

T.C.  
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ  
DENİZ BİLİMLERİ VE  
İŞLETMECİLİĞİ ENSTİTÜSÜ

## ***ERDEK KÖRFEZİ SEDİMENTLERİNİN JEOKİMYASI***

DOKTORA TEZİ

NURAY BALKIS  
Kimya Mühendisi  
Kimyasal Oşinografi Anabilim Dalı

Danışman  
Prof. Dr. M.Namık Çağatay

İSTANBUL

Aralık - 1997

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU  
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ  
DENİZ BİLİMLERİ VE İŞLETMECİLİĞİ ENSTİTÜSÜ**

Nuray Balkis tarafından hazırlanmış ve sunulmuş olan bu tez, Kimyasal Oşinografi Anabilim Dalı' nda Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

85406



**Danışman**  
Prof. Dr. M. Namık ÇAĞATAY

**Jüri Üyesi**

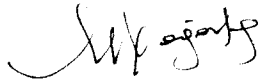
Prof. Dr. Ethem GÖNENÇ



**Jüri Üyesi**

Yrd. Doç. Dr. Oya ALGAN

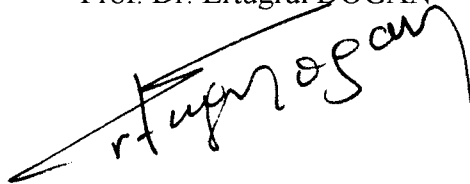




**Anabilim Dalı Başkanı**  
Prof. Dr. M. Namık ÇAĞATAY

**Enstitü Müdürü**

Prof. Dr. Ertuğrul DOĞAN



## ÖNSÖZ

İ.Ü Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, Deniz Kimyası Anabilim Dalında Doktora tezi olarak hazırlanan bu çalışmada Erdek Körfezi sedimentlerinin metal jeokimyasını incelenmek amacıyla, deniz tabanından alınan sediment örneklerinde toplam karbonat ve organik karbon miktarları ile metal dağılımları incelenmiştir. Ayrıca selektif ekstraksiyon analizleri ile yüksek metal değerlerinin kaynağı araştırılmıştır.

Erdek Körfezi yüzey sedimentleri ve 3 adet kor örneği Ekim-1993, ilave 2 adet kor örneği de Aralık-1996 tarihlerinde İ.Ü DBİE R/V Arar Gemisi ile alınmıştır. Analizlerle ilgili işlemler İ.Ü Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü laboratuvarlarında yapılmıştır.

Çalışmalarım sırasında öneri ve katkılarından dolayı yardımlarını esirgemeyen sayın hocam Prof. Dr. Namık Çağatay'a, tez konumun belirlenmesinde, örneklerin alınmasında ve ilk aşamadaki çalışmalarda destek ve yardımlarından dolayı sayın hocam Prof. Dr. Ajun Kurter' ve Yrd. Doç. Dr. Nur Kıratlı' ya, uygulamada geniş bilgilerinden faydalandığım Yrd. Doç. Dr. Oya Algan ve Dr. Cem Güneysu' ya, analizler sırasında gösterdiği sabır ve yardımlarından dolayı Dr. Mustafa Cebeci' ye ve tezimin çeşitli aşamalarında benden yardımlarını esirgemeyen Dr. Sermin Orhon, Araş. Gör. Hüsne Altıok, Dr Beyhan Öztürk ve Uzman Jeoloji Mühendisi Erol Sarı' ya ve gemi personeline ve doktora çalışmalarım süresince manevi desteğinden dolayı eşim Mehmet Balkıs' a teşekkürü bir borç bilirim.

Doktora tezi olarak yürütülen bu çalışma İ.Ü Araştırma Fonu tarafından T/G 37 nolu tez projesi olarak desteklenmiştir.

# İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ .....	i
İÇİNDEKİLER .....	ii
ŞEKİL VE TABLO LİSTESİ .....	v
ÖZ .....	xiii
ABSTRACT .....	xv
<b>BÖLÜM 1: GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
<i>1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı.....</i>	<i>1</i>
<i>1.2. Sedimentlerde Metal Dağılımı.....</i>	<i>3</i>
<i>1.3. Sedimentlerde Metallerin Birikim Mekanizmaları-Jeokimyasal Fazlar.....</i>	<i>6</i>
<i>1.4. Sedimentlerde Metallerin Hareketliliğini Denetleyen Faktörler .....</i>	<i>9</i>
<i>1.5. Sedimentlerde Doğal ve Antropojenik Girdilerin Ayrımı .....</i>	<i>11</i>
<i>1.6. Sedimentlerde Organik Karbon .....</i>	<i>12</i>
<i>1.7. Erdek Körfezi' nde Önceki Jeokimyasal Araştırmalar .....</i>	<i>13</i>
<i>1.8. Çalışma Alanı.....</i>	<i>14</i>
1.8.1. Batimetri ve Oşinografik Yapısı .....	17
1.8.2. Mevsimsel Değişiklikler.....	23
1.8.2.1. Yağış.....	23
1.8.2.2. Sıcaklık .....	23
1.8.2.3. Rüzgar.....	24
1.8.3. Erdek Körfezi' ne Dökülen Akarsuların Morfodinamiği.....	24
1.8.4. Gönen Havzası' nın Jeomorfolojisi .....	25
1.8.5. Bölgenin Kara Jeolojisi .....	26
<b>BÖLÜM 2: ÖRNEK ALIMI VE ANALİZ YÖNTEMLERİ .....</b>	<b>30</b>



<b>2.1 Örnek Alımı, Korunması ve Hazırlanması</b> .....	<b>30</b>
<b>2.2. Analiz Yöntemleri</b> .....	<b>32</b>
2.2.1. Toplam Karbonat Analiz Yöntemi .....	32
2.2.2 Toplam Organik Karbon Analiz Yöntemi .....	32
2.2.3. Metal (Al, Fe, Mn, Pb, Cu, Zn, Ni, Co ve Cr) Analizleri İçin Toplam Çözünürleştirme Yöntemi .....	33
2.2.3.1. Civa Analizleri için Çözünürleştirme Yöntemi .....	34
2.2.4. Selektif Ekstraksiyon (Selective Extraction) Yöntemi.....	34
2.2.4.1. Karbonatlara Bağlı Fraksiyonlar.....	34
2.2.4.2. Fe- Mn Oksihidroksitlere Bağlı Fraksiyonlar.....	34
2.2.4.3. Organik Maddeye Bağlı Fraksiyonlar .....	35
2.2.4.4. Residual (Litojen) Fraksiyon.....	35
2.2.5. Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi' nde Metal Analizleri .....	35
2.2.6. <sup>14</sup> C Yaş Tayini.....	38

## **BÖLÜM 3: SEDİMENTLERİN LİTOFASİYES ÖZELLİKLERİ** .....

**39**

<b>3.1. Yüzey Sedimentlerinin Litofasiyes Özellikleri</b> .....	<b>39</b>
<b>3.2. Kor Sedimentlerinin Litofasiyes Özellikleri</b> .....	<b>46</b>

## **BÖLÜM 4: SEDİMENT JEOKİMYASI**.....

**48**

<b>4.1 Yüzey sedimentlerinin jeokimyası</b> .....	<b>49</b>
4.1.1. Yüzey Sedimentlerinde Toplam Karbonat ve Organik Karbon Dağılımı.....	49
4.1.2. Yüzey Sedimentlerinde Toplam Metal Dağılımı.....	53
Alüminyum(Al).....	53
Demir(Fe) .....	53
Mangan(Mn).....	56
Kurşun(Pb) .....	58
Bakır(Cu).....	60
Çinko(Zn) .....	63
Nikel(Ni) .....	63
Kobalt(Co) .....	64
Krom(Cr).....	66
Civa(Hg).....	69
4.1.3. Tartışma .....	73
<b>4.2. Kor Sedimentlerinin Jeokimyası</b> .....	<b>77</b>
4.2.1. Kor Sedimentlerinde Toplam Karbonat ve Organik Karbon Dağılımları .....	77

4.2.2. Kor Sedimentlerinde Toplam Metal Dağılımı.....	80
Demir ve Mangan .....	80
Kurşun, Bakır ve Çinko.....	89
Nikel, Kobalt ve Krom .....	93
Civa .....	101
Baryum .....	103
4.2.3 Tartışma .....	111
<b>BÖLÜM 5: SELEKTİF EKSTRAKSİYON ÇALIŞMALARI.....</b>	<b>115</b>
5.1. <i>Yüzey Sedimentlerinde Metallerin Jeokimyasal Fazlarda Dağılımı.....</i>	<i>118</i>
Alüminyum.....	118
Demir.....	118
Mangan.....	121
Kurşun.....	128
Bakır.....	133
Çinko.....	133
Nikel.....	141
Kobalt.....	148
Krom .....	153
5.1.1. Tartışma .....	158
5.2. <i>Korlarda Metallerin Fe-Mn Fazında Dağılımı.....</i>	<i>158</i>
Demir ve Mangan .....	159
Kurşun, Bakır ve Çinko.....	161
Nikel, Kobalt ve Krom .....	164
5.2.1. Tartışma .....	167
<b>BÖLÜM 6: SONUÇ.....</b>	<b>169</b>
<b>ÖZET .....</b>	<b>177</b>
<b>SUMMARY.....</b>	<b>179</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>181</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>192</b>

## ŞEKİL VE TABLO LİSTESİ

Şekil 1.1 : Marmara Denizi Çevresinde 1990 Yılında Şehirleşme (Erel, 1992).....	4
Şekil 1.2. : Erdek Körfezi yer bulduru haritası.....	16
Şekil 1.3. : Erdek Körfezi'nin Batimetri Haritası (Güneysu, 1997). ....	18
Şekil 1.4. : Marmara Denizi akıntı hızı (cm/sn) ve yönlerini gösterir harita (SHOD'dan alınmıştır). ....	20
Şekil 1. 5. : Erdek Körfezi'nde 12 nolu istasyonda mevsimsel sıcaklık değişimleri. ....	21
Şekil 1. 6. : Erdek Körfezinde 12 nolu istasyonda mevsimsel yoğunluk değişimleri....	21
Şekil 1. 7. : Erdek Körfezi'nde 12 nolu istasyonda mevsimsel tuzluluk değişimleri. ....	22
Şekil 1. 8. : Erdek Körfezi'nde 12 nolu istasyonda çözünmüş mevsimsel oksijen değişimleri. ....	23
Şekil 1. 9. : Erdek Körfezi Çevresinin Jeoloji Haritası (Okay v. d., 1995; Akyüz, 1995; MTA 1:500 000'lik İstanbul Paftasından alınmıştır).....	29
Şekil 2. 1. : Erdek Körfezi'nden alınan yüzey ve kor sediment örneklerinin lokasyon haritası.....	31
Şekil 3.1. : Yüzey sedimentlerinin üçgen diyagram üzerinde tane-boyut gruplarının ayrılması. ....	41
Şekil 3. 2. : Erdek Körfezi'nin sedimentler fasiyes dağılımı. ....	42
Şekil 3. 3. : Erdek Körfezi'nin yüzey sedimentlerinin kil fraksiyonunun (%) dağılımı. ....	43
Şekil 3. 4. : Erdek Körfezi'nin yüzey sedimentlerinin silt fraksiyonunun (%) dağılımı. ....	44
Şekil 3. 5. : Erdek Körfezi'nin yüzey sedimentlerinin kum fraksiyonunun (%) dağılımı. ....	45
Şekil 3. 6. : Erdek Körfezi'nden alınan korların litolojik tanımlamaları. ....	47
Şekil 4. 1. : Erdek Körfezi'nin yüzey sedimentlerinin toplam karbonat içeriğinin (%) dağılımı. ....	50
Şekil 4. 2. : Erdek Körfezi'nin yüzey sedimentlerinin toplam organik karbon içeriğinin (%) dağılımı.....	52
Şekil 4. 3. : Erdek Körfezi'nin yüzey sedimentlerinin toplam Al (%) içeriğinin dağılımı. ....	54

Şekil 4. 4. : Erdek Körfezi'nin yüzey sedimentlerinin toplam Fe (%) içeriğinin dağılımı.	55
Şekil 4. 5. : Erdek Körfezi'nin yüzey sedimentlerinin toplam Mn (ppm) içeriğinin dağılımı.	57
Şekil 4. 6. : Erdek Körfezi'nin yüzey sedimentlerinin toplam Pb (ppm) içeriğinin dağılımı.	59
Şekil 4. 7. : Erdek Körfezi'nin yüzey sedimentlerinin toplam Cu (ppm) içeriğinin dağılımı	61
Şekil 4. 8. : Erdek Körfezi'nin yüzey sedimentlerinin toplam Zn (ppm) içeriğinin dağılımı.	62
Şekil 4. 9. : Erdek Körfezi'nin yüzey sedimentlerinin toplam Ni (ppm) içeriğinin dağılımı.	65
Şekil 4. 10. : Erdek Körfezi'nin yüzey sedimentlerinin toplam Co (ppm) içeriğinin dağılımı.	67
Şekil 4. 11. : Erdek Körfezi'nin yüzey sedimentlerinin toplam Cr (ppm) içeriğinin dağılımı.	68
Şekil 4. 12. : Erdek Körfezi'nin yüzey sedimentlerinin toplam Hg (ppb) içeriğinin dağılımı.	71
Şekil 4. 13. : Erdek Körfezi'nin yüzey sedimentlerinin toplam Pb, Cu ve Zn içeriklerinin toplam Al ile normalizasyonu.	72
Şekil 4. 14. : K1, K2 ve K3 no'lu kordlarda toplam karbonat ve organik karbon içeriğinin kor boyunca dağılımı.	78
Şekil 4. 15. : GM1 ve GM2 no'lu kordlarda toplam karbonat ve organik karbon içeriğinin kor boyunca dağılımı.	79
Şekil 4. 16. : K1no'lu korda toplam Fe (%) ve Mn (ppm) içeriğinin kor boyunca dağılımı ve Al ile normalizasyonları.	84
Şekil 4. 17. : K2 no'lu korda toplam Fe (%) ve Mn (ppm) içeriğinin kor boyunca dağılımı ve Al ile normalizasyonları.	85
Şekil 4. 18. : K3 no'lu korda toplam Fe (%) ve Mn (ppm) içeriğinin kor boyunca dağılımı ve Al ile normalizasyonları.	86
Şekil 4. 19. : GM1 no'lu korda toplam Fe (%) ve Mn (ppm) içeriğinin kor boyunca dağılımı ve Al ile normalizasyonları.	87

Şekil 4. 20. : GM2 no'lu korda toplam Fe (%) ve Mn (ppm) içeriğinin kor boyunca dağılımı ve Al ile normalizasyonları.....	88
Şekil 4. 21. : K1 no'lu korda toplam Pb, Cu ve Zn (ppm) içeriğinin kor boyunca dağılımı ve Al ile normalizasyonları.....	90
Şekil 4. 22. : K2 no'lu korda toplam Pb, Cu ve Zn (ppm) içeriğinin kor boyunca dağılımı ve Al ile normalizasyonları.....	91
Şekil 4. 23. : K3 no'lu korda toplam Pb, Cu ve Zn (ppm) içeriğinin kor boyunca dağılımı ve Al ile normalizasyonları.....	92
Şekil 4. 24. : GM1 no'lu korda toplam Pb, Cu ve Zn (ppm) içeriğinin kor boyunca dağılımı ve Al ile normalizasyonları.....	94
Şekil 4. 25. : GM2 no'lu korda toplam Pb, Cu ve Zn (ppm) içeriğinin kor boyunca dağılımı ve Al ile normalizasyonları.....	95
Şekil 4. 26. : K1 no'lu korda toplam Ni, Co ve Cr (ppm) içeriğinin kor boyunca dağılımı ve Al ile normalizasyonları.....	97
Şekil 4. 27. : K2 no'lu korda toplam Ni, Co ve Cr (ppm) içeriğinin kor boyunca dağılımı ve Al ile normalizasyonları.....	98
Şekil 4. 28. : K3 no'lu korda toplam Ni, Co ve Cr (ppm) içeriğinin kor boyunca dağılımı ve Al ile normalizasyonları.....	99
Şekil 4. 29. : GM1 no'lu korda toplam Ni, Co ve Cr (ppm) içeriğinin kor boyunca dağılımı ve Al ile normalizasyonları.....	100
Şekil 4. 30. : GM2 no'lu korda toplam Ni, Co ve Cr (ppm) içeriğinin kor boyunca dağılımı ve Al ile normalizasyonları.....	102
Şekil 4. 31. : K1 no'lu korda toplam Hg (ppb) içeriğinin kor boyunca dağılımı ve Al ile normalizasyonu.....	104
Şekil 4. 32. : K2 no'lu korda toplam Hg (ppb) içeriğinin kor boyunca dağılımı ve Al ile normalizasyonu.....	105
Şekil 4. 33. : K3 no'lu korda toplam Hg (ppb) içeriğinin kor boyunca dağılımı ve Al ile normalizasyonu.....	106
Şekil 4. 34. : GM1 no'lu korda toplam Hg (ppb) içeriğinin kor boyunca dağılımı ve Al ile normalizasyonu.....	107
Şekil 4. 35. : GM2 no'lu korda toplam Hg (ppb) içeriğinin kor boyunca dağılımı ve Al ile normalizasyonu.....	108

Şekil 4. 36. : GM1 no'lu korda toplam Ba (ppm) içeriğinin kor boyunca dağılımı ve Al ile normalizasyonu. ....	109
Şekil 4. 37. : GM2 no'lu korda toplam Ba (ppm) içeriğinin kor boyunca dağılımı ve Al ile normalizasyonu. ....	110
Şekil 5. 1. : Erdek Körfezi'nin yüzey sedimentlerinde litojen fazda Al (%) içeriğinin dağılımı. ....	119
Şekil 5. 2. : Erdek Körfezi'nin yüzey sedimentlerinde Fe-Mn oksihidroksit fazında Fe (%) içeriğinin dağılımı. ....	120
Şekil 5. 3. : Erdek Körfezi'nin yüzey sedimentlerinde organik fazda Fe (%) içeriğinin dağılımı. ....	122
Şekil 5. 4. : Erdek Körfezi'nin yüzey sedimentlerinde litojen fazda Fe (%) içeriğinin dağılımı. ....	123
Şekil 5. 5. : Erdek Körfezi'nin yüzey sedimentlerinde karbonat fazında Mn (ppm) içeriğinin dağılımı. ....	124
Şekil 5. 6. : Erdek Körfezi'nin yüzey sedimentlerinde Fe-Mn oksihidroksit fazında Mn (ppm) içeriğinin dağılımı. ....	125
Şekil 5. 7. : Erdek Körfezi'nin yüzey sedimentlerinde organik fazda Mn (ppm) içeriğinin dağılımı. ....	126
Şekil 5. 8. : Erdek Körfezi'nin yüzey sedimentlerinde litojen fazda Mn (ppm) içeriğinin dağılımı. ....	127
Şekil 5. 9. : Erdek Körfezi'nin yüzey sedimentlerinde karbonat fazında Pb (ppm) içeriğinin dağılımı. ....	129
Şekil 5. 10. : Erdek Körfezi'nin yüzey sedimentlerinde Fe-Mn oksihidroksit fazında Pb (ppm) içeriğinin dağılımı. ....	130
Şekil 5. 11. : Erdek Körfezi'nin yüzey sedimentlerinde organik fazda Pb (ppm) içeriğinin dağılımı. ....	131
Şekil 5. 12. : Erdek Körfezi'nin yüzey sedimentlerinde litojen fazda Pb (ppm) içeriğinin dağılımı. ....	132
Şekil 5. 13. : Erdek Körfezi'nin yüzey sedimentlerinde karbonat fazında Cu (ppm) içeriğinin dağılımı. ....	134
Şekil 5. 14. : Erdek Körfezi'nin yüzey sedimentlerinde Fe-Mn oksihidroksit fazında Cu (ppm) içeriğinin dağılımı. ....	135

Şekil 5. 15. : Erdek Körfezi'nin yüzey sedimentlerinde organik fazda Cu (ppm) içeriğinin dağılımı. ....	136
Şekil 5. 16. : Erdek Körfezi'nin yüzey sedimentlerinde litojen fazda Cu (ppm) içeriğinin dağılımı. ....	137
Şekil 5. 17. : Erdek Körfezi'nin yüzey sedimentlerinde karbonat fazında Zn (ppm) içeriğinin dağılımı. ....	139
Şekil 5. 18. : Erdek Körfezi'nin yüzey sedimentlerinde Fe-Mn oksihidroksit fazında Zn (ppm) içeriğinin dağılımı. ....	140
Şekil 5. 19. : Erdek Körfezi'nin yüzey sedimentlerinde organik fazda Zn (ppm) içeriğinin dağılımı. ....	142
Şekil 5. 20. : Erdek Körfezi'nin yüzey sedimentlerinde litojen fazda Zn (ppm) içeriğinin dağılımı. ....	143
Şekil 5. 21. : Erdek Körfezi'nin yüzey sedimentlerinde karbonat fazında Ni (ppm) içeriğinin dağılımı. ....	144
Şekil 5. 22. : Erdek Körfezi'nin yüzey sedimentlerinde Fe-Mn oksihidroksit fazında Ni (ppm) içeriğinin dağılımı. ....	145
Şekil 5. 23. : Erdek Körfezi'nin yüzey sedimentlerinde organik fazda Ni (ppm) içeriğinin dağılımı. ....	146
Şekil 5. 24. : Erdek Körfezi'nin yüzey sedimentlerinde litojen fazda Ni (ppm) içeriğinin dağılımı. ....	147
Şekil 5. 25. : Erdek Körfezi'nin yüzey sedimentlerinde karbonat fazında Co (ppm) içeriğinin dağılımı. ....	149
Şekil 5. 26. : Erdek Körfezi'nin yüzey sedimentlerinde Fe-Mn oksihidroksit fazında Co (ppm) içeriğinin dağılımı. ....	150
Şekil 5. 27. : Erdek Körfezi'nin yüzey sedimentlerinde organik fazda Co (ppm) içeriğinin dağılımı. ....	151
Şekil 5. 28. : Erdek Körfezi'nin yüzey sedimentlerinde litojen fazda Co (ppm) içeriğinin dağılımı. ....	152
Şekil 5. 29. : Erdek Körfezi'nin yüzey sedimentlerinde karbonat fazında Cr (ppm) içeriğinin dağılımı. ....	154
Şekil 5. 30. : Erdek Körfezi'nin yüzey sedimentlerinde Fe-Mn oksihidroksit fazında Cr (ppm) içeriğinin dağılımı. ....	155

Şekil 5. 31. : Erdek Körfezi'nin yüzey sedimentlerinde organik fazda Cr (ppm) içeriğinin dağılımı. ....	156
Şekil 5. 32. : Erdek Körfezi'nin yüzey sedimentlerinde litojen fazda Cr (ppm) içeriğinin dağılımı. ....	157
Şekil 5. 33. : K1, K2 ve K3 no'lu korlarda Fe-Mn oksihidroksit fazında Fe (%) ve Mn (ppm) içeriklerinin kor boyunca değişimleri.....	160
Şekil 5. 34. : GM1 ve GM2 no'lu korlarda Fe-Mn oksihidroksit fazında Fe (%) ve Mn (ppm) içeriklerinin kor boyunca değişimleri.....	162
Şekil 5. 35. : K1, K2 ve K3 no'lu korlarda Fe-Mn oksihidroksit fazında Pb, Cu ve Zn (ppm) içeriklerinin kor boyunca değişimleri.....	163
Şekil 5. 36. : GM1 ve GM2 no'lu korlarda Fe-Mn oksihidroksit fazında Pb, Cu ve Zn (ppm) içeriklerinin kor boyunca değişimleri.....	165
Şekil 5. 37. : K1, K2 ve K3 no'lu korlarda Fe-Mn oksihidroksit fazında Ni, Co ve Cr (ppm) içeriklerinin kor boyunca değişimleri.....	166
Şekil 5. 38. : GM1 ve GM2 no'lu korlarda Fe-Mn oksihidroksit fazında Ni, Co ve Cr (ppm) içeriklerinin kor boyunca değişimleri.....	168
Tablo 1.1.: Gönen ve Biga Çaylarının Ağız Kısımında DO, KOİ, NH <sub>3</sub> -N, NO <sub>3</sub> -N, O- PO <sub>4</sub> konsantrasyonları (D.S.İ, 1987). ....	17
Tablo 1.2: Kiraz Metamorfiti' ne ait amfibolşist örneklerde bazı metallerin konsantrasyonları (ppm) (Akyüz, 1995). ....	27
Tablo 1.3: Çataldağ Granodiyoriti' ne ait örneklerde bazı metallerin konsantrasyonları (ppm) (Akyüz, 1995). ....	27
Tablo 1.4: Ilıca-Şamlı Granodiyoriti' ne ait örneklerde bazı metallerin konsantrasyonları (ppm) (Akyüz, 1995). ....	28
Tablo 1.5: Ezine Volkanitleri' ne ait örneklerde bazı metallerin konsantrasyonları (ppm) (Akyüz, 1995) ....	28
Tablo 2.1 : Yapılan metal analizlerinin doğruluğu. ....	37
Tablo 2.2 : Toplam metal analizlerinde % 95' lik güvenilirlik sınırları içinde tekrarlılık (precision). ....	37
Tablo 2.3 : Selektif ekstraksiyon analizlerinde % 95' lik güvenilirlik sınırları içinde tekrarlılık (precision).....	38
Tablo 4.1. : Yüzey sedimentlerinde toplam metal değerlerinin tane boyu, toplam karbonat, organik karbon ve birbirleriyle korelasyonu. ....	75



Tablo 4.2.: Marmara Denizi'nde yüzey sedimentlerinde yapılmış olan jeokimyasal sonuçlar ile bu çalışmanın sonuçlarının karşılaştırılması.....	76
Tablo 4.3. Kor sedimentlerinde toplam metal değerlerinin toplam karbonat, organik karbon ve birbirleriyle korelasyonu (n=59).....	114
Tablo 5.1: Organik maddeye bağlı fraksiyonlardaki metal konsantrasyonları ( ppm) ile toplam organik karbon konsantrasyonları (%) arasındaki korelasyon katsayıları ( r ).	158
EK 1: Erdek Körfezi'nden alınan yüzey sediment örneklerinin alındıkları lokasyonlar ve derinlikler.....	192
EK2 : Erdek Körfezi'nin alınan yüzey sediment örneklerinin toplam karbonat, organik karbon ve tane boyu değerleri.....	193
EK 3: Erdek Körfezi'nden alınan yüzey sediment örneklerinin toplam metal içerikleri.....	194
EK 4: Erdek Körfezi'nden alınan K1, K2 ve K3 no'lu kor örneklerinin toplam karbonat, organik karbon ve toplam metal içerikleri.....	195
EK 5: Erdek Körfezi'nden alınan GM1 no'lu kor örneğinin toplam karbonat, organik karbon ve toplam metal içeriği.....	196
EK 6: Erdek Körfezi'nden alınan GM2 no'lu kor örneğinin toplam karbonat, organik karbon ve toplam metal içeriği.....	197
EK 7: Erdek Körfezi'nden alınan yüzey sedimentlerinin Al içeriğinin jeokimyasal fazlarda dağılımı.....	198
EK 8: Erdek Körfezi'nden alınan yüzey sedimentlerinin Fe içeriğinin jeokimyasal fazlarda dağılımı.....	199
EK 9: Erdek Körfezi'nden alınan yüzey sedimentlerinin Mn içeriğinin jeokimyasal fazlarda dağılımı.....	200
EK 10: Erdek Körfezi'nden alınan yüzey sedimentlerinin Pb içeriğinin jeokimyasal fazlarda dağılımı.....	201
EK 11: Erdek Körfezi'nden alınan yüzey sedimentlerinin Cu içeriğinin jeokimyasal fazlarda dağılımı.....	202
EK 12: Erdek Körfezi'nden alınan yüzey sedimentlerinin Zn içeriğinin jeokimyasal fazlarda dağılımı.....	203
EK 13: Erdek Körfezi'nden alınan yüzey sedimentlerinin Ni içeriğinin jeokimyasal fazlarda dağılımı.....	204

EK 14: Erdek Körfezi'nden alınan yüzey sedimentlerinin Co içeriğinin jeokimyasal fazlarda dağılımı. ....	205
EK 15: Erdek Körfezi'nden alınan yüzey sedimentlerinin Cr içeriğinin jeokimyasal fazlarda dağılımı. ....	206
EK 16: Erdek Körfezi'nden alınan K1, K2 ve K3 no'lu kor örneklerinde Fe-Mn oksihidroksit fazında metallerin dağılımı. ....	207
EK 17: Erdek Körfezi'nden alınan GM1 ve GM2 no'lu kor örneklerinde Fe-Mn oksihidroksit fazında metallerin dağılımı. ....	208
EK 18: Selektif ekstraksiyon analizlerinde örneklerin ardışık ve ayrı ayrı çalışılması halinde elde edilen sonuçların karşılaştırılması. ....	209



## ÖZ

### *ERDEK KÖRFEZİ SEDİMENTLERİNİN JEOKİMYASI*

Bu çalışmada, Erdek Körfezi sedimentlerinde toplam karbonat, organik karbon ve metal dağılımları incelenmiştir. Ayrıca selektif ekstraksiyon yöntemleri ile bu dağılımları denetleyen etkenler ve yüksek metal değerlerinin kaynağı araştırılmıştır.

Erdek Körfezi' nin oşinografik özellikleri Marmara Denizi' nin oşinografik özelliklerine benzer olup, su kolonu iki tabakalı yapıya sahiptir. Maksimum derinliği 55 m, ortalama derinliği 34 m' dir. Ayrıca gerek nüfus yoğunluğu gerekse endüstriyel faaliyetler açısından nispeten sakin bölgelerindedir.

Körfezin doğusunda, kuzey batısında ve Avşa Adası' nın güneyinde kum; batısında, orta bölümünde ve doğusunda kil; güneyinde, batısının bir bölümünde ve Paşa Limanı Adası' nın güneyinde siltli kil ve körfezin orta kesiminin kuzeyinde killi silt fasiyesleri hakimdir. Körfezin doğu ucunda ve adaların güneyinde yüzey sedimentlerinin karbonat miktarı oldukça yüksektir. Bu karbonatın kaynağı daha çok gastropod ve bivalvden oluşan biyojen kökenli malzemedir. Yüzey sediment örneklerinin organik karbon içeriği ise, körfezin doğusunda güney kıyılarına paralel bir zon boyunca, kuzeydoğuda karaya yakın alanlarda ve Karabiga ağzına yakın alanda yüksek değerler (% 1.0-1.5) göstermektedir. Bu dağılım karasal, doğal ve antropojenik kökenli organik madde kaynaklarına işaret etmektedir.

Yüzey sedimentlerinde Pb, Cu, Zn, Ni, Co, Hg ve Cr metallerinde şeyl ortalamasının üzerinde değerler tespit edilmiştir. Selektif ekstraksiyon analizleri sonucunda incelenen metallerin litojen fazda en yüksek oranlarda bulunması, Erdek Körfezi' ndeki yüksek metal konsantrasyonlarının kaynağının antropojen kökenli olmadığını; büyük ölçüde körfeze dökülen Biga ve Gönen Çayları' nın getirdiği karasal kaynaklı girdileri göstermektedir. Her iki akarsuyun yükü, havzalarındaki maden yatakları (Pb, Cu, Zn ve Hg), tarım ve gıda sanayileri ile Biga ve Gönen ilçelerinin evsel atıklarından etkilenmektedir. Organik fazda tespit edilen değerler de düşük olmakla beraber antropojenik girdilere işaret etmektedir. Körfezin güneydoğusundaki yüksek metal ( Cr, Ni, Co ve Cu) değerlerinin kaynağı ise karadaki Karakaya Karmaşığına ait mafik ve ultramafik kaya birimleridir.

