Yesin, N.V., Komarov, A.V. and Kos'yan, R.D., Measures to Improve the Ecological Situation in the Coastal Area of the North-Eastern Part of the Black Sea. in: *Assessment of the Land-Based Sources of Marine Pollution (LBSMP) in the Adjacent to the Commonwealth of Independent States (CIS). Papers from the Advisory Committee on Protection of the Sea Conference Held in Sevastopol, Crimea, Ukraine, from 6 th to 10 th April 1982.* (1994).

Yücesoy, M. and Ergin, M., Heavy Metal Geochemistry of Surface Sediments from the Southern Black Sea Shelf and Upper Slope. *Chem. Geol.*, 99, 265-87, (1992).

Zafirooulos, D., The Biogeochemical Cycle of Mercury: An overview. In: Paper Presented at the FAO/UNEP/WHO/IOC/IAEA Meeting on the Biogeochemical Cycle of Mercury in the Mediterranean. (Siena 27-31 Aug. 1984). *FAO Fish. Rep.*, 325 (Suppl.), 168-87, (1986).

T A B L O L A R

Tablo 1. Örnekleme istasyonlarının yerleri (*)

İstasyon No	Kaynak istasyonları
1 A,B,C	Hopa Karadeniz Bakır İşletmeleri
2 A,B,C	Trabzon-Sürmene Yeniay Bakır İşletmeleri
3 B,C	Trabzo-Yomra Shell ve Petrol Ofisi Dolum Tesisleri
4 A,B,C	Trabzon Değirmendere Sanayii
5 B,C	Trabzon Çimento Fabrikası
6 A,B,C	Trabzon-Akçaabat Kalanima Deresi
7 A,B,C	Giresun-Tirebolu Hurşit Çayı
8 A,B,C	Giresun SEKA Kağıt Fabrikası (Aksu Deresi)
9 A,B,C	Giresun-Bulancak Pazar Suyu
10 B,C	Ordu-Fatsa Et-Balık Kurumu
11 A,B,C	Samsun-Çarşamba Yeşilirmak
12 A,B,C	Samsun-Bafra Kızılırmak
13 B,C	Samsun-Alaçam Sürsan
14 B,C	Sinop Merkez Sanayii

Referans istasyonları

R ₁ B,C	Rize-Fındıklı
R ₂ B,C	Giresun-Eynesil
R ₃ B,C	Ordu-Ünye
R ₄ B,C	Sinop-Gerze

(*) A : Nehir, dere ya da atık su
 B : Kıyı
 C : Açık deniz

Tablo 2a. Örnekleme istasyonlarında ölçülen pH, çözülmüş oksijen (D.O.), sıcaklık (T°C), tuzluluk (S‰) ve seki disk (Sk.D.) değerleri

İst.	N İ S A N					T E M M U Z				
	pH	D.O. (mg/l)	(T°C)	S‰	Sk.D. (m)	pH	D.O. (mg/l)	(T°C)	S‰	Sk.D. (m)
1A	7.6	8.3	15.3	1.0	0.1	8.0	8.7	18.0	1.0	0.2
1B	7.8	8.6	14.2	10.0	0.2	8.0	8.5	24.5	18.0	1.5
1C	8.1	9.2	13.8	12.0	0.7	8.1	6.0	24.7	18.0	2.0
2A	9.1	7.9	14.3	14.0	0.25	8.7	4.0	25.0	1.0	0.5
2B	8.2	8.2	13.8	16.0	0.35	8.7	5.0	24.5	16.0	0.5
2C	8.3	8.6	13.5	18.0	0.4	8.6	5.3	24.4	18.0	0.5
3B	8.6	9.5	11.4	18.0	3.5	8.2	--	25.4	17.0	4.0
3C	8.8	9.7	10.9	18.0	4.0	8.2	7.6	25.4	18.0	4.0
4A	8.2	9.6	9.9	6.0	0.15	7.8	7.8	20.0	5.0	0.75
4B	8.7	9.2	11.7	12.0	0.2	7.9	7.7	22.0	10.0	0.8
4C	8.4	9.4	11.3	16.0	0.45	8.1	7.6	23.0	14.0	0.75
5B	8.6	8.7	12.7	10.0	1.0	8.2	7.8	21.4	10.0	0.5
5C	8.8	8.9	11.6	17.0	0.85	8.2	7.6	21.4	10.0	0.5
6A	7.4	9.9	9.8	7.0	0.35	7.8	9.1	17.2	1.0	0.3
6B	7.9	9.7	10.4	10.0	0.6	7.8	8.8	19.4	4.0	0.6
6C	8.2	9.8	10.2	16.0	1.0	7.8	8.9	20.1	14.0	1.0
7A	8.1	8.9	15.0	1.0	0.2	8.6	8.7	16.0	0.1	0.5
7B	8.0	8.7	15.4	8.0	0.5	8.7	8.4	17.0	0.2	0.5
7C	8.2	8.9	15.2	14.0	1.2	8.5	8.2	18.0	0.4	0.5
8A	7.8	8.9	10.7	2.0	0.15	8.2	8.6	16.0	0.2	0.4
8B	8.0	9.1	12.0	8.0	0.3	8.4	8.4	17.0	0.3	0.5
8C	8.2	9.3	11.8	12.0	0.65	8.6	8.6	17.0	0.2	0.5
9A	7.9	9.2	10.8	4.0	0.2	8.8	8.6	17.8	0.2	0.5
9B	8.2	9.0	11.9	14.0	0.3	8.8	8.7	17.7	0.2	0.5

Tablo 2a. (Devamı)

İst.	N İ S A N					T E M M U Z				
	pH	D.O. (mg/l)	(T°C)	S‰	Sk.D. (m)	pH	D.O. (mg/l)	(T°C)	S‰	Sk.D. (m)
9C	8.3	8.9	11.2	17.0	0.75	8.4	8.6	18.0	16.0	1.0
10B	8.2	8.6	15.1	18.0	2.0	8.3	5.0	22.2	18.0	2.0
10C	8.3	8.8	14.8	18.0	2.5	8.3	5.0	22.2	18.0	2.0
11A	7.4	8.9	12.8	1.0	0.25	8.2	8.7	18.7	0.2	0.5
11B	7.6	8.6	13.7	2.0	0.5	8.3	8.6	18.9	0.4	0.6
11C	8.1	8.7	13.3	8.0	1.0	8.2	8.8	17.8	0.8	0.8
12A	7.6	8.8	13.0	1.0	1.5	7.1	9.5	17.7	0.0	0.6
12B	8.0	8.6	13.8	2.0	2.5	8.9	8.0	18.0	0.0	0.6
12C	8.3	8.9	13.3	6.0	3.2	8.8	8.9	20.0	10.0	0.8
13B	7.9	8.9	13.7	18.0	1.5	8.5	7.0	21.8	17.0	0.5
13C	8.3	9.0	13.1	18.0	2.0	8.6	7.0	21.8	18.0	0.5
14B	8.3	8.7	10.8	20.0	1.0	7.2	7.8	19.0	18.0	1.0
14C	8.4	8.8	10.2	20.0	1.5	7.6	7.8	19.0	18.0	1.5
R ₁ B	8.2	9.6	12.8	18.0	3.0	8.2	9.6	25.8	18.0	3.5
R ₁ C	8.2	9.6	12.8	18.0	4.0	8.2	9.7	25.0	18.0	4.0
R ₂ B	8.3	8.8	15.6	16.0	0.75	8.5	6.7	21.3	18.0	3.0
R ₂ C	8.2	8.2	17.2	18.0	5.0	8.5	6.6	21.2	18.0	3.5
R ₃ B	8.2	8.2	17.2	18.0	5.0	8.5	6.6	21.8	18.0	1.0
R ₃ C	8.3	8.6	16.8	18.0	5.5	8.4	6.9	21.0	18.0	1.5
R ₄ B	7.8	8.6	14.0	16.0	2.0	8.5	7.4	19.3	18.0	2.0
R ₄ C	8.1	8.8	13.8	18.0	2.5	8.5	7.2	19.4	18.0	2.0

Tablo 2b. Örnekleme istasyonlarında ölçülen pH, çözülmüş oksijen (D.O.), sıcaklık (T°C), tuzluluk (S‰) ve seki disk (Sk.D.) değerleri

İst.	N İ S A N					T E M M U Z				
	pH	D.O. (mg/l)	(T°C)	S‰	Sk.D. (m)	pH	D.O. (mg/l)	(T°C)	S‰	Sk.D. (m)
1A	7.9	3.9	18.0	4.0	0.1	7.6	7.4	10.4	1.0	0.25
1B	8.2	5.6	16.0	16.0	0.4	8.4	7.9	10.7	17.0	1.0
1C	8.3	6.2	15.8	17.0	0.8	8.3	8.0	12.0	17.0	1.5
2A	7.9	4.2	12.0	2.0	0.3	7.4	4.0	8.2	1.0	0.5
2B	7.6	7.8	14.0	15.0	0.4	7.1	5.0	9.6	16.0	0.6
2C	7.3	8.3	15.5	17.0	0.5	7.8	5.3	9.5	18.0	0.8
3B	8.1	7.9	17.9	18.0	4.0	8.4	9.1	10.0	17.0	0.4
3C	8.4	8.0	17.8	18.0	4.0	8.5	9.6	9.9	18.0	2.0
4A	8.2	8.2	13.6	4.0	0.4	7.8	10.3	6.2	3.0	0.1
4B	8.3	8.3	17.2	9.0	0.8	8.0	9.9	7.0	13.0	0.1
4C	8.4	8.2	16.0	13.0	1.2	8.1	9.7	7.5	16.0	0.1
5B	8.4	8.2	17.4	18.0	1.35	8.5	8.7	9.9	14.0	0.7
5C	8.5	8.5	17.1	18.0	1.6	8.3	8.8	9.7	13.0	1.0
6A	8.7	9.6	13.8	2.0	0.35	8.4	10.8	5.2	1.0	0.2
6B	8.2	8.9	17.6	4.0	0.7	8.3	9.8	6.4	4.0	0.4
6C	8.3	9.2	17.4	13.0	1.4	8.2	9.7	6.8	15.0	0.55
7A	8.2	9.2	13.0	0.3	0.35	8.2	10.5	6.0	1.0	0.1
7B	8.6	8.8	15.0	0.4	0.7	8.4	9.7	6.7	3.0	0.2
7C	8.4	9.2	14.0	6.0	1.2	8.5	9.6	6.9	13.0	0.6
8A	8.0	9.2	13.0	0.1	0.4	7.6	10.8	8.2	1.0	0.15
8B	8.2	8.9	14.0	0.2	0.6	7.8	10.4	8.8	4.0	0.3
8C	8.3	9.2	13.0	0.4	0.8	8.2	9.8	8.9	14.0	0.7
9A	8.4	8.2	15.0	0.1	0.3	7.8	11.2	8.0	0.8	0.16
9B	8.2	8.4	14.0	0.1	0.4	7.9	10.8	8.2	12.0	0.3

Tablo 2b. (Devamı)

İst.	N İ S A N					T E M M U Z				
	pH	D.O. (mg/l)	(T°C)	S‰	Sk.D. (m)	pH	D.O. (mg/l)	(T°C)	S‰	Sk.D. (m)
9C	8.2	9.2	13.2	15.0	0.8	8.0	9.1	10.9	15.0	0.7
10B	8.2	8.7	17.4	17.0	2.6	7.5	5.8	9.9	9.4	1.0
10C	8.4	8.9	15.3	18.0	2.8	7.8	6.2	9.2	17.0	2.0
11A	8.1	8.8	16.2	0.1	0.2	7.4	11.3	8.1	0.7	0.1
11B	8.0	8.9	15.8	0.3	0.5	7.9	10.4	8.7	5.0	0.3
11C	8.2	9.1	15.2	0.7	0.8	8.1	10.2	8.9	13.0	0.7
12A	6.8	9.8	16.5	0.2	1.5	6.3	12.5	8.3	0.8	0.15
12B	7.1	9.1	17.2	0.4	2.5	7.8	10.1	8.7	5.0	0.3
12C	8.2	7.9	18.2	10.0	3.0	8.1	9.9	8.9	13.0	0.7
13B	8.6	8.1	17.4	18.0	1.6	8.3	8.8	9.4	17.0	0.15
13C	8.3	8.4	16.9	18.0	2.2	8.1	8.7	9.6	18.0	0.8
14B	8.7	8.5	17.0	18.0	2.8	8.2	9.8	8.9	16.0	0.2
14C	8.5	8.7	16.8	18.0	3.2	8.5	8.3	8.9	18.0	0.9
R ₁ B	8.3	9.0	16.5	18.0	4.0	8.5	11.1	9.7	18.0	0.8
R ₁ C	8.2	9.1	16.3	18.0	6.0	8.4	10.8	10.0	18.0	0.1
R ₂ B	8.3	7.9	18.2	18.0	1.5	8.0	10.6	8.5	17.0	0.5
R ₂ C	8.4	8.3	17.8	18.0	2.6	8.2	10.8	8.2	18.0	1.5
R ₃ B	8.2	8.9	16.4	18.0	4.0	8.0	8.9	8.5	17.0	0.2
R ₃ C	8.3	9.2	15.7	18.0	4.5	8.1	9.2	8.6	18.0	0.8
R ₄ B	8.9	8.2	17.8	18.0	2.2	8.3	8.8	9.8	16.0	2.0
R ₄ C	8.8	8.1	18.0	18.0	2.7	8.2	8.8	9.2	17.0	6.0

