

ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

İSKENDERUN KÖRFEZİ'NDE DENİZ SUYU, ASKIDAKİ KATI
MADDE, SEDİMENT VE DİKENLİ TAŞ İSTİRİDYESİ'NDE
(*Spondylus spinosus* SCHREIBERS, 1793) OLUŞAN AĞIR METAL
BİRİKİMİ ÜZERİNE ARAŞTIRMA

131558

Aysun TÜRKMEN

SU ÜRÜNLERİ ANABİLİM DALI

ERZURUM
2003

Her hakkı saklıdır

131558

Prof. Dr. M. Sıtkı ARAS danışmanlığında, Aysun TÜRKMEN tarafından hazırlanan bu çalışma 05/12/2003 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından, Su Ürünleri Anabilim Dalı'nda Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

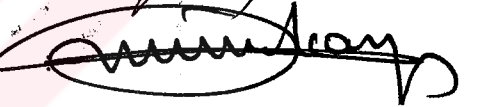
Başkan : Prof. Dr. M. Sıtkı ARAS

İmza : 

Üye : Prof. Dr. Osman ÖZDEN

İmza : 

Üye : Prof. Dr. Mükerrerem KAYA

İmza : 

Üye : Doç. Dr. Telat YANIK

İmza : 

Üye : Yrd. Doç. Dr. Abdulkadir ÇİLTAŞ

İmza : 

Yukarıdaki sonucu onaylarım

(imza)


Prof. Dr. Mehmet BERTUĞRUL
Enstitü Müdürü

ÖZET

Doktora Tezi

İSKENDERUN KÖRFEZİ'NDE DENİZ SUYU, ASKIDAKİ KATI MADDE, SEDİMENT VE DİKENLİ TAŞ İSTİRİDYESİ'NDE (*Spondylus spinosus* SCHREIBERS, 1793) OLUŞAN AĞIR METAL BİRİKİMİ ÜZERİNE ARAŞTIRMA

Aysun TÜRKMEN

Atatürk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Su Ürünleri Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. M. Sıtkı ARAS

İskenderun Körfezi'nde deniz suyu, askıdaki katı madde (AKM), sediment ve dikenli taş istiridyesindeki (*Spondylus spinosus*) ağır metal (Cd, Fe, Cu, Pb, Zn, Co, Cr, Al, Mn ve Ni) birikimlerinin incelendiği bu çalışma, Ağustos 2001 ile Temmuz 2002 tarihleri arasında yürütülmüştür. Deniz suyundaki ağır metal konsantrasyonları; Cd: 0,0550, Fe: 0,2995, Cu: 0,0652, Pb: 0,6173, Zn: 0,0709, Co: 0,2589, Cr: 0,1689, Al: 0,1875, Mn: 0,1079 ve Ni: 0,2769 mg/l olarak bulunmuştur. Aynı sırayla AKM'de, 23,300; 29008; 345,41; 333,03; 940,35; 100,81; 579,73; 20060; 814,56 ve 594,15, sedimentte, 4,4725; 49921; 37,053; 141,63; 232,87; 79,040; 1419,8; 25574; 1304,5 ve 795,81, istiridyede, 10,386; 177,77; 16,477; 99,376; 74,420; 7,6425; 14,142; 85,897; 28,090 ve 36,143 mg/kg olarak belirlenmiştir. AKM, sediment ve istiridyedeki ağır metal konsantrasyonları arasında farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Yapılan korelasyon analizinde su, AKM, sediment ve istiridyedeki ağır metal konsantrasyonları arasında pozitif ve negatif yönde önemli korelasyonlar bulunmuştur. Elde edilen sonuçlara göre, İskenderun Körfezi'nde oluşan bu ağır metal kirliliği tehdidinin önlenmesi için, bu ekosistemde yaşayan organizma çeşitliliğinin de göz önüne alınarak, bir an önce koruyucu tedbirlerin başlatılmasının kaçınılmaz olduğu kanaatine varılmıştır.

2003, 152 sayfa

Anahtar Kelimeler: İskenderun Körfezi, ağır metaller, birikim, mevsimsel değişim, istiridye

ABSTRACT

Ph.D. Thesis

INVESTIGATION ON HEAVY METAL ACCUMULATION OCCURRED IN SEAWATER, SUSPENDED PARTICULATE MATTER, SEDIMENT AND THORNY OYSTER (*Spondylus spinosus* SCHREIBERS, 1793) IN İSKENDERUN BAY

Aysun TÜRKMEN

Atatürk University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Aquaculture

Supervisor: Prof. Dr. M. Sıtkı ARAS

This study performed between August 2001 and July 2002 investigated the heavy metal (Cd, Fe, Cu, Pb, Zn, Co, Cr, Al, Mn ve Ni) accumulations in the seawater, suspended particulate matter (SPM), sediment and thorny oyster (*Spondylus spinosus*) from İskenderun Bay. Heavy metal concentrations in seawater were found as Cd: 0.0550, Fe: 0.2995, Cu: 0.0652, Pb: 0.6173, Zn: 0.0709, Co: 0.2589, Cr: 0.1689, Al: 0.1875, Mn: 0.1079 ve Ni: 0.2769 mg/l. In the same way, these concentrations were found as 23.300; 29008; 345.41; 333.03; 940.35; 100.81; 579.73; 20060; 814.56; 594.15 in SPM, 4.4725; 49921; 37.053; 141.63; 232.87; 79.040; 1419.8; 25574; 1304.5; 795.81 in sediment and 10.386; 177.77; 16.477; 99.376; 74.420; 7.6425; 14.142; 85.897; 28.090; 36.143 mg/kg in oyster respectively. Differences between heavy metal concentrations in SPM, sediment and oyster were found statistically significant. According to correlation analyses, significant positive and negative correlations between heavy metal concentrations in the water, SPM, sediment and oyster were found. According to these results, to prevent this heavy metal pollution threat in İskenderun Bay, taking into consideration the biodiversity in this ecosystem, it is thought that it is inevitable that protective measurements must be started as soon as possible.

2003, 152 pages

Keywords: İskenderun Bay, heavy metals, accumulation, seasonal variation, oyster

TEŞEKKÜR

Doktora çalışmam boyunca manevi desteğini esirgemeyen, bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım Atatürk Üniv. Ziraat Fakültesi Su Ürünleri Bölüm Başkanı değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. M. Sıtkı ARAS'a saygılarımı sunarım.

Doktora çalışmamın çeşitli aşamalarında bilgi ve tecrübeleriyle katkıda bulunan, Mustafa Kemal Üniv. Su Ürünleri Fakültesi Dekanı Sayın Prof. Dr. İhsan AKYURT, Atatürk Üniv. Ziraat Fakültesi Dekanı Sayın Prof. Dr. Mükerrerem KAYA ve Atatürk Üniv. Ziraat Fakültesi, Su Ürünleri Bölümü Öğretim Üyesi Sayın Doç. Dr. Telat YANIK hocalarıma saygılarımı sunarım.

Örneklerin analizi için, İskenderun Demirçelik Kalite Kontrol Laboratuvarı imkanlarından (özellikle mikrodalga fırın ve AAS) yararlanmamıza olanak sağlayan, İsdemir genel müdürü ile laboratuvar müdürüne ve analiz aşamasında yardımlarını gördüğüm laboratuvar teknik elemanlarına, denizel ortamda yapılan örneklemelede yardımcı olan Mustafa Kemal Üniv. Su Ürünleri Fakültesi Arş. Gör. Mehmet NAZ ve dalgıç Uzman Menderes ŞEREFİLİŞAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak, her türlü manevi destek ve sabırlarından dolayı eşime, çocuklarıma ve anneme sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Aysun TÜRKMEN

Kasım 2003

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER DİZİNİ.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Ağır Metallerin Çevreye Etkileri.....	4
1.2. Kirleticilerin Kaynakları ve Taşınım Yolları	5
1.3. Ağır Metallerin Çevredeki Biyolojik Etkileşimleri.....	7
1.4. Atmosferik Taşınımdan Kaynaklanan Ağır Metal Kirliliği	11
1.5. Sucul Ekosistemlere Yüzey Akışlarıyla Gelen Ağır Metal Kirliliği.....	12
1.6. Ağır Metallerin Doğal ve Müsaade Edilebilir Düzeyleri	16
1.7. Seçilen Metallerin Özellikleri ve Toksik Etkileri.....	17
1.7.1. Kadmiyum (Cd).....	17
1.7.2. Krom (Cr).....	18
1.7.3. Bakır (Cu).....	19
1.7.4. Kurşun (Pb)	20
1.7.5. Çinko (Zn).....	21
1.7.6. Manganez (Mn)	22
1.7.7. Alüminyum (Al).....	23
1.7.8. Kobalt (Co).....	23
1.7.9. Nikel (Ni)	24
1.7.10. Demir (Fe)	25
2. KAYNAK ÖZETLERİ	25
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	39
3.1. Materyal.....	39
3.1.1. Araştırma yeri.....	39
3.1.2. Analiz edilen materyaller	39

3.2. Metot	41
3.2.1. Mikrodalga fırın	41
3.2.2. Atomik absorpsiyon ve çalışma şartları	42
3.2.3. Deniz suyu örneklerinin alınması ve analizi	44
3.2.4. Askıdaki katı madde örneklerinin alınması ve analizi	45
3.2.5. İstiridye örneklerinin toplanması ve analizi	45
3.2.6. Sediment örneklerinin toplanması ve analizi	46
3.2.7. İstatistik hesaplamalar	47
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	49
4.1. Deniz Suyunda Ağır Metal Konsantrasyonları	49
4.1.1. Deniz suyunda kadmiyum (Cd).....	49
4.1.2. Deniz suyunda demir (Fe).....	51
4.1.3. Deniz suyunda bakır (Cu).....	53
4.1.4. Deniz suyunda kurşun (Pb)	55
4.1.5. Deniz suyunda çinko (Zn).....	57
4.1.6. Deniz suyunda kobalt (Co).....	59
4.1.7. Deniz suyunda krom (Cr).....	61
4.1.8. Deniz suyunda Alüminyum (Al).....	63
4.1.9. Deniz suyunda mangan (Mn)	65
4.1.10. Deniz suyunda nikel (Ni)	67
4.2. Askıdaki Katı Maddede Ağır Metal Konsantrasyonları.....	69
4.2.1. AKM'de Kadmiyum (Cd).....	70
4.2.2. AKM'de demir (Fe).....	72
4.2.3. AKM'de bakır (Cu).....	74
4.2.4. AKM'de kurşun (Pb).....	75
4.2.5. AKM'de çinko (Zn).....	77
4.2.6. AKM'de kobalt (Co)	79
4.2.7. AKM'de krom (Cr)	81
4.2.8. AKM'de alüminyum (Al).....	83
4.2.9. AKM'de mangan (Mn).....	85
4.2.10. AKM'de nikel (Ni).....	87
4.3. Sedimentte Ağır Metal Konsantrasyonları	89

4.3.1. Sedimentte kadmiyum (Cd).....	90
4.3.2. Sedimentte demir (Fe).....	91
4.3.3. Sedimentte bakır (Cu).....	93
4.3.4. Sedimentte kurşun (Pb).....	94
4.3.5. Sedimentte çinko (Zn).....	96
4.3.6. Sedimentte kobalt (Co).....	97
4.3.7. Sedimentte krom (Cr).....	99
4.3.8. Sedimentte alüminyum (Al).....	100
4.3.9. Sedimentte mangan (Mn).....	102
4.3.10. Sedimentte nikel (Ni).....	103
4.4. Dikenli Taş İstiridyesinde Ağır Metal Konsantrasyonları.....	105
4.4.1. DTİ'de kadmiyum (Cd).....	105
4.4.2. DTİ'de demir (Fe).....	107
4.4.3. DTİ'de bakır (Cu).....	108
4.4.4. DTİ'de kurşun (Pb).....	110
4.4.5. DTİ'de çinko (Zn).....	111
4.4.6. DTİ'de kobalt (Co).....	113
4.4.7. DTİ'de krom (Cr).....	114
4.4.8. DTİ'de alüminyum (Al).....	116
4.4.9. DTİ'de mangan (Mn).....	117
4.4.10. DTİ'de nikel (Ni).....	119
4.5. AKM, Sediment ve DTİ Konsantrasyonları Arasındaki Farklılıklar.....	120
4.6. Ağır Metal Konsantrasyonları Arasındaki Korelasyonlar.....	124
4.6.1. Deniz suyu ile AKM arasındaki korelasyonlar.....	124
4.6.2. Deniz suyu ile sediment arasındaki korelasyonlar.....	124
4.6.3. Deniz suyu ile istiridye arasındaki korelasyonlar.....	125
4.6.4. AKM ile sediment arasındaki korelasyonlar.....	125
4.6.5. AKM ile istiridye arasındaki korelasyonlar.....	126
4.6.6. Sediment ile istiridye arasındaki korelasyonlar.....	126
5. TARTIŞMA ve SONUÇ.....	127
5.1. Deniz Suyunda Ağır Metal Konsantrasyonları.....	127
5.2. AKM'de Ağır Metal Konsantrasyonları.....	128

5.3. Sedimentte Ağır Metal Konsantrasyonları	130
5.4. DTİ'de Ağır Metal Konsantrasyonları	132
5.5. AKM, Sediment ve DTİ'deki Konsantrasyonlar Arasındaki Farklılıklar	134
5.6. Su, AKM, Sediment ve DTİ Konsantrasyonları Arasındaki Korelasyonlar	136
KAYNAKLAR	140



SİMGELER DİZİNİ

AKM	: Askıdaki Katı Madde
K	: Ağır Metal Konsantrasyonu
SH	: Standart Hata
Al	: Alüminyum
Cd	: Kadmiyum
Co	: Kobalt
Cr	: Krom
Cu	: Bakır
DTİ	: Dikenli Taş İstiridyesi
Fe	: Demir
mg/kg	: Miligram/kilogram
mg/l	: Miligram/litre
Mn	: Mangan
N	: Örnek Sayısı
Ni	: Nikel
Pb	: Kurşun
Zn	: Çinko

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Kirleticilerin denizel ortamda dağılım süreçleri.....	13
Şekil 3.1. Araştırma bölgesi, İskenderun Körfezi.....	40
Şekil 3.2. Dikenli taş istiridyesi, <i>Spondylus spinosus</i> Schreibers 1793.....	41
Şekil 4.1. Deniz suyunda aylara göre seçilen istasyonlarda Cd dağılımı.....	51
Şekil 4.2. Deniz suyunda aylara göre seçilen istasyonlarda Fe dağılımı.....	53
Şekil 4.3. Deniz suyunda aylara göre seçilen istasyonlarda Cu dağılımı.....	55
Şekil 4.4. Deniz suyunda aylara göre seçilen istasyonlarda Pb dağılımı.....	57
Şekil 4.5. Deniz suyunda aylara göre seçilen istasyonlarda Zn dağılımı.....	59
Şekil 4.6. Deniz suyunda aylara göre seçilen istasyonlarda Co dağılımı.....	61
Şekil 4.7. Deniz suyunda aylara göre seçilen istasyonlarda Cr dağılımı.....	63
Şekil 4.8. Deniz suyunda aylara göre seçilen istasyonlarda Al dağılımı.....	65
Şekil 4.9. Deniz suyunda aylara göre seçilen istasyonlarda Mn dağılımı.....	67
Şekil 4.10. Deniz suyunda aylara göre seçilen istasyonlarda Ni dağılımı.....	69
Şekil 4.11. AKM’de aylara göre seçilen istasyonlarda Cd dağılımı.....	70
Şekil 4.12. AKM’de aylara göre seçilen istasyonlarda Fe dağılımı.....	72
Şekil 4.13. AKM’de aylara göre seçilen istasyonlarda Cu dağılımı.....	74
Şekil 4.14. AKM’de aylara göre seçilen istasyonlarda Pb dağılımı.....	77
Şekil 4.15. AKM’de aylara göre seçilen istasyonlarda Zn dağılımı.....	79
Şekil 4.16. AKM’de aylara göre seçilen istasyonlarda Co dağılımı.....	81
Şekil 4.17. AKM’de aylara göre seçilen istasyonlarda Cr dağılımı.....	83
Şekil 4.18. AKM’de aylara göre seçilen istasyonlarda Al dağılımı.....	85
Şekil 4.19. AKM’de aylara göre seçilen istasyonlarda Mn dağılımı.....	87
Şekil 4.20. AKM’de aylara göre seçilen istasyonlarda Ni dağılımı.....	89
Şekil 4.21. Sedimentte aylara göre seçilen istasyonlarda Cd dağılımı.....	91
Şekil 4.22. Sedimentte aylara göre seçilen istasyonlarda Fe dağılımı.....	92
Şekil 4.23. Sedimentte aylara göre seçilen istasyonlarda Cu dağılımı.....	94
Şekil 4.24. Sedimentte aylara göre seçilen istasyonlarda Pb dağılımı.....	95
Şekil 4.25. Sedimentte aylara göre seçilen istasyonlarda Zn dağılımı.....	97
Şekil 4.26. Sedimentte aylara göre seçilen istasyonlarda Co dağılımı.....	98

Şekil 4.27. Sedimentte aylara göre seçilen istasyonlarda Cr dağılımı.....	100
Şekil 4.28. Sedimentte aylara göre seçilen istasyonlarda Al dağılımı.....	101
Şekil 4.29. Sedimentte aylara göre seçilen istasyonlarda Mn dağılımı.....	103
Şekil 4.30. Sedimentte aylara göre seçilen istasyonlarda Ni dağılımı.....	104
Şekil 4.31. DTİ'de aylara göre seçilen istasyonlarda Cd dağılımı.....	106
Şekil 4.32. DTİ'de aylara göre seçilen istasyonlarda Fe dağılımı.....	108
Şekil 4.33. DTİ'de aylara göre seçilen istasyonlarda Cu dağılımı.....	109
Şekil 4.34. DTİ'de aylara göre seçilen istasyonlarda Pb dağılımı.....	111
Şekil 4.35. DTİ'de aylara göre seçilen istasyonlarda Zn dağılımı.....	112
Şekil 4.36. DTİ'de aylara göre seçilen istasyonlarda Co dağılımı.....	114
Şekil 4.37. DTİ'de aylara göre seçilen istasyonlarda Cr dağılımı.....	115
Şekil 4.38. DTİ'de aylara göre seçilen istasyonlarda Al dağılımı.....	117
Şekil 4.39. DTİ'de aylara göre seçilen istasyonlarda Mn dağılımı.....	118
Şekil 4.40. DTİ'de aylara göre seçilen istasyonlarda Ni dağılımı.....	120

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. İncelenen ağır metallerin sulardaki doğal ve müsaade edilebilir düzeyleri.....	16
Çizelge 1.2. Bazı ağır metallerin organizmalardaki müsaade edilebilir düzeyleri (mg/kg).....	17
Çizelge 2.1. Batı Akdeniz havzasındaki toplam çözülmüş ağır metal girdi-çıkıtı düzeyleri (ton/yıl).....	26
Çizelge 3.1. AAS'de analiz edilen ağır metallerin çalışılma şartları.....	42
Çizelge 3.2. Standart referans materyal (SRM, DORM-2)' in sertifika edilen ve bu çalışmada analiz edilen konsantrasyonları (mg/kg kuru ağırlık)...	44
Çizelge 4.1. Deniz suyunda seçilen istasyonlarda aylara göre ortalama kadmiyum (Cd) konsantrasyonları (mg/l).....	50
Çizelge 4.2. Deniz suyunda seçilen istasyonlarda aylara göre ortalama demir (Fe) konsantrasyonları (mg/l).....	52
Çizelge 4.3. Deniz suyunda seçilen istasyonlarda aylara göre ortalama bakır (Cu) konsantrasyonları (mg/l).....	54
Çizelge 4.4. Deniz suyunda seçilen istasyonlarda aylara göre ortalama kurşun (Pb) konsantrasyonları (mg/l).....	56
Çizelge 4.5. Deniz suyunda seçilen istasyonlarda aylara göre ortalama çinko (Zn) konsantrasyonları (mg/l).....	58
Çizelge 4.6. Deniz suyunda seçilen istasyonlarda aylara göre ortalama kobalt (Co) konsantrasyonları (mg/l).....	60
Çizelge 4.7. Deniz suyunda seçilen istasyonlarda aylara göre ortalama krom (Cr) konsantrasyonları (mg/l).....	62
Çizelge 4.8. Deniz suyunda seçilen istasyonlarda aylara göre ortalama alüminyum (Al) konsantrasyonları (mg/l).....	64
Çizelge 4.9. Deniz suyunda seçilen istasyonlarda aylara göre ortalama mangan (Mn) konsantrasyonları (mg/l).....	66
Çizelge 4.10. Deniz suyunda seçilen istasyonlarda aylara göre ortalama nikel (Ni) konsantrasyonları (mg/l).....	68

Çizelge 4.11. AKM'de seçilen istasyonlarda aylara göre ortalama kadmiyum (Cd) konsantrasyonları (mg/kg).....	71
Çizelge 4.12. AKM'de seçilen istasyonlarda aylara göre ortalama demir (Fe) konsantrasyonları (mg/kg).....	73
Çizelge 4.13. AKM'de seçilen istasyonlarda aylara göre ortalama bakır (Cu) konsantrasyonları (mg/kg).....	75
Çizelge 4.14. AKM'de seçilen istasyonlarda aylara göre ortalama kurşun (Pb) konsantrasyonları (mg/kg).....	76
Çizelge 4.15. AKM'de seçilen istasyonlarda aylara göre ortalama çinko (Zn) konsantrasyonları (mg/kg).....	78
Çizelge 4.16. AKM'de seçilen istasyonlarda aylara göre ortalama kobalt (Co) konsantrasyonları (mg/kg).....	80
Çizelge 4.17. AKM'de seçilen istasyonlarda aylara göre ortalama kobalt (Cr) konsantrasyonları (mg/kg).....	82
Çizelge 4.18. AKM'de seçilen istasyonlarda aylara göre ortalama kobalt (Al) konsantrasyonları (mg/kg).....	84
Çizelge 4.19. AKM'de seçilen istasyonlarda aylara göre ortalama mangan (Mn) konsantrasyonları (mg/kg).....	86
Çizelge 4.20. AKM'de seçilen istasyonlarda aylara göre ortalama nikel (Ni) konsantrasyonları (mg/kg).....	88
Çizelge 4.21. Sedimette seçilen istasyonlarda aylara göre ortalama kadmiyum (Cd) konsantrasyonları (mg/kg).....	90
Çizelge 4.22. Sedimette seçilen istasyonlarda aylara göre ortalama demir (Fe) konsantrasyonları (mg/kg).....	92
Çizelge 4.23. Sedimette seçilen istasyonlarda aylara göre ortalama bakır (Cu) konsantrasyonları (mg/kg).....	93
Çizelge 4.24. Sedimette seçilen istasyonlarda aylara göre ortalama kurşun (Pb) konsantrasyonları (mg/kg).....	95
Çizelge 4.25. Sedimette seçilen istasyonlarda aylara göre ortalama çinko (Zn) konsantrasyonları (mg/kg).....	96
Çizelge 4.26. Sedimette seçilen istasyonlarda aylara göre ortalama kobalt (Co) konsantrasyonları (mg/kg).....	98

Çizelge 4.27. Sedimette seçilen istasyonlarda aylara göre ortalama krom (Cr) konsantrasyonları (mg/kg).....	99
Çizelge 4.28. Sedimette seçilen istasyonlarda aylara göre ortalama alüminyum (Al) konsantrasyonları (mg/kg).....	101
Çizelge 4.29. Sedimette seçilen istasyonlarda aylara göre ortalama mangan (Mn) konsantrasyonları (mg/kg).....	102
Çizelge 4.30. Sedimette seçilen istasyonlarda aylara göre ortalama nikel (Ni) konsantrasyonları (mg/kg).....	104
Çizelge 4.31. DTİ'de seçilen istasyonlarda aylara göre ortalama kadmiyum (Cd) konsantrasyonları (mg/kg).....	106
Çizelge 4.32. DTİ'de seçilen istasyonlarda aylara göre ortalama demir (Fe) konsantrasyonları (mg/kg).....	107
Çizelge 4.33. DTİ'de seçilen istasyonlarda aylara göre ortalama bakır (Cu) konsantrasyonları (mg/kg).....	109
Çizelge 4.34. DTİ'de seçilen istasyonlarda aylara göre ortalama kurşun (Pb) konsantrasyonları (mg/kg).....	110
Çizelge 4.35. DTİ'de seçilen istasyonlarda aylara göre ortalama çinko (Zn) konsantrasyonları (mg/kg).....	112
Çizelge 4.36. DTİ'de seçilen istasyonlarda aylara göre ortalama kobalt (Co) konsantrasyonları (mg/kg).....	113
Çizelge 4.37. DTİ'de seçilen istasyonlarda aylara göre ortalama krom (Cr) konsantrasyonları (mg/kg).....	115
Çizelge 4.38. DTİ'de seçilen istasyonlarda aylara göre ortalama alüminyum (Al) konsantrasyonları (mg/kg).....	116
Çizelge 4.39. DTİ'de seçilen istasyonlarda aylara göre ortalama mangan (Mn) konsantrasyonları (mg/kg).....	118
Çizelge 4.40. DTİ'de seçilen istasyonlarda aylara göre ortalama nikel (Ni) konsantrasyonları (mg/kg).....	119
Çizelge 4. 41. İstasyonlar dikkate alınmadan aylara göre materyaller arasındaki farklılıkların önem seviyeleri.....	122
Çizelge 4. 42. Aylar dikkate alınmadan istasyonlara göre materyaller arasındaki farklılıkların önem seviyeleri.....	123

1. GİRİŞ

İz metalle eş anlamlı olarak kullanılan ağır metal terimi esansiyel olan ve olmayan iz metalleri kapsar. Yani, kimyasal olarak; elektron verip (+) değerlikli iyon olabilen, asitlerde bulunan H iyonlarıyla yer değiştirebilen, ametallerle bileşik oluşturabilen fakat kendi aralarında oluşturamayan, oksitleri bazik olan, fiziksel olarak ise; cıva hariç normal şartlarda katı olan, ısı ve elektriği iyi ileten, levha ve tel haline gelebilen ve metalik bir renk ve parlaklığa sahip olan bütün maddeler ağır metal olarak tanımlanmaktadır. Bunların tamamı, canlı organizmalar için potansiyel birer tehlikedir (Rainbow 1995). Metal biyomonitörü terimi ise, dokularında ağır metal biriktiren bir organizmayı ifade etmek için kullanılır. Dolayısıyla, ortamdaki metallerin biyolojik olarak kullanılabilirliğinin bir ölçüsü olarak bu organizmalar analiz edilir. Bu terim, biyoindekatörler, hassas organizmalar ve biyolojik monitörler gibi terimlere alternatif olarak tercih edilebilir. Çünkü, diğerlerine göre daha spesifik olup, yanlış anlaşılma ihtimali düşüktür. Örneğin, biyoindekatör terimi, bir bölgede nadir olan yada hiç bulunmayan bir canlı için kullanılabilir (Goldberg *et al.* 1978, Phillips and Rainbow 1993).

Çevresel problemler arasında en önemli konulardan birisi olan su kirliliği, hem insanlar tarafından oluşturulan yapay hem de doğal sucul ortamlarda önemli problemlere yol açar. Üstelik yüzey sularının kalitesi genellikle endüstri merkezleri ve nüfus artışıyla olumsuz yönde etkilenmektedir. Bununla birlikte, bölgelerin özellikleri spesifik olarak farklılıklar gösterebilir (Buckley *et al.* 1995). Örneğin, eğer Aras, Çoruh ve Fırat vb. nehirlerin yukarı havzalarından birinde insanlar maden yatakları açmaya başlarsa, bunun sonucunda yağışlarla birlikte yüksek miktarlarda metal konsantrasyonları bu havzaların etkilediği ortamlara girerek, yeni bir kirlilik kaynağının gelişmesine sebep olabilir. Diğer taraftan yine kurak bir bölge olan Asya'da, yüzey akışı caddelerde biriken bütün kirleticilerin yıkanarak taşınmasına sebep olabilir. Halbuki, yağışlı bir bölge olan Norveç'te yağışlar atmosferik taşınım durumunda olan yeni metal yüklerinin yeryüzüne düşmesine sebep olabilir (Özdilek 2002).

Yağmur suları yeryüzüne düştükten çok kısa ya da uzunca bir zaman sonra deniz ve okyanuslara ulaşır. Eğer nehir sistemlerinde doğal ya da yapay göl, gölet, baraj ve kanallar gibi yapılar varsa, o zaman bu bileşikler, çökebilir ya da çevredeki diğer bölgelere taşınabilir. Örneğin, baraj, göl, gölet ve deniz ortamlarında toprak parçacıkları ile ilgili askıdaki katı maddeler ve kimyasal bileşiklerin çoğu çökler (Özdilek 2002). İnsanoğlu çeşitli faaliyetleriyle yer kabuğunda doğal olarak iz miktarda bulunan metallerin biyojeokimyasal ve dolayısıyla global dönüşünü değiştirerek çevrede ağır metal konsantrasyonlarının giderek artmasına sebep olmuştur (Carral *et al.* 1995).

Sabit ve devamlı çevre kirleticileri olan ağır metallerin ortamdaki miktarları azaltılamadığı ve yok edilemediği için, konsantrasyonları sürekli olarak artmaktadır. Ağır metallerin çevredeki kalıcılığı aynı zamanda termodinamiğin birinci kanununa tabidir. Yani enerji ya da madde yoktan var vardan yok edilemez, ancak formu değişebilir. Sonuç olarak bunlar, sucul ortamlar ya da onu çevreleyen karasal ortamlardaki organizmalarda birikme eğilimi göstererek besin zincirinin en tepesinde yer alan insanlara kadar ulaşır. Entegre bir sistem olan toprak, su, hava, sediment ve biyota çevredeki ağır metallerin birikiminde önemli rollere sahiptir (Özdilek 2002).

Denizel ekosistemlerde iz miktarlarda bulunan ağır metallerin organizmalardaki doğal düzeyleri ve birikimleri farklılık arz etmektedir. Ağır metaller çevre kirliliğine sebep olurlar ve çok düşük yoğunluklarda bile denizel organizmalara ve dolayısıyla bunlardan beslenen insanlara zehirleyici etkide bulunurlar. Günümüzde sanayinin hızla gelişmesi ve hayat standartlarının yükselmesine paralel olarak, ağır metallerin kullanım alanları da giderek artmaktadır. Bu artışta tarımsal mücadelenin de önemli payı vardır (Şanlı 1984).

İz metaller, organizma, populasyon ve bu toplulukların gelişimini olumsuz yönde etkileyerek ekosistem sürecinde önemli bir değişken olabilmektedir (Luoma 1996). Yaşamaları için esansiyel olsun ya da olmasın, organizmalar içinde buldukları ortamdan metalleri absorbe ederek bünyelerinde depolama özelliğine sahiptirler. Bütün ağır metaller belli konsantrasyonlarda toksiktirler ve özellikle cıva, kurşun ve

kadmiyum gibi esansiyel olmayan metaller nispeten çok düşük konsantrasyonlarda bile toksik etki gösterirler (Rainbow 1985, Rainbow 1988, Bryan 1976).

Deniz midyeleri sucul ortamdan aldıkları önemli miktarda iz elementleri bünyelerinde biriktirebilirler. Bu nedenle, dünyanın her yerinde kıyasal sulardaki kontaminasyonu izlemek için midye, istiridye ve deniz tarakları gibi bivalveler yoğun olarak kullanılmaktadır (Goldberg *et al.* 1978, Goldberg *et al.* 1983, O'Connor 1998).

Ortamdaki metal konsantrasyonu ile deniz midye ve istiridyelerinin dokularındaki konsantrasyonlar arasında doğrudan bir ilişki olduğu kabul edilmektedir. Askıdaki katı maddeyi filtre ederek beslenen bu bivalveler metalleri ya çözülmüş halde absorblayarak yada partikül halde yutarak bünyelerine alabilir. Çözülmüş halde alım, esas olarak solungaçlar vasıtasıyla olur ve muhtemelen enerji kaybı gerektirmez (Carpene and George 1981). Besin parçacıklarıyla ilgili metaller ise ancak parçacık halde besinlerin yutulması ve sindirim sistemine alımıyla organizmalar için kullanışlı hale geçer (Wang *et al.* 1995).

Koy ve körfezlerdeki kontaminasyonu incelemek ve izlemek amacıyla organizmaların etkili bir şekilde kullanımı üzerine pek çok metot geliştirilmiştir (Phillips 1980, Phillips and Rainbow 1993). Biyolojik dokulardaki kontaminasyonun konsantrasyonlarını ve biyoakümüülasyonu belirleyen bu işlemleri anlamak için su, askıdaki katı madde ve sediment gibi diğer çevresel faktörler de yoğun olarak çalışılmıştır. Hem biyotik ve hem de abiyotik çalışmalar kontaminasyonun derecesini tam olarak ortaya koymaktadır. Doku analizleri yöntemi, bütün organizmalar veya diğer bütün örneklerdeki tüm konsantrasyonlar için tam anlamıyla uygun olmasa da, doğru bir şekilde uygulandığında, çok önemli avantajlar sağlar (Luoma and Linville 1995). Bunlar;

1- Dokudaki konsantrasyonlar su ve sedimentteki konsantrasyonlara nazaran çevresel kontaminasyonu daha iyi yansıtabilir. Bu durum, organizmaların metalden etkilenme derecelerini anlamada önemli bir perspektiftir.

2- Organizmalarda bulunan kirletici konsantrasyonlarının ölçümleri, bu kirleticilerin dokularda zamana bağlı birikimlerini ortaya koymaktadır. Suda ve sedimentte olabilen geçici değişkenlik ise, bazen kontaminasyonun tam olarak belirlenmesinde bir problem olabilir. Bununla beraber, geçici değişkenliklerin tam anlamıyla açıklanabilmesi için, ortam ve organizma dokularındaki birikimler karşılaştırıldığından, organizmalar kontaminasyonun göstergesi olarak kabul edilirler.

3- Canlılarda biriken konsantrasyonlar, su ve sedimente kıyasla, biyoakümüle olan kirleticilerin miktarını daha net bir şekilde ortaya koyabilir.

Seçilen tür, kirleticinin etkisindeki değişimlere çok hassas olursa, doku analizlerinin sonuçları çevresel kontaminasyonu en iyi şekilde yansıtır. Sonuçların yorumlanabilmesi için en önemli kriterler, birey sayısı, analiz tekrarı ve örnekleme miktarıdır. Çünkü, özellikle kontamine olan bölgelerde aynı türün bireyleri arasında büyük değişkenlikler olabilir. Dokunun cinsi, organizmanın hayat safhası, büyüklüğü, cinsiyeti, üreme durumu ve sindirim sistemi içeriği gibi özellikler bu değişkenliğin kaynakları olabilir (Luoma and Linville 1995).

Deniz, koy ve körfez ekosistemlerinde biyolojik olarak mevcut olan kontaminasyonun dağılımını tespit edip, sonuçlarını değerlendirmek amacıyla, yerli organizmaların dokularındaki metal konsantrasyonları geniş çapta kullanılmaktadır (Bryan 1976, Phillips 1976, Bryan and Uysal, 1978, Goldberg *et al.* 1983).

1.1. Ağır Metallerin Çevreye Etkileri

Metaller doğal olarak yer kabuğunda serbest iyonlar ya da bileşikler haline geniş bir dağılım gösterir. Bununla beraber, çoğu gelişmiş ülkelerdeki endüstriyel faaliyetlere paralel olarak, demir ve cıva hariç diğer pek çok metalin çevredeki konsantrasyonu, yer kabuğundaki doğal miktarına oranla 100 ile 1000 misli artmıştır (Wedepohl 1991). Çevredeki ağır metal birikimi üzerine son yıllarda ilgili kuruluşlar tarafından ciddi boyutlarda çalışmalar yapılmıştır. Sağlıklı olmanın bir göstergesi olarak canlı

organizmalarda metallerin çok düşük miktarları, genellikle gerekli olmasına rağmen, aşırı miktarları toksik etkiye sahiptir. Örneğin, civanın çok küçük bir damlası bile bir havuzda çok miktarda balık ölümüne sebep olabilir. Sularda çok uzun süreler kalabilme ve sucul organizmaların dokularında birikebilme özelliğine sahip olan ağır metaller, söz konusu organizmalar için çok önemli hasarlara yol açabilir. Yani, konsantrasyonlarına bağlı olarak ağır metallerin çok düşük dozlarda alınması önemsiz etkilere sahip olabileceği gibi, yüksek dozdaki alımlar yine canlının ve metalin türü ile konsantrasyona bağlı olarak ölüme bile sebep olabilir (Özdilek 2002). Kentsel yüzey akışlar, endüstriyel ve tarımsal yükleri içeren bütün insan kaynaklı ağır metaller, sucul ortamlarda sinerjistik bir etki oluşturabilirler. Diğer kirlilik kaynaklarıyla birlikte ağır metallerin toplam etkileri öyle bir düzeye ulaşabilir ki, ilerde oluşabilecek hasarlar metallerin bireysel etkilerinden çok daha yüksek düzeylere ulaşabilir. Geçen yüzyılda, ağır metallerin sebep olduğu pek çok dramatik örnekler gözlemiş olup, bunlardan en önemlileri seri hastalıklar ve hatta ölümlere kadar gitmiştir (Dallinger and Rainbow 1993).

1.2. Kirleticilerin Kaynakları ve Taşınım Yolları

Sucul sistemlere ilave olarak, karasal ortamlarda ağır metal kirliliğine maruz kalmıştır. Dolayısıyla ağır metallerin nihai akıbeti, taşınım yollarına ve bu aşamadaki işlemlere bağlıdır. Ağır metallerin birikimi; atmosferik girdi, doğal alanlardan erozyon, lağım suları, yerleşim birimlerinden ve tarım alanlarında yüzey akışlar, doğal ağır metal yüklerine sahip olan dereler veya maden bölgeleri ile ilgili olabilir (Santschi *et al.* 1984). Sonuç olarak kirleticiler, tatlı ve tuzlu su sedimentlerinde son bulur. Bununla birlikte, her bir aşamadaki katkılar bölgenin karakteristik özelliklerine bağlı olarak farklılık arz edebilir. Örneğin, endüstriyel merkezler ve maden alanları iyi bilinen kirlilik kaynaklarıdır. Bununla birlikte, kirleticilerin atmosferdeki taşınımına bağlı olan, global atmosferik kirlilik her yerde bulunabilir (hatta Antartika gibi hiç el değmemiş bölgelerde bile). Ekosisteme bağlı olarak ağır metallerin ortamlara katkısı değişebilir. Örneğin, genellikle sistemin tuzluluğu arttıkça bakırın ortamdaki konsantrasyonu da artar. Ağır metal kirliliği ortamlara göre fark edebileceği gibi, mevsimlere göre de

farklılık arz edebilir. Bu yüzden, değerlendirme yapılmadan önce bölgenin dikkatli bir şekilde tanımlanması gerekir. Özetle söz konusu bölgenin ağır metal kirliliği bakımından değerlendirilmesi yapılırken, ağır metallerin özellikleri ve kaynakları ile etkilediği ekosistemin karakteristikleri de son derece önemlidir (Özdilek 2002).

Metaller çevreye ve okyanuslara iki şekilde girer; 1) doğal işlemler; maden yatakları, toprak ve kayaların erozyonu, rüzgarın sebep olduğu tozlar, volkanik faaliyetler ve orman yangınları, 2) insan faaliyetlerinden kaynaklananlar; atmosferik taşınım ve birikim, nehirler, atıkların direk boşaltımı (Clark 2001). Cıva ve kadmiyum gibi bazı metallerin çevreye doğal olarak girişi, insan kaynaklılarla yaklaşık aynı düzeyde olmasına rağmen, kurşun gibi diğer bazı metallerin insan kaynaklı girişleri çok yüksek düzeydedir (Clark 2001). İnsan aktiviteleri esas olarak nehir kenarlarında, körfez ve koy bölgelerinde çok daha fazla etkilidir. Bu yüzden bu tür bölgeler, kıyısal endüstriyel aktivite ve kentsel yerleşimden kaynaklanan kirleticilerin akıbeti için son derece önemlidir.

Bütün dünyada, lağım ve diğer atık suların arıtılmadan sahil, koy ve körfezlere verilmesi genel bir eğilimdir. Bunlar genellikle insan kaynaklı katı atıkları, caddelerden gelen yüzey akışlarını, erozyonla aşınan toprak ve kaya parçacıkları ile endüstriyel atıkları içerir (Gross 1978). Atıkların okyanuslara bırakılmasını önlemek amacıyla, kıyısal ülkelerle uluslararası ajanslar tarafından arıtma sistemlerinin uygulamaya konulmasının sağlanması bu kirleticilerin miktarlarını azaltmıştır. Bu sistemler genellikle toplam askıdaki katı maddeler, biyolojik oksijen ihtiyacı, fekal koliform bakteri, pH, petrol ve yağlar gibi genel kirleticilerin arıtılması üzerinde yoğunlaşmıştır. Halbuki bu sistemlerle, ağır metaller, sentetik organik kimyasallar ve klorinler gibi potansiyel olarak toksik pek çok madde lağım atıklarından arındırılamazlar (Gross 1978).

1.3. Ağır Metallerin Çevredeki Biyolojik Etkileşimleri

Koy, körfez gibi kıyısız bölgelerdeki kuşlar ve diğer organizmaların sağlığı, doğal olan ve olmayan pek çok dış faktörler tarafından olumsuz yönde etkilenmektedir. Ekonomik önemi olan canlı kaynakları üzerine insan kaynaklı kimyasalların etkisini anlamak, çevre yönetimi için son derece önemlidir. Çünkü, toplum kimyasal maddelerin üretilerek ortama verilmesini sınırlayabilme yeteneğine sahiptir (Oliver *et al.* 2001). Ağır metallerin biyolojik birikim ve artışı ekosistemler için önemli olduğundan, eğer etkileri tamamen kontrol altına alınamıyorsa, en aza indirmek için, incelenen bir sistemdeki ağır metal kaynaklarının iyi tanımlanması gerekir. Kirleticilerin biyolojik birikimi (biyoakümüülasyon) deniz suyu, askıdaki katı madde, sediment ve besin zinciri vasıtasıyla oluşabilir (Bryan 1979). Tek tek incelendiğinde ağır metaller su, sediment, askıdaki katı madde ve biyotada farklı etkilere sahip olup, ekosistemlerde farklı biyolojik birikim ve artış trendleri gösterir. Suyu göre organik dokulardaki konsantrasyonlar çok daha yüksek olup, fazla değişken değildir. Yumuşakçalardaki konsantrasyonlar haftalar ve aylarca kalırken sedimentlerde yıllarca kalabilirler. Çünkü, metallerin ve organizmaların özelliklerine bağlı olarak bunların bir kısmı metabolizma tarafından kullanılabilir yada vücuttan atılabilir (Franco *et al.* 2002). Söz konusu ağır metallerin fiziksel ve kimyasal özelliklerine bağlı olarak, çevredeki konsantrasyonları, biyolojik birikim ve artışları farklılık gösterebilir. Bu nedenle, ağır metallerin genel özellikleri, kaynakları, toksisiteleri ile çevredeki biyolojik birikim ve artış modellerinin iyi bilinmesi gerekir (Shear *et al.* 1996, Isaac *et al.* 1997). Örneğin, arsenik, kadmiyum, krom, bakır, kurşun ve çinko gibi son derece önemli olan ağır metallerden, arsenik çevrede en toksik olanlardan biri olup, balık ve kabuklu dokularında yoğun olarak birikir. Endüstriyel dünyada geniş bir kullanım alanı olan kadmiyum, pek çok canlı formları için toksik etkiye sahiptir. Çok farklı formlara dönüşebilen kompleks bir kimyasal olan krom da, organizmalarda birikme özelliğine sahiptir. Endüstriyel kullanımda çok uzun bir geçmişe sahip olan bakır, yüksek dozlarda hem bitkiler ve hem de hayvanlar için tehlikeli olabilir. Organizmalarda çok yüksek miktarlarda birikerek kalıcı olma özelliği gösteren kurşunun olumsuz etkilerini önlemek için geçen yıllarda, bir dizi katı çevresel önlemler alınmasına rağmen, toksisitesinin çok yüksek olmasından

dolayı günümüzde hala üzerinde önemle durulmaktadır. Endüstride geniş çapta kullanılan diğer bir metal olan çinko da yüksek konsantrasyonlarda organizmalar için son derece önemli bir tehdit unsurudur (Özdilek 2002).

İnsanlar tarafından tüketilen pek çok balığın besin kaynağı olması sebebiyle, omurgasızlardaki toksik metal seviyelerinin artması son derece önemlidir. Kuşların çoğunun yine bu canlılarla beslenmesi koy ve körfezlerde son derece yüksek koruma önlemlerinin alınmasını gerektirmektedir. Bu yüzden, metallerin biyolojik birikiminden (biyoakümülyasyon) dolayı besin zincirinin en tepesindeki insanoğlu, bu kirleticilere karşı son derece hassastır. Böyle bir ihtimal, ağır metal üzerinde titizlikle durulması ve çok sayıda çalışma yapılmasını daha önemli kılar (Prego and Cobelo-Garcia 2003).

Su ve sediment analizlerinin yanında, deniz kirliliğini değerlendirmede temel yaklaşımlardan biri canlıların izlenmesidir (biyomonitöring). Biyomonitörler, denizel ortamlarda biyolojik olarak mevcut olup, direk olarak ekotoksikolojik etkilere sahip olan ağır metallerin bölgesel ve zamana bağlı değişimi ile birikimlerini tespit etmek için kullanılır (Rainbow 1995). Bu durum, canlıların analiziyle metal kirliliğinin mevcut durumunu belirlememize ve miktarını tespit etmemize yarar (Widdows *et al.* 1995). Uygun bir biyomonitörün kullanımı, farklı metal kaynaklarının varlığını ve oransal miktarını anlamamızı sağlar. Örneğin, bir makro alg sadece çözünmüş metal kaynaklarını verirken, suyu filtre ederek beslenen midye ve istiridye gibi canlılar, çözünmüş ve askıdaki katı maddedeki metal içeriğini, zeminde bulunanlar ise sedimentte mevcut metal miktarını verir. Midye, istiridye ve balanuslar gibi canlılar, sürekli olarak ağır metal birikimine maruz kalırlar (Rainbow 1995). Bu yüzden, bir organizmanın biyomonitör olarak kullanılabilmesi için sahip olması gereken bazı özellikler şunlardır; 1) geniş bir coğrafik dağılımı olması, 2) sabit olup, yıl boyunca son derece bol miktarda bulunması, 3) tuzluluk gibi fiziko-kimyasal parametrelerdeki doğal çevresel değişikliklere ve kirliliğe toleranslı olması, 4) iyi ve net biyoakümülyasyon kapasitesine sahip olup, doku ve ortamdaki metal konsantrasyonları arasındaki ilişkiyi yansıtılabilmeli, 5) incelenen kirletici bakımından doku düzeylerini ayarlama kabiliyetinin çok az yada hiç olmaması, 6) teşhisi, örneklenmesi ve muhafazasının kolay

olması, 7) hem ekolojik ve hem de ekonomik öneminin olması, 8) laboratuvar metal çalışmalarında strese dayanıklı olmalıdır (Bryan *et al.* 1980, Philips 1980). Bivalve yumuşakçalar sesil organizmalar olup, suyu filtre ederek beslendikleri için, buldukları ortamlara kıyasla daha yüksek miktarlarda kimyasalları biriktirebildiğinden, koy körfez ve kıyasal bölgelerdeki kirleticilerin izlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Oliver *et al.* 2001). Pek çok denizel organizma bu özelliklerin tamamını sağlamasa da, biyomonitör olarak kullanılabilir. Çünkü, buradaki en önemli faktör bir biyomonitörün ilgili metalin net biriktiricisi olup olmamasıdır (Rainbow 1995).

Pek çok denizel organizma ağır metalleri yüksek oranlarda biriktirmekle birlikte, bu konsantrasyonlar kolaylıkla ölçülebilir ve incelenen türe bağlı olarak, haftalar, aylar ve hatta yıllara bağlı birikimleri verir. Daha da önemlisi, biriken toplam metal olmayıp, biyolojik olarak kullanılabilen metalin zamana bağlı birikimidir (Bryan *et al.* 1980, Bryan *et al.* 1985). Bu yüzden, ekotoksikolojik olarak direk etkili metal yükü tamamen doğru bir şekilde ölçülmüş olur. Böyle organizmalar biyomonitörler olup, kıyasal sular, koy ve körfezlerde biyolojik olarak kullanılabilir olan ağır metal konsantrasyonlarındaki coğrafik ve zamana bağlı değişimleri tespit etmek amacıyla geniş çapta kullanılmaktadır (Phillips 1980, Phillips and Rainbow 1993).

Bireysel biyomonitörler, su, sediment ve besin gibi canlıların kullanılabileceği farklı metal kaynaklarına farklı tepkiler gösterirler. Bu yüzden, denizel ortamda toplam ağır metal konsantrasyonunun canlılar tarafından kullanılabilirliğini belirlemek için, bu kaynaklarda biyolojik olarak bulunan metal miktarlarını yansıtan uygun bir biyomonitörün kullanılması gerekir (Rainbow and Phillips 1993, Phillips ve Rainbow 1993). Bu şekilde, farklı biyomonitörlerin mukayeseli kullanımı kirletici metalin kaynağını tam olarak belirlememizi sağlar (Phillips and Rainbow 1988, Phillips and Rainbow 1993).

Denizel ortamlarda çoğunlukla kullanılan biyomonitör organizmalar; makroalgler, çiçekli bitkiler, filtre ederek beslenenler ve detrituslarla beslenenlerdir (Carballeira *et al.* 2000). Sedimentle temasta olmayan deniz yosunları metalleri sadece çözünmüş

kaynaklardan, suyu filtre ederek beslenenler ise direk olarak deniz suyundan ve filtre edilen askıdaki katı maddeden alırlar. Midye, istiridye ve balanuslar askıdaki katı maddeyi süzerek beslenen canlılara en iyi örneklerdir (Phillips and Rainbow 1993). Midye ve istiridyeler epibentik filtre ediciler olduğundan, askıdaki katı madde ve sudaki çözünmüş metallerin konsantrasyonlarını çok iyi yansıtabileceği gibi, sedimentle ilgili konsantrasyonlar için de potansiyel biyomonitörlerdir (Amiard-Triquet *et al.* 1992, Ettajani *et al.* 1992). Bu tür canlılar, kimyasalların çevreye etkisi ve organizmalar tarafından kullanılabilirliği hakkında doğru ve güvenilir bilgiler verdiğinden, sucul ekosistemlerdeki kirlilik çalışmalarında çok eskiden beri kullanılan hassas organizmalar olarak bilinmektedir (Phillips 1977, Farrington *et al.* 1983, Salazar 1992). Biyomonitör çalışmalarda en yaygın olarak kullanılan midyeler; *Mytilus edulis*, *Mytilus galloprovincialis*, *Mytilus trossulus*, *Septifer virgatus*, *Perna viridis* (Rainbow 1995), istiridyeler ise; *Ostrea edulis*, *Crassostrea gigas*, *Crassostrea virginica*, *Crassostrea margaritacea*, *Crassostrea brasiliana* gibi türlerdir (Rainbow and Phillips 1993). *Spondylus spinosus* türü coğrafik dağılımı nedeniyle şimdiye kadar biyomonitör çalışmalarda kullanılmamıştır. Bu yüzden, bu çalışmada elde edilen sonuçlar bu türün biyomonitör olarak ilk defa kullanılması sebebiyle önemli olup, diğer istiridye türleriyle kıyaslamada önemli bilgiler sağlayacaktır. Biyomonitör organizmalar kullanarak metal kirliliğinin durumunu belirlemek için, incelenen organizmaların doğal seviyelerinin tespit edilmesi gerekmektedir (Carral *et al.* 1995, Carballeira *et al.* 2000). Bununla birlikte, unutmamak gerekir ki, biyomonitör organizmalardaki metal konsantrasyonları, sadece bunların sucul ortamlardaki biyolojik mevcudiyetine bağlı olmayıp, mevsimsel değişiklikler, sıcaklık, tuzluluk, yaş, cinsiyet ve büyüklük gibi diğer başka faktörler de organizmaların dokularındaki metal seviyelerini etkilemektedir (Carballeira *et al.* 2000). Bu nedenle, sonuçların yorumlanıp onaylanabilmesi için, bu faktörlerin de tanımlanarak miktarlarının tespit edilmesi gerekir (Carballeira *et al.* 2000).

Denizel hayvanların dokularında biriken metal konsantrasyonlarının kontrol altına alınması, birikim (akümülyasyon), vücuttan atılım (eliminasyon) (bu iki olay organizmanın biriktirme yeteneğine bağlı olarak değişebilir) ve büyümenin azalması arasındaki dengenin sağlanmasıyla gerçekleşir (Rainbow *et al.* 1990). Denizel

hayvanlar, deniz suyundan, AKM'den, sedimentlerden ve besin zincirinden biyolojik olarak metalleri dokularında biriktirebilirler (Luoma 1983). Vücuttan atılım, böbrek, solungaçlar ve boşaltım sistemi vasıtasıyla olur (Langston and Bebianno 1998). Konsantrasyonlar metallere göre farklı olabileceği gibi, türden türe (Rainbow 1995) ve hatta aynı türün bireyleri arasında bile fark edebilir (Depledge and Bjerregaard 1989). Metal konsantrasyonlarını etkileyebilen en önemli faktör belki de organizmanın büyüklüğü olabilir (Boyden 1974). Vücuttaki metal konsantrasyonlarına bağlı olarak büyüme oranları, farklı türler ve hatta aynı türün bireyleri arasında değişkenlik gösterebilir (Phillips and Rainbow 1993).

Askıdaki katı madde (AKM), sularda askıda bulunan canlı yada ölmüş organik ve inorganik parçacık materyaller olup, süzülerek elde edilebilir. Bunlar sahil sularında pek çok denizel hayvanlar için son derece önemlidir. Bu hayvansal organizmaların çoğu, AKM'lerin bir kısmını veya tamamını süzerek beslenirler. Bu yüzden, suda çözünmüş ve AKM'deki metallerin değerlendirilmesinde bu canlıların kullanımı son derece iyi sonuçlar verir (Edwards *et al.* 2001). Karasal ortamlardan koy, körfez ve sahil sularına büyük oranda askıdaki katı madde şeklinde taşınan ağır metallerin sudaki davranışları güçlü bir şekilde askıdaki katı madde tarafından etkilenmektedir (Bubb and Lester 1991). Parçacık-su etkileşimlerine bağlı olarak koy ve körfezlerdeki karışım esnasında metaller AKM yüzeyinde tutulur yada tutulmaz. Burada iz metallerin yüzeyde tutulması genellikle bulanıklığın maksimum olduğu tabakalarda, düşük tuzlulukta gerçekleşirken (Ackroyd *et al.* 1986, Morris 1986), yüzeyde tutulmaması muhtemelen majör iyon konsantrasyonlarındaki artışla ve yüksek tuzluluklarda gerçekleşir (Baeyens *et al.* 1998).

1.4. Atmosferik Taşınımın Kaynaklanan Ağır Metal Kirliliği

Ağır metaller atmosferik yollarla taşınabilir. Örneğin, çevredeki kurşun kontaminasyonlarının asıl sebepleri, kurşunlu benzin ve kurşunca zengin kömürlerin yanmasıdır. Amerika Birleşik Devletleri'nde kurşunlu benzin kullanımı 1986 yılında yasaklanmasına rağmen, dünyada gelişmekte olan pek çok ülkede hala kullanılmaktadır

(Özdilek 2002). Grönland buz tabakasındaki kurşun miktarının 1800'lere kadar yaklaşık 0,02 ppm iken, günümüzde 0,2 ppm'den daha yüksek olduğu ve endüstrileşmeye paralel olarak arttığı bildirmektedir (Kesler 1994). Bu durum, söz konusu metalin kurşun madenleri ve işleme merkezleri ile kurşuna dayalı herhangi bir faaliyetin bulunduğu yerden çok uzaklara bile global atmosferik yolla taşınabileceğini göstermektedir (Özdilek 2002).

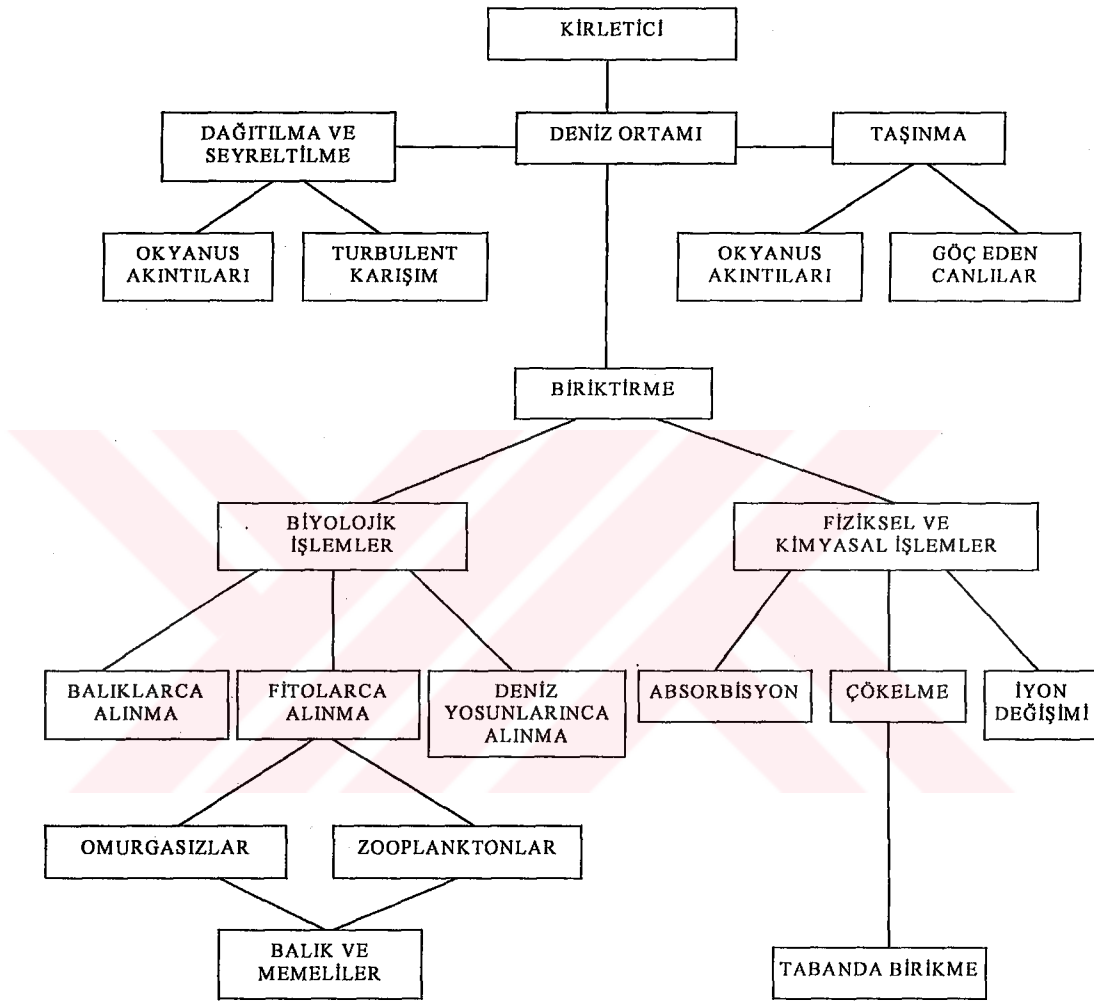
Ağır metaller taşınım ve birikim açısından farklı özellikler gösterebilir. İsviçre'de bir maden alanına yakın bölgelerde bakırın, kadmiyum, kurşun ve çinkodan daha fazla konsantrasyonda olduğunu bildirilmiştir (Ek *et al.* 2001). Yazarlara göre bu durum, bakırın daha büyük paçacıklar halinde yayıldığını göstermektedir.