Kor sedimentlerinde toplam karbonatın derinlikle değişimi % 0.6 ile % 17.8 arasında tespit edilmiştir. Toplam organik karbon değişimi ise % 0.2 ile % 2.5 arasındadır. GM2 nolu korda 170-180 cm seviyede zamanımızdan  $3650 \pm 175$  yıl önce çökeliş organik maddece zengin sapropel tabaka bulunmuştur. Bu seviye Gemlik Körfezi'nde tespit edilen sapropel tabakanın eşdeğeridir (Çağatay ve diğ., yayında).

Kor sedimentlerinde metal konsantrasyonlarının derinlikle değişimi incelendiğinde özellikle GM2 nolu korda sapropel tabakanın üzerinde Mn ve Fe konsantrasyonlarının sedimentteki diyajenez olaylarının bir sonucu olarak arttığı görölmüştür. Aynı şekilde diğer metal (Pb, Cu, Zn, Ni ve Cr) konsantrasyonları da diyajenez zonlarına bağlı olarak sapropel tabaka üzerinde bir zenginleşme göstermiştir. Baryum konsantrasyonlarının sapropelli seviyede fazla zenginleşmiş olmaması ise sapropelin organik maddesinin daha çok karasal kökenli olduğuna işaret etmektedir.



## ABSTRACT

### *GEOCHEMISTRY OF SEDIMENTS IN THE ERDEK BAY*

Total carbonate, organic carbon and metal distributions in the Erdek Bay sediments were studied. Selective extraction studies were carried out to investigate the factors controlling the distribution and the source of high metal values.

The oceanographic characteristics of Erdek Bay are similar to those of the Marmara Sea, which has a two-layer water-column structure. The Bay has a maximum depth of 55 m and an average depth of 34 m. It is a relatively pristine area of the Marmara Sea in terms of both population density and industrial activities on the surrounding land areas.

The sediments consist predominantly of sand in the east and northwest of the Bay and south of the Avşa Island. Clay is the main sediment type in the west, central and east of the Bay. Silty clay is present in the southern and part of the western Bay area, and in the south of the Paşa Limanı Island, and clayey silt facies is observed in the north of the central Bay area. The carbonate contents of the surface sediments are quite high in the eastern end of the Bay and south of the islands. The source of this carbonate is mainly of biogenic origin, being mostly composed of gastropod and bivalve shells. The organic carbon content of the surface sediment samples shows high values (1.0 - 1.5 %) alongside a zone parallel to the southern coast in the east of the Bay, in near-shore areas in the northeast and close to the mouth of Karabiga. This distribution indicates that the organic matter is mainly of terrestrial (natural or anthropogenic) origin.

Values higher than their shale averages were determined for Pb, Cu, Zn, Ni, Co, Hg ve Cr in the surface sediments. Selective extraction studies indicate that the metals mostly occur in the lithogenic phase. This suggests that the source of the high metal concentrations in the Erdek Bay is not anthropogenic, but mainly land derived detrital mineral inputs delivered by Biga and Gönen Rivers. The loads of both rivers are influenced by mineral deposits (Pb, Cu, Zn ve Hg) in their catchment areas and to a lesser extent by agricultural and food industries and municipal discharges from the Biga and Gönen towns. Although the metal values the organic phase are low, nevertheless

they indicate some anthropogenic inputs. The source of high Cr, Ni, Co ve Cu values in the southeast of Bay is the mafic and ultramafic rock units of the Karakaya Complex cropping out in the nearby land area.

The total carbonate content of core sediments from 0.6 % to 17.8 % and the total organic carbon ranges from 0.2 % to 2.5 %. In core GM2, a sapropel layer formed approximately  $3650 \pm 175$  y BP is present at 170 - 180 cm below sea floor. This is equivalent to the sapropel layer previously determined in the Gemlik Bay.

Variation of metal concentrations in sediments with core depth show enrichments of Mn and Fe, and to a lesser extent of Pb, Cu, Zn, Ni and Cr, above the sapropelic horizon as a result of early diagenetic processes. Lack of enrichment of Ba in the sapropel layer suggest a terrestrial origin for the organic matter in this unit.



# BÖLÜM 1: GİRİŞ

## 1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Denizel ortama rüzgar, akarsu ve atmosfer yoluyla endüstriyel ve evsel atıklarla ve doğal karasal kaynaklardan giren ağır metaller sedimente geçinceye kadar suda birçok fiziksel ve biojeokimyasal proses ve döngüler içinde yer alırlar. Ağır metallerin sedimentte depolanmaları esnasında da bazı mikrobiyolojik diyajenez reaksiyonlarından (oksidasyon, redüksiyon) doğrudan veya dolaylı olarak etkilenirler. Bu reaksiyonlar sırasında katı sediment yüzeylerinden gözenek suyuna katılmalar ve/ veya gözenek suyundan çökelmeler gerçekleşir. Gözenek suyunda metaller konsantre hale geldiğinde genellikle iki yol izlenir. Ya direk deniz suyuna metal difüzyonu olur, ya da metaller sedimentler ortamdaki inorganik veya organik bileşenlerle birleşerek sediment içinde autijenik mineralleri oluştururlar. Ağır metallerin sediment-gözenek suyu-deniz suyu fazları arasındaki bu remobilizasyon ve resirkülasyon olayları sediment kolonunda diyajenetik şartlar altında gerçekleşir (Engler ve diğ., 1977; Kersten & Förstner, 1987; Shaw ve diğ., 1990; Chester, 1990). Sonuç olarak , dip sedimentlerinin jeokimyası bu şekilde su kolonu kimyasını da etkilemekte ve dolayısı ile kirlenmiş sedimentlerde depolanan ağır metaller sadece bentik canlıları için değil, üzerinde su kolonundaki canlı ortam için de bir toksik etki oluşturmaktadır.

Erdek Körfezi' nde daha önce yapılmış ayrıntılı bir sediment jeokimyası çalışması yoktur. Önceki çalışmalar genellikle bölgesel nitelikte olup, gerekli ayrıntıdan yoksundur (Bodur ve Ergin, 1994; Shimkus ve diğ., 1994). Körfez' de su ürünlerinde yapılan ağır metal çalışmaları da oldukça kısıtlıdır. Yıldızdağ (1992), Marmara Denizi' nde yaptığı çalışmada balıkların filetolarında ve karideslerin et kısımlarında Fe, Cu, Zn ve Hg değişimlerini incelemiştir. Erdek Körfezi' nde berlam, barbunya, öksüz, benekli hani ve karideslerde yapılan analizlerde civa konsantrasyonlarının Marmara Denizi' nin diğer bölgelerinden daha yüksek çıktığı ve bu örneklerde civa derişiminin su ürünlerinde kabul edilen limitleri geçtiği görülmüştür. Yine Enstitümüzde yapılan bir yüksek lisans çalışmasında, Erdek Körfezi' nde askıda katı maddede toplam civanın en yüksek olduğu alanlar olarak Biga ve Gönen Çayları' nın körfeze döküldüğü alanlar işaret edilmektedir (Özgür, 1995).

Türkiye nüfus toplamının % 20' si, Marmara' yı çevreleyen 39.557 km<sup>2</sup> lik dar bir çerçeve içinde yaşamaktadır. Sanayileşme ve diğer şehir yapıcı fonksiyonların gelişmesi, daha da büyüyerek metropoliten karakter kazanan büyük şehirlerin çevrelerindeki kır yerleşmelerini etkilemelerine neden olmaktadır. Birçok yerleşmenin 10 bin nüfusun üzerine çıkarak şehir grubuna katılmasıyla, 1990' da şehir sayısı 46' yı, şehirli nüfus oranı % 85' i bulmuştur. Nüfusları 50-100 bin arasında oynayan şehir sayısı 11' e çıkmıştır (Erel, 1992).

Marmara Bölgesinde durum böyle iken Erdek Körfezi civarı hem endüstriyel faaliyet hem de yerleşim açısından sakin bir bölge olma özelliğini son yıllarda da devam ettirmektedir (Şekil 1.1). Ayrıca balıkçılık açısından Marmara Denizi' nin en verimli bölgesidir (İ.Ü-DBİE ). Buna karşılık sularını körfeze boşaltan Gönen ve Kocabaş Çayları' nın drenaj havzası maden yataklarının etkisi altındadır (Şekil 1.7).

Çalışmanın amacı Erdek Körfezi denizel sedimentinde eser metal dağılımını incelemek, bölgede metal konsantrasyonlarını denetleyen faktörleri ve yüksek metal değerlerinin doğal veya antropojenik kaynağını belirlemektir. Bu amaçla körfezden 48 adet yüzey ve 5 adet kor örnekleme yapılmıştır. Ayrıca Gönen Çayı ağzından da 3 adet yüzey sediment örneği alınmıştır. Sediment örneklerinde toplam organik karbon, kalsiyum karbonat ve toplam metal (Al, Fe, Mn, Pb, Cu, Zn, Ni, Co, Cr ve Hg ) dağılımları incelenmiştir. Dağılımı incelenen metallerin sediment ortamındaki davranışını ve ortam koşullarını, yüksek metal değerlerinin kaynağının doğal ya da antropojenik olduğunu belirleyebilmek için ise ardışık selektif ekstraksiyon yöntemleri kullanılmıştır (Tessier ve diğ., 1979). Toplam metal analizlerinde tane boyu farkından gelen farklılıkları elimine edebilmek için alüminyum ile tane boyu düzeltmesi (normalizasyon) yapılmıştır (Loring & Rantala, 1992). Sonuçlar bölgedeki doğal ve antropojenik kirlilik kaynakları gözönünde bulundurularak değerlendirilmiştir.

Balıkçılık ve turizm açısından Marmara Denizi' nin en verimli bölgesi olan Erdek Körfezi' ndeki bu çalışma; bundan sonraki çalışmalara bir veri tabanı oluşturacağı gibi; körfezde ağır metal dağılımlarını, ve bu dağılımları denetleyen faktörleri ve ağır metal yüklerinin kaynaklarını göstermesi açısından önemlidir.

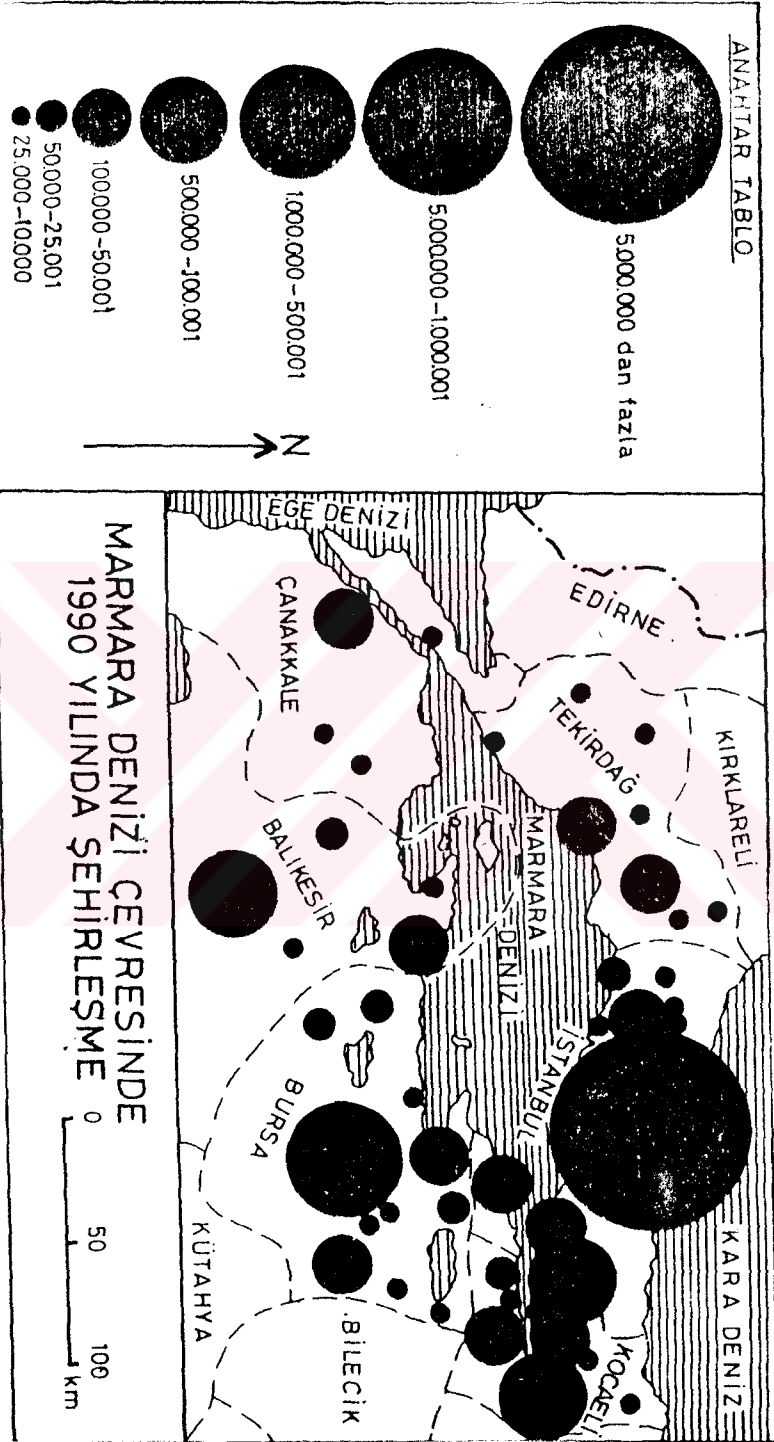


## 1.2. Sedimentlerde Metal Dağılımı

Güncel denizel sedimentlerde ağır metal dağılımlarını kontrol eden faktörler; karalar üzerindeki zengin metal kaynaklarından atmosfer yoluyla olan taşınımlar (Chester, 1990) ve akarsularla olan karasal girdiler, denizaltı hidrotermal ve volkanik aktiviteler (Hendricks et al., 1969, Cronan, 1977), diyajenez gibi doğal ve jeokimyasal proseslerdir ve hızla artan insan aktiviteleridir (Sevast'yanov & Volkov, 1967; Delfino and Lee, 1968; Elderfield and Hepworth, 1975; Calvert and Price, 1977; Ridway and Price, 1987; Loring & Rantala, 1988; Szefer, 1988).

Denizel ortama çeşitli faktörlerin etkisiyle giren ağır metaller sedimentlerde detrital alüminosilikat ve oksit mineralleri, ikincil kil mineralleri, ikincil Fe-Mn oksihidroksitleri, metal sülfürleri ve karbonatları yapısında ve bu minerallerin bir kısmına ve organik maddeye adsorbsiyon ve kimyasal bağlarla bağlanmak suretiyle birikir. Sedimentlerin ağır metalleri biriktirme kapasiteleri çeşitli faktörlere bağlıdır (Baker, 1980; Förstner & Witmann, 1981; Horowitz, 1985; Horowitz & Elrick, 1987). Bunlar fiziksel (tane boyu, yüzey alanı ve yüzey yükü) ve kimyasal (bileşim-jeokimyasal fazlar, iyon değiştirme kapasitesi) olmak üzere iki ayrı grupta toplanır. Ancak bu gruplar da bağımsız olmayıp; birbiriyle ilişkilidir. Örneğin tane boyu küçüldükçe yüzey alanının büyümesi ve Fe-Mn oksit ve hidroksitleri, organik karbon ve kil minerali yüzeylerinde metallerin konsantre hale gelmesi gibi (Jenne, 1968; Jones & Bowser, 1978; Baker, 1980; Förstner & Witmann, 1981; Horowitz, 1985; Horowitz & Elrick, 1986, 1987).

Tane boyu, sedimentlerin metalleri biriktirme kapasiteleri üzerinde etkili olan en önemli faktörlerden biridir. Bu nedenle de tane boyu dağılımı ve ayrımı ile ilgili çalışmalar sediment-eser (trace) metal çalışmalarında birinci sırayı almıştır (Ackermann, 1980; Ackermann ve diğ., 1983; Murdoch & Duncan, 1986; Horowitz & Elrick; 1987;



Şekil 1.1: Marmara Denizi Çevresinde 1990 Yılında Şehirleşme (Erel, 1992).

Kurmgalz, 1989). Ackermann (1980) haliç ve kıyı sedimentlerinde ağır metal dağılımlarında tane boyu etkisi ve Ackermann ve diğ. (1983) <20 µm tane boyundaki fraksiyonlarda eser (trace) metal dağılımlarını incelemiştir. Horowitz & Elrick (1987) eser (trace) metal dağılımlarında tane boyu, yüzey alanı ve jeokimyasal fazlar arasındaki ilişkiyi ve Kurmgalz (1989) ise eser (trace) metal ve organik madde dağılımında tane boyu etkisini araştırmıştır.

Denizel ortama çeşitli faktörlerin etkisi altında giren ağır metaller sedimentlerin ince tane boyu fraksiyonlarında birikme eğilimi gösterirler (Ackermann ve diğ., 1983; Förstner & Salomons, 1980; Horowitz, 1985; Horowitz & Elrick, 1987, Kurmgalz, 1989). Sedimentlerde tane boyu küçüldükçe buna bağlı olarak yüzey alanı, yüzey yükü, organik madde içeriği gibi özellikler artar (Jones & Bowse, 1978; Förstner & Witmann, 1981, Horowitz, 1985; Horowitz & Elrick, 1986,1987). İnce tane boyutundaki sedimentler partiküller geniş, spesifik yüzey alanına sahiptir ve ince taneli sedimentlerin organik karbon içeriği yüksektir (Cauwet, 1987; Boldrin et al., 1989).

Sediment taşınımında tane boyu çeşitli fiziksel ve kimyasal ayrışmalarla dereceli olarak küçülür. İlk olarak çöken kaba taneli fraksiyonlardır. İnce tane boyundaki fraksiyonlar ise koloidal olarak daha uzun mesafeler boyunca taşınabilir (Förstner & Witmann, 1981).

Förstner (1989), metal kirliliği ile ilgili çalışmalarda kirlenmiş yüzeylerin bir belirleyicisi olarak kesin ayrılmış bir tane boyunda çalışılmasını tavsiye etmiştir. Önerilen tane boyu 63 µm' den küçük (silt ve kil) tane boyundaki fraksiyonlardır. Çünkü 63 µm' den küçük tane boyundaki fraksiyonlar doğal ve antropojenik bileşenlerin en etkili taşıyıcısıdır. Ayrıca bu tane boyundaki fraksiyonlar uzun mesafeler boyunca taşınmaktadır.

Farklı lokasyonlardaki sedimentler arasında ilişki kurmak ve tane boyu dağılımından gelen farkı gidermek için normalizasyon (tane boyu düzeltmesi) gereklidir (Horowitz & Elrick, 1987; Luoma, 1990; Loring, 1991; Loring & Rantala,1992). Normalizasyon için referans element olarak genellikle Al veya Li kullanılmaktadır. Bu elementler, ince taneli sedimentlerin önemli bileşeni olan kil minerallerinin yapılarında yer alan konservatif elementlerdir. Denizel ortamda taşınım ve depolanma sırasında konsantrasyonlarını büyük ölçüde korurlar.

Trucco ve diğ. (1990), Şili' nin Tongoy ve Herradura Körfezleri' nde yaptıkları jeokimyasal çalışmada her iki körfezde de Cu, Cd ve Fe konsantrasyonlarının değişik

bölgelerde tespit edilen değerlerden daha yüksek olduğunu ve Herradura Körfezi' ndeki yüksek Fe konsantrasyonlarının nedeni olarak bölgedeki çelik endüstrisini işaret etmişlerdir. Zöllmer & Irion (1993) Kuzey Denizi yüzey sedimentlerinde Zn, Cd, Cu ve Pb zenginleşmesine dikkati çekmişlerdir.

Sedimentte eser (trace) metal çalışmalarında metallerin hangi jeokimyasal fazlarda biriktiği de önemli bir araştırma alanıdır. Bu fazlardan Fe ve Mn oksit ve hidroksitler, organik madde ve kil mineralleri sedimentte metal birikiminde en önemli konsantre edici bileşenlerdir (Krauskopf,1979; Jenne, 1968; Jenne & Luoma, 1977; Förstner & Witmann, 1981; Horowitz, 1985; Horowitz & Elrick, 1987).

### **1.3. Sedimentlerde Metallerin Birikim Mekanizmaları-Jeokimyasal Fazlar**

Sedimenter ortamda mineraller genel anlamda detrital ve autijenik mineraller olmak üzere iki grupta toplanır. Detrital mineraller taşınmış mineral tanelerini ve kaya kırıntılarını, ötijenik mineraller ise sedimantasyon sırasında veya sonrasında sediment içinde oluşan mineralleri içerir. Minerallerden ayrı olarak sediment içinde; taşınmış detrital, doğal ve antropojenik, organik ve inorganik malzeme ile deniz ortamından katılan bentik ve pelajik canlıların oluşturduğu organik ve iskeletimsi biyojenik malzeme bulunur.

Detrital mineraller tarafından metallerin tutulması iki ayrı mekanizmada olur. Birincisinde metal mineralin kristal yapısına girer. İkincisinde ise mineral yüzeylerinde ve kil minerallerinde tabakalararası yüzeylerde adsorblanır. Denizel ortama antrpojenik olarak giren metaller genellikle kararlı olmayan kimyasal bileşikleri şeklindedir. Bu nedenle de biyolojik olarak kullanıma ve değişimlere hazır haldedir (Förstner, 1989). Sedimentte ağır metallerin jeokimyasal çeşitli fazlara ayrılması; malzemenin kaynağı, atmosferik taşınımlar, sediment taşınımı, ayrışma ve redoks reaksiyonları kinetiği gibi çeşitli faktörlere bağlıdır (Filipek & Owen, 1978).

Ağır metallerin dağılım gösterdiği jeokimyasal fazlar şu şekilde açıklanabilir:

- 1)Yer değiştirebilen (ion-exchangeable);
- 2) Karbonatlara bağlı olan;
- 3) Fe ve Mn oksihidroksitlerine bağlı olan;
- 4) Organik maddeye bağlı olan; ve
- 5) Residual (litojen faz veya mineralin kristal yapısı) fazı.

Eser (trace) metaller yer değiştiren fazda basit veya kompleks metal iyonlarının (çoğunlukla kationların) katı parçacıklar üzerindeki negatif bölgelere bağlanması ve aynı miktarda diğer iyonların serbest bırakılması şeklinde tutulur. Bu faz nispeten hareketli ve biyolojik olarak kullanıma hazır metalleri içerir (Engler ve diğ., 1977; Brannon, 1977).

Sedimentin karbonat fazında tutulan metaller detrital veya autijenik olabilir. Çünkü birçoğ metalin karbonatlı bileşikleri doğal pH ve Eh (redoks potansiyeli) şartlarında kararlıdır (Filipek & Owen, 1978). Sedimentlerin toplam karbonat iğeriğini daha çok aragonit, kalsit ve yüksek magnezyum kalsit minerallerinin oluşturduğu kavkı ve çimento malzemesi oluşturur. Bu mineraller de kristal yapılarına Ca, Mg ve az miktarda Sr ve Ba dışında diğer metalleri almaz. Bu nedenle karbonatlar metal birikiminde seyreltici olarak rol oynar. Ayrıca sedimentlerde diyajenez sonucu Fe ve Mn karbonatlar da çökebilir.

Fe-Mn oksitleri ve hidroksitleri redoks değişimlerine çok hassas bileşiklerdir. Adsorblama veya birlikte çökme suretiyle eser metallerin birikmesinde önemli rol oynarlar (Balistrieri & Murray, 1986; Belzile ve diğ., 1989). Birincil silikat mineralleri bünyesindeki demir ayrışma sırasında yükseltgenir ve kısmen de ferro iyon,  $Fe^{2+}$  olarak çözünür. Bu iyon çözelti indirgeyici ve az asitli ise ve çözünmez bileşik yapan iyonları bulunduruyorsa uzun mesafeler taşınabilir. Karbonat, sülfür ve silikat gibi iyonların yüksek konsantrasyonlarda olduğu ortamlar demirin çökmesine neden olur. Demir bileşikleri, deniz suyunda hava ile temas etmiş ise oksit olarak; eğer su hafif indirgeyici ise karbonat veya silikat olarak, redoks potansiyeli düşük ve sülfür derişikliği fazla ise sülfid olarak çökler. Koşulların oksit çökmesine elverişli olduğu zamanlarda, ferrik oksit kolloidal olarak asılı kalır ve uzun mesafeler taşınır. Demir kolloidleri özellikle nehirlerin denize ulaştığı noktalarda elektrolitler tarafından floküle edilir. Deniz ortamına giren demirin büyük bir kısmı önce oksijen bakımından zengin kıyı sularında kolloidlerin floküle edilmesi ile ferrik oksit olarak çökler, sonra dip sedimentlerinin yakınında veya içindeki organik maddeler ile temas ederek ferro bileşiklere indirgenir. Manganın tortullaşma sırasındaki davranışı demire benzemektedir. Mn, birincil mineraller içindeki bileşinlerinden  $Mn^{2+}$  olarak çözünür ve indirgeyici koşullar hakim olduğu sürece bu şekilde kalır. Ortamda karbonat veya silis yeterli oranlarda varsa, pH yükselir yükselmez çöker. Redoks potansiyeli (Eh) çok düşük ise Mn sülfid veya Mn hidroksit oluşur. Yükseltgeyici koşullarda da  $Mn^{3+}$  ve  $Mn^{4+}$  oksitleri halinde çöker. Mn

oksitleri önce kolloidal olarak çökeler ve uzun mesafeler boyunca taşınır. Bu oksit parçacıkları normal pH değerlerinde negatif yüklüdürler ve çözelti içindeki katyonları soğururlar. Bu nedenle de tortullar içindeki Mn oksitler, yüzeye adsorbe olmuş olarak K, Ni, Co, Pb, Zn, Ba ve Cu gibi metal iyonlarını genellikle çok miktarlarda içermektedir. Mangana ve demir mineralleri arasındaki en önemli fark manganın redoks potansiyelinin demirinkine göre daha düşük olması ve dolayısı ile redoks koşullarına daha duyarlı olmasıdır. Bunun sonucu olarak mangana demire göre daha hareketlidir ve ayrıca manganın karbonat alanı, demirin ise oksit alanı çok daha geniştir (Krauskopf, 1979).

Denizel ortamda çözülmüş organik maddelerin (özellikle de humik maddelerin) metal dağılımı üzerinde; kompleks oluşumunu ve çözünürlüğü artırma, oksitlenmiş ve indirgenmiş metal bileşikleri arasındaki dağılımı değiştirme, metal içeren kolloidlerin kararlılığını etkileme ve askıdaki maddeye adsorbe edilmelerinin miktarını belirleme gibi etkileri vardır. Metaller organik maddeye; 1) Karboksil grubundaki hidrojen ile yer değiştirerek, 2) karbon atomuna bağlanmak suretiyle organo-metal bileşimini oluşturarak, 3) N, O veya S gibi atomlar aracılığıyla karbon atomlarına bağlanarak sedimentlerde birikir (Krauskopf, 1979). Ayrıca organik madde ile kompleks oluşturan metal bileşiği, çökme sırasında kil mineralleri tarafından adsorblanma suretiyle de derişikleşir (Krauskopf, 1979; Jenne, 1968; Jenne & Luoma, 1977; Förstner & Witmann, 1981; Horowitz, 1985; Horowitz & Elrick, 1987). Organik maddeye bağlı olan metaller biyolojik aktiviteler sırasında kullanılabilir ve oksik koşullar altında organik maddenin bozuşması ile çözülmüş olarak tekrar serbest hale geçer (Tessier ve diğ., 1979). Organik maddeler metallerin taşınımında, sediment ortamında birikimlerinde ve depolanmadan sonra diyajenez olaylarında yer almalarında önemli rol oynar (Salomons & Förstner, 1984). Organik karbon dağılımı sedimentin çökme ortamları, su kolonu koşulları ve sediment tarafından tutulan kirleticiler hakkında bilgiler vermesi nedeniyle ölçülmesi gereken önemli bir parametredir. Genellikle organik madde konsantrasyonu küçülen tane boyu ile artar. Bu nedenle de sedimentin kil fraksiyonu kum fraksiyonuna göre daha fazla organik madde içerir. Organik madde birikiminde su kolonunda birincil üretim ve oksijen miktarı ile sedimentin geçirgenliği, gözenek suyunun kimyası, mikrobiyolojisi ve sedimenti oluşturan malzemenin fiziksel ve mineroloji özellikleri gibi faktörler rol oynar (Folger, 1972). Sedimentlerde organik maddenin büyük bir kısmı humik ve fulvik asitler ile



residual organik madde gibi farklı bileşenlerden oluşur. Residual organik madde (bitümen ve kerojen) sedimentin mineral yapısına bağlıdır. Kil mineralleri fitoplanktonların bozunması ile oluşan organik maddenin % 50-60 'ını absorblayabilir (Bordovsky, 1965). Haliç karışımlarında sedimentin organik madde içeriği çözünmüş metaller için önemli bir bileşendir (Sholkovitz, 1976; Martin ve diğ., 1987; Boldrin ve diğ., 1989)

Sedimentin residual (litojen) fazındaki metallerin konsantrasyonunu karasal kökenli detrital malzemenin minerolojisi kontrol eder. Burada antropojenik girdilerin etkisi yoktur (Filipek & Owen, 1978).

Sedimentin bileşiminde yer alan metallerin bulunduğu, yukarıda bahsedilen fazları belirleyebilmek için ardışık seçici ekstraksiyon (sequential selective extraction) teknikleri geliştirilmiştir (Chester & Hughes, 1967; Engler ve diğ., 1977; Tessier ve diğ., 1979). Gibbs (1973), Amazon ve Yukon nehirlerinde yaptığı çalışmada Cu ve Cr' un taşınımında detrital minerallerin kristal yapısının, Fe, Mn ve Ni taşınımında katı mineral yüzeylerinin Fe ve Mn oksitleri ile metalik bir film şeklinde kaplanması suretiyle birlikte çökme süreçlerinin ve Co taşınımında da her iki mekanizmanın etkili olduğunu tespit etmiştir. Förstner & Patchineelam (1980), Rhine nehrinde yaptıkları çalışmada Fe, Ni ve Co' in residual (litojen) fazda dağılım gösterdiğini tespit etmişlerdir. Bu faz insan aktivitelerinin en az etkili olduğu fazdır. Bu çalışmacılar, Pb, Cu ve Cr' un ise Fe ve Mn oksihidroksitlerine bağlanarak bulduklarını tespit etmişlerdir. Salamons & Förstner (1984), farklı bölgelerdeki daha az kirlenmiş nehir sedimentlerinde metallerin residual fazda konsantre olduğunu bulmuşlardır. Filipek & Owen (1978), Michigan Gölü' nde yaptıkları çalışmada Fe ve Cr' un residual (litojen) fazda; Cu ve Zn' nun organik, karbonat ve yer değiştirebilen fazda; Mn' nın detrital karbonatlarda veya amorf oksitleri şeklinde bulunduğunu ortaya koymuşlardır. Rosental ve diğ. (1986), Güney Afrika' nın False Körfezi' nde yaptıkları çalışmada sedimentin organik madde içeriğinin eser (trace) metal konsantrasyonları (Pb hariç) ile kuvvetli korelasyonlar verdiğini tespit etmişlerdir.