Tablo 3. Toplam askı yükte farklı örnekleme zamanlarında ölçülen metal konsantrasyonlarının genel ortalaması ($\mu\text{g g}^{-1}$, yaş ağırlık)

	Hg	Cu	Pb
1A	2.15 ± 2.0	36580.67 ± 29622.1	1948.50 ± 2301.8
1B	9.56 ± 11.4	14738.00 ± 18304.8	1065.74 ± 1476.2
1C	8.69 ± 5.0	13627.69 ± 6544.4	671.08 ± 916.7
2A	1.77 ± 2.3	1843.00 ± 916.9	66.31 ± 82.0
2B	2.62 ± 1.5	3973.75 ± 2569.9	59.72 ± 110.3
2C	15.56 ± 28.2	4305.83 ± 4731.0	127.48 ± 99.8
3B	1.22 ± 0.7	5.48 ± 3.0	2.91 ± 2.5
3C	17.43 ± 32.1	229.75 ± 331.5	10.35 ± 6.4
4A	1.92 ± 1.3	16.01 ± 9.9	96.66 ± 141.7
4B	2.64 ± 3.6	32.51 ± 16.1	252.60 ± 315.3
4C	1.46 ± 1.4	123.20 ± 184.3	97.78 ± 174.3
5B	24.27 ± 46.8	38.77 ± 24.4	15.39 ± 13.4
5C	1.85 ± 1.3	82.61 ± 111.0	7.81 ± 5.1
6A	0.83 ± 0.4	21.24 ± 5.3	4.79 ± 3.3
6B	2.85 ± 1.0	74.17 ± 96.6	7.92 ± 9.6
6C	4.03 ± 2.9	22.86 ± 15.2	10.21 ± 6.4
7A	0.65 ± 0.2	645.68 ± 1042.2	76.91 ± 68.2
7B	1.07 ± 0.5	339.75 ± 207.8	1192.00 ± 1240.0
7C	1.42 ± 0.6	220.75 ± 75.2	216.50 ± 87.0
8A	2.13 ± 1.4	738.11 ± 1176.7	15.15 ± 19.4
8B	0.76 ± 0.4	542.80 ± 960.8	9.37 ± 12.2
8C	0.90 ± 0.1	787.86 ± 1238.9	7.50 ± 9.3
9A	0.64 ± 0.3	55.10 ± 62.7	11.79 ± 14.2
9B	0.56 ± 0.4	25.35 ± 16.0	10.89 ± 5.8
9C	1.27 ± 0.7	30.49 ± 31.8	13.58 ± 16.6
10B	3.40 ± 3.7	117.76 ± 211.0	14.06 ± 12.2
10C	1.78 ± 0.4	114.98 ± 218.8	2.35 ± 1.4
11A	0.58 ± 0.3	106.79 ± 111.3	4.18 ± 2.9
11B	16.06 ± 27.0	41.82 ± 55.5	6.73 ± 6.4
11C	35.98 ± 36.4	11.59 ± 15.1	2.25 ± 0.1
12A	1.34 ± 1.8	35.02 ± 29.1	6.47 ± 3.0
12B	5.83 ± 8.6	79.33 ± 65.1	2.83 ± 1.9
12C	0.55 ± 0.3	87.65 ± 93.3	3.70 ± 1.8
13B	0.87 ± 0.8	45.60 ± 67.8	7.54 ± 8.9
13C	2.29 ± 1.4	49.14 ± 75.7	17.02 ± 23.9
14B	2.14 ± 2.1	496.89 ± 553.3	9.40 ± 4.4
14C	6.36 ± 10.8	1269.28 ± 1756.3	7.97 ± 4.1
R _{1C}	4.58 ± 8.5	32.32 ± 31.4	8.81 ± 5.7
R _{2B}	0.73 ± 0.9	75.00 ± 48.1	21.95 ± 10.6
R _{2C}	0.99 ± 0.7	27.26 ± 39.7	6.36 ± 10.0
R _{3B}	1.04 ± 0.7	14.64 ± 16.6	1.38 ± 1.9
R _{3C}	1.71 ± 2.1	88.47 ± 120.8	5.64 ± 5.6
R _{4B}	2.79 ± 1.3	51.00 ± 28.3	6.37 ± 6.5
R _{4C}	2.73 ± 3.1	115.02 ± 194.7	10.23 ± 8.5

Tablo 4. Sedimanda farklı örnekleme zamanlarında ölçülen metal konsantrasyonlarının genel ortalaması ($\mu\text{g g}^{-1}$, yaş ağırlık)

	Hg	Cu	Pb
1A	3.47 ± 1.4	16531.75 ± 20410.7	563.13 ± 543.1
1B	3.53 ± 1.8	17564.75 ± 23104.6	505.63 ± 423.2
1C	4.28 ± 1.7	11969.25 ± 7363.1	565.50 ± 407.7
2A	0.87 ± 0.7	5133.78 ± 4688.3	264.13 ± 192.8
2B	1.53 ± 1.0	4909.07 ± 3767.9	293.63 ± 287.3
2C	0.60 ± 0.3	8086.17 ± 10472.3	310.70 ± 341.5
3C	0.10 ± 0.1	1103.00 ± 875.4	9.30 ± 0.9
4A	0.88 ± 0.6	151.44 ± 165.8	55.72 ± 45.2
4B	0.24 ± 0.0	800.50 ± 17.7	19.00 ± 5.5
4C	0.46 ± 0.5	223.02 ± 250.7	34.89 ± 3.2
5B	0.46 ± 0.6	495.00 ± 146.9	36.33 ± 20.8
5C	0.40 ± 0.4	643.50 ± 328.0	38.60 ± 26.2
6A	0.45 ± 0.4	224.67 ± 164.8	15.68 ± 5.2
6B	0.59 ± 0.7	526.26 ± 810.0	20.13 ± 14.7
6C	0.10 ± 0.3	44.09 ± 1.1	9.00 ± 1.4
7A	0.69 ± 0.3	8400.75 ± 13743.7	617.75 ± 883.6
7B	0.42 ± 0.1	1699.00 ± 1015.9	147.60 ± 122.5
8A	0.90 ± 0.9	104.88 ± 106.1	378.58 ± 681.6
8B	1.25 ± 1.7	127.75 ± 83.9	10.05 ± 3.5
8C	0.10 ± 0.0	193.50 ± 122.3	16.50 ± 0.7
9A	0.35 ± 0.1	405.50 ± 497.9	109.38 ± 116.8
9C	0.78 ± 0.7	719.50 ± 578.0	78.65 ± 76.9
10B	0.41 ± 1.9	337.20 ± 265.8	9.10 ± 4.4
10C	0.50 ± 0.2	709.00 ± 607.4	10.87 ± 9.1
11A	3.18 ± 1.8	361.33 ± 362.6	22.98 ± 6.4
11B	2.02 ± 2.2	528.12 ± 357.0	38.74 ± 39.5
11C	0.29 ± 1.9	--	--
12A	2.15 ± 1.9	356.56 ± 591.9	11.32 ± 9.9
12B	4.00 ± 0.6	16.00 ± 1.6	6.43 ± 0.4
12C	0.86 ± 0.1	11.80 ± 0.5	6.22 ± 1.4
14B	0.40 ± 0.5	0.42 ± 0.2	3.77 ± 1.1
14C	0.05 ± 0.0	0.08 ± 0.0	3.06 ± 0.4
R _{1B}	0.10 ± 0.0	29.44 ± 4.6	1.47 ± 0.5
R _{1C}	0.08 ± 0.0	4.95 ± 2.6	1.73 ± 0.3
R _{3B}	0.37 ± 0.2	164.00 ± 508.7	5.56 ± 1.7
R _{3C}	0.54 ± 0.3	811.50 ± 485.8	5.96 ± 2.8
R _{4B}	1.02 ± 0.6	904.28 ± 1793.8	10.54 ± 7.4
R _{4C}	0.60 ± 0.6	11.38 ± 7.2	18.80 ± 11.9

Tablo 5. Midyelerde farklı örnekleme zamanlarında ölçülen metal konsantrasyonlarının genel ortalaması ($\mu\text{g g}^{-1}$, yaş ağırlık)

	Hg	Cu	Pb
1B	0.83 ± 0.0	3.05 ± 3.6	0.23 ± 0.1
1C	1.05 ± 0.3	36.94 ± 25.3	0.90 ± 0.5
3B	0.07 ± 0.1	1.02 ± 0.7	0.08 ± 0.1
3C	0.10 ± 0.0	0.92 ± 0.3	0.50 ± 0.1
4C	0.08 ± 0.0	1.84 ± 0.1	0.20 ± 0.1
5B	0.15 ± 0.0	1.11 ± 0.2	0.11 ± 0.1
5C	0.49 ± 0.2	1.30 ± 1.4	0.01 ± 0.0
6C	0.40 ± 0.4	1.08 ± 0.3	0.18 ± 0.2
8B	0.24 ± 0.1	1.64 ± 0.2	0.26 ± 0.1
9C	0.12 ± 0.1	1.08 ± 0.6	0.17 ± 0.2
10B	0.12 ± 0.0	1.17 ± 0.7	0.06 ± 0.0
10C	0.21 ± 0.0	1.72 ± 1.1	1.71 ± 3.1
13B	0.37 ± 0.3	0.86 ± 0.22	0.05 ± 0.0
13C	0.07 ± 0.0	0.62 ± 0.2	0.05 ± 0.0
14B	0.06 ± 0.0	0.81 ± 0.4	1.71 ± 1.9
14C	0.07 ± 0.1	0.93 ± 0.3	0.83 ± 1.3
R ₁ B	0.11 ± 0.0	0.93 ± 0.3	0.07 ± 0.0
R ₁ C	0.08 ± 0.0	1.05 ± 0.4	0.04 ± 0.0
R ₂ B	0.15 ± 0.0	0.80 ± 0.6	0.13 ± 0.2
R ₂ C	0.12 ± 0.1	0.82 ± 0.4	0.23 ± 0.3
R ₃ B	0.14 ± 0.2	0.96 ± 0.5	0.12 ± 0.1
R ₃ C	0.06 ± 0.1	0.63 ± 0.1	0.27 ± 0.1
R ₄ B	0.12 ± 0.1	0.91 ± 0.4	0.24 ± 0.3
R ₄ C	0.05 ± 0.0	0.86 ± 0.4	0.27 ± 0.2

Tablo 6. Makroalglerde farklı örnekleme zamanlarında ölçülen metal konsantrasyonlarının genel ortalaması ($\mu\text{g g}^{-1}$, yaş ağırlık)