1.5. Sucul Ekosistemlere Yüzey Akışlarıyla Gelen Ağır Metal Kirliliği

Ketchum (1976)' a göre, denizlere verilen bir kirleticinin, ortamdaki dağılım süreçleri şekil 1.1'de verilmiştir (Atayeter 1996). Şekilden de görüldüğü gibi kirleticiler denizel ortamlardaki dağılımları sırasından pek çok biyotik ve abiyotik faktörler tarafından etkilenen süreçlerin etkisinde kalmaktadır. Dolayısıyla, iz metallerin de sulardaki davranışları (örneğin; canlılarca kullanılabilirliği, toksisitesi, taşınımı, adsorpsiyon/desorpsiyon gibi) söz konusu elementin fiziko-kimyasal özelliklerine bağlıdır (Stumm and Morgan 1981).

Yüzey akışlarının kontaminasyon kaynakları tarımsal ve kentsel faaliyetler olabilir. Örneğin, Teksas Trinity nehrinde, aşırı yağışların su kalitesi üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, sudaki toplam bakır, kurşun ve çinko konsantrasyonlarını etkileyen en önemli faktörün yağış miktarı olduğu bildirilmiştir (Smith 2001). Aynı çalışmada, bölgedeki bir yağışın hemen ardından yapılan analizlerde yaklaşık olarak, toplam çinko, kurşun ve bakır konsantrasyonunda sırasıyla 10, 4 ve 3 misli artışlar olduğu görülmüştür. Aşırı yağışlarla olan taşkınların, sadece yeni kirleticileri taşımadığı, aynı zamanda havuz ve bent gibi yerlerde çökelmiş olan sedimentlerdeki

kirleticileri de harekete geçirerek taşıdığı bildirilmektedir (Özdilek 2002). Ayrıca oksidasyon-redüksiyon (redox) reaksiyonları ve pH'daki değişimler de ağır metal taşınımını etkilemektedir (Özdilek 2002).



Şekil 1.1. Kirleticilerin denizel ortamda dağılım süreçleri (Ketchum 1976'dan)

Kentsel merkezler, daha önce kirliliğin çok düşük olduğu komşu bölgelere yüksek miktarlarda ağır metal ve diğer kirleticilerin taşınarak birikmesinde önemli rollere sahiptir (Tanner and Leong 2000). Bölgesel yüzey akışları ve nehirler vasıtasıyla denizlerin littoral bölgelerine gelen materyaller, kıyısal bölgedeki sedimentlerin morfolojisini ve mineralojisini önemli düzeyde etkilemektedir. Bu materyaller, endüstriyel ve kentsel atıklardan başka, yöresel jeolojik yapı tarafından da

etkilenmektedir. Kentsel atıklar genellikle organik madde, askıdaki katı madde, deterjanlar, sentetik organikler ve Cd, Cu, Pb ve Zn gibi metallerce zengindir (Förstner and Wittmann 1981, Flegal *et al.* 1991, Shear *et al.* 1996, Isaac *et al.* 1997). Ayrıca, kentsel yüzey akışları, binalar ve caddeler gibi yüzeylerin yıkanmasıyla Cd, Cu, Pb ve Zn gibi metallerce de zengin olabilir. Kentsel yüzey akışlarının içerdiği metal kaynakları şunlardır; motor yağlarının yanması, tekerleklerin aşınması, egzoz dumanları, caddelerin, bina yüzeylerinden boyaların aşınması, arabaların metal yüzeylerinin paslanması ve atmosferik kirlleticiler (Christensen *et al.* 1978, Pope *et al.* 1978, Cole *et al.* 1984, Granier *et al.* 1990).

Denizel ortamlarda ağır metal seviyelerinin ölçümleri genellikle su, sediment, askıdaki katı madde (seston) ve organizmalarda yapılmaktadır. Suda bulunan çözülmüş ağır metal konsantrasyonları, su hareketleri, tatlısu girişi ve mevsimsel değişim gibi faktörler tarafından etkilenmektedir. Sedimentteki konsantrasyonlar genellikle zamana bağlı birikimlerin daha doğru ve gerçekçi miktarların verir (Rainbow 1995). Ağır metallerin sedimentlerdeki oranları genellikle yüksektir. Özellikle incelenen ağır metal, sedimentin orijininde de yüksekse o zaman bu oran daha da artabilir. Diğer taraftan sedimentlerde ağır metal birikimi coğrafik olarak değişebilen sediment karakterleri tarafından da etkilenebilir (Luoma 1983, Luoma 1989).

Kontamine olmuş sedimentler son 20-25 yıldır popüler araştırma alanları olmuştur. Sedimentler, biriken organik materyal, karbonatlar ve demir-manganez oksitlerle kalıcı bileşikler oluşturarak pek çok ağır metal bakımından son derece zararlı olmaktadır (Klavins *et al.* 1995). Förstner *et al.* (1993) tarafından bildirildiğine göre; koy ve körfez ekosistemlerinde metal kirliliğine maruz kalmış sedimentlerde yapılacak çalışmalar altı ana başlıkta toplanmaktadır. Bunlar; a) kirlilik kaynaklarının belirlenmesi, izlenmesi ve kontrolü, b) sucul ekosistemlerin değişik bölümlerindeki ağır metal transfer mekanizmalarının çalışılması, c) parçacıklardan kaynaklanan metallerin çevresel etkisinin değerlendirilmesi, d) sediment kalitesini iyileştirici önlemlerin alınması, e) yüzey suyundaki metallerin katı/sıvı ilişkilerinin değerlendirilmesi, f) kirlenmiş sedimentlerin muhtemel çevresel etkilerinin tahmini.

Suyun debisi kirleticileri taşıyacak kadar güçlü olduğu sürece, bunlar su sütununda taşınabilirler. Fakat, nehirler göl, gölet, baraj ve setler gibi doğal ve yapay engellerle karşılaştığında, taşımış oldukları bu kirleticiler çökelirler. Suyun taşınımı esas olmakla birlikte su-sediment ve su atmosfer arasındaki ilişkilerden kaynaklanan değişimler de son derece önemlidir. Dahası, etkileşim içinde olunan bölgelerin özelliğine bağlı olarak kirleticiler farklılık gösterebilir (Bryan 1979). Örneğin, nehirlerin ağır metal konsantrasyonları jeolojik yapıya bağlı olarak değişiklik gösterebilen orijinal değerler olabilir. Eğer bir nehir kurak sezonlarda farklı bölgelerin muhtemel metal kaynaklarını taşımıyorsa bu nehir yatağı ile onu çevreleyen mera arazisinde herhangi bir metal kaynağı yoksa o zaman, söz konusu arazideki tek metal kaynağı atmosferik birikim olabilir. Dolayısıyla, böyle bir nehirden hem kurak ve hem de yağışlı mevsimlerde alınan örnekler analiz edilirse, ağır metal konsantrasyonlarının yağışlı mevsimlerde maksimum olduğu gözlenebilir (Özdilek 2002). Fakat, ağır metallerin atmosferik birikimi çok önemli bir süreç olmadığından böyle bir birikim göz ardı edilebilir. Bu durum, ağır metal kirliliğinin yaklaşık 1 ppb'lik konsantrasyonunun yağış yoluyla taşındığını göstermektedir. Eğer, nehir yatağının içerdiği iz metaller kirletici düzeyde değilse ve etrafında metropolitan bölgeler yada gübre ve pestisitlerin uygulandığı tarım arazileri gibi kirletici kaynaklar yoksa, o zaman ağır metal konsantrasyonları genellikle nehir akışlarıyla değişir. Yani, yağışlar nehri çevreleyen araziden ağır metallerin yüzey akışıyla taşınmasına sebep olur. Böyle bir sistemde ağır metal düzeyini belirleyen yegane faktör kontamine olan yüzey akışlarıdır (Özdilek 2002).

Bununla birlikte nehir sedimentleri zaten kirlenmiş ise, ağır metal konsantrasyonları sadece kirli yüzey akışlarından değil, suyun debisinin yüksek olduğu zamanlarda sedimentlerin yeniden süspansiyon haline geçmesinden de kaynaklanabilir. Bu durumda kabul etmek gerekir ki, girdiler daha kompleks bir hale gelir. Eğer yağış olursa, hem kirlenmiş yüzey akışı ve hem de sedimentteki ağır metallerin yeniden süspansiyon haline geçmesi önemli iki etken olur (Tanner and Leong 2000). Nehir tabanını taranması, rüzgar, tekne seyahati, dip balıklarının avcılığı gibi faktörler sedimentlerde mevcut olan ağır metallerin etkili hale geçmesinde diğer önemli faktörlerdir. Ayrıca, oksidasyon-redüksiyon reaksiyonları uzun dönemde ağır metallerin geleceği üzerinde önemli bir

etkiye sahiptir. İklim, pH ve diğer kirleticiler gibi incelenen bölgelere has değişkenler sistemdeki ağır metal konsantrasyonlarını ve bunların çevreye etkilerini belirlemede önemli rollere sahiptir (Özdilek 2002).

1.6. Ağır Metallerin Doğal ve Müsaade Edilebilir Düzeyleri

Bazı ağır metallerin sulardaki doğal ve müsaade edilebilir düzeyleri mg/l olarak çizelge 1.1 (Kocataş 1986, Anonim 2002, Anonymous 2002), sucul organizmalardaki müsaade edilebilir düzeyleri ise mg/kg olarak çizelge 1.2 (Anonim 2002)'de verilmiştir. Çizelge 1.1 incelendiğinde sulardaki müsaade edilebilir düzeylerin farklılık arz ettiği görülmektedir.

Çizelge 1.1. İncelenen ağır metallerin sulardaki doğal ve müsaade edilebilir düzeyleri (mg/l)

Ağır Metaller									
Al	Cu	Zn	Fe	Cd	Co	Pb	Cr	Mn	Ni
Doğal Düzeyler Denizlerde (Kocataş 1986)									
0,002	0,002	0,005	0,002	----	5×10^{-6}	3×10^{-6}	3×10^{-4}	2×10^{-6}	$1,7 \times 10^{-3}$
Müsaade Edilebilir Düzeyler İçsularda ve Denizlerde (Anonim 2002)									
Al	Cu	Zn	Fe	Cd	Co	Pb	Cr	Mn	Ni
0,07	0,01	0,003	0,7	0,01	1,0	0,1	0,1	1,0	0,3
İçsularda (Anonymous 2002)									
0,75	0,013	0,12	1,0	0,0043	--	0,065	0,016	--	0,47
Denizlerde (Anonymous 2002)									
--	0,005	0,09	--	0,042	--	0,21	0,0011	--	0,074

Çizelge 1.2. Bazı ağır metallerin organizmalardaki müsaade edilebilir düzeyleri (mg/kg)

Organizma	Niteliği	Ağır Metal	Düzy
Çift kabuklular, balıklar,	Canlı, işlenmiş, taze,	Cd	0,1
yumuşakçalar, ıstakoz,	soğutulmuş,	Pb	1,0
karides, kerevit, kafadan ve	dondurulmuş olarak	Cu	20
karından bacaklılar	kullanımda	Zn	50

1.7. Seçilen Metallerin Özellikleri ve Toksik Etkileri

İncelenen ağır metallerin fiziksel ve kimyasal özelliklerine bağlı olarak konsantrasyonlarıyla, biyolojik birikim ve artışları değişiklik arz edebilir. Bu yüzden, söz konusu metallerin çevredeki genel özellikleri, kaynakları, toksisiteleri, ortamdaki değişimleri ve biyolojik birikim/artış mekanizmalarının iyi bilinmesi gerekir.

1.7.1. Kadmiyum (Cd)

Endüstriyel dünyada son derece yaygın olarak kullanılan bir iz element olan kadmiyumun, yer kabuğundaki ortalama konsantrasyonu genellikle 0,1-0,5 mg/kg olarak bildirildiği halde, tortul kayalarla, deniz fosfatları ve fosforitlerinde depolanmış olarak daha yüksek düzeylerde bulunmaktadır. Çinko ve kurşun üretiminde oluşan bir yan ürün olduğundan, eğer ortamda çinko ve kurşundan kaynaklanan ağır metal kontaminasyonu varsa, kadmiyumun da bulunması beklenen bir sonuçtur. Diğer önemli kaynakları, fosil yakıtlar ve atık ürünlerin yanmasıdır (Cook and Morrow 1995).

Ayrıca, kimyasal, manur ve kompost gübrelerle birlikte lağımlarda bulunmaktadır (ATSDR 2003). Metal kaplama ve alaşım, boyalar, piller ve elektronik endüstrisi gibi geniş bir kullanım alanına sahiptir. Endüstride kullanılan ağır metallerin mukayesesi sonucunda, insanlar tarafından ortama verilen metallerin doğal kaynaklara nazaran çok

daha fazla olduğu bildirilmiştir (Kesler 1994). Pek çok organizma için toksik olan Cd, direk sudan, bir dereceye kadar havadan ve besin yoluyla alınarak, hem bitkisel ve hem de hayvansal organizmalarda birikme özelliğine sahiptir. Bütün gıdalarda çok az da olsa bulunur. Özellikle mantarlar başta olmak üzere, kabuklular, karaciğer ve böbrek etleri kadmiyumca zengindir (ATSDR 2003). Nefes yoluyla insanlarda alımı akciğer hastalığı, yüksek kan basıncı, su ve gıdalarla alımı karaciğer, böbrek, beyin, sinir hastalıkları, kemiklerde hassasiyet ve demir eksikliği gibi pek çok hasarlara yola açar ve çoğu ölümcül olabilir. Dokuz kadmiyum izotopundan üçü (Cd-109, 113,113m), toksik olarak son derece önemli olup, çok uzun bir yarılanma süresine (yani, yarısının bünyeden atılması için gereken süre) sahiptir (ATSDR 2003). Cd, larvaların büyüme ve yaşama oranlarının düşmesine sebep olmasıyla sucul organizmalar için son derece toksiktir. Balıkta iyon dengesinin bozulmasına sebep olan Cd zehirlenmesi, kalsiyum metabolizmasını engelleyerek de zararlı olur. Diğer hayvanlarda karaciğer ve böbrekte depolanır ve çoğu bir proteine bağlanarak, daha zararlı bir hale gelir. Eğer alınan Cd, hayvanın doğal savunma limitinin üzerindeyse, böbrekleri hasara uğratarak vitamin D ve Ca metabolizmasına zarar verir. İnsanlarda kadmiyumun önemli bir kaynağı sigara tüketimidir. Vücudu son derece yavaş bir şekilde terk ettiğinden, insanlarda 20 yıldan daha fazla bir yarılanma süresine sahip olup, kanserojen olabilir (ATSDR 2003). EPA (Environmental Protection Agency)'ya göre içme sularında 5 ppb'den fazla olmaması önerilir (ATSDR 2003).

1.7.2. Krom (Cr)

Krom, kayalar, hayvan, bitki, toprak, volkanik toz ve gazlarda doğal olarak bulunan bir element olup, çevrede birkaç formu olabilir. Bunlardan en yaygını; Cr^0 , Cr^{+3} ve Cr^{+4} , tür. Kromitler ve krom oksit topraklarda bu metalin esas kaynağını oluşturur. Temiz topraklarda tipik konsantrasyonları, 10 ile 90 mg/g arasında değişmektedir (Bruland 1983). Kaba bir tahminle USA topraklarında ortalama Cr konsantrasyonu yaklaşık, 50 mg/kg olarak bildirilmektedir (ATSDR 2003). Çelik üretiminde, alaşım yapımında, metal endüstrisinde, krom kaplamada ve paslanmayı kontrol edici madde olarak

kullanılmaktadır. Aynı zamanda, boya, tuğla ve deri endüstrisi ile gıda koruyucu madde olarak kullanılmaktadır.

Kromun farklı tipleri organizmalarda farklı toksik etkilere sahiptir. Cr^{+3} doğal olarak pek çok taze meyve, sebze, et, bira mayası ve hububat tohumlarında bulunabilir. Farklı işleme, depolama ve hazırlama metotları gıdanın krom içeriğini değiştirebilir. Paslanmaz çelik kutular ve pişirme kaplarında depolanan asitli gıdalar paslanmaz çelik kaplardan dolayı yüksek miktarda krom içerebilir. (ATSDR 2003). Dünya Sağlık Örgütü, nefes yoluyla yüksek dozlarda kromun akciğer kanseri riskini artırdığını, su ve gıdayla alımların ise, mide ülserleri, böbrek ve karaciğer hastalıkları ve hatta ölümlere sebep olduğunu bildirmektedir (ATSDR 2003). Ayrıca, bazı insanlarda şiddetli alerjik reaksiyonlar da belirlenmiştir. Belirli iş kolları ve yaş grupları Cr toksisitesi bakımından hassas olarak sınıflandırılmıştır. Yukarıda bahsedilen özel endüstrilerde çalışan işçiler, diğer gruplardan daha fazla riske sahiptir. Balıklar sulardan bünyelerine çok miktarda Cr akümüle etmezler. Krom, hava, su ve toprağa genellikle Cr^{+3} ve Cr^{+4} formlarında girer. Havada ince toz parçacıkları halinde bulunan krom bileşikleri doğal olarak toprak ve suya düşer (ATSDR 2003). EPA'ya göre içme sularında 100 $\mu\text{g/l}$ 'den fazla olmaması önerilir.

1.7.3. Bakır (Cu)

Bakır insanoğlunun kullandığı en eski metallere birisi olup, yer kabuğundaki ortalama konsantrasyonu yaklaşık 55 mg/kg, topraklarda ise 20-30 mg/kg olarak bildirilmiştir (Kesler 1994). Çevredeki bakır kontaminasyonu kaynaklarının; araba mezarlıkları, soğutma suyu deşarjları, bakır içeren pestisitler, su dağıtım boruları, otomobil, kamyon, otobüs ve tır gibi vasıtaların fren balataları, metal kaplama ve işleme endüstrisi, rafineriler, dam, çatı malzemeleri ve maden critme işlemleri olduğu bildirilmektedir (Fialkowski and Newman 1998). Bakır aynı zamanda doğal olarak bitki ve hayvanlarda da bulunan, insanlar ve diğer bütün canlılar için, esansiyel bir elementtir. Tarımsal yüzey akışlarından gelen çözülebilir bakır bileşikleri, son derece zararlı olabilir. Bunlar, sucul ekosistemlere girdiklerinde, genellikle yaklaşık bir günde

sudaki parçacıklara bağlanır ve bu şekilde ortam şartlarına bağlı olarak çevreye daha az bir tehdit oluşturur.

Bakırın kanserojen olmadığı bildirilmektedir. Yüksek düzeylerde bakır içeren su, kusma, ishal, mide bulantısı ve kramplarına sebep olur. İnsanlarda, yüksek dozları ağız, burun ve gözleri tahriş eder, baş dönmesi ve ağrısı, ishal ve mide bulantısı gibi etkilere yol açar. En çok karaciğer, böbrek, mide, akciğer, bağırsak, kalp beyin ve adrenal bezde birikim yapar. Bebekler ve çocuklar, bakıra hassas olup, uzun süre yüksek düzeyde bakır içeren su ve gıda kullanımı, hem çocuk hem de yetişkinlerde karaciğer ve böbrekte hasara yol açarak ölüme sebep olmaktadır (ATSDR 2003). EPA'ya göre içme sularında 1,3 mg/l'den fazla olmaması önerilir.

1.7.4. Kurşun (Pb)

Yerkabuğunda yaygın bir element olan kurşun, toprakta yaklaşık 12,5 mg/kg'lık bir konsantrasyona sahip olup, toprak ve sediment parçacıkları tarafından son derece yüksek oranlarda absorbe edilir (Kesler 1994). Aynı zamanda, sucul ortamlarda kurşun alımı, sertlik, pH, tuzluluk, sıcaklık ve organik madde gibi çevresel faktörler tarafından son derece etkilenmektedir (Kesler 1994). Çevredeki ana kaynakları, maden ve metal endüstrileri, otomobil aküleri, tıbbi ekipmanlar, kurşunlu boyalar, seramik endüstrisi, kaplama, bilimsel ve optik aletler, cepaneler, katı atık yakımı ve kurşunlu benzin kullanımınıdır (ATSDR 2003). Amerika'da uzun yıllardır kurşunlu benzin kullanılmamasına rağmen, atmosferik birikim önemli bir problem olmuştur. Ayrıca, Avrupa Birliği ülkelerinde 1988'den sonra taşımacılık yoluyla ortama kurşun girişinde önemli bir düşüş gözlenmiştir (Hagner 2000). Kurşun madenciliği ve üretimi, atmosferik taşınım ve birikimden dolayı önemli mesafelerde etkili olabileceği için, bu olay kurşun kontaminasyonunda önemli bir rol oynar (Kesler 1994).

Balık ve kabuklularda öncelikle solungaç, karaciğer, böbrek ve kemikte biriken kurşun, organizmalarda son derece uzun bir yarılama ömrüne sahiptir. Larvaları tamamen öldürmese de önemli hasarlar verebilir. Önce iskelete girer ve vücudu terk etmesi 20 yıl

alır. Yumurta ve embriyolarda birikebilir. Genellikle, karaciğer, böbrek, iskelet ve dalakta birikim yaptığı bildirilmektedir (ATSDR 2003). Yüksek düzeyde kurşun zehirlenmesinden, gastrointestinal sistem ve sinirlerde hasarlar bildirilmiştir. Düşük düzeylerde bile, beynin büyüme ve gelişimini engellemektedir. Ayrıca, plasentayı geçip, cenini etkileyebilir. Bundan başka, kırmızı kan hücrelerinin sağlığını olumsuz etkileyerek anemiye sebep olabilir. Dünya Sağlık Örgütü tarafından kanserojen olabileceği bildirilmektedir (ATSDR 2003). EPA'ya göre içme sularında 15 µg/l'den fazla olmaması önerilir.

1.7.5. Çinko (Zn)

Çinko, her vücut sıvısında, dokuda, insan hücre ve organlarında bulunan esansiyel bir elementtir. Hava, toprak, su ve bütün gıdalarda mevcut olup, mineral olarak bol bulunan bir elementtir. Yerkabuğu çinkoca zengin olup, konsantrasyonu yaklaşık 70 mg/kg, temiz topraklarda ise 10-300 mg/kg arasındadır (Griscom *et al.* 2000). Çinko diğer elementlerle birleşerek, çinko klorit, çinko oksit, çinko sülfat ve çinko sülfid bileşiklerini oluşturur. Demir ve diğer metallerin kaplama işlemlerinde, kuru hücre akülerde, alayım imalatında, beyaz boya üretiminde, seramiklerde, kauçuk sanayiinde, gübrelere, bazı kozmetik ve sağlık alanında kullanılmaktadır (ATSDR 2003). Kurşun gibi çinko da madenler ve işleme merkezlerinden yayılarak, atmosferik olaylarla uzun mesafelere taşınır, depolanır. Amerika'da bitkilerde 25-5800 ppm konsantrasyonlarında çinko bulunduğu tespit edilmiştir (Groet 1980). Toprakta bulunan çinkonun yaklaşık %90'ı bitki büyümesinde kullanılır. Aynı zamanda, sucul organizmalarda çinkoyu biriktirmektedir.

En çok birikim gösterdiği organlar, prostat, böbrek, kas ve karaciğerdir. Çinkonun yetersiz miktarda alımı, 200'den fazla enzimi olumsuz etkilediği gibi, yüksek düzeyleri de canlılarda çeşitli hasarlara sebep olmaktadır. Yetersiz alımda, örneğin hamile kadınlarda bebeklerin gelişimini engeller, gençlerde büyümeyi olumsuz etkiler, bağışıklık sistemini zayıflatır. İnsan vücudundaki çinkonun yaklaşık %90'ı kemik ve

kaslarda bulunup, vücuttan atılması normal şartlarda idrar ve dışkı vasıtasıyla olur. İştah ve bağışıklık sistem aktivitesinin azalması, yaraların geç iyileşmesi ve derideki aşırı hassasiyetler, kolesterolün yükselmesi, insanlardaki aşırı çinko alımında gözlenen genel problemlerdir (ATSDR 2003). Farklı araştırmacılar tarafından, kanser hariç, pek çok olumsuz etkiler bildirilmiştir. Çinkonun toksikolojik açıdan, arsenik, kadmiyum, krom, bakır ve kurşundan daha az hasara sebep olduğu bildirilmektedir. Arsenik çok yüksek, Cd, Cu ve Pb orta derecede, Zn ise hafif derecede toksik etkiye sahiptir (Kesler 1994). EPA'ya göre içme sularında 5 ppm'den fazla olmaması önerilir.

1.7.6. Manganez (Mn)

Kayaların çoğunda doğal olarak bulunur. Saf manganez gümüş renginde olup, doğal olarak bulunmaz, ancak oksijen, sülfür ve klorin gibi diğer maddelerle bileşik halinde bulunur. Yaşam için gerekli olup, hububat, tahıl ve çay gibi pek çok gıdalarda bulunan esansiyel bir iz elementtir. Demir, çelik fabrikaları, güç santralleri, yakma fırınları ve maden yataklarının tozlarından havaya karışabilir. Suyu ve toprağa karışımı doğal kaynaklardan, atıkların deşarjıyla, atmosferik taşınım ile olur. Nehir, göl ve yer altı sularında doğal olarak bulunur ve sudaki bitkiler tarafından bir miktar alınarak birikebilir (ATSDR 2003). Genellikle karaciğer, böbrek ve pankreasta birikir. Herkes su, hava ve gıda yoluyla, düşük miktarlarına maruz kalabileceği gibi, ilgili işyerleri ve madenlerde çalışanlar çok yüksek düzeylerde etkilenebilir. Bilinçsizce pestisit kullanımı da yine aşırı dozlarda alımına sebep olur. Etkilenen kişilerde zihinsel ve duygusal rahatsızlıklar ile yavaş ve hantal vücut hareketleri görülüp, bu belirtilerin kombinasyonu "magnetism" olarak adlandırılan bir hastalıktır. Ayrıca solunum problemlerine sebep olan manganezin insanlarda kanserojen olmadığı bildirilmiştir (ATSDR 2003). EPA'ya göre içme sularında 0,05 mg/l'den fazla olmaması önerilir.

1.7.7. Alüminyum (Al)

Doğal olarak yer kabuğunun yaklaşık %8'ini oluşturan Al, gümüş beyazı renginde ve esnek bir metaldir. Daima oksijen, silikon ve florin gibi diğer elementlerle birlikte bulunur. Mutfak ekipmanları, boya, havai fişek, cam, seramik ve kauçuk sanayiinde bol miktarda kullanılır. Havadaki parçacıklara bağlanan bu metal, göl, dere, nehir ve denizlerde suyun kalitesine bağlı olarak çözülebilir. Asit yağmurlarıyla toprak ve kayalardan çözülebilir (ATSDR 2003). Bazı bitkiler tarafından topraktan alınabilir, fakat besin zincirinde biyolojik olarak konsantre olduğu hakkında bilgi yoktur. Çok az miktarda gıdalar, Al içeren yemek kapları, hava, su ve deri teması yoluyla alımlar zararsızdır. Yüksek miktarlarda alımlar ise, iş yerlerinde aşırı Al içeren tozların alımı, atıkların bırakıldığı ve Al imalatının yapıldığı yerlere yakın suların içilmesi, antasitler (asit gidericiler) gibi alüminyumca zengin içeceklerin (özellikle turuncgiller çok zengindir) kullanımından kaynaklanır. En fazla saç, deri ve akciğerde birikir. Solunum yoluyla alımlar öksürük ve astıma sebep olabilir. Kanserojen olmayıp, su ve gıda yoluyla aşırı alımlar bazı kemik problemlerine yol açabilir. EPA'ya göre içme sularında 0,2 ppm'den fazla olması, koku ve tadı olumsuz etkiler. (Özdilek 2002, ATSDR 2003).

1.7.8. Kobalt (Co)

Kaya, toprak, su, bitki ve hayvanlarda doğal olarak bulunan bir elementtir. Stabil kobalt olarak adlandırılan, radyoaktif olmayan formları, önemli miktarlarda uçak motoru, mıknaş, delici ve kesici aletler sanayiinde kullanılan metal karışımı alaşımların imalatında kullanılır. Ayrıca kobalt bileşikleri boya, renkli cam ve seramik yapımında da kullanılmaktadır (ATSDR 2003).

Kobalt, çevreye doğal kaynaklardan ve kömür, petrol ya da kobalt alaşımı ürünlerin yanmasıyla girer. Havada parçacık halinde bulunup, birkaç günde su veya toprağa düşerek, parçacıklara bağlanır. Bazı kobalt bileşikleri suda çözülebilir, çevrede yok olmaz ancak form değiştirir. Çevredeki radyoaktif kobalt miktarının artmasının tek sebebi radyoaktif bozulmadır. Solunum, gıda ve içme suyuyla düşük miktarda kobalt

alımı söz konusudur. İnsan sağlığına hem zararlı ve hem de faydalı olabilir (ATSDR 2003). Vitamin B12'nin bir parçası olduğundan insanlara faydalıdır. En fazla karaciğerde birikip, yüksek düzeylerde alımı, insanlarda ve hayvanlarda akciğer, kalp, karaciğer, böbrek ve deri hastalıklarına sebep olabilir. Gıda ve su yoluyla yüksek düzeyde radyoaktif olmayan kobalt alımının insan ve hayvanlarda kanserojen olmadığı bildirilmektedir. Fakat, yapılan hayvansal deneylerde, direk solunum yoluyla verildiğinde yada kas ve deri altına uygulandığında kansere sebep olduğu görülmüş ve buna dayanarak, insanlarda da kanserojen olabileceği bildirilmiştir. Yüksek düzeyde kobalt radyasyonu, hücrelerdeki genetik materyalleri değiştirerek, bazı kanser tiplerinin gelişmesine sebep olabilir. (Özdilek 2002, ATSDR 2003)

1.7.9. Nikel (Ni)

Esas olarak çevrede oksijen ve sülfürle bileşik oluşturan çok bol bir element olup, volkanlardan kaynaklanır ve bütün topraklarda bulunur. Saf nikel, sert, gümüş renkli bir metal olup, alaşımları oluşturmak üzere diğer metallere birleşir. Nikel alaşımlı bazı önemli metaller, demir, bakır, krom ve çinko olup, madeni para ve mücevher yapımında kullanılmaktadır. Nikel bileşikleri aynı zamanda, nikel kaplama, seramik renklendirme ve bazı pillerin yapımında kullanılır (ATSDR 2003). Genellikle toprak ve sedimentteki demir ve mangan içeren parçacıklara bağlı olarak bulunur. Havada çok düşük miktarda bulunup, balık, bitki ve hayvanlarda pek bulunmaz. İnsanlara en fazla bulaşma yolu, nikel içeren havayı teneffüs etmek, gıdaları tüketmektir ve sigara içmektir. Çok düşük miktarlarda insan ve hayvanlar için esansiyel olan nikelin yokluğunda, insanlarda kronik bronşit ve nefes darlığı problemleri bildirilmektedir. Bazı nikel bileşikleri kanserojen olarak kabul edilebilir. Aşırı miktarda nikel ve bileşiklerinin olduğu rafineriler ile işleme ünitelerindeki havayı teneffüs ederek çalışan işçilerde akciğer ve sinüs kanserleri görülmüştür. EPA'ya göre içme sularında 0,04 ppm'den az olmalıdır. (Özdilek 2002, ATSDR 2003)

1.7.10. Demir (Fe)

Son derece yaygın bir metal olup, toprak ve kayalarda bol miktarda bulunur. Bitkiler, hayvanlar ve insanlar tarafından düşük miktarlarda bile ihtiyaç duyulan bir elementtir. Alüminyumdan sonra %4,2 ile yer kabuğunda en sık rastlanan metaldir. Normal olarak çözülemeyen formda olmasına rağmen, doğal olarak gerçekleşen pek çok reaksiyonla, demirin çözülebilir formları oluşabilir ve bunlar girdikleri suyu kirletirler. Bu yüzden aşırı demir, yer altı sularında genel bir problemdir (Gray 1996). En fazla kemik iliği, kırmızı kan hücreleri, karaciğer, akciğer ve dalakta birikir. Esansiyel bir element olan demirin sulardaki yüksek konsantrasyonları sağlığı tehdit eder. Bu yüzden aşırı miktarlarda arzu edilmez ve pek çok problemlere sebep olur. Demir Fe^{+2} formda çözülebilir haldedir ve havanın varlığında çözülemeyen Fe^{+3} formuna oksitlenir (Özdilek 2002, ATSDR 2003).

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Son 30-40 yıl boyunca Akdeniz, bölgede bulunan ülkelerin önemli bir odak noktası haline gelmiştir. Bu ekosistemin yarı kapalı yapısı, akıntı sistemi ve sahil şeridi boyunca nüfus yoğunluğunun artması önemli oranda su kirliliğine sebep olmuştur. Bu durumu önlemek için, Akdeniz Ülkeleri tarafından 1975'ten beri Birleşmiş Milletler ve çeşitli uluslar arası ajansların organize edip, desteklediği kapsamlı bir kirlilik önleme ve kontrol programı (Akdeniz Hareket Planı) uygulanmaktadır (Cubadda *et al.* 2001). Akdeniz'in farklı bölgelerinde yüksek oranlarda pek çok iz metalin doğal yada insan kaynaklı sebeplerle bu ekosisteme girdiği pek çok araştırmacı tarafından rapor edilmiştir. Bu yüzden, Akdeniz ekosistemi için en önemli tehditlerden birisinin metal kirliliği olduğu önemle vurgulanmaktadır (Cubadda *et al.* 2001).

Batı Akdeniz havzasına nehir, atmosfer ve boğazlar gibi çeşitli yollardan giriş ve çıkış yapan yıllık toplam çözülmüş ağır metal konsantrasyonları çizelge 2.1'de verilmiştir (Elbaz-Poulichet *et al.* 2001). Mevsim bazında girdiler incelendiğinde, yaz ve kış

mevsimlerinde metallere göre farklılıklar gözlenmektedir. Örneğin, Mn girdisi yazın daha yüksek olmasına rağmen, Fe girdisi kışın daha yüksektir. Aynı durum çıktılarda da gözlenmektedir. Diğer taraftan, girdilerin genel olarak çıktılardan daha yüksek olduğu da görülmektedir ki, bu olayın denizel ortamdaki kullanım ve birikimden kaynaklanabileceği belirtilmektedir.

Çizelge 2.1. Batı Akdeniz havzasındaki toplam çözülmüş ağır metal girdi-çıkıtı düzeyleri (ton/yıl)

Ağır Metal	Toplam Giriş		Toplam Çıkıtı	
	Yaz	Kış	Yaz	Kış
Mangan	5700-6300	12000-13000	5430	8000
Demir	17000-36000	10000-28200	5200	3700
Nikel	12300-12500	11000-11300	10800	9000
Kobalt	200-350	270-450	350	280
Bakır	5800-6200	7000-7400	5700	4600
Çinko	21000-24000	16000-18700	17600	11600
Arsenik	86300	87300	90300	90300
Kadmiyum	350-370	420-440	440	400
Kurşun	1260-1600	1360-1690	1220	1000

Atayeter (1996) Gemlik Körfezi, Kacaali yöresinde farklı istasyonlarda yaptığı çalışmada ortalama ağır metal düzeylerini deniz suyunda; Pb 202 (Ocak)-574 (Temmuz), Cu 0,050 (Şubat, Mart)-0,096 (Aralık), Cd 0,085 (Aralık)-0,228 (Ağustos)

mg/l, sedimette; Pb 32,675 (Ocak)-79,703 (Eylül), Cu 32,041 (Ocak)-80,076 (Ekim), Cd 2,960 (Kasım)-8,960 (Temmuz) mg/kg olarak bildirmiştir. Aynı çalışmada, bazı balık etlerindeki konsantrasyonlar; Pb 0,125 (Kasım)-65,894 (Temmuz), Cu 0,095 (Kasım)-21,015 (Kasım), Cd 0,012 (Kasım)-24,453 (Ağustos) mg/kg olarak bildirilmiştir. Suda ve balık etinde Cu hariç, konsantrasyonlar genellikle yaz aylarında daha yüksek bulunmuştur. Yine aynı çalışmada, su, sediment ve balık etindeki metal konsantrasyonları arasında pozitif ve negatif ilişkiler tespit edilmiştir.

Güney Doğu Akdeniz, Haifa körfezi'nde yapılan bir çalışmada, deniz suyunda; Cd $2,38-9,92 \times 10^6$, Cu 0,147-11,421, Pb 0,031-1,506, Zn 0,188-138, Cr 0,025-18,3, Mn 0,304-6,63, Fe 20,4-953, ve Al 20-525 $\mu\text{g/l}$ olarak bulunmuştur (Herut *et al.* 1999).

İtalya Favignana Adası kıyısıl bölgede yapılan çalışmada, deniz suyunda; Cd 98-183 ng/l, Cr 86-144 ng/l, Cu 0,51-0,82 $\mu\text{g/l}$, Pb 0,32-0,92 $\mu\text{g/l}$, Zn 1,76-5 $\mu\text{g/l}$, *Patella caurela*'da; Cd 3,3-6,3, Cr 0,19-0,46, Cu 1,21-2,35, Pb 0,14-1,52, Zn 3,5-14,6 $\mu\text{g/g}$, *Monodonta turbinata*'da; Cd 0,58-3,35, Cr 0,13-0,54, Cu 5,7-21,5, Pb 0,15-0,66, Zn 14-55 $\mu\text{g/g}$ olarak bildirilmiştir (Campanella *et al.* 2001)

Atatürk Baraj Gölü suyunda, Cu 0,025-0,22, Fe 0,062, Mn 0,0039-0,0041, Zn 0,064-0,197 mg/l, sedimentinde ise, Cu 14,5-22,7, Fe 12587-19265, Mn 73,6-514,07, Ni 43,69-139,69, Zn 59,4-60,79 mg/kg olarak tespit edilmiştir (Karadede and Ünlü 2000).

Batı Akdeniz sularında yapılan çalışmada sekiz istasyonda ağır metal ortalamaları; Cd 23-29 nM/l (kış), Co 0,033-0,139 nM/l (yaz-kış), Cu 0,85-2,27 nM/l (kış), Fe 0,81-5,31 nM/l (yaz-kış), Mn 0,15-3,7 nM/l (yaz), Ni 1,65-4,46 nM/l (yaz-kış), Pb 0,044-0,321 nM/l (kış) olarak bildirilmiştir (Morley *et al.* 1997).

Lions Körfezi'nin farklı derinliklerinde Cd 0,07, Cu 2,8 ve Ni 4,2 nM/l olarak bildirilmiştir (Morley *et al.* 1990). Güney Ege sularının farklı derinliklerinde; Cd 0,016-0,176, Cu 0,48-5,19, Mn 0,18-9,31, Ni 0,08-9,83 nM/l, Kuzey Ege sularında ise; Cd 0,019-0,420, Cu 0,74-5,93, Mn 0,07-44,98, Ni 2,26-8,43 nM/l olarak ölçülmüştür

(Voutsinou *et al.* 2000). Kuzey Ege Denizi'nde yapılan bir diğer çalışmada ise; Cd 0,019-14,23, Cu 0,16-3462, Mn 0,07-8555, Ni 2,2-146 nM/l olarak rapor edilmiştir (Zeri *et al.* 2000).

Karadeniz'in açık sularında, ağır metal konsantrasyonlarını, Haraldson and Westerlund (1991) Cd 0,078, Cu 6,7, Ni 9,4 nM/l, Medinets *et al.* (1994) Cd 1,33-14,23, Cu 15,74-3462, Mn 6,92-175, Ni 3,92-189 nM/l, Zeri *et al.* (2000), Cd 0,369-13,7, Cu 4,7-36,2, Mn 29,1 nM/l olarak bildirmişlerdir.

Avustralya, Townsville Limanında, Cd 0,32, Cu 0,38, Ni 0,28, Pb 0,72, Zn 2,19 µg/l, Bowling Körfezi'nde, Cd 0,22, Cu 0,16, Ni 0,23, Pb 0,77, Zn 0,82 µg/l (Burdon-Jones *et al.* 1982), Lizard Adası civarında, Cd <0,03, Cu 0,13, Ni 0,09, Pb <0,06, Zn 0,08 µg/l, Orpheus Adası civarında, Cd <0,06, Cu 0,18, Ni 0,12, Pb <0,06, Zn 0,14 µg/l, Heron Adası civarında, Cd <0,02, Cu 0,14, Ni 0,08, Pb <0,06, Zn 0,17 µg/l (Denton and Burdon-Jones 1986ab) olarak rapor edilmiştir.

Teksas ve Oklohoma sınır bölgesinde Texoma Gölü suyunda; Cd <0,002-0,249, Co <0,002, Cr 0,002-0,08, Cu <0,011-0,104, Fe 0,035-0,43, Mn 0,001-0,152, Ni 0,001-0,012, Pb <0,05, Zn 0,012-0,246, Al 0,026-0,622 mg/l olarak bildirilmektedir (An and Kampbell 2003).

Yapılan bir çalışmada, Büyük Menderes Nehri sularında ağır metal konsantrasyonları; yaz-kış aylarında, Fe 0,58-0,65 (% olarak), Co 0,005-0,010, Cr 0,011-0,013, Cu 0,010-0,012, Mn 0,090-0,098, Ni 0,009-0,010, Pb 0,020-0,022, Zn 0,053-0,056 mg/l, Gediz Nehri'nde ise aynı şekilde; Fe 1,20-1,10 (% olarak), Co 0,007-0,011, Cr 0,020-0,028, Cu 0,013-0,011, Mn 0,053-0,050, Ni 0,013-0,011, Pb 0,048-0,040, Zn 0,080-0,076 mg/l olarak ölçülmüştür (Akçay *et al.* 2003). Aynı çalışmada, sedimentlerdeki konsantrasyonlar; Büyük Menderes'te, Fe 18500, Co 29, Cr 165, Cu 137, Mn 388, Ni 315, Pb 54, Zn 120 µg/g kuru ağırlık, Gediz Nehri'nde, Fe 25500, Co 38, Cr 200, Cu 140, Mn 510, Ni 106, Pb 128, Zn 160 µg/g kuru ağırlık olarak bildirilmiştir.

Küçük Menderes Nehri suyunda aylara göre ağır metal konsantrasyonları; Cd 0,0033 (Mayıs)-0,81 (Ocak), Pb 1,36 (Mayıs)-2,84 (Kasım), Cr 0,093 (Ocak)-2,19 (Mart), Ni 2,27 (Ocak)-8,98 (Mart), Cu 0,88 (Mart)-14,11 (Kasım), Zn 249,17 (Ocak)-258,08 (Kasım) µg/l olup, bazı metallerin ilkbahar-yaz, bazılarının ise sonbahar-kış aylarında daha yüksek olduğu gözlenmiştir (Turgut 2003).

Kuzey Batı İspanya, Ula Nehri Koyu AKM'sinde; Cd 7,02-27,14, Cr 21,43-126,35, Cu 6,84-755,71, Mn 27,57-5079,64, Ni 42,66-130,66, Pb 20,36-197,79, Zn 163,73-3380,71 mg/kg kuru ağırlık olarak bildirilmiştir (Belzunce-Segarra *et al.* 1997b)

Doğu Çin Denizi, Changjiang Körfezi AKM'sinde Ocak-1986'da; Cd 0,22-0,97, Cu 17,1-46,9, Mn 1015-1270, Ni 21,6-76,5, Pb 12,5-26,1 µg/g, Haziran ve Temmuz 1986'da; Cd 0,28-0,99, Cu 20-53,4, Mn 679,9-1282, Ni 38-64,2, Pb 18,8-31,4 µg/g, Eylül ve Ekim 1987'de; Cd 0,18-0,54, Co 22,9-35,2, Cr 126,7-190,8, Cu 29,6-53, Mn 669-1130, Ni 25,3-79,1, Zn 85,9-121,3 µg/g, Eylül ve Ekim 1988'de; Cd 0,18-0,97, Co 25,4-38, Cr 103,1-166,9, Cu 45,5-62,2, Fe 47400-56900, Mn 683,5-960,1, Ni 57,5-72,9, Pb 33,1-43,3, Zn 74,2-114,7, Al 61400-110100 µg/g kuru ağırlık olarak bildirilmiştir (Zhang, 1999).

Güney Avustralya suları AKM'sinde kış ayları ortalaması; Cd <0,05-6,693, Cu 29,189-66,397, Pb 13,297-158,719 mg/kg, ilkbahar ayları ortalaması; Cd <0,05-5,394, Cu 19,644-62,121, Pb 10,01-141,075 mg/kg kuru ağırlık olarak bildirilmiş olup, ağır metal konsantrasyonlarının genel olarak ilkbahar aylarında daha yüksek olduğu görülmektedir (Edwards *et al.* 2001).

Fiji, Laucala Körfezi AKM'sinde ortalama konsantrasyonlar; Cd 1,43, Cu 124,4, Pb 5,94, Zn 188 mg/kg kuru ağırlık, Fe %7,92, Al %10,78 olarak bildirilmiştir (Morrison *et al.* 2001). Arjantin Parana deltası AKM'sinde; Cd <14-<22,2, Cr 280-368, Cu 52,5-60,4, Ni <58,4-<94,2, Pb 113-263 µg/g kuru ağırlık olarak bildirilmiştir (Cataldo *et al.* 2001). Güney Tyrrhenian Denizi sularında 16 istasyondan üç tekerrürlü yapılan AKM

analiz sonuçları; Cd 0,06-0,23, Cu 0,7-442, Mn 1,3-68,6, Pb 0,4-72,4, Fe 93-2405 mg/kg kuru ağırlık olarak rapor edilmiştir (Rivaro *et al.* 1998).

Arjantin Rhine ve Mouse koyları AKM'sinde; Cr 88-207, Cu 25-138, Mn 800-1400 (Paalman and van der Weijden, 1992), Amazon Nehri'nde; Cr 194, Cu 266, Mn 1033, Sain Lawrence Nehri'nde; Cu 85, Mn 1131, Yukon Nehri'nde; Cr 115, Cu 416, Mn 1271, Gironde Nehri'nde; Cr 140, Mn 1100, Yelow Nehri'nde; Cr 52-123, Cu 13-31, Mn 694-1001, Zaire Nehri'nde; Cr 211, Cu 100, Mn 1400 (Huang *et al.* 1992) mg/kg olarak bildirilmiştir.

Karadeniz'in güney suları sedimentlerinde; Cu 49, Mn 570, Ni 77, Pb 34, Zn 87 µg/g, Fe %3,28 (Yücesoy 1991), Kuzey Marmara Denizi'nde; Cu 21, Mn 404, Pb 24, Zn 71 µg/g, Fe %2,97 (Çağatay 1996), Erdek Körfezi'nde; Cu 28, Mn 384, Ni 52, Pb 40, Zn 125 µg/g, Fe %3 (Balkıs 1998), Ege Denizi Yunanistan suları Evoikes Koyu sedimentlerinde; Cd 0,095-0,652, Cr 247-404, Cu 11,4-43, Mn 331-536, Ni 246-698, Pb 7,29-36,7, Zn 39,5-129 µg/g, Fe %1,93-5,28, Al %3,75-6,1 (Angelidis and Aloupi, 2000), Ege Denizi Yunanistan sahil suları ve Mytilen Limanı'nda; Cd 0,030-0,495, Cr 40-154, Cu 5,34-86,2, Mn 171-360, Pb 20,7-93, Zn 12,9-230 µg/g, Fe %0,77-2,81 (Aloupi and Angelidis, 2001), Ege Denizi Türkiye suları Saroz Körfezi'nde; Cu 19, Mn 2,79, Ni 60, Pb 22, Zn 73 µg/g, Fe %2,79 (Sarı and Çağatay 2001) olarak bildirilmiştir.

İspanya Bilbao Koyu sedimentlerinde ağır metal konsantrasyonlarını Saiz-Salinas (1997); Cd 3-6, Co 9-10, Cr 61-81, Cu 128-149, Mn 245-425, Ni 24-46, Pb 159-225, Zn 536-744, Fe 32200-46900 µg/g, Cearreta *et al.* (2000); Cr 128-1068, Cu 76-858, Mn 300-1300, Ni 27-74, Pb 98-689, Zn 459-2000, Fe 35000-99000 µg/g kuru ağırlık olarak bildirmişlerdir. Kuzey batı İspanya Ulla Nehri Koyu'nda; Cd 0,01-0,92, Cr 19,64-1035,15, Cu 4-300, Mn 122-2110, Ni 7-357, Pb 25,6-68,2, Zn 20,30-272,3 µg/g (Belzunce-Segarra *et al.* 1997b), yine aynı bölgede San Simon Koyu'nda Cd 0,21-0,54, Cr 37-68, Cu 24-48, Mn 93-199, Ni 12-29, Pb 84-394, Zn 71-151, Fe 13473-29297 µg/g

(Belzunce-Segarra *et al.* 1997a), İspanya'nın kuzey batısı Rio de Vigo suları sedimentlerinde; Cd 3,03-3,43, Co 4,43-11,51, Cr 11,72-52,58, Cu 7,93-42,44, Mn 168,67-224,29, Ni 10,72-33,77, Pb 23,2,-89,09, Zn 30,68-158,38, Fe 5700-40300 µg/g, Al %1,14-6,24 (Rubio *et al.* 2000) kuru ağırlık, olarak tespit edilmiştir.

İspanya Bilbao Koyu sedimentlerinde yapılan çalışmada ağır metal konsantrasyonları µg/g kuru ağırlık olarak şu şekilde bildirilmiştir, Aralık 1989; Cd 14, Co 16, Cr 139, Cu 600, Mn 235, Ni 52, Pb 557, Zn 586, Fe 26700, Mayıs 1990; Cd 38, Cu 1032, Pb 700, Zn 3653, Fe 55800, Ocak 1991; Cd 112, Co 50, Cr 157, Cu 1785, Mn 409, Ni 55, Pb 1112, Zn 5261, Fe 73700, Mayıs 1991; Cd 5, Co 9, Cr 93, Cu 163, Mn 305, Ni 27, Pb 167, Zn 656, Fe 27200, Aralık 1991; Cd 4, Co 7, Cr 106, Cu 118, Mn 299, Ni 22, Pb 116, Zn 646, Fe 26900 (Ruiz and Saiz-Salinas 2000). Aynı çalışmada yıllara göre konsantrasyonlar incelendiğinde bazı metallerde farklılıkların olduğu, mevsimsel olarak incelendiğinde bazı metaller kış aylarında yüksek iken bazılarının yaz aylarında daha yüksek olduğu görülmektedir.

Avustralya'nın güney doğu açıkları sedimentlerindeki ağır metal konsantrasyonlarını, de Forest *et al* (1978) Cd 0,4-2,5, Co 2-16, Cu 2-15, Ni 1-24, Pb 4-53, Zn 2-144, Fe 1000-43000, Davies (1979) Cd 0,5-5, Co 2,5-25, Cu 2,5-20, Mn 5-380, Ni 2,5-35, Pb 2,5-20, Zn 0-140, Fe 1000-87000, Avustralya Darwin Limanı sedimentlerinde, Peerzada and Rohosa (1989) Cd 0,9-3,1, Cu 4-32, Pb 22-91, Zn 16-270, Avustralya Sydney sularında, Gray (1997) Cd 0-2,4, Cu 1-32, Mn 8-117, Ni 2-50, Pb 4-43, Zn 2-120 µg/g kuru ağırlık olarak bildirmişlerdir.

Hongkong deniz sedimentlerinde ağır metal konsantrasyonlarını, Lo and Fung (1992) Cr 41, Cu 10, Ni 15, Pb 29, Zn 70, Lau-Wong *et al* (1993) Cr 7, Cu 7, Ni 10, Pb 19, Zn 40, Tanner *et al* (2000) Cr 57, Cu 15, Fe 32700, Mn 454, Ni 25, Pb 50, Zn 94 mg/kg kuru ağırlık olarak bildirmişlerdir.

Doğu Çin denizi resif bölgesi sedimentlerinde; Cd 0,15-0,20, Co 10-15, Cr 40-45, Cu 15-20, Fe 30000-35000, Mn 400-550, Ni 20-25, Pb 25-30, Zn 60-70, Al 50000-60000

(Qin *et al.* 1987), Changjiang Körfezi sedimentlerinde; Co 10-20, Cr 50-100, Cu 10-50, Fe 30000-45000, Mn 500-1000, Ni 20-50, Pb 20-30, Zn 60-140, Al 50000-100000 (Zhang and Ying 1996), Güney Çin denizi Pearl Nehri Koyu sedimentlerinde; Co 4,75-20,5, Cu 5,4-74,3, Ni 7-91, Pb 19,5-99, Zn 26,6-332 (Li *et al.* 2000) mg/kg kuru ağırlık olarak bildirmişlerdir.

San Fransisko Körfezi sedimentlerinde; Cd 0,3-3,1, Cr 100-464, Cu 29-255, Fe 17-73 g/kg, Mn 0,4-970, Ni 40-189, Pb 9-214, Zn 73-504 (Bradford and Luoma 1980), yine aynı bölgede başka bir çalışmada; Cd 2-15,6, Cu 37-380, Ni 31-530, Pb 52-2900, Zn 140-1890 (Luoma and Phillips 1988), Güney Afrika Table Körfezi Limanı'nda; Cd 0,5, Cu 9-2509, Fe 2000-12000, Mn 12-644, Ni 2-52, Pb 10-673, Zn 20-1848 (Henry *et al.* 1989) mg/kg kuru ağırlık olarak bildirilmiştir.

Kuzey batı Iberian yarımadası denizel sedimentlerinde; Co 3-18, Cr 19-565, Cu 14-355, Fe 13900-64500, Mn 183-682, Ni 20-747, Pb 17-5190, Zn 74-1275 (Carballeria *et al.* 1997), Kuzey kutbu Chuckci Denizi'nde; Co 16-74, Cr 38-141, Cu 8-31, Fe 7000-81000, Mn 95-610, Ni 10-38, Zn 23-106 (Naidu *et al.* 1997), Antartika Ross Denizi'nde; Cd 0,04-0,6, Co 0,4-1,7, Cr 0,8-2, Cu 4-12,5, Fe 800-2000, Mn 27,5-131, Ni 0,8-45, Pb 0-4,1, Zn 6,9-1100 (Ranavelli *et al.* 1997), Avustralya Cleveland Körfezi'nde; Cd 0,009-0,22, Co 8,3-11, Cu 5,9-8,1, Fe 17000-29000, Mn 95-610, Ni 10-38, Zn 23-106 (Doherty *et al.* 2000), İngiltere Mersey Koyu'nda; Cd 0,01-11, Co 0,8-26, Cr 0,5-155, Cu 0,1-219, Ni 0,9-364, Pb 1-741, Zn 0,8-1200 (Harland *et al.* 2000), İngiltere sahil sularında; Cd 0-11,2, Cr 15-87, Cu 12-161, Fe 13000-45000, Mn 207-2597, Ni 19-105, Pb 20-137, Zn 11,3-1284 (Giusti 2001), Kuzey batı Iberian yarımadasında; Cd 0,05-2,5, Co 9-16, Cr 2-1700, Cu 4-365, Fe 14000-100000, Mn 120-3590, Ni 7-360, Pb 2-5200, Zn 20-440 mg/kg (Prego and Cobelo-Garcia 2003) kuru ağırlık olarak bildirilmiştir.

Van Gölü'nden toplanan midye örneklerindeki ağır metal düzeyleri üzerine yapılan bir çalışmada, Pb, Cd, Cu ve Zn konsantrasyonları sırasıyla; 1.43, 0.09, 5.83 ve 15.93 mg/kg olarak tespit edilmiştir (Yarsan vd 2000).

İspanya'nın kuzey batısı Glacian koylarında ağır metal konsantrasyonları, *Mytilus galloprovincialis* türünde; Co 2-11, Cr 3-26, Cu 12-291, Ni 4-24, Pb 7,7-30, Zn 190-996, bir bivalv türü olan deniz tarağında (*Scrobicularia plana*); Co 4-23, Cr 1-508, Cu 22-10879, Ni 2-434, Pb 7,7-103, Zn 289-1375, *Cerastoderma edule*'de (bivalv, deniz tarağı); Co 1-24, Cr 11-100, Cu 3-429, Ni 8-304, Zn 77-233 mg/kg kuru ağırlık olarak bildirilmiş olup, organizmalar arasında birikimlerin farklılık gösterdiği rapor edilmiştir (Carral *et al.* 1995).