#### **1.4. Sedimentlerde Metallerin Hareketliliğini Denetleyen Faktörler**

Sedimentlerde su ve sediment kolonunun fiziko-kimyasal şartlarındaki değişimler, sediment-gözenek suyu-deniz suyu fazları arasında madde alışverişine ve

reaksiyonlarına neden olur. Bunun sonucunda ya metaller çözünerek gözenek suyuna ve oradan da su kolonuna katılır ya da gözenek suyundan katı sedimente autojenik mineral oluşumu ve adsorpsiyon yolu ile geçişler olur (Kempt et al., 1976; Chester, 1990). pH, Eh (redoks potansiyeli) ve iyonik kuvvet gibi fiziko-kimyasal parametrelerdeki değişimler metal atomları arasındaki etkileşimleri, mineral çözünme veya çökme reaksiyonlarını denetler (Aston & Chester, 1976). Sedimentlerde bulunan metallerin çözünürlüğü, hareketliliği ve biyolojik olarak kullanıma hazır olabilme özelliği şu 4 ana faktörün etkisi altında artar: 1) pH' ın değişmesi, 2) Redoks koşullarının değişmesi, 3) Organik komplekslerin yapısı ve 4) Tuzluluğun değişmesi (Förstner ve diğ., 1986). pH ve redoks koşullarının değişimi özellikle nehir girdilerinin depolanmasında önemli rol oynar. Salinitenin etkisi ise haliç sedimentlerinde metallerin Fe ve Mn oksihidroksitlerle birlikte floküle olarak çöktüğü görülmektedir (Förstner ve diğ., 1986). Yine pH' ın azalması ve redoks potansiyelinin değişimi sedimentin yer değiştirebilen (ion-exchangeable), karbonat ve Fe-Mn oksit hidroksit fraksiyonlarını etkiler. Anoksik koşullarda metaller organik malzeme ile kompleks oluşturur ve özellikle kalkofil elementler (Pb, Cu, Zn, Hg, Cd, As, Sb, Bi ve Ag ) sülfidli formları olarak çökme eğilimi gösterirler (Luoma, 1990). Kimyasal ekstraksiyon çalışmaları anoksik sedimentlerin hava ile teması halinde metallerin mobilizasyonun değiştiğini göstermiştir. Bu çalışmalara göre sülfidli veya karbonatlı fazlardan oksitli faza geçişlerde manganın mobilitesi azalmaktadır. Oksidasyon reaksiyonları sırasında da orta derecede indirgenebilir fazlardan karbonat ve kolay indirgenebilir fazlara geçişlerde çinkonun kimyasal reaksiyonlara girebilme kabiliyeti artmaktadır (Förstner ve diğ., 1986). Cu , Zn ve Pb gibi metallerin çözünmeyen sülfidli bileşikleri hareketsizdir. Ve sedimentin indirgeyici fazında tutulmuş olarak kalır (Elderfield & Hepworth, 1975). De Groot & Allersma (1975), Rhine Haliç' i, Kuzey Deniz' i ve Wadden Deniz' inde yaptıkları çalışmalarda metallerin mobilizasyon dereceleri arasında büyük farklılıklar olduğunu tespit etmişlerdir. Bu çalışmaya göre Cd, Hg, Cu, Zn, Pb, Cr ve As kuvvetli; Ni orta derecede hareketlilik yeteneğine sahip elementlerdir. Sm, Sc ve La ise mobilize olma özelliği göstermemektedirler. El Ghobary & Latouche (1986), yüzey sedimentlerinde metallerin yüksek derecede hareketli fraksiyonlarının oksitli formları ve daha az bir derece ile de karbonatlı formlarının olduğunu tespit etmişlerdir. Son yıllarda yüzey sedimentlerinde Cu, Zn ve Pb' nun zenginleşmesinin nedeni bu metalleri içeren antropojenik girdilerin artmasıdır. Fernex ve diğ. (1986) kuzeydoğu



Akdeniz' de kordlardan alınan sediment örneklerinde yaptıkları jeokimyasal çalışmada, oksik koşullar altında depolanmadan sonra ve sediment taşınımı sırasında Cu' ın % 30-50' sinin serbest kaldığını, anoksik koşullar altında ise Mn' nın büyük miktarlarda remobilize olduğunu tespit etmişlerdir. Cu ve Zn konsantrasyonlarında görülen artışın nedeni olarak da antropojenik girdileri işaret etmişlerdir.

### **1.5. Sedimentlerde Doğal ve Antropojenik Girdilerin Ayrımı**

Sedimentlerde doğal ve antropojenik girdileri ayırt edebilmek için çeşitli yöntemler vardır. Bunlar: 1) Kirletici (non-residual) fazı belirlemek, 2) Normalizasyon (tane boyu düzeltmesi) işlemine tabi tutmak ve 3) Baseline oluşturmak.

Kirletici (non-residual) fazı belirlemek amacı ile yapılan kimyasal ekstraksiyon çalışmalarında, toplam metalin sediment-su fazları arasındaki mobilitesine ve biyolojik olarak kullanılabilirliğine dayanarak potansiyel olarak reaksiyona girebilen miktarı tespit edilir (Luoma, 1990). Bu çalışmalarda doğal olmayan (non-residual) fraksiyonlardaki metal konsantrasyonları ile toplam metal konsantrasyonları arasında kurulan korelasyonlarda eğer eğri lineer değil de hiperbolikse antropojen kaynaklı metalin varlığını gösterir.

Sedimentler arası ilişki kurabilmek için sedimentlerin tane boyu, mineral bileşimi ve kökeni arasındaki ayrılıkları ortadan kaldırmak gerekir. Bunun için farklı metodlar geliştirilmiştir (Förstner, 1989; Luoma, 1990). Bunlardan biri tane boyu ayrımı yapmak ve belirli bir tane boyunda çalışmaktır. Bunun için önerilen tane boyu 63 µm' den küçük silt+kil fraksiyonudur. Bu tane boyu süspansiyon olarak taşınabilir ve en önemli sediment taşınım şeklidir. İkinci yöntem, metal konsantrasyonları ile tane boyları arasında yapılan regresyonlarda eğriyi uzatmak suretiyle sedimentin belirli bir tane boyunun metal içeriğini tespit etmektir. Bu metod için çok sayıda örnek ile çalışmak gerekmektedir ve hassas değildir. Bir başka yöntem Al, Fe ve Li gibi konservatif elementlerle normalizasyon yapmaktır. Bu son metod tane boyu etkisini ortadan kaldırmada önerilen metoddur (Loring, 1991; Loring & Rantala, 1992). Buzul sedimentlerinde normalizasyon için Li Al' dan daha uygundur (Loring, 1991). Jeokimyasal çalışmalarda sedimentin 63 µm' den küçük fraksiyonunun önerilmesinin nedeni, bu tane boyundaki fraksiyonların metalleri daha yüksek konsantrasyonlarda ve homojen dağılımlar halinde içermesidir.

Baseline oluşturmada sedimentlerden alınan kor örneklerinin analizi ile derinlik profilleri oluşturma ve bu sedimentin yaşlandırılması en çok kullanılan yöntemdir (Bruland ve diğ., 1974; Durham & Joshi, 1984; Skei & Paus, 1979; Smith & Walton, 1980). Yaşlandırılan kor örneğinde incelenen metalin sabit kaldığı derinlik temel alınır. Bu değere göre diğer derinliklerde tespit edilen konsantrasyonlar karşılaştırılır. Anomalinin görüldüğü değer antropojenik girdileri işaret eder. Bu yöntemde erken diyajenez etkisi ile oluşabilecek metal zenginleşme ve azalmalarına dikkat etmek gerekir.

Sedimentlerde jeokimyasal çalışmalarda metal dağılımları incelenirken aşağıdaki formüle göre zenginleşme faktörü hesaplanabilir (Luoma, 1990):

$$EF = (C_X / Al_X) / (C_C / Al_C),$$

$C_X$  ve  $Al_X$  analizi yapılan örnekteki konsantrasyonlar,  $C_C$  ve  $Al_C$  yer kabuğundaki konsantrasyonlardır.

## **1.6. Sedimentlerde Organik Karbon**

Denizlerin şelf alanlarında, organik maddenin döngüsünde ve inorganik bileşenlerinde en önemli rolü bentik bozunma oynar. Sediment kolonunda organik maddenin birikimi birincil üretime paralel olarak artar (Müller & Suess, 1979). Nissenbaum & Swaine (1976), güncel sedimentlerde yaptıkları jeokimyasal çalışmalarda humik maddelerin metal birikiminde önemli rol oynadığını tespit etmişlerdir. Humik maddelerin özellikle Cu, Zn, Mo ve daha az derecede Ni, Co ve Pb elementlerini biriktirme eğilimi gösterdiklerini, Fe, Mn ve V elementlerinin birikiminde ise ihmal edilecek düzeyde etki ettiklerini işaret etmişlerdir. Oksijenli su kolonu koşullarında sedimantasyonun yüksek olduğu alanlarda organik maddenin birikimi de yüksek olur (Stevenson & Cheng, 1972; Müller & Suess, 1979). Toth & Lerman (1977) ve Berner (1980) sedimantasyon oranlarındaki artışın organik maddelerin oksitlenmeden korunarak birikimini kolaylaştırdığına işaret etmişlerdir.

### **1.7. Erdek Körfezi' nde Önceki Jeokimyasal Araştırmalar**

Erdek Körfezi' nde daha önceden jeokimyasal olarak özel bir çalışma yapılmamıştır. Marmara Denizi genelinde yapılan jeokimyasal çalışmalarda ise sadece toplam metal dağılımları incelenmiştir. Ardışık seçici ekstraksiyon teknikleri içeren çalışmalar yapılmadığından metal kirliliğinin kaynağının doğal veya antropojenik kökenli mi olduğu belirlenememiştir.

Bodur ve Ergin, (1994) Marmara Denizi genelinde dip sedimentlerinde ağır metal dağılımını incelemiştir. Bu araştırmacılar, ağır metallerden Pb, Cu ve Zn' nun kaynağı olarak Haliç' i işaret etmişlerdir. Değişik araştırmacılar Marmara Denizi dip sedimentlerinde yaptıkları jeokimyasal çalışmalar sonucunda kirlenmenin en yoğun olduğu alanlar olarak İzmit, Gemlik, Bandırma körfezleri, Haliç, Büyükçekmece ve Tuzla kıyılarını tanımlamışlardır (Teksöz, 1989; Saydam ve Salihoğlu, 1991; Kıratlı, 1992; Yıldızdağ, 1992; Shimkus ve diğ., 1992a; Çağatay ve diğ., 1996a). Shimkus ve diğ., (1992b) Marmara Denizi genelinde 22 örnek ile yaptıkları çalışmada sedimentlerin lokal olarak petrol hidrokarbonları tarafından kirletildiğini tespit etmişlerdir. İÜ DBİE (1994) tarafından yerleşim ve şehirleşmenin yanısıra Karadeniz' den de önemli miktarda kirlilik yükünün geldiği uzaktan algılama yöntemleri ile saptanmıştır. Çağatay ve diğ. (1996a) Marmara Denizi' nin kuzey şelfinde yaptıkları çalışmada metal kirliliğinin yüksek olduğu bölgeler olarak, Silivri Körfezi ve Büyükçekmece Lagünü ağzı; en düşük bölge olarak Marmara Ereğlisi ve ikinci derecede Gelibolu-Şarköy-Müreffe-Tekirdağ açıklarını tespit etmişlerdir. Çağatay ve diğ., (1996b) Marmara Denizi güney şelfinde 165 yüzey ve 4 kordan alınan 81 sediment örneğinde toplam karbonat ve organik karbon dağılımlarını incelemiştir. Bu çalışmada iç şelf bölgesinin toplam karbonat içeriği % 10' dan küçük bulunmuştur. % 10' dan büyük alanlar olarak Bozburun Yarımadası' nın dış şelf bölgesi, % 20' den büyük alanlar olarak ise Kapıdağ Yarımadası kuzeydoğusu ve aynı yarımadadan Avşa Adası ve Karabiga' ya uzanan bir koridor saptanmıştır. Toplam organik dağılımları incelendiğinde de güney şelfi yüzey sedimentinde organik maddenin kökeninin büyük

ölçüde karasal kökenli olduğu görülmüştür. Ayrıca Gemlik Körfezi' nde 1.75-2.15 m seviyesinde sapropel tabakanın varlığı tespit edilmiştir. Yine Çağatay ve diğ., (1997) Gemlik Körfezi' nde yaptıkları jeokimyasal çalışmada 10-35 cm kalınlığındaki bir sapropel tabakası tespit etmiş ve bu tabakanın üzerinde oksik koşullar altında Mn' nin ve Fe -Mn oksihidroksitlerine bağlı olarak da Ni ve Cr elementlerinin zenginleşme gösterdiğini bulmuştur.

### **1.8. Çalışma Alanı**

Erdek Körfezi, Marmara Denizi' nin güney kıyılarında ve Marmara Bölgesi' nin

" Güney Marmara " adını verdiğimiz bölümünde yer alır (Şekil 1.2). Doğusunda Bandırma Körfezi' nden alçak bir alüviyal dil ile karaya bağlı bir durumdaki Kapıdağı Yarımadası ile ayrılmıştır. Batısında Karabiga Burnu ile Çanakkale Boğazı bulunur. Erdek Körfezi güneyden ana karaya bağlanır. Körfezin denize açılan kuzey kesimi ise Marmara takımadaları ile adeta sınırlandırılmıştır.

Erdek Körfezi' nin doğusunda Erdek ilçe merkezi (1990 nüfusu 13500) körfezin kıyı kesiminde yer alan en büyük yerleşme merkezi olup, diğer önemli yerleşmeler Edincik bucak merkezi (1990 nüfusu 5125) ve batıdaki Karabiga bucak merkezidir (1990 nüfusu 3112).

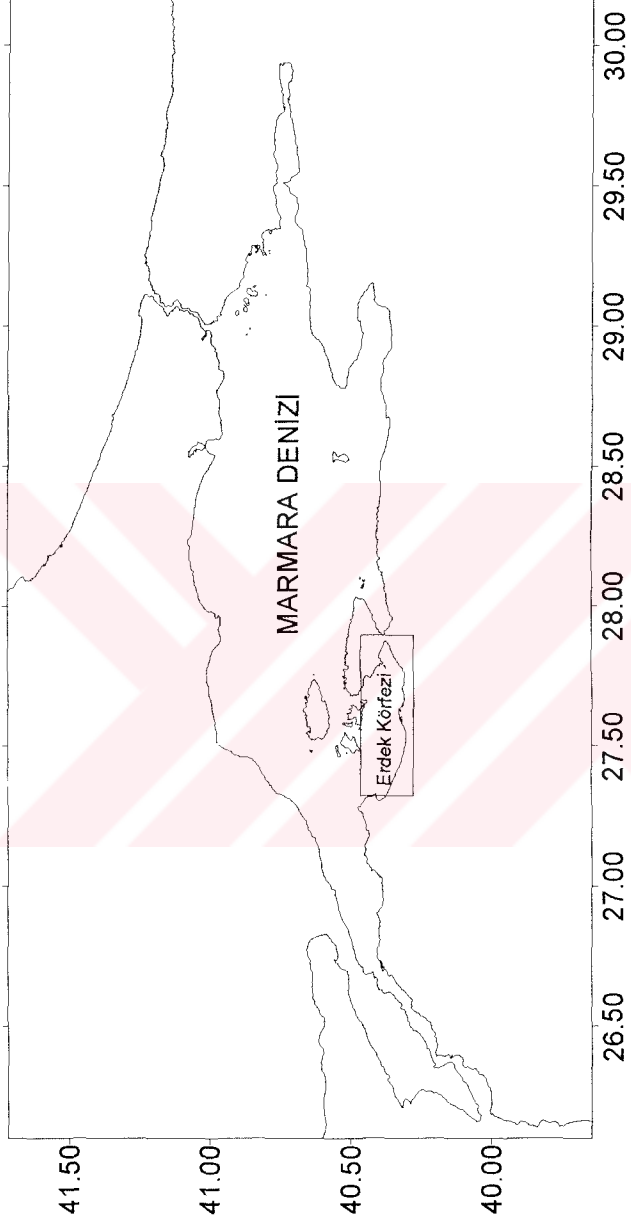
Erdek Körfezi' nin doğu kesimi genellikle engebeli kıyılara sahipken; batı ve güney kesimlerinde (özellikle Gönen ve Biga Çayı aşağı kesimlerinde) düz ovalar (Sinekçi ve Gönen Ovaları) ve çukurluklar görülür.

Biga (Kocabaş) ve Gönen Erdek Körfezi' ne dökülen en önemli akarsulardır. Bu akarsuların her ikisi de güneybatıdaki Kaz dağlarından doğup, güneybatı-kuzeydoğu doğrultusunda akarlar. Gönen Çayı ağzında oluşmuş bir delta da dikkati çeker. Bu akarsuların debileri oldukça yüksek olup, Gönen Çayı 15.9 m<sup>3</sup>/sn, Biga Çayı 17.9 m<sup>3</sup>/sn debiye sahiptir (D.S.İ, 1987).

Gönen' de bulunan süt, kauçuk, lastik, teneke, tutkal, çivi konserve, yem, tuğla fabrikaları ile oldukça çok sayıda bulunan deri tabakhaneleri Gönen Çayı' nın kirlenmesine neden olur. Dolayısıyla Gönen Çayı karadan sediment taşımakla beraber hem bu iyi gelişmiş sanayinin atık sularını hem de içinden geçtiği Gönen ilçesinin evsel atıklarını taşır.

Gönen Çayı' nın denize döküldüğü ağız kısmında çözünmüş oksijenin 4.2 mg/l' ye kadar düştüğü görülmüştür (Tablo 1.1). Biga Çayı da benzer bir durum sergiler. Biga' da bulunan çok sayıdaki küçük mandıralar ve deri tabakhanelerinin atıkları ile beraber yerleşim merkezinin evsel atıklarını körfeze taşır. Biga Çayı' nın Marmara Denizi' ne ulaştığı kısımda, çözünmüş oksijenin 4.0 mg/l' ye düştüğü, amonyak azotunun 6.2 mg/l' ye, orta-fosfatın 4.25 mg/l' ye yükseldiği görülmüştür (Tablo 1.1). Özellikle tabakhanelerden kaynaklanan kromlu atık suların her iki akarsuda da önemli bir krom kirlenmesine sebep olduğu düşünülmektedir.





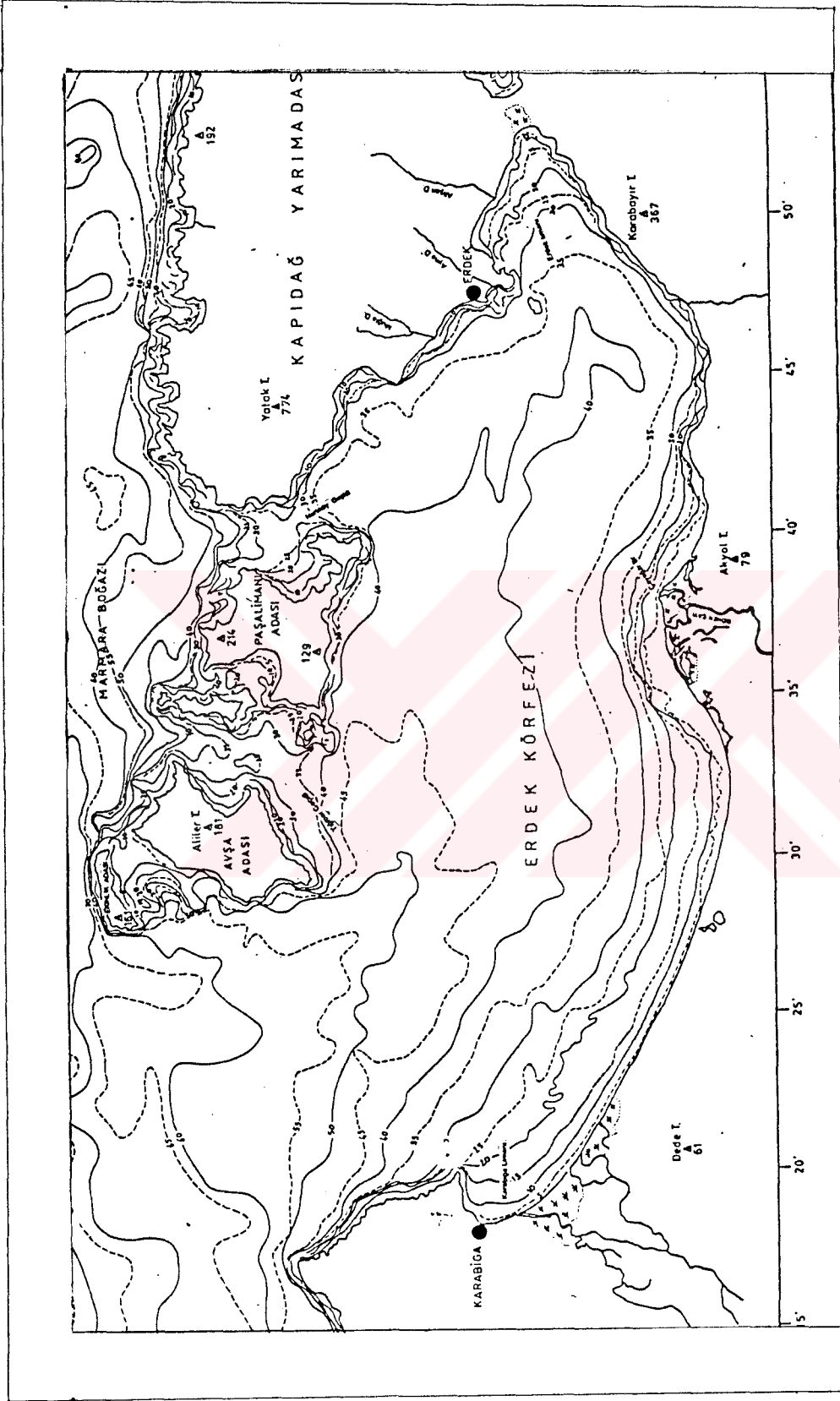
Şekil 1.2: Erdek Körfezi yer bulduru Haritası.

Tablo 1.1.: Gönen ve Biga Çaylarının Ağız Kısmında DO, KOİ, NH<sub>3</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N, O-PO<sub>4</sub> konsantrasyonları (D.S.İ, 1987).

	Biga Çayı		Gönen Çayı	
	min-max	ortalama	min-max	ortalama
DO(mg/l)	4.0-9.7	7.1	4.2-10.2	8.3
KOİ(mg/l)	1.0-9.2p	9.2p	0.7p-2.5p	1.8p
NH <sub>3</sub> -N(mg/l)	0.12-6.20	1.32	0.09-0.95	0.25
NO <sub>3</sub> -N(mg/l)	0.00-2.15	0.97	0.04-0.85	0.49
O-PO <sub>4</sub> (mg/l)	0.00-4.25	1.09	0.00-0.34	0.19

### 1.8.1. Batimetri ve Oşinografik Yapısı

Erdek Körfezi, Marmara Denizi' nin güney-batısında yer alır. Uzunluğu yaklaşık 49 km, genişliği 22 km' dir. Maksimum derinliği 55 m, ortalama derinliği 34 m' dir (Şekil 1.3). Erdek Körfezi' nin fiziksel oşinografisi Marmara Denizi' nden çok bağımsız değildir, ancak Çanakkale Boğazı' nın direkt etkisi altındadır. Marmara Denizi boğazlarla Ege ve Karadeniz' e bağlı bir iç denizdir. Boğazlar ve Marmara Denizi' i bu iki deniz arasındaki yoğunluk farkının neden olduğu iki tabakalı bir yapı ve çift yönlü bir akıntı sistemi gösterir. Karadeniz' den İstanbul Boğazı' nın üst tabakasıyla gelen tuzluluğu az ( yaklaşık 18 ppt) olan sular Marmara Denizi' nin üst tabakasını, Ege Denizi' nden Çanakkale Boğazı' nın alt suyu ile gelen tuzluluğu yüksek (yaklaşık 38.5 ppt) sular Marmara Denizi' nin alt tabakasını oluşturur. İki farklı su kütlesi 25 m dolaylarında keskin geçiş tabakasıyla ayrılırlar. Alt ve üst tabaka arasındaki difüzyon ihmal edilecek derecededir. 25 m dolaylarında sürekli mevcut olan bu tabakalaşma mevsimsel sıcaklık tabakalaşması ile de çakışmaktadır (Baştürk ve diğ., 1990). Aynı zamanda da Marmara alt sularındaki karışım şartlarını ve yüzeyden alt tabakaya oksijen geçişini büyük ölçüde



Şekil 1.3: Erdek Körfezi'nin batimetri haritası (Güneş, 1997).



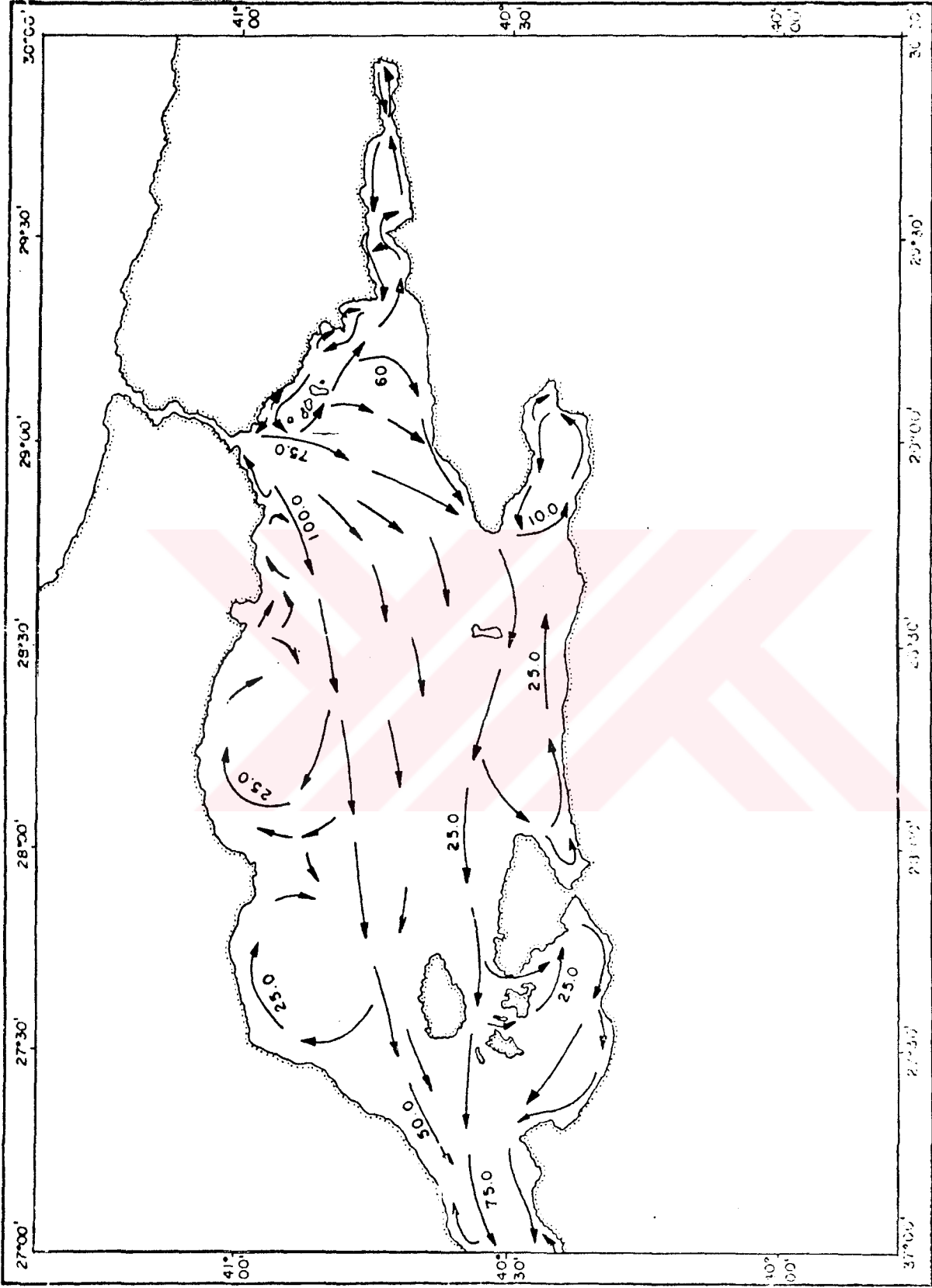
etkilemektedir. Alt tabakaya oksijen girdisi sadece Akdeniz kökenli, bol oksijenli Ege suları ile olmaktadır (Ünlüata ve Özsoy, 1986).

Çanakkale Boğazı'ndan gelen Akdeniz kökenli suların tuzluluğu 38.5-39 ppt, sıcaklığı 13-17 °C arasında değişir ve yoğunluğunun aldığı değere göre Marmara Denizi'nin alt sularında dağılım gösterir. Sonbahar aylarında sıcaklığı yüksek ve daha yoğun sular basene girer ve 50 m civarında yer alır. İlkbahar ve kışın son aylarında Çanakkale Boğazı'ndaki alt suların yoğunluğu maksimumdur (sıcaklığı 14.3 °C, tuzluluğu 38.5 ppt) ve Marmara Denizi'nin dip sularını oluşturur. Her mevsim basene giren suyun oksijeni yüksektir (Beşiktepe, ve diğ. 1993).

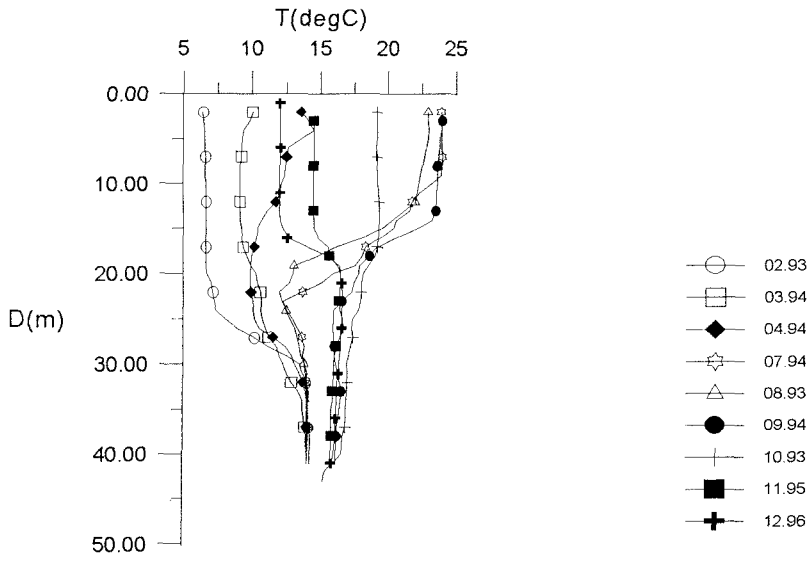
Erdek Körfezi'nin oşinografik özellikleri Marmara Denizi'nin oşinografik özelliklerine benzerlik göstermektedir. Körfez Marmara Denizi'nde olduğu gibi iki tabakalı yapıdadır. Üst tabaka Karadeniz kökenli, alt tabaka Akdeniz kökenli Ege sularıdır. İki tabaka arasında ara geçiş yüzeyi vardır. Erdek Körfezi'nde, Marmara Denizi orta kısımlarından gelen ve Marmara Adaları ile Kapıdağ Yarımadası arasından geçerek körfezin güney kıyılarından batıya doğru devam eden ve yine Erdek Körfezi içerisinde güneydoğu-kuzeybatı yönünde iki akıntı sistemi vardır (Şekil 1.4).