	Hg	Cu	Pb
1B	0.60 ± 0.1	24.69 ± 0.7	--
1C	0.59 ± 0.1	714.33 ± 454.3	2.20 ± 0.3
3B	0.52 ± 0.3	1.54 ± 0.8	0.93 ± 0.6
3C	0.33 ± 0.3	1.62 ± 0.5	0.76 ± 0.3
4B	0.06 ± 0.0	1.73 ± 0.6	1.02 ± 0.8
4C	0.30 ± 0.4	1.16 ± 0.3	0.12 ± 0.1
5B	0.18 ± 0.1	3.04 ± 1.8	1.13 ± 0.5
5C	0.66 ± 0.7	1.63 ± 0.3	0.36 ± 0.2
6B	0.06 ± 0.0	0.92 ± 0.1	0.06 ± 0.0
6C	0.18 ± 0.1	1.33 ± 0.5	0.12 ± 0.0
8A	0.19 ± 0.1	3.20 ± 0.1	2.28 ± 0.5
8B	0.16 ± 0.2	4.15 ± 3.8	3.57 ± 4.9
8C	0.28 ± 0.1	3.14 ± 2.2	2.07 ± 2.5
9A	0.71 ± 0.2	4.07 ± 0.2	0.14 ± 0.1
9C	0.28 ± 0.1	1.06 ± 0.5	0.56 ± 0.6
10B	0.15 ± 0.3	3.43 ± 2.5	3.55 ± 5.7
10C	0.18 ± 0.1	2.82 ± 1.7	3.37 ± 5.0
11B	0.09 ± 0.1	0.69 ± 0.5	2.47 ± 0.0
12A	--	2.15 ± 0.6	0.89 ± 0.4
12B	0.19 ± 0.1	5.33 ± 3.5	1.90 ± 1.4
12C	0.03 ± 0.0	2.26 ± 0.4	0.37 ± 0.0
13B	0.27 ± 0.3	0.73 ± 0.3	0.09 ± 0.1
13C	0.14 ± 0.1	1.05 ± 0.6	1.40 ± 1.5
14B	0.29 ± 0.4	1.70 ± 1.4	0.17 ± 0.2
14C	0.31 ± 0.4	1.19 ± 0.4	0.38 ± 0.2
R _{1B}	0.50 ± 0.72	0.73 ± 0.5	0.12 ± 0.05
R _{1C}	0.17 ± 0.12	1.15 ± 1.1	0.39 ± 0.4
R _{2B}	1.04 ± 1.47	0.77 ± 0.1	0.33 ± 0.11
R _{2C}	0.13 ± 0.18	0.97 ± 0.8	0.20 ± 0.14
R _{3B}	0.07 ± 0.07	0.89 ± 0.4	0.08 ± 0.0
R _{3C}	0.38 ± 0.73	0.74 ± 0.4	0.33 ± 0.34
R _{4B}	0.90 ± 1.08	1.45 ± 1.0	0.26 ± 0.2
R _{4C}	0.20 ± 0.29	2.13 ± 2.0	0.21 ± 0.16

Tablo 7. Midyelerde ortalama cıva konsantrasyonlarının diğler bölgeler ve ölkelerle karşılaştırılması.

Bölge	Hg konsantrasyonu ($\mu\text{g g}^{-1}$, yaş ağırlık)	Referans
Akdeniz	19 - 35(*)	Capelli, 1986
Akdeniz	37 - 240(*)	UNEP/FAO/WHO, 1987
Ege Denizi	4.0 - 920.0(*)	Vasilikiotis, 1986
Marmara D.	140 - 170(*)	UNEP/FAO/WHO, 1987
Adriyatik D.	23.0 - 55.0(*)	Majori, 1991b
B. Karadeniz	0.01 - 0.61	Ünsal ve ark., 1993
D. Karadeniz	6.0 - 170.0(**)	Ünsal & Beşiktepe, 1994
Mevcut çalışma	0.05 - 1.05	Ünsal ve ark., 1995

(*): $\mu\text{g kg}^{-1}$

(**): ng g^{-1}

Tablo 8. Midyelerde ortalama bakır konsantrasyonlarının diğler bölgeler ve ülkelerle karşılaştırılması.

Bölge	Cu konsantrasyonu ($\mu\text{g g}^{-1}$, yaş ağırlık)	Referans
B. Karadeniz	6.74 - 10.08(*)	Serbanescu ve ark., 1980
B. Karadeeniz	1.11 - 4.11	Ünsal ve ark., 1993
Egin Körfezi (Saronikos K.)	4.94 - 7.11(*)	Mimicos ve ark., 1991
İst. Boğazı	6.3 - 14.7(*)	Akdoğan & Ünsal, 1993
Sinop civarı	0.42 - 0.47	Erdem & Öztürk, 1991
Adriyatik	.06 - 1.54	Majori ve ark., 1991b
D. Karadeniz	0.04 - 13.33	Ünsal & Beşiktepe, 1994
Mevcut çalışma; İstasyon 1	3.05 - 36.94	Ünsal ve ark., 1995
Diğler istl.	0.62 - 1.84	" " "

(*): Kuru ağırlık olarak (Kuru ağırlık yaş ağırlığın yaklaşık 1/5 ile 1/8'i arasında değişmektedir)

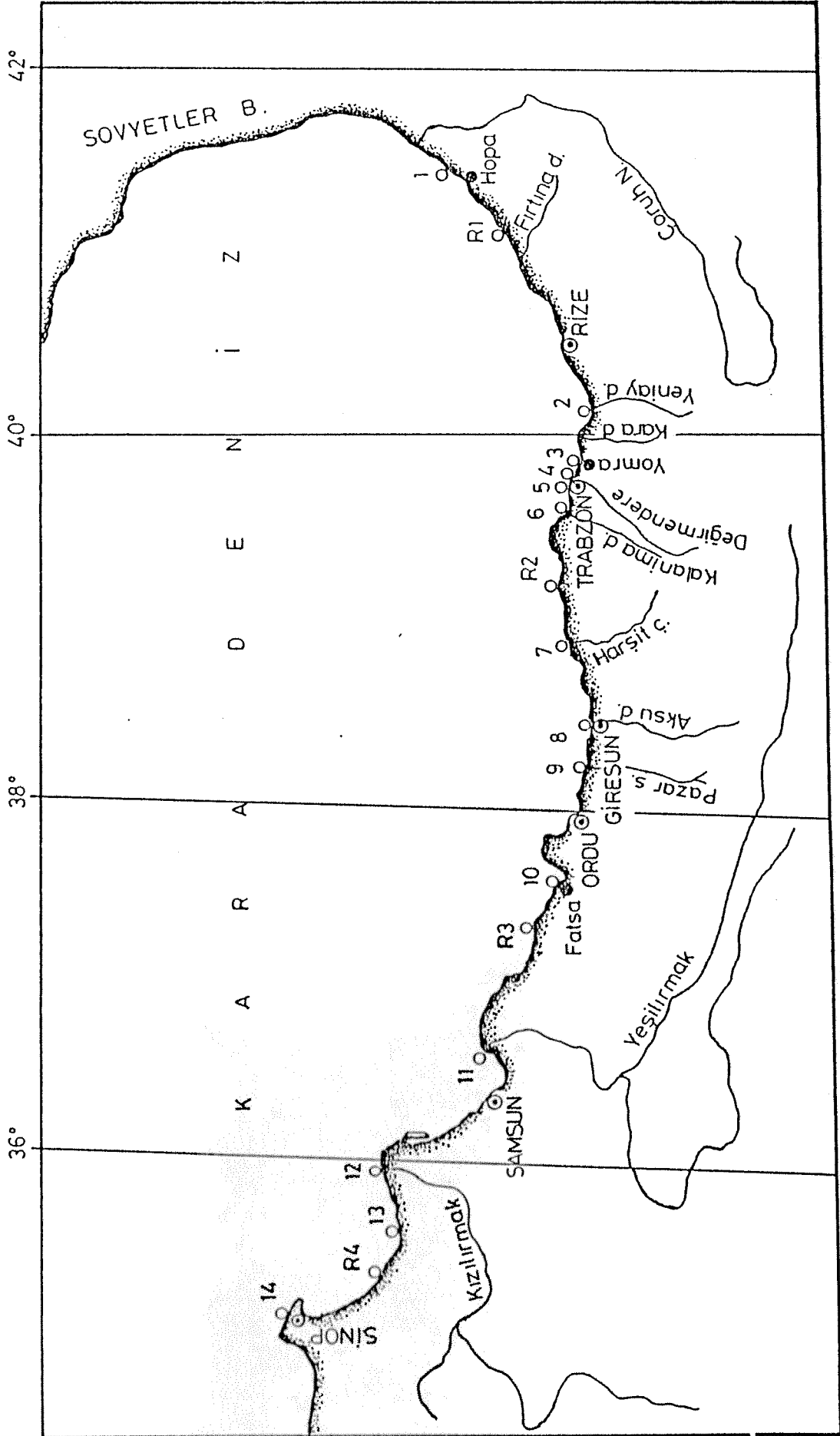
Tablo 9. Midyelerde ortalama kurşun konsantrasyonlarının diğler bölgeler ve ülkelerle karşılaştırılması.

Bölge	Cu konsantrasyonu ($\mu\text{g g}^{-1}$, yaş ağırlık)	Referans
Kuzey Adriyatik	0.32 - 1.17	Majori ve ark., 1991
Orta Adriyatik	366 - 650(*)	Gomiscek & Stegnar, 1986
B. Karadeniz	0.06 - 1.28	Ünsal ve ark., 1993
B. Karadeniz	A.H.D.A.(**)	Serbanescu ve ark., 1980
Sinop	0.832 - 0.710	Erdem & Öztürk, 1991
D. Karadeniz	0.03 - 1.28	Ünsal ve ark., 1992
Mevcut çalışma	0.01 - 1.71	Ünsal ve ark., 1995

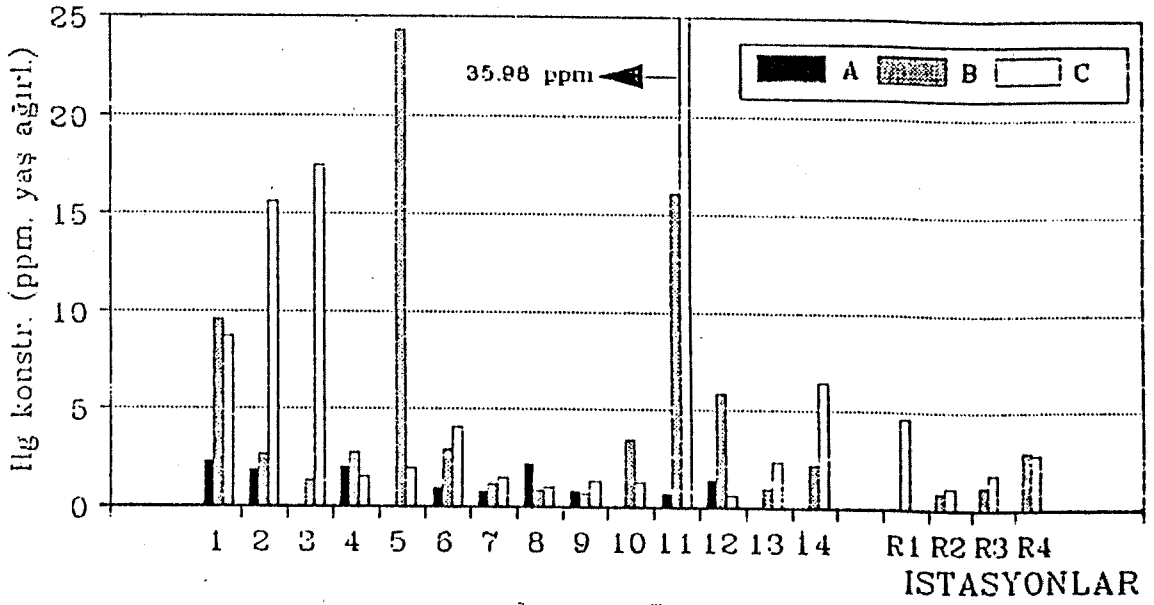
(*): $\mu\text{g kg}^{-1}$

(**): Aletin hassasiyet düzeyinin altında

Ş E K İ L L E R

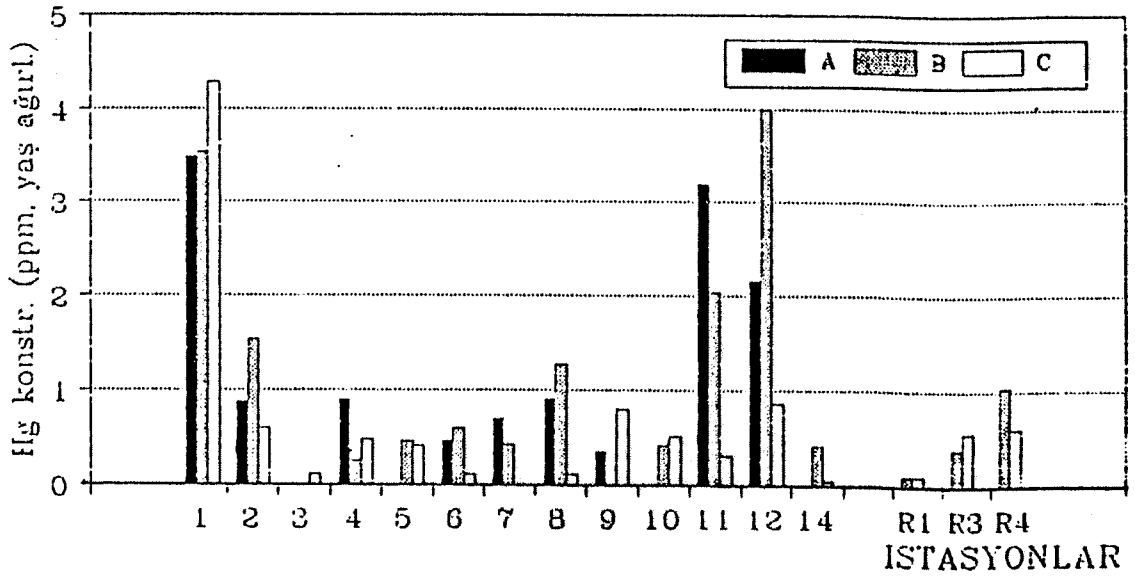


Şekil 1. Örnekleme istasyonları (R1, R2, R3, R4 referans istasyonları)