İspanya'nın kuzeyinde Basque sahil sularında 199-2000 yılları arasında 5 istasyonda yapılan çalışmada, *Mytilus sp.* (midye) ve *Crassostrea angulata* (istiridye) ortalama konsantrasyonlar, sonbahar-kış döneminde; Cd 4,05, Cr 3,54, Cu 250, Ni 5,32, Pb 4,91, Zn 3020, ilkbahar-yaz döneminde; Cd 2,02, Cr 2,46, Cu 182, Ni 3,06, Pb 4,25, Zn 1126 mg/kg kuru ağırlık olarak bildirilmiş olup, sonbahar-kış dönemi ortalamalarının daha yüksek olduğu gözlenmiştir (Franco *et al.* 2002). Aynı çalışmada, *Mytilus sp.*'nin bireysel ortalaması; Cd 4,35, Cr 3,15, Cu 47, Ni 4,35, Pb 5,68, Zn 1206, *Crassostrea angulata*'ninki ise; Cd 2,91, Cr 2,80, Cu 417, Ni 3,96, Pb 3,25, Zn 3084 mg/kg kuru ağırlık olarak bildirilmiş olup, bakır ve çinko birikiminin istiridyede, diğerlerinin midyede daha fazla birikim gösterdiği vurgulanmıştır.

Meksika Körfezi sularında farklı istasyonlarda, *Crassostrea virginica*'da (istiridye); Cd 5-7, Cu 98-140, Fe 320-480, Mn 18-28, Ni 1, Pb 0,4-0,6, Zn 1760-1810, *Chama macerophylla*'da (taş istiridyesi); Cd 4-14, Cu 4,8-11, Fe 60-210, Mn 7-19, Ni 4-11, Pb 0,2-0,7, Zn 90-200 (Trefry *et al.* 1996), Tayvan sahilinde *Crassostrea virginica*'da; Cu 257, Pb 3,26, Zn 1037 (Hung *et al.* 2001), aynı türde Florida Körfezi'nde; Cd 0,49-12,9, Cr 0,29-11, Cu 63-2013, Fe 232-586, Mn 11,4-38, Ni 0,39-13,4, Pb 0,23-13,3 Zn 925-9077, Al 129-614 (Oliver *et al.* 2001), yine aynı türde Meksika Körfezi'nde; Cd 4-6, Cu 150-250, Fe 290-370, Mn 14-18, Ni 1,8-2,2, Pb 0,6, Zn 1880-2150 (Presley *et al.* 1990) mg/kg kuru ağırlık olarak bildirilmiştir.

Kaliforniya'nın güney doğusunda Mazaltan Körfezi'nde *Crassostrea iridescens* (istiridye) türüyle yapılan bir çalışmada yıllık ortalama ağır metal konsantrasyonları; Cd

2,3, Cr 0,99, Cu 86,9, Fe 2560, Mn 18,8, Ni 5,41, Pb 2,3, Zn 1161, ilkbaharda; Cd 2,49, Cr 1, Cu 44,8, Fe 1237, Mn 11,3, Ni 1,87, Pb 4,63, Zn 842, yazın; Cd 1,81, Cr 0,55, Cu 141,9, Fe 2490, Mn 24,9, Ni 3,09, Pb 1,47, Zn 1905, sonbaharda; Cd 2,6, Cr 1,13, Cu 118,9, Fe 4168, Mn 15,9, Ni 7,25, Pb 2,09, Zn 370, kışın ise; Cd 2,48, Cr 1,28, Cu 42,1, Fe 2363, Mn 18,5, Ni 9,43, Pb 0,93, Zn 1527 mg/kg kuru ağırlık olarak bildirilmiştir (Soto-Jimenez *et al.* 2001).

Mytilus edulis türünde San Fransisko Körfezi'nde; Cd 5,3, Cu 8, Fe 287, Mn 29,6, Ni 2,2, Pb 3,3, Zn 170 (Risebrough *et al.* 1977), Wadden Denizi'nde; Cd 2, Cu 7,9, Ni 2,2, Pb 5, Zn 130 (Bernds *et al.* 1998), Rusya White Denizi Chupa Koyu'nda; Cd 4,9-5,1, Cu 4,5-4,9, Pb 0,5-0,7, Zn 53-67 (Millward *et al.* 1999), İngiltere'nin doğusunda Orwell ve Stour koylarında; Cd 1,4-2,2, Cu 8-14, Ni 13-30, Pb 3,2-5,9, Zn 115-191 (Wright and Mason 1999), Barent Denizi'nde; Cd 2, Cu 8,9, Ni 2,9, Pb 1,6, Zn 89 (Zauke *et al.* 2003) mg/kg kuru ağırlık olarak bildirilmiştir.

Kore'nin güney doğusu Masan Körfezi'nde *Ostrea virginica*'da; Cd 0,47, Cr 0,04, Cu 24,88, Ni 0,08, Pb 0,14, Zn 393,32, *Mytilus edulis*'te; Cd 0,28, Cr 0,08, Cu 1,06, Ni 0,16, Pb 0,14, Zn 26,81, *Tapes philippinarum* (deniz tarağı)'da; Cd 0,2, Cr 0,12, Cu 1,57, Ni 0,67, Pb 0,17, Zn 13,69 mg/kg kuru ağırlık olarak bildirilmiştir (Kwon and Lee 2001).

Amerika'nın kıyusal bölge ve koylarında 1986-1996 arası, midyelerden *Mytilus edulis* ve *M. galloprovincialis* türleri ortalaması; Cu 7,2-9,97, Zn 120-143, istiridyelerden *Ostrea sandvicensis* ve *Crassostrea virginica* türleri ortalaması; Cu 94-138, Zn 1633-2285, midye ve istiridyeler ortalaması ise; Cd 1,97-3,2, Ni 1,46-2,13, Pb 0,63-1,06 mg/kg kuru ağırlık olarak bildirilmiş olup, istiridyelerdeki konsantrasyonların midyelerdekinden çok daha yüksek olduğu gözlenmiştir (O'Connor 1998).

Hong Kong sularında bir midye türü olan *Perna viridis* ile yapılan çalışmalarda, Tolo Limanı'nında; Cd 0,3-0,59, Cu 8,5-29,4, Pb 1,4-7,5, Zn 79-89 (Phillips 1985), Tolo sahil sularında; Cd 0,15-2,24, Cu 9,2-50,3, Pb 4,9-14,1 (Chan 1989), Tolo Limanı'nda;

Cd 0,15-0,20, Cr 1,2-3,7, Cu 10,9-15,9, Ni 1,8-3,5, Pb 1,4-5,7, Zn 53-66 (Chu *et al.* 1990), sahil sularında; Cd 1,67-2,81, Cr 0,45-1,14, Cu 8,34-12,04, marikültür bölgelerinde; Cd 0,41-4,1, Cr 0,93-20,93, Cu 8,38-42,02, Ni 2,82-25,05, Pb 1-17,8 (Chiu *et al.* 2000), Tolo Limanı'nda; Cd 0,45-1,44, Cr 0,82-4,89, Cu 6,02-23,99, Ni 3,25-6,87, Pb 2,02-4,36, Zn 90-135, Ma Liu Shui bölgesinde yaz ayları ortalaması; Cd 0,71, Cr 2,34, Cu 7,28, Ni 5,29, Pb 4,36, Zn 101, kış ayları ortalaması; Cd 0,66, Cr 0,69, Cu 12,01, Ni 2,59, Pb 2,72, Zn 82, Yim Tin Tsai bölgesinde yaz ayları ortalaması; Cd 0,45, Cr 4,89, Cu 23,99, Ni 6,87, Pb 4,20, Zn 90, kış ayları ortalaması; Cd 0,20, Cr 3,02, Cu 13,03, Ni 4,45, Pb 2,76, Zn 72 (Wong *et al.* 2000) mg/kg kuru ağırlık olarak bildirilmiştir.

Pasifik Okyanusu'nun kuzey doğusunda Kril adaları bölgesinde *Mytilus trossulus* türünde; Cd 3,5-6,9, Cu 7,1-9, Fe 69-593, Mn 2,8-9,3, Ni 2-,34, Pb 3,1-5,7, Zn 120-323, yaş ve boyca daha büyük olan *Crenomytilus grayanus* türünde; Cd 37-66, Cu 5,1-5,9, Fe 41-84, Mn 2,8-39, Ni 1,8-42, Pb 2,2-3,5, Zn 90-103 mg/kg kuru ağırlık olarak bildirilmiştir (Kavun *et al.* 2002).

San Francisco Körfezi'nde yapılan bir araştırmada, iz metal kontaminasyonunun indikatörü olarak seçilen eurohalin bir bivalve olan *Potamocorbula amurensis* kullanılmış ve bu türün Ag, Cd, Cr ve Ni için uygun bir indikatör olduğu, fakat Cu ve Zn için kontaminasyonda bir indikatör olamayacağı tespit edilmiştir (Brown and Luoma 1995).

Kuzey Doğu Akdeniz'de üç farklı balık türüyle yapılan bir çalışmada, etteki ağır metal konsantrasyonları; Cd 0,61-1,43, Cr 1,06-2,07, Cu 2,26-6,15, Fe 32,2-129, Pb 4,43-9,11, Zn 16,1-33,6, Ni 1,89-6,07 µg/g kuru ağırlık olarak bulunmuştur (Kalay *et al.* 1999). Yine aynı bölgede altı farklı balık türüyle yapılan diğer bir çalışmada, etteki ağır metal oranları; Cd 0,37-0,79, Cr 1,24-2,42, Cu 2,34-4,41, Fe 19,60-78,40, Pb 2,98-6,12, Zn 16,48-37,39 µg/g kuru ağırlık olarak bulunmuştur (Canlı and Atlı 2003).

İskenderun Körfezi'nde iki farklı karides türüyle yapılan bir çalışmada, etteki ağır metal konsantrasyonları, Zn 63,2-73,1, Fe 52,3-64,2, Cu 22,5-32,3, Pb 6,8-12,1, Cd 0,7-1,1 µg/g kuru ağırlık olarak bulunmuştur (Kargın *et al.* 2001). Orta Karadeniz'de beş farklı balık türünde ağır metal konsantrasyonları; Cd 0,09-0,48, Pb 0,22-0,85, Cu 1,28-2,93, Fe 9,52-32,40, Mn 1,06-3,76, Zn 9,50-22,94 µg/g kuru ağırlık olarak rapor edilmiştir (Tüzen 2003).

Ege Denizi ve İzmir Körfezi sularında ağır metal kirliliği üzerine çok sayıda çalışmanın yapıldığı görülmüş olup, aşağıda kısaca özetlenmiştir. İzmir Körfezi'nin kirli sularında bulunan denizel vejetasyonda oluşan ağır metal birikimi (Cirik *et al.* 1988); İzmir Körfezi'ndeki *Sphaeroma serratum* türünde bazı ağır metal konsantrasyonları (Uysal ve Parlak 1992); deniz suyu, sediment ve bazı organizmalarda, kromun birikim ve dağılımı ile İzmir Körfezi sürecindeki davranışları (Türkoğlu ve Parlak 1999) çalışılmıştır.

Egemen *et al.* (1994), Ege ve Marmara bölgesinde dağılım gösteren *Ostrea edulis* L., 1751'de Pb, Cd, Cu ve Zn düzeylerini karşılaştırmalı olarak, Küçüksezgin *et al.* (1994), İzmir Körfezi'ndeki bazı mikroorganizmalarda ağır metal kirliliğini, Küçüksezgin (1994), yine aynı bölgede yüzey sedimenlerinde ağır metal dağılımlarını, Egemen *et al.* (1997), Çanakkale'den toplanan midyelerde bazı ağır metal düzeylerini, Sunlu *et al.* (1998), İzmir Urla iskelesindeki Akdeniz midyesi ve yüzey sedimentlerinde iz metal dağılımını, Küçüksezgin *et al.* (2002), İzmir Körfezi balıklarının etlerinde iz metal konsantrasyonlarını, Sunlu (2002), aynı bölgede Akdeniz midyelerinde ağır metal birikimlerini incelemişlerdir

Akdeniz, Türkiye denizleri içerisinde balık ve diğer sucul organizmalarca tür çeşitliliği bazında en zengin olup, Doğu Akdeniz'de bulunan İskenderun Körfezi su ürünleri potansiyeli bakımından önemli bir yere sahiptir. Son yıllarda Akdeniz'de avlanan su ürünleri miktarında önemli bir artış göze çarpmaktadır (Anonim 1994). Mısır'da Nil Nehri üzerinde Asuan barajının kurulmasıyla iki farklı iklim kuşağına sahip Akdeniz ve Kızıldeniz'in 1869 yılında Süveyş Kanalı'nın açılmasıyla birleştirilmesi, özellikle Akdeniz'in doğu bölgesinde büyük bir biyo-ekolojik değişimin başlamasına sebep

olmuştur. Bu olayın sonucunda tuzluluk ve sıcaklık gibi, önemli abiyotik faktörlere geniş tolerans gösteren ekolojik uyumu yüksek, bir çok omurgalı ve omurgasız canlı grubu Doğu Akdeniz'e ve Ege kıyılarına göçe başlamıştır. Dolayısıyla Ülkemizin Akdeniz kıyı suları da bu değişiklikten önemli ölçüde payını almıştır. Yapılan bir çalışmada, İskenderun Körfezi'nde ise 145 adet ekonomik öneme sahip balık türü yaşadığı tespit edilmiştir (Başusta 1997).

İskenderun Körfezi'nin sahil şeridi boyunca Petrol Ofisi, Dört Yol ve Yumurtalık Botaş ile Petrotrans gibi petrol taşımacılığı şirketleri, İsdemir (İskenderun demir-çelik) başta olmak üzere pek çok büyük, orta ve küçük ölçekli demir-çelik fabrikaları, Toros ve Gübretaş gibi gübre fabrikaları, Likit gaz ve Kömür taşımacılığı iskeleleri, meşrubat ve meyve suyu fabrikaları gibi pek çok sanayi tesisi yer almakta olup, bunların atıkları ve ayrıca tarımın yoğun olarak yapıldığı bu bölgede kullanılan zirai mücadele ilaçları ve sanayi sitelerinin atıkları çeşitli yollardan körfez sularına karışmaktadır. Bütün bunlardan başka yine, deniz taşımacılığında önemli bir liman olan körfeze gelen büyük yük gemileri sintine ve balast sularını (pis su atıkları) liman açıklarında körfez sularına bırakmaktadır. Bütün bu atıklar yoğunluklarına göre, ya dipte birikerek bentik, ya da suda asılı halde kalıp, dalga ve akıntılar gibi su hareketleriyle körfezin çeşitli bölgelerine dağılarak pelajik organizmalar üzerinde olumsuz etki yapabilmektedir.

Yapılan literatür taramalarında, bir taraftan balık ve diğer omurgalı-omurgasız sucul canlılar bakımından böylesine zengin bir tür çeşitliliğine sahip olan ve diğer taraftan yoğun olarak kirlilik unsurlarıyla karşı karşıya olan İskenderun Körfezi'nde şimdiye kadar kirlilik ve özellikle metal kirliliği, yada metallerin biyolojik birikimi (biyoakümülyasyon) ile ilgili kapsamlı bir çalışmaya rastlanılamamıştır. Sadece yapılan bir çalışmada, İskenderun Körfezi'nde iki karides türünde ağır metallerin mevsimsel değişimi incelenmiştir (Kargın *et al.* 2001). Kaldı ki, günümüzde çevre bilincinin giderek çığ gibi büyümesi ve sucul ortamlarının mevcut kalitesinin ve biyolojik çeşitliliğinin korunarak daha da iyileştirilmesi insanlığın ortak problemi olmuştur. Bu anlamda, böylesine önemli olan körfezde şimdiye kadar su, askıdaki katı madde, sediment ve organizmayı kapsayan (besin zincirinde ağır metallerin taşınımı ve

birikimi; biyoakümülyasyon) bu tür bir çalışmanın yapılmaması önemli bir eksiklikler. Böyle ortamlarda, bu tür çalışmaların 2-3 yılda bir tekrarlamalı olarak yapılarak, izleme koruma ve iyileştirme konularını içeren ekosistem yönetimi planlamalarının ivedilikle uygulamaya konulması gerekmektedir.

Bivalveler genel olarak sesil formlar olduğundan, çevresel şartlardaki değişikliklerden direk olarak etkilenirler. Dolayısıyla, bu canlılar sucul ortamlardaki ağır metallere kaynaklanan çevre kirliliğinin biyomonitörleri olarak kullanılmaktadırlar (Phillips 1976, Phillips 1980, Phillips and Rainbow 1993). İskenderun Körfezi'ndeki geniş dağılımının yanında, sesil ve sabit bir tür olan dikenli taş istiridyesi, *Spondylus spinosus*, L., 1758, uzun yıllar bulunması ve kolay örneklenebilir olması nedeniyle, Phillips (1980), Phillips and Rainbow (1993) tarafından belirtilen ideal bir biyomonitör olabilme özelliklerini taşımaktadır. Mevcut çalışmada, su, askıdaki katı madde ve (organik ve inorganik) sedimentteki birikim ile suyu filtre ederek beslenen istiridyeye sudan ve askıdaki katı maddeden olan biyolojik birikimin (biyoakümülyasyon) seyri ve İskenderun Körfezi'ndeki ağır metal kirliliğinin boyutları ortaya konulmaya çalışılmıştır.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırma yeri

Araştırmanın yürütüldüğü İskenderun Körfezi, Türkiye'nin Doğu Akdeniz kıyılarında, doğuda Amanos dağları, batıda Misis dağları ile Ceyhan deltası arasında girintiye sahip olup, yaklaşık 60 km uzunluğunda ve 30 km genişliğinde bir alana sahiptir. Körfez'de ortalama derinlik 70 m olup, en derin kesimleri 90-100 m'yi bulabilmektedir. Körfez'in bütün su kütlesi ışıklıdır. Açık denize bağlandığı kesimin geniş olması sebebiyle, dip akıntılarında ve rüzgar hareketlerinden etkilenmektedir. Bu nedenlerden dolayı, dinamik bir yapıya sahip olduğu belirtilmektedir (İyiduvar 1986).

İskenderun Körfezi'nin sahil şeridi boyunca Petrol Ofisi, Dörtyol ve Yumurtalık Botaş, İskenderun Demirçelik, Ekinciler Demirçelik, Yazılar Demirçelik fabrikaları, Petrotrans petrol taşımacılığı, Toros Güre fabrikası, Likidgaz ve kömür taşımacılığı iskeleleri gibi pek çok sanayi tesisi yer almaktadır (şekil 3.1). Dolayısıyla, körfezi temsil edebilmesi açısından, dört tanesi tarımsal ve sanayi faaliyetlerinin yoğun olduğu, bir tanesi ise sanayi tesislerinin olmadığı bölgelerden olmak üzere 5 istasyon (1: Arsuz, 2: İskenderun Limanı Bölgesi, 3: İskenderun Demir-çelik Fabrikası, 4: Dörtyol Botaş, 5: Petrotrans İskelesi) belirlenmiştir (şekil 3.1).

3.1.2. Analiz edilen materyaller

Araştırmada, Ağustos 2001 ile Temmuz 2002 tarihleri arasında 150 km'lik bir sahil şeridi boyunca deniz suyu, askıdaki katı madde (organik ve inorganik) ve dip sedimenti 5 istasyon, dikenli taş istiridyesi ise 3 istasyondan toplanarak (su ve askıdaki katı madde aylık, sediment ve istiridyeye mevsimlik olarak) ağır metal (Mn, Fe, Ni, Pb, Zn, Cd, Cr, Co, Cu, ve Al) içerikleri bakımından analiz edildi.



Şekil 3.1. Araştırma bölgesi, İskenderun Körfezi

Dikenli taş istiridyesi, *Spondylus spinosus* Schreibers 1793, olarak adlandırılan bu bivalve türü, çok yaygın olmasına rağmen, dış yüzeyleri genellikle diğer omurgasız canlılar, algler ve yosunlarla kaplı olduğundan denizel ortamda tespit edilmesi çok zordur (şekil 3.2). Onları diğerlerinden ayıran özellik, alttaki kabukları sürekli olarak kayalara tutunmasını sağlarken, üst kabuklarında çok değişik şekillerde keskin olmayan dikenlere sahip olmasıdır. Sadece kapaklarını yarıya kadar açıp suyu filtre ederken ve aniden kapanırken görülebilirler ve bu mesafe 3 metre civarındadır. Kabuğun iç kısmı

beyazdır ve maksimum 10 cm çapındadır (Anonymous 2001a). Bu tür, deniz suyunda asılı halde bulunan ve alınabilecek kadar küçüklükte olan, planktonları içeren organik parçacıkları filtre ederek beslenen herbivor bir bivalve türüdür (Anonymous 2001b).



Şekil 3.2. Dikenli taş istiridyesi, *Spondylus spinosus* Schreibers 1793

3.2. Metot

3.2.1. Mikrodalga fırın

Bu çalışmada, sediment, AKM ve istiridye örneklerini çözündürmede kullanılan mikrodalga fırın, CEM MARS-5 marka olup, bir defada 12 adet numuneyi (12 adet teflon kaptaki) kapalı sistem çözündürme özelliğine sahiptir. Örnek çözündürme işlemi, alüminyum bloklar ve basınçlı çözündürme kapları gibi asitte ısıtma ve yakma esasına dayanan çok çeşitli işlemleri kapsayabilir (Sastre *et al.* 2002). Açık ya da kapalı basınçlı mikro dalga sistemlerinin klasik yöntemlere göre, toplam analiz zamanı ve kimyasal

malzeme sarfiyatını azaltması, ayrıca yine kapalı sistem çözündürmenin örnek kontaminasyon riski ile uçucu element kaybını önlemesi gibi avantajları vardır (Sures *et al.* 1995, Smith and Arsenault 1996, Jin *et al.* 1999, Sastre *et al.* 2002).

3.2.2. Atomik absorpsiyon ve çalışma şartları

Günümüzde çevresel örneklerde ağır metal tayininde kullanılan en genel metotlar, Atomik Absorpsiyon Spektrometresi (FAAS ve ETAAS) ve ICP-AES ve ICP-MS gibi son derece hassas spektroskopik teknikleri içermektedir. Bu tekniklerin zorluğu, metal içeriğini sıvı örneklerde belirleyebildiğinden, öncelikle katı örneklerin solüsyon haline dönüştürülmesidir (Voutsinou-Taliadouri *et al.* 2000, Sastre *et al.* 2002). Bu çalışmada kullanılan AAS cihazı, VARIAN SPECTRAA 220 Fast Sequential Flame Atomic Absorption Spectrometry marka olup, bu çalışmada analiz edilen ağır metallere göre çalışma şartları çizelge 3.1'de verilmiştir (Anonymous 1989).

Çizelge 3.1. ASS'de analiz edilen ağır metallerin çalışılma şartları

Ağır Metal	Dalga Boyu (nM)	Işık Kaynağı Genişliği (nM)	Optimum Çalışma Aralığı (mg/l)	Gaz Türü
Cd	228,8	0,5	0,02-3,0	Air-asetilen
Cu	324,7	0,5	0,03-10,0	Air-asetilen
Cr	425,4	0,2	0,4-40,0	Nitroz oksit
Ni	232,0	0,2	0,1-20,0	Air-asetilen
Pb	217,0	1,0	0,1-30,0	Air-asetilen
Zn	213,9	1,0	0,01-2,0	Air-asetilen
Co	240,7	0,2	0,05-15,0	Air-asetilen
Al	396,1	0,1	0,5-250,0	Nitroz oksit
Mn	279,5	0,2	0,02-5,0	Air-asetilen
Fe	248,3	0,2	0,06-15,0	Air-asetilen

Bütün örneklerin analizinden hemen önce, standardı hazırlanarak her bir metalin 1000 gramlık stoklarından bir gramını içeren bileşik miktarı atom ağırlıkları kullanılarak hassas terazide tartılmıştır. Daha sonra konsantre nitrik asitte çözülerek, deiyonize su ile 1000 ml'ye tamamlanmıştır. Bu stok çözeltilerden her bir elementin farklı konsantrasyonlardaki kalibrasyon standartları seyreltme yoluyla aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanarak hazırlanmıştır (metallerin özelliği ve çalışma şartlarına göre hazırlanan kalibrasyon standartları; 0,01'den 50 mg/l'ye kadar farklı konsantrasyonları içermektedir). Metallerin tayin aralığını kalibrasyon eğrisi içerisinde muhafaza etmek için gerekli görüldüğünde örnek solüsyonları sulandırılmıştır (Tanner and Leong 2000). Bu standartlarla çizilen grafiklere karşı su, AKM, sediment ve istiridye örneklerinde okumalar cihazın kullanım kılavuzu (Anonymous 1989), Fishman and Friedman (1989) ve Fishman (1993)'a göre yapılmıştır.

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

Bu eşitlikte; C_1 : stok çözeltilerin, C_2 : hazırlanacak kalibrasyon (standart) çözeltilerinin konsantrasyonunu, V_1 : hacim olarak stok çözeltilerden alınacak miktarı, V_2 : hazırlanacak kalibrasyon çözeltilerinin hacmini ifade etmektedir.

Örneklerin çözündürme işleminde kullanılan nitrik, hidroflorik ve hidroklorik asitler aynı oranda standart çözeltilere ilave edilmiştir (Bilos *et al.* 1998). Aletin ve kalibrasyon eğrisinin doğruluğunu ve kesinliğini test etmek için, kullanılan SRM'ler (Standart Referans Materyal) başlangıçta ve her 30 örneğin analizinden sonra 5 tekrarlamalı olarak analiz edilmiştir. Bu çalışmada kullanılan SRM "DORM-2" adlı iz elementler için köpek balığı dokusu ölçümlerinden elde edilen referans materyal olup, Kanada'dan ticari olarak temin edilmiştir (National Research Council Canada, Ottawa, Ontario, Canada). Dorm-2 için sertifika edilen ve analiz sonucu elde edilen konsantrasyonlar arasındaki farklılıklar en fazla %10'luk hata sınırları arasındadır (çizelge 3.2). Kullanılan kimyasalların saflığı ve aletlerin temizliğini kontrol için kör örnekleri analiz edilmiştir. Her örnekten üç analiz (üç paralel) yapılarak, sediment, askıdaki katı madde ve istiridyedeki ağır metal konsantrasyonları mg/kg kuru ağırlık,

sudaki ise mg/l olarak ifade edilmiştir (Tanner and Leong 2000). Canlılardaki su miktarı; tür, yaş, kondisyon ve mevsim gibi faktörlere bağlı olarak değişebileceği için, metal konsantrasyonları kuru ağırlık esasına göre ifade edilmiştir (Cohen *et al.* 2001).

3.2.3. Deniz suyu örneklerinin alınması ve analizi

Her ay her bir istasyondan 3 adet (3 tekerrür) olmak üzere yüzeyden itibaren 1 m'nin altındaki derinlikten Nansen şişesi yardımıyla alınan su örnekleri, 0.45 µm'lik Whatman tipi membran filtrelerle süzülerek polietilen şişelere konulmuştur. Hem Nansen şişesi hem de polietilen şişeler ortam suyuyla en az üç defa çalkalanmıştır (Alam *et al.* 2001). Her bir litre suya, pH'nın 2'nin altına düşmesi için 10 ml 0.1 N HNO₃ ilave edildikten sonra buz korumalı kaplarda laboratuara getirilip, + 4 °C'de en fazla bir hafta bekletildikten sonra (Garcia-Hernandez *et al.* 2000), Atomik Absorpsiyon Spektrometre cihazında ağır metal içerikleri üç paralelli analiz edilmiştir.

Çizelge 3.2. Standart referans materyal (SRM, DORM-2)'in sertifika edilen ve bu çalışmada analiz edilen konsantrasyonları (mg/kg kuru ağırlık)

Ağır Metal	SRM-DORM-2 Konsantrasyonları	
	Sertifika Edilen	Analiz Edilen (n: 15)
Kadmiyum (Cd)	0,043±0,008	0,047±0,009
Bakır (Cu)	2,34±0,16	2,39±0,19
Krom (Cr)	34,7±5,5	33,8±1,53
Nikel (Ni)	19,4±3,1	18,3±0,94
Kurşun (Pb)	0,065±0,007	0,067±0,008
Çinko (Zn)	25,6±2,3	24,8±1,82
Kobalt (Co)	0,182±0,031	0,186±0,018
Alüminyum (Al)	10,9±1,7	10,4±0,52
Manganez (Mn)	3,66±0,34	3,88±0,41
Demir (Fe)	142±10	136±11,7

3.2.4. Askıdaki katı madde örneklerinin alınması ve analizi

Askıdaki katı madde (organik ve inorganik) aylık olarak her bir istasyondan örneklemiştir. Analiz için yeterli miktarda AKM numunesi elde edilinceye kadar Nansen şişesi yardımıyla alınan su örnekleri 0.45 µm'lik membran filtrelerle süzölmüştür. Bu süzöntü AKM örnekleri karıştırılıp homojenize edildikten sonra üzerine HNO₃ ilave edilip, plastik kaplara konularak, buz korumasıyla laboratuara getirilmiştir (Moody and Lindstom 1977). Etüvde 60 °C de sabit bir ağırlığa gelene kadar kurutulup havanda öğütöldükten sonra 0,1'er gramlık 3 adet (3 tekerrür) alt örnek CEM MARS-5 marka mikro dalga fırında aşağıdaki şekilde çözülmüştür (Agemian and Chau 1975, Lorin and Rantala 1992, Bilos *et al.* 1998, Tanner and Leong 2000). Alt örneklerin üzerine %70'lik 5 ml nitrik asit ve %49'luk 1 ml hidroflorik asit ilave edilip karıştırılmıştır. Bu karışım bilgisayar destekli mikro dalga fırına yerleştirilerek, 200 psig basınç ve 200 °C sıcaklığa gelecek şekilde 15 dakikalık çözüme süresi ve 5 dakikalık bekleme süresi olmak üzere toplam 20 dakikaya programlanarak işleme tabi tutulmuştur. Fırında soğumaya bırakılan solösyon renksiz olup, beyaz katı parçacıklar içermektedir. Buna, 20 ml %4'lük borik asit solösyonu ilave edilip, tekrar fırın 60 psig basınç, 165 °C sıcaklık ve 15 dakika çözüme ve 5 dakika bekleme süresine programlanıp işleme devam edilmiştir. Renksiz ve berrak olan solösyon, soğumaya terk edildikten sonra filtre edilip, üzerine deiyonize su ilavesiyle 100 ml'ye tamamlanarak, Atomik Absorpsiyon Spektrometre cihazında ağır metal içerikleri üç paralelli analiz edilmiştir.

3.2.5. İstiridye örneklerinin toplanması ve analizi

Mevsimsel olarak her bir istasyondan yaklaşık aynı büyüklüklerde (kumpasla ölçölen boylar; 13-15 cm), ortalama 5-15 metre derinliklerden, tüplü ve tüpsüz dalışlarla örneklenen 25-30 adet istiridye, buz korumalı kaplarla laboratuara getirilerek ortalama boy ve ağırlıkları kaydedilmiştir. Çalışma boyunca toplam olarak 336 adet istiridye incelenmiştir. İstiridyelerin iki kabuğu açılarak iç kısmı çıkarılıp, diğör organlarından ayrılan yenilebilir kısmı paslanmaz çelikten bir mikser ile parçalanarak homojenize

edilmiştir. Her bir istasyondan elde edilen bu homojen karışım havanda ezildikten sonra 10'ar gramlık 7'şer adet örnek (7 tekerrür) alınarak sabit bir ağırlığa gelene kadar 105 °C sıcaklıkta kurutulmuştur (Mo and Neilsen 1994, Blackmore and Chan 1998). Kurutulmuş bu 7 adet örnekten 1'er gramlık alt örnekler alınıp çözündürme işlemini CEM MARS-5 marka mikro dalga fırında istiridye için tarif edildiği gibi, aşağıdaki şekilde yapılmıştır. Örneklerin üzerine 3 ml deyionize su ve 7 ml %70'lik nitrik asit (HNO₃) ilave edilmiştir. Bu karışım 190 psig basınç, 210 °C sıcaklık, 20 dakika çözünme ve 15 dakika bekleme süresi olmak üzere 35 dakika şeklinde programlanmış mikro dalga fırında işleme tabi tutularak, soğumaya bırakılmıştır. Daha sonra, kalan solüsyona 1.5 ml hidrojen peroksit ilave edilip, tekrar fırın 100 psig basınç, 210 °C sıcaklık ve 10 dakikaya programlanıp işleme devam edilmiştir. Soğuduktan sonra renksiz ve berrak olan bu solüsyon süzülerek, üzerine deiyonize su ilavesiyle 100 ml'ye tamamlanıp, Atomik Absorpsiyon Spektrometre cihazında ağır metal içerikleri üç paralelli analiz edilmiştir.

3.2.6. Sediment örneklerinin toplanması ve analizi

Sediment örnekleri, mevsimsel olarak her bir istasyondan 3 noktadan olmak üzere Ekman Tipi (15x15x15 cm) sediment kepçesiyle alınmıştır. Herhangi bir bulaşmayı önlemek için örnekleyicinin orta kısmından dikkatli bir şekilde plastik spatulayla alınan sedimentler yine plastik bir kaptaki karıştırıldıktan sonra 10'ar gramlık 5 adet alt örnek (5 tekerrür) alınarak ayrı ayrı, polietilen kaplara konulmuş ve üzerine nitrik asit ilave edilmiştir (Moody and Lindstom 1977). Buz korumalı kaplarda laboratuara getirilen bu alt örnekler, etüvde sabit ağırlığa gelene kadar 70 °C'de kurutulup havanda öğütüldükten sonra, büyük parçacıklar plastik eleklerle elenerek atılmış ve alınan 0,5'er gramlık alt örnekler (Agemian and Chau 1975, Lorin and Rantala 1992, Bilos *et al.* 1998, Tanner and Leong 2000), CEM MARS-5 marka mikro dalga fırında asit muamelesiyle sediment için tarif edilen prosedüre göre aşağıdaki şekilde çözülmüştür. Alt örneklerin üzerine %70'lik 6 ml nitrik asit, %49'luk 4 ml hidroflorik asit, 3 ml %37'lik hidroklorik asit ve 5 ml deiyonize su ilave edilip karıştırılmıştır. Bu karışım bilgisayar destekli mikro dalga fırına yerleştirilip, 300 psig basınç ve 210 °C sıcaklığa

gelecek şekilde 30 dakikalık çözünme ve 20 dakikalık bekleme süresi olmak üzere toplam 50 dakikaya programlanarak işleme tabi tutulmuştur. Bu işlemden sonra fırında soğumaya bırakılan solüsyonun üzerine soğumayı takiben 30 ml %4'lük borik asit solüsyonu ilave edilip, tekrar fırın 100 psig basınç, 210 °C sıcaklık ve 10 dakika çözünme ve 5 dakika bekleme süresine programlanıp işleme devam edilmiştir. Elde edilen renksiz ve berrak solüsyon, soğumaya terk edildikten sonra filtre edilip, deiyonize su ilavesiyle 100 ml'ye tamamlanarak, Atomik Absorpsiyon Spektrometre cihazında ağır metal içerikleri üç paralelli analiz edilmiştir.

Homojenize edilen AKM, sediment ve istiridye karışımlarından alınan alt örneklerin analizi metodu, her ne kadar site içindeki geniş varyasyonu yansıtmasa da, tek örnekle çalışmadan kaynaklanan potansiyel sapmaları (örneğin; bir istasyondaki herhangi bir elementin 2'den 2500 mg/kg'a kadar değişebilen çok yüksek bir varyasyon göstermesi gibi) minimuma indirmesi nedeniyle daha fazla tercih edilen bir metottur (Cataldo *et al.* 2001). Örnek toplama ve analize hazırlama aşamasında kullanılan bütün alet ve ekipmanlar deterjan ve çamaşır suyu karşımında 15-20 saat bekletilip, çeşme suyu ile tamamen yıkandıktan sonra, 10-15 saat asit banyosunda (1:2:9 konsantre HNO₃, HF, su), 2-3 kez saf su ile yıkanmış ve açık havada kurutulmuştur (Tanner ve Leong 2000).

3.2.7. İstatistik hesaplamalar

Su, AKM, sediment ve istiridyenin analizinden elde edilen veriler aylara ve istasyonlara göre gruplandırılıp, Excel ortamına aktarılarak, ortalama ve standart hata değerleri hesaplanmıştır. Normal dağılıma uygunluğu ve varyansların homojenliğini sağlamak için veriler logaritmaya dönüştürülmüştür. İstatistiksel analizler bu şekilde oluşturulan yeni veri seti kullanılarak yapılmıştır. Su, AKM, sediment ve istiridyedeki ağır metal konsantrasyonlarının aylara ve istasyonlara göre farklılıkları ile, su-AKM, su-sediment, su-istiridye, AKM-sediment, AKM-istiridye ve sediment-istiridye konsantrasyonları arasındaki farklılıklar tek yönlü varyans analiziyle (ANOVA) incelenmiş olup, farklılıkların istatistiksel olarak önemli olduğu durumlarda Post-Hoc testi (Duncan) uygulanmıştır. Su, AKM, sediment ve istiridyedeki konsantrasyonlar ile su-AKM, su-

sedimet, su-istiridye, AKM-sediment, AKM-istiridye ve sediment-istiridye konsantrasyonları arasındaki karşılıklı ilişkiler korelasyon analiziyle (Pearson Productmoment correlation) incelenmiştir (Şenocak 1998, Özdamar 1999). Bütün istatistiksel analizler SPSS ve STATISTICA paket programlar yardımıyla yapılmıştır.



4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Deniz Suyunda Ağır Metal Konsantrasyonları

Ay ve istasyon farkı gözetmeksizin deniz suyundaki ortalama ağır metal konsantrasyonları; Cd: 0,0550, Fe: 0,2995, Cu: 0,0652, Pb: 0,6173, Zn: 0,0709, Co: 0,2589, Cr: 0,1689, Al: 0,1875, Mn: 0,1079 ve Ni: 0,2769 mg/l olarak bulunmuştur. Çizelgelerde her bir istasyondaki değer, analiz edilen üç ayrı örneğin (3 tekerrür) ortalamasıdır (ayrıca her bir örnek üç paralelli analiz edilmiştir). Ay ve istasyonlar dikkate alınmadan yapılan korelasyon analizinde sudaki ağır metal konsantrasyonları arasında pozitif yönde önemli korelasyonlar bulunmuş olup, önemlilik düzeylerine göre aşağıda verilmiştir. Cd ile Fe ($r=0,161$, $p=0,031$), Cu ($r=0,157$, $p=0,037$), Pb ($r=0,387$, $p=0,000$), Zn ($r=0,185$, $p=0,013$), Co ($r=0,161$, $p=0,031$) ve Ni ($r=0,290$, $p=0,000$), Fe ile Cu ($r=0,266$, $p=0,000$), Pb ($r=0,316$, $p=0,000$), Zn ($r=0,273$, $p=0,000$), Co ($r=0,388$, $p=0,000$), Cr ($r=0,153$, $p=0,040$), Mn ($r=0,174$, $p=0,020$) ve Ni ($r=0,255$, $p=0,001$), Cu ile Pb ($r=0,396$, $p=0,000$), Zn ($r=0,439$, $p=0,000$), Co ($r=0,224$, $p=0,003$), Cr ($r=0,275$, $p=0,000$), Al ($r=0,348$, $p=0,000$) ve Mn ($r=0,294$, $p=0,000$), Pb ile Zn ($r=0,611$, $p=0,000$), Co ($r=0,213$, $p=0,004$), Al ($r=0,185$, $p=0,013$) ve Ni ($r=0,339$, $p=0,000$), Zn ile Cr ($r=0,164$, $p=0,028$), Al ($r=0,196$, $p=0,008$) ve Ni ($r=0,180$, $p=0,016$), Co ile Cr ($r=0,223$, $p=0,003$), Mn ($r=0,225$, $p=0,002$) ve Ni ($r=0,301$, $p=0,000$), Cr ile Ni ($r=0,195$, $p=0,009$).

4.1.1. Deniz suyunda kadmiyum (Cd)

Aylara ve istasyonlara göre Cd konsantrasyonları ile önemlilik testi sonuçları çizelge 4.1, dağılımı ise şekil 4.1'de sunulmuştur. Aylar ve istasyonlara göre incelendiğinde, minimum 0,0156 (Ekim, 5. istasyon), maksimum 0,1071 (Ağustos, 5 istasyon) mg/l olarak bulunmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece aylar bazında ise minimum 0,0214 Temmuz, maksimum 0,0936 mg/l ile Ağustos ayında gerçekleşmiştir. Sıralama ise; Temmuz<Ekim<Eylül<Nisan<Mart<Şubat<Haziran<Mayıs<Ocak<Aralık<Kasım<

Ağustos şeklinde gerçekleşmiş olup, aylar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

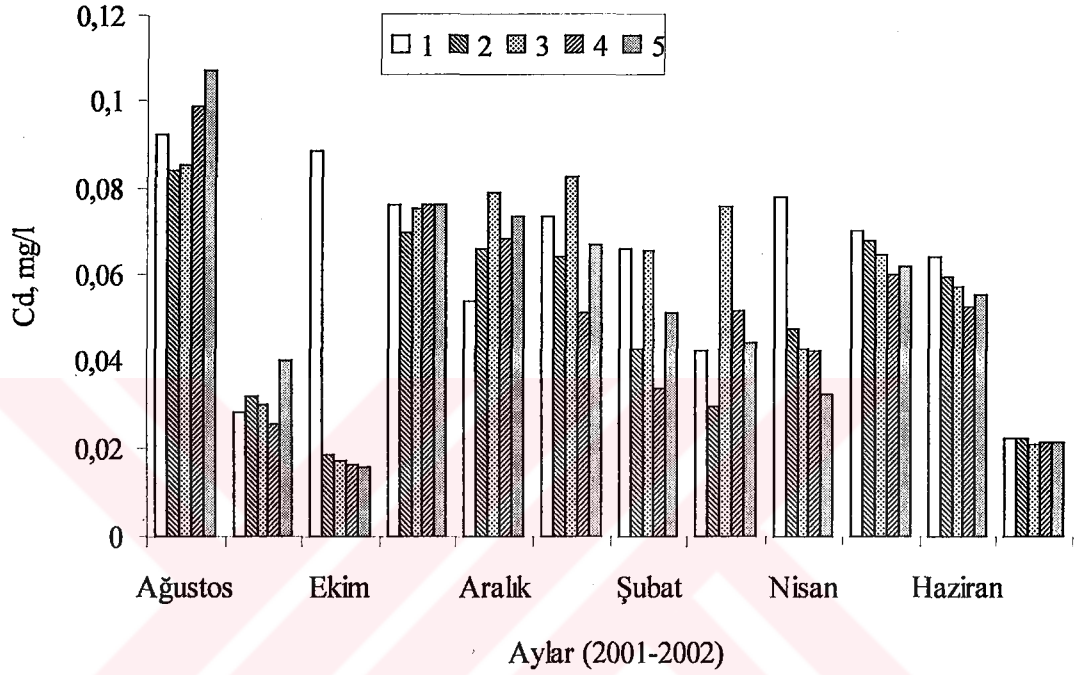
Çizelge 4.1. Deniz suyunda seçilen istasyonlarda aylara göre ortalama kadmiyum (Cd) konsantrasyonları (mg/l) *

Aylar	İstasyonlar					Ort., K ±SH N=15
	1	2	3	4	5	
Ocak	0,0733	0,0639	0,0825	0,0514	0,0667	0,0676 ^{acd} 0,008
Şubat	0,0659	0,0431	0,0654	0,0335	0,0512	0,0518 ^{ac} 0,006
Mart	0,0425	0,0296	0,0756	0,0516	0,0442	0,0487 ^a 0,007
Nisan	0,0778	0,0473	0,0428	0,0423	0,0325	0,0485 ^a 0,007
Mayıs	0,0702	0,0679	0,0645	0,0598	0,0616	0,0648 ^{acd} 0,006
Haziran	0,0643	0,0595	0,0574	0,0525	0,0552	0,0578 ^{ac} 0,006
Temmuz	0,0221	0,0221	0,0206	0,0212	0,0212	0,0214 ^b 0,002
Ağustos	0,0925	0,0838	0,0856	0,0988	0,1071	0,0936 ^d 0,009
Eylül	0,0281	0,0319	0,0301	0,0255	0,0401	0,0312 ^b 0,004
Ekim	0,0885 ^a	0,0185 ^b	0,0170 ^b	0,0161 ^b	0,0156 ^b	0,0311 ^b 0,008
Kasım	0,0764	0,0695	0,0754	0,0763	0,0761	0,0747 ^{cd} 0,008
Aralık	0,0541	0,0662	0,0791	0,0684	0,0734	0,0682 ^{acd} 0,008
K	0,0630	0,0503	0,0580	0,0498	0,0537	0,0550
±SH	0,005	0,005	0,006	0,005	0,006	0,002
N=36						N=180

*Duncan, farklı harflerle gösterilen aylar veya istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir, $p<0,05$

Ay farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında Cd konsantrasyonlarının 0,0498 mg/l ile 4. istasyonda minimum iken 0,0630 mg/l ile 1. istasyonda maksimum olduğu görülmektedir. İstasyon ortalamaları arasındaki sıralama ise; 4<2<5<3<1 şeklinde olup,

farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$). Aynı aylarda farklı istasyonların karşılaştırmasında; sadece Ekim ayında istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuş olup, 1. istasyon diğerlerinden önemli derecede farklıdır ($p<0,05$).



Şekil 4.1. Deniz Suyunda aylara göre seçilen istasyonlarda Cd dağılımı

4.1.2. Deniz suyunda demir (Fe)

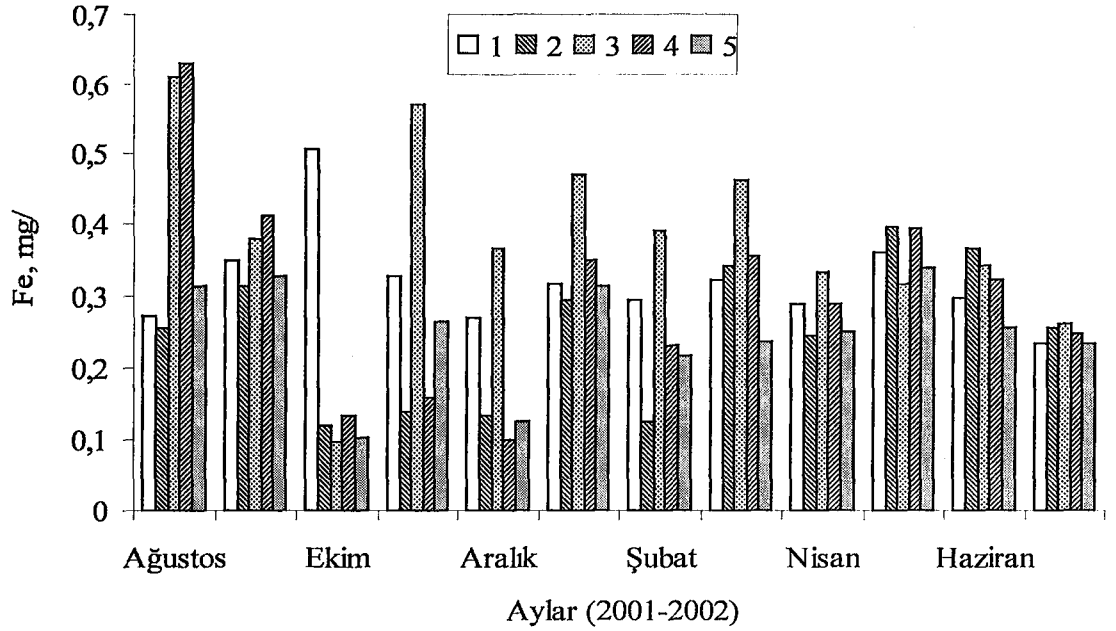
Aylara ve istasyonlara göre Fe konsantrasyonları ile önemlilik testi sonuçları çizelge 4.2, dağılımı ise şekil 4.2'de sunulmuştur. Aylar ve istasyonlara göre incelendiğinde, minimum 0,0989 (Aralık, 4. istasyon), maksimum 0,6304 (Ağustos, 4 istasyon) mg/l olarak bulunmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece aylar bazında ise minimum 0,1914 Ekim, maksimum 0,4156 mg/l ile Ağustos ayında gerçekleşmiştir. Sıralama ise; Ekim<Aralık<Tem<Şub<Nis<Kas< Haziran<Mart<Ocak<Eylül<Mayıs<Ağustos şeklinde gerçekleşmiş olup, aylar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Çizelge 4.2. Deniz suyunda seçilen istasyonlarda aylara göre ortalama demir (Fe) konsantrasyonları (mg/l)*

Aylar	İstasyon					Ort., K ±SH N=15
	1	2	3	4	5	
Ocak	0,3162	0,2935	0,4697	0,3481	0,3139	0,3483 ^{ad} 0,043
Şubat	0,2945	0,1242	0,3895	0,2292	0,2169	0,2509 ^{abc} 0,040
Mart	0,3216	0,3396	0,4621	0,3546	0,2363	0,3429 ^{ac} 0,047
Nisan	0,2881	0,2438	0,3325	0,2891	0,2499	0,2807 ^{acd} 0,037
Mayıs	0,3599	0,3956	0,3152	0,3923	0,3362	0,3598 ^{ad} 0,044
Haziran	0,2955	0,3639	0,3403	0,3207	0,2557	0,3152 ^{ad} 0,041
Temmuz	0,2315	0,2541	0,2591	0,2472	0,2337	0,2451 ^{abc} 0,032
Ağustos	0,2698 ^a	0,2547 ^a	0,6116 ^{ab}	0,6304 ^b	0,3114 ^{ab}	0,4156 ^d 0,060
Eylül	0,3497	0,3115	0,3777	0,4125	0,3255	0,3554 ^{ad} 0,032
Ekim	0,5068 ^a	0,1182 ^b	0,0966 ^b	0,1331 ^b	0,1026 ^b	0,1914 ^b 0,045
Kasım	0,3268 ^{ab}	0,1391 ^a	0,5693 ^b	0,1571 ^a	0,2631 ^a	0,2911 ^{acd} 0,054
Aralık	0,2681 ^{ab}	0,1321 ^a	0,3652 ^b	0,0989 ^a	0,1255 ^a	0,1980 ^{bc} 0,036
K	0,3190 ^{ab}	0,2475 ^a	0,3824 ^b	0,3011 ^{ab}	0,2476 ^a	0,2995
±SH	0,025	0,024	0,034	0,033	0,024	0,013
N=36						N=180

*Duncan, farklı harflerle gösterilen aylar veya istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir, $p < 0,05$

Ay farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında Fe konsantrasyonlarının 0,2475 mg/l ile 2. istasyonda minimum iken 0,3824 mg/l ile 3. istasyonda maksimum olduğu görülmektedir. İstasyon ortalamaları arasındaki sıralama ise; $2 < 5 < 4 < 1 < 3$ şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,05$). Aynı aylarda farklı istasyonların karşılaştırmasında; Ağustos, Ekim, Kasım ve Aralık aylarında istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,05$).



Şekil 4.2. Deniz Suyunda aylara göre seçilen istasyonlarda Fe dağılımı

4.1.3. Deniz suyunda bakır (Cu)

Aylara ve istasyonlara göre Cu konsantrasyonları ile önemlilik testi sonuçları çizelge 4.3, dağılımı ise şekil 4.3’de sunulmuştur. Bakır konsantrasyonları aylar ve istasyonlara göre incelendiğinde, minimum 0,0089 (Ekim, 4. istasyon), maksimum 0,2303 (Ağustos, 5 istasyon) mg/l olarak bulunmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece aylar bazında ise minimum 0,0198 Ekim, maksimum 0,1277 mg/l ile Ağustos ayında gerçekleşmiştir. Sıralama ise; Ekim<Nisan<Şubat<Aralık<Kasım<Ocak<Haziran<Mayıs<Mart<Temmuz<Eylül<Ağustos şeklinde gerçekleşmiş olup, aylar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

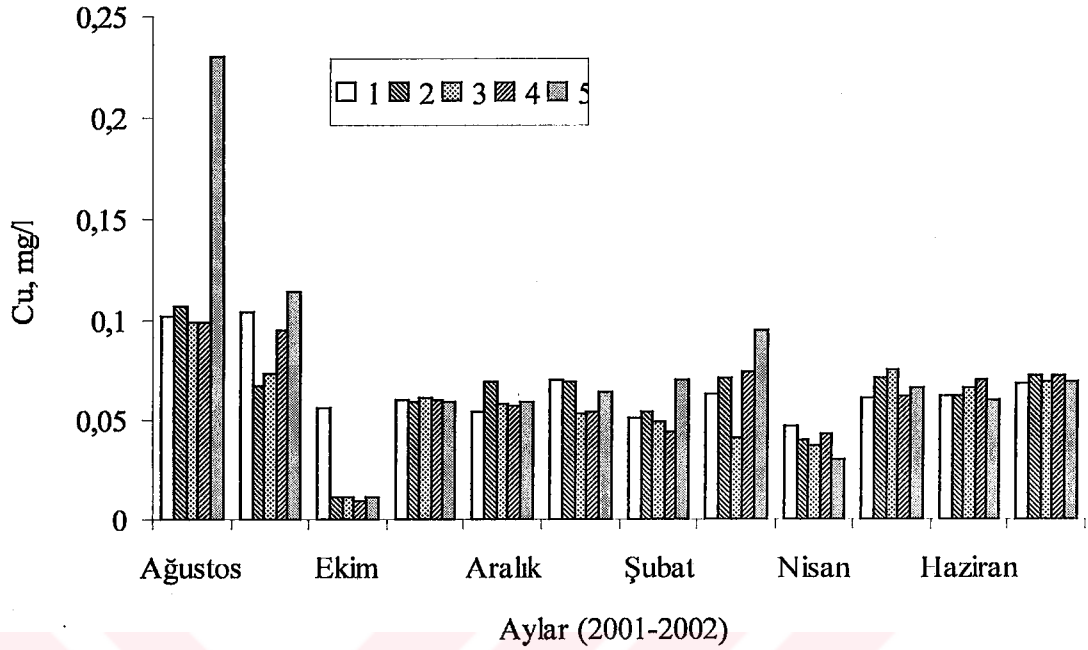
Ay farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında Cu konsantrasyonlarının 0,0576 mg/l ile 3. istasyonda minimum iken 0,0772 mg/l ile 5. istasyonda maksimum olduğu görülmektedir. İstasyon ortalamaları arasındaki sıralama ise; 3<4<2<1<5 şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$). Aynı aylarda farklı istasyonların karşılaştırmasında; sadece Ekim ayında istasyonlar arasındaki farklılıklar

istatistiksel olarak önemli bulunmuş olup, 1. istasyon diğerlerinden önemli derecede farklıdır ($p<0,05$).