İ.Ü R/V Arar Gemisi'yle Şubat-1993, Ağustos 1993, Ekim-1993, Şubat-1994, Mart-1994, Nisan-1994, Temmuz-1994, Eylül-1994, Kasım-1995 ve Aralık-1996 tarihlerinde 12 nolu istasyonda yapılan ölçümlerle tuzluluk, sıcaklık, ve yoğunluk değerlerinin derinlikle değişimleri Şekil 1.5 'te gösterilmiştir.

Sıcaklık profillerinde iki tabakalı yapı görülmektedir. Kış aylarında üst tabakanın sıcaklığı 6.4-12 °C arasında değişir, yazın 24 °C'dir. Alt tabakanın sıcaklığı Eylül, Ekim, Kasım ve Aralık aylarında 16.7°C, diğer aylarda 14.1°C civarındadır. Ekim 1993, alt tabaka ile üst tabaka arasında sıcaklık farkının en az olduğu ay olarak görülmektedir. Üst tabakada 19 °C, alt tabakada 17 °C'dir. Bu ayda sıcaklık profilinde belirgin olmayan tabakalaşma, tuzluluk ve yoğunluk profillerinden görülebilir. Sonbahar aylarında alt tabakada sıcaklığın daha yüksek olması, bu dönemde Erdek Körfezi'ne Çanakkale Boğazı'ndan alt ılık Akdeniz sularının girdiğini göstermektedir (Beşiktepe, ve diğ. 1993).

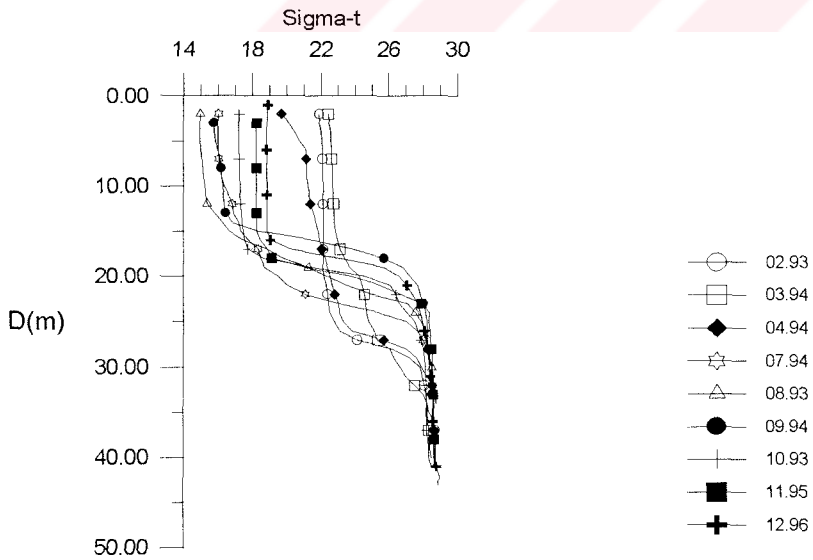


Şekil 1.4: Marmara Denizi akıntı hızı (cm/sn) ve yönlerini gösterir harita ( SHOD' den alınmıştır).



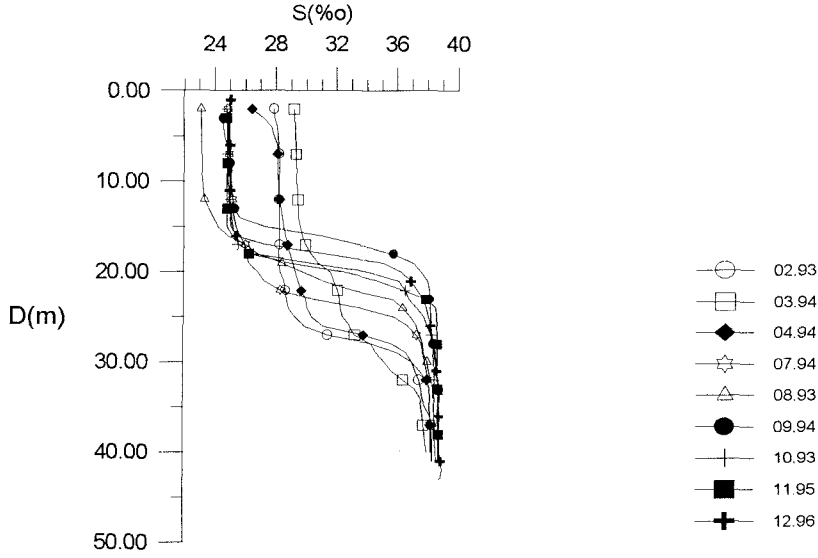
Şekil 1. 5. : Erdek Körfezi' nde 12 nolu istasyonda mevsimsel sıcaklık değişimleri.

Yoğunluk profili incelendiğinde yaz ve kış aylarında belirgin bir tabakalaşmanın olduğu görülmektedir. Üst tabakanın yoğunluğu 14.9- 22.4 arasındadır. Alt tabakanın yoğunluğu ise 28.7 civarındadır. Kış aylarında alt ve üst tabaka arasındaki yoğunluk farkı daha az ve üst tabaka daha kalındır.



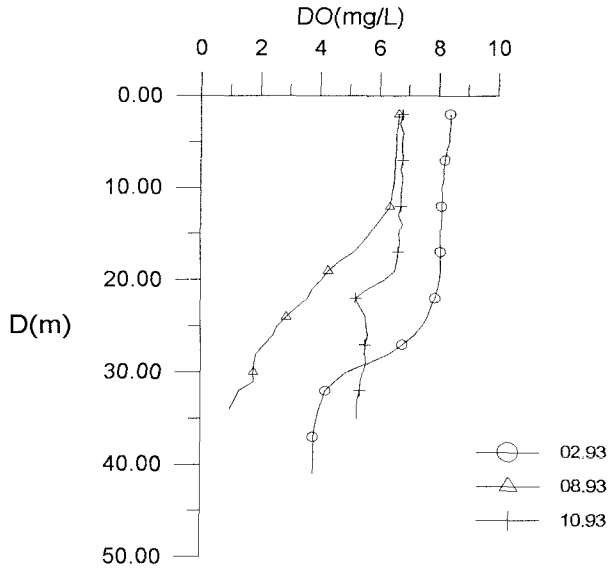
Şekil 1. 6. : Erdek Körfezinde 12 nolu istasyonda mevsimsel yoğunluk değişimleri.

Tuzluluk profilinde de yaz ve kış aylarında belirgin bir tabakalaşma görülmektedir. Üst tabakanın tuzluluğu % 23.1-29.2 arasında değişmektedir. Alt tabakada ise tuzluluk her mevsim % 38.5 civarındadır. Şubat, Mart ve Nisan aylarında üst tabaka daha kalındır.



Şekil 1. 7. : Erdek Körfezi' nde 12 nolu istasyonda mevsimsel tuzluluk değişimleri.

Oksijenin 12 nolu istasyonda Şubat-93, Ağustos-93 ve Ekim-93 aylarında ölçülen değerlerinin derinlikle değişimi Şekil 1.6' da verilmiştir. Oksijen profilleri incelendiğinde genel olarak oksijenin üst tabakada yüksek, alt tabakada düşük olduğu görülmektedir. Ekim 1993' de alt tabakada oksijen Şubat ve Ağustos aylarına göre daha yüksektir. Bu da Ekim ayında Çanakkale Boğazı' ndan yeni gelen bol oksijenli sudur.



Şekil 1. 8. : Erdek Körfezi' nde 12 nolu istasyonda çözünmüş mevsimsel oksijen değişimleri.

## 1.8.2. Mevsimsel Değişiklikler

### 1.8.2.1. Yağış

Yağışın aylara ve mevsimlere dağılışı düzensiz olup, akarsuların akımını ve dolayısıyla taşkın ile çekiklerin meydana gelme sıklığını belirlemektedir. En fazla yağış 116 mm ile Kasım ayında, en az yağış ise 4 mm ile Ağustos ayında görülmektedir (Efe, 1993). Sağanaklar nedeniyle günlük en çok yağış 124 mm/gün' e çıkabilmektedir. Yağışların mevsimlere dağılımı ilkbahar' da 145 mm, yazın 69 mm, sonbahar' da 187 mm ve kışın 274 mm' dir (Efe, 1993).

### 1.8.2.2. Sıcaklık

Körfez' de sıcaklık değerleri iklimin özelliğinden dolayı mevsimlere göre oldukça büyük farklılıklar gösterir. Sıcaklıkla ilgili veriler şöyledir (Efe, 1993):

Yıllık ortalama sıcaklık	14.9 °C
En sıcak ay ortalaması	27.7 °C (Temmuz)
En soğuk ay ortalaması	5.9 °C (Ocak)

0°C' nin altındaki gün sayısı	26/yıl
Termik genlik	18.7 °C
Maksimum sıcaklık	39.0 °C
Minimum sıcaklık	- 11.0 °C

### **1.8.2.3. Rüzgar**

Bölgede kuzeyden esen (yıldız) ve kuzeydoğudan esen (poyraz) rüzgarları etkili olmaktadır. Rüzgar özellikle kıyıdaki dalgalar ve kumulların hareketi açısından önem taşır (Efe, 1993).

### **1.8.3. Erdek Körfezi' ne Dökülen Akarsuların Morfodinamiği**

Erdek Körfezi' ne dökülen iki önemli akarsu bulunmaktadır. Bunlar körfezin batısında Biga (Kocabaş) Çayı ve körfezin orta kesiminde yer alan Gönen Çayı' dır. Her ikisi de Güney Marmara Havzası' nda yer alan bağımsız karakterli nehirlerdir. Gönen Çayı' nın akaçlama havzası 1402 km<sup>2</sup>, Biga Çayı' nın akaçlama havzası ise 2100 km<sup>2</sup>' dir (D.S.İ, 1987).

Biga Çayı Kazdağı' nın kuzeyinden doğar. Çan ve Biga' dan geçtikten sonra batıdan (soldan) İpkaiye, Çınarköprü yakınlarında da doğudan (sağdan) Gümüşçay derelerini alarak Karabiga doğusunda Marmara Denizi' ne dökülür.

Gönen Çayı da Kazdağları' ndan doğar. Yenice ve Gönen' i geçtikten sonra soldan Keçidere ve Sarıköy derelerini, sağdan da Çerpeş deresini alarak Sarıköy ovası ile Tahirova arasında bulunan eşikte bir boğaz yaparak Marmara Denizi' ne dökülür.

Gönen Çayı' nın yıllık ortalama akım miktarı 20.8 m<sup>3</sup>/sn' dir. Toplam akımın % 70' ten fazlası kış aylarında olmaktadır. Temmuz-Eylül döneminde ise toplam akımın ancak % 1' lik kısmı meydana gelmektedir. Biga Çayı' nın yıllık ortalama akım miktarı 17.96 m<sup>3</sup>/sn' dir. Toplam akımın % 70' lik kısmı Aralık-Mart döneminde meydana gelmektedir. Buna karşılık Haziran-Ekim dönemini kapsayan 5 aylık sürede akımın sadece % 3' lük kısmı görülmektedir (Efe, 1993).

Çevresel jeomorfoloji ve güncel morfordinamiğe etki eden yağış, akım ve sıcaklık arasında çok sıkı bir ilişki vardır. Ekim, kasım ve Aralık aylarında akım ile yağış arasında bir paralellik bulunmaktadır. Ocak ile Eylül arasında yağış sürekli bir düşüş göstermekte; buna karşılık Mart ayına kadar yükselip, daha sonra azalmaktadır. Ocak-Mart döneminde yağışlar kar şeklindedir ve Şubat ile Mart aylarında yüksek kesimlerdeki karlar eriyerek akımı arttırmaktadır. Her iki akarsu da sonbahar ve kış aylarında daha çok su getirmektedir (Efe, 1993).

Gönen ve Biga Çayları Erdek Körfezi güneyindeki kara alanı üzerinde geniş tabanlı vadiler, alüviyal ovalar ve yer yer boğazlar oluştururken, kıyı kesiminde kıyı ovası meydana getirmişlerdir. Gönen Çayı' nın denize doğru uzanan deltası oldukça belirgindir.

#### ***1.8.4. Gönen Havzası' nın Jeomorfolojisi***

Gönen Havzası uygulamalı jeomorfoloji açısından bazı özelliklere sahip bulunmaktadır. Havzanın büyük bir bölümü kum, kil, çakıl ve konglomera gibi gevşek Neojen formasyonlarından oluşması zemin stabilitesi bakımından olumsuzluklar yaratmaktadır.

Havza, sağanak yağışların sıklığı nedeniyle büyük miktarda yamaç ve selcik erozyonunu maruz kalmaktadır. Gönen Ovası sonbahar ve kış aylarında yağışların neden olduğu taşkınlara uğramakta, bunun sonucunda yerleşme yerleri, ekili-dikili tarım alanları, yol, köprü ve çiftlik gibi beşeri yapılar büyük zarara uğramaktadır. Yaz mevsiminde ise kuraklık ve sulama nedeniyle çekikler meydana gelmekte; bu durum su temini problemini doğurmaktadır.

Havza tabanında ve yakın çevresinde gevşek killi, kumlu ve marnlı Neojen formasyonlarının geniş yer tutması, bölgenin fay hatlarıyla katedilmesi meydana gelen depremlerin şiddetini arttırıcı faktörlerdir (Efe, 1989).

Gönen deltası, çayın getirdiği materyallerin kıyıda birikmesi ve bu birikimin dalgalarla işlenmesi sonucu oluşmuş, kıyıları düzenlenmiş bir deltadır. Bu delta denize doğru gelişimini sürdürmektedir (Hüsam, 1987).

Gönen Çayı' nın tortul ve morfolojisine ait bazı özellikler aşağıda verilmiştir (Kazancı ve diğ., 1997):

Drenaj Havzası (km <sup>2</sup> )	2174
Ana kanal boyu (km)	134
Akarsu eğimi (%)	0.11
Boşalım	
anlık en düşük (m <sup>3</sup> /sn)	0.024
anlık en yüksek (m <sup>3</sup> /sn)	911.0
yıllık ortalama (m <sup>3</sup> /sn)	17
Tortul taşınması	
etkin mekanizma	askı+yatak yükü
toplam taşınma (ton/yıl)	131,000 ton/yıl (EİE, 1993)

### 1.8.5. Bölgenin Kara Jeolojisi

Erdek Körfezi' ni çevreleyen Biga ve Gönen nehirlerinin drenaj alanları içinde yer alan birimler üç ana grup altında toplanmıştır (Şekil 1.9):

1. Sakarya Zonu birimleri,
2. Oligo-Miyosen Granitoidleri,
3. Neojen Çökelleri.

1. Sakarya Zonu birimleri (Karabiga kompleksi): Çalışma alanının güneyinde Gönen ve Biga nehirlerinin drenaj alanlarında, Kapıdağ Yarımadası' nda ve Marmara, Avşa Adaları' nda yüzeylenmektedir. Nilüfer, Hodul ve Orhanlar grovağından oluşmaktadır.

*Nilüfer Birimi:* Metamorfizma geçirmiş volkano-sedimentler ve mermerler ile temsil edilen Permo-Triyas yaşlı bir birimdir. Metamorfik birim (Kiraz Metamorfiti), çoğunlukla amfibol şist, daha az olarak mikaşist, kuvarşist ve kalkşisten oluşur. Tablo 1.2' de bu birimlerin metal içeriği verilmiştir.

*Hodul Birimi:* Arkozik arenitler ve bunlarla ardalanmalı şeylerden oluşan Triyas yaşlı bir birimdir. Alttan üste doğru birim içinde kireçtaşı ve spilit blokları bulunmaktadır.



Tablo 1.2: Kiraz Metamorfiti' ne ait amfibolşist örneklerde bazı metallerin konsantrasyonları (ppm) (Akyüz, 1995).

	örnek sayısı	min - max	ortalama
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9	11.67 - 16.10	13.62
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9	10.27 - 15.31	12.52
MnO	9	0.166 - 0.220	0.184
Cr	8	27 - 694	285
Ni	8	11 - 381	138
Co	8	28 - 56	44

2. Oligo-Miyosen Granitoidleri: Çataldağ ve Ilıca-Şamlı olmak üzere iki granodiyorit çalışma alanının güneyinde, Kapıdağ Yarımadası' nda ve Biga civarında yüzeylemektedir. Genel olarak biyotit - hornblend granodiyorit bileşiminde olan bu intrusivlerin içerdiği metallerin bazılarının konsantrasyonları Tablo 1.3 ve 1.4' te verilmiştir.

Tablo 1.3: Çataldağ Granodiyoriti' ne ait örneklerde bazı metallerin konsantrasyonları (ppm) (Akyüz, 1995).

	örnek sayısı	min - max	ortalama
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5	14.28 - 15.51	14.80
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5	0.71 - 3.55	1.95
Mno	5	0.014 - 0.109	0.048
Cr	4	3 - 18	9
Ni	4	4 - 7	5
Co	2	5- 39	22
Cu	2	1 - 2	2
Pb	2	52 - 56	54
Zn	2	18 - 26	22

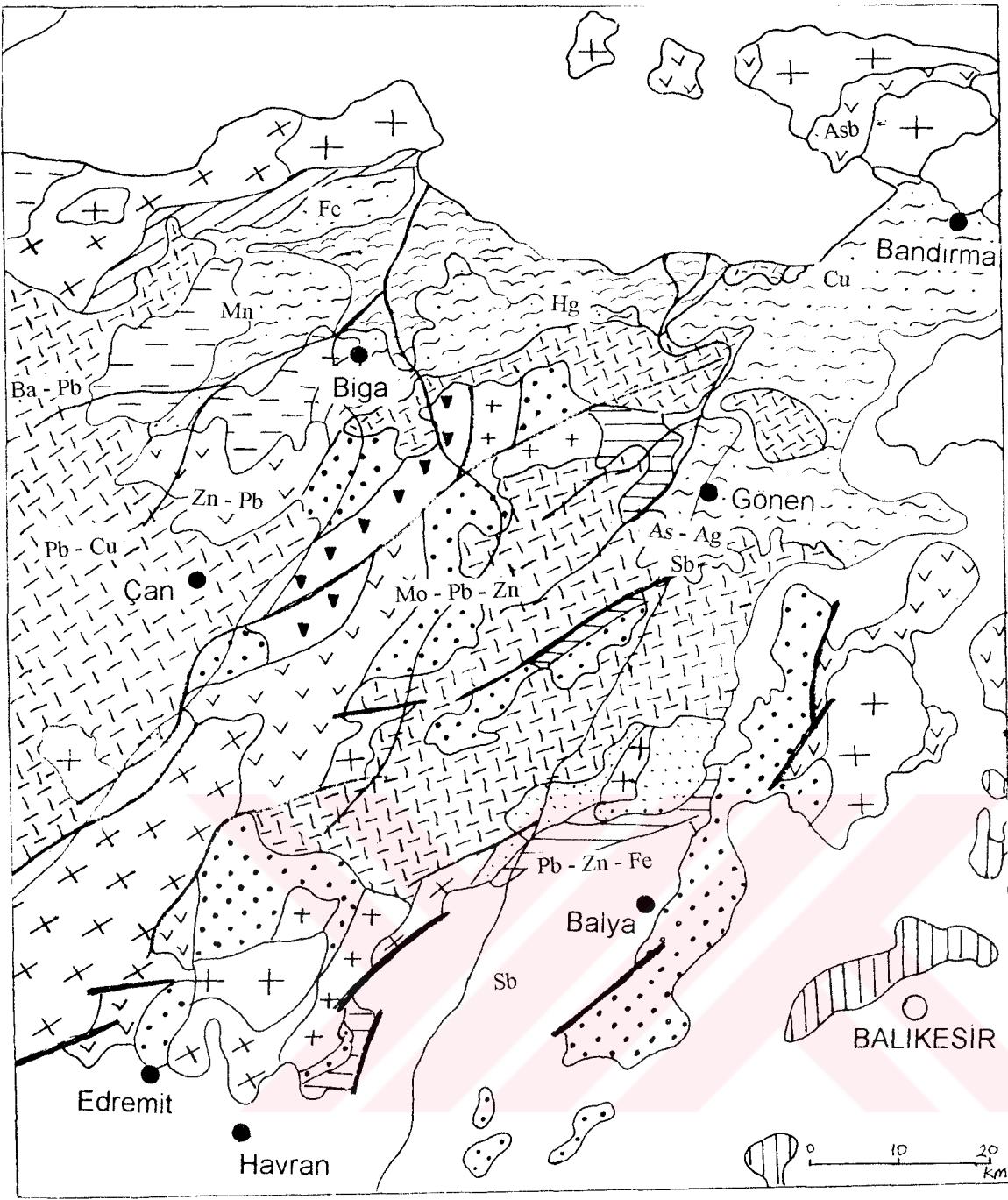
Tablo 1.4: Ilıca-Şamlı Granodiyoriti' ne ait örneklerde bazı metallerin konsantrasyonları (ppm) (Akyüz, 1995).

	örnek sayısı	min - max	ortalama
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2	15.18 - 17.0	16.09
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2	3.37 - 4.72	4.05
MnO	2	0.069 - 0.086	0.078
Cr	2	12 - 28	20
Ni	2	7 - 12	9
Co	1	10	—
Cu	1	9	—
Pb	1	44	—
Zn	1	26	—

3. Neojen Birimleri: Marmara Denizi' nin güneyindeki ovaların çevresinde, Gönen Nehri' nin kuzey ve kuzeybatısında yer alan kırıntılı karasal çökellerden ve Ezine volkanikleri adı verilen birimin andezit, dasit, riyolit bileşiminde volkanik breş, lav ve beyaz tüflerden oluşmuş bir birimdir. Alt-Orta Miyosen yaşlı volkanik kayaların içerdiği metallerden bazılarının konsantrasyonları Tablo 1.5' te verilmiştir.

Tablo 1.5: Ezine Volkanitleri' ne ait örneklerde bazı metallerin konsantrasyonları (ppm) (Akyüz, 1995)

	örnek sayısı	min - max	ortalama
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5	12.18 - 17.50	14.90
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5	1.66 - 5.97	3.48
MnO	5	0.035 - 0.107	0.056
Cr	5	1 - 29	10
Ni	5	4 - 16	8
Cu	5	5 - 15	10
Pb	5	26 - 102	51
Zn	5	27 - 65	43



Şekil 1.9: Erdek Körfezi Çevresinin Jeoloji Haritası (Okay ve diğ.; Akyüz, 1995; MTA 1: 500 000' lik İstanbul paftasından alınmıştır).

Alüvyon Holosen		Hodul Birimi Üst Triyas	Fe - Demir
Karasal Neojen		Orhanlar Gravağı Triyas	Mn - Mangan
Oligo - Miyosen Granitoyid		Çal Birimi Permo Triyas	Pb - Kurşun
Andezit - Spilit Porfirir Neojen		Nilüfer Birimi Permo Triyas	Cu - Bakır
Kireçtaşı - Fliş Orta Eosen		Granitoyid - Devonyen	Zn - Çinko
Bornova Flişi Üst Kretase		Gnays - Mikaşist Mermer - Palcozoyik	As - Arsenik
Kumtaşı - Kireçtaşı Jura - Kretase			Sb - Antimon
			Hg - Civa
			Mo - Molibden
			Ba - Baryum
			Asb - Asbest
			Ag - Gümüş

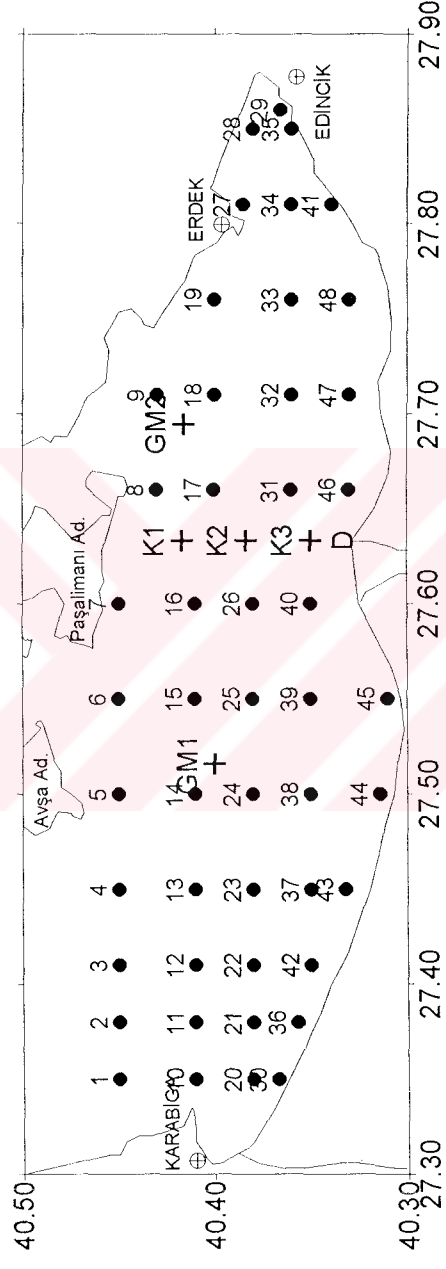
## BÖLÜM 2: ÖRNEK ALIMI VE ANALİZ YÖNTEMLERİ

Erdek Körfezi Sedimentlerinde ağır metal dağılımını incelemek amacıyla, deniz tabanından yüzey sediment ve kor örnekleri alınmıştır. Bu örneklerde sedimentin özelliklerini belirlemede önemli rol oynayan bileşenler olarak karbonat ve organik karbon içerikleri ölçülmüştür. Toplam çözünürleştirme ve ardışık seçici (sequential selective extraction) metodlarıyla da sedimentin ağır metal dağılımları incelenmiştir.

### **2.1 Örnek Alımı, Korunması ve Hazırlanması**

Bu çalışmada bölgeden 48 adet yüzey sediment örneği ve 5 adet kor örneği alınmıştır (Şekil 2.1). İstasyon yerleri Şekil 2.1' de gösterilmiştir. Örnekler İ.Ü R/V Arar gemisinden (Ekim 1993, Aralık 1996 ) Van Veen tipi grab ve Gravite korer ile alınmıştır. Her bir grab örneği güvertede 15 cm'lik sediment kalınlığını temsil eden toplam örnek olarak tahta kaşıkla plastik torbalara alınmıştır. Laboratuarda analizlere başlayana kadar derin dondurucuda saklanmıştır. Kor örnekleri laboratuarda açılmış ve litojenik tanımları yapılmıştır. K1, K2 ve K3 korları her 5 cm, GM1 ve GM2 korları ise her 10 cm de 1cm'lik sedimenti temsil edecek şekilde plastik bıçakla kesilerek örnekleştirilmiş ve plastik torbalara alınmıştır.

Yüzey sediment ve kor örnekleri karbonat, organik karbon ve toplam ağır metal analizlerini yapmak üzere 105 °C de; Hg analizleri için ise 45 °C de kurutulmuştur. Bu örnekler daha sonra agat havanda öğütülmüştür.



Şekil 2.1: Erdek Körfezi'nden alınan yüzey ve kor sediment örneklerinin lokasyon haritası.

## **2.2. Analiz Yöntemleri**

### **2.2.1. Toplam Karbonat Analiz Yöntemi**

Toplam karbonat miktarı , % ağırlık kalsiyum karbonat olarak, örneklerin 4 N HCl ile muamele edilip, çıkan CO<sub>2</sub> gazının volumetrik olarak ölçülmesiyle saptanmıştır (Loring and Rantala, 1992).

Bu analiz için 105 °C' de kurutulmuş ve agat havanda öğütülmüş sediment örneğinden 1 gr tartılmış ve 5 ml 4 N HCl ile reaksiyona sokularak, açığa çıkan CO<sub>2</sub> gazı ölçülmüştür.

Deneyle sırasında bir seri CaCO<sub>3</sub> standartları ile çalışılmış ve 1 gr CaCO<sub>3</sub>'a eşdeğer standart miktarı bulunmuştur. Örneklerin toplam karbonat içeriği aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$\% \text{CaCO}_3 = 100 \times V/W$$

V= Açığa çıkan CO<sub>2</sub> gazı (cm)

W= 1 grama eşdeğer CaCO<sub>3</sub> miktarı

Bu metotta tekrarlılık (precision) 5' li tekrar (replicate) analizlerde % 95 güvenilirlik sınırları içerisinde  $\pm$  % 5'tir.

### **2.2.2 Toplam Organik Karbon Analiz Yöntemi**

Organik karbon analizi, 105 °C de kurutulmuş ve agat havanda öğütülmüş örneklerde Walkey-Blake yöntemine göre yapılmıştır (Gaudette et al., 1974; Loring ve Rantala, 1992). Bu yöntem potasyum dikromat ile organik maddenin oksidasyonunu ve fazlalık dikromatın difenilamin indikatörlüğünde demir amonyum sülfat ile titrasyonunu içerir.

Bu analiz için 0.5 gramı geçmeyecek şekilde 105 °C' de kurutulmuş ve öğütülmüş sediment örneği tartılarak, 500 ml'lik erlenmayere alınır. 10 ml 1N K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> ve 20 ml konsantre H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ilave edilir. 20-30 dakika süre ile çalkalanır. Örnek 200 ml'ye seyreltilir ve 10 ml konsantre H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> , 0.2 gr NaF ve 1 ml difenilamin ilave edilir.

Daha sonra demir amonyum sülfat çözeltisi ile titre edilir. Aynı işlemler uygulanılarak blank ve standartlar çalışılır. Bu çalışmada standart olarak glukoz kullanılmıştır. Örneklerin toplam organik karbon içeriği aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır:

$$\% \text{ Corg} = 3.951/gX (1- T/S )$$

g = Kurutulmuş örneğin ağırlığı (gr)

S = Demir amonyum solüsyonu, blank (ml)

T = Demir amonyum solüsyonu, örnek (ml)

Bu metotta tekrarlılık (precision) 5'li tekrar (replicate) analizlerde % 95 güvenilirlik sınırları içerisinde  $\pm \% 4$  tür.

### **2.2.3. Metal (Al, Fe, Mn, Pb, Cu, Zn, Ni, Co ve Cr) Analizleri İçin Toplam Çözünürleştirme Yöntemi**

Toplam çözünürleştirmede kuvvetli asit karışımı kullanılarak kil mineralleri, diğer silikatlar, karbonatlar, Fe ve Mn oksihidroksitler ve organik madde gibi sediment malzemesi bünyesindeki ve sediment yüzeylerine adsorbe olmuş tüm ana (major) ve eser (trace) metaller çözülmektedir.

Bu çalışmada 48 adet Erdek Körfezi yüzey deniz sedimenti, 3 adet Gönen Çayı ağzından alınmış yüzey sedimenti ve 5 adet kordan alınan 60 adet kor sediment örneğine toplam çözünürleştirme metodu uygulanmıştır. Analiz sonuçları referans malzemeyi de aynı işlemlere tabi tutmak suretiyle doğruluk derecesi saptanmıştır.