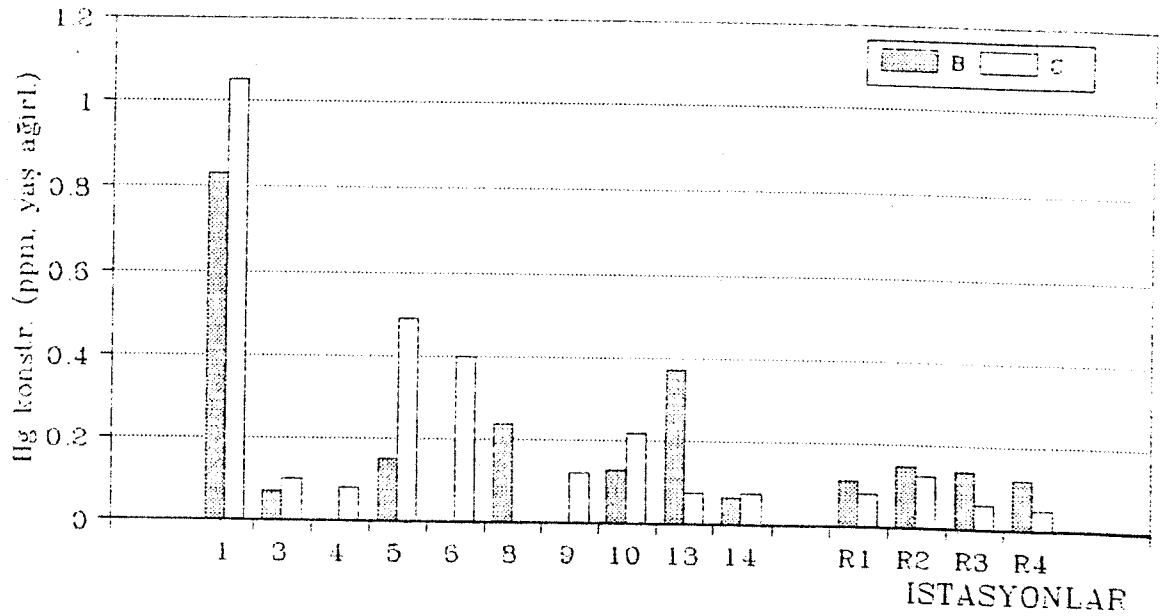
Şekil 2. Toplam askı yükte civa konsantrasyonlarının istasyonlara göre değişimi

- A: Kıydan 25m. geriden nehir, dere ya da atık sudan alınan örnekler
- B: Kıydan alınan örnekler
- C: Kıydan 25m. uzaklıkta denizden alınan örnekler



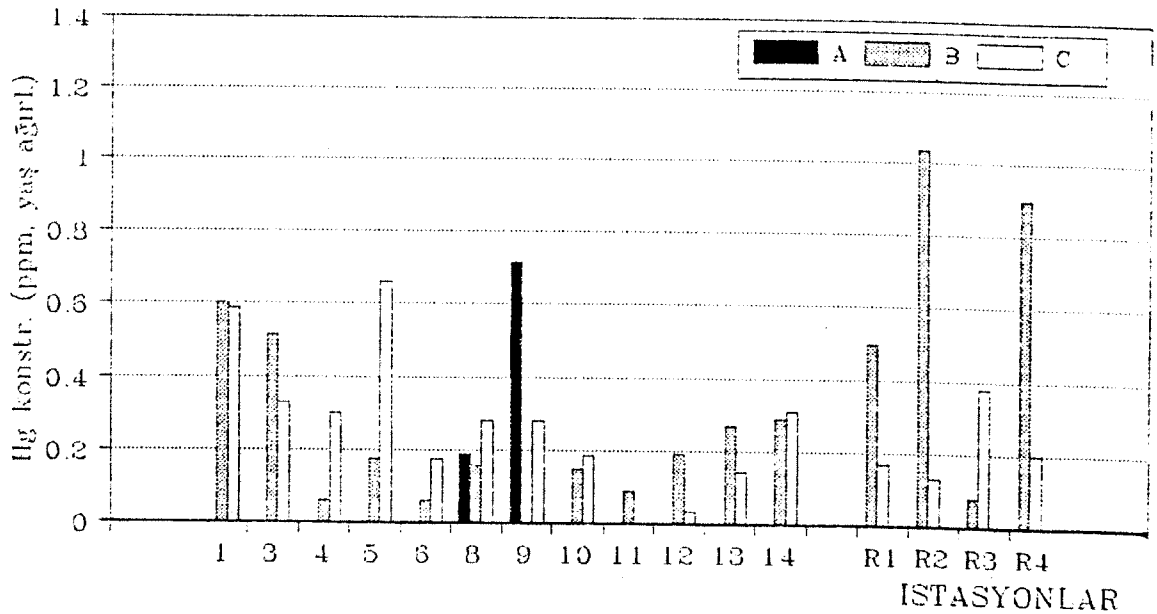
Şekil 3. Sedimanda civa konsantrasyonlarının istasyonlara göre değişimi

- A: Kıydan 25m. geriden nehir, dere ya da atık sudan alınan örnekler
- B: Kıydan alınan örnekler
- C: Kıydan 25m. uzaklıkta denizden alınan örnekler



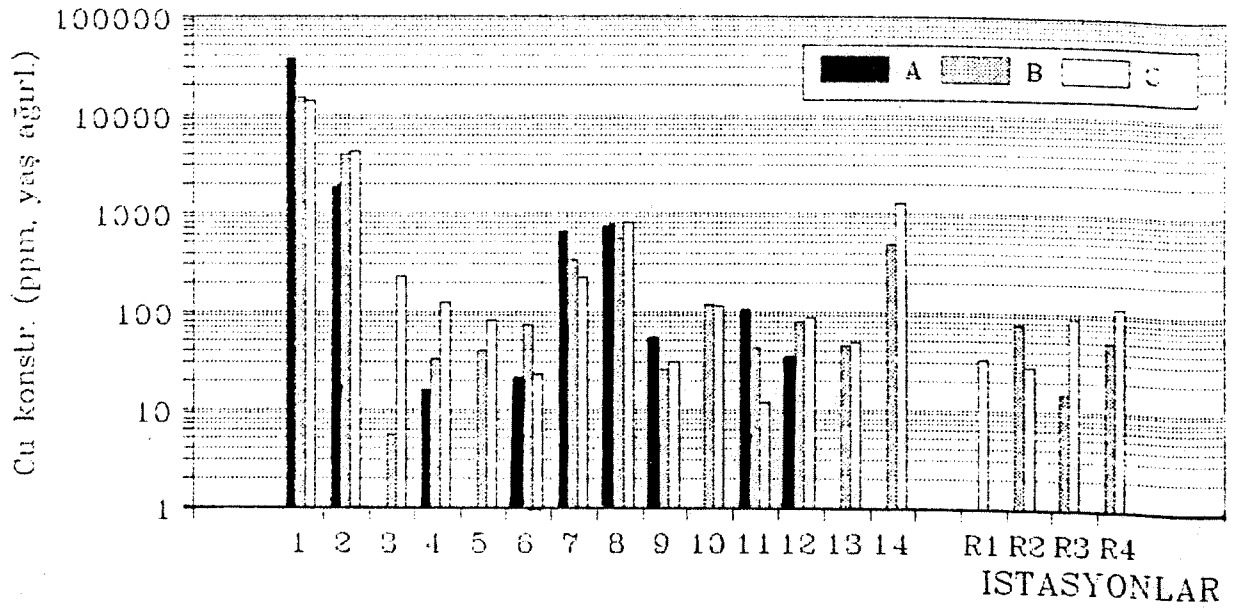
Şekil 4. Midyelerde cıva konsantrasyonlarının istasyonlara göre değişimi

- A: Kıyıda 25m. geriden nehir, dere ya da atık sudan alınan örnekler
 B: Kıyıda alınan örnekler
 C: Kıyıda 25m. uzaklıkta denizden alınan örnekler



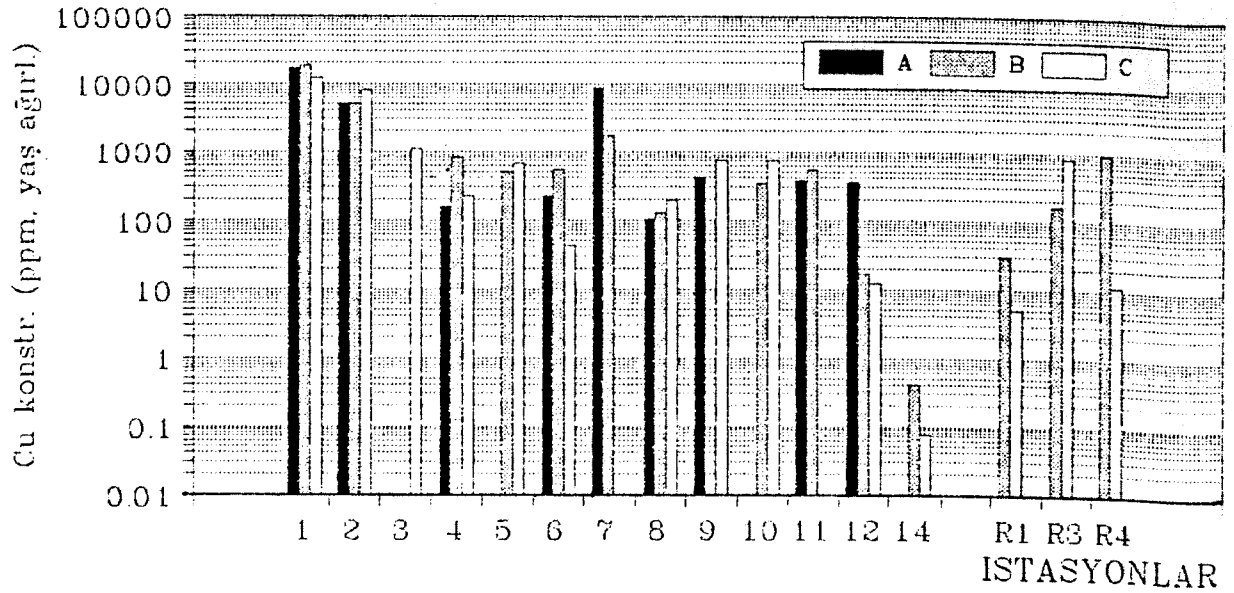
Şekil 5. Makroalgelerde cıva konsantrasyonlarının istasyonlara göre değişimi

- A: Kıyıda 25m. geriden nehir, dere ya da atık sudan alınan örnekler
 B: Kıyıda alınan örnekler
 C: Kıyıda 25m. uzaklıkta denizden alınan örnekler