Çizelge 4.3. Deniz suyunda seçilen istasyonlarda aylara göre ortalama bakır (Cu) konsantrasyonları (mg/l)*

Aylar	İstasyon					Ort., K ±SH N=15
	1	2	3	4	5	
Ocak	0,0697	0,0692	0,0526	0,0544	0,0642	0,0620 ^{abc} 0,008
Şubat	0,0512	0,0542	0,0486	0,0445	0,0696	0,0536 ^{ab} 0,007
Mart	0,0625	0,0712	0,0411	0,0742	0,0946	0,0687 ^{bc} 0,010
Nisan	0,0472	0,0398	0,0372	0,0426	0,0301	0,0394 ^a 0,005
Mayıs	0,0612	0,0711	0,0749	0,0615	0,0656	0,0669 ^{bcd} 0,007
Haziran	0,0624	0,0619	0,0656	0,0705	0,0598	0,0640 ^{bc} 0,007
Temmuz	0,0682	0,0724	0,0689	0,0716	0,0691	0,0700 ^{bcd} 0,008
Ağustos	0,1021	0,1074	0,0994	0,0992	0,2303	0,1277 ^d 0,026
Eylül	0,1036	0,0674	0,0726	0,0955	0,1142	0,0907 ^{cd} 0,011
Ekim	0,0563 ^a	0,0112 ^b	0,0109 ^b	0,0089 ^b	0,0115 ^b	0,0198 ^e 0,006
Kasım	0,0602	0,0589	0,0612	0,0599	0,0586	0,0598 ^{bc} 0,006
Aralık	0,0538	0,0686	0,0584	0,0572	0,0591	0,0594 ^{abc} 0,007
K	0,0665	0,0628	0,0576	0,0617	0,0772	0,0652
±SH	0,006	0,007	0,006	0,006	0,012	0,003
N=36						N=180

*Duncan, farklı harflerle gösterilen aylar veya istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir, $p<0,05$



Şekil 4.3. Deniz Suyunda aylara göre seçilen istasyonlarda Cu dağılımı

4.1.4. Deniz suyunda kurşun (Pb)

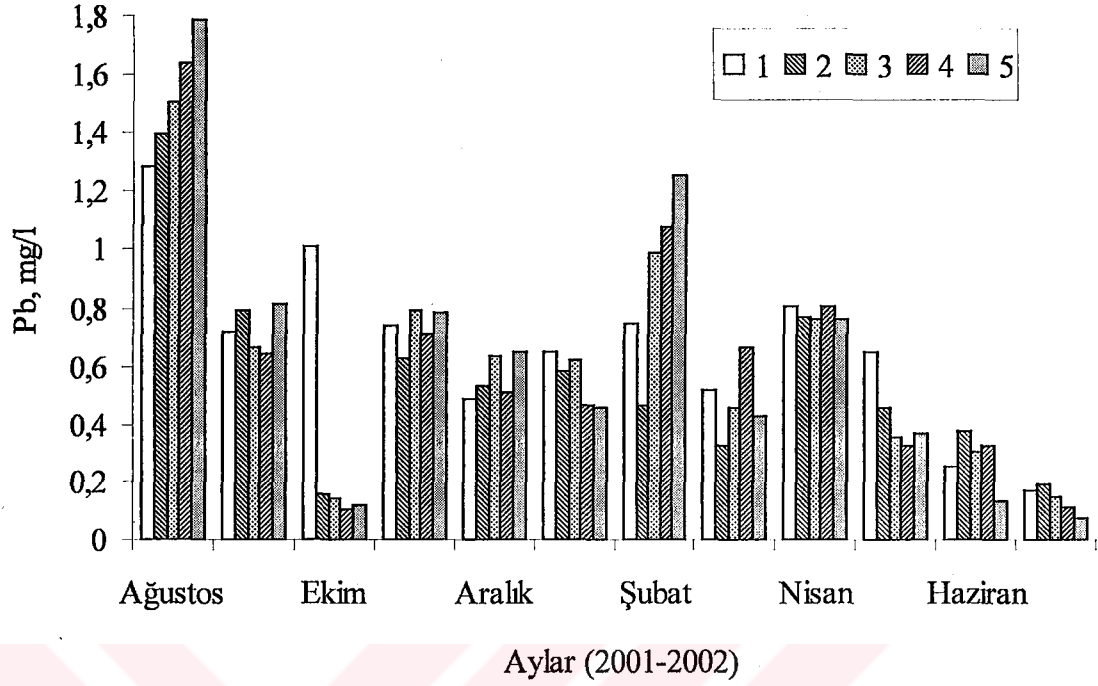
Aylara ve istasyonlara göre Pb konsantrasyonları ile önemlilik testi sonuçları çizelge 4.4, dağılımı ise şekil 4.4'de sunulmuştur. Kurşun konsantrasyonları aylar ve istasyonlara göre incelendiğinde, minimum 0,0734 (Temmuz, 5. istasyon), maksimum 1,7822 (Ağustos, 5 istasyon) mg/l olarak bulunmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece aylar bazında ise minimum 0,1384 Temmuz, maksimum 1,528 mg/l ile Ağustos ayında gerçekleşmiştir. Sıralama ise; Temmuz<Haz<Ekim<May<Mart<Ocak<Aralık<Eylül<Kas<Nis<Şubat<Ağustos şeklinde gerçekleşmiş olup, aylar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Ay farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında Pb konsantrasyonlarının 0,5552 mg/l ile 2. istasyonda minimum iken 0,6678 mg/l ile 1. istasyonda maksimum olduğu görülmektedir. İstasyon ortalamaları arasındaki sıralama ise; 2<3<4<5<1 şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$). Aynı aylarda farklı istasyonların karşılaştırmasında; Ocak, Şubat, Temmuz ve Ekim aylarında istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Çizelge 4.4. Deniz suyunda seçilen istasyonlarda aylara göre ortalama kurşun (Pb) konsantrasyonları (mg/l)*

Aylar	İstasyon					Ort., K ±SE N=15
	1	2	3	4	5	
Ocak	0,6465	0,5823	0,6212	0,4618	0,4571	0,5538 ^{ac} 0,049
Şubat	0,7453 ^{ab}	0,4678 ^a	0,9892 ^{bc}	1,0783 ^{bc}	1,2511 ^c	0,9063 ^b 0,091
Mart	0,5129	0,3256	0,4587	0,6653	0,4283	0,4782 ^a 0,056
Nisan	0,8005	0,7686	0,7573	0,8022	0,7613	0,7780 ^{bc} 0,046
Mayıs	0,6494	0,4576	0,3576	0,3272	0,3676	0,4319 ^a 0,054
Haziran	0,2541	0,3734	0,3001	0,3268	0,1336	0,2776 ^c 0,040
Temmuz	0,1667 ^{ab}	0,1934 ^b	0,1474 ^{ab}	0,1113 ^{ab}	0,0734 ^a	0,1384 ^a 0,015
Ağustos	1,2863	1,3926	1,5043	1,6386	1,7822	1,5208 ^b 0,091
Eylül	0,7187	0,7928	0,6642	0,6424	0,8145	0,7265 ^b 0,057
Ekim	1,0122 ^a	0,1543 ^b	0,1424 ^b	0,1007 ^b	0,1157 ^b	0,3051 ^c 0,097
Kasım	0,7361	0,6255	0,7927	0,7072	0,7826	0,7288 ^{bc} 0,052
Aralık	0,4843	0,5281	0,6338	0,5123	0,6525	0,5622 ^{ac} 0,052
K	0,6678	0,5552	0,6141	0,6145	0,6350	0,6173
±SH	0,058	0,059	0,070	0,077	0,085	0,031
N=36						N=180

*Duncan, farklı harflerle gösterilen aylar veya istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir, p<0,05



Şekil 4.4. Deniz Suyunda aylara göre seçilen istasyonlarda Pb dağılımı

4.1.5. Deniz suyunda çinko (Zn)

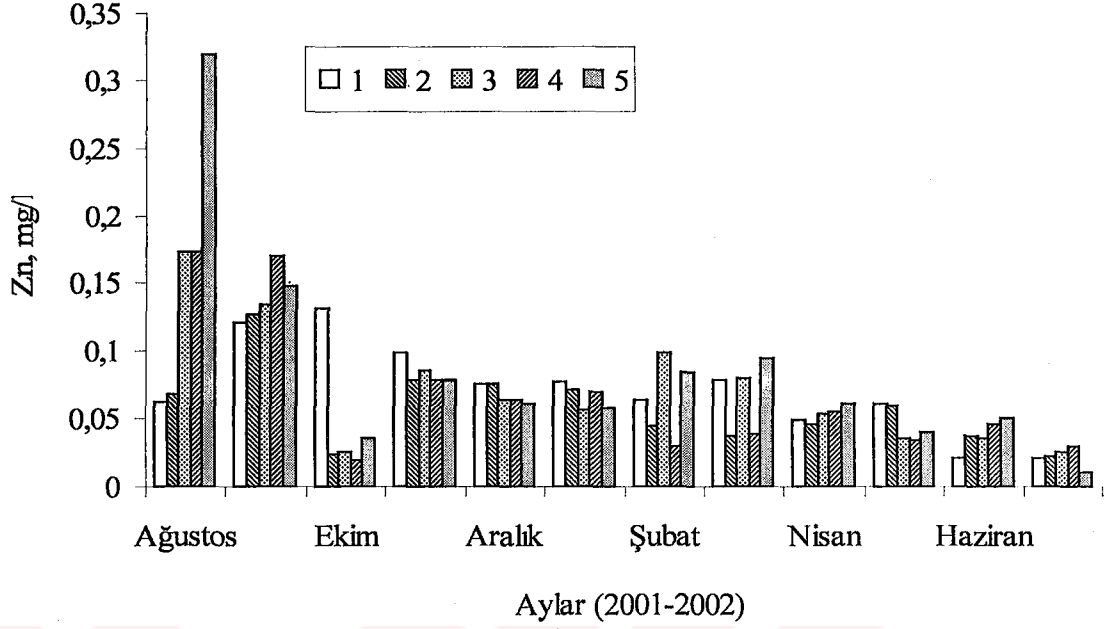
Aylara ve istasyonlara göre Zn konsantrasyonları ile önemlilik testi sonuçları çizelge 4.5, dağılımı ise şekil 4.5’de sunulmuştur. Çinko konsantrasyonları aylar ve istasyonlara göre incelendiğinde, minimum 0,0111 (Temmuz, 5. istasyon), maksimum 0,3184 (Ağustos, 5 istasyon) mg/l olarak bulunmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece aylar bazında ise minimum 0,0219 Temmuz, maksimum 0,1584 mg/l ile Ağustos ayında gerçekleşmiştir. Sıralama ise; Temmuz<Haziran<Mayıs<Ekim<Nisan<Şubat<Mart<Ocak<Aralık<Kasım<Eylül<Ağustos şeklinde gerçekleşmiş olup, aylar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Ay farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında Zn konsantrasyonlarının 0,0575 mg/l ile 2. istasyonda minimum iken 0,0866 mg/l ile 5. istasyonda maksimum olduğu görülmektedir. İstasyon ortalamaları arasındaki sıralama ise; 2<4<1<3<5 şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$). Aynı aylarda farklı istasyonların karşılaştırmasında; Şubat, Mart, Ağustos ve Ekim aylarında istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Çizelge 4.5. Deniz suyunda seçilen istasyonlarda aylara göre ortalama çinko (Zn) konsantrasyonları (mg/l)*

Aylar	İstasyon					Ort., K ±SH N=15
	1	2	3	4	5	
Ocak	0,0761	0,0714	0,0567	0,0695	0,0578	0,0663 ^{adf} 0,006
Şubat	0,0642 ^{abc}	0,0443 ^{ab}	0,0986 ^c	0,0296 ^a	0,0845 ^{bc}	0,0642 ^{adf} 0,009
Mart	0,0778 ^{ab}	0,0369 ^a	0,0792 ^{ab}	0,0382 ^a	0,0941 ^b	0,0653 ^{adf} 0,008
Nisan	0,0492	0,0464	0,0537	0,0547	0,0607	0,0529 ^{abd} 0,005
Mayıs	0,0613	0,0589	0,0362	0,0341	0,0402	0,0461 ^{abc} 0,006
Haziran	0,0209	0,0376	0,0351	0,0459	0,0496	0,0378 ^{bc} 0,005
Temmuz	0,0211	0,0225	0,0248	0,0298	0,0111	0,0219 ^e 0,003
Ağustos	0,0614 ^a	0,0675 ^a	0,1722 ^{ab}	0,1726 ^{ab}	0,3184 ^b	0,1584 ^g 0,034
Eylül	0,1204	0,1264	0,1345	0,1691	0,1473	0,1395 ^g 0,012
Ekim	0,1312 ^a	0,0236 ^b	0,0247 ^b	0,0195 ^b	0,0356 ^b	0,0469 ^c 0,012
Kasım	0,0986	0,0788	0,0861	0,0779	0,0785	0,0840 ^f 0,006
Aralık	0,0747	0,0755	0,0641	0,0636	0,0612	0,0678 ^{df} 0,005
K	0,0714	0,0575	0,0722	0,0670	0,0866	0,0709
±SH	0,006	0,005	0,009	0,010	0,016	0,004
N=36						

*Duncan, farklı harflerle gösterilen aylar veya istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir, p<0,05



Şekil 4.5. Deniz Suyunda aylara göre seçilen istasyonlarda Zn dağılımı

4.1.6. Deniz suyunda kobalt (Co)

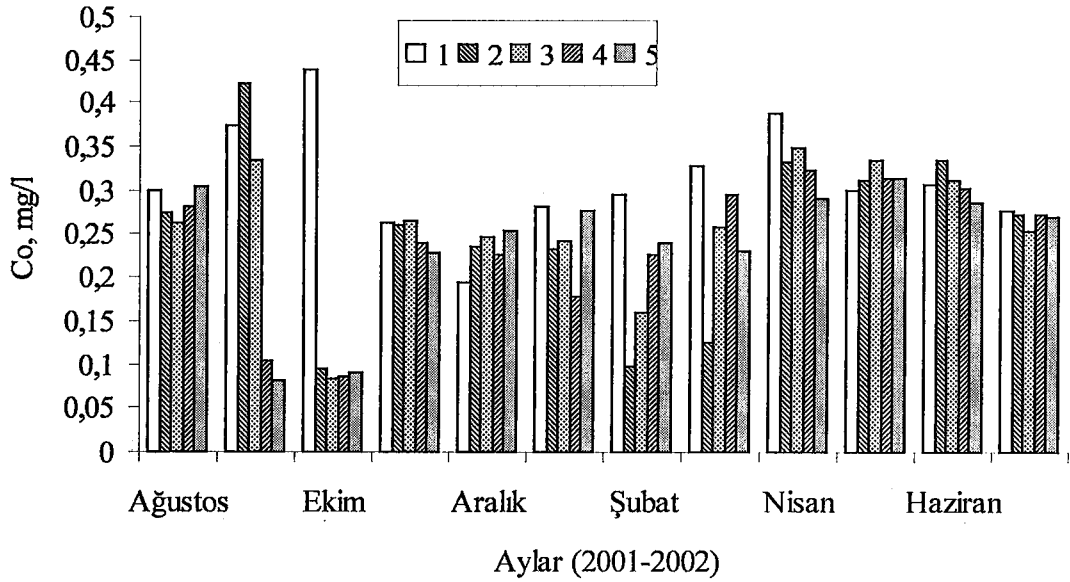
Aylara ve istasyonlara göre Co konsantrasyonları ile önemlilik testi sonuçları çizelge 4.6, dağılımı ise şekil 4.6'da sunulmuştur. Kobalt konsantrasyonları aylar ve istasyonlara göre incelendiğinde, minimum 0,0812 (Eylül, 5. istasyon), maksimum 0,4381 (Ekim, 1. istasyon) mg/l olarak bulunmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece aylar bazında ise minimum 0,1582 Ekim, maksimum 0,3362 mg/l ile Ağustos ayında gerçekleşmiştir. Sıralama ise; Ekim<Şubat<Aralık<Ocak<Mart<Kasım<Eylül<Temmuz<Ağustos<Haziran<Mayıs<Nisan şeklinde gerçekleşmiş olup, Ekim ayı Şubat ile aynı önemli derecede farklı bulunmuştur ($p<0,05$).

Ay farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında Co konsantrasyonlarının 0,2370 mg/l ile 4. istasyonda minimum iken 0,3117 mg/l ile 1. istasyonda maksimum olduğu görülmektedir. İstasyon ortalamaları arasındaki sıralama ise; 4<5<2<3<1 şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$). Aynı aylarda farklı istasyonların karşılaştırmasında; Eylül ve Ekim aylarında istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak nemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Çizelge 4.6. Deniz suyunda seçilen istasyonlarda aylara göre ortalama kobalt (Co) konsantrasyonları (mg/l) *

Aylar	İstasyon					Ort., K ±SH N=15
	1	2	3	4	5	
Ocak	0,2814	0,2325	0,2412	0,1786	0,2764	0,2420 ^a 0,035
Şubat	0,2951	0,0974	0,1596	0,2256	0,2395	0,2034 ^{ab} 0,035
Mart	0,3279	0,1256	0,2583	0,2956	0,2293	0,2473 ^a 0,039
Nisan	0,3867	0,3319	0,3485	0,3224	0,2915	0,3362 ^a 0,049
Mayıs	0,3001	0,3113	0,3331	0,3135	0,3129	0,3142 ^a 0,043
Haziran	0,3072	0,3342	0,3113	0,3009	0,2863	0,3080 ^a 0,041
Temmuz	0,2773	0,2717	0,2543	0,2728	0,2686	0,2689 ^a 0,039
Ağustos	0,2985	0,2743	0,2629	0,2802	0,3047 ^a	0,2841 ^a 0,037
Eylül	0,3722 ^{ab}	0,4221 ^b	0,3335 ^{ab}	0,1033 ^a	0,0812 ^b	0,2625 ^a 0,052
Ekim	0,4381 ^a	0,0934 ^b	0,0839 ^b	0,0848 ^b	0,0906	0,1582 ^b 0,043
Kasım	0,2626	0,2601	0,2654	0,2406	0,2273	0,2512 ^a 0,036
Aralık	0,1926	0,2344	0,2471	0,2258	0,2545	0,2309 ^a 0,035
K	0,3117	0,2491	0,2583	0,2370	0,2386	0,2589
±SH	0,029	0,028	0,026	0,024	0,026	0,012
N=36						N=180

*Duncan, farklı harflerle gösterilen aylar veya istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir, $p < 0,05$



Şekil 4.6. Deniz Suyunda aylara göre seçilen istasyonlarda Co dağılımı

4.1.7. Deniz suyunda krom (Cr)

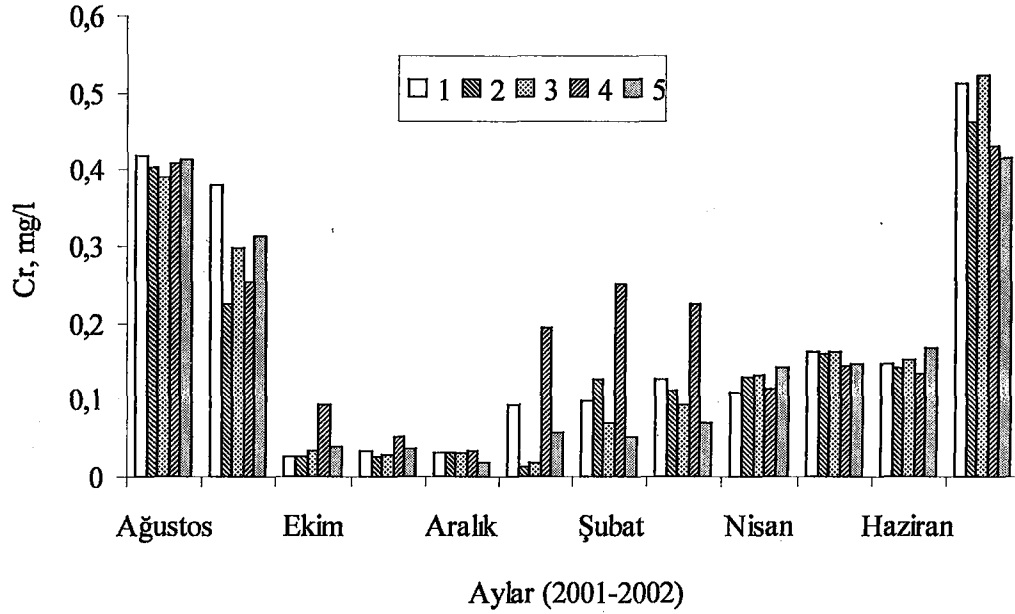
Aylara ve istasyonlara göre Cr konsantrasyonları ile önemlilik testi sonuçları çizelge 4.7, dağılımı ise şekil 4.7'de sunulmuştur. Krom konsantrasyonları aylar ve istasyonlara göre incelendiğinde, minimum 0,0141 (Ocak, 2. istasyon), maksimum 0,5233 (Temmuz, 3. istasyon) mg/l olarak bulunmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece aylar bazında ise minimum 0,0290 Aralık, maksimum 0,4695 mg/l ile Temmuz ayında gerçekleşmiştir. Sıralama ise; Aralık<Kasım<Ekim<Ocak<Şubat<Nisan<Mart<Haziran<Mayıs<Eylül<Ağusto<Temmuz şeklinde gerçekleşmiş olup, Ekim ayı Şubat ile aynı diğerlerinden önemli derecede farklı bulunmuştur ($p<0,05$).

Ay farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında Cr konsantrasyonlarının 0,1548 mg/l ile 2. istasyonda minimum iken 0,1946 mg/l ile 4. istasyonda maksimum olduğu görülmektedir. İstasyon ortalamaları arasındaki sıralama ise; 2<5<3<1<4 şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$). Aynı aylarda farklı istasyonların karşılaştırmasında; Ocak, Şubat, Mart, ve Ekim aylarında istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Çizelge 4.7. Deniz suyunda seçilen istasyonlarda aylara göre ortalama krom (Cr) konsantrasyonları (mg/l)*

Aylar	İstasyon					Ort., K ±SH N=15
	1	2	3	4	5	
Ocak	0,0941 ^a	0,0141 ^b	0,0186 ^b	0,1934 ^c	0,0576 ^d	0,0756 ^a 0,018
Şubat	0,0982 ^a	0,1261 ^a	0,0695 ^a	0,2514 ^b	0,0516 ^a	0,1194 ^b 0,024
Mart	0,1269 ^{ab}	0,1125 ^{ab}	0,0941 ^b	0,2251 ^b	0,0689 ^a	0,1255 ^b 0,020
Nisan	0,1094	0,1285	0,1326	0,1133	0,1425	0,1252 ^b 0,007
Mayıs	0,1621	0,1595	0,1623	0,1437	0,1468	0,1549 ^b 0,011
Haziran	0,1486	0,1434	0,1531	0,1342	0,1678	0,1494 ^b 0,010
Temmuz	0,5126	0,4641	0,5233	0,4321	0,4155	0,4695 ^c 0,049
Ağustos	0,4179	0,4032	0,3898	0,4092	0,4138	0,4068 ^{cd} 0,047
Eylül	0,3807	0,2243	0,2965	0,2542	0,3122	0,2936 ^d 0,044
Ekim	0,0252 ^a	0,0253 ^a	0,0329 ^a	0,0923 ^b	0,0384 ^a	0,0428 ^{ac} 0,008
Kasım	0,0346	0,0259	0,0296	0,0512	0,0362	0,0355 ^{ac} 0,005
Aralık	0,0304	0,0303	0,0306	0,0349	0,0188	0,0290 ^a 0,004
K	0,1784	0,1548	0,1611	0,1946	0,1558	0,1689
±SH	0,031	0,028	0,030	0,026	0,028	0,013
N=36						

*Duncan, farklı harflerle gösterilen aylar veya istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir, $p < 0,05$



Şekil 4.7. Deniz Suyunda aylara göre seçilen istasyonlarda Cr dağılımı

4.1.8. Deniz suyunda Alüminyum (Al)

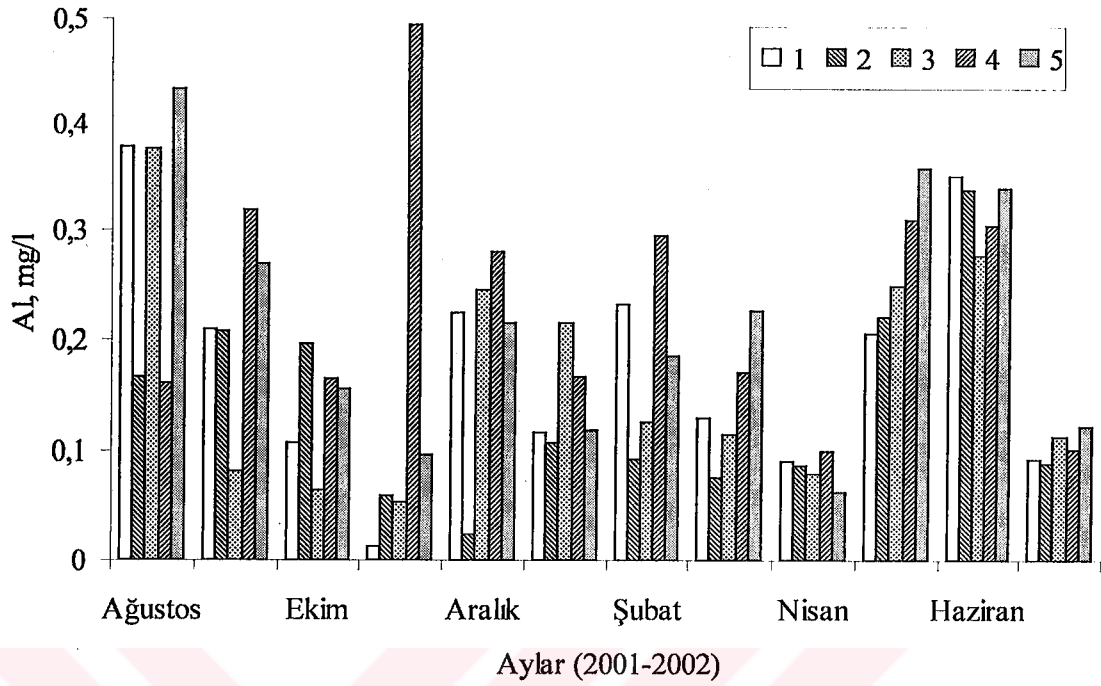
Aylara ve istasyonlara göre Al konsantrasyonları ile önemlilik testi sonuçları çizelge 4.8, dağılımı ise şekil 4.8'de sunulmuştur. Alüminyum konsantrasyonları aylar ve istasyonlara göre incelendiğinde, minimum 0,0124 (Kasım, 1. istasyon), maksimum 0,4935 (Kasım, 4. istasyon) mg/l olarak bulunmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece aylar bazında ise minimum 0,0843 Nisan, maksimum 0,3210 mg/l ile Haziran ayında gerçekleşmiştir. Sıralama ise; Nisan<Temmuz<Ekim<Kasım<Mart<Ocak < Şubat<Aralık<Eylül<Mayıs<Ağustos<Haziran şeklinde gerçekleşmiş olup, aylar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Ay farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında Al konsantrasyonlarının 0,1387 mg/l ile 2. istasyonda minimum iken 0,2388 mg/l ile 4. istasyonda maksimum olduğu görülmektedir. İstasyon ortalamaları arasındaki sıralama ise; 2<3<1<5<4 şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Aynı aylarda farklı istasyonların karşılaştırmasında; Kasım ve Aralık aylarında istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Çizelge 4.8. Deniz suyunda seçilen istasyonlarda aylara göre ortalama alüminyum (Al) konsantrasyonları (mg/l)*

Aylar	İstasyon					Ort., K ±SH N=15
	1	2	3	4	5	
Ocak	0,1175	0,1071	0,2151	0,1675	0,1178	0,1450 ^{abc} 0,021
Şubat	0,2319	0,0925	0,1261	0,2946	0,1856	0,1861 ^{bcde} 0,031
Mart	0,1295	0,0759	0,1152	0,1696	0,2265	0,1433 ^{abc} 0,023
Nisan	0,0907	0,0869	0,0799	0,1003	0,0638	0,0843 ^{af} 0,011
Mayıs	0,2059	0,2211	0,2486	0,3094	0,3574	0,2685 ^{deg} 0,035
Haziran	0,3493	0,3374	0,2755	0,3046	0,3384	0,3210 ^h 0,039
Temmuz	0,0927	0,0896	0,1121	0,1011	0,1215	0,1034 ^{abf} 0,013
Ağustos	0,3781	0,1672	0,3751	0,1611	0,4331	0,3029 ^{ag} 0,049
Eylül	0,2091	0,2072	0,0816	0,3193	0,2693	0,2173 ^{acdg} 0,034
Ekim	0,1069	0,1964	0,0652	0,1642	0,1548	0,1375 ^{abc} 0,022
Kasım	0,0124 ^a	0,0588 ^a	0,0537 ^a	0,4935 ^b	0,0957 ^a	0,1428 ^f 0,055
Aralık	0,2241 ^a	0,0248 ^a	0,2442 ^a	0,2798 ^b	0,2151 ^a	0,1976 ^{bd} 0,035
K	0,1790 ^{ab}	0,1387 ^a	0,1660 ^{ab}	0,2388 ^c	0,2149 ^{bc}	0,1875
±SH	0,024	0,019	0,022	0,027	0,026	0,011
N=36						N=180

*Duncan, farklı harflerle gösterilen aylar veya istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir, p<0,05



Şekil 4.8. Deniz Suyunda aylara göre seçilen istasyonlarda Al dağılımı

4.1.9. Deniz suyunda mangan (Mn)

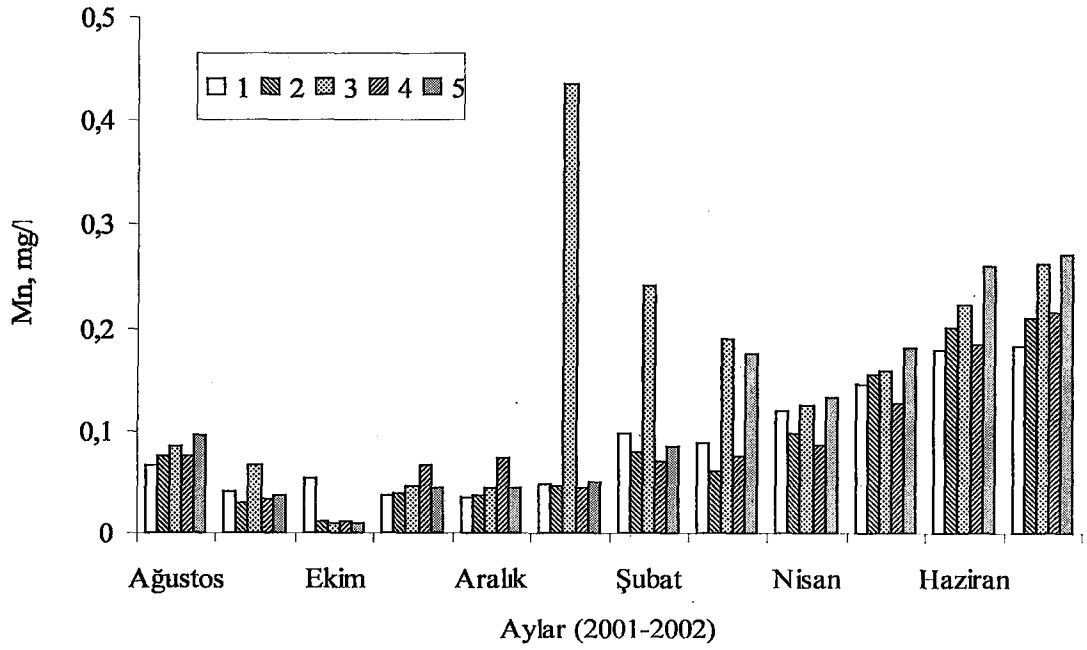
Aylara ve istasyonlara göre Mn konsantrasyonları ile önemlilik testi sonuçları çizelge 4.9, dağılımı ise şekil 4.9'da sunulmuştur. Mangan konsantrasyonları aylar ve istasyonlara göre incelendiğinde, minimum 0,0095 (Ekim, 3. istasyon), maksimum 0,4352 (Ocak, 3. istasyon) mg/l olarak bulunmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece aylar bazında ise minimum 0,0190 Ekim, maksimum 0,2286 mg/l ile Temmuz ayında gerçekleşmiştir. Sıralama ise; Ekim<Eylül<Aralık<Kasım<Ağustos<Nisan<Şubat<Mart<Mayıs<Ocak<Haziran<Temmuz şeklinde gerçekleşmiş olup, aylar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Ay farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında Mn konsantrasyonlarının 0,0855 mg/l ile 4. istasyonda minimum iken 0,1573 mg/l ile 3. istasyonda maksimum olduğu görülmektedir. İstasyon ortalamaları arasındaki sıralama ise; 4<2<1<5<3 şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Aynı aylarda farklı istasyonların karşılaştırılmasında; Ocak, Şubat, Mart ve Ekim aylarında istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Çizelge 4.9. Deniz suyunda seçilen istasyonlarda aylara göre ortalama mangan (Mn) konsantrasyonları (mg/l)*

Aylar	İstasyon					Ort., K ±SH N=15
	1	2	3	4	5	
Ocak	0,0488 ^a	0,0469 ^a	0,4352 ^b	0,0451 ^a	0,0492 ^a	0,1250 ^a 0,032
Şubat	0,0982 ^a	0,0793 ^a	0,2421 ^b	0,0697 ^a	0,0842 ^a	0,1147 ^{ab} 0,023
Mart	0,0886 ^{ab}	0,0616 ^a	0,1896 ^b	0,0751 ^{ab}	0,1761 ^{ab}	0,1182 ^{ab} 0,020
Nisan	0,1195	0,0971	0,1254	0,0859	0,1326	0,1121 ^{ab} 0,011
Mayıs	0,1465	0,1556	0,1594	0,1265	0,1803	0,1536 ^{bc} 0,017
Haziran	0,1783	0,2014	0,2227	0,1849	0,2595	0,2093 ^c 0,024
Temmuz	0,1825	0,2111	0,2624	0,2154	0,2715	0,2286 ^c 0,028
Ağustos	0,0656	0,0755	0,0842	0,0759	0,0954	0,0793 ^a 0,007
Eylül	0,0404	0,0289	0,0665	0,0325	0,0373	0,0411 ^d 0,006
Ekim	0,0531 ^a	0,0115 ^b	0,0095 ^b	0,0113 ^b	0,0097 ^b	0,0190 ^a 0,006
Kasım	0,0374	0,0387	0,0465	0,0663	0,0449	0,0468 ^d 0,005
Aralık	0,0342	0,0363	0,0438	0,0741	0,0441	0,0465 ^d 0,006
K	0,0911 ^{ab}	0,0870 ^a	0,1573 ^b	0,0855 ^{ab}	0,1154 ^{ab}	0,1079
±SH	0,012	0,012	0,024	0,011	0,018	0,007
N=36						N=180

*Duncan, farklı harflerle gösterilen aylar veya istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir, p<0,05



Şekil 4.9. Deniz Suyunda aylara göre seçilen istasyonlarda Mn dağılımı

4.1.10. Deniz suyunda nikel (Ni)

Aylara ve istasyonlara göre Ni konsantrasyonları ile önemlilik testi sonuçları çizelge 4.10, dağılımı ise şekil 4.10'da sunulmuştur. Nikel konsantrasyonları aylar ve istasyonlara göre incelendiğinde, minimum 0,0131 (Ekim, 4. istasyon), maksimum 0,4657 (Ağustos, 5. istasyon) mg/l olarak bulunmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece aylar bazında ise minimum 0,0484 Ekim, maksimum 0,4296 mg/l ile Ağustos ayında gerçekleşmiştir. Sıralama ise; Ekim<Eylül<Şubat<Aralık<Temmuz<Ocak<Haziran<Kasım<Mayıs<Mart<Nisan<Ağustos şeklinde gerçekleşmiş olup, Eylül ve Ekim ayları birbirinden ve diğer aylardan istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ($p<0,05$).

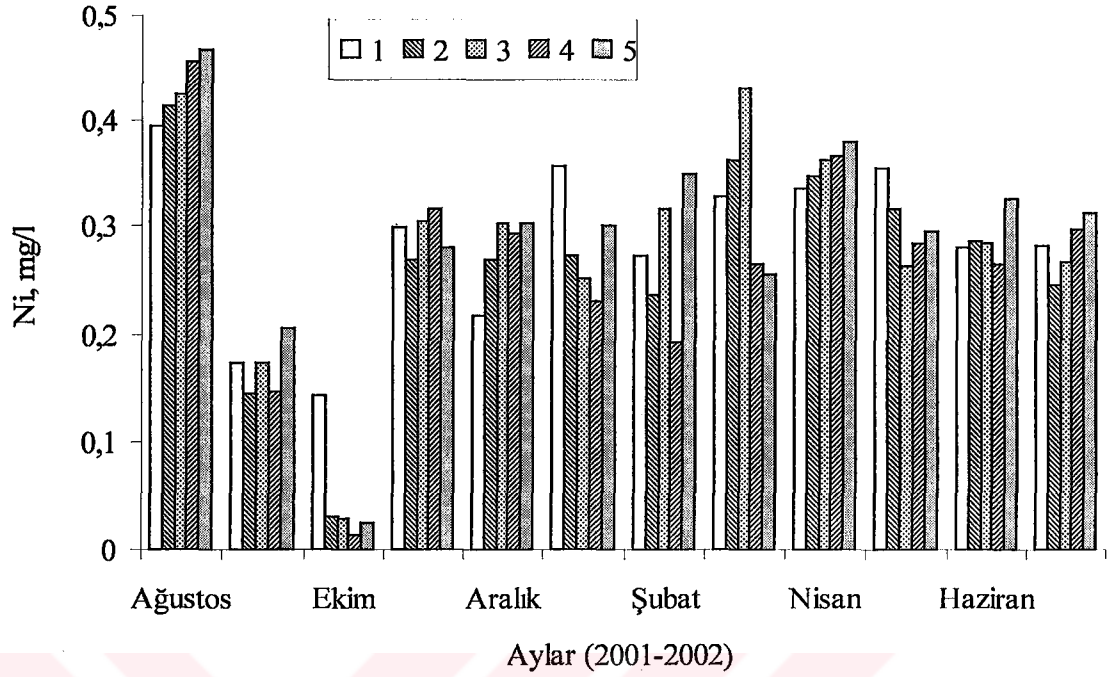
Ay farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında Ni konsantrasyonlarının 0,2595 mg/l ile 4. istasyonda minimum iken 0,2908 mg/l ile 5. istasyonda maksimum olduğu görülmektedir. İstasyon ortalamaları arasındaki sıralama ise; 4<2<3<1<5 şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$). Aynı aylarda farklı

istasyonların karşılaştırmasında; sadece Ekim ayında birinci istasyon diğerlerinden önemli derecede farklı bulunmuştur ($p<0,05$).

Çizelge 4.10. Deniz suyunda seçilen istasyonlarda aylara göre ortalama nikel (Ni) konsantrasyonları (mg/l) *

Aylar	İstasyon					Ort., K ±SH N=15
	1	2	3	4	5	
Ocak	0,3554	0,2719	0,2512	0,2309	0,2995	0,2818 ^a 0,036
Şubat	0,2712	0,2361	0,3159	0,1917	0,3471	0,2724 ^a 0,035
Mart	0,3274	0,3612	0,4291	0,2634	0,2543	0,3271 ^a 0,040
Nisan	0,3342	0,3457	0,3606	0,3642	0,3783	0,3566 ^a 0,042
Mayıs	0,3533	0,3155	0,2616	0,2827	0,2945	0,3015 ^a 0,034
Haziran	0,2802	0,2844	0,2831	0,2643	0,3254	0,2875 ^a 0,033
Temmuz	0,2816	0,2457	0,2663	0,2965	0,3121	0,2804 ^a 0,031
Ağustos	0,3936	0,4116	0,4236	0,4535	0,4657	0,4296 ^a 0,049
Eylül	0,1727	0,1443	0,1721	0,1456	0,2058	0,1681 ^b 0,021
Ekim	0,1432 ^a	0,0311 ^b	0,0288 ^b	0,0131 ^b	0,0256 ^b	0,0484 ^c 0,015
Kasım	0,2986	0,2676	0,3034	0,3153	0,2786	0,2927 ^a 0,035
Aralık	0,2163	0,2686	0,3029	0,2931	0,3029	0,2768 ^a 0,034
K	0,2856	0,2653	0,2832	0,2595	0,2908	0,2769
±SH	0,025	0,026	0,027	0,027	0,028	0,012
N=36						N=180

*Duncan, farklı harflerle gösterilen aylar veya istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir, $p<0,05$



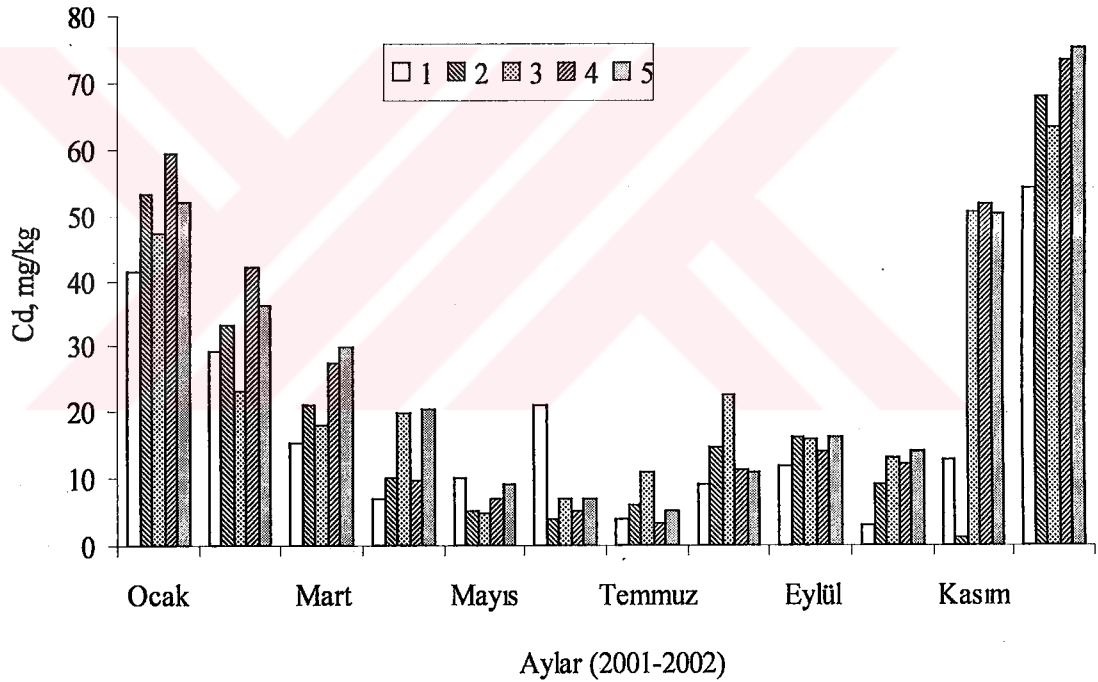
Şekil 4.10. Deniz Suyunda aylara göre seçilen istasyonlarda Ni dağılımı

4.2. Askıdaki Katı Maddede Ağır Metal Konsantrasyonları

Ay ve istasyon farkı gözetmeksizin askıdaki katı maddede (AKM) ortalama ağır metal konsantrasyonları; Cd: 23,300, Fe: 29008, Cu: 345,41, Pb: 333,03, Zn: 940,35, Co: 100,81, Cr: 579,73, Al: 20060, Mn: 814,56 ve Ni: 594,15 mg/kg kuru ağırlık olarak bulunmuştur. Çizelgelerde her bir istasyondaki değer, analiz edilen üç ayrı örneğin (3 tekerrür) ortalamasıdır (ayrıca her bir örnek üç paralelli analiz edilmiştir). Ay ve istasyonlar dikkate alınmadan yapılan korelasyon analizinde AKM'deki ağır metal konsantrasyonları arasında pozitif ve negatif yönde önemli korelasyonlar bulunmuş olup, önemlilik düzeylerine göre aşağıda verilmiştir. Cd ile Cu ($r= 0,355$, $p=0,000$), Pb ($r= 0,690$, $p=0,000$), Zn ($r= 0,407$, $p=0,000$), Co ($r= 0,509$, $p=0,000$), Cr ($r=-0,209$, $p=0,005$), Al ($r=-0,155$, $p=0,037$) ve Ni ($r= 0,179$, $p=0,016$), Fe ile Pb ($r= 0,253$, $p=0,001$), Cr ($r= 0,246$, $p=0,001$) ve Mn ($r= 0,465$, $p=0,000$), Cu ile Pb ($r= 0,290$, $p=0,000$), Zn ($r= 0,244$, $p=0,001$), Co ($r= 0,406$, $p=0,000$), Al ($r= -0,190$, $p=0,011$) ve Ni ($r= 0,256$, $p=0,001$), Pb ile Zn ($r= 0,414$, $p=0,000$), Co ($r= 0,406$, $p=0,000$) ve Cr ($r=-0,160$, $p=0,032$), Zn ile Cr ($r= -0,214$, $p=0,004$) ve Al ($r= 0,192$, $p=0,010$), Co ile Ni ($r= 0,259$, $p=0,000$), Cr ile Ni ($r=0,513$, $p=0,000$).

4.2.1. AKM'de Kadmiyum (Cd)

Aylara ve istasyonlara göre Cd konsantrasyonları ile önemlilik testi sonuçları çizelge 4.11, dağılımı ise şekil 4.11'de sunulmuştur. Aylar ve istasyonlara göre incelendiğinde, minimum 1,2364 (Kasım, 2. istasyon), maksimum 75,196 (Aralık, 5 istasyon) mg/kg olarak bulunmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece aylar bazında ise minimum 5,8747 Temmuz, maksimum 66,712 mg/kg ile Aralık ayında gerçekleşmiştir. Sıralama ise; Temmuz<Mayıs<Haziran<Ekim<Nisan<Ağustos<Eylül<Mart<Şubat<Kasım<Ocak <Aralık şeklinde gerçekleşmiş olup, aylar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).



Şekil 4.11. AKM'de aylara göre seçilen istasyonlarda Cd dağılımı

Ay farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında Cd konsantrasyonlarının 18,240 mg/kg ile 1. istasyonda minimum iken 27,141 mg/kg ile 5. istasyonda maksimum olduğu görülmektedir. İstasyon ortalamaları arasındaki sıralama ise; 1<2<3<4<5 şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Aynı aylarda farklı istasyonların karşılaştırmasında; Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos, Ekim ve

Kasım aylarında istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

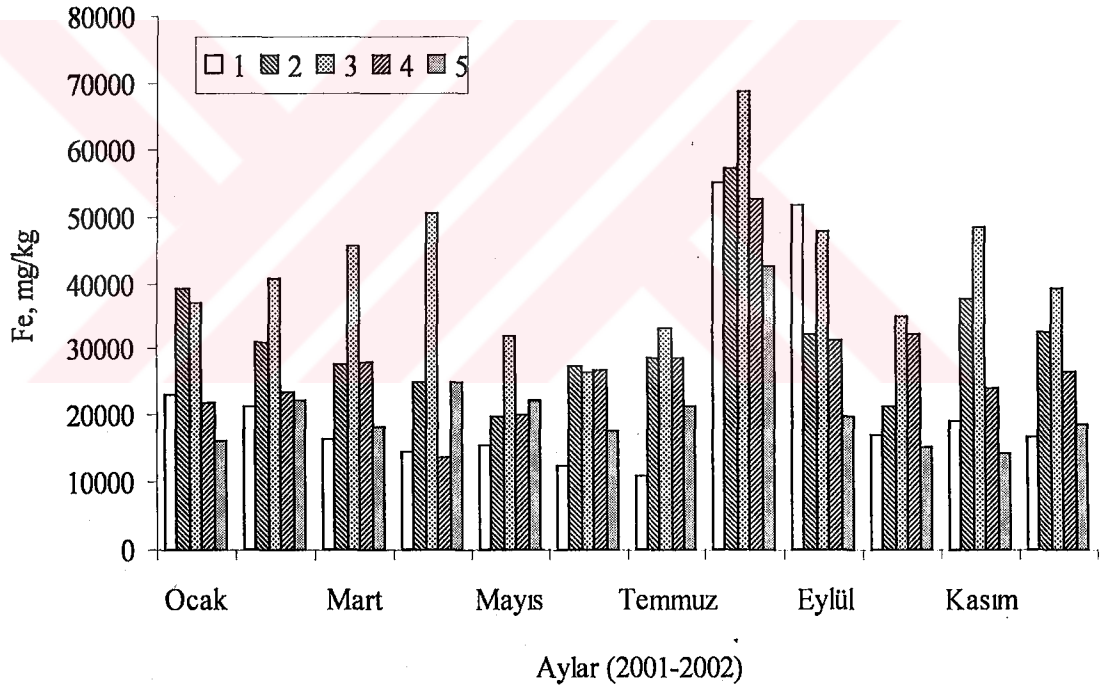
Çizelge 4.11. AKM'de seçilen istasyonlarda aylara göre ortalama kadmiyum (Cd) konsantrasyonları (mg/kg)*

Aylar	İstasyon					Ort., K ±SH N=15
	1	2	3	4	5	
Ocak	41,233	53,174	47,155	59,225	52,116	50,581 ^a 3,612
Şubat	29,124	33,265	23,198	41,975	36,125	32,737 ^b 2,718
Mart	15,165	20,932	17,841	27,524	29,698	22,232 ^{bc} 2,197
Nisan	7,1317 ^a	9,8977 ^a	19,913 ^b	9,8263 ^a	20,523 ^b	13,458 ^{dc} 1,772
Mayıs	10,053 ^a	5,0220 ^b	4,9633 ^b	7,1427 ^{ab}	8,9976 ^a	7,2357 ^{fg} 0,672
Haziran	21,015 ^a	4,0242 ^b	6,9933 ^b	5,0364 ^b	7,0121 ^b	8,8162 ^{fg} 1,721
Temmuz	3,9557 ^a	6,1123 ^a	11,028 ^b	3,2557 ^a	5,0213 ^a	5,8747 ^g 0,845
Ağustos	9,1263 ^a	14,625 ^a	22,365 ^b	11,121 ^a	10,963 ^a	13,640 ^{dc} 1,479
Eylül	11,971	16,011	15,966	13,985	16,126	14,812 ^{cc} 0,773
Ekim	3,0163 ^a	9,1250 ^b	12,956 ^b	12,124 ^b	13,865 ^b	10,217 ^{dg} 1,180
Kasım	12,865 ^a	1,2364 ^a	50,623 ^b	51,626 ^b	50,054 ^b	33,281 ^{cc} 6,395
Aralık	54,221	67,786	63,135	73,223	75,196	66,712 ^a 3,708
K	18,240	20,101	24,678	26,339	27,141	23,300
±SH	2,727	3,501	3,240	4,072	3,819	1,571
N=36						N=180

*Duncan, farklı harflerle gösterilen aylar veya istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir, $p<0,05$

4.2.2. AKM'de demir (Fe)

Aylara ve istasyonlara göre Fe konsantrasyonları ile önemlilik testi sonuçları çizelge 4.12, dağılımı ise şekil 4.12'de sunulmuştur. Aylar ve istasyonlara göre incelendiğinde, minimum 10821 (Temmuz, 1. istasyon), maksimum 68716 (Ağustos, 3 istasyon) mg/kg olarak bulunmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece aylar bazında ise minimum 21894 Mayıs, maksimum 55201 mg/kg ile Ağustos ayında gerçekleşmiştir. Sıralama ise; Mayıs<Haziran<Ekim<Temmuz<Nisan<Aralık<Ocak<Şubat<Mart<Kasım<Eylül <Ağustos şeklinde gerçekleşmiş olup, aylar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).



Şekil 4.12. AKM'de aylara göre seçilen istasyonlarda Fe dağılımı

Ay farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında Fe konsantrasyonlarının 21087 mg/kg ile 5. istasyonda minimum iken 42082 mg/kg ile 3. istasyonda maksimum olduğu görülmektedir. İstasyon ortalamaları arasındaki sıralama ise; 5<1<4<2<3 şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Aynı aylarda farklı istasyonların karşılaştırmasında; Ocak, Mart, Nisan, Mayıs, Temmuz, Ekim ve Kasım

aylarında istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

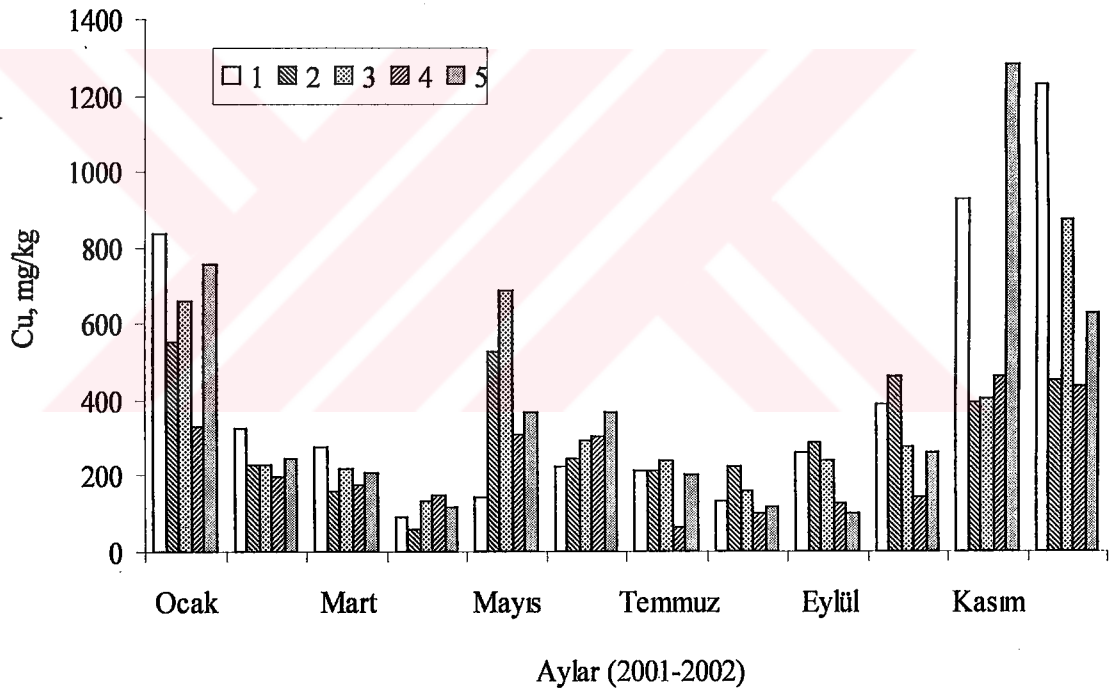
Çizelge 4.12. AKM'de seçilen istasyonlarda aylara göre ortalama demir (Fe) konsantrasyonları (mg/kg)*

Aylar	İstasyon					Ort., K ±SH N=15
	1	2	3	4	5	
Ocak	23256 ^{ab}	39125 ^b	37201 ^{ab}	21936 ^{ab}	16231 ^a	27550 ^{ab} 3479
Şubat	21262	31112	40625	23446	22264	27742 ^{ab} 3249
Mart	16512 ^a	27639 ^{ab}	45624 ^b	27845 ^{ab}	18225 ^a	27169 ^{ab} 3662
Nisan	14512 ^a	24995 ^a	50620 ^b	13694 ^a	25028 ^a	25770 ^{ab} 4426
Mayıs	15503 ^a	19652 ^{ab}	31940 ^b	20167 ^{ab}	22211 ^{ab}	21894 ^a 2317
Haziran	12552	27446	26564	26651	17593	22161 ^a 2482
Temmuz	10821 ^a	28561 ^{ab}	33267 ^b	28692 ^{ab}	21163 ^{ab}	24501 ^{ab} 3022
Ağustos	55000	57054	68716	52716	42517	55201 ^c 5216
Eylül	51576	32333	47656	31225	19896	36537 ^b 4718
Ekim	17126 ^a	21246 ^{ab}	35128 ^b	32196 ^{ab}	15125 ^a	24164 ^{ab} 2945
Kasım	19126 ^{ab}	37658 ^{bc}	48326 ^c	24125 ^{ab}	14165 ^a	28680 ^{ab} 4163
Aralık	16659	32615	39322	26425	18629	26730 ^{ab} 3691
K	22826 ^a	31620 ^b	42082 ^c	27427 ^b	21087 ^a	29008
±SH	3190	2117	2896	2194	1571	1225
N=36						N=180

*Duncan, farklı harflerle gösterilen aylar veya istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir, $p<0,05$

4.2.3. AKM'de bakır (Cu)

Aylara ve istasyonlara göre Cu konsantrasyonları ile önemlilik testi sonuçları çizelge 4.13, dağılımı ise şekil 4.13'de sunulmuştur. Aylar ve istasyonlara göre incelendiğinde, minimum 57,769 (Nisan, 2. istasyon), maksimum 1285,1 (Kasım, 5 istasyon) mg/kg olarak bulunmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece aylar bazında ise minimum 109,96 Nisan, maksimum 724,97 mg/kg ile Aralık ayında gerçekleşmiştir. Sıralama ise; Nisan<Ağustos<Temmuz<Eylül<Mart <Şubat<Haz<Ekim<May<Ocak<Kas<Aralık şeklinde gerçekleşmiş olup, aylar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).