Toplam çözünürleştirme için teflon behere 105 °C' de kurutulmuş ve agat havanda öğütülmüş sediment örneğinden 1gr tartılır. Üzerine 10 ml HNO<sub>3</sub> ilave edilerek ağzı kapatılır, 30 dk hot plate' de ısıtılır (120°C). Organik maddenin oksidlenmesi tamamlandığında açığa çıkan nitrik asit buharları renksizleşir. Örnekler hot plate' den alınarak 1saat süre ile soğumaya bırakılır. Soğuyan örnek üzerine 5 ml HF ve 5ml HClO<sub>4</sub> ilave edilir. 20-30 dk süre ile ara sıra karıştırarak elektrikli ısıtıcıda ısıtılır. Beherin ağzı açılıp, beyaz yoğun bir duman çıkıyorsa, tekrar 5ml HF ilave edilir. HClO<sub>4</sub>' ın tamamının buharlaşması için 30 dk daha çözünürleştirme işlemine devam

edilir. Kapak açılır, beher dibindeki beyaz renkli tortulu çözelti katı hale gelene kadar buharlaştırılır. Buharlaştırma sonucu elde edilen tortunun yanmamasına dikkat edilir. Son aşama olarak 10 ml 1 M HCl ilave edilir, ağzı kapatılarak, 1 saat ısıtıcıda bırakılır. Çözünen örnek balonjojeye alınarak, 1 M HCl ile 50 ml' ye seyreltilir. Plastik şişelerde AAS' de okunmak üzere buzdolabında saklanır (Loring and Rantalla 1990, Tessier ve diğ., 1979).

#### **2.2.3.1. Civa Analizleri için Çözünürleştirme Yöntemi**

Civa analizleri için cam tüplere 45 °C' de kurutulmuş ve öğütülmüş örnekten 0.5 gr tartılır. Üzerine 2 ml HNO<sub>3</sub> ilave edilir. 3 saat süre ile 60-70 °C' de su banyosunda ısıtılır. Çözünürleştirilen örnek mili-Q su ile 10 ml' ye seyreltilir. Plastik şişelere alınır ve AAS' de okunmak üzere buzdolabında saklanır.

#### **2.2.4. Selektif Ekstraksiyon (Selective Extraction) Yöntemi**

Selektif ekstraksiyon sedimentin bileşiminde yer alan metallerin bulunduğu fazlarını ve ortam koşullarını belirlemek amacıyla uygulanır (bakınız Bölüm 1).

##### **2.2.4.1. Karbonatlara Bağlı Fraksiyonlar**

Teflon tüplere 105 °C' de kurutulmuş ve öğütülmüş olan örnekten 1 gr alınır. Üzerine 8 ml 1 M sodyum asetat (pH' sı CH<sub>3</sub>COOH ile 5' e ayarlı) ilave edilir. 12 saat süre ile karıştırarak ekstrakte edilir. Santrüfjü edilerek üstteki temiz çözelti analiz için plastik şişelere alınır. AAS' de okunmak üzere buzdolabında saklanır. Tüpteki kalıntı iki kez yıkanır.

##### **2.2.4.2. Fe- Mn Oksihidroksitlere Bağlı Fraksiyonlar**

Karbonat fazından kalan kalıntı üzerine 20 ml 0.04 M % 25 v/v asetik asit (CH<sub>3</sub>COOH) içinde hazırlanmış hidroksil amin hidroklorür (NH<sub>2</sub>OH.HCl) ilave edilir. 96 ± 3 °C' de 5 saat karıştırarak ısıtılır. Santrüfjü edilerek üstteki temiz çözelti analiz için plastik şişelere alınır. Kalıntı iki kez yıkanır.



#### 2.2.4.3. Organik Maddeye Bağlı Fraksiyonlar

Fe- Mn oksid fazından kalan kalıntı üzerine 3 ml 0.02 M HNO<sub>3</sub> ve 5 ml % 30' luk H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (pH' sı HNO<sub>3</sub> ile 2' ye ayarlı) ilave edilir. 2 saat süre ile 85 ± 2 °C' de sürekli karıştırarak ısıtılır. Tekrar % 30' luk H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (pH' sı 2' ye ayarlı) katılarak aynı sıcaklıkta 3 saat süre ile karıştırarak ekstraksiyon işlemine devam edilir. 5 ml 3.2 M amonyum asetat (% 20' lik HNO<sub>3</sub> ile hazırlanmış) eklenir, 30 dk karıştırılır. Santrüfuj edilerek üstteki temiz çözelti balonjojelere alınır. Amonyum asetat ile 25 ml' ye seyreltilir. Analiz için plastik şişelere alınarak AAS' de okunmak üzere buzdolabında saklanır. Kalıntı iki kez yıkanır.

#### 2.2.4.4. Residual (Litojen) Fraksiyon

Organik fazdan kalan kalıntı HNO<sub>3</sub>+ HF + HClO<sub>4</sub> asit karışımında toplam çözünürleştirme metoduna göre çözünürleştirilir.

#### 2.2.5. Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi' nde Metal Analizleri

Toplam ve selektif ekstraksiyonun her bir fazından çözeltiliye alınan ağır metallerin (Fe, Mn , Pb, Cu, Zn, Ni, Co, Cr) analizi Shimadzu AA-6701-F, Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresinde hava-asetilen alevinde yapılmıştır. Alüminyum nitrus oksid (N<sub>2</sub>O)-asetilen alevinde ölçülmüştür.

Bölge sedimentinin toplam ve selektif fazlardaki metal içeriği yüzey ve kor örneklerinde aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır:

$$C = C_0 \times D.F / W$$

C - Toplam metal miktarı (ppm)

C<sub>0</sub>- AAS' de okunan değer

D.F- Seyreltme faktörü (ml)

W- Analizi yapılan örnek miktarı (gr)

Toplam çözünürleştirmede 5' li tekrar (replicate) analizlerinde tekrarlılık (precision) % 95 güvenilirlik sınırları içerisinde Al için ± % 8, Fe için ± % 8, Mn için ±

Tablo 2.1 : Yapılan metal analizlerinin doğruluğu.

Element	Referans Malzeme	okunan değer	sertifika değeri
Fe	SL 1*	62	65.7- 69.1
Mn	LSS**	523	569
Pb	LSS	35	37.8
Cu	LSS	25	27.5
Zn	LSS	92	92.4
Ni	SL 1	39	36.9- 52.9
Co	LSS	13	7.9
Cr	SL 1	98	95-113
Hg	LSS		104X10 <sup>-3</sup>

Tablo 2.2 : Toplam metal analizlerinde % 95' lik güvenirlilik sınırları içinde tekrarlılık (precision).

Element	Ortalama ve St.sapma	Precis. (%)
Al	6.6 ± 0.3	8
Fe	4.64 ± 0.20	8
Mn	256.55 ± 5.19	4
Pb	30.27 ± 0.33	2
Cu	20.15 ± 0.91	8
Zn	104.02 ± 3.02	4
Ni	15.07 ± 1.17	14
Co	10.92 ± 0.99	18
Cr	63.47 ± 1.40	4
Hg	2946 ± 29.97	2

\* Sediment, lake (AQCS Reference materials).

\*\* CRM 142 Light sandy soil (BCR Reference materials).

Tablo 2.3 : Selektif ekstraksiyon analizlerinde % 95' lik güvenilirlik sınırları içinde tekrarlılık (precision).

Element	Karbonat Fazı		Fe- Mn Fazı		Organik Faz		Litojen Faz	
	Ort. ve St.sp	Tekrarlılık (%)	Ort.ve St.sp	Tekrarlılık (%)	Ort. ve St.sp	Tekrarlılık (%)	Ort. ve St.sp	Tekrarlılık (%)
Al	18.8 ± 0.6	6	505 ± 44.6	17	2667 ± 176	13	54864 ± 1135	4
Fe	77.7 ± 5.5	14	2661 ± 126	9	2601 ± 236	18	31155 ± 721	4
Mn	73.9 ± 5.9	16	81 ± 3.2	8	49 ± 1.9	8	302 ± 4	2
Pb	1.14 ± 0.1	18	7.8 ± 0.7	17	7.7 ± 0.5	14	16 ± 1	12
Cu	2.6 ± 0.2	12	1.2 ± 0.1	22	7.4 ± 0.2	6	16 ± 0.9	2
Zn	4.8 ± 0.2	7	19 ± 0.8	8	21 ± 1	9	66 ± 1.1	3
Ni	0.8 ± 0.04	9	3.6 ± 0.3	14	11 ± 0.5	9	37 ± 0.6	3
Co	0.9 ± 0.1	17	3.5 ± 0.1	8	5 ± 0.3	11	11 ± 1.3	23
Cr	0.2 ± 0.03	25	10 ± 0.5	9	15 ± 0.5	6	99 ± 2.3	4

### 2.2.6. <sup>14</sup>C Yaş Tayini

<sup>14</sup>C yaş tayini konvansiyonel radyokarbon yöntemiyle C. Eastoe tarafından Arizona Üniversitesi İzotop Jeokimyası laboratuvarında yapılmıştır. Yöntemde sapropelin organik maddesinin karbon içeriği analiz edilmiştir. Sonuçlar <sup>13</sup>C için düzeltilmiştir.

## BÖLÜM 3: SEDİMENTLERİN LİTOFASİYES ÖZELLİKLERİ

Denizel ortama çeşitli faktörlerin etkisi altında giren ağır metaller sedimentlerin ince tane boyu fraksiyonlarında birikme eğilimi gösterirler (Ackermann ve diğ., 1983; Förstner and Salamons, 1980; Horowitz, 1985; Horowitz and Elrick, 1987, Kurumgalz, 1989). Tane boyu küçüldükçe buna bağlı olarak diğer faktörler (yüzey alanı, yüzey yükü, organik madde içeriği gibi) artar (Jones and Bowser, 1978; Förstner and Witmann, 1981, Horowitz, 1985; Horowitz and Elrick, 1986a,b,1987). İnce tane boyutundaki partiküller geniş, spesifik yüzey alanına sahiptir ve bu partiküllerin organik karbon içeriği yüksektir (Cauwet, 1987; Boldrin et al., 1989).

Sedimentlerin tane boyuna bağlı doku ile bileşim özelliklerini taşınım mekanizma ve uzaklığı, kaynağı ve çökeltme ortamının enerji koşulları (dalga ve akıntı şiddeti) belirlemektedir. Sediment taşınımında tane boyu çeşitli fiziksel ve kimyasal ayrışimlarla dereceli olarak küçülür. İlk olarak çöken kaba taneli fraksiyonlardır. İnce tane boyundaki fraksiyonlar ise koloidal olarak daha uzun mesafeler boyunca taşınır (Förstner and Witmann, 1981).

Tane boyu sedimentte metal miktarını denetleyen en önemli faktörlerden biridir. Metaller özellikle soğurulmuş şekilde bulunan fazda, ince taneli (kil, çamur= silt+kil) sedimentte daha fazla bulunma eğilimindedir. Bu nedenle çalışma alanındaki sedimentlerin tane boyu gruplarının bilinmesi metal analizleri sonuçlarının yorumlanmasında gerekli bir parametredir (Loring ve Rantala, 1992; Çağatay ve diğ., 1996).

### 3.1. Yüzey Sedimentlerinin Litofasiyes Özellikleri

Tane boyuna göre silisiklastik sedimentleri sınıflamada kullanılan üçgen diyagramından (Şekil 3.1) faydalanılarak, bölgenin fasiyes haritası oluşturulmuştur (Şekil 3.2). Körfezin doğusunda, kuzeybatısında ve Avşa Adası' nın güneyinde kum (K), batısında, orta bölümünde ve doğusunda kil (C), güneyinde, batısının bir bölümünde ve Paşa Limanı Adası' nın güneyinde siltli (SC) kil ve körfezin orta kesiminin kuzeyinde killi silt (CS) fasiyesleri tespit edilmiştir.

Bölgenin yüzey sedimentlerinde kil oranı en düşük Gönen Çayı ağzında kumlu alanda % 4.9 olarak, en yüksek körfezin güneybatısında % 96.4 olarak tespit edilmiştir (Şekil 3.3). Körfezin doğusunda, kuzeybatısında ve Avşa Adası' nın güneyinde kil oranının çok düşük olduğu görülmüştür.

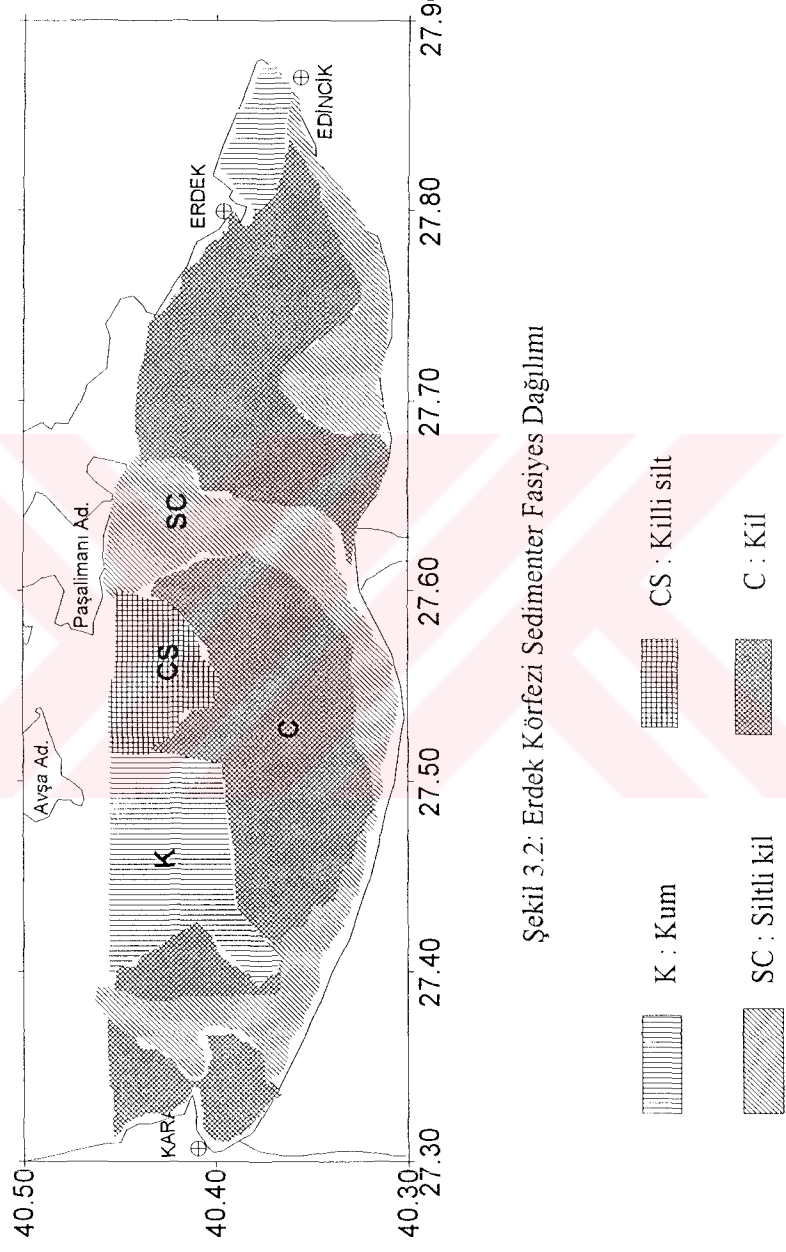
En düşük silt oranı körfezin güneybatısında % 1.42, en yüksek Gönen Çayı ağzında % 57.6 olarak tespit edilmiştir. Körfezin doğusunda, güneydoğusunda, kuzeybatısında ve Avşa Adası' nın güneyinde silt oranının çok düşük olduğu görülmüştür (Şekil 3.4).

Kum oranı en düşük körfezin güneybatısında % 0.1, en yüksek doğu ucunda % 87.6 olarak tespit edilmiştir. Avşa ve Paşa Limanı Adalarının güneyinde ve körfezin güneybatı kesiminde karaya yakın istasyonlarda kum oranının oldukça yüksek olduğu görülmüştür. Karaya yakın istasyonlarda derinlik 20 m' yi geçmemektedir (Şekil 3.5). Sığ kesim dalganın ve akıntının etkisi altındadır. Körfezin doğu ucunda ise metamorfik kayalardan aşınmış kum boyutu malzeme mevcuttur.

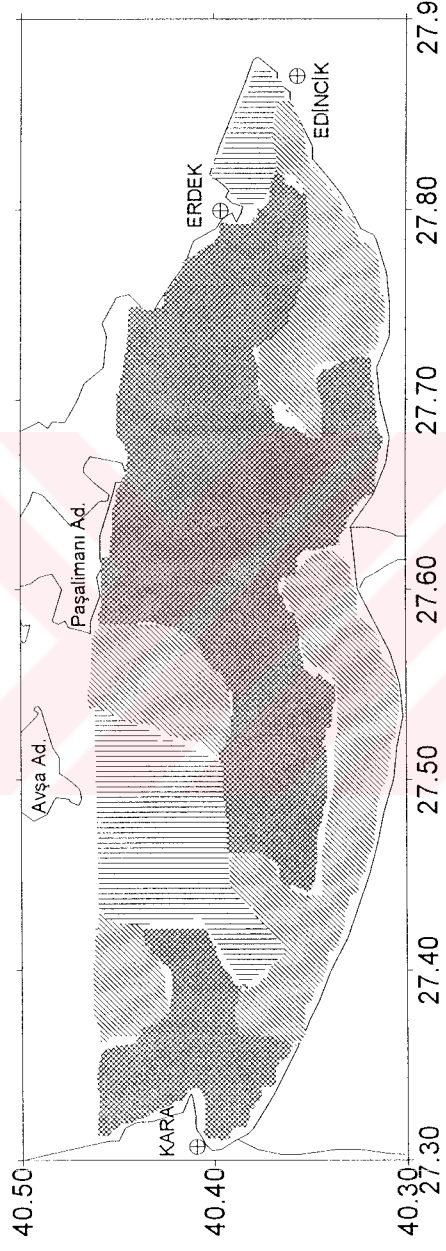
Kil-silt-kum-çamur korelasyonları Tablo 4.1 ' de gösterilmiştir. Sedimentin silt fasiyesi ile çamur (silt+kil) fasiyesi arasındaki korelasyonda korelasyon katsayısı  $r = (+) 0.57'$  dir. Kil fasiyesi çamur fasiyesi ile kuvvetli bir korelasyon göstermiştir ( $r = (+) 0.92$ ). Bu sonuçlara göre çamur büyük ölçüde kil fraksiyonundan oluşmaktadır.

Körfezin doğu ucundaki örneklerin biyofasiyes dağılımı 27 nolu örnekte (su derinliği 18 m), Pectinidae-Pecter, Cardidae-Acanthacardia, Veneridae-Venus, Donacidae-Donax ve Turritellidae-Turritella, 28 nolu örnekte (su derinliği 16 m), Nuculanidae-Nuculana, Veneridae-Venus ve Pectoridae-Pecter, 29 nolu örnekte (su derinliği 18 m), Veneridae-Venus, Donacidae-Donax, Cardidae-Acanthacardia, Naticidae-Lunatio ve Nassaridae-Hinia' dır. Körfezin kuzeybatı ve batısındaki karbonatı yüksek örneklerin fasiyes dağılımı ise 5 nolu örnekte (su derinliği 46 m), Veneridae-Ruditapes, Cardidae-Acanthacardia, Trochidae-Monodonta ve Gastropoda-Muricidae, 22 nolu örnekte (su derinliği 29 m), Cardidae-Acanthacardia, Veneridae-Venus ve Donacidae-Donax' tır. Bu fosiller kum ve daha iri fraksiyonları oluşturmaktadır.

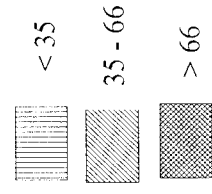




Şekil 3.2: Erdek Körfezi Sedimenter Fasiyes Dağılımı



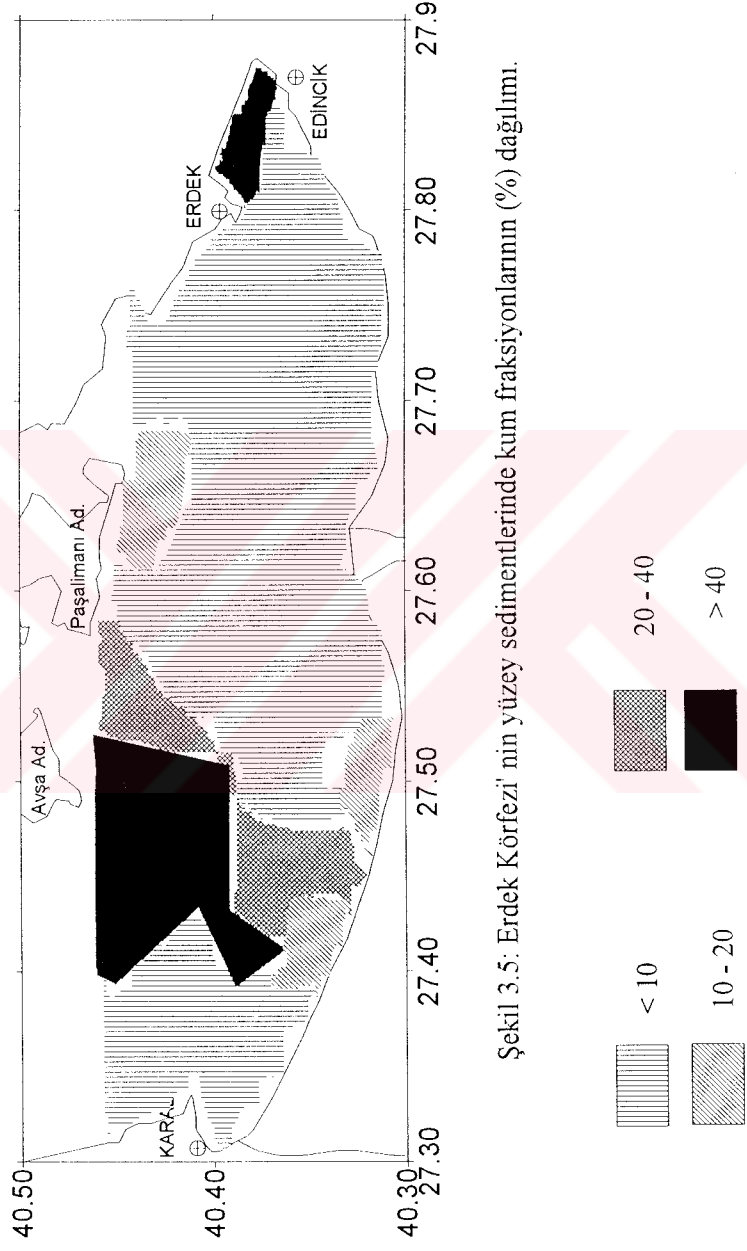
Şekil 3.3: Erdek Körfezi' nin yüzey sedimentlerinde kil fraksiyonunun (%) dağılımı.







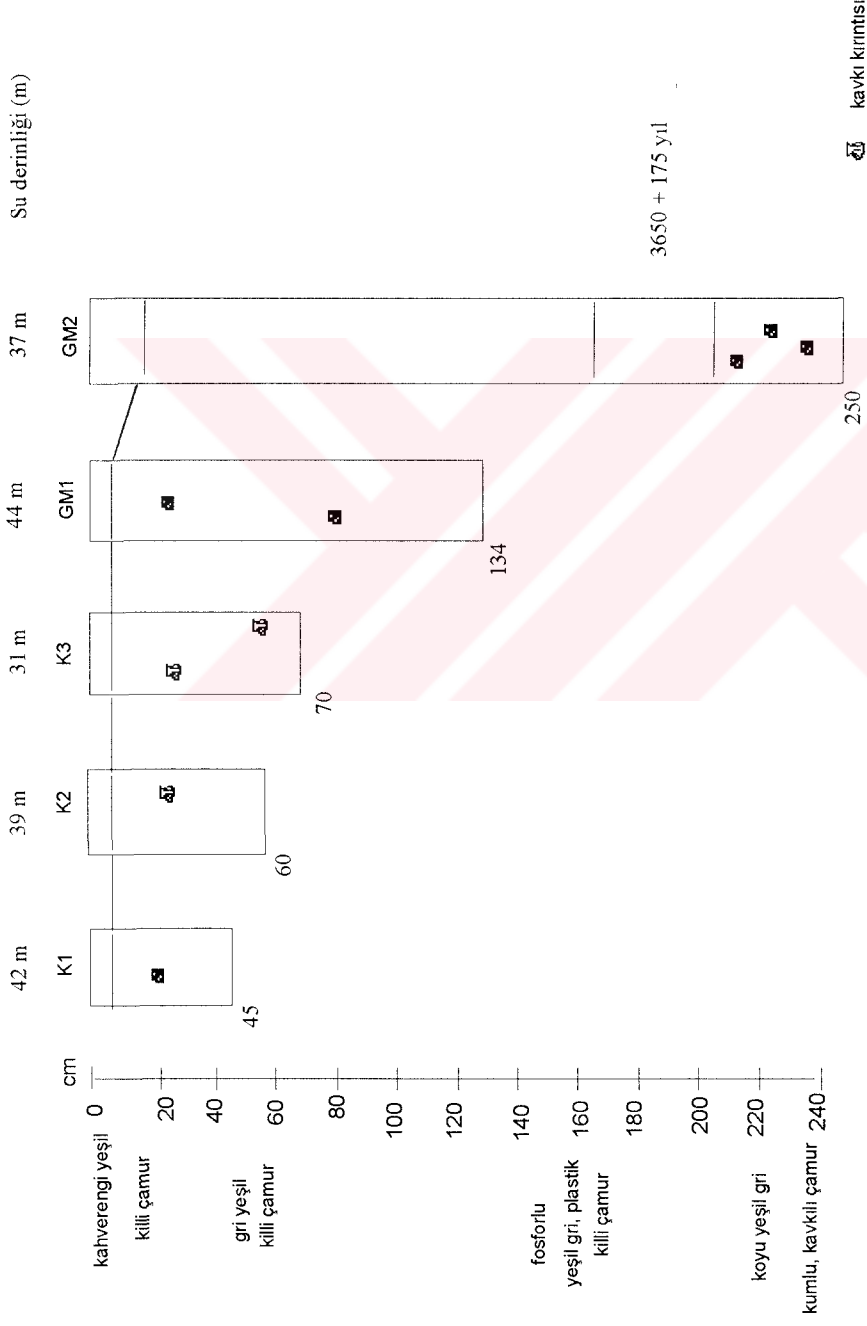
Şekil 3.4: Erdek Körfezi' nin yüzey sedimenterinde silt fraksiyonunun (%) dağılımı.



Şekil 3.5: Erdek Körfezi' nin yüzey sedimentlerinde kum fraksiyonlarının (%) dağılımı.

### 3.2. Kor Sedimentlerinin Litofasiyes Özellikleri

Erdek Körfezinden toplam 5adet kor örneği alınmıştır (Şekil 2.1). Kuzey-Güney bir transekt boyunca 42, 39 ve 31 m su derinliğinden alınan K1, K2 ve K3 nolu korlar sırası ile 45, 60 ve 70 cm uzunluğunda olan kısa korlardır. Üç korun da laboratuarda kesilmeden önce çıplak gözle yapılan incelemesinde ilk 2 cm lik kesimde kahverengi oksik tabaka tespit edilmiştir (Şekil 3.6). Oksik tabakanın altında renk grimsidir ve kor boyunca homojen bir dağılım göstermiştir. Yer yer kavkı kırıntısı mevcuttur. 44 m su derinliğinden alınan GM1 nolu kor 134 cm uzunluğundadır. İlk 2 cm' lik kesimde kahverengi oksik tabaka tespit edilmiştir (Şekil 3.6). Oksik tabakanın altında kahverengi-yeşil-gri olarak dereceli bir geçiş gözlenmiştir. Deniz tabanından 5 cm derinlik civarında kavkı kırıntısı (pelecypod) görülmüştür. 37 m su derinliğinden alınan GM2 nolu kor 247 cm uzunluğundadır. İlk 15- 20 cm' lik kesimde kahverengi oksik tabaka tespit edilmiştir (Şekil 3.6). Oksik tabakanın altında tamamı homojen yeşil-gri renkte çamur görülmüştür. Kor boyunca kavkı ve kırıntı mevcuttur. 120 cm' den sonra renk dereceli olarak koyulaşmaktadır. 170-180 cm seviyesinde zamanımızdan  $3650 \pm 175$  yıl önce çökelmiş organik maddece zengin sapropel tabaka tespit edilmiştir. Bu seviye Gemlik Körfezi' nde tespit edilen sapropelik seviyenin eşdeğeridir (Çağatay ve diğ., 1997).



Şekil 3.6: Erdek Körfezi'nden alınan korların litolojik tanımlamaları.

## BÖLÜM 4: SEDİMENT JEOKİMYASI

Toplam karbonat ve organik karbon parametreleri sedimentlerin major bileşenleridir. Sedimentlerin toplam karbonat içeriğini daha çok aragonit, kalsit ve yüksek magnezyum kalsit minerallerinin oluşturduğu kavkı ve çimento malzemesi oluşturur. Bu mineraller de kristal yapılarına Ca, Mg ve az miktarda Sr ve Ba dışında diğer metalleri almaz. Bu nedenle karbonatlar metal birikiminde seyreltici olarak rol oynar. Sedimentlerde organik maddenin büyük bir kısmı ise humik asit ve residual organik madde gibi farklı bileşenlerden oluşur. Organik karbon miktarı sedimentin tane boyuna ve mineral bileşimine bağlıdır. Organik karbon dağılımı sedimentin yapısı ve sediment tarafından tutulan kirleticiler hakkında bir bilgi vermesi nedeniyle ölçülmesi gereken önemli bir parametredir. Genellikle organik madde miktarı, küçülen tane boyu ile artar. Bu nedenle de sedimentin kil fraksiyonu kum fraksiyonuna göre daha fazla organik madde içerir.

Sedimentlerde organik madde miktarını etkileyen faktörler, su kolonunda organik madde üretimi (daha çok birincil üretim), oksijen miktarı, sedimantasyon hızı, su derinliği ve biyolojik etkinliktir (Muller ve Suess, 1979; Ibach, 1982; Rowe ve Deming, 1985; Emersen ve Hedges, 1988; Pederson ve Calvert, 1990; Ergin ve diğ., 1993). Ayrıca organik madde birikiminde sedimentin geçirgenliği, gözenek suyunun kimyası ve mikrobiyolojisi ve sedimenti oluşturan partiküllerin karakteristiği gibi faktörler rol oynar (Folger, 1972; Çağatay ve diğ., 1996). Organik karbon içeriği % 0.5 ile % 2 arasında olan sediment birimleri sapropelik, % 2' den fazla olan sediment birimleri ise sapropel tabaka olarak adlandırılmaktadır (Kidd et al., 1978; Thompson ve diğ., 1995).

Karadan ve su kolonundan deniz tabanına ulaşan doğal ve antropojenik kökenli kirletici ağır metaller; sediment üzerinde soğurulmuş olarak taşınırlar ve depolanırlar. Sedimentte eser (trace) metal analizlerinde, metalin kaynağının doğal ya da antropojenik olduğunun belirlenebilmesi çok güçtür. Sedimentte metal miktarı çeşitli faktörlerin etkisi altında değişkenlik gösterir. Bunlar sedimentin tane boyu, organik madde miktarı, karbonat miktarı, ortamın oksijen miktarı, suyun akıntı ve dolaşım özellikleri, denize ulaşan karasal suların kimyası ve debisi, sedimentteki mineral ya da bileşiklerin kaynağıdır (Loring & Rantala, 1992).