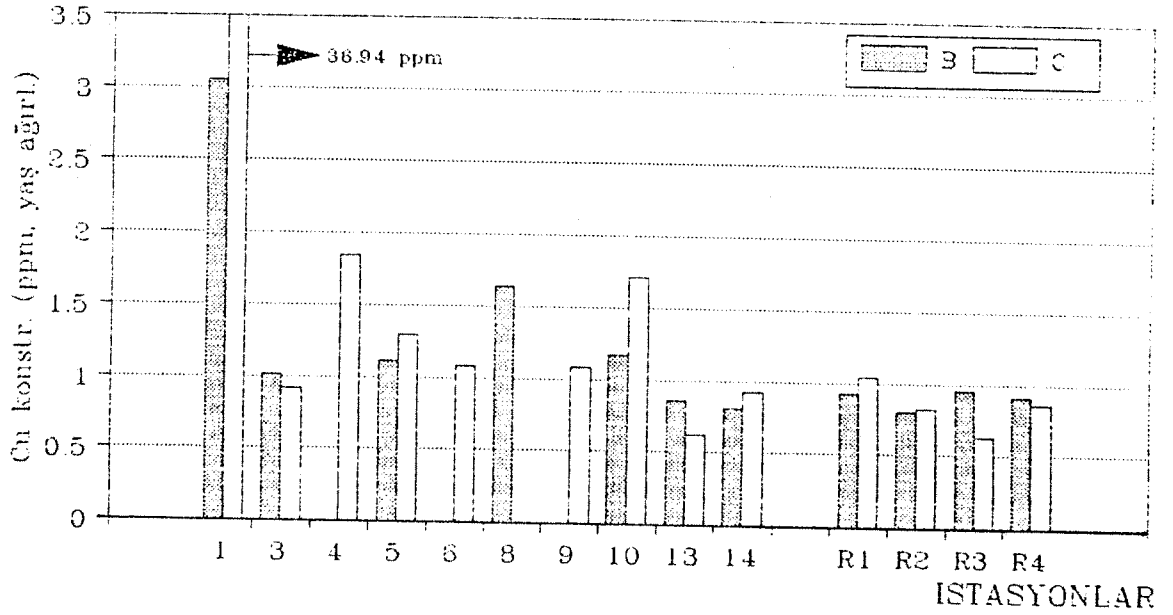
Şekil 6. Toplam askı yükte bakır konsantrasyonlarının istasyonlara göre değişimi

- A: Kıydan 25m. geriden nehir, dere ya da atık sudan alınan örnekler
 B: Kıydan alınan örnekler
 C: Kıydan 25m. uzaklıkta denizden alınan örnekler



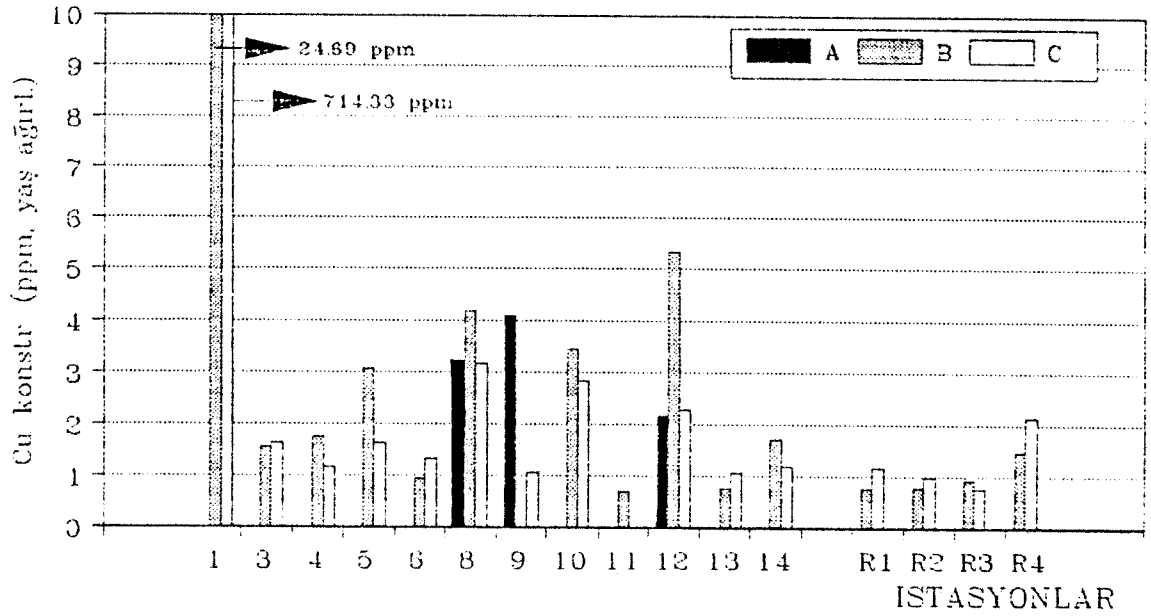
Şekil 7. Sedimanda bakır konsantrasyonlarının istasyonlara göre değişimi

- A: Kıydan 25m. geriden nehir, dere ya da atık sudan alınan örnekler
 B: Kıydan alınan örnekler
 C: Kıydan 25m. uzaklıkta denizden alınan örnekler



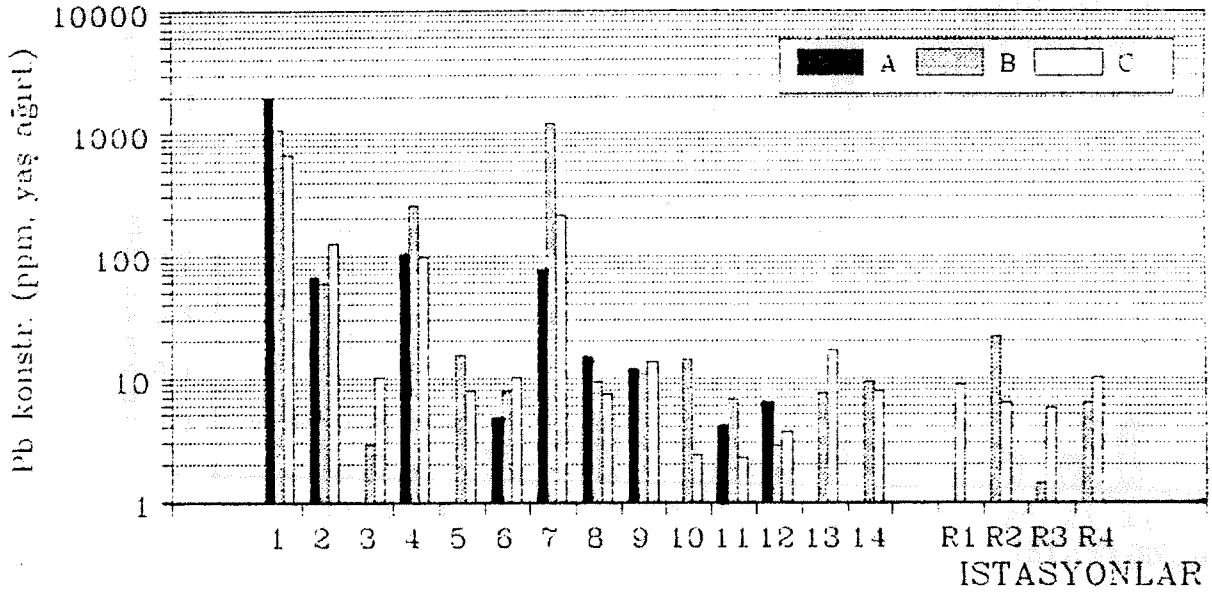
Şekil 8. Midyelerde bakır konsantrasyonlarının istasyonlara göre değişimi

- A: Kıyıdan 25m. geriden nehir, dere ya da atık sudan alınan örnekler
 B: Kıyıdan alınan örnekler
 C: Kıyıdan 25m. uzaklıkta denizden alınan örnekler



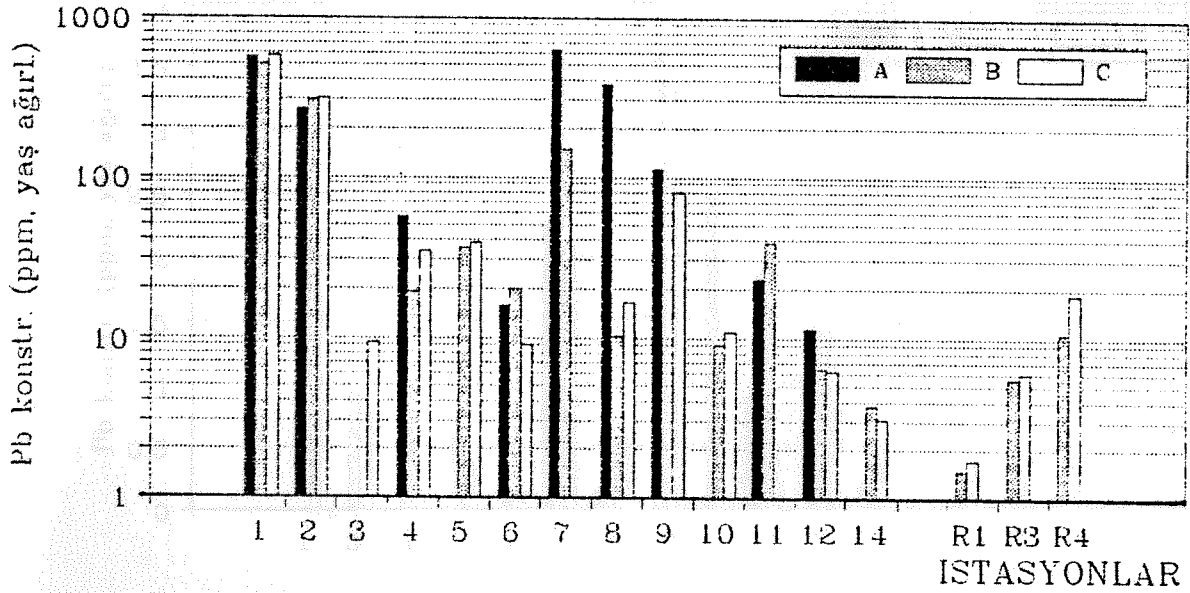
Şekil 9. Makroalglerde bakır konsantrasyonlarının istasyonlara göre değişimi

- A: Kıyıdan 25m. geriden nehir, dere ya da atık sudan alınan örnekler
 B: Kıyıdan alınan örnekler
 C: Kıyıdan 25m. uzaklıkta denizden alınan örnekler



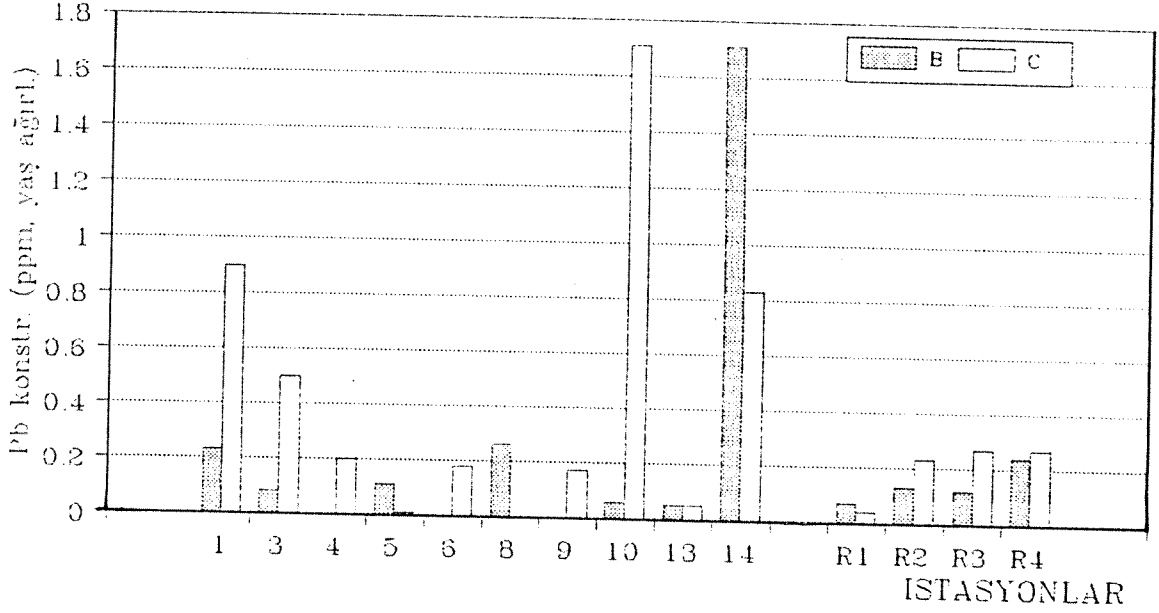
Şekil 10. Toplam askı yükte kurşun konsantrasyonlarının istasyonlara göre değişimi

- A: Kıyıdan 25m. geriden nehir, dere ya da atık sudan alınan örnekler
 B: Kıyıdan alınan örnekler
 C: Kıyıdan 25m. uzaklıkta denizden alınan örnekler