Şekil 4.13. AKM'de aylara göre seçilen istasyonlarda Cu dağılımı

Ay farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında Cu konsantrasyonlarının 233,72 mg/kg ile 4. istasyonda minimum iken 420,23 mg/kg ile 1. istasyonda maksimum olduğu görülmektedir. İstasyon ortalamaları arasındaki sıralama ise; 4<2<3<5<1 şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Aynı aylarda farklı istasyonların karşılaştırılmasında; istasyonlar arasındaki farklılıklar sadece Mayıs ayında önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Çizelge 4.13. AKM'de seçilen istasyonlarda aylara göre ortalama bakır (Cu) konsantrasyonları (mg/kg)*

Aylar	İstasyon					Ort., K ±SH N=15
	1	2	3	4	5	
Ocak	837,13	552,50	662,12	331,26	756,12	627,83 ^a 97,23
Şubat	326,12	231,26	226,82	198,41	247,51	246,02 ^{bcd} 33,73
Mart	276,62	159,22	217,51	176,32	205,96	207,12 ^{cd} 28,45
Nisan	91,625	57,769	134,46	151,39	114,54	109,96 ^d 17,42
Mayıs	144,20 ^a	524,70 ^{ab}	689,32 ^b	308,87 ^{ab}	367,67 ^{ab}	406,95 ^b 76,03
Haziran	221,12	246,81	290,84	306,01	367,05	286,37 ^{bc} 41,81
Temmuz	210,52	212,31	240,38	62,311	200,60	185,23 ^{cdef} 29,52
Ağustos	130,48	223,11	162,35	98,607	118,53	146,61 ^{def} 21,17
Eylül	258,96	284,86	237,05	125,50	101,59	201,59 ^{cd} 33,30
Ekim	388,23	462,33	277,13	143,54	262,43	306,73 ^{bc} 49,32
Kasım	925,66	395,22	406,33	465,24	1285,1	695,51 ^a 141,5
Aralık	1232,1	452,64	874,34	437,23	628,52	724,97 ^a 120,1
K	420,23 ^a	316,89 ^{ab}	368,22 ^{ab}	233,72 ^b	387,97 ^{ab}	345,41
±SH	71,76	37,18	51,83	31,22	72,18	25,02
N=36						N=180

*Duncan, farklı harflerle gösterilen aylar veya istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir, p<0,05

4.2.4. AKM'de kurşun (Pb)

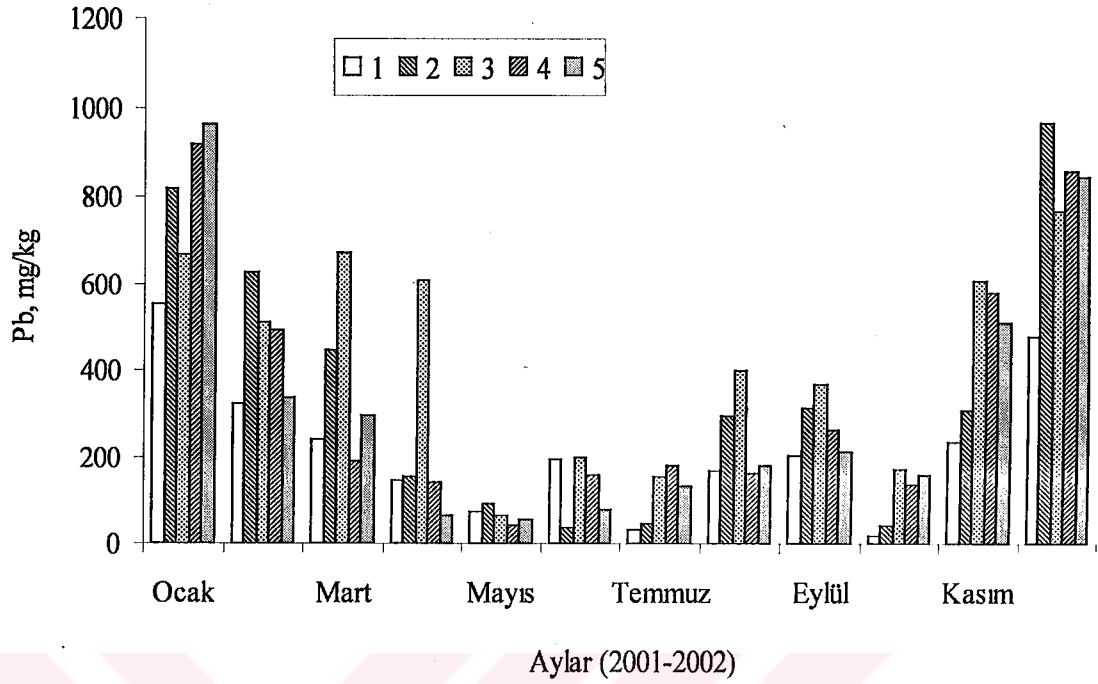
Aylara ve istasyonlara göre Pb konsantrasyonları ile önemlilik testi sonuçları çizelge 4.14, dağılımı ise şekil 4.14'de sunulmuştur. Aylar ve istasyonlara göre incelendiğinde, minimum 18,121 (Ekim, 1. istasyon), maksimum 965,11 (Aralık, 2 istasyon) mg/kg olarak bulunmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece aylar bazında ise minimum

65,029 Mayıs, maksimum 782,90 mg/kg ile Aralık ayında gerçekleşmiştir. Sıralama ise; Mayıs<Ekim<Temmuz<Haziran<Nis<Ağustos<Eylül<Mart<Kas<Şubat<Ocak<Aralık şeklinde gerçekleşmiş olup, aylar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Çizelge 4.14. AKM'de seçilen istasyonlarda aylara göre ortalama kurşun (Pb) konsantrasyonları (mg/kg)*

Aylar	İstasyon					Ort., K ±SH N=15
	1	2	3	4	5	
Ocak	551,47	815,22	666,74	919,11	961,85	782,88 ^a 108,4
Şubat	325,27	625,81	512,63	492,43	339,28	459,08 ^{ab} 66,21
Mart	242,64 ^{ab}	445,62 ^{ab}	672,19 ^b	189,55 ^a	296,35 ^{ab}	369,27 ^{bc} 69,17
Nisan	145,85 ^a	153,75 ^a	607,39 ^b	142,86 ^a	65,934 ^a	223,16 ^{de} 64,02
Mayıs	72,131	93,282	64,294	39,793	55,644	<u>65,029</u> 9,861
Haziran	194,22	37,185	201,44	160,84	77,368	134,21 ^{df} 26,02
Temmuz	32,884	45,495	155,54	180,90	130,39	109,04 ^f 22,78
Ağustos	167,83	298,70	401,60	165,83	181,82	243,16 ^{ce} 42,01
Eylül	206,79	315,68	371,63	262,74	214,79	274,33 ^{bce} 38,63
Ekim	<u>18,121^d</u>	38,896 ^{ab}	171,66 ^b	136,65 ^{ab}	158,44 ^{ab}	104,75 ^f 23,73
Kasım	235,33	309,56	606,22	581,33	510,13	448,51 ^c 73,09
Aralık	481,24	<u>965,11</u>	767,03	857,33	843,79	<u>782,90^a</u> 110,0
K	<u>222,81^d</u>	345,36 ^{ab}	<u>433,20^b</u>	344,11 ^{ab}	319,65 ^{ab}	333,03
±SH	34,84	62,80	54,83	59,93	59,42	24,96
N=36						N=180

*Duncan, farklı harflerle gösterilen aylar veya istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir, $p<0,05$



Şekil 4.14. AKM’de aylara göre seçilen istasyonlarda Pb dağılımı

Ay farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında Pb konsantrasyonlarının 222,81 mg/kg ile 1. istasyonda minimum iken 433,20 mg/kg ile 3. istasyonda maksimum olduğu görülmektedir. İstasyon ortalamaları arasındaki sıralama ise; 1<5<4<2<3 şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Aynı aylarda farklı istasyonların karşılaştırmasında; istasyonlar arasındaki farklılıklar Mart, Nisan ve Ekim aylarında önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

4.2.5. AKM’de çinko (Zn)

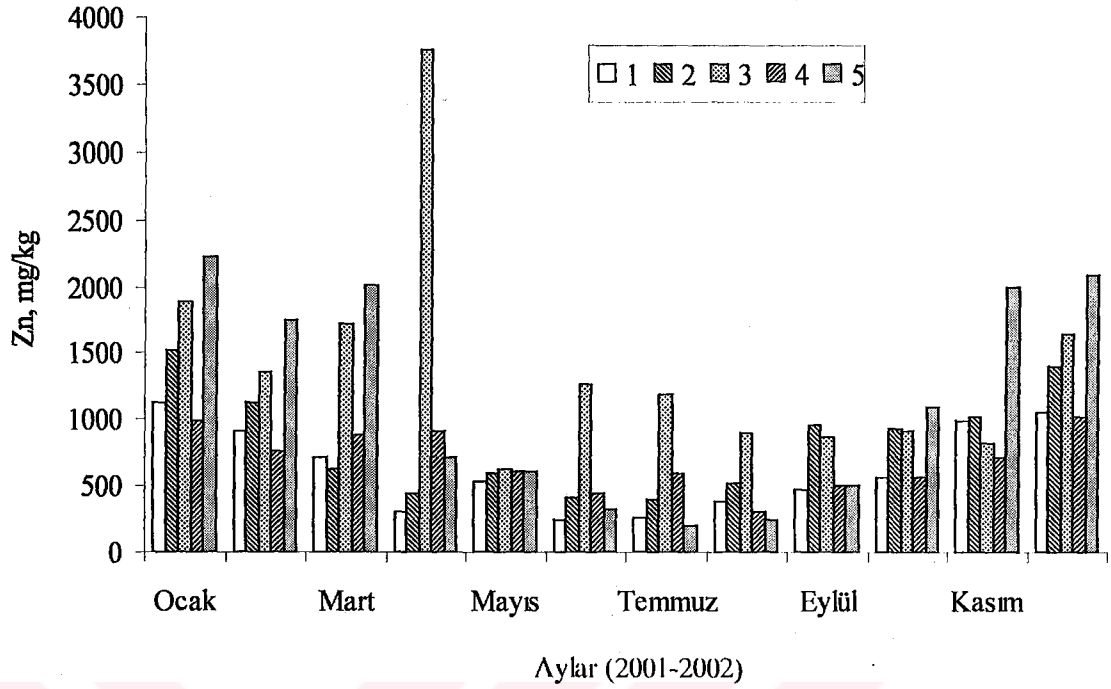
Aylara ve istasyonlara göre Zn konsantrasyonları ile önemlilik testi sonuçları çizelge 4.15, dağılımı ise şekil 4.15’de sunulmuştur. Aylar ve istasyonlara göre incelendiğinde, minimum 200,62 (Temmuz, 5. istasyon), maksimum 3758,5 (Nisan, 3 istasyon) mg/kg olarak bulunmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece aylar bazında ise minimum 465,62 Ağustos, maksimum 1546,7 mg/kg ile Ocak ayında gerçekleşmiştir. Sıralama ise; Ağustos<Temmuz<Haziran<Mayıs< Ey<Ekim<Kas<Şub<Mart<Nis<Aralık<Ocak şeklinde gerçekleşmiş olup, aylar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Çizelge 4.15. AKM'de seçilen istasyonlarda aylara göre ortalama çinko (Zn) konsantrasyonları (mg/kg)*

Aylar	İstasyon					Ort., K ±SH N=15
	1	2	3	4	5	
Ocak	1125,0	1516,5	1882,2	991,76	2218,1	1546,7 ^a 238,2
Şubat	915,25	1126,3	1348,6	756,81	1756,3	1180,6 ^{abc} 183,7
Mart	715,93	621,44	1716,8	885,61	2013,2	1190,6 ^{abc} 228,7
Nisan	297,41 ^a	444,11 ^a	3758,5 ^b	916,17 ^a	712,57 ^a	1225,8 ^{bcd} 414,4
Mayıs	529,43	592,33	629,24	602,03	613,14	593,23 ^{dc} 78,49
Haziran	241,12 ^a	408,45 ^a	1266,3 ^b	444,36 ^a	313,54 ^a	534,75 ^e 132,2
Temmuz	256,04 ^a	396,31 ^a	1184,7 ^b	591,95 ^{ab}	200,62 ^d	525,93 ^e 126,5
Ağustos	377,73 ^{ab}	512,92 ^{ab}	890,65 ^b	310,20 ^{ab}	236,58 ^a	465,62 ^e 90,15
Eylül	467,07	963,07	874,25	507,98	497,01	661,88 ^{bde} 101,2
Ekim	562,20	932,66	913,99	562,19	1098,0	813,80 ^{bcd} 118,8
Kasım	982,02	1021,1	826,22	722,33	1990,9	1108,5 ^{abcd} 196,6
Aralık	1047,1	1397,0	1643,5	1015,3	2081,2	1436,8 ^{ac} 217,3
K	626,36 ^d	827,68 ^{ab}	1411,3 ^c	692,22 ^a	1144,3 ^{bc}	940,35
±SH	75,91	96,47	191,6	66,14	171,5	61,92
N=36						N=180

*Duncan, farklı harflerle gösterilen aylar veya istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir, p<0,05

Ay farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında Zn konsantrasyonlarının 626,32 mg/kg ile 1. istasyonda minimum iken 1411,3 mg/kg ile 3. istasyonda maksimum olduğu görülmektedir. İstasyon ortalamaları arasındaki sıralama ise; 1<4<2<5<3 şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0,05). Aynı aylarda farklı istasyonların karşılaştırmasında; istasyonlar arasındaki farklılıklar Nisan, Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında önemli bulunmuştur (p<0,05).



Şekil 4.15. AKM’de aylara göre seçilen istasyonlarda Zn dağılımı

4.2.6. AKM’de kobalt (Co)

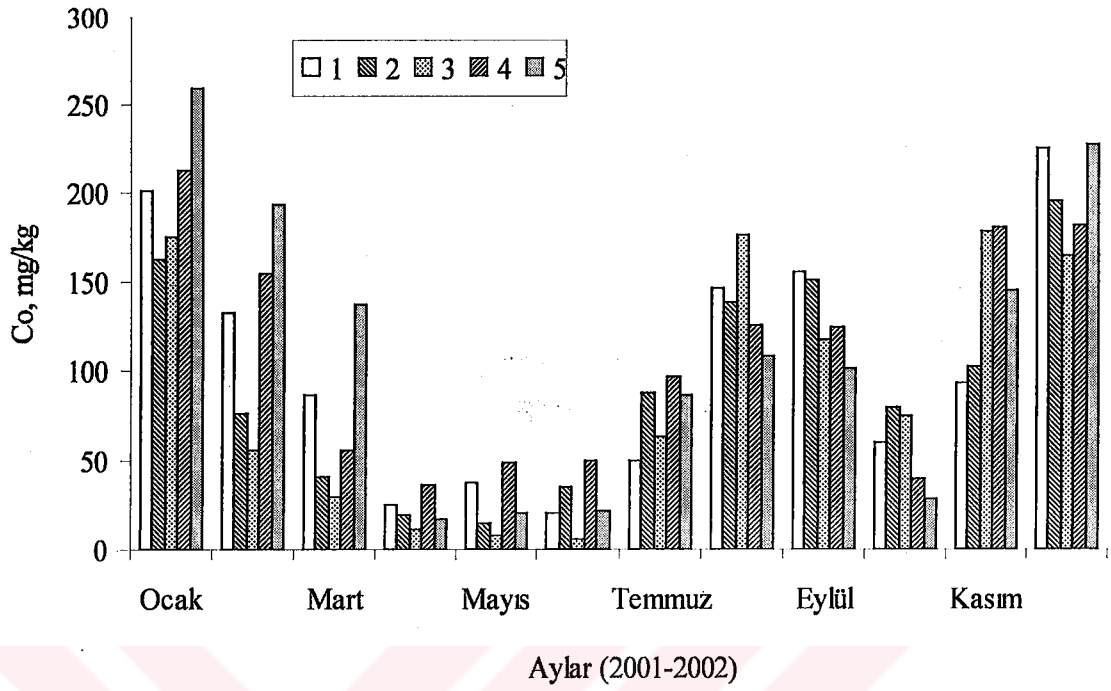
Aylara ve istasyonlara göre Co konsantrasyonları ile önemlilik testi sonuçları çizelge 4.16, dağılımı ise şekil 4.16’da sunulmuştur. Aylar ve istasyonlara göre incelendiğinde, minimum 6,212 (Haziran, 3. istasyon), maksimum 258,76 (Ocak, 5 istasyon) mg/kg olarak bulunmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece aylar bazında ise minimum 21,756 Nisan, maksimum 201,87 mg/kg ile Ocak ayında gerçekleşmiştir. Sıralama ise; Nisan<Mayıs<Haziran<Ekim<Mart<Temmuz<Şub<Ey<Ağustos<Kasım<Aralık<Ocak şeklinde gerçekleşmiş olup, aylar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Ay farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında Co konsantrasyonlarının 88,380 mg/kg ile 3. istasyonda minimum iken 112,06 mg/kg ile 5. istasyonda maksimum olduğu görülmektedir. İstasyon ortalamaları arasındaki sıralama ise; 3<2<1<4<5 şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$). Aynı aylarda farklı istasyonların karşılaştırmasında; istasyonlar arasındaki farklılıklar Mart, Mayıs ve Haziran aylarında önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Çizelge 4.16. AKM'de seçilen istasyonlarda aylara göre ortalama kobalt (Co) konsantrasyonları (mg/kg)*

Aylar	İstasyon					Ort., K ±SH N=15
	1	2	3	4	5	
Ocak	201,11	162,13	174,76	212,60	258,76	201,87 ^a 27,76
Şubat	132,64	75,915	56,212	153,50	192,54	122,16 ^{bd} 21,88
Mart	86,545 ^{ab}	41,254 ^a	29,161 ^a	55,693 ^{ab}	136,45 ^b	69,821 ^c 14,73
Nisan	24,950	18,962	10,978	36,926	16,966	21,756 ^e 3,945
Mayıs	38,110 ^{ab}	15,158 ^{ab}	8,432 ^a	49,209 ^b	20,729 ^{ab}	26,327 ^e 5,726
Haziran	20,061 ^{ab}	35,710 ^{ab}	6,212 ^a	50,52 ^b	21,38 ^{ab}	26,776 ^c 5,984
Temmuz	50,614	87,957	63,630	96,480	86,258	76,988 ^c 11,24
Ağustos	145,85	137,86	175,82	125,87	108,89	138,86 ^{ad} 19,99
Eylül	154,88	150,42	117,88	124,88	101,90	129,99 ^{abd} 19,45
Ekim	60,235	80,156	75,128	39,635	28,126	56,656 ^c 9,738
Kasım	93,141	102,22	178,03	180,52	145,34	139,85 ^{ad} 21,77
Aralık	225,21	195,42	164,33	181,22	227,31	198,70 ^a 27,46
K	102,78	91,930	88,380	108,92	112,06	100,81
±SH	15,53	13,62	14,79	14,28	17,46	6,745
N=36						N=180

*Duncan, farklı harflerle gösterilen aylar veya istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir, $p < 0,05$



Şekil 4.16. AKM’de aylara göre seçilen istasyonlarda Co dağılımı

4.2.7. AKM’de krom (Cr)

Aylara ve istasyonlara göre Cr konsantrasyonları ile önemlilik testi sonuçları çizelge 4.17, dağılımı ise şekil 4.17’de sunulmuştur. Aylar ve istasyonlara göre incelendiğinde, minimum 51,683 (Nisan, 5. istasyon), maksimum 2263,1 (Ekim, 1 istasyon) mg/kg olarak bulunmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece aylar bazında ise minimum 261,48 Nisan, maksimum 1388,2 mg/kg ile Ağustos ayında gerçekleşmiştir. Sıralama ise; Nisan<Mart<Ocak<Şubat<Mayıs<Aralık<Kasım<Haziran<Ekim<Temmuz<Eylül<Ağustos şeklinde gerçekleşmiş olup, aylar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

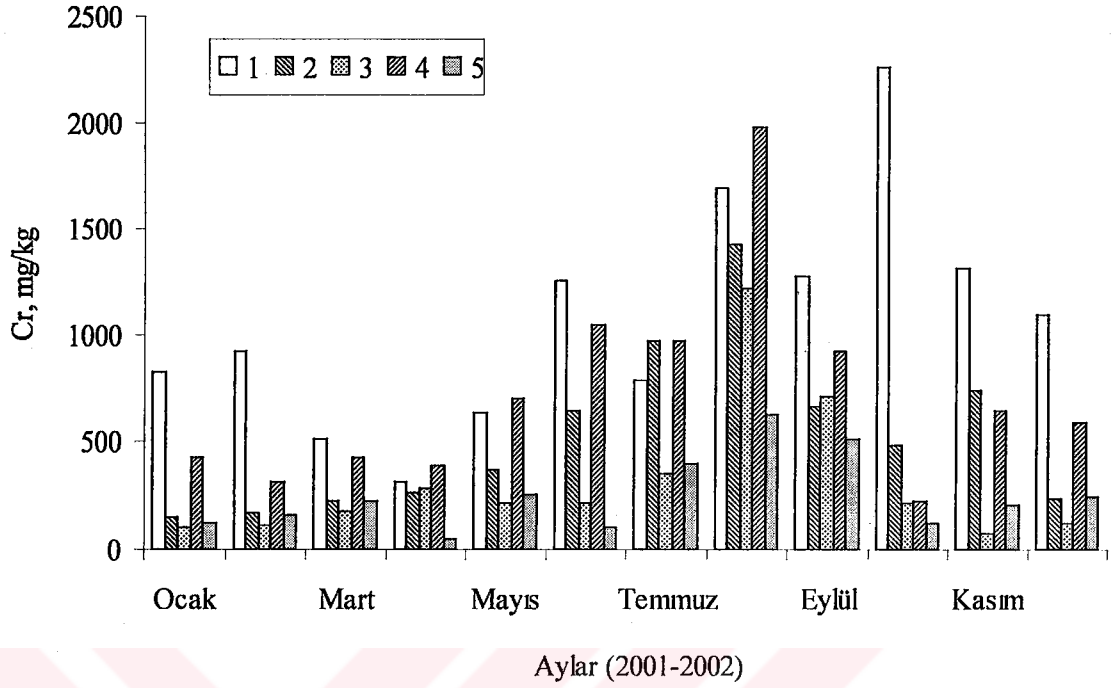
Ay farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında Cr konsantrasyonlarının 253,86 mg/kg ile 5. istasyonda minimum iken 1074,4 mg/kg ile 1. istasyonda maksimum olduğu görülmektedir. İstasyon ortalamaları arasındaki sıralama ise; 5<3<2<4<1 şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Aynı aylarda farklı

istasyonların karşılaştırmasında; istasyonlar arasındaki farklılıklar Ocak, Şubat, Nisan, Haziran, Ekim, Kasım ve Aralık aylarında önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Çizelge 4.17. AKM'de seçilen istasyonlarda aylara göre ortalama kobalt (Cr) konsantrasyonları (mg/kg)*

Aylar	İstasyon					Ort., K ±SH N=15
	1	2	3	4	5	
Ocak	825,22 ^a	156,13 ^b	104,24 ^b	429,86 ^{ab}	125,81 ^b	328,25 ^a 90,55
Şubat	925,64 ^a	175,46 ^b	116,24 ^b	315,76 ^b	164,26 ^b	339,47 ^a 97,12
Mart	516,35	231,53	181,55	426,28	224,17	315,98 ^a 55,57
Nisan	312,14 ^{ab}	263,02 ^{ab}	288,34 ^{ab}	392,21 ^b	51,683 ^a	261,48 ^a 48,00
Mayıs	635,51	369,62	218,18	702,54	253,11	435,79 ^{abc} 80,68
Haziran	1255,8 ^a	648,90 ^{abc}	216,12 ^{bc}	1043,4 ^{ab}	100,78 ^c	653,00 ^{abc} 159,1
Temmuz	792,40	969,55	347,44	973,85	402,20	697,09 ^{bc} 122,4
Ağustos	1696,2	1428,1	1215,3	1975,6	625,76	1388,2 ^a 230,0
Eylül	1269,3	665,24	712,41	926,31	516,22	817,90 ^{ce} 130,5
Ekim	2263,1 ^a	487,33 ^b	219,41 ^b	229,92 ^b	125,76 ^b	665,12 ^{abc} 254,0
Kasım	1312,2 ^a	742,83 ^{ab}	78,152 ^b	645,33 ^{ab}	208,22 ^b	597,34 ^{abc} 150,2
Aralık	1089,1 ^a	234,23 ^b	124,13 ^b	590,06 ^{ab}	248,34 ^b	457,16 ^{ab} 118,2
K	1074,4 ^a	531,00 ^{bc}	318,46 ^{bd}	720,92 ^c	253,86 ^d	579,73
±SH	129,3	81,13	64,3	106,3	38,05	45,44
N=36						N=180

*Duncan, farklı harflerle gösterilen aylar veya istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir, $p<0,05$



Şekil 4.17. AKM'de aylara göre seçilen istasyonlarda Cr dağılımı

4.2.8. AKM'de alüminyum (Al)

Aylara ve istasyonlara göre Al konsantrasyonları ile önemlilik testi sonuçları çizelge 4.18, dağılımı ise şekil 4.18'de sunulmuştur. Aylar ve istasyonlara göre incelendiğinde, minimum 8869,6 (Temmuz, 1. istasyon), maksimum 46017 (Ağustos, 5 istasyon) mg/kg olarak bulunmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece aylar bazında ise minimum 15726 Ocak, maksimum 27747 mg/kg ile Temmuz ayında gerçekleşmiştir. Sıralama ise; Nisan<Ocak<Aralık<Mart<Ekim<Kas<May<Şubat<Eylül<Haziran<Ağustos<Temmuz şeklinde gerçekleşmiş olup, aylar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

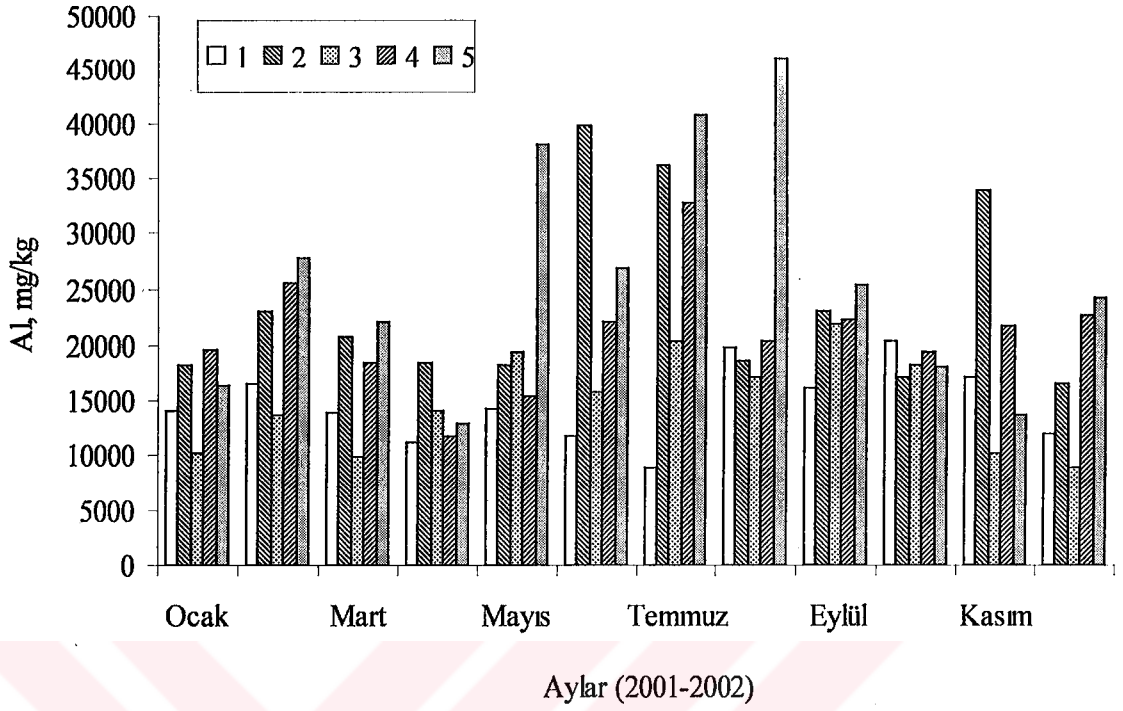
Ay farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında Al konsantrasyonlarının 14670 mg/kg ile 1. istasyonda minimum iken 25994 mg/kg ile 5. istasyonda maksimum olduğu görülmektedir. İstasyon ortalamaları arasındaki sıralama ise; 1<3<4<2<5 şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Aynı aylarda farklı istasyonların karşılaştırmasında; istasyonlar arasındaki farklılıklar Ocak, Şubat, Mart,

Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos, Kasım ve Aralık aylarında önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Çizelge 4.18. AKM’de seçilen istasyonlarda aylara göre ortalama kobalt (Al) konsantrasyonları (mg/kg)*

Aylar	İstasyon					Ort., K ±SH N=15
	1	2	3	4	5	
Ocak	14141 ^{ab}	18296 ^{ab}	10211 ^a	19561 ^b	16419 ^{ab}	15726 ^{ab} 1280
Şubat	16541 ^{ab}	22956 ^{ab}	13641 ^a	25522 ^{ab}	27845 ^b	21301 ^{bcd} 2010
Mart	13825 ^{ab}	20729 ^b	9898,8 ^a	18523 ^{ab}	22125 ^b	17020 ^{abc} 1584
Nisan	11210	18530	13980	11716	12986	13684 ^a 1086
Mayıs	14196 ^a	18284 ^a	19455 ^a	15442 ^a	37961 ^b	21068 ^{bcd} 2888
Haziran	11816 ^a	39724 ^c	15867 ^{ab}	22061 ^{ab}	26755 ^b	23244 ^{bcd} 2935
Temmuz	8869,6 ^a	36173 ^{bc}	20298 ^{ab}	32714 ^{bc}	40680 ^c	27747 ^d 3651
Ağustos	19842 ^a	18627 ^a	17152 ^a	20296 ^a	46017 ^b	24387 ^{cd} 3537
Eylül	16154	23002	21793	22301	25314	21713 ^{bcd} 1523
Ekim	20299	17192	18225	19481	18133	18666 ^{abcd} 1168
Kasım	17125 ^a	33920 ^b	10292 ^a	21734 ^a	13604 ^a	19335 ^{abcd} 2611
Aralık	12020 ^a	16492 ^{ab}	8950,3 ^b	22592 ^b	24102 ^b	16831 ^{ab} 1866
K	14670 ^a	23660 ^{bc}	14980 ^a	20995 ^b	25994 ^c	20060
±SH	749,6	1624	905,8	1088	2221	715,9
N=28						N=180

*Duncan, farklı harflerle gösterilen aylar veya istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir, $p<0,05$



Şekil 4.18. AKM’de aylara göre seçilen istasyonlarda Al dağılımı

4.2.9. AKM’de mangan (Mn)

Aylara ve istasyonlara göre Mn konsantrasyonları ile önemlilik testi sonuçları çizelge 4.19, dağılımı ise şekil 4.19’da sunulmuştur. Aylar ve istasyonlara göre incelendiğinde, minimum 130,22 (Mayıs, 1. istasyon), maksimum 2449,1 (Ekim, 3 istasyon) mg/kg olarak bulunmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece aylar bazında ise minimum 586,93 Kasım, maksimum 1193,8 mg/kg ile Ağustos ayında gerçekleşmiştir. Sıralama ise; Kasım<Ocak<Nisan<Aralık<Şubat<Haziran<May<Mart<Ekim<Temmuz<Eylül<Ağustos şeklinde gerçekleşmiş olup, aylar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

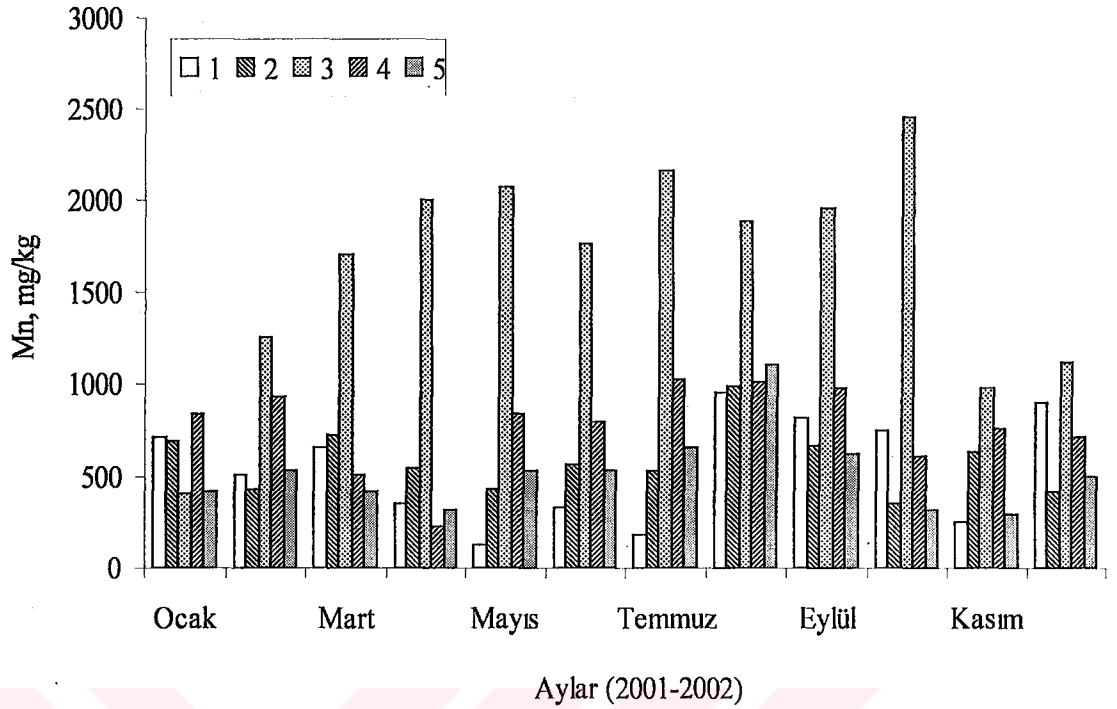
Ay farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında Mn konsantrasyonlarının 523,38 mg/kg ile 5. istasyonda minimum iken 1643,1 mg/kg ile 3. istasyonda maksimum olduğu görülmektedir. İstasyon ortalamaları arasındaki sıralama ise; 5<1<2<4<3 şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Aynı aylarda farklı

istasyonların karşılaştırmasında; istasyonlar arasındaki farklılıklar bütün aylarda önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Çizelge 4.19. AKM'de seçilen istasyonlarda aylara göre ortalama mangan (Mn) konsantrasyonları (mg/kg)*

Aylar	İstasyon					Ort., K ±SH N=15
	1	2	3	4	5	
Ocak	721,15 ^{ab}	698,36 ^{ab}	411,22 ^a	842,33 ^b	426,29 ^a	619,87 ^{ab} 57,98
Şubat	512,65 ^a	429,76 ^a	1254,2 ^b	935,64 ^c	532,15 ^a	732,88 ^{abc} 92,18
Mart	656,36 ^{ab}	725,13 ^b	1696,2 ^c	515,16 ^{ab}	424,59 ^a	803,49 ^{abc} 126,7
Nisan	356,13 ^{ab}	542,31 ^b	2001,1 ^c	230,92 ^a	320,76 ^a	690,25 ^a 178,9
Mayıs	130,22 ^a	433,11 ^b	2060,2 ^d	841,42 ^c	532,34 ^b	799,46 ^{ab} 181,5
Haziran	335,24 ^a	566,12 ^{ab}	1758,3 ^c	798,16 ^b	532,21 ^{ab}	798,01 ^{abc} 138,2
Temmuz	185,12 ^a	534,22 ^b	2152,1 ^c	1023,1 ^d	660,15 ^b	910,94 ^{abc} 184,0
Ağustos	961,04 ^a	997,00 ^a	1884,1 ^b	1016,0 ^a	1110,9 ^a	1193,8 ^{abc} 119,3
Eylül	818,18 ^a	668,33 ^a	1950,0 ^b	985,01 ^a	624,38 ^a	1009,2 ^{bc} 145,3
Ekim	755,21 ^a	353,76 ^a	2449,1 ^b	611,23 ^a	323,41 ^a	898,55 ^{ab} 220,1
Kasım	253,40 ^a	637,13 ^b	986,19 ^c	761,52 ^{bc}	296,42 ^a	586,93 ^a 81,74
Aralık	898,43 ^{ab}	425,21 ^c	1114,3 ^a	722,14 ^{bc}	497,02 ^c	731,42 ^{abc} 76,81
K	548,59 ^a	584,20 ^a	1643,1 ^c	773,55 ^b	523,38 ^a	814,56
±SH	55,49	32,91	103,1	46,34	39,70	41,55
N=36						N=180

*Duncan, farklı harflerle gösterilen aylar veya istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir, $p<0,05$



Şekil 4.19. AKM’de aylara göre seçilen istasyonlarda Mn dağılımı

4.2.10. AKM’de nikel (Ni)

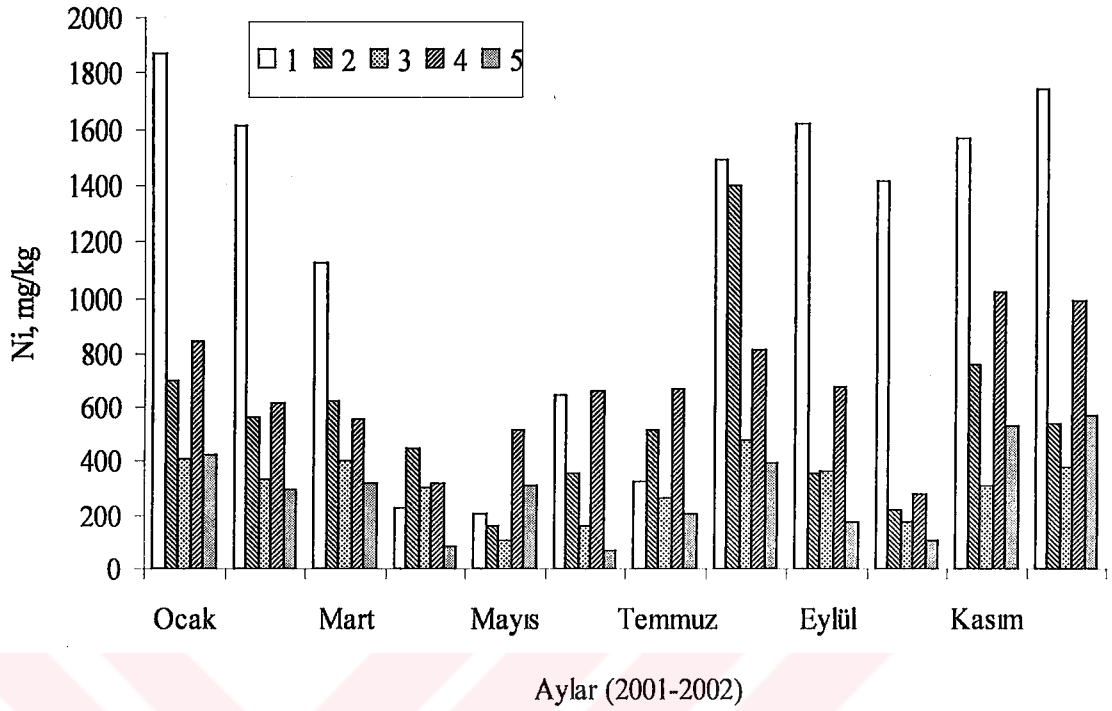
Aylara ve istasyonlara göre Ni konsantrasyonları ile önemlilik testi sonuçları çizelge 4.20, dağılımı ise şekil 4.20’de sunulmuştur. Aylar ve istasyonlara göre incelendiğinde, minimum 67,427 (Haziran, 5. istasyon), maksimum 1871,2 (Ocak, 1 istasyon) mg/kg olarak bulunmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece aylar bazında ise minimum 261,32 Mayıs, maksimum 915,43 mg/kg ile Ağustos ayında gerçekleşmiştir. Sıralama ise; Mayıs<Nisan<Haziran<Temmuz<Ekim<Mart<Eylül<Şubat<Kasım<Aralık<Ocak <Ağustos şeklinde gerçekleşmiş olup, aylar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Ay farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında Ni konsantrasyonlarının 291,14 mg/kg ile 5. istasyonda minimum iken 1153,3 mg/kg ile 1. istasyonda maksimum olduğu görülmektedir. İstasyon ortalamaları arasındaki sıralama ise; 5<3<2<4<1 şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Aynı aylarda farklı istasyonların karşılaştırmasında; istasyonlar arasındaki farklılıklar bütün aylarda önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Çizelge 4.20. AKM'de seçilen istasyonlarda aylara göre ortalama nikel (Ni) konsantrasyonları (mg/kg)*

Aylar	İstasyon					Ort., K ±SH N=15
	1	2	3	4	5	
Ocak	1871,2 ^a	698,36 ^b	411,22 ^b	841,33 ^b	426,29 ^b	849,69 ^a 156,5
Şubat	1615,2 ^a	564,94 ^{bc}	332,59 ^{cd}	612,85 ^b	296,74 ^d	684,46 ^{ab} 132,3
Mart	1125,6 ^a	626,82 ^b	403,59 ^b	556,91 ^b	316,41 ^b	605,87 ^{ab} 85,35
Nisan	225,12 ^{ab}	451,02 ^b	303,46 ^{ab}	320,22 ^b	86,113 ^a	277,19 ^c 41,31
Mayıs	204,12 ^a	158,22 ^a	109,92 ^a	519,73 ^b	314,61 ^{ab}	261,32 ^c 48,25
Haziran	642,81 ^a	354,13 ^b	160,33 ^{bc}	664,21 ^a	67,427 ^c	377,78 ^{cd} 71,83
Temmuz	324,13 ^{ab}	520,42 ^{bc}	268,22 ^{ab}	672,34 ^c	207,29 ^a	398,48 ^{bcd} 55,69
Ağustos	1487,1 ^a	1396,1 ^a	481,96 ^b	812,82 ^b	399,12 ^b	915,43 ^c 131,4
Eylül	1616,6 ^a	359,62 ^{bc}	368,35 ^{bc}	676,68 ^b	171,77 ^c	638,61 ^{bdc} 146,5
Ekim	1417,1 ^a	223,76 ^b	176,42 ^b	279,05 ^b	104,78 ^b	440,23 ^{cd} 137,3
Kasım	1568,6 ^a	757,67 ^{bc}	311,02 ^b	1017,1 ^c	531,30 ^{bc}	837,14 ^c 129,7
Aralık	1742,4 ^a	540,72 ^{bc}	376,44 ^b	986,76 ^c	571,86 ^{bc}	843,63 ^c 145,7
K	1153,3 ^a	554,32 ^b	308,63 ^c	663,34 ^b	291,14 ^c	594,15
±SH	111,2	56,21	25,56	47,01	33,54	36,24
N=28						N=180

*Duncan, farklı harflerle gösterilen aylar veya istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir, p<0,05



Şekil 4.20. AKM’de aylara göre seçilen istasyonlarda Ni dağılımı

4.3. Sedimentte Ağır Metal Konsantrasyonları

Ay ve istasyon farkı gözlemlenmeden sedimentte ortalama ağır metal konsantrasyonları; Cd: 4,4725, Fe: 49921, Cu: 37,053, Pb: 141,63, Zn: 232,87, Co: 79,040, Cr: 1419,8, Al: 25574, Mn: 1304,5 ve Ni: 795,81 mg/kg kuru ağırlık olarak bulunmuştur. Çizelgelerde her bir istasyondaki değer, analiz edilen beş ayrı örneğin (5 tekrerrür) ortalamasıdır (ayrıca her bir örnek üç paralelli analiz edilmiştir). Ay ve istasyonlar dikkate alınmadan yapılan korelasyon analizinde sedimentteki ağır metal konsantrasyonları arasında pozitif ve negatif yönde önemli korelasyonlar bulunmuş olup, önemlilik düzeylerine göre aşağıda verilmiştir. Cd ile Fe ($r= 0,205$, $p=0,041$), Pb ($r= 0,475$, $p=0,000$, Zn ($r= 0,241$, $p=0,016$), Co ($r= 0,237$, $p=0,018$) ve Al ($r=0,308$, $p=0,002$), Fe ile Cu ($r=0,273$, $p=0,006$), Pb ($r= 0,365$, $p=0,000$), Zn ($r=0,327$, $p=0,001$) ve Mn ($r= 0,272$, $p=0,006$), Cu ile Pb ($r= 0,503$, $p=0,000$), Zn ($r= 0,595$, $p=0,000$), Al ($r= 0,268$, $p=0,007$), Mn ($r=0,406$, $p=0,000$) ve Ni ($r= -0,197$, $p=0,049$), Pb ile Zn ($r= 0,501$, $p=0,000$), Co ($r= 0,328$, $p=0,001$), Cr ($r=-0,199$, $p=0,048$), Al ($r=0,328$, $p=0,001$) ve Mn ($r=0,501$, $p=0,000$), Zn ile Cr ($r= -0,206$, $p=0,040$), Mn ($r=0,596$, $p=0,000$) ve Ni ($r= -0,284$, $p=0,004$), Co ile Cr ($r=0,403$, $p=0,000$) ve Ni ($r= 0,353$, $p=0,000$), Cr ile Ni ($r=0,591$,

$p=0,000$), Al ile Ni ($r= -0,215$, $p=0,032$), Mn ile Ni ($r= -0,208$, $p=0,038$).

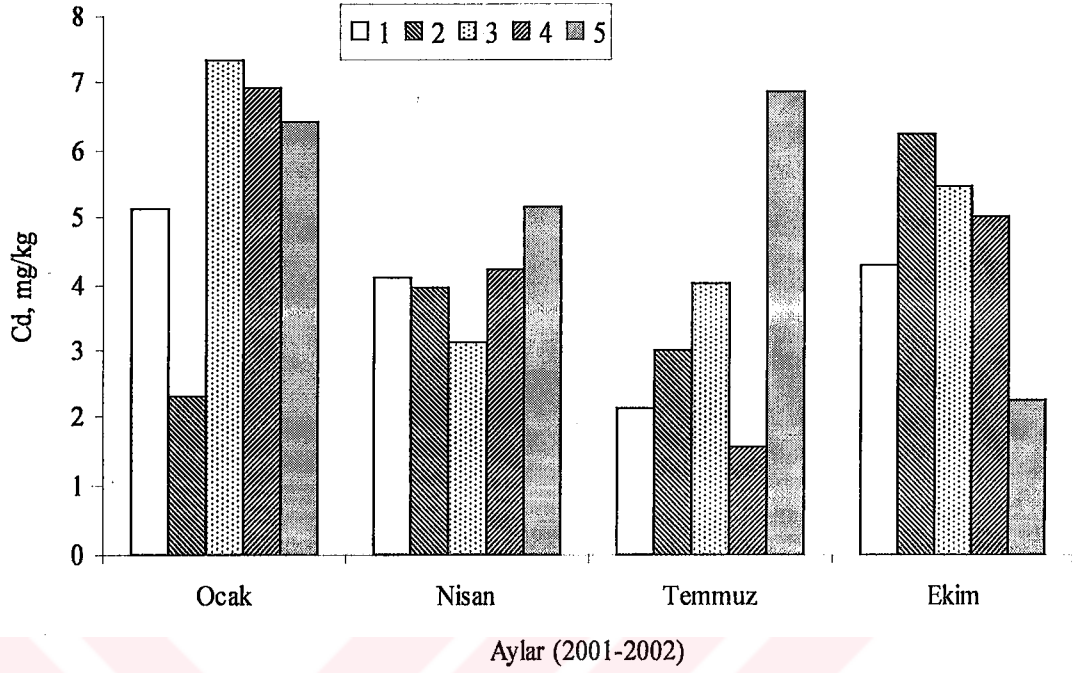
4.3.1. Sedimentte kadmiyum (Cd)

Aylara ve istasyonlara göre Cd konsantrasyonları ile önemlilik testi sonuçları çizelge 4.21, dağılımı ise şekil 4.21'de sunulmuştur. Aylar ve istasyonlara göre incelendiğinde, minimum 1,5614 (Temmuz, 4. istasyon), maksimum 7,3360 (Ocak, 3 istasyon) mg/kg olarak bulunmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece aylar bazında ise minimum 3,5083 Temmuz, maksimum 5,6237 mg/kg ile Ocak ayında gerçekleşmiştir. Sıralama ise; Temmuz<Nisan<Ekim<Ocak şeklinde gerçekleşmiş olup, aylar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$).

Çizelge 4.21. Sedimette seçilen istasyonlarda aylara göre ortalama kadmiyum (Cd) konsantrasyonları (mg/kg)*

Aylar	İstasyon					Ort., K ±SH N=25
	1	2	3	4	5	
Ocak	5,1280	2,3154	7,3360	6,9258	6,4132	5,6237 1,011
Nisan	4,1130	3,9556	3,1260	4,2246	5,1608	4,1160 0,676
Temmuz	2,1258 ^a	2,9864 ^{ab}	4,0116 ^b	1,5614 ^a	6,8564 ^b	3,5083 0,704
Ekim	4,2856	6,2310	5,4654	4,9922	2,2356	4,6420 0,855
K	3,9131	3,8721	4,9848	4,4260	5,1665	4,4725
±SH	0,893	0,823	0,958	0,939	1,039	0,412
N=28						N=100

*Duncan, farklı harflerle gösterilen aylar veya istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir, $p<0,05$



Şekil 4.21. Sedimentte aylara göre seçilen istasyonlarda Cd dağılımı

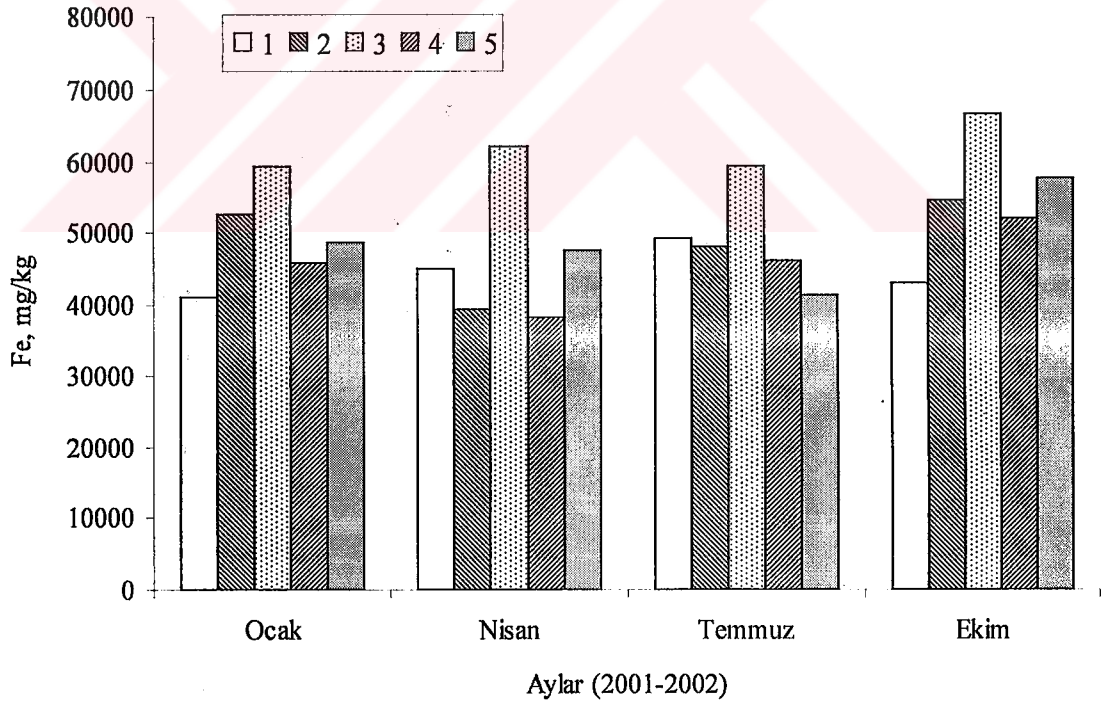
Ay farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında Cd konsantrasyonlarının 3,87210 mg/kg ile 2. istasyonda minimum iken 5,1665 mg/kg ile 5. istasyonda maksimum olduğu görülmektedir. İstasyon ortalamaları arasındaki sıralama ise; 2<1<4<3<5 şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$). Aynı aylarda farklı istasyonların karşılaştırmasında; sadece Temmuz ayında istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

4.3.2. Sedimentte demir (Fe)

Aylara ve istasyonlara göre Fe konsantrasyonları ile önemlilik testi sonuçları çizelge 4.22, dağılımı ise şekil 4.22'de sunulmuştur. Aylar ve istasyonlara göre incelendiğinde, minimum 38225 (Nisan, 4. istasyon), maksimum 66712 (Ekim, 3 istasyon) mg/kg olarak bulunmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece aylar bazında ise minimum 46512 Nisan, maksimum 54812 mg/kg ile Ekim ayında gerçekleşmiştir. Sıralama ise; Nisan<Temmuz<Ocak<Ekim şeklinde gerçekleşmiş olup, aylar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$).

Çizelge 4.22. Sedimette seçilen istasyonlarda aylara göre ortalama demir (Fe) konsantrasyonları (mg/kg)

Aylar	İstasyon					Ort., K ±SH N=25
	1	2	3	4	5	
Ocak	41126	52659	59165	45921	48758	49526 5817
Nisan	45156	39425	62126	38225	47625	46512 5509
Temmuz	49126	48105	59411	46111	41422	48835 5561
Ekim	43123	54652	66712	51956	57616	54812 5657
K	44633	48710	61854	45553	48855	49921
±SH	6604	5919	7197	5705	5480	2792
N=28						N=100



Şekil 4.22. Sedimette aylara göre seçilen istasyonlarda Fe dağılımı

Ay farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında Fe konsantrasyonlarının 44633 mg/kg ile 1. istasyonda minimum iken 61854 mg/kg ile 3. istasyonda maksimum olduğu görülmektedir. İstasyon ortalamaları arasındaki sıralama ise; 1<4<2<5<3 şeklinde olup,

farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$). Aynı aylarda farklı istasyonların karşılaştırmasında da istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$).

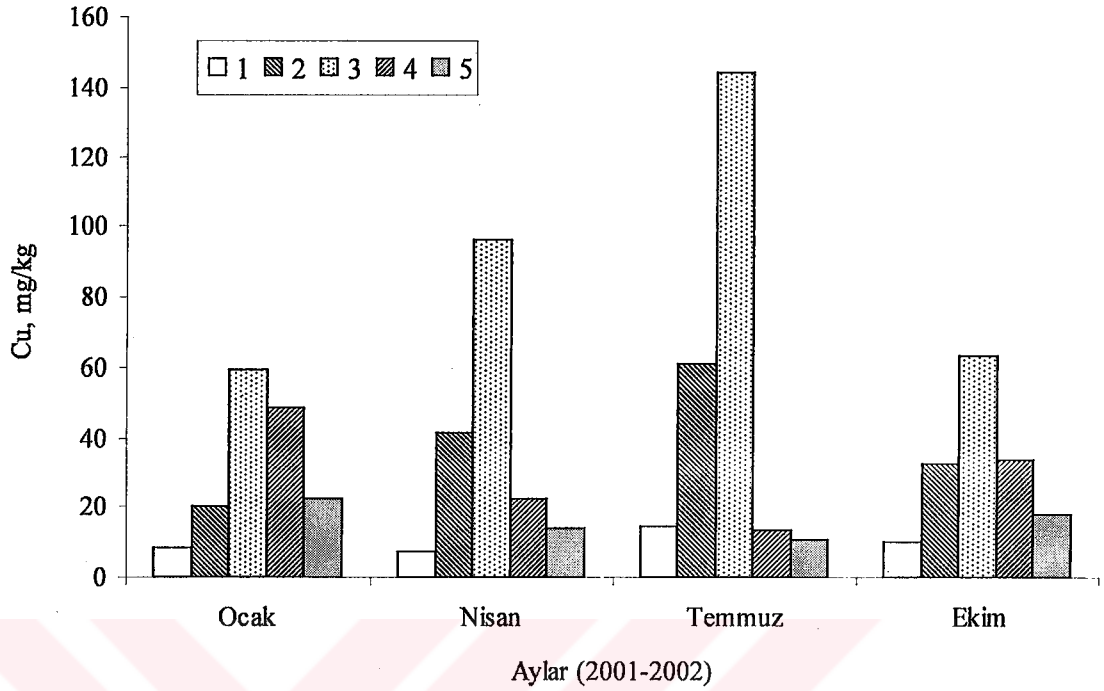
4.3.3. Sedimentte bakır (Cu)

Aylara ve istasyonlara göre Cu konsantrasyonları ile önemlilik testi sonuçları çizelge 4.23, dağılımı ise şekil 4.23'de sunulmuştur. Aylar ve istasyonlara göre incelendiğinde, minimum 7,1606 (Nisan, 1. istasyon), maksimum 144,61 (Temmuz, 3 istasyon) mg/kg olarak bulunmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece aylar bazında ise minimum 31,527 Ekim, maksimum 48,818 mg/kg ile Temmuz ayında gerçekleşmiştir. Sıralama ise; Ekim<Ocak<Nisan<Temmuz şeklinde gerçekleşmiş olup, aylar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$).

Çizelge 4.23. Sedimette seçilen istasyonlarda aylara göre ortalama bakır (Cu) konsantrasyonları (mg/kg)*

Aylar	İstasyon					Ort., K ±SH N=25
	1	2	3	4	5	
Ocak	8,1260 ^a	20,105 ^{ab}	59,416 ^b	48,422 ^{ab}	22,172 ^{ab}	31,648 6,667
Nisan	<u>7,1606^a</u>	41,315 ^a	96,231 ^b	22,156 ^a	14,226 ^a	36,218 9,528
Temmuz	14,515 ^a	61,146 ^a	<u>144,61^b</u>	13,321 ^a	10,496 ^a	<u>48,818</u> 13,14
Ekim	10,235 ^a	32,425 ^{ab}	63,226 ^b	33,625 ^{ab}	18,124 ^a	<u>31,527</u> 6,241
K	<u>10,009^a</u>	38,748 ^b	<u>90,871^c</u>	29,381 ^{ab}	16,254 ^{ab}	37,053
±SH	1,563	7,085	15,69	5,844	3,272	4,639
N=28						N=100

*Duncan, farklı harflerle gösterilen aylar veya istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir, $p<0,05$



Şekil 4.23. Sedimentte aylara göre seçilen istasyonlarda Cu dağılımı

Ay farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında Cu konsantrasyonlarının 10,009 mg/kg ile 1. istasyonda minimum iken 90,871 mg/kg ile 3. istasyonda maksimum olduğu görülmektedir. İstasyon ortalamaları arasındaki sıralama ise; $1 < 5 < 4 < 2 < 3$ şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,05$). Aynı aylarda farklı istasyonların karşılaştırmasında; tüm aylarda istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,05$).

4.3.4. Sedimentte kurşun (Pb)

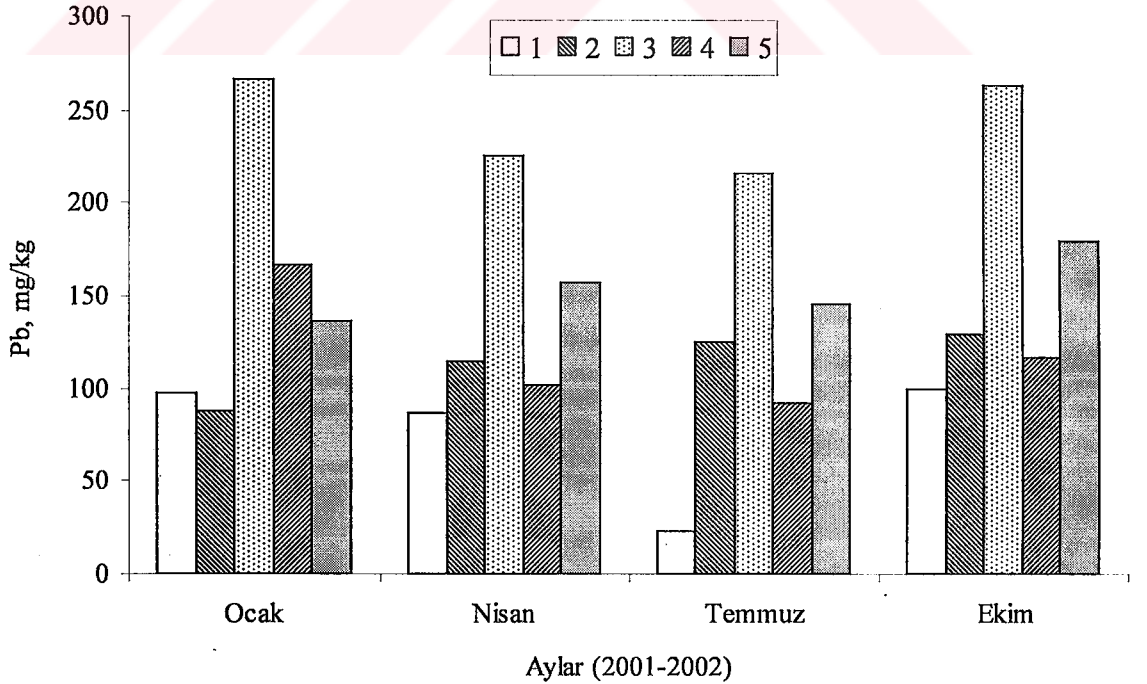
Aylara ve istasyonlara göre Pb konsantrasyonları ile önemlilik testi sonuçları çizelge 4.24, dağılımı ise şekil 4.24'de sunulmuştur. Aylar ve istasyonlara göre incelendiğinde, minimum 22,626 (Temmuz, 1. istasyon), maksimum 266,64 (Ocak, 3 istasyon) mg/kg olarak bulunmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece aylar bazında ise minimum 120,46 Temmuz, maksimum 157,69 mg/kg ile Ekim ayında gerçekleşmiştir. Sıralama

ise; Temmuz<Nisan<Ocak<Ekim şeklinde gerçekleşmiş olup, aylar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$).