Farklı lokasyonlardaki sedimentler arasında ilişki kurmak ve tane boyu dağılımından gelen farkı gidermek için normalizasyon gereklidir. Referans element olarak genellikle Al kullanılmaktadır. Alüminyum konservatif bir elementtir. Denizel ortamda taşınım ve depolanma sırasında üniform yapısını korur. Metaller sedimentin ince tane boyu fraksiyonlarında birikme eğilimi gösterirler. Alüminosilikatlar (kil mineralleri) ince taneli sedimentlerin major bileşenidir (Loring, 1991, Luoma 1990).

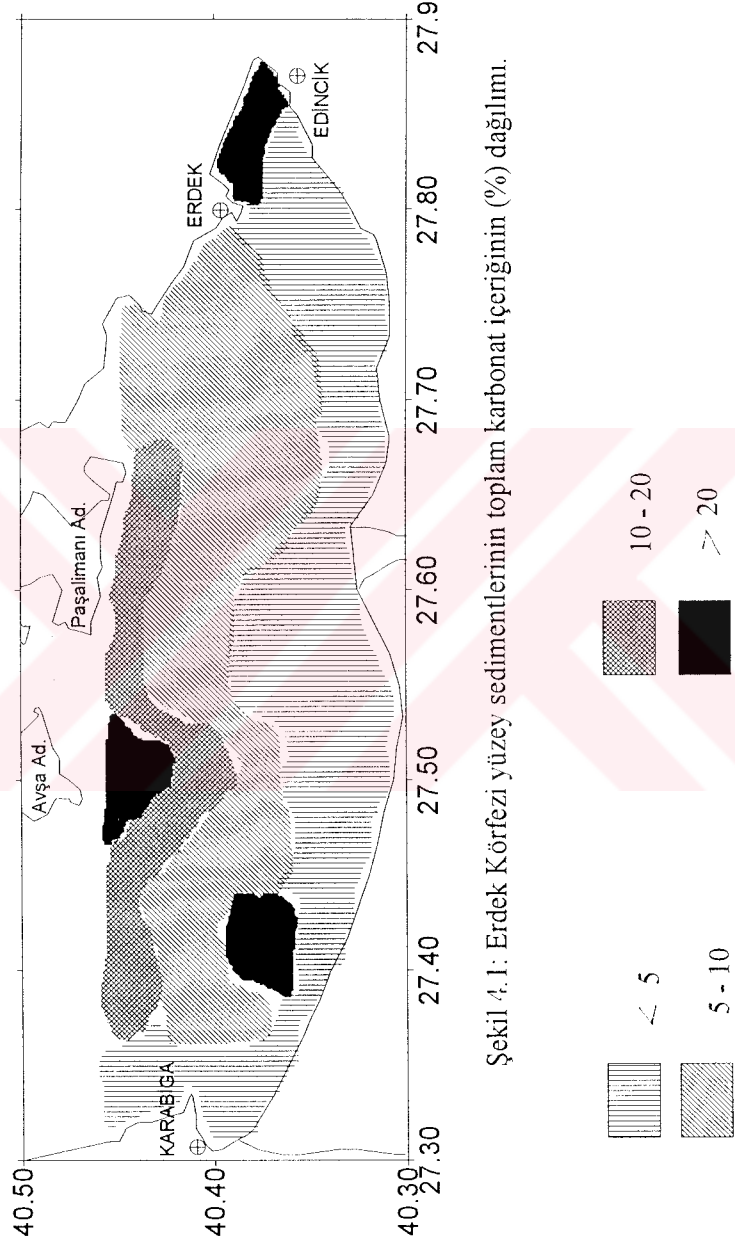
#### **4.1 Yüzey sedimentlerinin jeokimyası**

##### **4.1.1. Yüzey Sedimentlerinde Toplam Karbonat ve Organik Karbon Dağılımı**

Yüzey sedimentlerinin toplam karbonat içeriği % 1.4 ile % 72 arasında değişmektedir. Ortalama değer % 12.9'dur. En düşük değer körfezin güneybatısında % 1.4, en yüksek değer batısında % 72 olarak tespit edilmiştir. Körfezin doğusunda ve adaların güneyinde karbonat miktarı oldukça yüksektir. Bu kesimden alınan örneklerin toplam karbonat içeriği % 47.2 ile % 56.1 arasında değişmektedir. Körfezin güneyinde karbonat miktarı en düşük düzeydedir. Karaya yakın olan kesimden alınan bu örneklerin toplam karbonat içeriği % 1.4 ile % 3 arasında değişmektedir. (Şekil 4.1).

Karbonat miktarının en yüksek olduğu örnekler mikroskop altında incelendiğinde karbonatın kaynağının daha çok gastropod ve bivalvden oluşan biyojen kökenli malzeme olduğu tespit edilmiştir.

Karbonat miktarı ile tane boyu fraksiyonları arasında yapılan korelasyonlarda tane boyu büyüdükçe karbonat miktarının arttığı görülmüştür. Karbonat miktarının kum miktarı ile korelasyonunda korelasyon katsayısı (r) + 0.60, silt ile korelasyonunda korelasyon katsayısı (r) - 0.18, kil ile korelasyonunda korelasyon katsayısı (r) - 0.62, silt+kil (çamur) ile korelasyonunda korelasyon katsayısı (r) - 0.60' dır. Bu sonuçlar karbonatın büyük ölçüde kum boyutu fraksiyonunda yoğunlaştığını göstermektedir (Tablo 4.1).



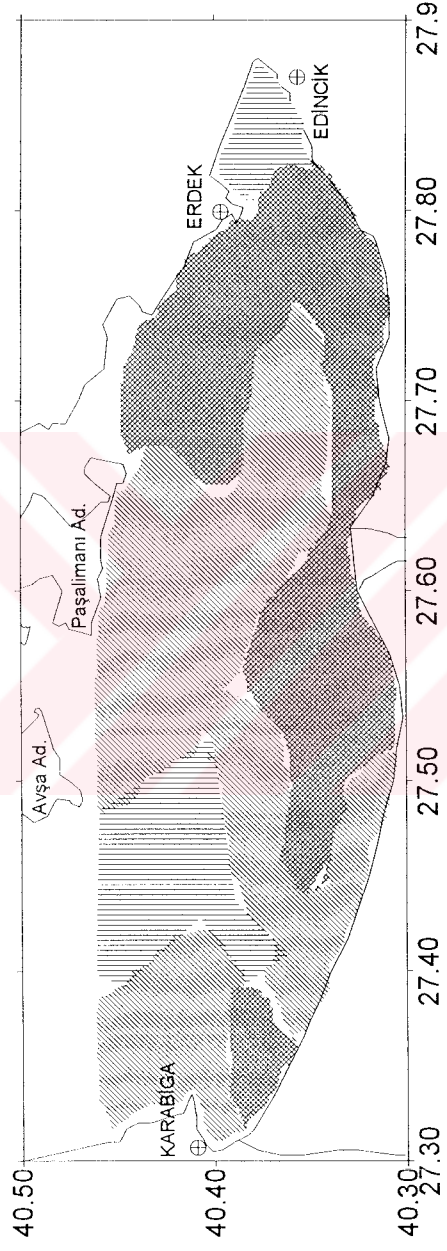
Şekil 4.1: Erdek Körfezi yüzey sedimentlerinin toplam karbonat içeriğinin (%) dağılımı.

Bu çalışma Marmara Denizi' nde yapılan önceki çalışmalarla karşılaştırıldığında tespit edilen değerler arasında bir uygunluk olduğu görülmüştür (Tablo 4.2). Marmara Denizi kuzey şelfinde yüzey sedimentlerinin toplam karbonat içeriği % 8 ile % 55 arasında değişmektedir (Çağatay ve diğ., 1996). Marmara Denizi' nin İstanbul Boğazı' na birleştiği bölgede ve İstanbul Boğazı' nda bu değer % 3.8 ile %64 arasındadır (İ.Ü-DBİE,1997). Toplam karbonat dağılımı Marmara genelinde incelendiğinde ise değişimin % 2 ile % 90 arasında olduğu görülmüştür (Ergin ve diğ. 1993). Marmara Denizi güney şelfinde yapılan çalışmada yüzey sediment örneklerinin toplam karbonat içeriğinin % 1.9 ile % 70.1 arasında değiştiği tespit edilmiştir (Çağatay ve diğ., 1997).

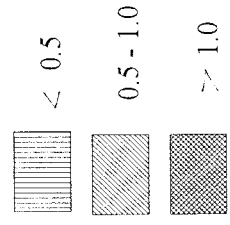
Yüzey sedimentlerinin toplam organik karbon içeriği % 0.2 ile % 1.5 arasında değişmektedir. Ortalama değer % 0.9' dur. En yüksek değer Gönen Çayı ağzında, en düşük değer körfezin kuzeybatısında tespit edilmiştir (Şekil 4.2). Körfezin doğu ucunda ve Avşa Adası' nın güneyinde organik karbon içeriği % 0.19 ile % 0.85 arasında değişmektedir. Bu bölgelerde karbonat miktarı maksimumdur ve kum fasiyesi hakim durumdadır. Körfezin güneybatısında , orta kesiminde ve batısında organik karbon içeriği % 0.85 ile % 0.97 arasında değişmektedir. Körfezin doğusunda güney kıyılarına paralel bir zon boyunca, ve kuzeydoğuda karaya yakın alanlarda ve Karabiga ağzına yakın alanda ise organik karbon içeriği % 1.0 ile % 1.5 arasında değişmektedir. Bu dağılım ve özellikle kıyı önündeki yüksek değerler karasal kökenli organik madde kaynaklarını (nehir girdileri ve yerleşim alanlarının organik atıkları ) işaret etmektedir. Ayrıca sedimentin tane boyu küçüldükçe organik karbon içeriğinin arttığı tespit edilmiştir. Organik karbon miktarının kum ile korelasyonunda korelasyon katsayısı (r) - 0.86, silt ile korelasyonunda korelasyon katsayısı (r) + 0.53, kil ile korelasyonunda korelasyon katsayısı (r) + 0.77, çamur (silt+kil) ile korelasyonunda korelasyon katsayısı + 0.87' dir (Tablo 4.1). Bu sonuçlar organik maddenin kil ve çamur gibi ince taneli malzemede konsantre olduğunu işaret etmektedir.

Bu çalışma Marmara Denizi' nde yapılan diğer çalışmalarla karşılaştırıldığında değerler arasında bir uygunluk görülmüştür (Tablo 4.2). Marmara Denizi kuzey şelfinde yüzey sedimentlerinin toplam organik karbon içeriği % 0.5 ile % 2.5 arasında değişmektedir (Çağatay ve diğ., 1996). Marmara Denizi' nin İstanbul Boğazı' na birleştiği bölgede ve İstanbul Boğazı' nda bu değer % 0.2 ile % 2.6 arasındadır (İ.Ü-DBİE, 1997).





Şekil 4.2: Erdek Körfezi yüzey sedimenterinin toplam organik karbon içeriğinin (%) dağılımı.



Marmara genelinde ise % 0.4 ile % 2.2 arasında değişmektedir (Ergin ve diğ. 1993). Marmara Denizi güney şelfinde yüzey sedimentlerinin toplam organik karbon içeriği % 0.1 ile % 2.5 arasındadır (Çağatay ve diğ., 1997).

#### **4.1.2. Yüzey Sedimentlerinde Toplam Metal Dağılımı**

##### ***Alüminyum(Al)***

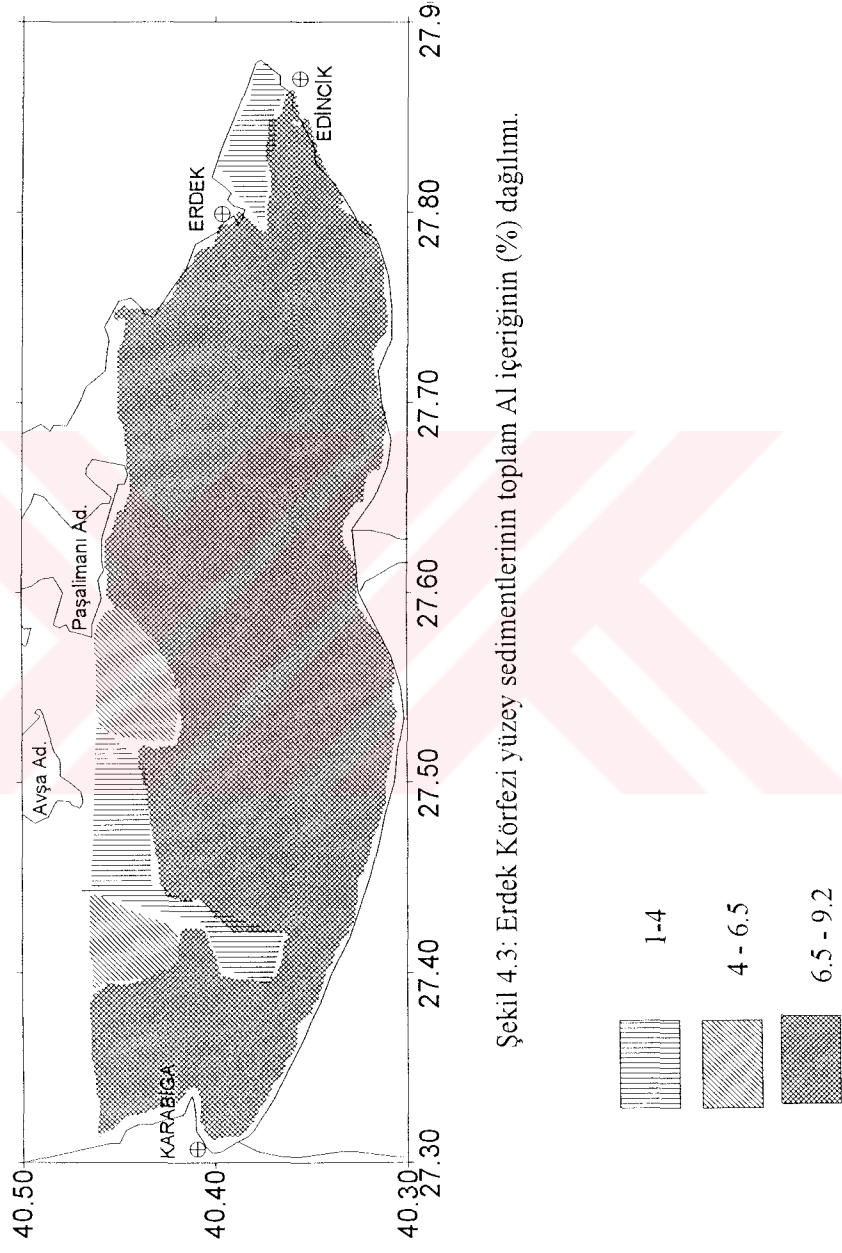
Yüzey sedimentlerinde alüminyum konsantrasyonları % 1.1 ile % 9.2 arasında değişmektedir. Ortalama değer % 7.2' dir. En yüksek konsantrasyon orta kesimde, en düşük konsantrasyon körfezin doğu ucunda kumlu alanda tespit edilmiştir (Şekil 4. 3 ). Körfezde alüminyum konsantrasyonları şeyl ortalamasının (% 9.2) altındadır.

Al konsantrasyonları ile kum, silt, kil ve çamur arasındaki korelasyonlarda korelasyon katsayıları (r) (-) 0.80, (+) 0.48, (+) 0.72, (+) 0.80' dir (Tablo 4.1). Bu sonuçlar beklenildiği gibi alüminyumun kil-mineral miktarını gösteren bir element olduğuna işaret etmektedir. Al kil faktöründen dolayı Mn (r = 0.02) ve Hg (r = 0.37) dışındaki bütün metaller ve organik karbon ile kuvvetli pozitif, karbonat ile negatif (r= -0.70) korelasyonlar göstermektedir (Tablo 4.1).

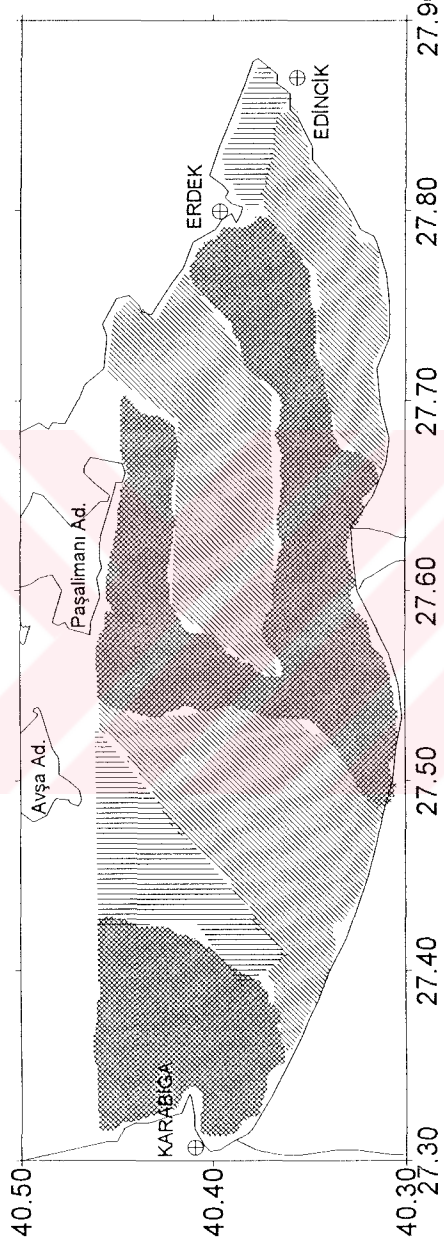
Kuzey Marmara' da alüminyum konsantrasyonları % 2.4 ile % 7.6 (Çağatay ve diğ., 1996), İstanbul Boğazi' nda % 0.8 ile % 8.8 arasında değişmektedir (İ.Ü DBİE, 1997) (Tablo 4.2).

##### ***Demir(Fe)***

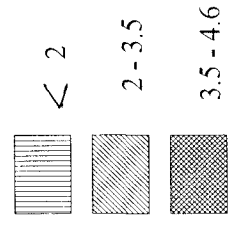
Yüzey sedimentlerinde demir konsantrasyonları % 0.8 ile % 4.6 arasında değişmektedir (Şekil 4.4 ). Ortalama değer % 3.0' tür. En yüksek konsantrasyon körfezin doğusunda, en düşük konsantrasyon körfezin doğu ucunda kumlu alanda tespit edilmiştir. Körfezde demir konsantrasyonları şeyl ortalamasının (% 4.7) altındadır. Yüksek demir değerleri karasal nehir kaynaklıdır. Büyük ölçüde koloidal Fe oksihidroksitler olarak taşınan demir, tuzlu deniz suyu ortamında kolloidlerin floküle olması ile çökeler. Dağılım da zaten Karabiga ve Gönen Çaylarının getirisini ve bu çökeli göstermektedir (Şekil 4.4).



Şekil 4.3: Erdek Körfezi yüzeysel sedimenterinin toplam Al içeriğinin (%) dağılımı.



Şekil 4.4: Erdek Körfezi' nin yüzey sedimentlerinin toplam Fe içeriğinin (%) dağılımı.



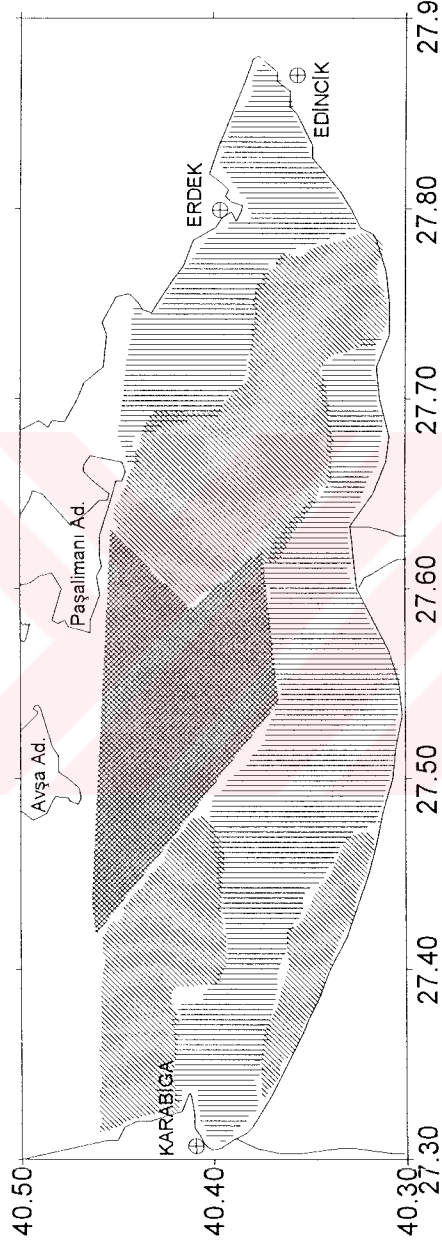
Fe konsantrasyonları ile kum, silt, kil ve çamur arasındaki korelasyonlarda korelasyon katsayıları (r) sırasıyla (-) 0.84, (+) 0.47, (+) 0.78, (+) 0.84' tür (Tablo 4.1). Bu sonuçlar demirin ince taneli malzemedeki konsantre olduğunu işaret etmektedir. Fe konsantrasyonları ile diğer metaller arasındaki korelasyonlar Tablo 4.1' de gösterilmiştir. En yüksek korelasyonlar Al (r = 0.60), Zn (r = 0.64) ve Ni (r = 0.63)' de görülmüştür. Al ile korelasyon aynı zamanda kil ile olan korelasyonu da göstermektedir. Ayrıca organik karbon ile pozitif (r = 0.57) ve karbonat ile negatif (r = - 0.61) bir korelasyon göstermektedir (Tablo 4.1).

Kuzey Marmara' da demir konsantrasyonları % 1.7 ile % 4.5 (Çağatay ve diğ., 1996), İstanbul Boğazı' nda ve Marmara' nın boğaz çıkışında % 0.6 ile % 5.3 (İ.Ü DBİE, 1997), Marmara genelinde % 1.7 ile 5.1 arasında değişmektedir (Bodur ve Ergin, 1994) (Tablo 4.2).

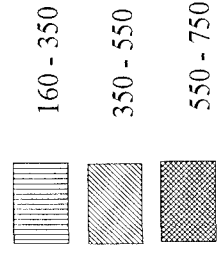
### ***Mangan(Mn)***

Yüzey sedimentlerinde mangan konsantrasyonları 168 ppm ile 746 ppm arasında değişmektedir (Şekil 4.5). Ortalama değer 384 ppm' dir. En yüksek konsantrasyon Avşa ve Paşa Limanı Ada' larının güneyinde, en düşük konsantrasyon körfezin doğu ucunda tespit edilmiştir. Körfezde mangan konsantrasyonları şeyl ortalamasının (850 ppm) altındadır (Krauskopf, 1979). Adaların güneyinde tespit edilen yüksek değerlerin nedeni, Çanakkale Boğazı' ndan gelen oksijeni yüksek (4-7 ml/l, Beşiktepe, 1993) Akdeniz kökenli su ortamında, denizel kökenli manganın sediment kolonunda diyajenez yoluyla mobil hale geçerek, yüzey sedimentlerinde oksitleri halinde çökmesidir. Sülfat indirgeme zonunda indirgenerek çözünür  $Mn^{2+}$  haline geçen mangan üstteki oksik zona doğru difüze olarak hareket eder ve oksik zonda tekrar yükseltgenerek  $Mn^{4+}$  oksihidroksitleri halinde zenginleşir (Salamons & Förstner, 1984; Belzile ve diğ., 1989). Ayrıca karasal kaynaklı nehir girdileri ile koloidal olarak deniz ortamına gelen mangan bileşikleri tuzlu ortamda ve oksitleyici koşullarda oksihidroksitleri halinde çöker (Salamons & Förstner, 1984; Belzile ve diğ., 1989).

Mn konsantrasyonları ile kum, silt, kil ve çamur arasındaki korelasyonlar çok zayıf olup, korelasyon katsayıları sırasıyla (-) 0.15, (-) 0.09, (+)0.22 ve (+) 0.13' tür (Tablo 4.1).



Şekil 4.5: Erdek Körfezi' nin yüzey sedimentlerinin toplam Mn içeriğinin (ppm) dağılımı.





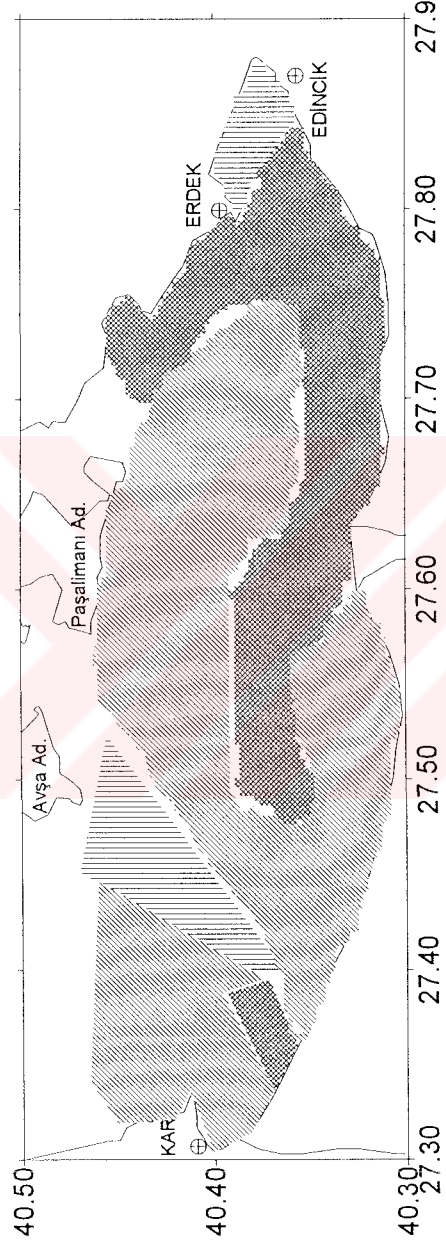
Mn konsantrasyonları diğ er metallere de çok zayıf bir korelasyon göstermiştir. Ayrıca organik karbon ve karbonat miktarı ile de zayıf negatif bir korelasyon göstermektedir (Tablo 4.1). Bu sonuçlar manganın sedimentlerde depolanmasında etkili olan faktörün ortamın redoks koşulları olduğunu işaret etmektedir. Mangan redoks sınırına yakın ve hemen onun üzerinde zenginleşir. Sedimentteki redoks sınırı deniz tabanına yakınsa ve üstte oksijenli sular varsa bu zenginleşme bolca olur. Redoks sınırını belirleyen faktörler sudaki oksijen miktarı, sedimentin organik madde içeriği ve sedimentin permeabilitesidir.

Kuzey Marmara' da mangan konsantrasyonları 101 ppm ile 616 ppm (Çağatay ve diğ., 1996), İstanbul Boğazı ve Marmara Denizi' nin Boğaz çıkışında 41 ppm ile 540 ppm (İ.  DBİE, 1997) ve Marmara genelinde 307 ppm ile 2059 ppm arasında değişmektedir (Bodur ve Ergin, 1994) (Tablo 4.2).

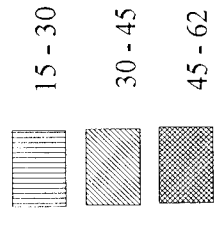
### ***Kurşun(Pb)***

Yüzey sedimentlerinde toplam Pb konsantrasyonları 19 ppm ile 61 ppm arasında değişmektedir (Şekil 4.6). Ortalama değer 40 ppm' dir. En yüksek konsantrasyon körfezin doğusunda ve güneybatısında, en d şuk konsantrasyon doğu ucunda kumlu alanda tespit edilmiştir. Körfezde kurşun konsantrasyonları çoğunlukla Şeyl ortalamasının (20 ppm)  zerindedir (Şekil 4.6). Sedimanter ortamda kurşun ince taneli (kil ve organik) malzemede adsorbe olup, hemen  okme eğilimi göstermektedir. Organik madde tarafından adsorblanan metal karbon zincirine, karbon atomuna bağlanarak girebilir. Oluşan bileşik metallo-organik bileşiktir. Kurşun tetratil  $Pb(C_2H_5)_4$  buna çok iyi bir örnektir (Krauskopf, 1979). Kurşun konsantrasyonlarının körfezin doğu ucunda minimum seviyede (19-23 ppm) olmasının nedeni bu bölgede kum fasiyesinin hakim olmasıdır.

Pb konsantrasyonları ile kum, silt, kil ve çamur arasındaki korelasyonlarda korelasyon katsayıları(r) sırasıyla (-)0.80, (+)0.48, (+)0.72, (+)0.80' dir (Tablo 4.1). Bu sonuçlar kurşunun ince taneli malzemede konsantre olduğunu işaret etmektedir. Pb konsantrasyonlarının diğ er metallere korelasyonunda en yüksek korelasyon Al ( $r = 0.65$ ) ve Zn ( $r = 0.64$ )' da g r lm ştir (Tablo 4.1). Al ile yapılan korelasyon aynı zamanda kil ile olan korelasyonu da göstermektedir. % 95 güvenirlilik sınırları dışına çıkararak, anomali oluşturan örnekler körfezinde doğusu (19, 33, 34 ve 40), güneydoğusunda(41,46ve47)ve



Şekil 4.6: Erdek Körfezi' nin yüzey sedimentlerinin toplam Pb içeriğinin (ppm) dağılımı.





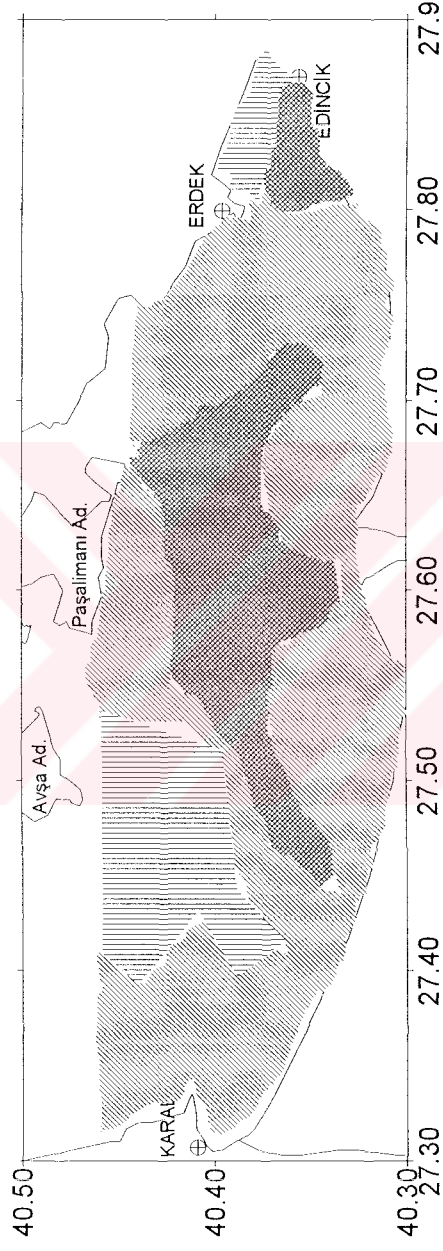
Gönen Çayı ağzında (D1) yer almaktadır (Şekil 4.13). Ayrıca organik karbon ile pozitif ( $r = 0.74$ ) ve karbonat miktarı ile negatif ( $r = -0.45$ ) bir korelasyon göstermektedir (Tablo 4.1). Körfezde kurşun dağılımı organik karbon dağılımı ile çok benzerlik göstermektedir. Buna göre yüksek kurşun konsantrasyonlarının nedeni karasal (maden yataklarından akarsularla olan taşınım ve yerleşim alanlarından atıklar) girdilerdir.