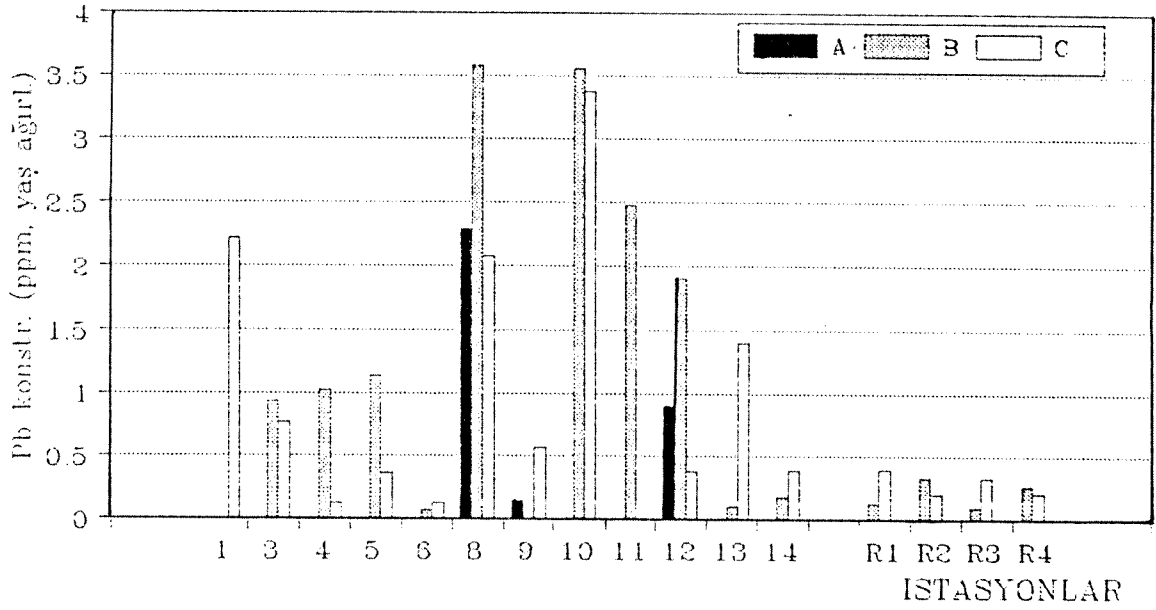
Şekil 11. Sedimanda kurşun konsantrasyonlarının istasyonlara göre değişimi

- A: Kıyıdan 25m. geriden nehir, dere ya da atık sudan alınan örnekler
 B: Kıyıdan alınan örnekler
 C: Kıyıdan 25m. uzaklıkta denizden alınan örnekler



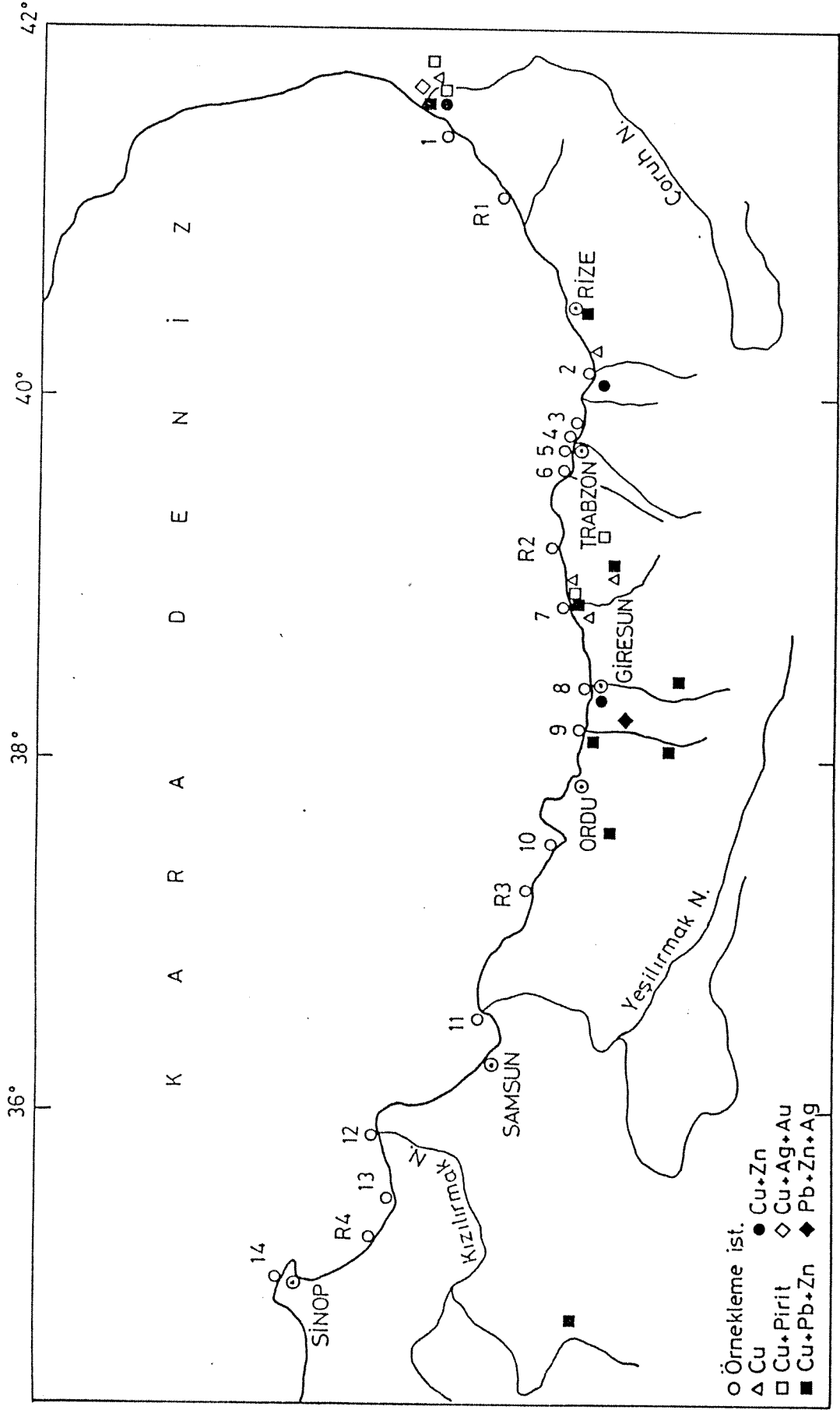
Şekil 12. Midyelerde kurşun konsantrasyonlarının istasyonlara göre değişimi

- A: Kıyıda 25m. geriden nehir, dere ya da atık sudan alınan örnekler
 B: Kıyıda alınan örnekler
 C: Kıyıda 25m. uzaklıkta denizden alınan örnekler

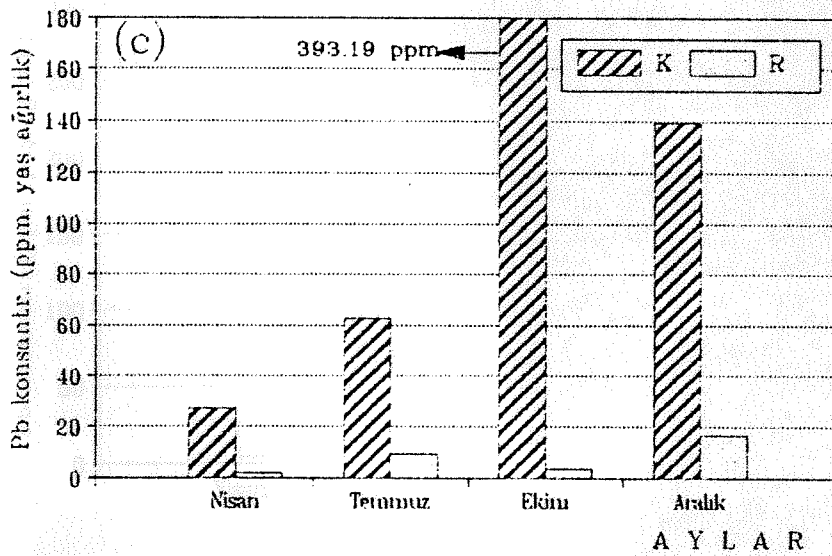
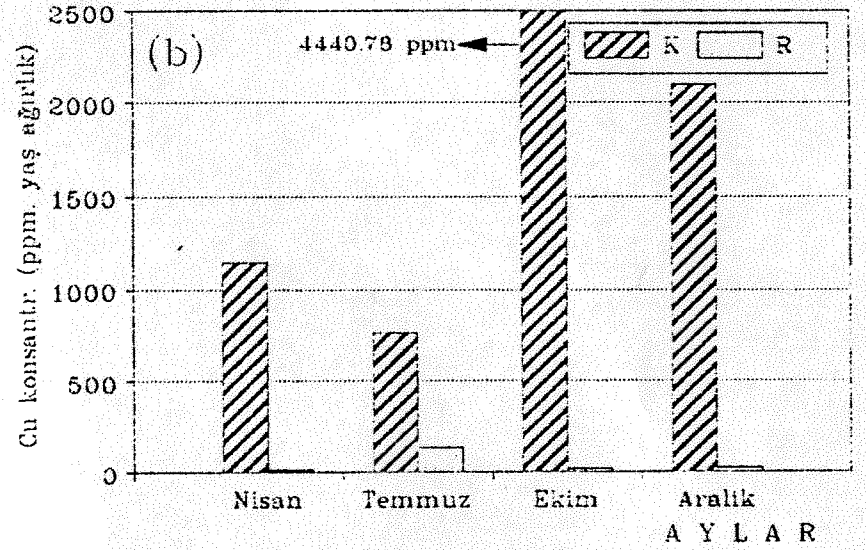
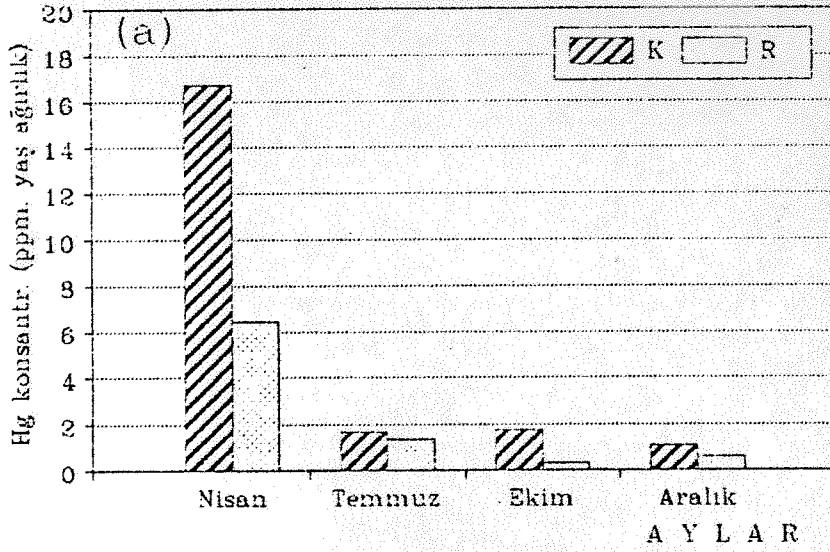