Çizelge 4.24. Sedimette seçilen istasyonlarda aylara göre ortalama kurşun (Pb) konsantrasyonları (mg/kg)*

Aylar	İstasyon					Ort., K ±SH N=25
	1	2	3	4	5	
Ocak	97,656 ^a	88,265 ^a	266,64 ^b	166,51 ^{ab}	136,18 ^{ab}	151,05 23,22
Nisan	87,216	114,73	225,29	102,22	157,23	137,34 20,61
Temmuz	22,626 ^a	125,26 ^{abc}	216,27 ^c	92,512 ^{ab}	145,62 ^{bc}	120,46 20,37
Ekim	99,742 ^a	129,40 ^{ab}	263,03 ^b	116,53 ^{ab}	179,74 ^{ab}	157,69 23,30
K	76,810 ^a	114,41 ^{ab}	242,81 ^c	119,44 ^{ab}	154,69 ^b	141,63
±SH	14,70	17,55	25,46	21,36	25,01	10,89
N=28						N=100

*Duncan, farklı harflerle gösterilen aylar veya istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir, $p<0,05$



Şekil 4.24. Sedimette aylara göre seçilen istasyonlarda Pb dağılımı

Ay farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında Pb konsantrasyonlarının 76,810 mg/kg ile 1. istasyonda minimum iken 242,81 mg/kg ile 3. istasyonda maksimum olduğu görülmektedir. İstasyon ortalamaları arasındaki sıralama ise; 1<2<4<5<3 şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Aynı aylarda farklı istasyonların karşılaştırmasında; Nisan ayı hariç istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

4.3.5. Sedimentte çinko (Zn)

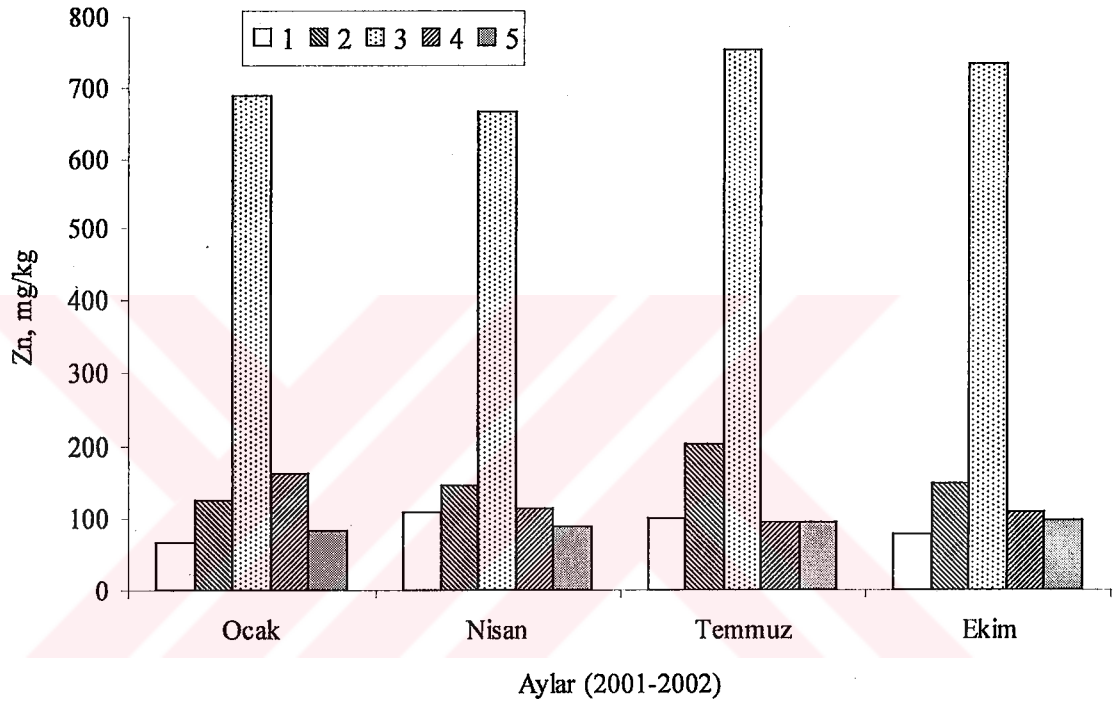
Aylara ve istasyonlara göre Zn konsantrasyonları ile önemlilik testi sonuçları çizelge 4.25, dağılımı ise şekil 4.25'de sunulmuştur. Aylar ve istasyonlara göre incelendiğinde, minimum 67,156 (Ocak, 1. istasyon), maksimum 752,81 (Temmuz, 3 istasyon) mg/kg olarak bulunmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece aylar bazında ise minimum 224,41 mg/kg ile Nisan, maksimum 248,42 mg/kg ile Temmuz ayında gerçekleşmiştir. Sıralama ise; Nisan<Ocak<Ekim< Temmuz şeklinde gerçekleşmiş olup, aylar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$).

Çizelge 4.25. Sedimette seçilen istasyonlarda aylara göre ortalama çinko (Zn) konsantrasyonları (mg/kg)*

Aylar	İstasyon					Ort., K ±SH N=25
	1	2	3	4	5	
Ocak	67,156 ^a	126,23 ^a	689,47 ^b	161,24 ^a	84,286 ^a	225,68 62,23
Nisan	108,22 ^a	144,24 ^a	665,15 ^b	115,68 ^a	88,752 ^a	224,41 58,09
Temmuz	99,781 ^a	201,85 ^a	752,81 ^b	93,941 ^a	93,712 ^a	248,42 67,89
Ekim	78,161 ^a	147,13 ^a	733,11 ^b	107,77 ^a	98,643 ^a	232,96 63,87
Ort, K ±SH N=20	88,328 ^a 16,23	154,86 ^a 21,50	710,13 ^b 92,94	119,66 ^a 22,53	91,348 ^a 13,32	232,87 31,09 N=100

*Duncan, farklı harflerle gösterilen aylar veya istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir, $p<0,05$

Ay farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında Zn konsantrasyonlarının 88,328 mg/kg ile 1. istasyonda minimum iken 710,13 mg/kg ile 3. istasyonda maksimum olduğu görülmektedir. İstasyon ortalamaları arasındaki sıralama ise; 1<5<4<2<3 şeklinde olup, 3. istasyon ile diğerleri arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Aynı şekilde bütün aylarda 3. istasyon ile diğerleri arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).



Şekil 4.25. Sedimentte aylara göre seçilen istasyonlarda Zn dağılımı

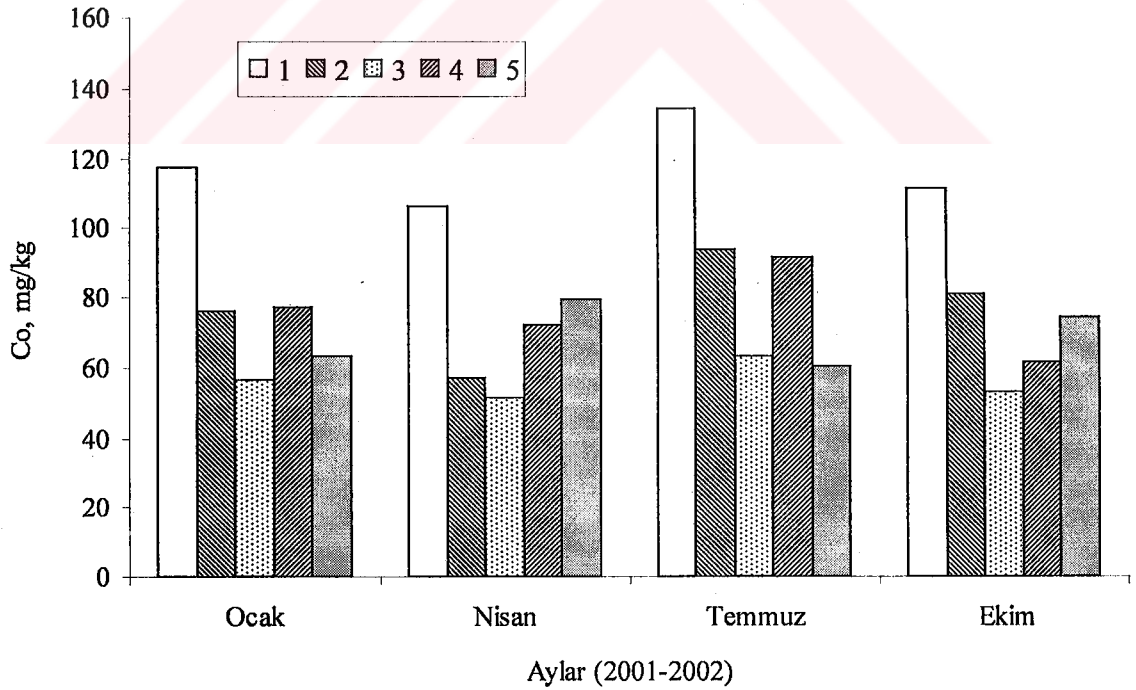
4.3.6. Sedimentte kobalt (Co)

Aylara ve istasyonlara göre Co konsantrasyonları ile önemlilik testi sonuçları çizelge 4.26, dağılımı ise şekil 4.26'da sunulmuştur. Aylar ve istasyonlara göre incelendiğinde, minimum 51,216 (Nisan, 3. istasyon), maksimum 134,02 (Temmuz, 1 istasyon) mg/kg olarak bulunmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece aylar bazında ise minimum 73,200 mg/kg ile Nisan, maksimum 88,621 mg/kg ile Temmuz ayında gerçekleşmiştir. Sıralama ise; Nisan<Ekim<Ocak< Temmuz şeklinde gerçekleşmiş olup, aylar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$).

Çizelge 4.26. Sedimette seçilen istasyonlarda aylara göre ortalama kobalt (Co) konsantrasyonları (mg/kg)*

Aylar	İstasyon					Ort., K ±SH N=25
	1	2	3	4	5	
Ocak	117,21	76,186	56,226	77,319	63,216	78,032 11,59
Nisan	106,21	56,815	51,216	72,321	79,436	73,200 12,14
Temmuz	134,02	94,021	63,212	91,565	60,291	88,621 14,73
Ekim	111,24	81,186	53,211	61,332	74,567	76,307 12,54
K	117,16 ^a	77,052 ^b	55,966 ^b	75,634 ^b	69,377 ^b	79,040
±SH	16,25	13,89	10,40	13,92	13,23	6,331
N=28						N=100

*Duncan, farklı harflerle gösterilen aylar veya istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir, $p < 0,05$



Şekil 4.26. Sedimentte aylara göre seçilen istasyonlarda Co dağılımı

Ay farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında Co konsantrasyonlarının 55,966 mg/kg ile 3. istasyonda minimum iken 117,16 mg/kg ile 1. istasyonda maksimum olduğu görülmektedir. İstasyon ortalamaları arasındaki sıralama ise; 3<5<4<2<1 şeklinde olup, 1. istasyon ile diğerleri arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Aynı aylarda farklı istasyonların karşılaştırmasında da istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$).

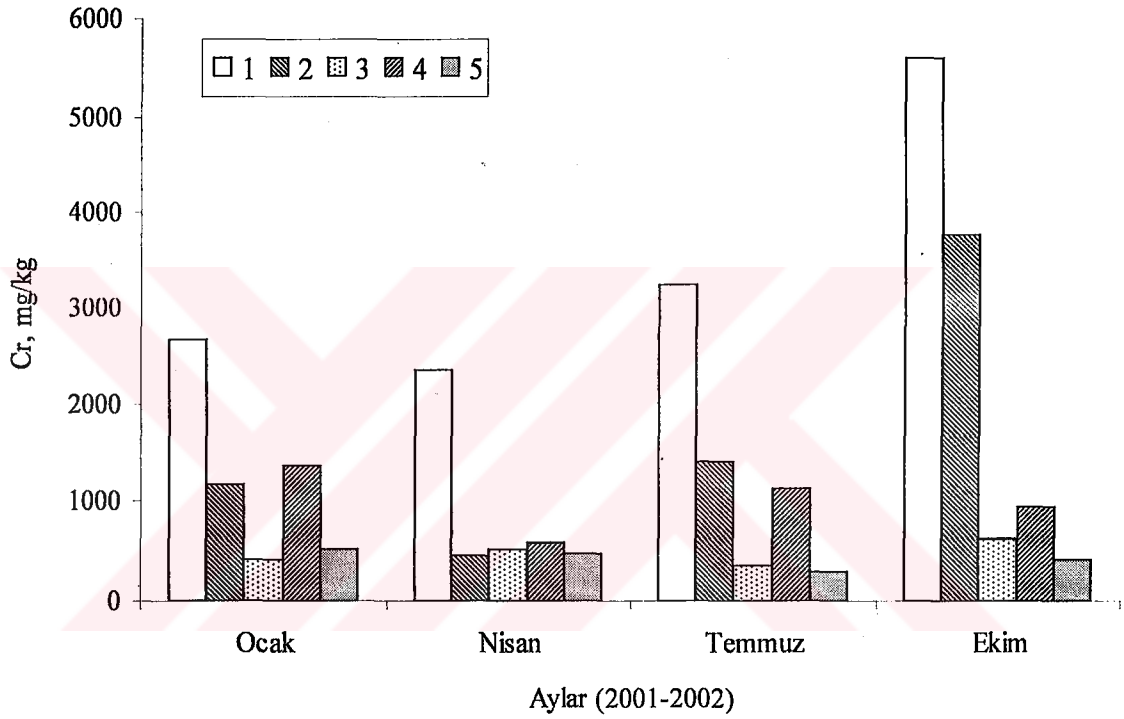
4.3.7. Sedimentte krom (Cr)

Aylara ve istasyonlara göre Cr konsantrasyonları ile önemlilik testi sonuçları çizelge 4.27, dağılımı ise şekil 4.27'de sunulmuştur. Aylar ve istasyonlara göre incelendiğinde, minimum 303,68 (Temmuz, 5. istasyon), maksimum 5597,6 (Ekim, 1 istasyon) mg/kg olarak bulunmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece aylar bazında ise minimum 882,07 mg/kg ile Nisan, maksimum 2273,9 mg/kg ile Ekim ayında gerçekleşmiştir. Sıralama ise; Nisan<Ocak<Temmuz< Ekim şeklinde gerçekleşmiş olup, aylar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$).

Çizelge 4.27. Sedimette seçilen istasyonlarda aylara göre ortalama krom (Cr) konsantrasyonları (mg/kg)*

Aylar	İstasyon					Ort., K ±SH N=25
	1	2	3	4	5	
Ocak	2670,1 ^a	1182,9 ^b	426,58 ^b	1369,1 ^{ab}	523,31 ^b	1234,4 248,2
Nisan	2350,3 ^a	470,16 ^b	523,41 ^b	580,35 ^b	486,13 ^b	882,07 204,3
Temmuz	3249,7 ^a	1412,1 ^b	352,29 ^b	1125,2 ^b	303,68 ^a	1288,6 281,4
Ekim	5597,6 ^a	3772,2 ^a	619,38 ^b	952,21 ^b	428,37 ^b	2273,9 495,2
K	3466,9 ^a	1709,3 ^b	480,41 ^c	1006,7 ^{bc}	435,37 ^a	1419,8
±SH	493,3	372,2	62,86	158,8	58,13	169,2
N=28						N=100

Ay farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında Cr konsantrasyonlarının 435,37 mg/kg ile 5. istasyonda minimum iken 3466,9 mg/kg ile 1. istasyonda maksimum olduğu görülmektedir. İstasyon ortalamaları arasındaki sıralama ise; 5<3<4<2<1 şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Aynı aylarda farklı istasyonların karşılaştırmasında da istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).



Şekil 4.27. Sedimentte aylara göre seçilen istasyonlarda Cr dağılımı

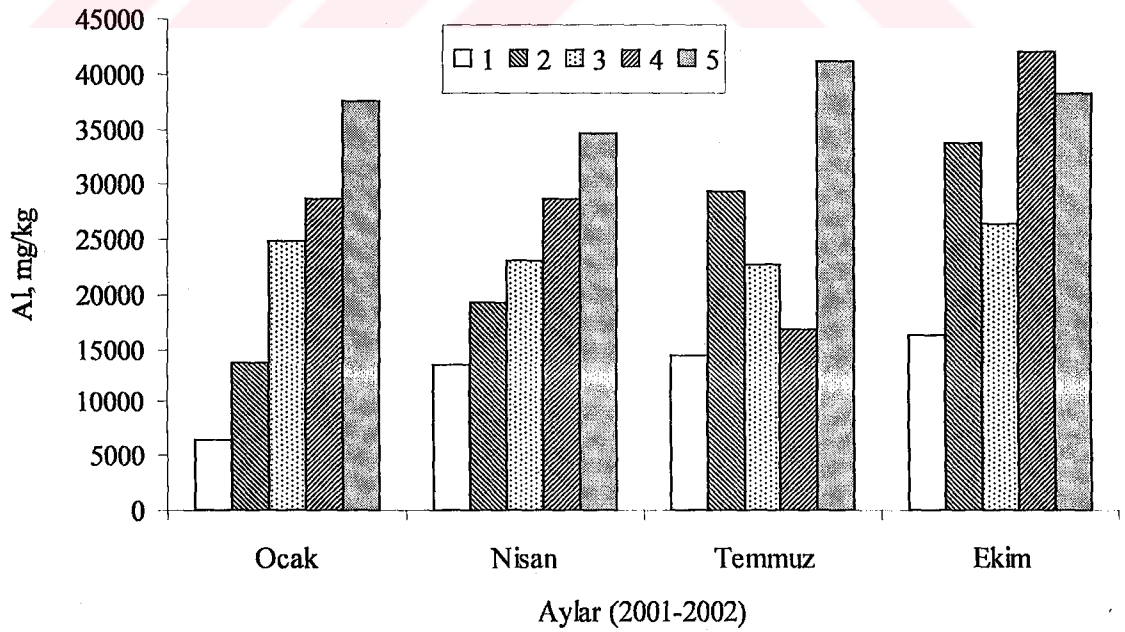
4.3.8. Sedimentte alüminyum (Al)

Aylara ve istasyonlara göre Al konsantrasyonları ile önemlilik testi sonuçları çizelge 4.28, dağılımı ise şekil 4.28'de sunulmuştur. Aylar ve istasyonlara göre incelendiğinde, minimum 6403,4 (Ocak, 1. istasyon), maksimum 42029 (Ekim, 4 istasyon) mg/kg olarak bulunmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece aylar bazında ise minimum 22199 mg/kg ile Ocak, maksimum 31320 mg/kg ile Ekim ayında gerçekleşmiştir.

Sıralama ise; Ocak<Nisan<Temmuz<Ekim şeklinde gerçekleşmiş olup, aylar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$).

Çizelge 4.28. Sedimette seçilen istasyonlarda aylara göre ortalama alüminyum (Al) konsantrasyonları (mg/kg)*

Aylar	İstasyon					Ort., K ±SH N=25
	1	2	3	4	5	
Ocak	6403,4 ^a	13674 ^{ab}	24768 ^{abc}	28616 ^{bc}	37534 ^c	22199 3414
Nisan	13626	19261	23186	28641	34512	23845 3198
Temmuz	14448 ^a	29435 ^{ab}	22785 ^{ab}	16813 ^a	41184 ^b	24933 3445
Ekim	16258	33742	26403	42029	38168	31320 3734
Ort, K ±SH N=20	12684 ^a 1784	24028 ^b 3567	24285 ^b 2893	29025 ^{bc} 4053	37850 ^c 4498	25574 1735



Şekil 4.28. Sedimette aylara göre seçilen istasyonlarda Al dağılımı

Ay farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında Al konsantrasyonlarının 12684 mg/kg ile 1. istasyonda minimum iken 37850 mg/kg ile 5. istasyonda maksimum olduğu görülmektedir. İstasyon ortalamaları arasındaki sıralama ise; 1<2<3<4<5 şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Aynı aylarda farklı istasyonların karşılaştırmasında; Ocak ve Temmuz aylarında istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

4.3.9. Sedimentte mangan (Mn)

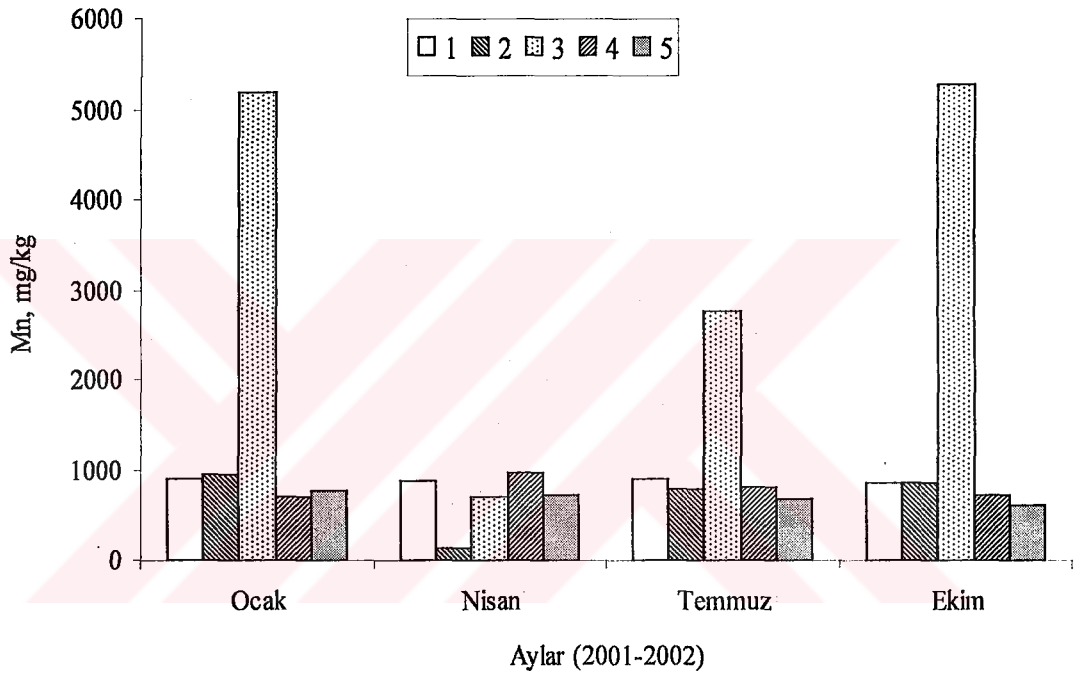
Aylara ve istasyonlara göre Mn konsantrasyonları ile önemlilik testi sonuçları çizelge 4.29, dağılımı ise şekil 4.29'da sunulmuştur. Aylar ve istasyonlara göre incelendiğinde, minimum 126,23 (Nisan, 2. istasyon), maksimum 5274,1 (Ekim, 3 istasyon) mg/kg olarak bulunmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece aylar bazında ise minimum 675,81 mg/kg ile Nisan, maksimum 1700,0 mg/kg ile Ocak ayında gerçekleşmiştir. Sıralama ise; Nisan<Ekim<Temmuz<Ocak şeklinde gerçekleşmiş olup, aylar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$).

Çizelge 4.29. Sedimette seçilen istasyonlarda aylara göre ortalama mangan (Mn) konsantrasyonları (mg/kg)*

Aylar	İstasyon					Ort., K ±SH N=25
	1	2	3	4	5	
Ocak	906,42 ^a	940,21 ^a	5184,9 ^b	694,81 ^a	773,52 ^a	1700,0 439,6
Nisan	886,56 ^{ab}	126,23 ^a	689,47 ^{ab}	964,13 ^b	712,65 ^{ab}	675,81 119,9
Temmuz	890,67 ^a	781,59 ^a	2758,2 ^b	813,58 ^a	682,71 ^a	1185,4 224,3
Ekim	852,43 ^a	845,16 ^a	5274,1 ^b	717,24 ^a	596,32 ^a	1657,1 478,6
Ort, K	884,02 ^a	673,30 ^a	3476,7 ^b	797,44 ^a	691,30 ^a	1304,5
±SH	152,1	138,0	660,5	123,2	94,02	176,8
N=20						N=100

*Duncan, farklı harflerle gösterilen aylar veya istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir, $p<0,05$

Ay farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında Mn konsantrasyonlarının 673,30 mg/kg ile 2. istasyonda minimum iken 3476,7 mg/kg ile 3. istasyonda maksimum olduğu görülmektedir. İstasyon ortalamaları arasındaki sıralama ise; 2<5<4<1<3 şeklinde olup, sadece 3. istasyon diğerlerinden önemli derecede farklı bulunmuştur ($p<0,05$). Aynı aylarda farklı istasyonların karşılaştırmasında; istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).



Şekil 4.29. Sedimentte aylara göre seçilen istasyonlarda Mn dağılımı

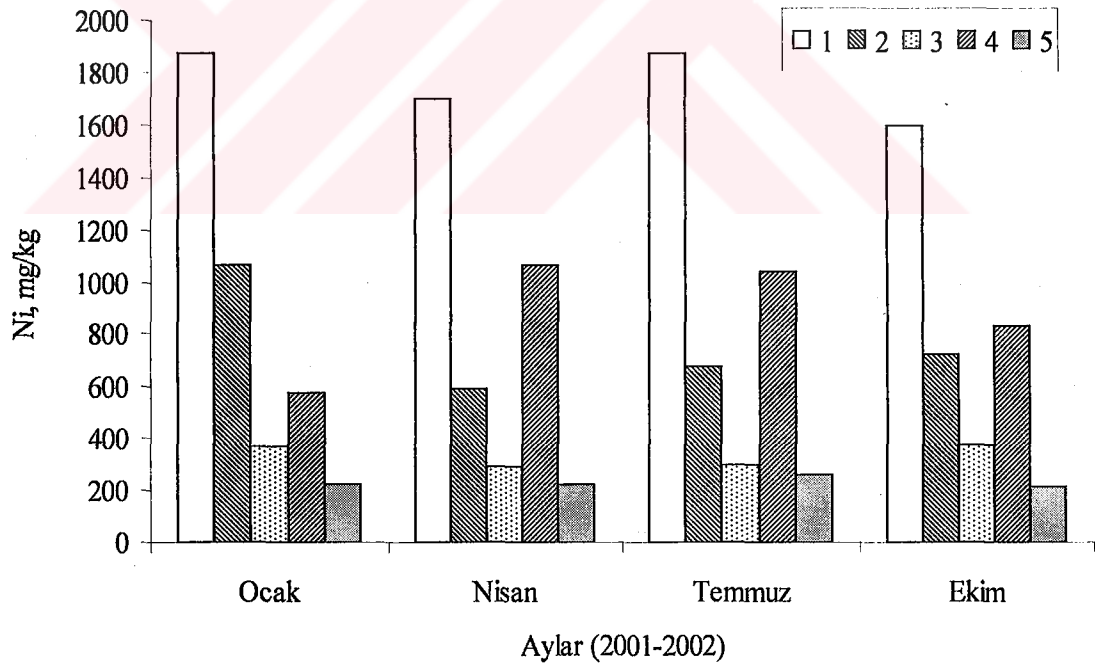
4.3.10. Sedimentte nikel (Ni)

Aylara ve istasyonlara göre Ni konsantrasyonları ile önemlilik testi sonuçları çizelge 4.30, dağılımı ise şekil 4.30'da sunulmuştur. Aylar ve istasyonlara göre incelendiğinde, minimum 216,32 (Ekim, 5. istasyon), maksimum 1878,2 (Ocak, 1 istasyon) mg/kg olarak bulunmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece aylar bazında ise minimum 750,71 mg/kg ile Ekim, maksimum 833,21 mg/kg ile Temmuz ayında gerçekleşmiştir. Sıralama ise; Ekim<Nisan<Ocak< Temmuz şeklinde gerçekleşmiş olup, aylar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$).

Çizelge 4.30. Sedimette seçilen istasyonlarda aylara göre ortalama nikel (Ni) konsantrasyonları (mg/kg)*

Aylar	İstasyon					Ort., K ±SH N=25
	1	2	3	4	5	
Ocak	1878,2 ^a	1063,3 ^b	372,47 ^b	582,76 ^b	221,16 ^b	823,58 163,5
Nisan	1695,4 ^a	594,24 ^b	295, ^{35b}	1066,1 ^{ab}	227,59 ^b	775,73 154,9
Temmuz	1877,2 ^a	676,29 ^b	301,67 ^b	1045,2 ^{ab}	265,73 ^b	833,21 168,6
Ekim	1598,3 ^a	729,42 ^b	375,81 ^b	833,69 ^b	216,32 ^b	750,71 142,1
Ort, K	1762,3 ^a	765,81 ^b	336,32 ^c	881,93 ^b	232,70 ^c	795,81
±SH	212,2	102,7	45,90	144,6	34,00	77,66
N=20						N=100

*Duncan, farklı harflerle gösterilen aylar veya istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir, p<0,05



Şekil 4.30. Sedimentte aylara göre seçilen istasyonlarda Ni dağılımı

Ay farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında Ni konsantrasyonlarının 232,70 mg/kg ile 5. istasyonda minimum iken 1762,3 mg/kg ile 1. istasyonda maksimum olduğu görülmektedir. İstasyon ortalamaları arasındaki sıralama ise; 5<3<2<4<1 şeklinde olup,

istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Aynı aylarda farklı istasyonların karşılaştırılmasında; istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

4.4. Dikenli Taş İstiridyesinde Ağır Metal Konsantrasyonları

Ay ve istasyon farkı gözetmeksizin Dikenli Taş İstiridyesinde (DTİ) ortalama ağır metal konsantrasyonları; Cd: 10,386, Fe: 177,77, Cu: 16,477, Pb: 99,376, Zn: 74,420, Co: 7,6425, Cr: 14,142, Al: 85,897, Mn: 28,090 ve Ni: 36,143 mg/kg kuru ağırlık olarak bulunmuştur. Çizelgelerde her istasyondaki değer, 25-30 adet istiridye homojenize edilerek bu karışımdan alınan yedi adet örneğin (7 tekrerrür) ortalamasıdır (ayrıca her bir örnek üç paralelli analiz edilmiştir). Ay ve istasyonlar dikkate alınmadan yapılan korelasyon analizinde sedimentteki ağır metal konsantrasyonları arasında pozitif ve negatif yönde önemli korelasyonlar bulunmuş olup, önemlilik düzeylerine göre aşağıda verilmiştir. Cd ile, Pb ($r= 0,827$, $p=0,000$), Co ($r= 0,600$, $p=0,000$), Cr ($r= -0,225$, $p= 0,040$) ve Ni ($r=0,683$, $p=0,000$), Fe ile Cu ($r=0,308$, $p=0,004$), Zn ($r=0,308$, $p=0,004$), Co ($r= 0,238$, $p= 0,029$) ve Mn ($r= 0,560$, $p=0,000$), Cu ile Al ($r= 0,324$, $p=0,003$) ve Mn ($r=0,362$, $p=0,001$), Pb ile Co ($r= 0,611$, $p=0,000$), Al ($r=0,251$, $p=0,021$) ve Ni ($r=0,809$, $p=0,000$), Zn ile Al ($r= 0,324$, $p=0,003$) ve Mn ($r=0,362$, $p=0,001$), Co ile Al ($r=0,432$, $p=0,000$) ve Ni ($r= 0,487$, $p=0,000$), Cr ile Mn ($r=0,224$, $p=0,042$).

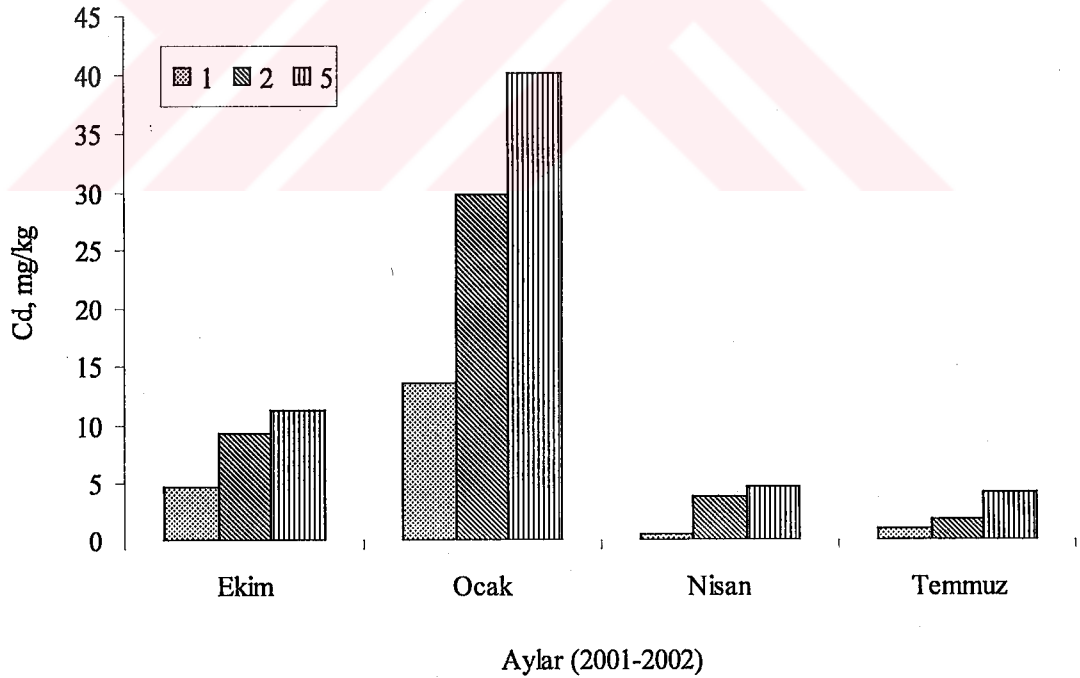
4.4.1. DTİ'de kadmiyum (Cd)

Aylara ve istasyonlara göre Cd konsantrasyonları ile önemlilik testi sonuçları çizelge 4.31, dağılımı ise şekil 4.31'de sunulmuştur. Aylar ve istasyonlara göre incelendiğinde, minimum 0,5206 (Nisan, 1. istasyon), maksimum 40,279 (Ocak, 5 istasyon) mg/kg olarak bulunmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece aylar bazında ise minimum 2,3070 Temmuz, maksimum 27,861 mg/kg ile Ocak ayında gerçekleşmiştir. Sıralama ise; Temmuz<Nisan<Ekim<Ocak şeklinde gerçekleşmiş olup, aylar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Çizelge 4.31. DTİ'de seçilen istasyonlarda aylara göre ortalama kadmiyum (Cd) konsantrasyonları (mg/kg)*

Aylar	İstasyon			Ort., K ±SH N=21
	1	2	5	
Ocak	13,542 ^a	29,763 ^b	40,279 ^b	27,861 ^a 3,723
Nisan	0,5206 ^a	3,7413 ^b	4,7083 ^b	2,9900 ^b 0,537
Temmuz	1,0630 ^a	1,7751 ^b	4,0829 ^b	2,3070 ^b 0,401
Ekim	4,7083 ^a	9,2076 ^{ab}	11,243 ^b	8,3863 ^c 1,049
Ort, K	4,9585 ^a	11,122 ^b	15,078 ^b	10,386
±SH	1,232	2,534	3,259	1,491
N=28				N=84

*Duncan, farklı harflerle gösterilen aylar veya istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir, p<0,05



Şekil 4.31. DTİ'de aylara göre seçilen istasyonlarda Cd dağılımı

Ay farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında Cd konsantrasyonları 4,9585 mg/kg ile 1. istasyonda minimum iken 15,078 mg/kg ile 5. istasyonda maksimum olup, 1. istasyon

diğerlerinden önemli derecede farklıdır ($p<0,05$). Aynı aylarda farklı istasyonların karşılaştırmasında; istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

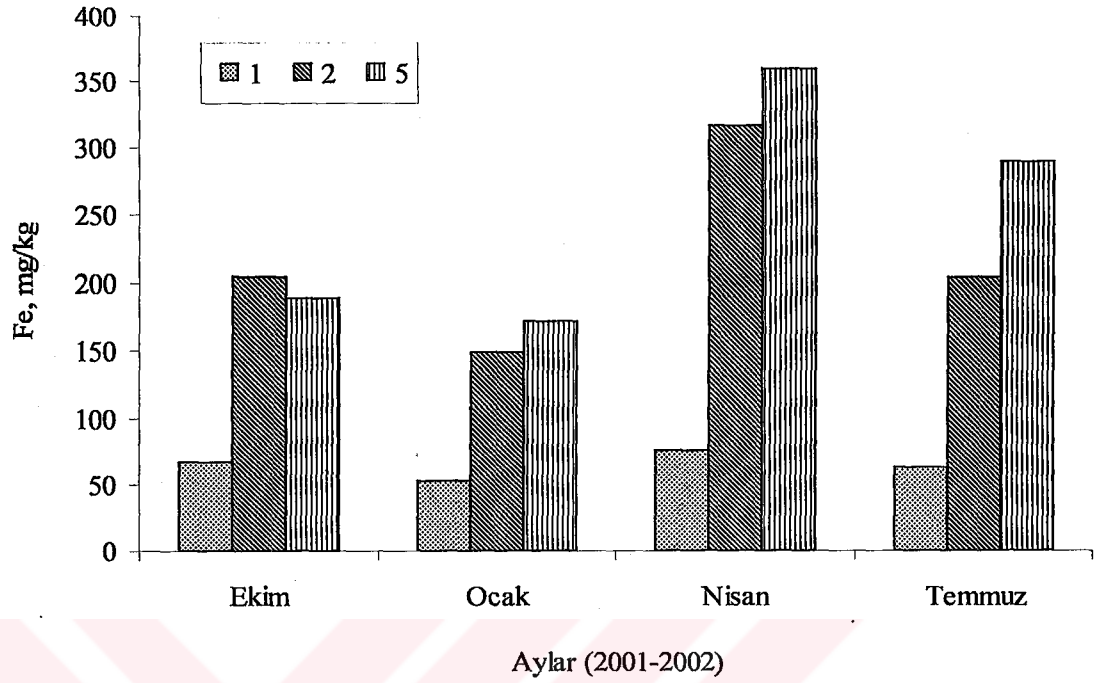
4.4.2. DTİ'de demir (Fe)

Aylara ve istasyonlara göre Fe konsantrasyonları ile önemlilik testi sonuçları çizelge 4.32, dağılımı ise şekil 4.32'de sunulmuştur. Aylar ve istasyonlara göre incelendiğinde, minimum 52,684 (Ocak, 1. istasyon), maksimum 358,83 (Nisan, 5 istasyon) mg/kg olarak bulunmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece aylar bazında ise minimum 123,84 ile Ocak, maksimum 249,60 mg/kg ile Nisan ayında gerçekleşmiştir. Sıralama ise; Ocak<Ekim<Temmuz<Nisan şeklinde gerçekleşmiş olup, Ocak ve Nisan ayları arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Çizelge 4.32. DTİ'de seçilen istasyonlarda aylara göre ortalama demir (Fe) konsantrasyonları (mg/kg)*

Aylar	İstasyon			Ort., K ±SH N=21
	1	2	5	
Ocak	52,684 ^a	147,91 ^b	170,92 ^b	123,84 ^a 19,56
Nisan	75,417 ^a	315,04 ^b	358,33 ^b	249,60 ^b 41,82
Temmuz	62,167 ^a	202,70 ^b	288,21 ^b	184,36 ^{ab} 29,83
Ekim	67,124 ^a	204,71 ^b	187,96 ^b	153,27 ^{ab} 23,46
Ort, K	64,348 ^a	217,59 ^b	251,36 ^b	177,77
±SH	5,955	24,18	29,52	15,54
N=28				N=84

*Duncan, farklı harflerle gösterilen aylar veya istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir, $p<0,05$



Şekil 4.32. DTİ'de aylara göre seçilen istasyonlarda Fe dağılımı

Ay farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında Fe konsantrasyonları 64,348 mg/kg ile 1. istasyonda minimum iken 251,36 mg/kg ile 5. istasyonda maksimum olup, 1. istasyon diğerlerinden önemli derecede farklı bulunmuştur ($p < 0,05$). Aynı aylarda farklı istasyonların karşılaştırmasında da, bütün aylarda 1. istasyon diğerlerinden önemli derecede farklıdır ($p < 0,05$).

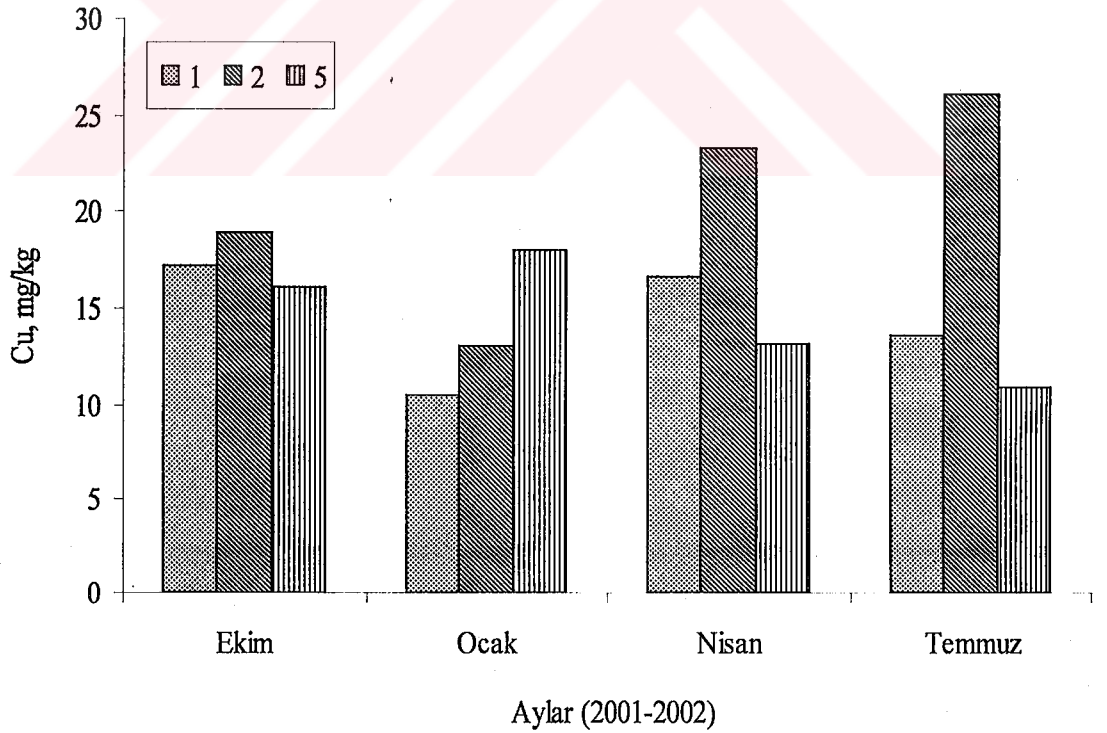
4.4.3. DTİ'de bakır (Cu)

Aylara ve istasyonlara göre Cu konsantrasyonları ile önemlilik testi sonuçları çizelge 4.33, dağılımı ise şekil 4.33'de sunulmuştur. Aylar ve istasyonlara göre incelendiğinde, minimum 10,524 (Ocak, 1. istasyon), maksimum 26,125 (Temmuz, 2 istasyon) mg/kg olarak bulunmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece aylar bazında ise minimum 13,891 ile Ocak, maksimum 17,7210 mg/kg ile Nisan ayında gerçekleşmiştir. Sıralama ise; Ocak < Temmuz < Ekim < Nisan şeklinde gerçekleşmiş olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemsizdir ($p > 0,05$).

Çizelge 4.33. DTİ'de seçilen istasyonlarda aylara göre ortalama bakır (Cu) konsantrasyonları (mg/kg)*

Aylar	İstasyon			Ort., K ±SH N=21
	1	2	5	
Ocak	10,524	13,096	18,054	13,891 1,861
Nisan	16,667	23,331	13,167	17,721 2,343
Temmuz	13,661 ^{ab}	26,125 ^b	10,917 ^a	16,901 2,744
Ekim	17,194	18,911	16,083	17,396 2,068
Ort, K	14,511	20,366	14,555	16,477
±SH	1,634	2,385	1,609	1,131
N=28				N=84

*Duncan, farklı harflerle gösterilen aylar veya istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir, $p < 0,05$



Şekil 4.33. DTİ'de aylara göre seçilen istasyonlarda Cu dağılımı

Ay farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında Cu konsantrasyonları 14,511 mg/kg ile 1. istasyonda minimum iken 20,366 mg/kg ile 2. istasyonda maksimum olup, istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$). Aynı aylarda farklı istasyonların karşılaştırmasında, Temmuz ayında 2. ve 5. istasyon arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$).

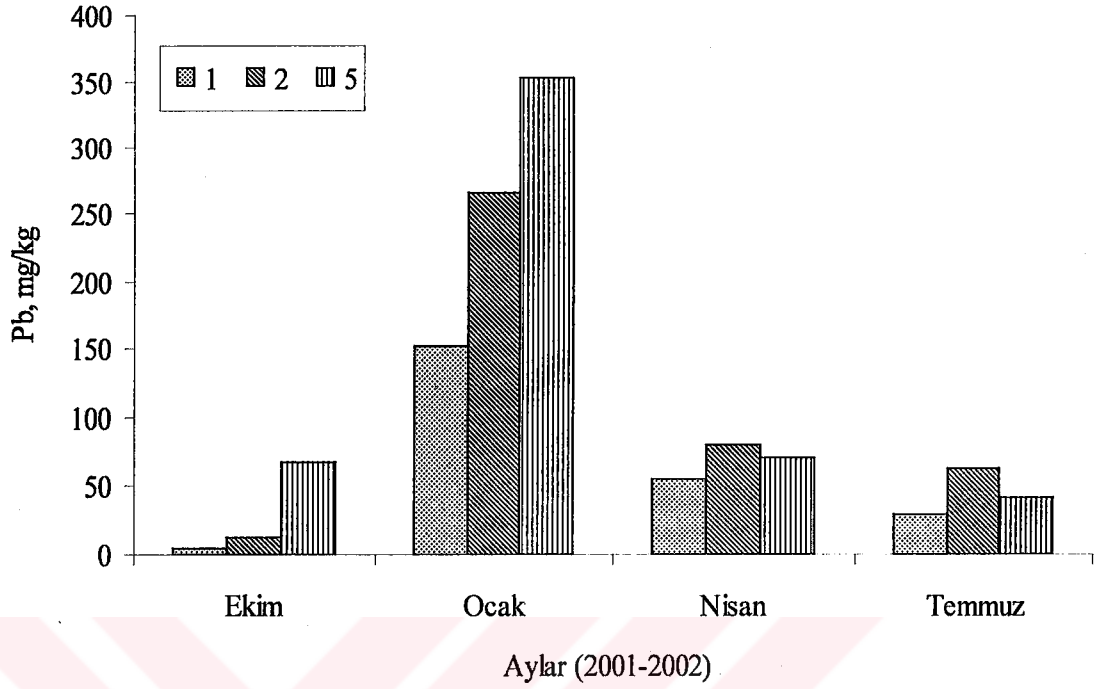
4.4.4. DTİ'de kurşun (Pb)

Aylara ve istasyonlara göre Pb konsantrasyonları ile önemlilik testi sonuçları çizelge 4.34, dağılımı ise şekil 4.34'de sunulmuştur. Aylar ve istasyonlara göre incelendiğinde, minimum 4,6251 (Ekim, 1. istasyon), maksimum 352,18 (Ocak, 5 istasyon) mg/kg olarak bulunmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece aylar bazında ise minimum 28,235 ile Ekim, maksimum 256,23 mg/kg ile Ocak ayında gerçekleşmiştir. Sıralama ise; Ekim<Temmuz<Ocak<Nisan şeklinde gerçekleşmiş olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Çizelge 4.34. DTİ'de seçilen istasyonlarda aylara göre ortalama kurşun (Pb) konsantrasyonları (mg/kg)*

Aylar	İstasyon			Ort., K ±SH N=21
	1	2	5	
Ocak	151,04 ^a	265,47 ^{ab}	352,18 ^b	256,23 ^a 35,53
Nisan	54,792	79,263	70,682	68,246 ^b 7,223
Temmuz	29,167 ^a	63,542 ^b	41,667 ^{ab}	44,792 ^b 5,631
Ekim	4,6251 ^a	12,958 ^a	67,123 ^b	28,235 ^a 7,248
Ort, K	59,906 ^a	105,31 ^b	132,91 ^b	99,376
±SH	12,75	22,95	30,34	13,62
N=28				N=84

*Duncan, farklı harflerle gösterilen aylar veya istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir, $p<0,05$



Şekil 4.34. DTİ’de aylara göre seçilen istasyonlarda Pb dağılımı

Ay farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında Pb konsantrasyonları 59,906 mg/kg ile 1. istasyonda minimum iken, 352,18 mg/kg ile 5. istasyonda maksimum olup, 1. İstasyon diğerlerinden önemli derecede farklı bulunmuştur ($p < 0,05$). Aynı aylarda farklı istasyonlar arasındaki farklılıklar, Nisan ayı hariç diğerlerinde önemli bulunmuştur ($p < 0,05$).

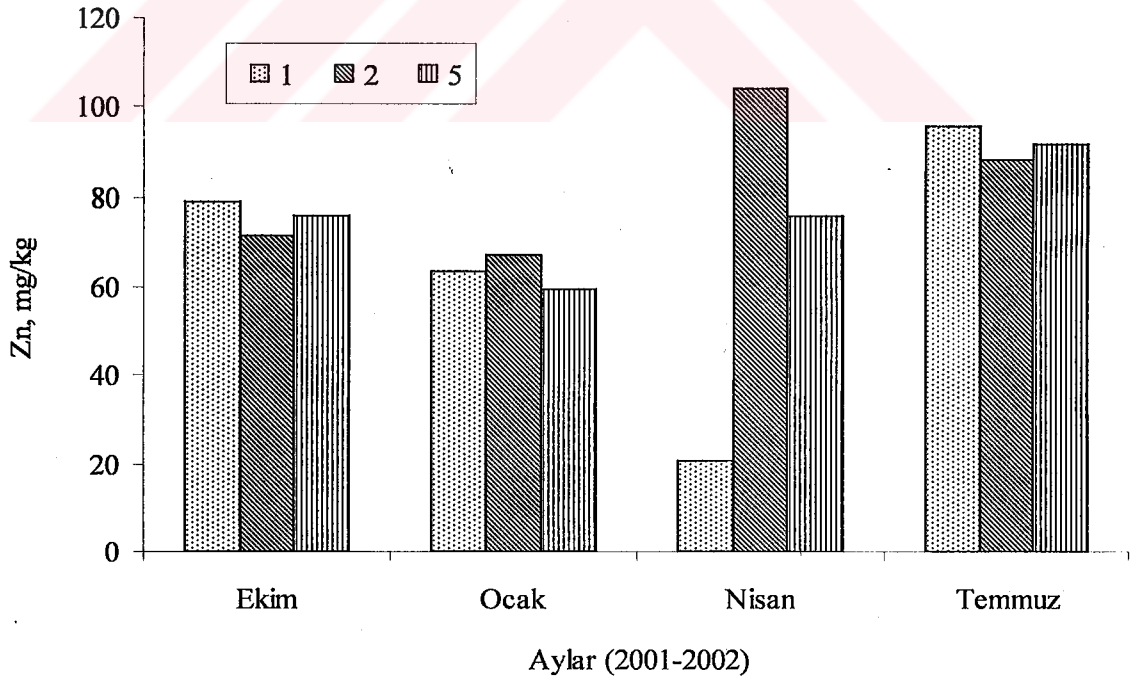
4.4.5. DTİ’de çinko (Zn)

Aylara ve istasyonlara göre Zn konsantrasyonları ile önemlilik testi sonuçları çizelge 4.35, dağılımı ise şekil 4.35’de sunulmuştur. Aylar ve istasyonlara göre incelendiğinde, minimum 20,816 (Nisan, 1. istasyon), maksimum 104,17 (Nisan, 2 istasyon) mg/kg olarak bulunmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece aylar bazında ise minimum 63,359 ile Ocak, maksimum 91,891 mg/kg ile Temmuz ayında gerçekleşmiştir. Sıralama ise; Ocak < Nisan < Ekim < Temmuz şeklinde gerçekleşmiş olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p > 0,05$).

Çizelge 4.35. DTİ’de seçilen istasyonlarda aylara göre ortalama çinko (Zn) konsantrasyonları (mg/kg)*

Aylar	İstasyon			Ort., K ±SH N=21
	1	2	5	
Ocak	63,396	67,263	59,421	63,359 1,861
Nisan	20,816	104,17	75,812	66,394 11,782
Temmuz	95,833	88,153	91,687	91,891 10,244
Ekim	79,167	71,584	75,736	75,495 8,942
Ort, K	64,803	82,793	75,664	74,420
±SH	8,232	9,048	8,162	4,910
N=28				N=84

*Duncan, farklı harflerle gösterilen aylar veya istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir, $p < 0,05$



Şekil 4.35. DTİ’de aylara göre seçilen istasyonlarda Zn dağılımı

Ay farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında Zn konsantrasyonları 64,803 mg/kg ile 1. istasyonda minimum iken, 82,793 mg/kg ile 2. istasyonda maksimum olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemsizdir ($p>0,05$): Aynı aylarda farklı istasyonların karşılaştırılmasında, Nisan ayında 1. İstasyon diğerlerinden önemli derecede farklı bulunmuştur ($p<0,05$).

4.4.6. DTİ'de kobalt (Co)

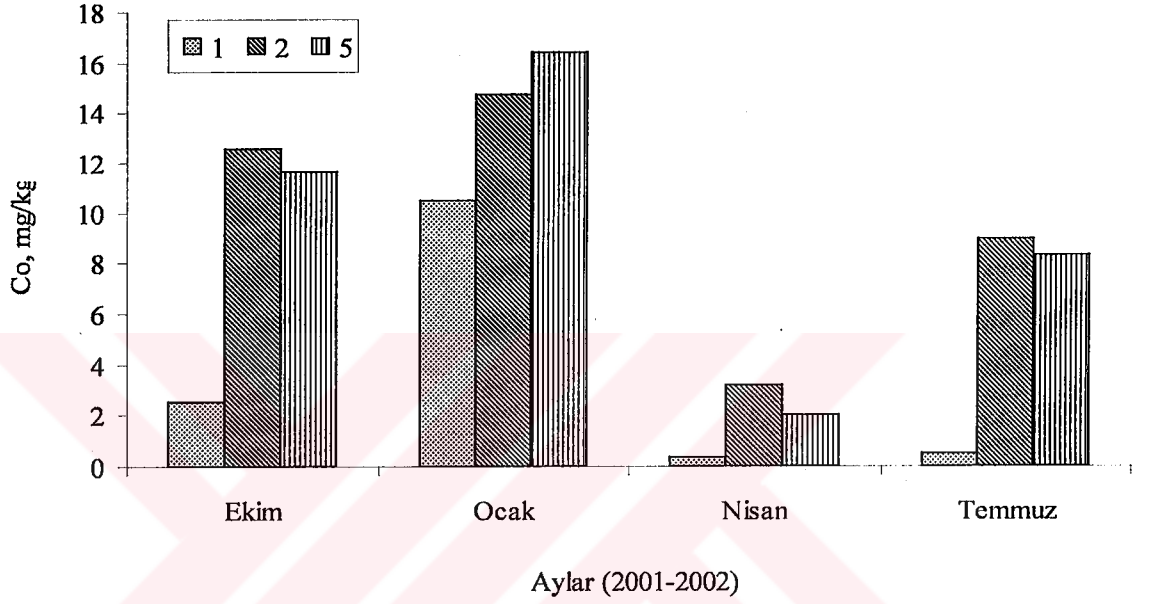
Aylara ve istasyonlara göre Co konsantrasyonları ile önemlilik testi sonuçları çizelge 4.36, dağılımı ise şekil 4.36'da sunulmuştur. Aylar ve istasyonlara göre incelendiğinde, minimum 0,3749 (Nisan, 1. istasyon), maksimum 16,384 (Ocak, 5 istasyon) mg/kg olarak bulunmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece aylar bazında ise minimum 1,8611 ile Nisan, maksimum 13,851 mg/kg ile Ocak ayında gerçekleşmiştir. Sıralama ise; Nisan<Temmuz<Ekim<Ocak şeklinde gerçekleşmiş olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Çizelge 4.36. DTİ'de seçilen istasyonlarda aylara göre ortalama kobalt (Co) konsantrasyonları (mg/kg)*

Aylar	İstasyon			Ort., K ±SH N=21
	1	2	5	
Ocak	10,447	14,722	16,384	13,851 ^a 1,803
Nisan	0,3749 ^a	3,1666 ^b	2,0420 ^b	1,8611 ^b 0,398
Temmuz	0,5206 ^a	8,9580 ^b	8,3323 ^b	5,9370 ^c 1,064
Ekim	2,5413 ^a	12,547 ^b	11,674 ^b	8,9209 ^{ac} 1,379
K	3,4710 ^a	9,8483 ^b	9,6082 ^b	7,6425
±SH	1,014	1,356	1,367	0,786
N=28				N=84

*Duncan, farklı harflerle gösterilen aylar veya istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir, $p<0,05$

Ay farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında Co konsantrasyonları 3,4710 mg/kg ile 1. istasyonda minimum iken, 9,8483 mg/kg ile 2. istasyonda maksimum olup, birinci istasyon diğerlerinden önemli derecede farklıdır ($p<0,05$). Aynı aylarda farklı istasyonların karşılaştırılmasında, Nisan, Temmuz ve Ekim aylarında 1. İstasyon diğerlerinden önemli derecede farklı bulunmuştur ($p<0,05$).



Şekil 4.36. DTİ’de aylara göre seçilen istasyonlarda Co dağılımı

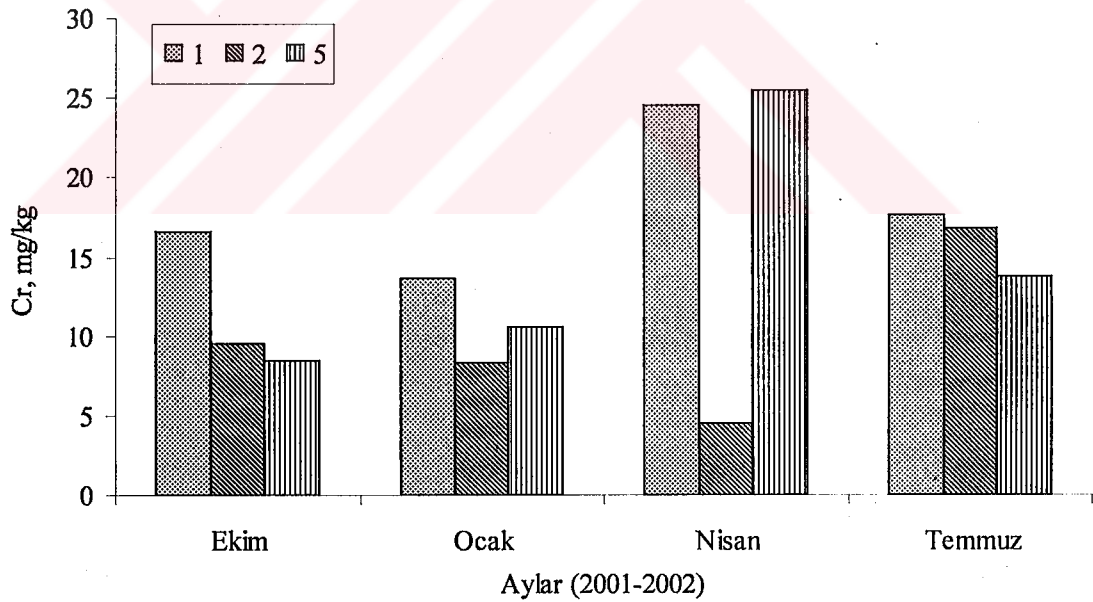
4.4.7. DTİ’de krom (Cr)

Aylara ve istasyonlara göre Cr konsantrasyonları ile önemlilik testi sonuçları çizelge 4.37, dağılımı ise şekil 4.37’de sunulmuştur. Aylar ve istasyonlara göre incelendiğinde, minimum 4,5419 (Nisan, 2. istasyon), maksimum 25,489 (Nisan, 5 istasyon) mg/kg olarak bulunmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece aylar bazında ise minimum 10,819 ile Ocak, maksimum 18,204 mg/kg ile Nisan ayında gerçekleşmiştir. Sıralama ise; Ocak<Ekim<Temmuz<Nisan şeklinde gerçekleşmiş olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$).