Kuzey Marmara' da kurşun konsantrasyonları 11 ppm ile 35 ppm (Çağatay ve diğ., 1996), İstanbul Boğazı ve Marmara Denizi' nin Boğaz çıkışında 17 ppm ile 68 ppm (İ.Ü DBİE, 1997) ve Marmara genelinde 31 ppm ile 106 ppm (Bodur ve Ergin, 1994) arasında değişmektedir (Tablo 4.2).

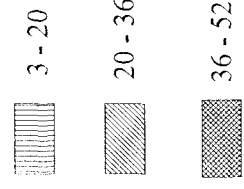
### **Bakır(Cu)**

Yüzey sedimentlerinde Cu konsantrasyonları 3 ppm ile 52 ppm arasında değişmektedir (Şekil 4.7). Ortalama değer 28 ppm' dir. En yüksek konsantrasyon körfezin doğusunda, en düşük konsantrasyon doğu ucunda kumlu alanda tespit edilmiştir. Körfezde bakır konsantrasyonları çoğunlukla şeyl ortalamasının (50 ppm) altındadır (Şekil 4.7). Bakır dağılımları incelendiğinde yüksek konsantrasyonların körfezin orta kesiminde Gönen Çayı' na bağlı bir sorguç şeklinde dağılım gösterdiği görülmektedir. Buna göre yüksek değerlerin nedeni Gönen Çayı ile taşınan cevher kaynaklı girdiler olarak açıklanabilir. Doğuda Edincik önlerindeki yüksek değerler ise karadaki Karakaya Karmaşığına ait mafik ve ultramafik kayalardan kaynaklanmaktadır (Şekil 1.9).

Cu konsantrasyonları ile kum, silt, kil ve çamur arasındaki korelasyonlarda korelasyon katsayıları( $r$ ) sırasıyla (-) 0.84, (+) 0.55, (+) 0.74, (+) 0.85' dir (Tablo 4.1). Bu sonuçlar bakırın ince taneli malzemede konsantre olduğunu işaret etmektedir. Cu konsantrasyonları ile diğer metaller arasındaki korelasyonlarda en yüksek korelasyon Al( $r = 0.64$ )' da görülmüştür (Tablo 4.1) (Şekil 4.13). Bu değer aynı zamanda kil ile olan korelasyonu da göstermektedir. % 95 güvenirlilik sınırları içinde anomali oluşturan örnekler körfezin doğusunda (32, 34), güneybatısında (20, 36 ve 37) ve Gönen Çayı ağzında (D1) yer almaktadır (Şekil 4.13). Ayrıca organik karbon ile zayıf pozitif ( $r = 0.38$ ) ve karbonat miktarı ile zayıf negatif ( $r = - 0.23$ ) bir korelasyon göstermektedir (Tablo 4.1).



Şekil 4.7: Erdek Körfezi' nin yüzey sedimentlerinin toplam Cu içeriğinin (ppm) dağılımı.





Şekil 4.8: Erdek Körfezi' nin yüzey sedimentlerinin toplam Zn içeriğinin (ppm) dağılımı.

Kuzey Marmara' da bakır konsantrasyonları 7 ppm ile 44 ppm (Çağatay ve diğ., 1996), İstanbul Boğazı ve Marmara Denizi Boğaz çıkışında 5 ppm ile 80 ppm (İ.Ü DBİE', 1997) ve Marmara genelinde 4 ppm ile 104 ppm arasında değişmektedir (Bodur ve Ergin, 1994) (Tablo 4.2).

### **Çinko(Zn)**

Yüzey sedimentlerinde çinko konsantrasyonları 34 ppm ile 272 ppm arasında değişmektedir (Şekil 4.8 ). Ortalama değer 125 ppm' dir. En yüksek konsantrasyon körfezin batısında Karabiga ağzına yakın bölgede, en düşük konsantrasyon körfezin doğusunda kumlu alanda tespit edilmiştir. Körfezin doğusu ve Avşa Adası' nın güneyinin dışında körfezin genelinde çinko konsantrasyonları şeyl ortalamasının (90 ppm) üzerindedir (Şekil 4.8). Karabiga ağzına yakın yerde maksimum konsantrasyonun tespit edilmesi akarsularla madeen yataklarından olan taşınımı işaret etmektedir.

Zn konsantrasyonları ile kum, silt, kil ve çamur arasındaki korelasyonlar sırasıyla (-) 0.63, (+) 0.53, (+) 0.53, (+) 0.63' tür (Tablo 4.1). Çinko' nun diğer metaller arasındaki korelasyon katsayıları (r) Tablo ' de gösterilmiştir. En yüksek korelasyonlar Al (r = 0.74), Pb (r = 0.64), Fe (r= 0.64), Ni (r = 0.69), Co (r = 0.62) ve Cr (r = 0.65)' tir. Al ile korelasyon aynı zamanda kil ile olan korelasyonu da vermektedir. % 95 güvenirlilik sınırları içinde anomali oluşturan örnekler körfezin güneydoğusunda (41), orta kesimşn kuzeyinde (16) ve güneybatısında Karabiga ağzına yakın yerde (20ve 30) yer almaktadır (Şekil 4.13). Ayrıca organik karbon ile pozitif (r = 0.72) ve karbonat miktarı ile negatif (r= -0.62) bir korelasyon göstermektedir (Tablo 4.1). Bu sonuçlar çinkonun ince taneli (kil ve organik madde) malzemede konsantre olduğunu işaret etmektedir.

Kuzey Marmara' da çinko konsantrasyonları 38 ppm ile 131 ppm (Çağatay ve diğ., 1996), İstanbul Boğazı ve Marmara Denizi Boğaz çıkışında 35 ppm ile 237 ppm (İ.Ü DBİE, 1997) ve Marmara genelinde 50 ppm ile 169 ppm arasında değişmektedir (Bodur ve Ergin, 1994) (Tablo 4.2).

### **Nikel(Ni)**

Yüzey sedimentlerinde nikel konsantrasyonları 8 ppm ile 149 ppm arsında değişmektedir (Şekil 4.9). Ortalama konsantrasyon 52 ppm' dir. En yüksek konsantrasyon körfezin doğusunda, en düşük konsantrasyon doğu ucunda kumlu

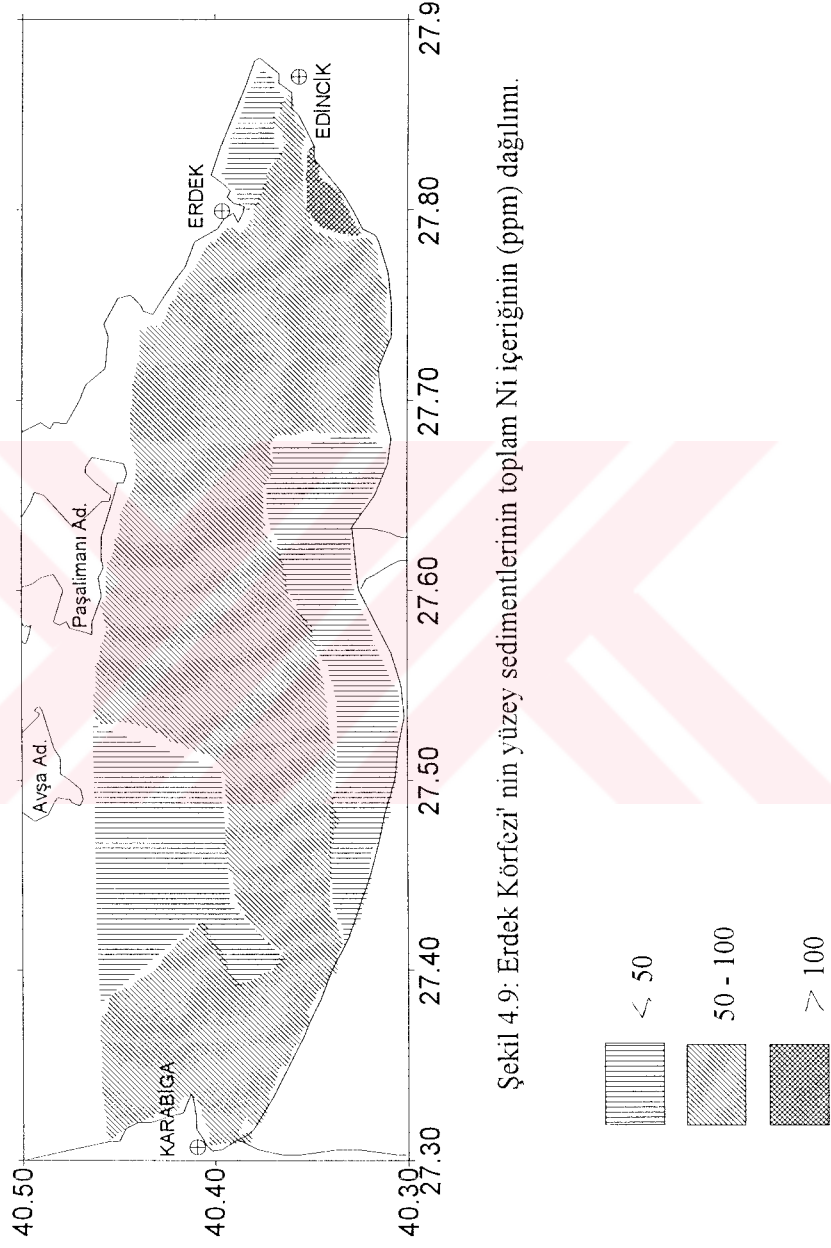
alandan tespit edilmiştir. Körfezde nikel konsantrasyonları çoğunlukla şeyl ortalamasının (80 ppm) altındadır (Şekil 4.9). Körfezin güneydoğusunda Edincik önlerinde tespit edilen yüksek değerlerin nedeni karadaki Karakaya karmaşığında ait mafik ve ultrafik kaya birimleridir (Şekil 1.9).

Ni konsantrasyonları ile kum, silt, kil ve çamur arasındaki korelasyonlarda korelasyon katsayıları sırasıyla (-) 0.73, (+) 0.66, (+) 0.66, (+) 0.73' tür (Tablo 4.1). Ni konsantrasyonları ile diğer metaller arasındaki korelasyonlarda en yüksek korelasyon Zn ( $r = 0.69$ ), Fe ( $r = 0.63$ ), Co ( $r = 0.70$ ) ve Cr ( $r = 0.70$ )' da görülmüştür (Tablo 4.1). Ayrıca organik karbon ile pozitif ( $r = 0.62$ ) ve karbonat ile negatif ( $r = -0.60$ ) bir korelasyon göstermektedir (Tablo 4.1). Bu sonuçlar nikelin ince taneli (kil ve organik madde) malzemede konsantre olduğunu işaret etmektedir.

Kuzey Marmara' da 27 ppm ile 116 ppm (Çağatay ve diğ., 1996), İstanbul Boğazı ve Marmara Denizi Boğaz çıkışında 1 ppm ile 60 ppm (İ.Ü DBİE, 1997) ve Marmara genelinde 42 ppm ile 173 ppm arasında değişmektedir (Bodur ve Ergin, 1994) (Tablo 4.2).

### ***Kobalt(Co)***

Yüzey sedimentlerinde kobalt konsantrasyonları 6 ppm ile 29 ppm arasında değişmektedir (Şekil 4.10 ). Ortalama değer 18 ppm' dir. En yüksek konsantrasyon körfezin güneydoğusunda, en düşük konsantrasyon Avşa Adası' nın güneyinde tespit edilmiştir. Körfezin batısında, orta kesimin kuzeyinde ve doğusunda şeyl ortalamasının (20 ppm) üzerinde değerler tespit edilmiştir. Körfezdeki özellikle batısındaki yüksek değerlerin nedeni karasal kaynaklı nehir girdileri ile açıklanabilir. Doğu ve güneydoğudaki yüksek değerlerin nedeni ise nikel dağılımında olduğu gibi bölgeyi çevreleyen karadaki Karakaya Karmaşığında ait mafik ve ultramafik kaya birimleridir (Şekil 1.9).



Şekil 4.9: Erdek Körfezi' nin yüzey sedimentlerinin toplam Ni içeriğinin (ppm) dağılımı.

Co konsantrasyonları ile kum, silt, kil ve çamur arasındaki korelasyonlarda korelasyon katsayıları sırasıyla (-) 0.73, (+) 0.43, (+) 0.66, (+) 0.72' dir (Tablo 4.1). Bu sonuçlar kobaltın ince taneli malzemede konsantre olduğunu işaret etmektedir. Co konsantrasyonları ile diğer metaller arasındaki korelasyonlarda en yüksek korelasyon Zn ( $r = 0.62$ ) ve Ni ( $r = 0.70$ )' de görülmüştür (Tablo 4.1). Kobalt ayrıca organik karbon ile zayıf pozitif ( $r = 0.40$ ) ve karbonat ile negatif ( $r = - 0.59$ ) bir korelasyon göstermektedir (Tablo 4.1).

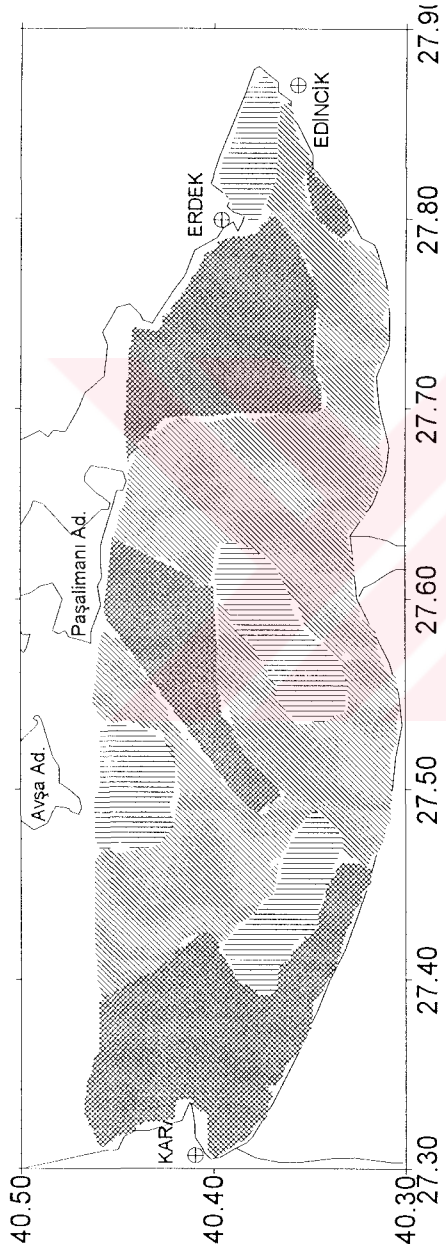
Kuzey Marmara' da kobalt konsantrasyonları 3 ppm ile 21 ppm (Çağatay ve diğ., 1996), Marmara genelinde 13 ppm ile 33 ppm arasında değişmektedir (Bodur ve Ergin, 1994) (Tablo 4.2).

### ***Krom(Cr)***

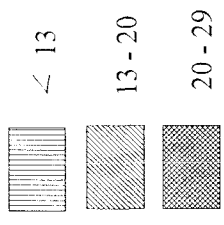
Yüzey sedimentlerinde krom konsantrasyonları 11 ppm ile 238 ppm arasında değişmektedir (Şekil 4.11 ). Ortalama değer 97 ppm' dir. En yüksek konsantrasyon körfezin güneydoğusunda, en düşük konsantrasyon doğu ucunda kumlu alanda tespit edilmiştir. Körfezin güneybatısında Karabiga ağzına yakın bölgede yüksek değerlerin nedeni, maden yataklarından akarsularla olan karasal kaynaklı girdilerdir. Güneydoğusundaki yüksek değerlerin nedeni ise karadaki Karakaya Karmaşığına ait mafik ve ultramafik kaya birimleridir (Şekil 1.9).

Cr konsantrasyonları ile kum, silt, kil ve çamur arasındaki korelasyonlarında korelasyon katsayıları sırasıyla (-) 0.71, (+) 0.54, (+) 0.59, (+) 0.71' dir (Tablo 4.1). Cr konsantrasyonları ile diğer metaller arasındaki korelasyonlarda en yüksek korelasyon Zn ( $r = 0.65$ ) ve Ni ( $r = 0.70$ )' de görülmüştür (Tablo 4.1). Krom ayrıca organik karbon ile kuvvetli pozitif ( $r = 0.74$ ) ve karbonat ile zayıf ( $r = -0.31$ ) bir korelasyon göstermektedir (Tablo 4.1 ). Bu sonuçlar kromun nikel gibi ince taneli (kil ve organik madde) malzemede konsantre olduğunu göstermektedir.

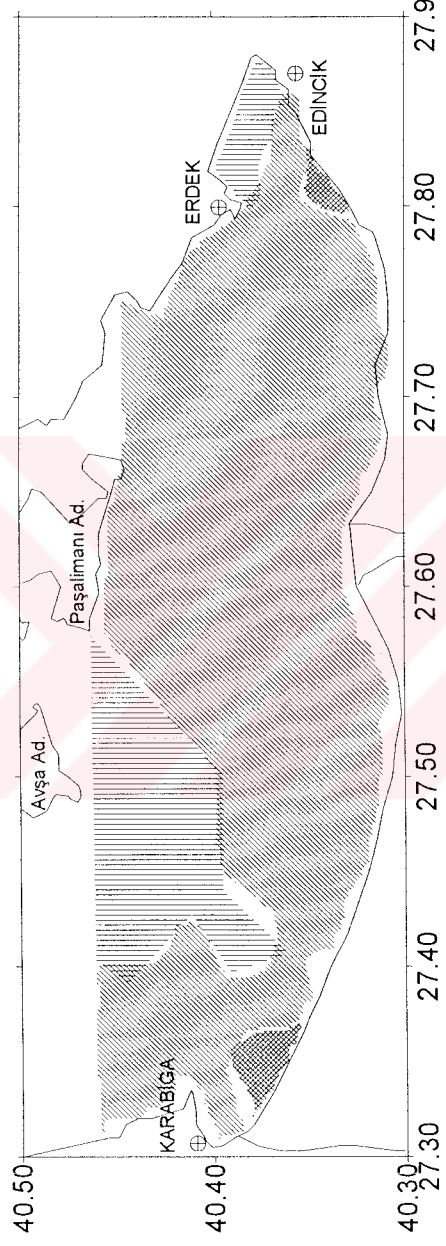




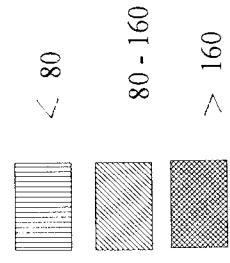
Şekil 4.10: Erdek Körfezi' nin yüzey sedimentlerinin toplam Co içeriğinin (ppm) dağılımı.







Şekil 4.1.1: Erdek Körfezi' nin yüzey sedimentlerinin toplam Cr içeriğinin (ppm) dağılımı.



Kuzey Marmara' da krom konsantrasyonları 36 ppm ile 195 ppm (Çağatay ve diğ., 1996), İstanbul Boğazı ve Marmara Denizi Boğaz çıkışında 11 ppm ile 654 ppm (İ.Ü DBİE, 1997) ve Marmara genelinde 89 ppm ile 186 ppm arasında değişmektedir (Bodur ve Ergin, 1994) (Tablo 4.2).

### **Civa(Hg)**

Yüzey sedimentlerinde civa konsantrasyonları 42 ppb ile 3097 ppb arasında değişmektedir (Şekil 4.12 ). Ortalama değer 500 ppb' dir. En yüksek konsantrasyon körfezin güneybatısında, en düşük değer Avşa Adası' nın güneyinde kumlu alanda tespit edilmiştir. Körfezin güneyinde kıyıya paralel bir şerit dışında civa konsantrasyonları çoğunlukla şeyl ortalamasının (300 ppb) altındadır. Körfezde tespit edilen yüksek civa değerlerinin nedeni Karabiga ve Gönen Çayları' nın karasal kaynaklı girdileri ve güneybatı sahili boyunca olan karasal aşınımlardır. Bu alanın gerisi incelendiğinde bölgede civa yataklarının bulunduğu görülmektedir (Şekil 1.2). Yüksek değerlerin kıydan açığa doğru ve kıyıya paralel olarak azalmasının en önemli nedeni taşınımlar sırasında civa miktarının düşük olduğu sediment malzemesi ile karışarak, yüksek konsantrasyonları seyreltmesidir (Calvin Giddings, 1973; Benoit ve diğ., 1994).

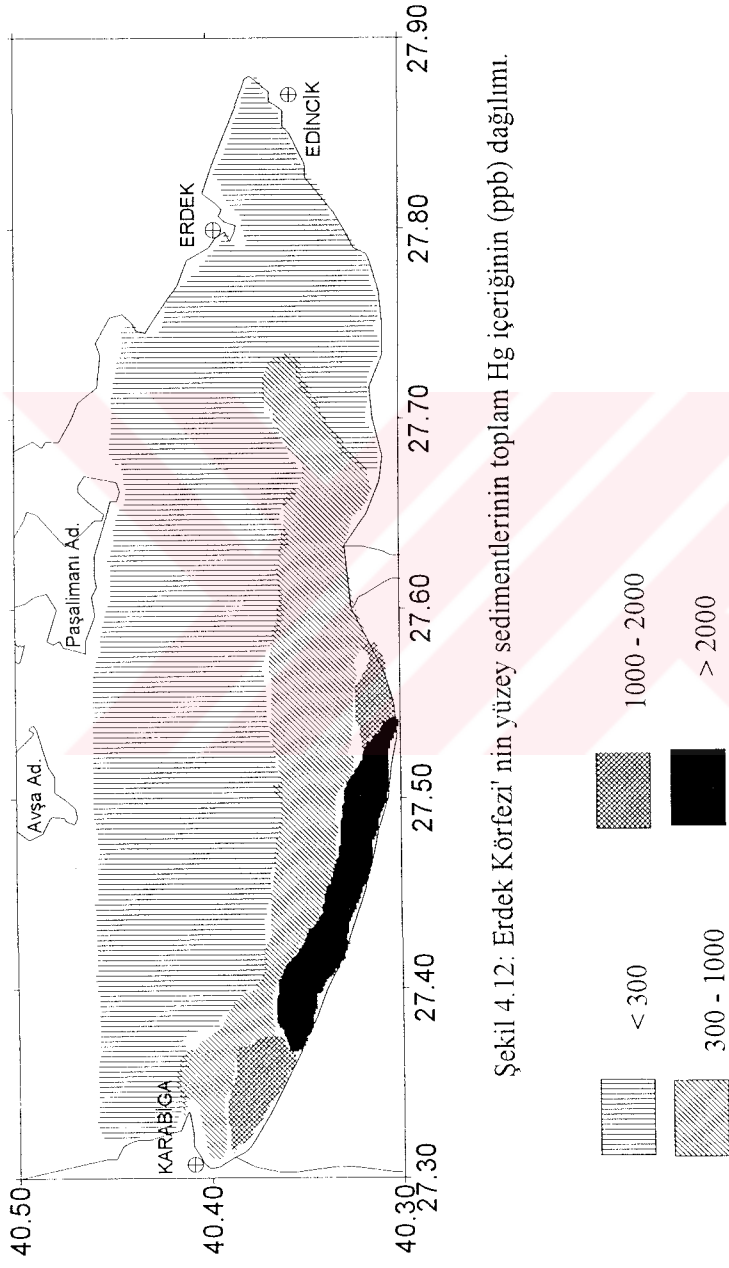
Hg konsantrasyonları ile kum, silt, kil ve çamur arasındaki korelasyonlarda korelasyon katsayıları sırasıyla (-) 0.20, (+) 0.26, (+) 0.11, (+) 0.20' dir (Tablo 4.1). Hg diğer metallerle, organik karbon ve karbonat ile zayıf korelasyonlar göstermektedir (Tablo 4.1).

Civanın sedimentin ince tane boyu fraksiyonlarında ve organik maddece zengin sedimentlerde birikme eğilimi göstermesine rağmen, bu çalışmada kil ve çamur fraksiyonları ve organik karbon ile yapılan korelasyonlarının düşük olmasının nedeni de taşınımlar sırasında civa konsantrasyonunun çok düşük olduğu sediment bileşenleri ile karışarak, yüksek konsantrasyonların seyreltilmesidir (Calvin Giddings, 1973; Benoit ve diğ., 1994).

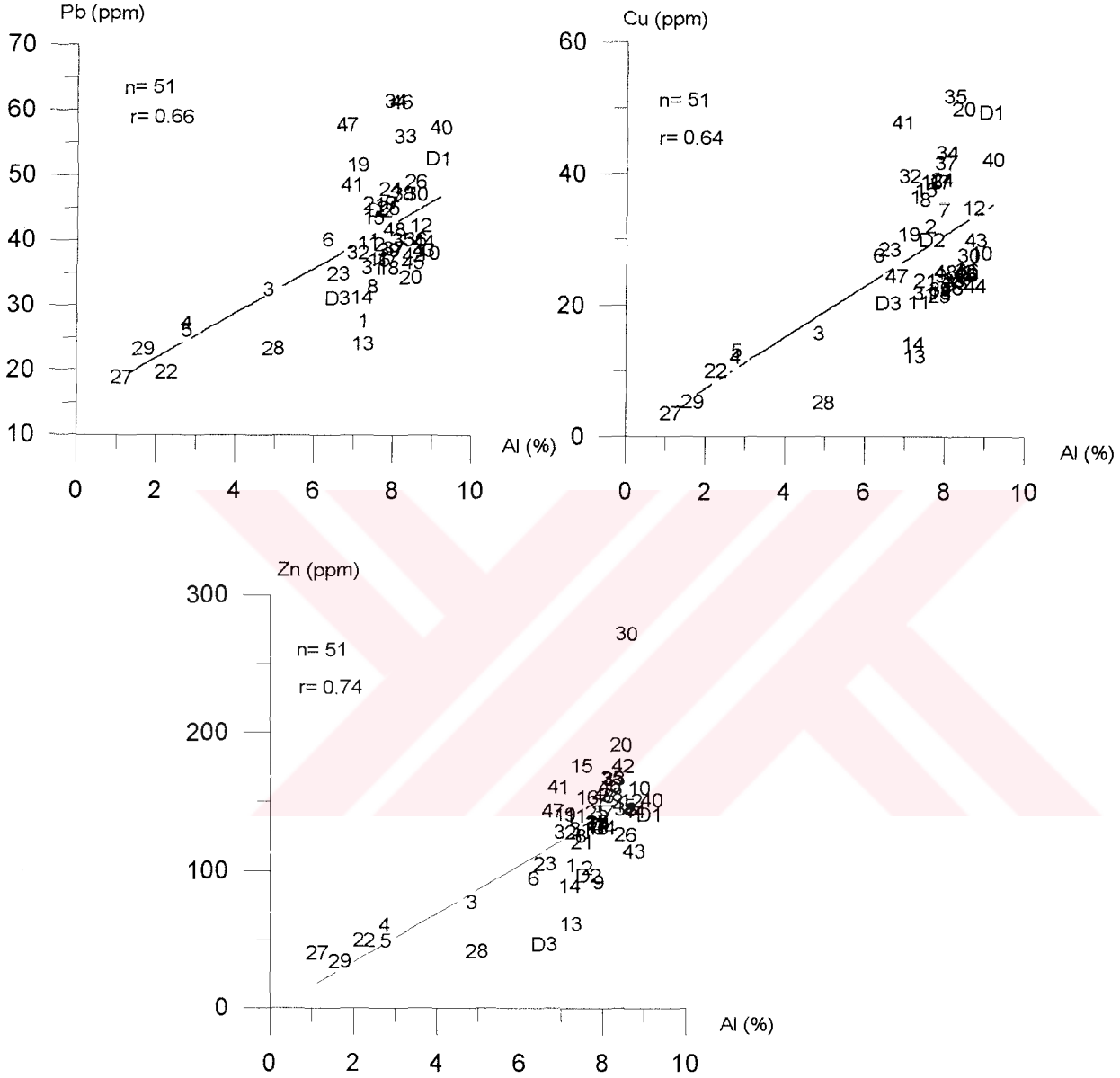
Civa oda sıcaklığında sıvı halde olan tek metaldir. Bu nedenle elektrikli saatlerde, kontrol devrelerinde, elektrolarda, termometre ve barometrelerde ayrıca tarım ilaçlarında (pestisidler) kullanılmaktadır. Sedimentlerde organik madde ve killerde inter-moleküler bağlarla tutulan inorganik civa, mikroorganizmaların etkisi altında metilizasyona uğrar. Dimetil-civa ( $\text{CH}_3\text{-Hg-CH}_3$ ) ve metil-civa ( $\text{CH}_3\text{-Hg}^+$ ) olarak organik formlara dönüşür. Civanın bu organik formları sediment yüzeyinden su

kolonuna kaçar. Burada canlı organizmalar tarafından kullanılarak besin zincirine girer. Özellikle metil-civa çok zehirlidir. Japonya' da Minimata Körfezinde Hg zehirlenmesinden sonra yapılan incelemelerde Hg konsantrasyonunun 5000-20000 ppb (5-20 ppm) arasında olduğu tespit edilmiştir (Calvin ve Giddings, 1973). Civa çeşitli yollarla ekolojik ortamlara giren metaller arasında toksisitesi en yüksek olan, kuvvetli kalkofil bir elementtir. Onun toksik özelliği girdiği ortamda kalıcı olmasından kaynaklanmaktadır. Civa, cevherde HgS (Zinabar) olarak, inorganik formda bulunur. Denizel ortama HgS' lü bileşikler halinde giren civa, taşınım sırasında sedimentte inorganik formundan organik formuna dönüşür. Bir formdan diğer bir forma olan dönüşümler daha çok su kolonunda gerçekleşir. Bu dönüşümlerde etkili olan faktörler metalin çözünebilirliği, hareketliliği, buharlaşabilme ve biyolojik olarak kullanıma hazır olabilme özelliğidir. Civanın toksisitesi kimyasal formlarına bağlıdır. Organik formları (metil-civa, dimetil-civa) inorganik formlarından daha toksiktir. HgS oksik koşullar altında (yüzey sedimentlerinde) çözülmüş (+2) değerlikli civa, elementel civa ve metil- civaya dönüşebilir. HgS' ün toksisitesi ise çok düşük olan çözünürlülüğüyle sınırlandırılmıştır (Klaassen ve diğ., 1986; D'Itri, 1990; Morel & Hering, 1993; Benoit ve diğ., 1994; Meyer & Evans, 1994).

Kuzey Marmara' da civa konsantrasyonları 48 ppb ile 361 ppb (Çağatay ve diğ., 1996), İstanbul Boğazı ve Marmara Denizi Boğaz çıkışında 84 ppb ile 664 ppb arasında değişmektedir (İ.Ü DBİE, 1997) (Tablo 4.2). Buna göre Erdek Körfezi' nin kıyı yakını sedimentteki civa miktarları Marmara Denizi genelinden daha yüksektir.



Şekil 4.12: Erdek Körfezi' nin yüzey sedimentlerinin toplam Hg içeriğinin (ppb) dağılımı.



Şekil 4.13: Erdek Körfezi' nin yüzey sedimentlerinin toplam Pb, Cu ve Zn içeriklerinin (ppm) toplam Al ile normalizasyonu.