Şekil 13. Makroalgelerde kurşun konsantrasyonlarının istasyonlara göre değişimi

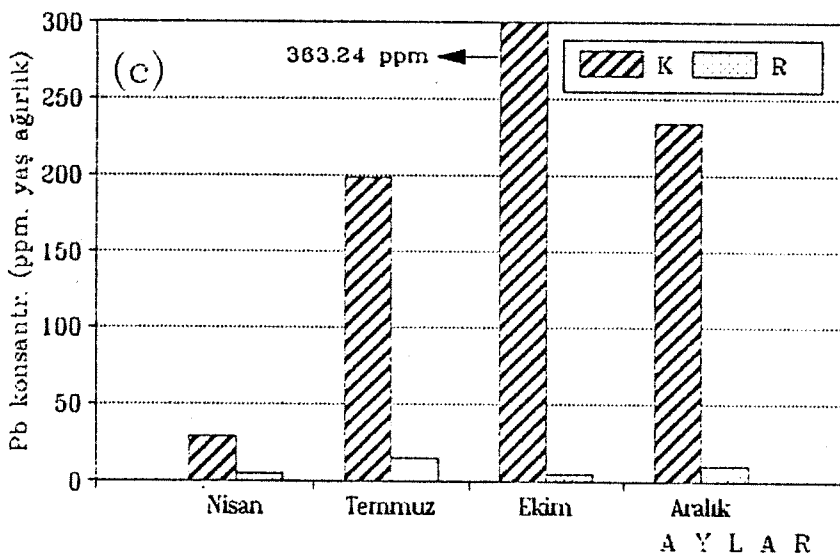
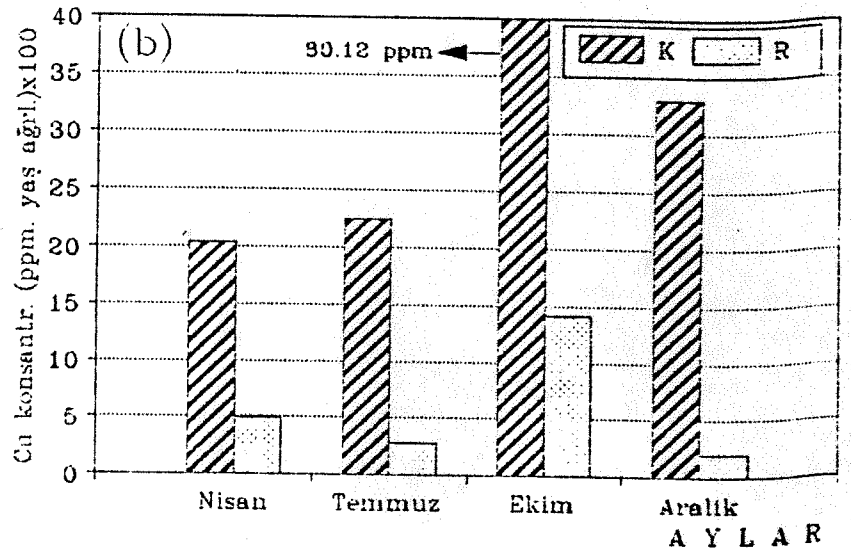
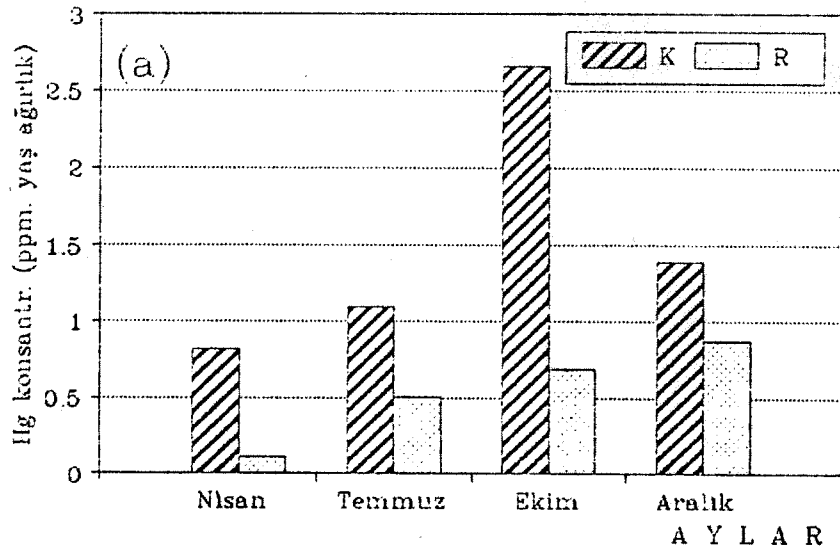
- A: Kıyıda 25m. geriden nehir, dere ya da atık sudan alınan örnekler
 B: Kıyıda alınan örnekler
 C: Kıyıda 25m. uzaklıkta denizden alınan örnekler



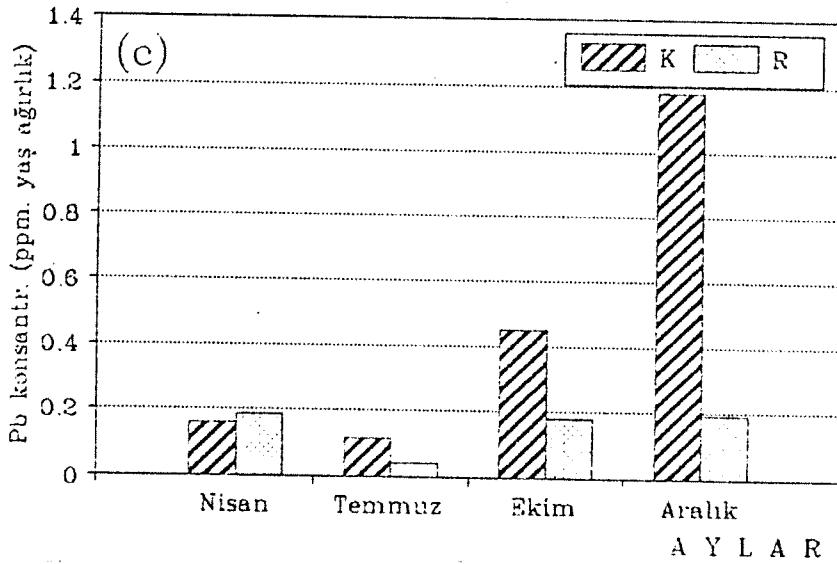
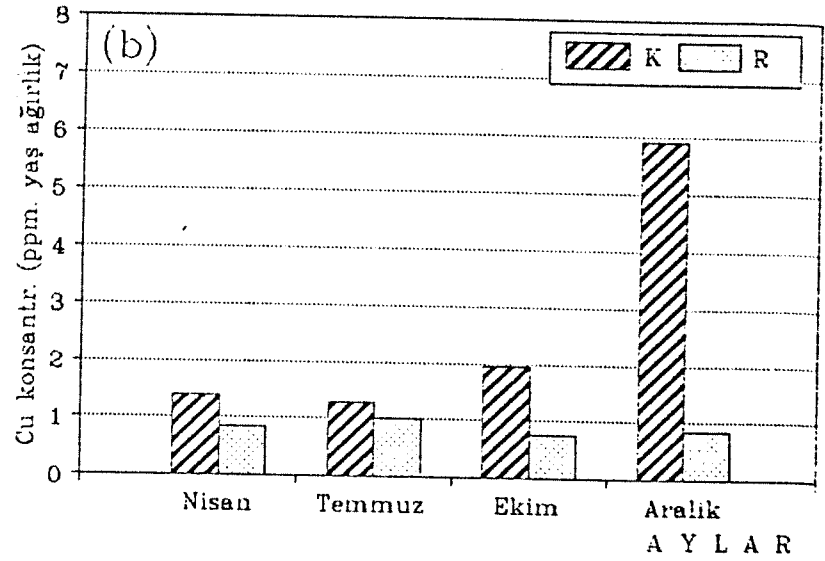
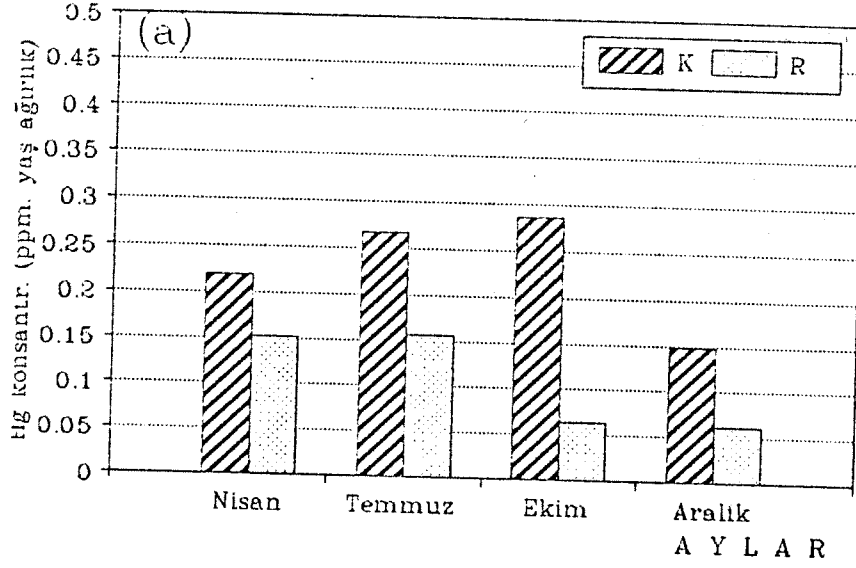
Şekil 14. Orta ve Doğu Karadeniz'de bulunan madenler (Yücesoy & Ergin'den (1992) değiştirilerek alınmıştır).



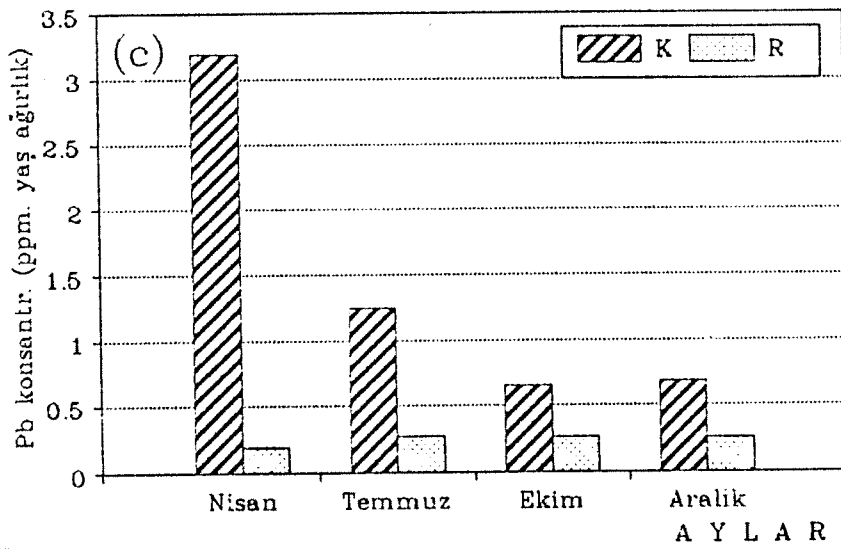
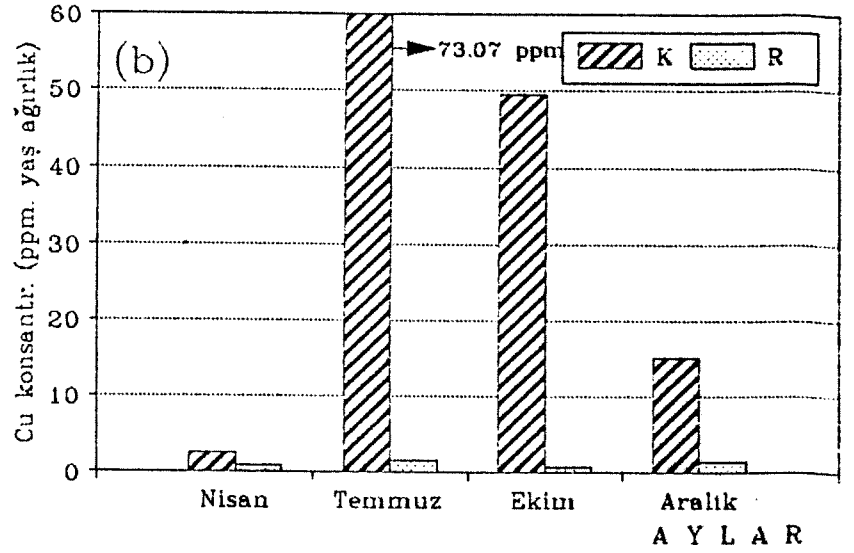
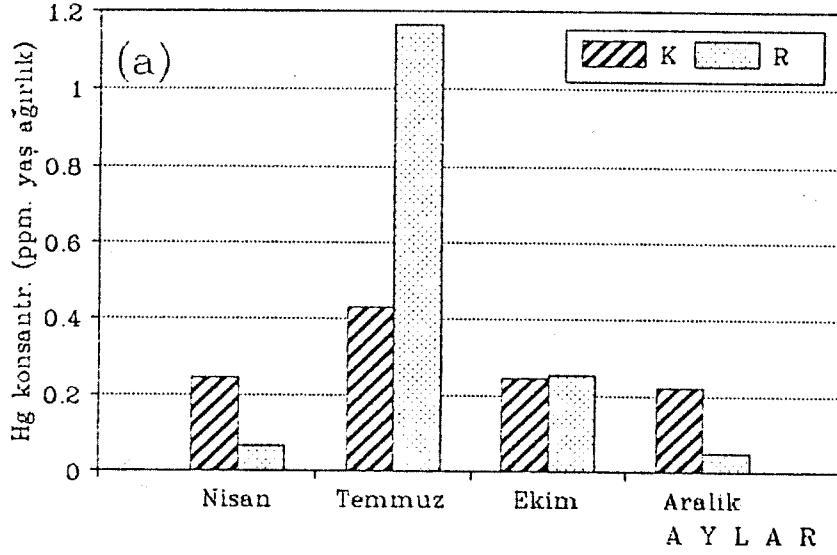
Şekil 15. Toplam askı yükte cıva (a), bakır (b) ve kurşun (c) konsantrasyonlarının aylara göre değişimi.
K: Kaynak istasyonları R: Referans istasyonları