Çizelge 4.37. DTİ'de seçilen istasyonlarda aylara göre ortalama krom (Cr) konsantrasyonları (mg/kg)*

Aylar	İstasyon			Ort., K ±SH N=21
	1	2	5	
Ocak	13,671	8,2571	10,528	10,819 1,448
Nisan	24,583 ^a	4,5419 ^b	25,489 ^a	18,204 3,106
Temmuz	17,708	16,832	13,708	16,082 1,884
Ekim	16,542	9,4676	8,3749	11,462 1,659
K	18,126 ^a	9,7747 ^b	14,525 ^a	14,142
±SH	2,019	1,392	1,945	1,097
N=28				N=84

*Duncan, farklı harflerle gösterilen aylar veya istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir, $p < 0,05$



Şekil 4.37. DTİ'de aylara göre seçilen istasyonlarda Cr dağılımı

Ay farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında Cr konsantrasyonları 9,7747 mg/kg ile 2. istasyonda minimum iken, 18,126 mg/kg ile 1. istasyonda maksimum olup, ikinci istasyon diğerlerinden önemli derecede farklıdır ($p < 0,05$). Aynı aylarda farklı istasyonların karşılaştırılmasında, Nisan ayında yine ikinci istasyon diğerlerinden

önemli derecede farklı bulunmuştur ($p<0,05$).

4.4.8. DTİ'de alüminyum (Al)

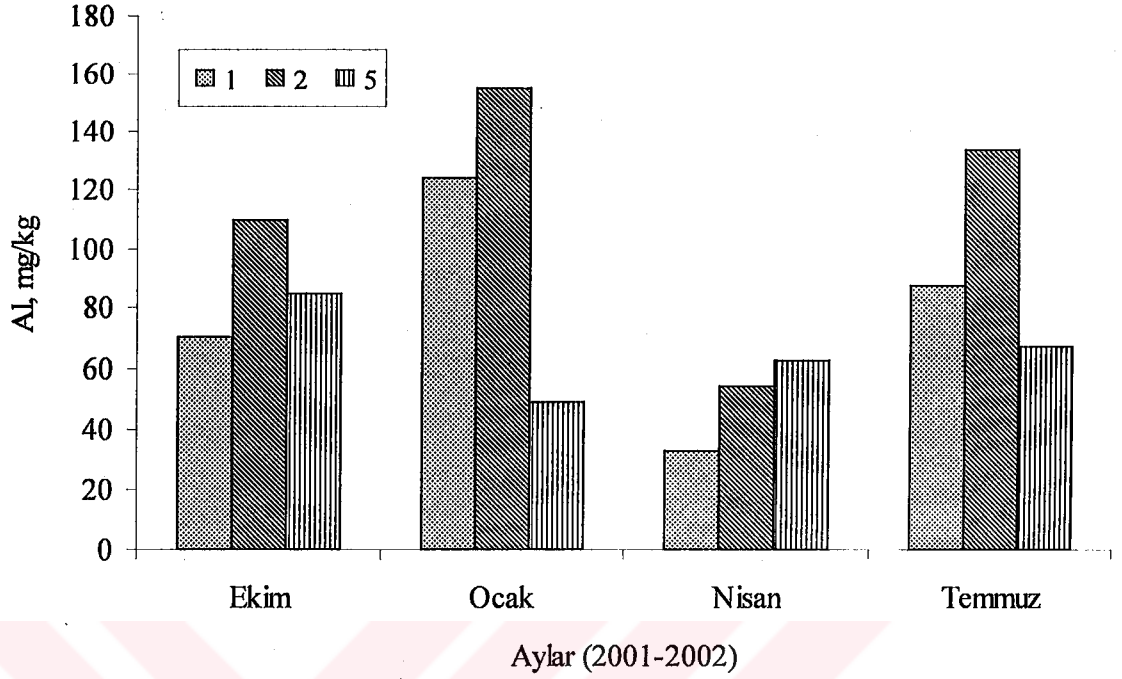
Aylara ve istasyonlara göre Al konsantrasyonları ile önemlilik testi sonuçları çizelge 4.38, dağılımı ise şekil 4.38'de sunulmuştur. Aylar ve istasyonlara göre incelendiğinde, minimum 33,232 (Nisan, 1. istasyon), maksimum 154,48 (Ocak, 2 istasyon) mg/kg olarak bulunmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece aylar bazında ise minimum 50,144 ile Nisan, maksimum 109,14 mg/kg ile Ocak ayında gerçekleşmiştir. Sıralama ise; Nisan<Ekim<Temmuz<Ocak şeklinde gerçekleşmiş olup, Nisan ayı diğerlerinden önemli derecede farklı bulunmuştur ($p<0,05$).

Çizelge 4.38. DTİ'de seçilen istasyonlarda aylara göre ortalama alüminyum (Al) konsantrasyonları (mg/kg)*

Aylar	İstasyon			Ort., K ±SH N=21
	1	2	5	
Ocak	123,64 ^a	154,48 ^a	49,304 ^b	109,14 ^a 15,91
Nisan	33,232	54,167	63,033	50,144 ^a 6,383
Temmuz	87,511 ^{ab}	133,54 ^b	67,134 ^a	96,061 ^a 12,21
Ekim	70,814	109,28	84,634	88,244 ^a 10,29
K	78,799 ^a	112,87 ^b	66,026 ^a	85,897
±SH	9,945	13,20	6,454	6,233
N=28				N=84

*Duncan, farklı harflerle gösterilen aylar veya istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir, $p<0,05$

Ay farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında Al konsantrasyonları 66,026 mg/kg ile 5. istasyonda minimum iken, 112,87 mg/kg ile 2. istasyonda maksimum olup, ikinci istasyon diğerlerinden önemli derecede farklıdır ($p<0,05$). Aynı aylarda farklı istasyonların karşılaştırılmasında, farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).



Şekil 4.38. DTİ’de aylara göre seçilen istasyonlarda Al dağılımı

4.4.9. DTİ’de mangan (Mn)

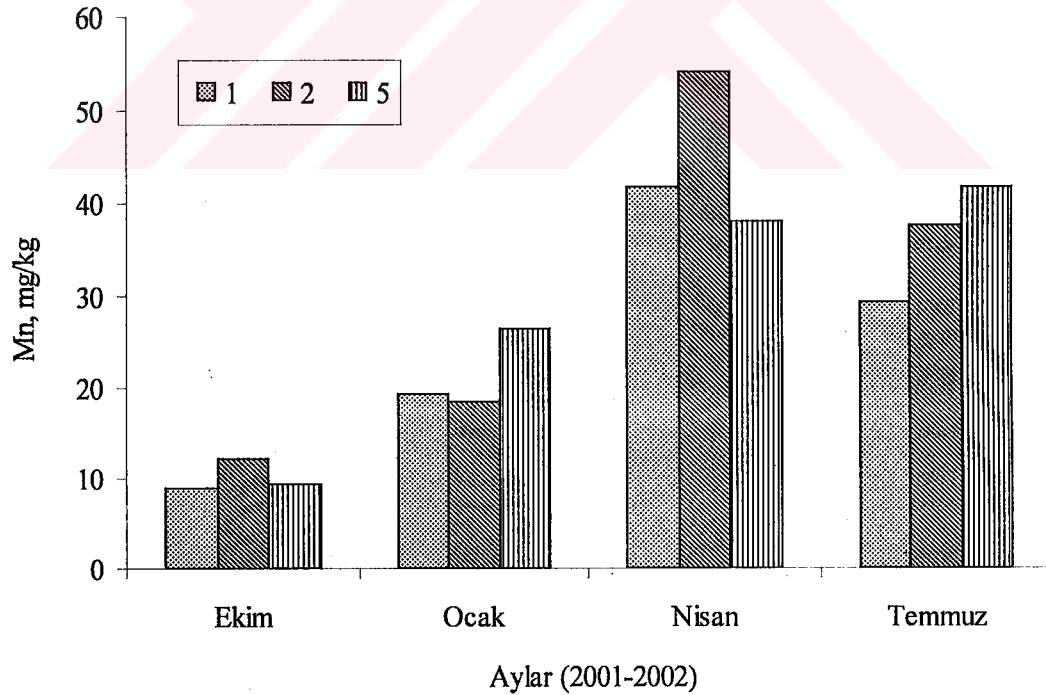
Aylara ve istasyonlara göre Mn konsantrasyonları ile önemlilik testi sonuçları çizelge 4.39, dağılımı ise şekil 4.39’da sunulmuştur. Aylar ve istasyonlara göre incelendiğinde, minimum 9,0479 (Ekim, 1. istasyon), maksimum 54,167 (Nisan, 2 istasyon) mg/kg olarak bulunmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece aylar bazında ise minimum 10,185 ile Ekim, maksimum 44,625 mg/kg ile Nisan ayında gerçekleşmiştir. Sıralama ise; Ekim<Ocak<Temmuz<Nisan şeklinde gerçekleşmiş olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Ay farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında Mn konsantrasyonları 24,836 mg/kg ile 1. istasyonda minimum iken, 30,566 mg/kg ile 2. istasyonda maksimum olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$). Aynı aylarda farklı istasyonların karşılaştırılmasında, farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$).

Çizelge 4.39. DTİ'de seçilen istasyonlarda aylara göre ortalama mangan (Mn) konsantrasyonları (mg/kg)*

Aylar	İstasyon			Ort., K ±SH N=21
	1	2	5	
Ocak	19,463	18,454	26,381	21,433 ^a 2,419
Nisan	41,667	54,167	38,042	44,625 ^b 5,378
Temmuz	29,167	37,519	41,667	36,117 ^b 4,203
Ekim	9,0479	12,125	9,3820	10,185 ^c 1,165
K	24,836	30,566	28,868	28,090
±SH	3,375	4,796	3,792	2,315
N=28				N=84

*Duncan, farklı harflerle gösterilen aylar veya istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir, p<0,05



Şekil 4.39. DTİ'de aylara göre seçilen istasyonlarda Mn dağılımı

4.4.10. DTİ'de nikel (Ni)

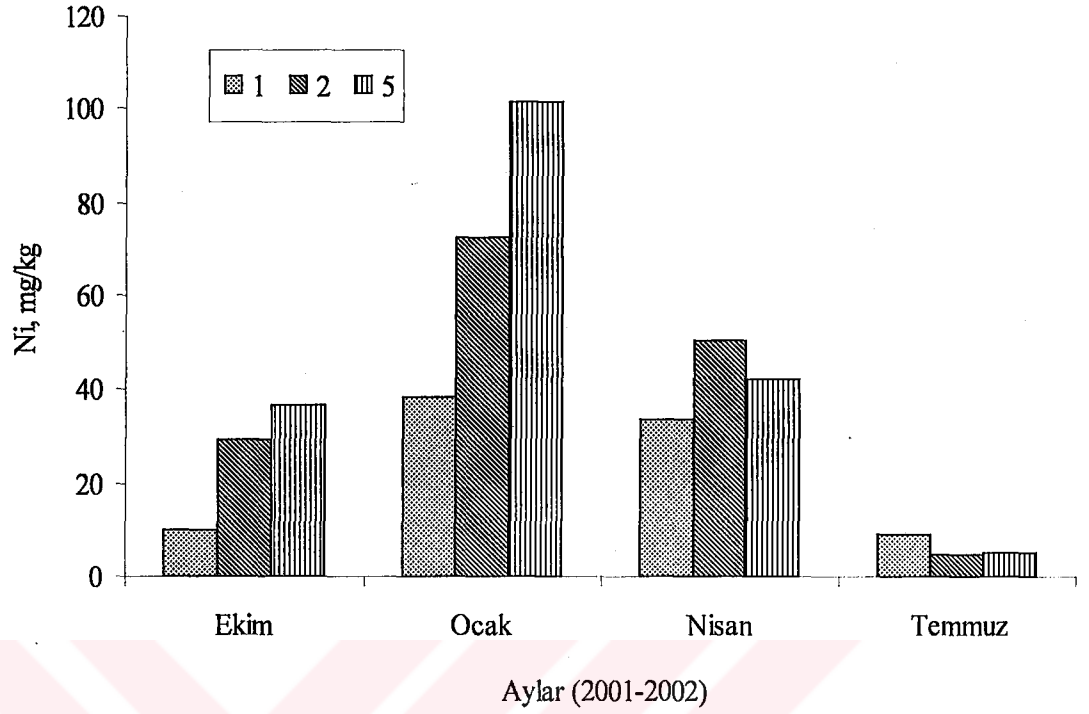
Aylara ve istasyonlara göre Ni konsantrasyonları ile önemlilik testi sonuçları çizelge 4.40, dağılımı ise şekil 4.40'da sunulmuştur. Aylar ve istasyonlara göre incelendiğinde, minimum 4,7923 (Temmuz, 2. istasyon), maksimum 101,39 (Ocak, 5 istasyon) mg/kg olarak bulunmuştur. İstasyon farkı gözetmeksizin sadece aylar bazında ise minimum 6,3045 ile Temmuz, maksimum 70,831 mg/kg ile Ocak ayında gerçekleşmiştir. Sıralama ise; Temmuz<Ekim<Nisan<Ocak şeklinde gerçekleşmiş olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Ay farkı gözetmeksizin istasyonlar bazında Ni konsantrasyonları 22,757 mg/kg ile 1. istasyonda minimum iken, 46,327 mg/kg ile 5. istasyonda maksimum olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Aynı aylarda farklı istasyonların karşılaştırılmasında, farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Çizelge 4.40. DTİ'de seçilen istasyonlarda aylara göre ortalama nikel (Ni) konsantrasyonları (mg/kg)*

Aylar	İstasyon			Ort., K ±SH N=21
	1	2	5	
Ocak	38,479 ^a	72,625 ^{ab}	101,39 ^b	70,831 ^a 9,479
Nisan	33,792	50,542	42,167	42,167 ^b 4,591
Temmuz	8,9127 ^a	4,7923 ^b	5,2084 ^b	6,3045 ^c 0,725
Ekim	9,8467 ^a	29,417 ^b	36,542 ^b	25,269 ^d 4,269
K	22,757 ^d	39,344 ^{ab}	46,327 ^b	36,143
±SH	3,544	6,252	8,485	3,819
N=28				N=84

*Duncan, farklı harflerle gösterilen aylar veya istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir, $p<0,05$



Şekil 4.40. DTİ’de aylara göre seçilen istasyonlarda Ni dağılımı

4.5. AKM, Sediment ve DTİ Konsantrasyonları Arasındaki Farklılıklar

AKM, sediment ve ıstiridyedeki ağır metal konsantrasyonları arasındaki farklılıklar aylara göre çizelge 4.41, istasyonlara göre çizelge 4.42’de sunulmuştur. çizelge 4.41’in incelenmesinden de görüleceği gibi farklılıklar, AKM ve sediment arasında; Fe’de bütün aylarda, Cd ve Zn’da Temmuz, Cu’da Nisan hariç diğer aylarda, Pb ve Mn’da Ocak, Co’da Ocak ve Nisan, Cr’da Ekim ve Ocak, Al’da Ekim ve Nisan, Ni’de Nisan ve Temmuz aylarında, AKM ve ıstiridye arasında; Fe, Cu, Zn ve Al’da bütün aylarda, Cd ve Pb’da Ocak ve Nisan, Co ve Ni’de Nisan, Mn’da Ekim ve Temmuz aylarında, sediment ve ıstiridyede; Fe, Co, Cr, Al ve Ni’de bütün aylarda, Cd’da Nisan, Pb’da Ekim ve Ocak, Mn’da Nisan hariç bütün aylarda istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,05$).

Çizelge 4.42’nin incelenmesinden görüleceği gibi istasyonlardaki farklılıklar, AKM ve sediment arasında; Cd’da 1. istasyon hariç diğerlerinde, Pb’da 3, 4 ve 5., Cr’da 1 ve 2.,

Al'da 3 ve 5., Mn'da 3., Ni'de 1 ve 4., Fe, Cu ve Zn'de bütün istasyonlarda, AKM ve istiridye arasında; Pb'de 5., Cr'da 1., Ni'de 1 ve 2., Fe, Cu, Zn, Co ve Al'da bütün istasyonlarda, sediment ve istiridye arasında; Cd'da 5., Cr ve Ni'de 1 ve 2., Mn'da 1., Fe, Co ve Al'da bütün istasyonlarda istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,05$).



Çizelge 4. 41. İstasyonlar dikkate alınmadan aylara göre materyaller arasındaki farklılıkların önem seviyeleri*

Aylar	Materyal	Ağır Metaller									
		Cd	Fe	Cu	Pb	Zn	Co	Cr	Al	Mn	Ni
Ekim	A-S	0,02844*	0,00000*	0,00000*	0,28450	0,00105*	0,24099	0,00002*	0,00215*	0,06310	0,07752
	A-İ	0,45096	0,00021*	0,00000*	0,15246	0,00001*	0,00627*	0,10336	0,00000*	0,04141*	0,03614*
	S-İ	0,13911	0,00000*	0,71292	0,02146*	0,26148	0,00012*	0,00000*	0,00000*	0,00006*	0,00012*
Ocak	A-S	0,00000*	0,00074*	0,00000*	0,00000*	0,00000*	0,00001*	0,01855*	0,10632	0,01127*	0,88422
	A-İ	0,00000*	0,00004*	0,00000*	0,00000*	0,00000*	0,00000*	0,43982	0,00006*	0,14125	0,00004*
	S-İ	0,00000*	0,00000*	0,59583	0,04252*	0,28401	0,00003*	0,00191*	0,00000*	0,00004*	0,00007*
Nis	A-S	0,00016*	0,00117*	0,05572	0,10632	0,00000*	0,00234*	0,08258	0,01493*	0,96987	0,00582*
	A-İ	0,00002*	0,00008*	0,01648*	0,00269*	0,00000*	0,25141	0,50973	0,00074*	0,10363	0,20616
	S-İ	0,59639	0,00000*	0,58062	0,12374	0,18457	0,00005*	0,02174*	0,00000*	0,06938	0,00010*
Tem	A-S	0,31348	0,00015*	0,00027*	0,81727	0,10671	0,48719	0,09791	0,46600	0,47294	0,01597*
	A-İ	0,14256	0,00025*	0,00002*	0,20969	0,02152*	0,00006*	0,06583	0,00000*	0,02780*	0,03546*
	S-İ	0,57106	0,00000*	0,34073	0,09201	0,13741	0,00000*	0,00105*	0,00000*	0,00604*	0,00002*

*Duncan, materyaller arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir, p<0,05 (A-S: AKM-sediment, A-İ: AKM-istirdiye, S-İ: sediment-istirdiye)

Çizelge 4. 42. Aylar dikkate alınmadan istasyonlara göre materyaller arasındaki farklılıkların önem seviyeleri*

İ.	N. Mat.	Ağır Metaller									
		Cd	Fe	Cu	Pb	Zn	Co	Cr	Al	Mn	Ni
1	A-S	0,05112	0,00005*	0,00000*	0,14821	0,00771*	0,13699	0,00000*	0,81350	0,26747	0,00000*
	A-İ	0,07395	0,01150*	0,00000*	0,07794	0,00116*	0,00014*	0,00207*	0,00042*	0,13860	0,00000*
	S-İ	0,78085	0,00000*	0,91625	0,78175	0,60043	0,00000*	0,00000*	0,00125*	0,00241*	0,00000*
2	A-S	0,00158*	0,00324*	0,00000*	0,05128	0,00018*	0,64289	0,00011*	0,71201	0,67979	0,05304
	A-İ	0,05715	0,00002*	0,00000*	0,05978	0,00000*	0,00026*	0,12542	0,00000*	0,12146	0,00252*
	S-İ	0,05463	0,00000*	0,66770	0,88137	0,34024	0,00281*	0,00000*	0,00000*	0,07575	0,00000*
3	A-S	0,00019*	0,00104*	0,00000*	0,03934*	0,00000*	0,25565	0,44728	0,03265*	0,00000*	0,75745
	A-S	0,00044*	0,00184*	0,00798*	0,00334*	0,00029*	0,34760	0,11477	0,05880	0,72441	0,01951*
5	A-S	0,00020*	0,00002*	0,00000*	0,02262*	0,00000*	0,20352	0,41236	0,00011*	0,44959	0,85985
	A-İ	0,07903	0,00320*	0,00000*	0,01421*	0,00000*	0,000013*	0,58833	0,00000*	0,21209	0,26195
	S-İ	0,03894*	0,00000*	0,96834	0,72114	0,58583	0,00726*	0,09806	0,00000*	0,08093	0,21235

*Duncan, materyaller arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir, p<0,05 (A-S: AKM-sediment, A-İ: AKM-istirdiye, S-İ: sediment-istirdiye)

4.6. Ağır Metal Konsantrasyonları Arasındaki Korelasyonlar

4.6.1. Deniz suyu ile AKM arasındaki korelasyonlar

Ay ve istasyon farkı dikkate alınmadan, sudaki Cd ile AKM'deki Cd ($r=0,239$, $p=0,001$), Cr ($r=0,245$, $p=0,001$) ve Ni ($r=0,187$, $p=0,012$), sudaki Fe ile AKM'deki Fe ($r=0,335$, $p=0,000$) ve Mn ($r=0,179$, $p=0,017$), sudaki Cu ile AKM'deki Fe ($r=0,240$, $p=0,001$), Cr ($r=0,204$, $p=0,006$) ve Al ($r=0,189$, $p=0,011$), sudaki Pb ile AKM'deki Fe ($r=0,396$, $p=0,000$), Co ($r=0,247$, $p=0,001$), Cr ($r=0,227$, $p=0,002$) ve Ni ($r=0,265$, $p=0,000$), sudaki Zn ile AKM'deki Fe ($r=0,309$, $p=0,000$), Co ($r=0,177$, $p=0,017$) ve Cr ($r=0,272$, $p=0,000$), sudaki Co ile AKM'deki Fe ($r=0,220$, $p=0,003$), Cr ($r=0,213$, $p=0,004$), Al ($r=0,190$, $p=0,010$) ve Ni ($r=0,156$, $p=0,037$), sudaki Cr ile AKM'deki Fe ($r=0,259$, $p=0,000$), Cr ($r=0,294$, $p=0,000$), Al ($r=0,344$, $p=0,000$) ve Mn ($r=0,245$, $p=0,001$), sudaki Al ile AKM'deki Al ($r=0,205$, $p=0,006$), sudaki Ni ile AKM'deki Fe ($r=0,166$, $p=0,026$) arasında pozitif, Cu ($r= -0,352$, $p=0,000$), Pb ($r= -0,243$, $p=0,001$), Zn ($r= -0,306$, $p=0,000$) ve Co ($r= -0,171$, $p=0,022$), sudaki Al ile AKM'deki Zn ($r= -0,169$, $p=0,024$), sudaki Mn ile AKM'deki Ni ($r= -0,197$, $p=0,008$) arasında negatif önemli korelasyonlar bulunmuştur.

4.6.2. Deniz suyu ile sediment arasındaki korelasyonlar

Ay ve istasyon farkı dikkate alınmadan, sudaki Pb ile sedimentteki Cr ($r=0,296$, $p=0,003$), sudaki Cr ($r=0,321$, $p=0,001$) ile sedimentteki Cr arasında pozitif önemli korelasyonlar bulunmuştur.

4.6.3. Deniz suyu ile istiridye arasındaki korelasyonlar

Ay ve istasyon farkı dikkate alınmadan, sudaki Cd ile istiridyedeki Cd ($r = -0,280$, $p = 0,006$), Pb ($r = -0,379$, $p = 0,000$) ve Ni ($r = -0,340$, $p = 0,002$), sudaki Fe ile istiridyedeki Cr ($r = -0,259$, $p = 0,017$), sudaki Cu ile istiridyedeki Pb ($r = -0,250$, $p = 0,022$) ve Mn ($r = -0,219$, $p = 0,045$), sudaki Pb ile istiridyedeki Cd ($r = -0,239$, $p = 0,029$), Pb ($r = -0,349$, $p = 0,001$), Cr ($r = -0,240$, $p = 0,028$), Mn ($r = -0,348$, $p = 0,001$) ve Ni ($r = -0,292$, $p = 0,007$), sudaki Zn ile istiridyedeki Mn ($r = -0,298$, $p = 0,006$), sudaki Co ile istiridyedeki Pb ($r = -0,219$, $p = 0,045$) ve Ni ($r = -0,220$, $p = 0,044$), sudaki Cr ile istiridyedeki Mn ($r = -0,445$, $p = 0,000$), sudaki Al ile istiridyedeki Mn ($r = -0,310$, $p = 0,004$), sudaki Mn ile istiridyedeki Ni ($r = -0,245$, $p = 0,025$), sudaki Ni ile istiridyedeki Cd ($r = -0,394$, $p = 0,000$), Pb ($r = -0,459$, $p = 0,000$), Co ($r = -0,216$, $p = 0,048$) ve Ni ($r = -0,420$, $p = 0,000$) arasında negatif, sudaki Zn ile istiridyedeki Al ($r = 0,290$, $p = 0,007$) arasında pozitif önemli korelasyonlar bulunmuştur.

4.6.4. AKM ile sediment arasındaki korelasyonlar

Ay ve istasyon farkı dikkate alınmadan, AKM'deki Cd ile sedimentteki Cr ($r = -0,199$, $p = 0,046$), AKM'deki Zn ile sedimentteki Fe ($r = -0,277$, $p = 0,005$), AKM'deki Al ile sedimentteki Ni ($r = -0,200$, $p = 0,047$) arasında negatif, AKM'deki Fe ile sedimentteki Cr ($r = 0,416$, $p = 0,000$) ve Ni ($r = 0,215$, $p = 0,032$), AKM'deki Co ile sedimentteki Cu ($r = 0,347$, $p = 0,000$), AKM'deki Cr ile sedimentteki Co ($r = 0,226$, $p = 0,024$), Cr ($r = 0,336$, $p = 0,001$) ve Ni ($r = 0,217$, $p = 0,030$), AKM'deki Mn ile sedimentteki Mn ($r = 0,269$, $p = 0,007$), AKM'deki Ni ile sedimentteki Fe ($r = 0,205$, $p = 0,041$), Co ($r = 0,251$, $p = 0,012$), Cr ($r = 0,323$, $p = 0,001$) ve Ni ($r = 0,332$, $p = 0,001$) arasında pozitif önemli korelasyonlar bulunmuştur.

4.6.5. AKM ile istiridyedeki korelasyonlar

Ay ve istasyon farkı dikkate alınmadan, AKM'deki Cd ile istiridyedeki Cd ($r = -0,406$, $p = 0,000$), Pb ($r = -0,287$, $p = 0,008$), Co ($r = -0,306$, $p = 0,005$) ve Ni ($r = -0,374$, $p = 0,000$), AKM'deki Fe ile istiridyedeki Mn ($r = -0,281$, $p = 0,010$), AKM'deki Cu ile istiridyedeki Cd ($r = -0,231$, $p = 0,035$) ve Co ($r = -0,279$, $p = 0,010$) AKM'deki Pb ile istiridyedeki Cd ($r = -0,399$, $p = 0,000$), Pb ($r = -0,284$, $p = 0,009$), Co ($r = -0,234$, $p = 0,032$) ve Ni ($r = -0,405$, $p = 0,000$), AKM'deki Zn ile istiridyedeki Cd ($r = -0,235$, $p = 0,032$), AKM'deki Co ile istiridyedeki Cd ($r = -0,328$, $p = 0,002$), Pb ($r = -0,229$, $p = 0,036$) ve Ni ($r = -0,275$, $p = 0,011$), AKM'deki Cr ile istiridyedeki Mn ($r = -0,406$, $p = 0,000$), AKM ve istiridyedeki Mn ($r = -0,298$, $p = 0,006$), AKM'deki Ni ile istiridyedeki Pb ($r = -0,282$, $p = 0,009$) ve Ni ($r = -0,263$, $p = 0,015$) arasında negatif, AKM'deki Cd ile istiridyedeki Cr ($r = 0,220$, $p = 0,044$) ve Mn ($r = -0,305$, $p = 0,005$), AKM'deki Cu ile istiridyedeki Cr ($r = 0,241$, $p = 0,027$), AKM'deki Pb ile istiridyedeki Fe ($r = 0,237$, $p = 0,030$) ve Mn ($r = 0,269$, $p = 0,013$), AKM'deki Zn ile istiridyedeki Mn ($r = 0,246$, $p = 0,024$), AKM'deki Co ile istiridyedeki Al ($r = 0,241$, $p = 0,027$), AKM'deki Mn ile istiridyedeki Cd ($r = 0,409$, $p = 0,000$), Pb ($r = 0,380$, $p = 0,000$), Co ($r = 0,312$, $p = 0,004$) ve Ni ($r = 0,293$, $p = 0,007$) arasında pozitif önemli korelasyonlar bulunmuştur.

4.6.6. Sediment ile istiridyedeki korelasyonlar

Ay ve istasyon farkı dikkate alınmadan, sedimentteki Cd ile istiridyedeki Cu ($r = 0,215$, $p = 0,049$) ve Zn ($r = 0,215$, $p = 0,049$), sedimentteki Fe ile istiridyedeki Cd ($r = 0,222$, $p = 0,042$), sedimentteki Cu ile istiridyedeki Cr ($r = 0,219$, $p = 0,045$), sedimentteki Pb ile istiridyedeki Cd ($r = 0,221$, $p = 0,043$), sedimentteki Mn ile istiridyedeki Cd ($r = 0,397$, $p = 0,000$), Pb ($r = 0,365$, $p = 0,001$), Co ($r = 0,353$, $p = 0,001$) ve Ni ($r = 0,336$, $p = 0,002$) arasında pozitif, sedimentteki Cr ile istiridyedeki Pb ($r = -0,220$, $p = 0,044$) ve Ni ($r = -0,250$, $p = 0,022$) arasında negatif önemli korelasyonlar bulunmuştur.

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

5.1. Deniz Suyunda Ağır Metal Konsantrasyonları

Mevcut çalışmada, ay ve istasyon farkı gözlemeksizin deniz suyundaki ortalama ağır metal konsantrasyonları; Cd: 0,0550, Fe: 0,2995, Cu: 0,0652, Pb: 0,6173, Zn: 0,0709, Co: 0,2589, Cr: 0,1689, Al: 0,1875, Mn: 0,1079 ve Ni: 0,2769 mg/l olarak bulunmuştur. Metallerin denizlerdeki ve iç sulardaki doğal düzeyleri (çizelge 1.1) ile karşılaştırıldığında bu değerlerin çok yüksek olduğu gözle çarpılmaktadır. Diğer taraftan, denizlerde ve iç sulardaki müsaade edilebilir değerlerle mukayese edildiğinde (çizelge 1.1) ise, Ni, Mn, Co ve Fe konsantrasyonlarının düşük, diğerlerinin ise yüksek olduğu görülmektedir. Bu bağlamda, İskenderun Körfezi sularının, Cd, Cu, Pb, Zn, Cr ve Al bakımından metal kirliliğine maruz kaldığı söylenebilir.

Yapılan çalışmalarda, Karadeniz açıklarında, Cd; 0,078 Cu; 6,7 Ni; 9,4 nM/L (Haraldson and Westerlund, 1991), Cd; 1,33-14,23 Cu; 15,74-3462 Mn; 6,92-175 nM/L (Medinets *et al.* 1994), Cd; 0,36-13,7 Cu; 4,7-36,2 Mn; 0,0-29,1 nM/L (Zeri *et al.* 2000), Meksika Körfezi'nde, Cd; 0,02 Cu; 0,2-1,7 Fe; <1 Mn; 0,5 Ni; 0,25-1,16 Pb; 0,02-0,05 Zn; 5 µg/l (Trefry *et al.* 1996), Atatürk baraj gölünde, Cu; 0,025-0,22 Fe; 0,062 Mn; 0,0039-0,0041 N; 0,011-0,0154 Zn; 0,064-0,197 ppm (Karadede and Ünlü 2000), Kuzey Ege Denizi farklı derinliklerde, Cd; 0,019-0,420 Cu; 0,74-5,93 Mn; 0,07-44,98 Ni; 2,26-8,43 nM/l, Güney Ege Denizi farklı derinliklerde, Cd; 0,016-0,176 Cu; 0,48-5,19 Mn; 0,18-9,31 Ni; 0,08-9,83 nM/l (Voutsinou *et al.* 2000), İtalya'nın Sicilya bölgesi Favignana adası açıklarında, Cd; 98-183 Cr; 86-144 ng/l, Cu; 0,51-0,82 Pb; 0,32-0,92 Zn; 1,76-5 µg/l (Campanella *et al.* 2001), Kore'nin kuzey doğusu, Masan körfezinde, Cd; 0,08 Cr; 0,19 Cu; 0,91 Ni; 0,72 Pb; 0,64 Zn; 2,17 µg/l (Kwon and Lee 2001), Batı Polonya'da 9 adet gölde, Cd; 0,1-4,9 Co; 13-65 Cr; 2,6-7 Cu; 3-198 Mn; 7-1480 Ni; 4-55 Pb; 1-143 Zn; 86-751 Al; 8-4400 µg/l (Samecka-Cymerman and Kempers 2001), Kaliforniya'nın sahil sulak alanları ve lagünlerinde, sudaki Cd; 0,05 Cr; 0,01-0,06 Cu; 0,02-0,09 Ni; 0,02-0,05 Pb; 0,05-0,21 ve Zn; 0,03-0,14 mg/l (Tamira *et al.* 2001), Mısır'da Quran Gölü'nde, Cd; 0,0-0,202 Co; 0,0-0,041 Cr; 0,088-3,88 Cu;

0,047-0,294 Fe; 0,231-1,24 Mn; 0,042-0,782 Ni; 0,0-0,355 Pb; 0,0-0,053 Zn; 0,005-0,043 mg/l (Mansour and Sidky 2002), Taxoma gölünde, Cd; 0,02 Co; <0,002 Cr; 0,004 Cu; 0,024 Fe; 0,119 Mn; 0,007 Ni; 0,05 Pb; <0,05 Zn; 0,059 Al; 0,092 mg/l (An and Kampbell 2003) olarak bildirilmektedir. Mevcut çalışmada elde edilen değerler diğer bölgelerdeki sonuçlarla karşılaştırıldığında, incelenen bazı metaller bakımından benzerlikler olmakla birlikte farklılıkların da olduğu görülmektedir. Bu durum, incelenen bölgeleri çevreleyen karasal ortamların özellikleri, endüstriyel, tarımsal ve kentsel faaliyetler ile ortamın özellikleri gibi bölgeler arasındaki farklılık ve benzerliklerden kaynaklanabilir.

İstasyonlar dikkate alınmadan sadece aylar arasında yapılan Duncan testinde bütün metaller bakımından farklılıkların istatistiksel olarak önemli olduğu gözlenmiştir ($p<0,05$). Yapılan pek çok çalışmada sularda ağır metal düzeylerinin mevsimsel olarak farklılık gösterdiği bildirilmektedir. Batı Akdeniz sularında yaz aylarında, Co; 0,033 Fe; 0,81 Ni; 1,65 Pb; 0,044 nM, iken kış aylarında, Co; 0,139 Fe; 5,31 Ni; 4,46 Pb; 0,321 nM olarak bildirilmiştir (Morley *et al.* 1997). Hindistan'da bir nehir sisteminde sudaki konsantrasyonların yağışlı dönemlerde yükseldiği bildirilmiştir (Jain and Sharma 2001).

Aylar dikkate alınmadan istasyonlar arasında yapılan Duncan testinde sadece Fe ve Mn metalinde farklılıkların istatistiksel olarak önemli olduğu görülmüştür ($p<0,05$). Buradan hareketle, deniz suyundaki Fe ve Mn konsantrasyonlarının diğer metallere oranla, mevsimsel değişimlerden daha fazla etkilenmiş olabileceği söylenebilir.

5.2. AKM'de Ağır Metal Konsantrasyonları

Bu çalışmada, ay ve istasyon farkı gözlenmeksizin AKM'deki ortalama ağır metal konsantrasyonları; Cd: 23,300, Fe: 29008, Cu: 345,41, Pb: 333,03, Zn: 940,35, Co: 100,81, Cr: 579,73, Al: 20060, Mn: 814,56 ve Ni: 594,15 mg/kg kuru ağırlık olarak bulunmuştur. Yapılan çalışmalarda, Amazon Nehri'nde, Cr; 194 Cu; 266 Mn; 1033, aynı sırayla Orinoco Nehri'nde, 84, 61, 588, Yukon Nehri'nde, 115, 416, 1271, Zaire

Nehri'nde, 211, 100, 1400 (Huang *et al.* 1992), Rhine ve Mouse Körfezi'nde, 88-207, 25-138, 800-1400 (Paalman and van der Weijen 1992), kuzey batı İspanya Ula Nehri'nde, Cd; 7,02-27,14 Cr; 21,43-126,35 Cu; 6,84-755,71 Mn; 27,57-5079,64 Ni; 42,66-130,66 Pb; 20,36-197,79 Zn; 163,73-3380,71 (Belzunce-Segarra *et al.* 1997b), Brezilya Patos Lagünü ve Körfezi'nde, Cu; 0,4-216,7 Fe; 0,34-197870 Pb; 1,3-65,74 Zn; 2,7-489,7 Al; 4730-600990 (Niencheski and Baumgarten 2000), Arjantin Parana Deltası'nda, Cd; 14-22,2 Cr; 280-368 Cu; 52,5-60,4 Ni; 58,4-94,2 Pb; 113-263, Fiji, Laucala Körfezi'nde, Cd; 1,43 Cu; 124,4 Fe; 79200 Pb; 5,94 Zn; 188 Al; 107800 (Morrison *et al.* 2001) mg/kg kuru ağırlık olarak bildirilmektedir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar diğerleriyle karşılaştırıldığında; İskenderun Körfezi AKM'sindeki ağır metallere Cd'un Laucala Körfezi'nden yüksek, diğerlerine yakın, Fe'in diğer tüm bölgelerden düşük, Cu'nun Amazon, Orinoco ve Zaire nehirleri, Rhine ve Mouse Körfezi, Patos Lagünü ve Körfezi, Parana Deltası ve Laucala Körfezi'nden yüksek, diğerlerine yakın, Pb'un tüm bölgelerden yüksek, Zn'nun Patos Lagünü ve Körfezi ile ve Laucala Körfezi'nden yüksek değeriyle uyumlu, Cr'un karşılaştırılan bütün bölgelerden yüksek, Al'un genel olarak düşük, Mn'in Amazon, Yukon ve Zaire nehirlerinden düşük diğerlerinin sınırları arasında, Ni'in genel olarak incelenen bölgelerden yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum söz konusu metaller bakımından incelenen bölgelerin kirlilik düzeyleri arasındaki farklılıkların bir göstergesi olabilir.

İstasyonlar dikkate alınmadan sadece aylar arasında yapılan Duncan testinde AKM'de incelenen bütün metaller bakımından farklılıkların istatistiksel olarak önemli olduğu gözlenmiştir ($p < 0,05$). Yapılan bazı çalışmalarda askıdaki katı maddedeki ağır metal konsantrasyonlarının yağışlı ve kurak dönemlerde mevsimsel olarak değiştiği bildirilmektedir (Gundacker 2000, Edwards *et al.* 2001). Aylar dikkate alınmadan istasyonlar bazında yapılan Duncan testinde Cd ve Co hariç bütün metaller arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,05$). Yapılan pek çok çalışmada ağır metallerin istasyonlar arasında farklılık arz edebileceği bildirilmektedir.

5.3. Sedimentte Ağır Metal Konsantrasyonları

Mevsim ve istasyon farkı gözetmeksizin sedimentteki ortalama ağır metal konsantrasyonları; Ay ve istasyon farkı gözetmeksizin sedimentte ortalama ağır metal konsantrasyonları; Cd: 4,4725, Fe: 49921, Cu: 37,053, Pb: 141,63, Zn: 232,87, Co: 79,040, Cr: 1419,8, Al: 25574, Mn: 1304,5 ve Ni: 795,81 mg/kg kuru ağırlık olarak bulunmuştur. Sedimentte yapılan çalışmalarda; Doğu Çin Denizi resif bölgesinde, Cd; 0,15-0,20 Co; 10-15 Cr; 40-45 Cu; 15-20 Fe; 30000-35000 Mn; 400-550 Ni; 20-25 Pb; 25-30 Zn; 60-70 Al; 50000-60000 (Qin *et al.* 1987), Karadeniz'in güneyinde, Cu; 49 Fe; 32800 Mn; 570 Ni; 77 Pb; 34 Zn; 87 (Yücesoy 1991), kuzey Marmara resif bölgesinde, Cu; 21 Fe; 29700 Mn; 404 Pb; 24 Zn; 71 (Çağatay 1996), Hong Kong'un batı sularında, Cr; 18-95 Cu; 18-375 Fe; 175000-330000 Mn; 250-460 Ni; 10-62 Pb; 23-55 Zn; 52-195 Al; 93000-200000 (EPD 1996), Doğu Çin Denizi Changjiang Körfezi'nde, Co; 10-20 Cr; 50-100 Cu; 10-50 Fe; 30000-45000 Mn; 500-1000 Ni; 20-50 Pb; 20-30 Zn; 60-140 Al; 50000-100000 (Zhang and Ying 1996), kuzey batı İspanya Ulla Koyu'nda, Cd; 0,01-0,92 Cr; 19,64-1035,15 Cu; 4-300 Mn; 122-2110 Ni; 7-357 Pb; 25,58-68,16 Zn; 20,30-272,3 (Belzunce-Segarra *et al.* 1997b), Kuzey Kutbu Chukchui Denizi'nde, Co; 16-74 Cr; 38-141 Cu; 8-31 Fe; 7000-81000 Mn; 95-610 Ni; 10-38 Zn; 23-106 (Naidu *et al.* 1997), İspanya Bilbao Koyu'nda, Cd; 3-6 Co; 9-10 Cr; 61-81 Cu; 128-149 Fe; 32200-46900 Mn; 245-425 Ni; 24-26 Pb; 159-225 Zn; 536-744 (Saiz-Salinas 1997), Cd; 4-112 Co; 7-50 Cr; 93-157 Cu; 118-1785 Fe; 26700-73700 Mn; 235-409 Ni; 22-55 Pb; 126-1112 Zn; 586-5261 (Ruiz and Saiz-Salinas 2000), Erdek Körfezi'nde, Cu; 28 Fe; 30000 Mn; 384 Ni; 52 Pb; 40 Zn; 125 (Balkıs 1998), Yunanistan güney Evoikes Koyu'nda, Cd; 0,095-0,652 Cr; 247-404 Cu; 11,4-43 Fe; 19300-52800 Mn; 331-536 Ni; 246-698 Pb; 7,29-36,7 Zn; 39,5-129 Al; 37500-61000 (Angelidis and Aloupi 2000), Ege Denizi sahil bölgesi ve Mytilen Limanı'nda, Cd; 0,03-0,495 Cr; 40-154 Cu; 5,34-86,2 Fe; 7700-28100 Mn; 171-360 Pb; 20,7-93 Zn; 12,9-230 Al; 18600-53400 (Aloupi and Angelidis 2001), Belçika'da yapılan bir çalışmada, Cd; 0,07-0,72 Cu; 0,30-10,2 Pb; 2,1-8,8 Zn; 4,7-123 (Bervoets *et al.* 2001), Batı Polonya'da 9 gölde, Cd; 0,08-303 Co; 3,8-259 Cr; 20-165 Cu; 0,2-18,6 Fe; 115-21500 Mn; 3-158 Ni; 0,2-31 Pb; 1-64 Zn; 3-131 Al; 117-2250 (Samecka-Cymerman

and Kempers 2001), Kuzey Ege Denizi Saros Körfezi'nde, Cu; 19 Fe; 27900 Mn; 451 Ni; 60 Pb; 22 Zn; 73 (Sarı and Çağatay 2001) mg/kg kuru ağırlık olarak bildirilmiştir. Sediment için mevcut çalışmada elde edilen ağır metal konsantrasyonları, diğer bölgeler için bildirilen değerlerle karşılaştırıldığında; bölgelerin kirlilik durumları arasındaki benzerlik ve farklılıklar bariz olarak göze çarpmaktadır.

İstasyonlar dikkate alınmadan sadece mevsimler arasında yapılan Duncan testinde sedimentte incelenen bütün metaller bakımından farklılıkların istatistiksel olarak önemsiz olduğu, dolayısıyla mevsimsel değişimlerden çok fazla etkilenmediği görülmektedir. Sediment ağır metal konsantrasyonlarının kısa süreli olarak çok fazla değişken olmadığı, fakat uzun zaman süreçlerinde önemli farklılıkların olabileceği bildirilmektedir (Bradford and Luoma 1980, Maedor *et al.* 1998, Esslemont 2000, Rubio *et al.* 2000, Tanner and Leong 2000). Güney Avustralya'da endüstriyel ve metropolitan merkezlere yakın bölgelerde sestonda yapılan çalışmada, Cd, Pb, Cu ve Zn gibi ağır metal konsantrasyonlarında önemli mevsimsel farklılıkların olduğu ve genellikle kış değerlerinin ilkbahar değerlerinden daha yüksek çıktığı bildirilmektedir (Edwards *et al.* 2001). Aynı şekilde, sedimentteki Cd, Cu, Mn, Ni, Pb ve Zn konsantrasyonlarının mevsimsel olarak önemli farklılıklar gösterdiği bildirilmektedir (Wright and Mason 1999).

Mevsimler dikkate alınmadan istasyonlar bazında yapılan Duncan testinde Fe ve Cd hariç diğer metaller arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,05$). Ni, Cr ve Co'ca birinci, Zn, Cu, Fe, Mn ve Pb'ca üçüncü, Al ve Cd'ca beşinci istasyonun diğerlerinden daha fazla, Al, Zn, Pb, Cu ve Fe'ce birinci, Mn ve Cd'ca ikinci, Cr ve Co'ca üçüncü, Ni'ce beşinci istasyonun diğerlerinden daha az kirliliğe maruz kaldığı görülmektedir. Nitekim, sedimentlerle yapılan farklı çalışmalarda istasyonlar arasındaki kirlilik düzeylerinin farklılık gösterdiği bildirilmektedir (Rubio *et al.* 1996, Rivoar *et al.* 1998, Prego *et al.* 1999, Li *et al.* 2000).

Mevcut çalışmada sediment ağır metal konsantrasyonları arasında önemli pozitif korelasyonlar gözlenmiştir. Doğu İngiltere, Stour ve Orwel koyları sedimentlerinde Cd,

ile Cu; Cu ile Zn, Pb ile Zn; Cu ile Pb arasında pozitif önemli korelasyonlar bildirilmiştir (Wright and Mason 1999). Laucala Körfezi Sedimetlerindeki Al ile Fe, Mn, Zn, Cu; Fe ile Mn, Zn, Cu; Mn ile Zn, Cu; Zn ile Cu arasında önemli pozitif korelasyonlar bildirilmektedir (Morrison *et al.* 2001). Aynı çalışmada, körfezdeki sedimentin en önemli kaynağının nehirler vasıtasıyla taşınan askıdaki katı madde yükü olabileceği ve dolayısıyla dip sedimentlerinin metal içeriklerinin büyük oranda karasal yüklerden kaynaklanabileceği bildirilmektedir.

5.4. DTİ'de Ağır Metal Konsantrasyonları

Mevsim ve istasyon farkı gözlemeksizin DTİ'de ortalama ağır metal konsantrasyonları; Cd: 10,386, Fe: 177,77, Cu: 16,477, Pb: 99,376, Zn: 74,420, Co: 7,6425, Cr: 14,142, Al: 85,897, Mn: 28,090 ve Ni: 36,143 mg/kg kuru ağırlık olarak bulunmuştur. Meksika Körfezi'nde *Crossostrea virginica* türünde Cd; 4-6 Cu; 150-250 Fe; 290-370 Mn; 14-18 Ni; 1,8-2,2 Pb; 0,6 Zn; 1880-2150 (Presley *et al.* 1990), aynı bölge ve aynı türde Cd; 5,4-6 Fe; 320-480 Ni; 1-13 Pb; 0,4-0,6 (Trefry *et al.* 1995), Cd; 5-7 Cu; 98-140 Fe; 320-480 Mn; 18-28 Ni; 1 Pb; 0,4-0,6 Zn; 1880-2150 (Trefry *et al.* 1996), İspanya'nın kuzey batısı Glacian koylarında *Mytilus galloprovincialis* türünde Co; 2-11 Cr; 3-26 Cu; 12-291 Ni; 4-24 Pb; 7,7-30 Zn; 190-996, bivalve türlerinden *Scrobicularia plana*'da Co; 4-23 Cr; 1-508 Cu; 22-10879 Ni; 2-434 Pb; 7,7-103 Zn; 289-1375, *Cerastoderma edule*'de Co; 1-24 Cr; 11-100 Cu; 3-429 Ni; 8-304 Zn; 77-233 (Carral *et al.* 1995), İngiltere'nin çeşitli koy ve körfezlerinde *Mytilus edulis* türünde Cd; 1,1-13,95 Co; 0,42-4,89 Cr; 4,64-14,9 Cu; 1,51-29,87 Fe; 65,2-436,53 (Dyrynda *et al.* 1998), *Mya arenaria* midyesinde Baltık Denizi açıklarında, Cd; 2,35 Co; 2,24 Cr; 0,82 Cu; 13,4 Fe; 1380 Mn; 70,1 Ni; 4,12 Pb; 5,22 Zn; 269, aynı türde Norveç Denizi açıklarına, Cd; 1,68 Co; 3,11 Cr; 0,89 Cu; 4,64 Fe; 414 Mn; 37,9 Ni; 1,5 Pb; 0,48 Zn; 126 (Pempkowiak *et al.* 1999), İngiltere'nin doğusu Orwell ve Stour koyları, *Mytilus edulis* türünde Cd; 1,4-2,2 Cu; 8-14 Ni; 13-30 Pb; 3,2-5,9 Zn; 115-191 (Wright and Mason 1999), Hong Kong sularında *Perna viridis* türünde Cd; 0,41-4,1 Cr; 0,93-20,93 Cu; 8,38-42,02 Ni; 2,82-25,05 Pb; 1-17,8 (Chiu *et al.* 2000), İspanya'nın Bilbao Koyu'nda bir bivalve olan *Scrobiculata plana* türünde Cd; 1,2-1,5 Co; 30-100 Cr; 12-30 Cu; 3,98-5,05 Fe; 1556-

2371 Mn; 10-18 Ni; 3,48-6,5 Pb; 87-198 Zn; 1704 4139 (Ruiz and Saiz-Salinas 2000), Güney Doğu Kore Masan Körfezi'nde *Ostrea virginica* türünde Cd; 0,47 Cr; 0,04 Cu; 24,88 Ni; 0,08 Pb; 0,14 Zn; 393,32, *Mytilus edulis* türünde Cd; 0,28 Cr; 0,08 Cu; 1,06 Ni; 0,16 Pb; 0,14 Zn; 26,81 (Kwon and Lee 2001), Florida Körfezi'nde *Crassostrea virginica* türünde, Cd; 0,49-12,9 Cr; 0,29-11 Cu; 63-2013 Fe; 232-586 Mn; 11,4-38 Ni; 0,39-13,4 Zn; 925-9077 Al; 129-614 (Oliver *et al.* 2001), Kuzey İspanya Basque sahilinde *Crassostrea angulata* türünde Cd; 29,1 Cr; 2,8 Cu; 417 Ni; 3,96 Pb; 3,25 Zn; 3084, *Mytilus sp.* türünde Cd; 4,35 Cr; 3,15 Cu; 47 Ni; 4,35 Pb; 5,68 Zn; 1206 (Franco *et al.* 2002) mg/kg kuru ağırlık olarak bildirilmiştir. İstiridyeye için mevcut çalışmada elde edilen ağır metal konsantrasyonları, diğer bölgeler için bildirilen değerlerle karşılaştırıldığında; bölgelerin kirlilik durumları arasındaki benzerlik ve farklılıklar bariz olarak göze çarpmaktadır.

İstasyonlar dikkate alınmadan sadece mevsimler arasında yapılan Duncan testinde istiridyede Cu, Zn ve Cr hariç incelenen bütün metaller bakımından farklılıkların istatistiksel olarak önemli olduğu görülmüştür. Cd, Pb, Co, Al ve Ni Ocak, Fe, Cu, Cr ve Mn Nisan, Zn Ağustos ayında en yüksek düzeyde bulunmuştur. Organizmalarla yapılan çalışmalarda mevsimler arasında önemli farklılıkların olduğu bildirilmiştir (Rainbow *et al.* 2000, Ruiz and Saiz-Salinas 2000, Wong *et al.* 2000, Yarsan vd 2000, Franco *et al.* 2002). Örneğin, Kaliforniya'nın güney doğusu Mazaltan Körfezi'nde *Crassostrea iridescens* türü ile yapılan çalışmada, ilkbahar aylarında Cd; 2,49 Cr; 1 Cu; 44,8 Fe; 1237 Mn; 11,3 Ni; 1,87 Pb; 4,64 Zn; 842, aynı sırayla yazın; 1,81-0,55-141,9-2490-29,4-3,09-1,47-1905, sonbaharda; 2,6-1,13-118,9-4168-15,9-7,25-2,19-370, kışın; 2,48-1,28-42,1-2363-18,5-9,43-0,93-1527 mg/kg kuru ağırlık olarak bildirilmektedir (Soto-Jimanez *et al.* 2001). Diğer taraftan, *Crassostrea virginica*'daki Cu ve Cd konsantrasyonlarının mevsimsel olarak önemli varyasyonlar gösterdiği ve incelenen bütün metallerin yaz ve sonbahar aylarında maksimum seviyelerde olduğu bildirilmektedir (Riedel *et al.* 1998). Doğu İngiltere, Stour ve Orwel koylarında bazı organizmalarda Cd, Cu, Mn, Ni, Pb ve Zn gibi ağır metal konsantrasyonlarının kışın maksimum yazın ise minimum düzeyde olduğu bildirilmektedir (Wright and Mason 1999).

Mevsimler dikkate alınmadan istasyonlar bazında yapılan Duncan testinde Cu, Zn ve Mn hariç diğer metaller arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,05$). Cr'ca birinci, Cu, Zn, Co, Al, Mn'ca ikinci, Cd, Fe, Pb ve Ni'ce beşinci istasyonun diğerlerinden daha fazla, Cd, Fe, Cu, Pb, Zn, Co, Mn ve Ni'ce birinci, Cr'ca ikinci, Al'ca beşinci istasyonun diğerlerinden daha az kirliliğe maruz kaldığı görülmektedir. Nitekim, istiridye ve midye gibi türlerle yapılan çalışmalarda canlılardaki ağır metal birikimlerinin istasyonlar arasındaki kirlilik düzeylerine göre farklılık gösterdiği bildirilmektedir (Trefry *et al.* 1996, Blackmore and Chan 1998, Blackmore and Rainbow 2000, Oliver *et al.* 2001, Besada *et al.* 2002, Franco *et al.* 2002). İtalya Favignana Adası civarında yapılan çalışmada istasyonlar arasında *Monodonta turbinata* türünde Cd, Cu, Pb ve Zn, *Patella caurela* türünde ise Cd, Pb ve Zn konsantrasyonlarının önemli farklılıklar gösterdiği bildirilmiştir (Campanella *et al.* 2001). Aynı çalışmada, incelenen organizmaların ağır metal konsantrasyonları arasında pozitif ve negatif önemli korelasyonlar bildirilmiştir.

5.5. AKM, Sediment ve DTİ'deki Konsantrasyonlar Arasındaki Farklılıklar

AKM'deki Cd, Cu ve Zn sedimenttekinden, sedimentteki Fe ve Cr AKM'dekinden bütün aylarda, AKM'deki Co ve Ni sadece Ocakta sedimentten yüksek, sedimentteki Al sadece Temmuz, Mn Nisan, Pb ise Ocak ve Nisanda AKM'den düşük olup, aylara göre yapılan Duncan testinde farklılıklar; Fe'de bütün aylarda, Cd ve Zn'da Temmuz, Cu'da Nisan hariç tüm aylarda, Pb ve Mn'da Ocak, Co'da Ocak ve Nisan, Cr'da Ekim ve Ocak, Al'da Ekim ve Nisan, Ni Nisan ve Temmuz aylarında istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Hindistan'da yapılan bir çalışmada, sedimentteki metal konsantrasyonlarının AKM'den düşük olmasının sebebi, sedimentin akıntılardan daha az etkilenmesi olabileceği vurgulanmıştır (Jain and Sharma 2001).

AKM'deki ağır metal konsantrasyonları bütün aylarda DTİ'nden yüksek olup, aylara göre yapılan Duncan testinde farklılıklar; Fe, Cu, Zn ve Al'da bütün aylarda, Cd ve Pb'da Ocak ve Nisan, Co ve Ni'de Nisan, Mn'da Ekim ve Temmuz aylarında istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Sedimentteki Cd Nisan ve Temmuz, Pb sadece

Ocak, diğer metaller ise bütün aylarda DTİ'nden yüksek olup, aylara göre yapılan Duncan testinde farklılıklar; Fe, Co, Cr, Al ve Ni'da tüm aylarda, Cd'da Nisan, Pb'da Ekim ve Ocak, Mn'da ise Nisan hariç bütün aylarda istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Yapılan pek çok çalışmada, AKM, sediment ve organizmalardaki ağır metaller arasında farklılıkların olduğu bildirilmektedir (Trefry *et al.* 1996, Gundacker 2000, Guhathakurta and Kaviraj 2000, Ruiz and Saiz-Salinas 2000, Morrison *et al.* 2001).

AKM'deki Cd, Cu, Pb ve Zn sedimenttekinden, sedimentteki Fe, Cr ve Mn AKM'dekinden bütün istasyonlarda yüksek, sedimentteki Al sadece birinci, Ni beşinci, AKM'deki Co sadece birinci istasyonda sedimentten düşük olup, sadece istasyonlar arasında yapılan Duncan testinde farklılıklar; Cd'da 1. istasyon hariç diğerlerinde, Pb'da 3, 4 ve 5., Cr'da 1 ve 2., Al'da 3 ve 5., Mn'da 3., Ni'de 1 ve 4., Fe, Cu ve Zn'da ise bütün istasyonlarda istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Belzunce-Segarra *et al.* (1997b), Rivarolo *et al.* (1998), Gundacker (2000) ve Morrison *et al.* (2001) yaptıkları çalışmalarda ağır metal konsantrasyonları arasında benzer farklılıklar rapor etmişlerdir.

AKM'deki incelenen bütün ağır metaller tüm istasyonlarda DTİ'nden yüksek olup, sadece istasyonlar arasında yapılan Duncan testinde farklılıklar; Pb' da 5., Cr'da 1., Ni'de 1 ve 2., Fe, Cu, Zn, Co ve Al'da bütün istasyonlarda istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. DTİ'deki Cu 1., Cd ise bütün istasyonlarda sedimenttekinden yüksek olmasına rağmen, incelenen diğer metallerin konsantrasyonları bütün istasyonlarda sedimentten düşük bulunmuş olup, istasyonlara göre yapılan Duncan testinde farklılıklar; Cd'da 5., Cr ve Ni'de 1 ve 2., Mn'da 1., Fe, Co ve Al'da bütün istasyonlarda istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Bivalve türlerinden *Anodonta sp.*, *Unio pictorum* ve sedimentlerle yapılan bir çalışmada, genellikle sediment ağır metal konsantrasyonlarının daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Gundacker 2000).

5.6. Su, AKM, Sediment ve DTİ Konsantrasyonları Arasındaki Korelasyonlar

İncelenen ağır metallerin deniz suyu ile AKM arasındaki ilişkiler incelendiğinde, pozitif yöndeki önemli korelasyonların çok daha fazla olduğu görülmektedir. Dolayısıyla, iz elementlerin sudaki konsantrasyonları arttıkça, AKM'deki konsantrasyonları da artmakta ya da azalmasıyla azalmaktadır. Buradan hareketle, AKM metal konsantrasyonlarının deniz suyundaki değişikliklerden çok fazla etkilendiği ve AKM'nin sudaki miktarları yansıtılabileceği söylenebilir. Suda mineral halde bulunan iz elementler suyu filtre ederek beslenen fitoplanktonik organizmalar tarafından kullanılmaktadır. Aynı şekilde, zooplanktonik organizmalar da suyu filtre eden fitoplanktonlarla beslenmektedir. Bu durumda sudan, fitoplanktona ve ondan da zooplanktona iz metallerin biyolojik olarak birikimi (Biyoakümülyasyon) söz konusudur. Dolayısıyla, deniz suyu ve AKM arasında pek çok iz metal bakımından önemli korelasyonların olması muhtemeldir. Yapılan bir çalışmada sudaki ve biyomastaki Mn, Ni, Pb, Cr ve Fe gibi ağır metaller arasında pozitif ve negatif korelasyonlar bildirilmiştir (Szymanowska *et al.* 1999). Yine, Texoma Gölü liman bölgesi sedimentlerindeki Cd, Cr, Ni, Pb Al gibi metaller arasında önemli pozitif korelasyonlar bildirilmiştir (An and Kampbell 2003).

Deniz suyu ile sediment arasındaki korelasyonlar incelendiğinde ise, Cr ve Pb haricinde önemli korelasyonlar olmadığı görülmektedir. Bu durumda, sedimentteki metal konsantrasyonlarının deniz suyundaki değişikliklerden pek fazla etkilenmediği söylenebilir. Yoğun yağışların etkisiyle kontamine olmuş karasal ortamlarla, dere ve nehir yatağı sedimentlerindeki ağır metallerin kıyısız bölgelere deşarj olarak deniz suyu, AKM ve sedimentlere karıştığı bildirilmektedir (Hung *et al.* 2001). Bu durumda, deniz suyu, AKM ve sediment konsantrasyonları arasındaki korelasyonları etkileyen sebeplerin, iz metallerin dağılımını etkileyen esas faktörlerden olan absorpsiyon ve desorpsiyon gibi süreçlerin olabileceği bildirilmektedir (Hung *et al.* 2001).

Deniz suyu ile DTİ arasında Zn ve Al hariç pozitif yönde önemli ilişkilerin olmaması, istiridyedeki iz metal konsantrasyonlarının sudan pek fazla etkilenmediği ve dolayısıyla,

sudaki miktarları da yansıtamayacağını göstergesi olabilir. Tayvan sahil suları ile molluska türlerindeki Zn, Cd, Pb, Cu, Ni, ve Cr gibi ağır metal konsantrasyonları arasında genellikle negatif yönde olmak üzere her iki yönde de önemli korelasyonların varlığına işaret edilmiştir (Hung *et al.* 2001). Aynı çalışmada, su ve istiridye (*Crossastrea gigas*) arasında da benzer ilişkiler bildirilmiştir. Yapılan bir çalışmada, su ve bitkideki metaller arasında pozitif ve negatif önemli korelasyonlar bildirilmiştir (Samecka-Cymerman and Kempers 1999).

AKM ve sediment arasında pozitif ve negatif yönde önemli korelasyonların olması, her iki materyal arasında karşılıklı ilişkilerin varlığına işaret etmektedir. Yapılan çalışmalarda, sediment ve AKM konsantrasyonları arasında önemli korelasyonlar bulunmuştur (Guhathakurta and Kaviraj 2000, Rubio *et al.* 2000, Ruiz and Saiz-Salinas 2000)

AKM ve istiridye arasındaki korelasyonlar, DTİ'deki Cr ve Mn'in AKM'deki Cd, DTİ'deki Cr'un DTİ'deki Cu, istiridyedeki Fe ve Mn'in AKM'deki Pb, istiridyedeki Mn'in AKM'deki Zn, istiridyedeki Al'un AKM'deki Co, istiridyedeki Cd, Pb, Co ve Ni'in AKM'deki Mn konsantrasyonlarından doğru orantılı olarak etkilendiği söylenebilir. Yapılan çalışmalarda, benzer ilişkilerin olduğu bildirilmektedir (Ruiz and Saiz-Salinas 2000, Morrison *et al.* 2001).

Sediment ve DTİ arasında genellikle pozitif olmak üzere her iki yönde de önemli korelasyonlar bulunmuştur. Phillips and Yim (1981) sediment ile *Perna viridis*'teki, Langston (1986) sediment ile bentik organizmalardaki metaller arasında önemli pozitif korelasyonlar bildirmişlerdir. Su ve bitkideki metal konsantrasyonları arasındaki pozitif ilişkilerin, bu bitkilerin suyun kimyasal olarak izlenmesine ilaveten ortamın kimyasal kalitesini belirlemede de kullanılabilceğini gösterdiği rapor edilmiştir (Samecka-Cymerman and Kempers 2001). Bir bivalve türü olan *Anodonta sp.* ile sediment Cd, Cu, Pb ve Zn gibi ağır metal konsantrasyonları arasında genellikle pozitif, *Unio pictorium* ile sediment arasında ise daha çok negatif önemli ilişkilerin olduğu bildirilmiştir (Gündacker 2000). Carral *et al.* (1995) yaptıkları çalışmada organizmalar ile sediment

metal konsantrasyonları arasında önemli ilişkilerin varlığına işaret etmişlerdir. Tayvan sahil sularında sediment ve molluska türlerinde Zn, Cd, Pb, Cu, Ni, ve Cr gibi ağır metal konsantrasyonları pozitif ve negatif yönde önemli korelasyonlar bildirilmiştir (Hung *et al.* 2001). Aynı çalışmada, istiridye (*Crossostrea gigas*) ve sediment konsantrasyonları arasında da benzer ilişkilere değinilmiştir. Yine yapılan bir diğer çalışmada, *Perna viridis* türü ile sedimentteki Cd, Cu ve Pb konsantrasyonları arasında önemli korelasyonlar olduğu ve dolayısıyla bu türün, söz konusu metaller için uygun bir biyomonitor olabileceği bildirilmiştir (Yap *et al.* 2002).

Araştırmadan elde edilen bulgular genel olarak irdelendiğinde; İskenderun Körfezi deniz suyunda incelenen ağır metal konsantrasyonlarının doğal düzeylerin çok üzerinde olduğu, müsaade edilebilir düzeyler açısından incelendiğinde ise (çizelge 1.1), Cd, Cu, Pb, Zn, Cr ve Al açısından kirliliğe maruz kaldığı görülmektedir. AKM'deki kirliliğin sedimente göre Cd, Cu, Pb, Zn ve Co açısından, istiridyeye göre ise tüm metaller açısından yüksek olduğu görülmektedir. Diğer taraftan, sedimentin kirlilik düzeyi Cd haricindeki metaller için istiridyeden yüksek bulunmuştur. Fe düzeyleri suda düşük bulunmasına rağmen, AKM, sediment ve istiridyede tüm metallerden yüksek olup, ikinci sırada Al gelmektedir. Görüleceği gibi, İskenderun Körfezi incelenen metaller açısından bariz bir kirlilik tehdidi altındadır.

Bu tehlikenin önüne geçilebilmesi için, farklı derinliklerden su, sediment, AKM, bitkisel ve hayvansal organizma örnekleri alınıp, derinlikler bazında körfezin mevsimsel olarak ağır metal haritası oluşturularak, takip eden yıllarda değişiklikler izlenmeli. Diğer taraftan, istasyon sayısı daha da artırılarak sanayi tesislerinin bulunduğu yerlerden çok noktadan örneklemelemlerle (özellikle tesislerin deşarj atıkları analiz edilerek, karşılaştırma yapılmalı) bu tesislerin metaller bazında tek tek körfezi kirletme boyutları araştırılmalı. Bu tür çalışmalar, örnek olarak Florida ve Kaliforniya körfezleri gibi yerlerde sürekli olarak yapılmaktadır. Bu şekilde, tedbirlerin nasıl ve nerelerde öncelikli olarak alınması gerektiği bariz olarak anlaşılacaktır. Bu çalışma daha çok kıyusal metal kirliliği üzerinde odaklanmıştır. Çünkü, ilk etkilenme noktası kıyusal bölgeler olup, buralar başta balıklar olmak üzere pek çok organizmanın üreme ve yavru dönemini geçirdiği yerlerdir. Bu

yüzden, bentik canlılar ve açık deniz balıkları açısından kirliliğin körfez açıklarındaki boyutları da su, AKM, sediment ve organizma açısından araştırılmalı.

Körfezin kirliliği konusunda etkili olan endüstriyel, tarımsal, turistik ve kentsel faaliyetler etkin denetim altına alınarak gerekli yaptırımların uygulanması kaçınılmazdır. Örneğin, bölgedeki tarımsal faaliyetlerde bilinçsiz olarak yapılan aşırı gübre ve ilaç uygulamaları kontrol altına alınmalı. Bu bağlamda bölge insanı çevre koruma konusunda teşvik edilerek bilinçlendirilmeli. Körfez için kirlilik tehdidi oluşturan sektörlerin biran önce gelişmiş ülkeler standartlarına ulaşarak çevreye olan olumsuz etkilerinin en aza indirgenmesi sağlanmalı.



KAYNAKLAR

- Ackroyd, D.R., Bale, A.J., Howland, R.J.M., Knox, S., Millward, G.E. and Morris, A.W., 1986. Distributions and behavior of dissolved Cu, Zn and Mn in the Tamar Estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 23, 621-640.
- Agemian, H. and Chau, A.S.Y., 1975. An atomic absorption method for the determination of 20 elements in lake sediments after acid digestion. *Analytica Chemica Acta*, 80, 61-66.
- Akçay, H., Oğuz, A. and Karapire, C., 2003. Study of heavy metal pollution and speciation in Büyük Menderes and Gediz River sediments, *Water Research*, 37, 813-822.
- Alam, M.G.M., Tanaka, A., Stagnitti, F., Allinson, G. And Mackawa, T., 2001. Observations on the effects of caged carp culture on water and sediment metal concentrations in Lake Kasumigaura, Japan. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 48, 107-115.
- Aloupi, M. and Angelides, M.O., 2001. Geochemistry of natural and anthropogenic metals in the coastal sediments of the island of Lesbos, Aegean Sea. *Environmental Pollution*, 113, 211-219.
- Amiard-Triquet, C., Martoja, R. and Marcaillou, C., 1992. Alternative methodologies for predicting metal transfer in marine food webs including filter feeders. *Wat. Sci. Tech.*, 25, 197-204.
- An, Y.J. and Kampbell, D.H., 2003. Total, dissolved, and bioavailable metals at Lake Texoma marinas. *Environmental Pollution*, 122, 253-259.
- Angelidis, M.O. and Aloupi, M., 2000. Geochemical study of coastal sediments influenced by river-transported pollution: Southern Evoikos Gulf, Greece. *Mar. Poll. Bull.*, 40, (1), 77-82.
- Anonim, 1994. Su Ürünleri İstatistikleri. DİE, s 96, Ankara.
- Anonim, 2002. Su Ürünleri Kanunu ve Su Ürünleri Yönetmeliği. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Koruma Kontrol Genel Müdürlüğü, s 78, Ankara.
- Anonymous, 1989. Flame Atomic Absorption Spectrometry Analytical Methods. Varian Australian Pty., Ltd., ACN. 004 559 540, No: 85-100009-00, s 146, Mulgrave, Victoria, Australia.
- Anonymous, 2001a. <http://www.marina.itgo.com/marinelife2.html#> Thorny Oyster
- Anonymous, 2001b. http://www.bigai.ne.jp/wwwboard/save_mes05/messages/992.html
- Anonymous, 2002. <http://www.epa.gov>, Environmental Protection Agency (EPA), National Recommended Water Quality Criteria Correction.
- Atayeter, S., 1996. Gemlik Körfezi Karacaali Yöresi Su, Sediment ve Bazı Balık Türlerinde Pb, Cu, Cd ve Hg Düzeylerinin Belirlenmesi. Ank., Üniv., Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, s 97, Ankara.
- ATSDR, 2003, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, <http://www.atsdr.cdc.gov/toxfaq.html>.
- Baeyens, W., Parmentier, K., Goeyens, L., Ducastel, G., DeGieter, M. and Leermakers, M., 1998. The biogeochemical behavior of Cd, Cu, Pb and Zn in the Scheldt estuary: results of the 1995 surveys. *Hydrobiologia*, 366, 45-62.

- Balkıs, N., 1998. Geochemistry of sediments of the Erdek Bay. PhD Thesis, Institute of Marine Sciences and Management, University of İstanbul, s 209, İstanbul.
- Başusta, N., 1997. İskenderun Körfezi'nde Bulunan Plajik ve Demersal Balıklar. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Anabilim Dalı, Doktora Tezi, s 221, Adana.
- Belzunce-Seagarra, M.J., Bacon, J.R., Prego, R. And Wilson, M.J., 1997a. Chemical form of heavy metals in surface sediments of the San Simon Inlet, Rio de Vigo, Galicia. *J. Environ. Sci. Health*, 32 (5), 1271-1292.
- Belzunce-Segarra, M.J., Helios-Rybicka, E. and Prego, R., 1997b. Distribution of heavy metals in the River Ulla and its estuary (North-west Spain). *Oceanological Studies*, 2 (3), 139-152.
- Bernds, D., Wübben, D. and Zauke, G.P., 1998. Bioaccumulation of trace metals in polychaetes from the German wadden Sea: evaluation and verification of toxicokinetic models. *Chemosphere*, 37, 2573-2587.
- Bervoets, L., Blust, R. and Verheyen, R., 2001. Accumulation of metals in the tissues of three spined stickleback (*Gasterosteus aculeatus*) from natural fresh waters. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 48, 117-127.
- Besada, V., Fumega, J. and Vaamonde, A., 2002. Temporal trends of Cd, Cu, Hg, Pb and Zn in mussel (*Mytilus galloprovincialis*) from the Spanish North-Atlantic coast 1991-1999. *The Science of the Total environment*, 288, 239-253.
- Bilos, C., Colombo, J.C. and Presa, M.J.R., 1998. Trace metals in suspended particles, sediments and Asiatic clams (*Corbicula fluminea*) of the Rio de la Plata Estuary, Argentina. *Environmental Pollution*, 99, 1-11.
- Blackmore, G. and Chan, H.M., 1998. Heavy metal concentrations in barnacles (*Tetraclita squamosa*) in Hong Kong: a revisit. *The Marine Biology of the South China Sea* (ed. B. Morton). Proceedings of the Third International Conference on the Marine Biology of South China Sea, Hong Kong, 28 October-1 November 1996, Hong Kong: Hong Kong University Press, 397-410.
- Blackmore, G. and Rainbow, P.S., 2000. Trace metals in portunid swimming crabs from the southeastern waters of Hong Kong. *The Marine Flora and Fauna of Hong Kong and Southern China V* (ed. B. Morton). Proceedings of the Tenth International Marine Biological Workshop: The Marine Flora and Fauna of Hong Kong and Southern China, Hong Kong, 6-26 April 1998, Hong Kong: Hong Kong University Press, 411-433.
- Blust, R., Van der Linden, A., Verheyen, E. and Decler, W., 1998. Evaluation of microwave heating digestion and graphite furnace atomic absorption spectrometry with continuum source background correction for the determination of Fe, Cu and Cd in brine shrimp. *J. Anal. Atomic Spectr.*, 3, 387-393.
- Boyden, C.R., 1974. Trace element content and body size in mollusks. *Nature*, 215, 311-314.
- Bradford, W.L. and Luoma, S.N., 1980. Some perspectives on heavy metal concentrations in shellfish and sediment in San Francisco Bay, California. *Contaminants and Sediments*, 2, 501-531.
- Brown, C.L. and Luoma, S.N., 1995. Use of the euryhaline bivalve *Potamocorbula amurensis* as a biosentinel species to assess trace metal contamination in San Francisco Bay. *Marine Ecology Progress Series*, 124, 129-142.

- Bruland, K.W., 1983. Trace elements in sea-water. In: Riley, J.P., Chester, R. (Eds.), *Chemical Oceanography*, Academic Press, Vol., 8, s 83-155, London.
- Bryan, G.W. and Uysal, H., 1978. Heavy metals in the burrowing bivalve *Scrobicularia plana* from Tamar Estuary in relation to environmental levels, *J. Mar. Biol. Ass.*, UK, 58, 89-108.
- Bryan, G.W., 1976. Some aspects of heavy metals tolerance in aquatic organisms. In: Lockwood APM (ed) *Effects of pollutants on aquatic organisms*. Cambridge University Press, Cambridge, 7-34.
- Bryan, G.W., 1979, Bioaccumulation of marine pollutants. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 286, 483-505.
- Bryan, G.W., Langston, W.J. and Hummerstone, L.G., 1980. The use of biological indicators of heavy metal contamination in estuaries: with special reference to an assessment of the biological availability of metals in estuarine sediments from south-west Britain. *Occ. Publ. Mar. Biol. Ass.*, UK, 1, 1-73.
- Bryan, G.W., Langston, W.J., Hummerstone, L.G. and Burt, G.R., 1985. A guide to the assessment of heavy metal contamination in estuaries using biological indicators. *Occ. Publ. Mar. Biol. Ass.*, UK, 4, 1-92.
- Bubb, J.M. and Lester, J.N., 1991. The impact of heavy metals on lowland rivers and the implications for man and the environments. *Sci. Total Environ.*, 100, 207-233.
- Buckley, D.E., Smith, J.N. and Winters, G.V., 1995. Accumulation of contaminant metals in marine sediments of Halifax harbour, Nova Scotia: environmental factors and historical trends. *Appl. Geochem.*, 10, 175-195.
- Burdon-Jones, C., Denton, G.R.W., Jones, G.B. and McPhie, K.A., 1982. regional and seasonal variations of trace metals in tropical Phaeophyceae from north Queensland. *Marine Environmental Research*, 7, 13-30.
- Campanella, L., Conti, M.E., Cubadda, F. and Sucapane, C., 2001. Trace metals in seagrass, algae and mollusks from an uncontaminated area in the Mediterranean. *Environmental Pollution*, 111, 117-126.
- Canlı, M. and Atlı, G., 2003. The relationships between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species. *Environmental Pollution*, 121, 129-136.
- Carballeira, A., Carral, E., Puente, X. and Villares, R., 2000. Regional-scale monitoring of coastal contamination: nutrients and heavy metals in estuarine sediments and organisms on the coast of Galicia (northwest Spain). *International Journal of Environment and Pollution*, 13, 534-572.
- Carpene, E. and George, S.G., 1981. Absorption of cadmium by gills of *Mytilus edulis*. *Mol. Physiol.*, 1, 23-34.
- Carral, E., Villares, R., Puente, X., Carballeira, A., 1995. Influence of watershed lithology on heavy metal levels in estuarine sediments and Organisms in Galicia. *Marine Pollution Bulletin*, 30, 604-608.
- Cataldo, D., Colombo, J.C., Boltovskoy, D., Bilos, C. and Landoni, P., 2001. Environmental toxicity assessment in the Parana river delta (Argentina): simultaneous evaluation of selected pollutants and mortality rates of *Corbicula fluminea* (Bivalvia) early juveniles. *Environmental Pollution*, 112, 379-389.
- Cearreta, A., Irabien, M.J., Leorri, E., Yusta, I., Croudace, I.W. and Cundy, A.B., 2000. Recent anthropogenic impacts on the Bilbao estuary, northern Spain:

- Geochemical and microfaunal evidence. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 50, 271-592.
- Chan, H.M., 1989. Temporal and spatial fluctuations in trace metal concentrations in transplanted mussels in Hong Kong. *Marine Pollution Bulletin*, 20, 295-303.
- Chiu, S.T., Lam, F.S., Tze, W.L., Chau, C.W. and Ye, D.Y., 2000. Trace metals in mussels from mariculture zones, Hong Kong. *Chemosphere*, 41, 101-108.
- Christensen, E.R., Scherfig, J. and Koide, M., 1978. Metals from urban runoff in dated sediments of a very shallow estuary. *Environ. Sci. Technol.*, 12, 1168-1173.
- Chu, K.H., Cheung, W.M. and Lau, S.K., 1990. Trace metals in bivalves and sediments from Tolo Harbour Hong Kong. *Environ. Int.*, 16, 31-36.
- Cirik, Ş., Uysal, H., Parlak, H., Demirkurt, E. and Küçüksezgin, F., 1988. Heavy metal accumulation by marine vegetation in the polluted waters of İzmir Bay. *International Symp. on Plant and Pollution*, 22-28 August 1988 İzmir, 33-38.
- Clark, R.B., 2001. *Marine Pollution*. Oxford University Press, Oxford, s 248, London.
- Cohen, T., Que Hee, S.S. and Ambrose, R.F., 2001. Trace elements in fish and invertebrates of three California coastal wetlands. *Marine Pollution Bulletin*, 42 (3), 224-232.
- Cole, R.H., Frederick, R.E., Healy, R.P. and Rolan, R.G., 1984. Preliminary findings of the priority pollutants monitoring project of the nationwide urban runoff program. *Journal Water Pollution Central Federation*, 56, 898-908.
- Cook, M.E. and Morrow, H., 1995. Anthropogenic sources of cadmium in Canada: National workshop on cadmium transport into plants. *Canadian Network of Toxicology Centres*, 20-21, 165-183.
- Cubadda, F., Conti, M.E. and Campanella, L., 2001. Size-dependent concentrations of trace metals in four Mediterranean gastropods. *Chemosphere*, 45, 561-569.
- Çağatay, M.N., Algan, O., Kıratlı, N., Balkıs, N. ve Sarı, E., 1996. Geochemistry of sediments on the northern shelf of the Sea of Marmara from the view point of pollution for benthic marine organisms. *Tübitak Project Report*, 251/G, Ankara.
- Dallinger, R. and Rainbow, P., 1993. *Ecotoxicology of metals in invertebrates*. Setac Special Publications, s 125, Lewis, Chelsea, MI.
- Davies, P.J., 1979. *Marine geology of the continental shelf off south-east Australia*. Department of Natural Resources, Bureau of Mineral Resources, Bulletin No: 195, s 51, Australia.
- de Forest, A., Murphy, S.P., and Pettis, R.W., 1978. Heavy metals in sediments from the central New South Wales coastal region, *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, 29, 777-785.
- Denton, G.R.W. and Burton-Jones, C., 1986a. Trace metals in corals from the Great Barrier reef. *Marine Pollution Bulletin*, 17, 209-213.
- Denton, G.R.W. and Burton-Jones, C., 1986b. Trace metals in algae from the Great Barrier reef. *Marine Pollution Bulletin*, 17, 98-107.
- Depledge, M.H. and Bjerregaard, P., 1989. Explaining individual variation in trace metal concentrations in selected marine invertebrates, the importance of interactions between physiological state and environmental factors. In: Aldrich, J.C. (Ed.), *Phenotypic Responses and Individuality in Aquatic Ectotherms*. JAPAGA, Ashford, Co, Wicklow, Ireland, 121-126.

- Doherty, G.B., Coomans, D., Brunskill, G.J., 2000. Modelling natural and enhanced trace metal concentrations in sediments of Cleveland Bay, Australia. *Marine and Freshwater Research*, 51, 739-747.
- Dyrynda, E.A., Pipe, R.K., Burt, G.R. and Ratcliffe, N.A., 1998. Modulations in the immune defences of mussel (*Mytilus edulis*) from contaminated sites in the UK. *Aquatic Toxicology*, 42, 169-185.
- Edwards, J.W., Edyvane, K.S., Boxalls, V.A., Hamann, M. and Soole, K.L., 2001. Metal levels in seston and marine fish flesh near industrial and metropolitan centres in South Australia. *Marine Pollution Bulletin*, 42 (5), 389-396.
- Egemen, Ö., Alparslan, M. and Sunlu, U., 1997. Çanakkale'den (Karacaören ve Kepez) toplanan midyelerde (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck) bazı ağır metal düzeylerinin araştırılması. *Ege Üniv., Su Ürünleri Dergisi*, 14 (1-2), 197-201.
- Egemen, Ö., Mordoğan, H., Sunlu, U. and Önen, M., 1994. Ege ve Marmara Bölgesinde dağılım gösteren *Ostrea edulis* L., 1751'de bazı ağır metal (Pb, Cd, Cu, Zn) düzeylerinin karşılaştırılması olarak araştırılması. *Ege Üniv., Su Ürünleri Dergisi*, 11 (42-44), 33-36.
- Ek, A.S., Löfgren, S., Bergholm, J., and Qvarfort, U., 2001. Environmental effects of one thousand years of copper production at Falun, central Sweden. *Ambio*, 30 (2), 96-103.
- Elbaz-Poulichet, F., Guieu, C., and Morley, N.H., 2001. A reassessment of trace metals budgets in the western Mediterranean sea, *Marine Pollution Bulletin*, 42, 623-627.
- EPD (Environmental Protection Department), 1996, Report EPD/TR6/96. Marine Water Quality in Hong Kong. Hong Kong Government, s 173, Hong Kong.
- Esslemont, G., 2000. Heavy metals in seawater, marine sediments and corals from the Townsville section, Great Barrier Reef Marine Park, Queensland. *Marine Chemistry*, 71, 215-231.
- Ettajani, H., Amiard-Triquet, C. and Amiard, J.-C., 1992. Etude experimentale du transfert de deux elements traces (Ag, Cu) dans une chaine trophique marine: eau-particules (sediment naturel, microalgue)-mollusques filtreurs (*Crassostrea gigas* Thunberg). *Wat. Air Soil Pollut.*, 65, 215-236.
- Farrington, J.W., Goldberg, E.D., Risebrough, R.W., Martin, J.H. and Bowen, V.T., 1983. US Mussel Watch 1976-1978; an overview of trace metal, DDE, PCB, hydrocarbon, and artificial radio-nuclide data. *Environ. Sci. Technol.*, 17, 490-496.
- Fialkowski, W. and Newman, W.A., 1998. A pilot study of heavy metal accumulations in a barnacle from the Salton Sea, Southern California. *Mar. Poll. Bull.*, 36 (2), 138-143.
- Fishman, M.J. and Friedman, L.C., 1989. Methods for Determination of Inorganic and Organic Substances in Water and Fluvial Sediments: U.S. Geological Survey Techniques of Water-Resources Investigations, 5, A1, s 545, USA.
- Fishman, M.J., 1993. Methods of Analysis by the U.S. Geological Survey National Water Quality Laboratory—Determination of Inorganic and Organic Constituents in Water and Fluvial Sediments. U.S. Geological Survey Open-File 93-125, USA.

- Flegal, A.R., Smith, G.J., Gill, G.A., Sanudo-Wilhelmy, S. and Anderson, L.C.D., 1991. Dissolved trace element cycles in the San Francisco Bay estuary. *Mar. Chem.*, 36, 329-363.
- Förstner, U. and Wittmann, G.T.W., 1981. Heavy metals in the aquatic environment. Springer Verlag, s 489, Berlin.
- Förstner, U., Ahlf, W. And Calmano. W., 1993. Sediment quality objectives and criteria development in Germany. *Watr Science Technology*, 28, 307-316.
- Franco, J., Borja, A., Solaun, O. and Perez, V., 2002. Heavy metals in molluscs from the Basque Coast (Northern Spain): results from an 11-year monitoring programme. *Baseline/Marine Pollution Bulletin*, 44, 956-976.
- Garcia-Hernandez, J., Glenn, E.P., Artiola, J. and Baumgartner, D.J., 2000. Bioaccumulation of selenium (Se) in the Cienega de Santa Clara Wetland, Sonora, Mexico. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 46, 298-304.
- Giusti, L., 2001. Heavy metal contamination of brown seaweed and sediments from the UK coastline between the Wear river and the Tees river. *Environmental International*, 26, 275-286.
- Goldberg, E.D., Bowen, V.T., Farrington, J.W., Harvey, G., Martin, J.H., Parker, P.L., Risebrough, R.W., Robertson, W., Schneider, E. and Gamble, E., 1978. The mussel watch. *Environmental Conservation*, 5, 101-125.
- Goldberg, E.D., Koied, M., Hodge, V., Flegal, A.R. and Martin, J., 1983. U.S. mussel watching: 1977-1978 results on trace metals and radionucleids. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 16, 69-93.
- Granier, L., Chevreuil, M., Carru, A.M. and Lettole, R., 1990. Urban runoff pollution by organochlorines (polychlorinated biphenyls and lindane) and heavy metals (lead, zinc and chromium). *Chemosphere*, 21, 1101-1107.
- Gray, L.A., 1997. Metal contamination of sediments associated with deepwater ocean sewage outfalls, Sydney, Australia. *Marine Pollution Bulletin*, 33, 182-189.
- Gray, N.F., 1996. *Drinking Water Quality: Problems and Solutions*. John Wiley & Sons Ltd., Baffins Lane, Chichester, s 315, England.
- Griscom, S., Fisher, N.C. and Luoma, S.N., 2000. Geochemical influences on assimilation of sediment-bound metals in clams and mussels. *Environ., Sci., Technol.*, 34, 91-99.
- Groet, S.S., 1980. Biological indicators of atmospheric zinc dispersal and deposition. In J. O. Nriagu (Ed.), *Zinc in the environment, Part I: Ecological Cycling*, New York: John Wiley and Sons, Inc., 161-1929.
- Gross, M.G., 1978. Effects of waste disposal operations in estuaries and the coastal ocean. *Annual Review of the Earth and Planetary Sciences*, 6, 127-143.
- Guhathakurta, H., and Kaviraj, A., 2000. Heavy metal concentration in water, sediment, shrimp (*Penaeus monodon*) and mullet (*Liza parsia*) in some brackish water ponds of Sunderban, India, *Marine Pollution Bulletin*, 40 (11), 914-920.
- Gundacker, C., 2000. Comparison of heavy metal bioaccumulation in freshwater mollusks of urban river habitats in Vienna. *Environmental Pollution*, 110, 61-71.
- Hagner, C., 2000. European regulations to reduce lead emissions from automobiles- Did they have an economic impact on the German gasoline and automobile markets?. *Regional Environmental Change*, 1 (3-4), 135-151.

- Haraldson, C. and Westerlund, S., 1991. Total and suspended cadmium, cobalt, copper, iron, lead, manganese, nickel and zinc in the water column of the Black Sea. *Black Sea Oceanography*, 351, 161-172.
- Harland, B.J., Taylor, D. and Wither, A., 2000. The distribution of mercury and other trace metals in the sediments of the Mersey estuary over 25 years 1974-1998. *The Science of the total Environmental Pollution*, 101, 209-214.
- Henry, J.L., McGibbon, S., Davis, G., Mackay, R.M. and Moldan, R.G.S., 1989. Heavy metals, carbon and hydrocarbons in the sediments of Table Bay Harbour. Sea Fisheries Research Institute, Cape Town, South Africa, Special Report, No: 4.
- Herut, B., Tibor, G., Yacobi, Y.Z. and Kress, N., 1999. Synoptic measurements of chlorophyll-a and suspended particulate matter in a transitional zone from polluted to clean sea water utilizing airborne remote sensing and ground measurements, Haifa bay (SE Mediterranean). *Marine Pollution Bulletin*, 9, 762-772.
- Huang, W.W., Zhang, J. and Zhou, Z.H., 1992. Particulate element inventory of the Huanghe (Yellow River): a large, high-turbidity river. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 56, 3669-3680.
- Hung, T.C., Meng, P.J., Han, B.C., Chuang, A. and Huang, C.C., 2001. Trace metals in different species of mollusca, water and sediments from Taiwan coastal area. *Chemosphere*, 44, 833-841.
- Isaac, R.A., Gil, L., Cooperman, A.N., Hulme, K., Eddy, B., Ruiz, M., Jacobson, K., Larson, C. and Pancorbo, O.C., 1997. Corrosion of drinking water distribution systems: a major contribution of copper and lead to wastewater effluents. *Environ. Sci. Technol.*, 31, 3198-3203.
- İyiduvar, O., 1986, Hydrographic Characteristics of İskenderun Bay. M.Sc. Thesis. M.E.T.U.I.M.S., s 215, İçel.
- Jain, C.K. and Sharma, M.K., 2001. Distribution of trace metals in the Hindon River system, India. *Journal of Hydrology*, 253, 81-90.
- Jin, Q., Liang, F., Zhang, H., Zhao, L., Huan, Y. and Song, D., 1999. Application of microwave techniques in analytical chemistry, *Trac Trends in Analytical Chemistry*, 18 (7) 479-484.
- Kalay, M., Ay, Ö. and Canlı, M., 1999. Heavy metal concentrations in fish tissues from the Northeast Mediterranean Sea. *Bull., Environ., Contam., Toxicol.*, 63, 673-681.
- Karadede, H. and Ünlü, E., 2000. Concentrations of some heavy metals in water, sediment and fish species from the Atatürk Dam Lake (Euphrates), Turkey. *Chemosphere*, 41, 1371-1376.
- Kargın, F. and Çoğun, H.Y., 1999. Metal interactions during accumulation and elimination of zinc and cadmium in tissues of the freshwater *Tilapia nilotica*. *Bull., Environ., Contam., Toxicol.*, 63, 511-519.
- Kargın, F., Dönmez, A. and Çoğun, H.Y., 2003. Distribution heavy metals in different tissues of the shrimp *Penaeus semiculatus* and *Metapenaeus monocerus* from the İskenderun Gulf, Turkey: Seasonal variations, *Bulletion Environmental Contamination Toxicology*, 66, 102-109.
- Kavun, V.Y., Shulkin, V.M. and Khristoforova, N.K., 2002. Metal accumulation in mussels of the Kuril Islands, north-west Pacific Ocean. *Mar. Environ. Res.*, 53, 219-226.

- Kesler, S.E., 1994. Mineral Resources, Economics and the Environment. New York: Macmillan College Publishing Company, Inc., s 223, USA.
- Klavins, M., Briede, A., Klavina, I. And Rodiov, V., 1995. Metals in sediments of lakes in Latvia. *Environment International*, 21 (4) 451-458.
- Kocataş, A., 1986. Oseanoloji (Deniz Bilimlerine Giriş). Ege Üniv. Basımevi, No: 114, s 358, İzmir.
- Küçüksezgin, F. and Balcı, A., 1994. Heavy metal concentrations in selected organisms from İzmir Bay, Turkey. *Marine Pollution Bulletin*, 28 (59), 333-335).
- Küçüksezgin, F., 2001. Distribution of heavy metals in the surficial sediments of İzmir Bay (Turkey). *Toxicological and Environmental Chemistry*, 80 (3-4), 203-207.
- Küçüksezgin, F., Uluturhan, E., Kondaş, A. and Altay, O., 2002. Trace metal concentrations in edible fishes from İzmir Bay, Eastern Aegean. *Marine Pollution Bulletin*, 44, 827-832.
- Kwon, T.T. and Lee, C.W., 2001. Ecological risk assessment of sediment in wastewater discharging area by means of metal speciation. *Microchemical Journal*, 70, 255-264.
- Langston, W.J., 1986. Metals in sediments and benthic organisms in the Mersey estuary. *Estuarine Coastal Shelf Sci.*, 23, 239-261.
- Langston, W.J. and Bebianno, M.J., 1998. *Metal Metabolism in Aquatic Environments*. Chapman and Hall, s 449, London.
- Lau-Wong, M.M.M., Rootham, R.C. and Bradly, G.C., 1993. A strategy for the management of contaminated dredged sediment in Hong Kong. *Journal of environmental Management*, 38, 99-114.
- Li, X., Wai, O.W.H., Li, Y.S., Coles, B.J., Ramsey, M.H. and Thornton, I., 2000. Heavy metal distribution in sediment profiles of the Pearl River estuary, South China. *Applied Geochemistry*, 15, 567-581.
- Lo, C.K. and Fung, Y.S., 1992. Heavy metal pollution profiles of dated sediment cores from Hebe Haven, Hong Kong. *Water Research*, 26, 1605-1609.
- Lorin, H.D. and Rantala, R.T.T., 1992. Manual for the geochemical analyses of marine sediments and suspended particulate matter. *Earth-Science Reviews*, 32, 235-383.
- Luoma, S.N. and Linville, R., 1995. A comparison of selenium and mercury concentrations in transplanted and resident bivalves from north San Francisco Bay. *Regional Monitoring Program for Trace Substances, Annual Report*. SFEI Publication, 160-170.
- Luoma, S.N. and Phillips, D.J.H., 1988. Distribution, variability and impacts of trace elements in San Francisco Bay. *Mar. Poll. Bull.*, 19, 413-425.
- Luoma, S.N., 1983. Bioavailability of trace metals to aquatic organisms – a review. *The Science of the Total Environment*, 28, 1-22.
- Luoma, S.N., 1989. Can we determine the biological availability of sediment-bound trace elements? *Hydrobiologica*, 176/177, 379-396.
- Luoma, S.N., 1996. The developing framework of marine ecotoxicology: pollutants as a variable in marine ecosystems?. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 200, 29-55.
- Maedor, J.P., Robisch, P.A., Clark, R.C. and Ernest, D.W., 1998. Elements in fish and sediment from the Pacific Coast of the United States: results from the national benthic surveillance project, *Marine Pollution Bulletin*, 37, 56-66.

- Mansour, S.A. and Sidky, M.M., 2002. Ecotoxicological studies. 3. Heavy metals contaminating water and fish from Fayoum Governorate, Egypt. *Food Chemistry*, 78, 15-22.
- Medinets, V.I., Kolosov, A.A. and Kolosov, V.A., 1994. Investigation of the Black Sea Ecosystem. Collection of Papers of Ukrainian Scientific Center of the Sea Ecology, 1, 47-53.
- Millward, G.E., Rowley, C., Sands, T.K., Howland, R.J.M. and Pantiulin, A., 1999. Metals in the sediments and mussels of the Chupa estuary (White Sea) Russia. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 48, 13-25.
- Mo, C. and Neilsen, B., 1994. Standardization of oysters soft dry weight measurements. *Water Research*, 28, 243-246.
- Moody, J.R. and Lindstrom, R.N., 1977. Selection and cleaning of plastic containers for storage of trace element samples. *Analytical Chemistry*, 49, 2264-2267.
- Morley, N.H., Burton, J.D. and Statham, P.J., 1990. Observations on dissolved trace metals in the Gulf of Lions. In: *Water Pollution Research Reports "EROS"* (Eds. J.-M. Martin & H. Barth), 20, 309-328.
- Morley, N.H., Burton, J.D., Tankere, S.P.C. and Martin, J.M., 1997. Distribution and behavior of some dissolved trace metals in the western Mediterranean Sea. *Deep-Sea Research*, 2 (44), 675-691.
- Morris, A.W., 1986. Removal of trace metals in the very low salinity region of the Tamar Estuary, England. *The Science of the Total Environment*, 49, 297-304.
- Morrison, R.J., Narayan, S.P. and Gangaiya, P., 2001. Trace element studies in Laucala Bay, Suva, Fiji. *Marine Pollution Bulletin*, 42 (5), 397-404.
- Naidu, A.S., Blanchard, A., Kelley, J.j., Hameedi, M.J. and Baskaran, M., 1997. Heavy metals in Chukchi Sea sediments as compared to selected circum-arctic shelves. *Marine Pollution Bulletin*, 35 (7-12), 260-269.
- Niencheski, L.F. and Baumgarten, M.G.Z., 2000. Distribution of particulate trace metal in the southern part of the Patos Lagoon estuary. *Aquatic Ecosystem Health and Management*, 3, 515-520.
- O'Connor, T.P., 1998. Mussel watch results from 1986 to 1996. *Marine Pollution Bulletin*, 37 (1-2), 14-19.
- Oliver, L.M., William, S.F., Winstead, J.T., Hemmer, B.L. and Long, E.R., 2001. Relationships between tissue contaminants and defense-related characteristics of oysters (*Crassostrea virginica*) from five Florida Bays. *Aquatic Toxicology*, 55, 203-222.
- Özdamar, K., 1999. SPSS İle Biyoistatistik. Kaan Kitapevi Yayınları, s 454, Eskişehir.
- Özdilek, H.G., 2002. Distribution and transport of Copper and Lead in the Blackstone River, Massachusetts, Worcester Polytechnic Institute. PhD Thesis, s.242, USA.
- Paalman, M.A.A. and van der Weijden, C.H., 1992. Trace metals in suspended matter from the Rhine/Meuse Estuary. *Netherlands Journal of Sea Research*, 29 (4), 311-321.
- Peerzada, N. and Rohosa, W., 1989. some heavy metals in sediments from Darwin Harbour, Australia. *Marine Pollution Bulletin*, 20, 91-102.
- Pempkowiak, J., Sikora, A. and Biernacka, E., 1999. Speciation of heavy metals in marine sediments vs their bioaccumulation by mussels. *Chemosphere*, 39 (2), 313-321.

- Phillips, D.J.H. and Rainbow, P.S., 1988. Barnacles and mussels as biomonitors of trace elements: a comparative study. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 49, 83-93.
- Phillips, D.J.H. and Rainbow, P.S., 1993. *Biomonitoring of Trace Aquatic Contaminants*, Elsevier Science Publishes Ltd., s 371, England.
- Phillips, D.J.H. and Yim, W.W.S., 1981. A comparative evaluation of oysters, mussels and sediments as indicators of trace metals in Hong Kong waters. *Mar., Ecol., Prog., Ser.*, 6, 285-293.
- Phillips, D.J.H., 1976. The common mussel *Mytilus edulis* as an indicator of pollution by zinc, cadmium, lead and copper. II. Relationship of metals in the mussels to those discharged by industry. *Mar. Biol.*, 38, 71-80.
- Phillips, D.J.H., 1977. The common mussel *Mytilus edulis* as an indicator of trace metals in Scandinavian waters. I. Zinc and cadmium. *Mar. Biol.*, 43, 283-291.
- Phillips, D.J.H., 1980. *Quantitative Aquatic Biologic Indicators*,. App., Sci., Publ., s 488, London.
- Phillips, D.J.H., 1985. Organochlorines and trace metals in green-lipped mussels, *Perna viridis*, from Hong Kong waters: a test of indicator ability. *Mar. ecol. Prog. Ser.*, 21, 251-258.
- Pope, W., Graham, N.J.D., Young, R.J. and Perry, R., 1978. Urban runoff from a road surface water quality study. *Prog. Water Technol.*, 10, 533-539.
- Prego, R. and Cobelo-Garcia, 2003. Twentieth century overview of heavy metals in the Galician Rias (NW Iberian Peninsula). *Environmental Pollution*, 121, 425-452.
- Prego, R., Segarra, M.J.B., Helios-Rybicka, E. and Barciela, M.C., 1999. Cadmium, manganese, nickel and lead contents in surface sediments of the lower Ulla River and its estuary (northwest Spain). *Bol. Inst. Oceanogr.*, 15 (1-4), 495-500.
- Presley, B.J., Taylor, R.J. and Boothe, P.N., 1990. Trace metals in Gulf of Mexico oysters. *Sci. Total Environ.*, 97/98, 551-593.
- Qin, Y.S., Zhao, Y.Y., Chen, L.R. and Zhao, S.L., 1987. *Geology of the East China Sea*. Science Press, s 314, Beijing.
- Rainbow, P.S. and Phillips, D.J.H., 1993. Cosmopolitan biomonitors of trace metals. *Mar. Pollut. Bull.*, 26, 593-601.
- Rainbow, P.S., 1985. Accumulation of Zn, Cu and Cd by crabs and barnacles. *Est. Coast. and Shelf Sci.*, 21, 669-686.
- Rainbow, P.S., 1988. The significance of trace metal concentrations in decapods. *Symp. Zool. Soc. London*, 59, 291-313.
- Rainbow, P.S., 1995. Biomonitoring of heavy metal availability in the marine environment. *Mar. Poll. Bull.*, 31 (4-12), 183-192.
- Rainbow, P.S., Phillips, D.J.H. and Depledge, M.H., 1990. The significance of trace metal concentrations in marine invertebrates: a need for laboratory investigation of accumulation strategies. *Mar. Pollut. Bull.*, 21, 321-324.
- Rainbow, P.S., Wolowicz, M., Fialkowski, W., Smith, B.D. and Sokolowski, A., 2000. Biomonitoring of trace metals in the Gulf of Gdansk, using mussels (*Mytilus trossulus*) and barnacles (*Balanus improvisus*). *Water Research*, 34, 1343-1354.
- Ravanelli, M., Tubertini, O., Valcher, S. and Martinotti, W., 1997. Heavy metal distribution in sediment cores from western Ross Sea (Antarctica). *Water, Air and soil Pollution*, 99, 697-704.

- Riedel, G.F., Abbe, G.R. and Sanders, J.G., 1998. Temporal and spatial variations of trace metal concentrations in oysters from the Patuxent river, Maryland. *Estuaries*, 21 (3), 423-434.
- Risebrough, R.W., Chapman, J.W., Okazaki, R.K. and Schmidt, T.T., 1977. "Toxicants in San Francisco Bay and Estuary", a report to the Association of Bay Area Governments: C.A. Bodega Bay Institute of Pollution Ecology, s 113, Berkeley.
- Rivaro, P., Grotti, M., Ianni, C. and Magi, E., 1998. Heavy metal distribution in the Eolian Basin (South Tyrrhenian Sea). *Marine Pollution Bulletin*, 36 (11), 880-886.
- Rubio, B., Gago, L., Vilas, F., Nombela, M., Garcia-Gil, S., Alejo, I. and Pazos, O., 1996. Interpretacion de tendencias historicas de contaminacion por metales pesados en tesigos de sedimentos de la Ria de Pontevedra. *Thalassas*, 12, 137-152.
- Rubio, B., Nombela, M.A. and Vilas, F., 2000. Geochemistry of major and trace elements in sediments of the Ria de Vigo (NW Spain): an assessment of metal pollution. *Marine Pollution Bulletin*, 40 (11), 968-980.
- Ruiz, J.M. and Saiz-Salinas, J.I., 2000. Extreme variation in the concentration of trace metals in sediments and bivalves from the Bilbao estuary (Spain) caused by the 1989-1990 drought. *Mar. Environ. Res.*, 49, 307-317.
- Saiz-Salinas, J.I., 1997. Evaluation of adverse biological effects induced by pollution in the Bilbao estuary (Spain). *Environmental Pollution*, 96, 351-359.
- Salazar, M.H., 1992. Use and misuse of mussels in natural resource damage assessment. In *Proceedings, Marine Technology Society 1992 Conference*, Washington, DC. 19-21 October 1992. *Global Ocean Resources*, 1, 257-264.
- Samecka-Cymerman, A. and Kempers, A.J., 2001. Bioindication of heavy metals by *Mimulus guttatus* from the Czeska Struga Stream in the Karkonosze Mountains, Poland. *Bull., Environ., Contam., Toxicol.*, 63, 65-72.
- Santschi, P.H., Nixon, S., Pilson, M. and Hunt, M., 1984. Accumulation of sediments, trace metals (Pb, Cu) and total hydrocarbons in Narragansett Bay, Rhode Island. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 19, 427-449.
- Sarı, E. ve Çağatay, M.N., 2001. Distributions of heavy metals in the surface sediments of the Gulf of Saros, NE Aegean sea. *Environment International*, 26, 169-173.
- Sastre, J., Sahuquillo, A., Vidal, M. and Rauret, G., 2002. Determination of Cd, Cu, Pb and Zn in environmental samples: microwave-assisted total digestion versus aqua regia and nitric acid extraction. *Analytica Chimica Acta*, 462, 59-72.
- Shear, N.M., Schmidt, C.W., Huntley, S.L., Crawford, D.W. and Finley, B.L., 1996. Evaluation of the factors relating combined sewer over-flows with sediment contamination of the Lower Passaic River. *Mar. Poll. Bull.*, 32, 288-304.
- Smith, E., 2001. Pollutant concentrations of stormwater and captured sediment in flood control sumps draining an urban watershed. *Water Research*, 35 (13), 3117-3126.
- Smith, F.E., and Arsenault, E. A., 1996. Microwave-assisted sample preparation in analytical chemistry, *Talanta*, 43 (8), 1207-1268.
- Soto-Jimenez, M., Paez-Osuna, F. and Morales-Hernandez, F., 2001. Selected trace metals in oysters (*Crassostrea iridescens*) and sediments from the discharge zone of the submarine sewage outfall in Mazatlan Bay (southeast Gulf of

- California): chemical fractions and bioaccumulation factors. *Environmental Pollution*, 114, 357-370.
- Stumm, W. and Morgan, J.J., 1981, *Aquatic Chemistry*. Wiley, s 1020, New York.
- Sunlu, U., Egemen, Ö. and Kaymakçı, A., 1998. Trace metals in Mediterranean mussel *Mytilus galloprovincialis* (L., 1758) and in surficial sediments from Urla-iskele, İzmir-Turkey. *International Symposium on Marine Pollution Extended Synopsis*, Monte-Carlo, Monaco, 645-646.
- Sunlu, U., 2002. Comparison of heavy metals in native and cultured mussel *Mytilus galloprovincialis* (L., 1758) from the Bay of İzmir (Aegean Sea/Turkey). *Mediterranean Mussel Watch*. CIESM Workshop 18-21 April Marseille France, 69-72.
- Sures, B., Taraschewski, H. and Haug, C., 1995. Determination of trace metals (Cd, Pb) in fish by electrothermal atomic absorption spectrometry after microwave digestion. *Anal. Chem. Acta*, 311, 135-139.
- Szymanowska, A., Samecka-Cymerman, A. and Kempers, A.J., 1999. Heavy metals in three lakes in west Poland. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 43, 21-29.
- Şanlı, Y., 1984. Çevre sorunları ve besin kirlenmesi. *Selçuk Üniv., Vet., Fak., Derg.*, 2, 17-37.
- Şenocak, M., 1998. Biyoistatistik. *İstanbul Üniv., Cerrahpaşa Tıp Fak., Yayınları, Fak.*, No: 214, s 314, İstanbul.
- Tamira, C., Shane, S.Q.H. and Ambrose, R.F., 2001. Trace metals in fish and invertebrates of there California Coastal Wetlands. *Marine Pollution Bulletin*, 42 (3), 224-232.
- Tanner, P.A. and Leong, L.S., 2000. Metals in a marine sediment core from near Ma Wan, Hong Kong. *Water, Air and Soil Pollution*, 121, 309-325.
- Tanner, P.A., Leong, L.S. and Pan, S.M., 2000. Contamination of heavy metals in marine sediment cores from Victoria Harbour, Hong Kong. *Mar. Poll. Bull.*, 40 (9), 769-779.
- Trefry, H.J., Natio, K.L., Trocine, R.P. and Metz, S., 1995. Distribution and bioaccumulation of heavy metals from produced water discharges to the Gulf of Mexico. *Wat. Sci. Tech.*, 32 (2), 31-36.
- Trefry, J.H., Natio, K.L. and Metz, S., 1996. Assessing the potential for enhanced bioaccumulation of heavy metals from produced water discharges to the gulf of Mexico. *Environmental Issues and Mitigation Technologies*, 32, 339-354.
- Turgut, C., 2003. The contamination with organochlorine pesticides and heavy metals in surface water in Küçük Menderes River in Turkey, *Environment International*, 29, 29-32.
- Türkoğlu, M. and Parlak, H., 1999. Accumulation and distribution of total chromium in seawater, sediment and some organisms and its behaviour processes in İzmir Bay (Aegean Sea), *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 16 (1-2), 47-58.
- Tüzen, M., 2003. Determination of heavy metals in fish samples of the middle Black Sea (Turkey) by graphite furnace atomic absorption spectrometry, *Food Chemistry*, 80, 119-123.
- Uysal, H., Parlak, H., 1992. The concentrations of some heavy metals in *Sphaeroma serratum* (Leach) collected from İzmir Bay, *Journal of Faculty of Science Ege Univ.*, 14 (1), 1-5.

- Voutsinou-Taliadouri, F., Zeri, C. and Moriki, A., 2000. Distribution and transfer of trace metals in the Aegean Seawater (Eastern Mediterranean Basin), *Mediterranean Marine Science*, 1 (2), 5-30.
- Wang, W.-X., Fisher, N.S. and Luoma, S.N., 1995. Assimilation of trace elements ingested by the mussel *Mytilus edulis*--Effects of algal food abundance: *Marine Ecology Progress Series*, 129 (1-3), 165-176.
- Wedepohl, K.H., 1991. The composition of the upper earth's crust and the natural cycles of selected metals: *Metals in Natural Raw Materials; Natural Resources*. In: E. Merian (Ed.), *Metals and Their Compounds in the Environment*, Weinheim (VCH-Verlagsges), 3-18.
- Widdows, J., Donkin, P., Brinsley, M.D., Evans, S.V., Salkeld, P.N., Franklin, A., Law, R.J. and Waldock, M.J., 1995. Scope for growth and contaminant levels in North Sea mussels *Mytilus edulis*. *Marine Ecology Progress series*, 127, 131-148.
- Wong, C.K.C., Cheung, R.Y.H. and Wong, M.H., 2000. Heavy metal concentrations in green-lipped mussels collected from Tolo Harbour and markets in Hong Kong and Shenzhen. *Environmental Pollution*, 109, 165-171.
- Wright, P. and Mason, C.F., 1999. Spatial and seasonal variation in heavy metals in the sediments and biota of the adjacent estuaries, the Orwell and the Stour in eastern England. *The Science of The Total Environment*, 226, 139-156.
- Yap, C.K., Ismail, A., Tan, S.G. and Omar, H., 1999. Correlations between speciation of Cd, Cu, Pb and Zn in sediment and their concentrations in total soft tissue of green-lipped mussel *Perna viridis* from the west coast of Peninsular Malaysia. *Environment International*, 28, 117-126.
- Yarsan, E., Bilgili, A. ve Türel, İ., 2000. Van Gölü'nden toplanan midye (*Unio stevenianus* Krynicki) örneklerindeki ağır metal düzeyleri. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.*, 24, 93-96.
- Yücesoy, F., 1991. Geochemistry of heavy metals in the surface sediments from the southern Black Sea shelf and upper slope. MSc Thesis, Institute of Marine Sciences, Middle East Tech. Univ., s 150, İstanbul.
- Zauke, G.P., Clason, B., Savinov, V.M. and Savinova, T., 2003. Heavy metals of inshore benthic invertebrates from the Barents Sea. *The Science of the Total Environment*, 306, 99-110.
- Zeri, C., Voutsinou-Taliadouri, F., Romanov, A.S., Ovsjany, E.I. and Moriki, 2000. A comparative approach of dissolved trace element exchange in two interconnected basins: Black Sea and Aegean Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 40 (8), 666-673.
- Zhang, J. and Ying., 1996. Particle heavy metals in the Changjiang Estuary. In: Zhang, J. (Ed.), *Biogeochemical Studies of Major Chinese Estuaries-Element Transfer and Environment*. China Ocean Press, Beijing, 146-159.
- Zhang, J., 1999. Heavy metal compositions of suspended sediments in the Changjiang (Yangtze River) estuary: significance of riverine transport to the ocean. *Continental Shelf Research*, 19, 1521-1543.

ÖZGEÇMİŞ

Aysun TÜRKMEN, 1972 yılında Ordu'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Erzurum'da tamamladı. 1989 yılında girdiği Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kimya Bölümü'nden 1993 yılında mezun oldu. Ekim 1994-Haziran 1998 yılları arasında, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimini tamamladı.

Milli Eğitim Bakanlığı bünyesinde Mayıs 1997-Ekim 1999 tarihlerinde Erzurum'da, Ekim 1999-Mayıs 2001 tarihlerinde İskenderun'da sınıf öğretmeni olarak görev yaptı. Tarım Bakanlığı Hatay İl Kontrol Laboratuvarı'nda Mayıs 2001 tarihinden itibaren katkı-kalıntı kısım şefi olarak görev yapmakta olup, evli ve iki çocuk annesidir.