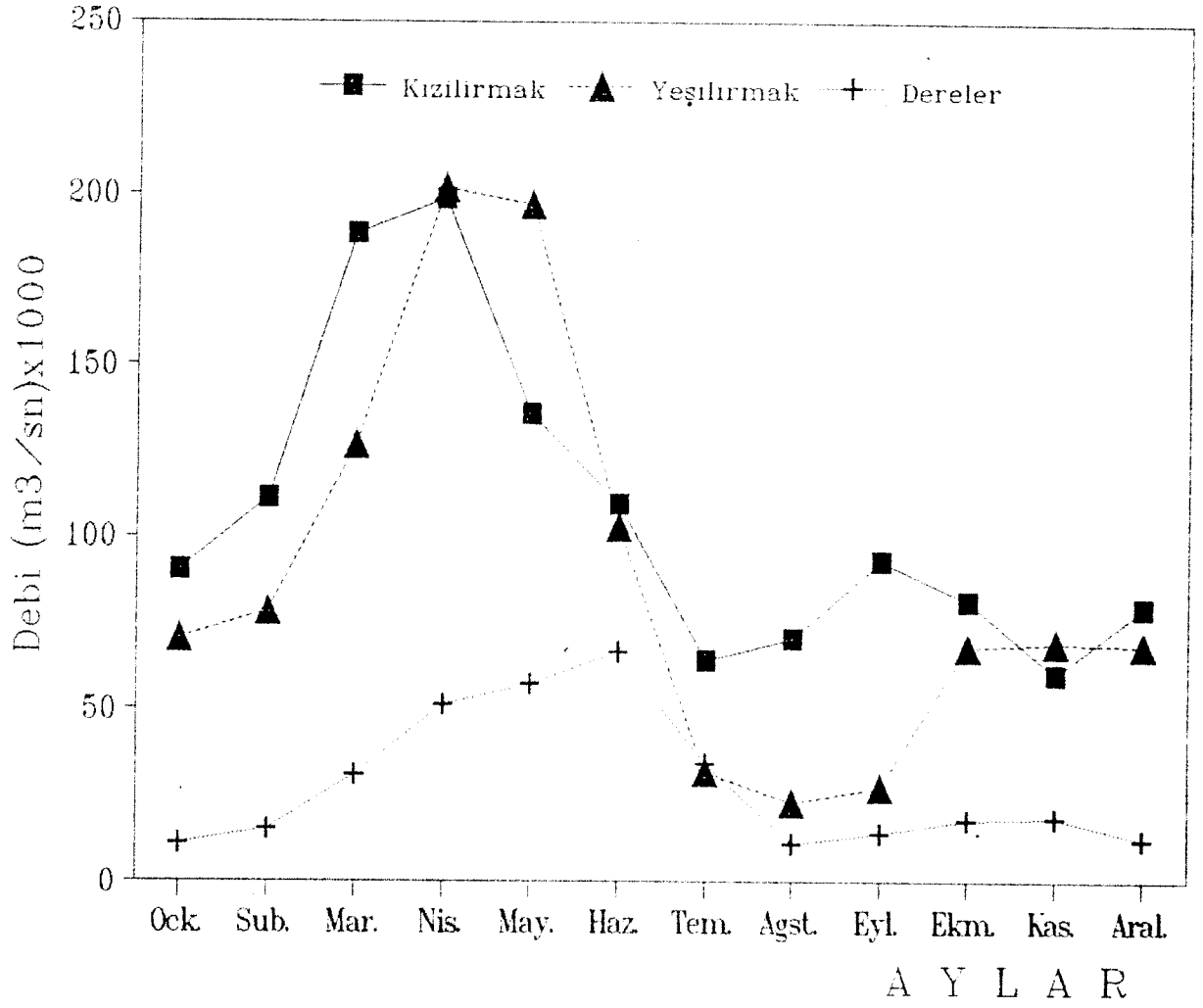
Şekil 16. Sedimanda cıva (a), bakır (b) ve kurşun (c) konsantrasyonlarının aylara göre değişimi.
K: Kaynak istasyonları R: Referans istasyonları



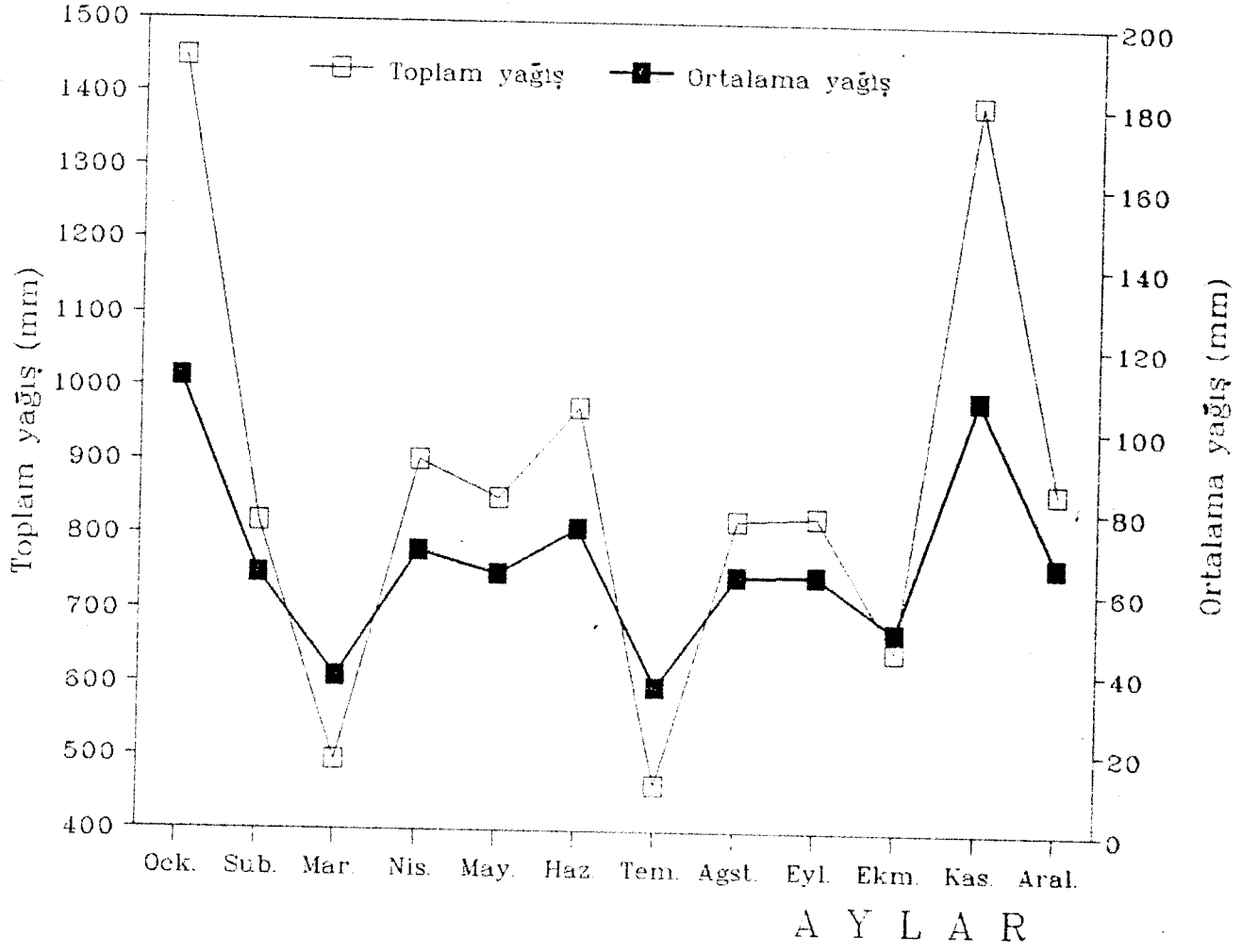
Şekil 17. Midyelerde cıva (a), bakır (b) ve kurşun (c) konsantrasyonlarının aylara göre değişimi.
K: Kaynak istasyonları R: Referans istasyonları



Şekil 18. Makroalglerde cıva (a), bakır (b) ve kurşun (c) konsantrasyonlarının aylara göre değişimi.
K: Kaynak istasyonları R: Referans istasyonları



Şekil 19. Orta ve Doğu Karadeniz'e dokülen Kızılırmak Yeşilirmak ve bazı derelerin ortalama debileri (EİE. 1989)



Şekil 20. Örnekleme süresince Orta ve Doğu Karadeniz'de toplam ve ortalama yağış miktarlarının aylara göre değişimi

BİBLİYOGRAFİK BİLGİ FORMU	
1- Proje No: DEBAG-121/G	2- Rapor Tarihi: KASIM 1995
3- Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri: 01.04.1993 - 31.12.1994	
4- Projenin Adı: Orta ve Doğu Karadeniz'de Ağır Metal Kirliliğinin Karasal Kaynaklarının Belirlenmesi	
5- Proje Yürütücüsü ve Yardımcı Araştırmacılar: Yürütücüsü: Prof.Dr. Mustafa ÜNSAL Yardımcı Araştırmacılar: Yılmaz BEKİROĞLU, Y.Doç.Dr. Semal YEMENİCİOĞLU Araşt.Gör. Şengül BEŞİKTEPE, Sıdıka ERGİN, Yusuf KAYIKÇI, Ülkü ATAÇ Cennet ÜSTÜNDAĞ	
6- Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi: ODTÜ Deniz Bilimleri Enstitüsü P.K. 28 ERDEMLİ	
7- Destekleyen Kuruluş(ların) Adı ve Adresi: 1- TÜBİTAK-Atatürk Bulvarı No: 221 06100 Kavaklıdere/ANKARA 2- Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Trabzon Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü Yomra/TRABZON	
8- Öz (Abstract): Bu raporda, Orta ve Doğu Karadeniz'de Ağır Metal Kirliliğinin Karasal Kaynaklarının Belirlenmesi Projesi çerçevesinde 14 kaynak ve 4 referans istasyonundan alınan Toplam Askı Yük, Sediman, Midye ve Makroalgler Örneklerinde Cıva, Bakır ve Kurşun analizleri yapılarak bu metallerin karasal kaynaklarının belirlenmesine çalışılmıştır. Ayrıca konsantrasyonların yer ve zamana göre değişimi incelenmiştir. En yüksek cıva konsantrasyonu, Hopa yöresinde, ayrıca dere, nehir ve atık suların bulunduğu yerden alınan örneklerde ölçülmüştür. Bakır, Hopa ve Sürmene Yeniyay'dan alınan örneklerde anormal derecede yüksek, Giresun civarı, Yeşilirmak ve Kızılırmak örneklerinde ise oldukça yüksek bulunmuştur. Kurşun konsantrasyonları da yine Hopa ve Yeniyay örnekleri ile Giresun yöresinden alınan örneklerde yüksek bulunmuştur.	
Anahtar Kelimeler: Toplam Askı Yük, Sediman, Midye, makroalg, Konsantrasyon, Mevsimsel değişim	
9- Proje ile ilgili Yayın/Tebliğlerle ilgili Bilgiler -----	
10- Bilim Dalı: DENİZ BİLİMLERİ Doçentlik B. Dalı Kodu: 611.01.00 Uzmanlık Alanı Kodu: -- ISIC Kodu: --	
11- Dağıtım (*): <input type="checkbox"/> Sınırlı <input checked="" type="checkbox"/> Sınırsız	
12- Raporun Gizlilik Durumu : <input type="checkbox"/> Gizli <input checked="" type="checkbox"/> Gizli Değil	

(*) Projenizin Sonuç Raporunun ulaştırılmasını istediğiniz kurum ve kuruluşları ayrıca belirtiniz