### 4.1.3. Tartışma

Bu çalışmada körfezde yüzey sedimentlerinin toplam karbonat içeriği % 47.2 ile % 56.1 arasında değişmektedir. Körfezin güneyinde karbonat miktarı en düşük düzeydedir. Karaya yakın olan kesimden alınan bu örneklerin toplam karbonat içeriği % 1.4 ile % 3 arasında değişmektedir. (Şekil 4.1). Karbonat miktarının en yüksek olduğu örnekler mikroskop altında incelendiğinde karbonatın kaynağının daha çok gastropod ve bivalvden oluşan biyojen kökenli malzeme olduğu tespit edilmiştir.

Yüzey sedimentlerinin toplam organik karbon içeriği ise % 0.2 ile % 1.5 arasında değişmektedir. Ortalama değer % 0.9' dur. En yüksek değer Gönen Çayı ağzında, en düşük değer körfezin kuzeybatısında tespit edilmiştir (Şekil 4.2). Körfezin doğu ucunda ve Avşa Adası' nın güneyinde organik karbon içeriği % 0.19 ile % 0.85 arasında değişmektedir. Bu bölgelerde karbonat miktarı maksimumdur ve kum fasiyesi hakim durumdadır. Körfezin güneybatısında, orta kesiminde ve batısında organik karbon içeriği % 0.85 ile % 0.97 arasında değişmektedir. Körfezin doğusunda güney kıyılarına paralel bir zon boyunca, ve kuzeydoğuda karaya yakın alanlarda ve Karabiga ağzına yakın alanda ise organik karbon içeriği % 1.0 ile % 1.5 arasında değişmektedir. Bu dağılım ve özellikle kıyı önündeki yüksek değerler karasal kökenli organik madde kaynaklarına işaret etmektedir.

Yüzey sedimentlerinde Pb, Cu, Zn, Ni, Co, Cr ve Hg metallerinde şeyl ortalamasının (Krauskopf, 1979) üzerinde değerler tespit edilmiştir. Körfezin güneybatısındaki yüksek metal konsantrasyonlarının kaynağı körfeze dökülen Karabiga ve Gönen Çayları' nın getirdiği karasal (doğal ve antropojenik ) girdilerdir. Her iki akarsuyun havzası maden yataklarının (Pb, Cu, Zn, Hg), deri tabakhanelerinin (Cr), tarım ve gıda sanayinin etkisi altındadır (Şekil 1.2). Ayrıca Gönen ve Biga ilçelerinin evsel atıkları da bu akarsulara deşarj edilmektedir. Körfezin güneydoğusundaki Cu, Co, Ni ve Cr gibi metallerin yüksek değerlerinin nedeni ise karadaki Karakaya Karmaşığına ait mafik ve ultramafik kaya birimleridir. (Şekil 1.9). Erdek Körfezi' nde civanın şeyl ortalamasının üzerinde olan örneklerde Hg değerleri 700-3000 ppb (0.7-3 ppm) arasındadır. Civa konsantrasyonlarının şeyl ortalamasının (300 ppb; Krauskopf, 1979) üzerinde olduğu bölge Gönen ve Karabiga Çaylarının drenaj alanlarının etkisindedir. Analiz sonuçları her iki akarsu ile olan taşınımlar ve güneybatı sahilinden olan karasal

aşırımlar sebebiyle körfezde karadaki civa cevherleşmesinden kaynaklanan bir kirlenme olduğuna işaret etmektedir. Erdek Körfezi' nde demersal balıklar üzerinde yapılan analizlerde civa, deniz ürünlerinde kabul edilebilir limitlerin (0.3-1 ppm) üzerinde tespit edilmiştir (Yıldızdağ, 1992).

Filipinlerin Honda Körfezi' nde buna benzer bir çalışma yapılarak, maden yataklarından kaynaklanan HgS (Zinobar ) dağılımları incelenmiştir. Benoit ve diğ. (1994) tarafından yapılan bu çalışmada kaynak alanından uzaklaşıkça (açığa doğru) Hg konsantrasyonunda azalma tespit edilmiştir.

Toplam metal değerleri ile karbonat miktarı arasında yapılan korelasyonlarda sedimentteki metal miktarı ile karbonat miktarı arasında negatif bir ilişki görülmüştür (Tablo 4.1). Güncel sedimentlerin toplam karbonat miktarını, daha çok aragonit, kalsit ve yüksek magnezyum kalsit minerallerinin oluşturduğu kavkı ve çimento malzemesinin miktarı saptar. Bu mineraller kristal yapılarına Ca, Mg ve az miktarda Sr ve Ba dışında diğer metalleri almadığı için sedimentin ağır metal içeriğini seyreltici rol oynar. Bu çalışmada karbonat miktarının seyreltici etkisi körfezin doğu ucunda kumlu alanda, Avşa Adası' nın güneyinde açık bir şekilde görülmektedir.

Toplam metal değerleri ile organik karbon miktarı arasında yapılan korelasyonlarda sedimentteki metal miktarı ile organik karbon arasında pozitif bir ilişki görülmüştür (Tablo 4.1). Ölçümü organik karbon ile temsil edilen organik madde, organizmaların kavkı ve iskeletimsi kısımları dışındaki organik moleküllerden oluşur. Organik madde sedimentte diyajenez olaylarını kontrol ettiği gibi metalleri soğurma ve organo-metalik bağ oluşturma özelliğine sahiptir. Bunun sonucu olarak da organik madde bir çok ağır metali derişikleştirerek, sedimentteki miktarlarını yükseltmektedir (Krauskopf, 1979; Förstner, 1989).





Tablo 4.2: Marmara Denizi'nde yüzey sedimentlerinde yapılmış olan jeokimyasal çalışmalarla bu çalışmanın karşılaştırılması.

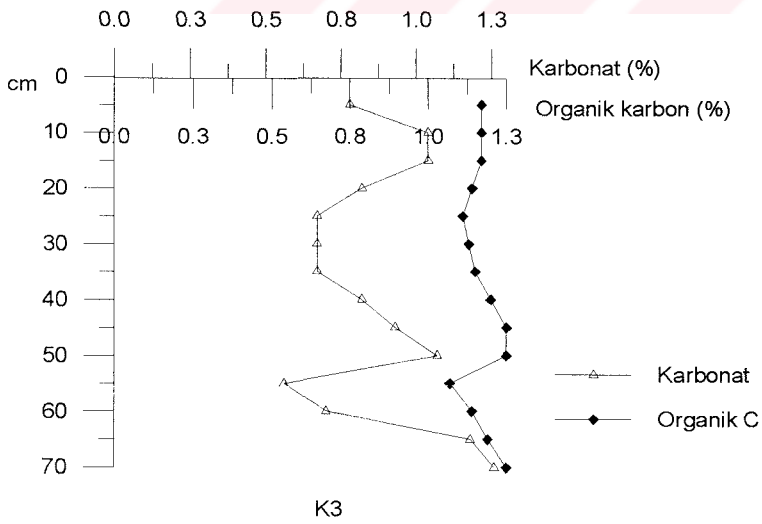
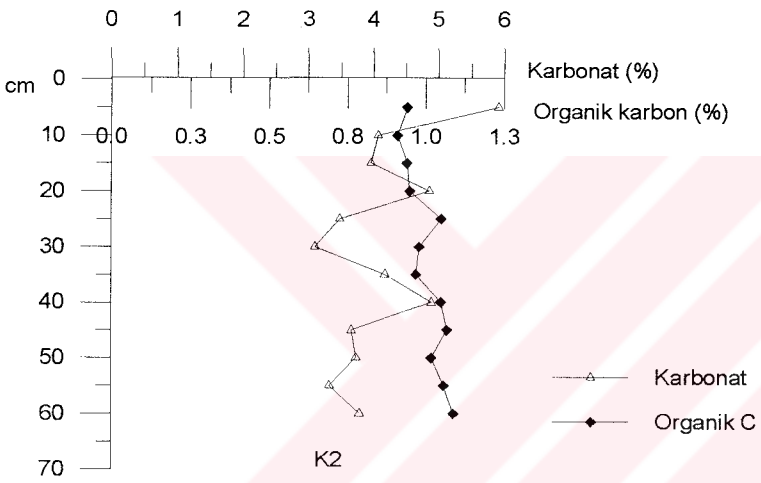
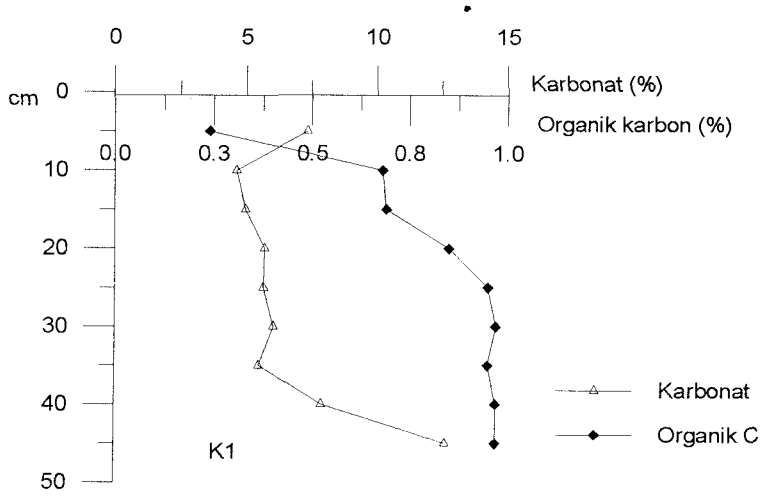
Element	Bu çalışmada min- max	Bu çalışmada ortalama ve standart sapma	Kuzey Marmara (Çağ. ve diğ., 1996) min - max	İÜ DBİE İSKİ (1997) min - max	Bodur ve Ergin (1994) min - max
Pb (ppm)	19 - 61	40 ± 10	11 - 35	17 - 68	31 - 106
Cu (ppm)	3 - 52	28 ± 12	7 - 44	5 - 80	14 - 104
Zn (ppm)	34 - 272	125 ± 45	38 - 131	35 - 237	50 - 169
Fe(%)	0.8 - 4.6	3.0 ± 1.0	1.7 - 4.5	0.6 - 5.3	1.7 - 5.1
Mn (ppm)	168 - 746	384 ± 131	101 - 616	41 - 540	307 - 2059
Ni (ppm)	8 - 149	52 ± 22	27 - 116	1 - 60	42 - 173
Co (ppm)	6 - 29	18 ± 5	3 - 21		13 - 33
Cr (ppm)	11 - 238	95 ± 42	36 - 195	11 - 654	89 - 186
Al (%)	1.1 - 9.2	7.2 ± 0.9	2.4 - 7.6	0.8 - 8.8	
Hg (ppb)	42 - 3097	500 ± 727	48 - 361	84 - 664	
CaCO <sub>3</sub> (%)	1.4 - 72	13 ± 17.98	8 - 55	3.8 - 64	2 - 90
Corg (%)	0.2 - 1.5	0.93 ± 0.35	0.5 - 2.5	0.2 - 2.6	0.37 - 2.2

## 4.2. Kor Sedimentlerinin Jeokimyası

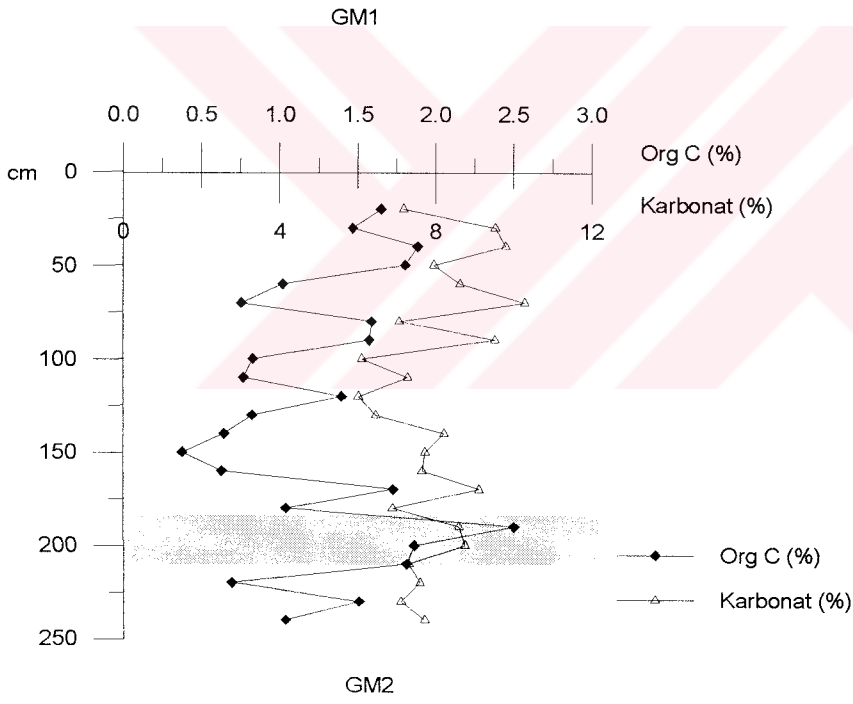
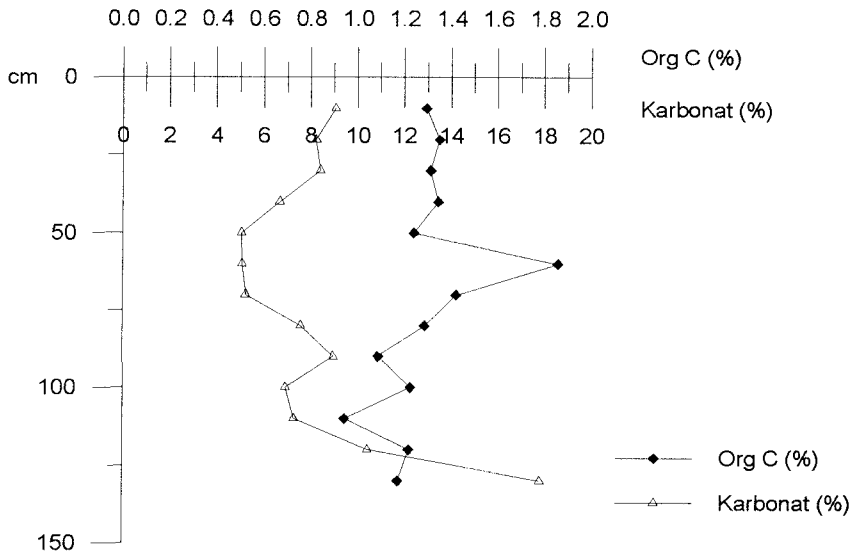
### 4.2.1. Kor Sedimentlerinde Toplam Karbonat ve Organik Karbon Dağılımları

Erdek Körfezi'nde 5 ayrı kordan alınan 71 örnekte karbonat dağılımı incelenmiştir. K1 nolu korda toplam karbonat içeriği % 4.6 ile % 12.6 arasında değişmektedir (Şekil 4.14 ). Ortalama değer % 6.7' dir. En yüksek değer 10 cm' lik kısımda, en düşük değer 45 cm de tespit edilmiştir. Karbonat miktarı ile organik karbon miktarı karşılaştırıldığında yüzeyde negatif bir ilişki, derine doğru indikçe ise ikisinin de arttığı görülmüştür. 10 cm ile 35cm arasındaki kesimde karbonat değişimi minimumdur (% 4.94- 5.46). K2 nolu korda toplam karbonat içeriği % 3.1 ile % 5.9 arasında değişmektedir (Şekil 4.14 ). Ortalama değer % 4.1' dir. En yüksek değer 5 cm' de, en düşük değer 30 cm' de tespit edilmiştir. Kor boyunca tespit edilen ani karbonat değişimleri mevcut kavkı kırıntılarında kaynaklanmaktadır. K3 nolu korda toplam karbonat içeriği çok düşük olup, % 0.6 ile % 1.3 arasında değişmektedir (Şekil 4.14 ). Ortalama değer % 0.9' dur. Korun tamamının karbonat içeriği düşük seviyededir. GM1 nolu korda toplam karbonat içeriği % 5.0 ile % 17.8 arasında değişmektedir (Şekil 4.15 ). Ortalama değer % 8.2' dir. En yüksek değer 130 cm' de, en düşük değer 40 cm' de tespit edilmiştir. Karbonat miktarının minimum düzeyde olduğu 45-55cm'lik kesimde organik karbon miktarı aniden artmış ve maksimuma ulaşmıştır. Kor boyunca iki parametre arasında negatif bir korelasyon izlenmektedir. GM2 nolu korda toplam karbonat içeriği % 6.0 ile % 10.3 arasında değişmektedir (Şekil 4.15 ). Ortalama değer % 7.9' dur. En yüksek değer 70 cm' de, en düşük değer 120 cm' de tespit edilmiştir. Karbonat değişimi ile organik karbon arasında 0.25 değerinde pozitif bir korelasyon görülmüştür.

K1 nolu korda toplam organik karbon içeriği % 0.2 ile % 1 arasında değişmektedir (Şekil 4.14 ). Ortalama değer % 0.8' dir. En yüksek değer ilk 5 cm' lik kesimde tespit edilmiştir. 30 cm' den itibaren ise kor boyunca organik karbon değişiminin çok az bir düzeyde olduğu görülmektedir. 10 cm' lik kesimde sedimentin organik karbon içeriği



Şekil 4.14: K1, K2 ve K3 nolu kordlarda toplam karbon ve organik karbon içeriğinin kor boyunca dağılımı.



Şekil 4.15: GM1 ve GM2 no' lu korlarda toplam karbonat ve organik karbon içeriğinin kor boyunca dağılımı.

karbonat içeriği ile negatif ilişki göstermektedir. Organik karbon miktarı aniden yükselirken, karbonat miktarı düşmüştür. 10 cm' nin altında ise kor boyunca iki değer arasında minimum düzeyde pozitif bir korelasyon tespit edilmiştir. K2 nolu korda toplam organik karbon değişimi % 0.9 ile % 1.1 arasında dar bir aralıkta değişmektedir (Şekil 4.14 ). Ortalama değer % 1' dir. En yüksek değer ilk 10 cm' de, en düşük değer 45 cm' de tespit edilmiştir. K3 nolu korda toplam organik karbon içeriği % 1.1 ile % 1.3 arasında dar bir aralıkta değişmektedir (Şekil 4.14 ). Ortalama değer % 1.2' dir. En yüksek değere 45, 50 ve 70 cm' de ulaşırken, 55 cm' de bir düşüş göstermiştir. Organik karbon miktarı ile karbonat miktarı arasında pozitif bir korelasyon tespit edilmiştir.

GM1 nolu korda toplam organik karbon içeriği % 0.9 ile % 1.9 arasında değişmektedir (Şekil 4.15 ). Ortalama değer % 1.3' tür. En yüksek değer 50 cm' de tespit edilmiştir. Bu derinlikte karbonat miktarı minimum düzeydedir. En düşük değer 110 cm' de tespit edilmiştir. Bu derinlikten itibaren karbonat miktarında bir artış görülmüştür. GM2 nolu korda toplam organik karbon içeriği % 0.4 ile % 2.5 arasında değişmektedir (Şekil 4.15 ). Ortalama değer % 1.3' tür. En yüksek değer 170-180 cm' de tespit edilmiştir. Bu derinlik zamanımızdan  $3650 \pm 175$  yıl önce çökelmiş organik maddece zengin sapropelik tabakayı göstermektedir. Bu seviye Gemlik Körfezi' nde tespit edilen sapropelik seviyenin eşdeğeridir (Çağatay ve diğ., yayında ).

Bu çalışma Marmara Denizi' nin güney şelfinde yapılan çalışmalar ile karşılaştırıldığında değerler arasında bir uygunluk görülmektedir. Güney Marmara' dan alınan 5 adet kora ait sediment örneklerinin toplam organik karbon içeriği ise % 0.2 ile % 3.7 arasında değişmektedir. Bu kordarda organik maddece zengin sapropelik tabaka tespit edilmiştir (Çağatay ve diğ., yayında). Gemlik Körfezi' nden alınan 3 adet kora ait sediment örneklerinde ise organik karbon değişimi % 0.2 ile % 2.1 arasındadır. Bu bölgede 1.75-2.15 m seviyede 35 cm kalınlığında zamanımızdan yaklaşık 3400-4700 yıl önce çökelmiş sapropelik tabaka görülmüştür (Çağatay ve diğ., yayında).

#### **4.2.2. Kor Sedimentlerinde Toplam Metal Dağılımı**

##### ***Demir ve Mangany***

K1 nolu korda Fe ve Mn konsantrasyonlarının kor derinliği ile değişimi Şekil 4.16' de gösterilmiştir. Fe' in değişim aralığı % 3.6-4.9, ortalama değer % 4.3' tür. Mn' nin değişim aralığı 481-684 ppm, ortalama değer 544 ppm' dir. Fe değerleri 10-15 cm'

ler dışında, Mn değerleri ise kor boyunca şeyl ortalaması olan % 4.7 ve 850 ppm' in altındadır (Krauskopf, 1979). Fe ve Mn deniz tabanına doğru artan bir trend sergilemektedirler. Bu sonuçlar sediment kolonu boyunca oksik zonun deniz tabanına yakın olduğuna işaret etmektedir. Demir konsantrasyonlarının 10-15 cm seviyesinde artması ve 30 cm seviyesinde azalması sediment kolonu boyunca ortamın redoks koşulları ile ilişkilidir. Sülfat indirgeme zonunda demir indirgenerek çözünür hale geçer ve üstteki oksik zona doğru hareket ederek, bu zonda oksihidroksitleri halinde çöker. Fe/Al ve Mn/Al oranlarının değişimleri Şekil 4.16' da gösterilmiştir. Bu oranlar da toplam Fe ve Mn profillerine benzer yukarı doğru artan özellik gösterirler.

K2 nolu korda Fe ve Mn konsantrasyonlarının kor derinliği ile değişimi Şekil 4.17' de gösterilmiştir. Fe' in değişim aralığı % 3.9-5.1, ortalama değer % 4.3' tür. Mn' nın değişim aralığı 407-485 ppm, ortalama değer 451 ppm' dir. Mn değerleri yukarı doğru artan bir trende sergilemektedir. Fe değerleri 25 ve 40 cm' ler dışında, Mn kor boyunca şeyl ortalaması olan % 4.7 ve 850 ppm' in altındadır (Krauskopf, 1979). Fe konsantrasyonlarının 25 ve 40 cm seviyesinde artması ve 30-35 cm seviyesinde azalması sediment kolonu boyunca ortamın redoks koşulları ile ilişkilidir. Kuvvetli indirgeyici koşulların hakim olduğu seviyelerde demir bileşikleri  $Fe^{2+}$  ' ye indirgenerek çözünür. ve oksid zona doğru difüze olur. 30-35 cm seviyesinde azalması sediment ortamında indirgen koşulların hakim olduğuna işaret etmektedir. Çözünür haldeki demir bileşikleri oksid zonda  $Fe^{3+}$  ' e yükseltgenir ve oksidleri halinde çöker. 25-40 cm seviyelerindeki artış da bu seviyede oksik koşulların hakim olduğuna işaret etmektedir.

Fe/Al ve Mn/Al oranlarının değişimleri Şekil 4.17' de gösterilmiştir. Bu oranlar toplam Fe ve Mn profillerine benzer bir özellik göstermektedir. Mn/Al oranı toplam Mn' da olduğu gibi yukarı doğru artan bir trend sergilemektedir.

K3 nolu korda Fe ve Mn konsantrasyonlarının kor derinliği ile değişimi Şekil 4.18' de gösterilmiştir. Fe' değişim aralığı % 3.8-4.8, ortalama değer % 4.2' dir. Mn' nın değişim aralığı 311-409 ppm, ortalama değer 356 ppm' dir. Fe değerleri 20-25 ve 70 cm' ler dışında, Mn değerleri kor boyunca şeyl ortalaması olan % 4.7 ve 850 ppm' in altındadır. Mn değerleri deniz tabanına doğru artan bir trend sergilerken Fe değerleri 20-25 cm' ler dışında yukarı doğru azalan bir trend göstermektedir (Krauskopf, 1979). Demir konsantrasyonlarının 20- 25 cm arasında ve 75 cm seviyelerinde artması ortamda oksik koşulların hakim olduğuna işaret etmektedir. Çünkü oksid zonda demir bileşikleri yükseltgenerek oksidleri halinde zenginleşir. Demirin 10 ve 40 cm

seviyelerinde azalması ise ortamda kuvvetli indirgeyici koşulların hakim olduğuna işaret etmektedir. İndirgeyici ortamlarda demir bileşikleri indirgenerek çözünür ve oksid zonlara doğru difüze olur. Fe/Al ve Mn/Al oranlarının değişimleri Şekil 4.18' de gösterilmiştir. Her ikisi de yukarı doğru artan bir trend göstermektedirler.

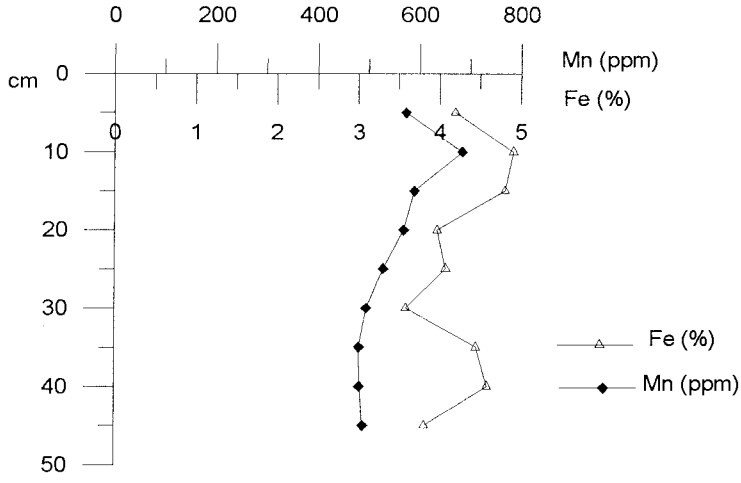
GM1 nolu korda Fe ve Mn konsantrasyonlarının kor derinliği ile değişimi Şekil 4.19' da gösterilmiştir. Fe' in değişim aralığı % 4.1-4.8, ortalama değer % 4.5' tur. 50-80 cm seviyeleri arasında düşer kısımlara göre yüksek değerler göstermektedir. Mn' nin değişim aralığı 412-645 ppm, ortalama değer 510 ppm' dir. En yüksek Mn değerleri 60-80 cm arasında bulunmaktadır. Yaklaşık 80 cm' den başlayarak Mn yukarı doğru azalan bir trend sergilemektedir. Bu sonuçlar sediment kolonunun 60-80 cm seviyesinde oksik koşullar hakim olduğuna işaret etmektedir. Çözünür haldeki mangan bileşikleri oksid zonda yükseltgenerek  $Mn^{3+}$  ve  $Mn^{4+}$  oksidleri olarak çökerek zenginleşir. Yaklaşık 80 cm ' den başlayarak azalması ise ortamın indirgeyici olduğuna işaret etmektedir. İndirgeyici koşullarda mangan bileşikleri  $Mn^{2+}$  ' ye indirgenerek çözünür ve oksid zonlara doğru difüze olur. Bu sonuçlar daha derinlerde olası bir sapropel tabakanın varlığına işaret etmektedir. Fe değerleri kor boyunca genelde şeyl ortalaması olan % 4.7 civarındadır. Mn değerleri ise şeyl ortalaması olan 850 ppm' in altındadır (Krauskopf, 1979). Fe/Al ve Mn/Al oranlarının değişimleri Şekil 4.19' da gösterilmiştir. Her iki oran da yukarı doğru azalan bir trend göstermektedir.

GM2 nolu korda Fe ve Mn konsantrasyonlarının kor derinliği ile değişimi Şekil 4.20' de gösterilmiştir. Fe' in değişim aralığı % 4.4-5.1, ortalama değer % 4.8' dir. Mn' nin değişim aralığı 392-693 ppm, ortalama değer 495 ppm' dir. Mn sapropel tabaka üzerinde iki pik ile belirgin bir zenginleşme göstermektedir. Bu da manganın indirgeyici koşullardaki sapropel seviyede indirgenerek, çözüldüğünü ve üstteki oksik zona doğru hareket ederek burada oksihidroksitleri halinde çökmesi ile açıklanmaktadır. Birinci pik su kolonundan gelen mangana, ikinci pik ise sapropel tabakada çözünerek mobil hale geçen mangana işaret etmektedir (Higgs et all, 1994; Thompson ve diğ., 1995). Ayrıca 110 cm seviyede manganın en yüksek konsantrasyonlarda tespit edilmesi sapropel tabakanın okside olduğunu ve orjinal kalınlığının yaklaşık 1 m civarında olduğunu göstermektedir. Fe değerleri 30-50-70-90-110-130 ve 210 cm' lerde şeyl ortalaması olan % 4.7' nin üzerindedir. Mn değerleri ise kor boyunca şeyl ortalaması olan 850 ppm' in altındadır (Krauskopf, 1979). Fe/Al ve

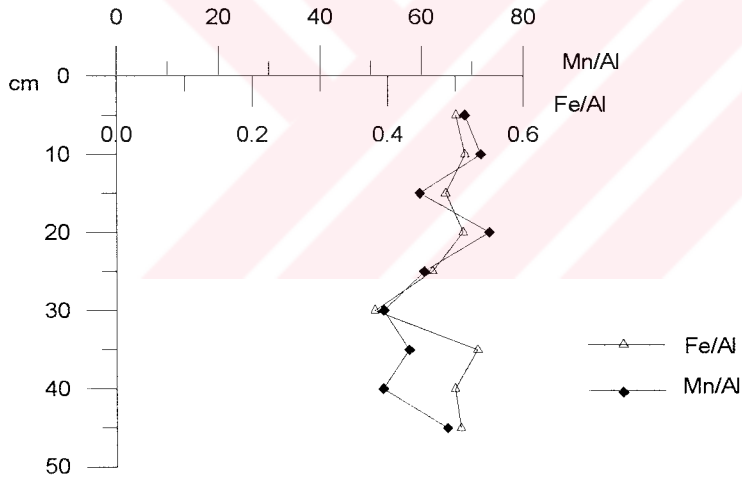
Mn/Al oranlarının değişimleri Şekil 4.20' de gösterilmiştir. Bu oranlar toplam Fe ve Mn profillerine benzer bir özellik göstermektedir.





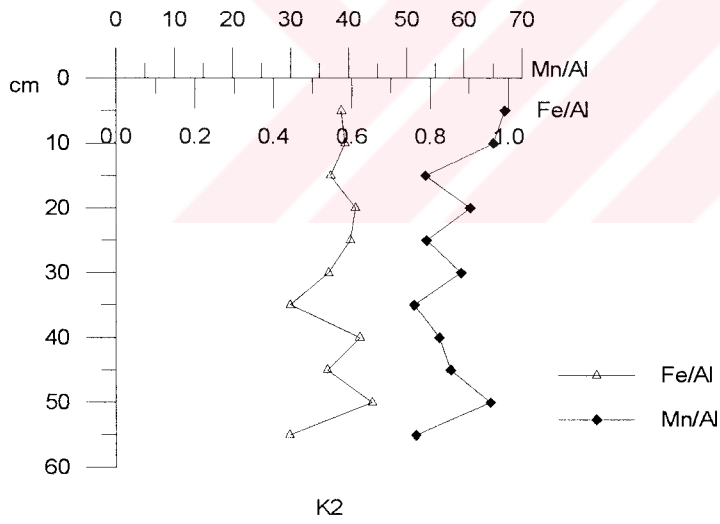
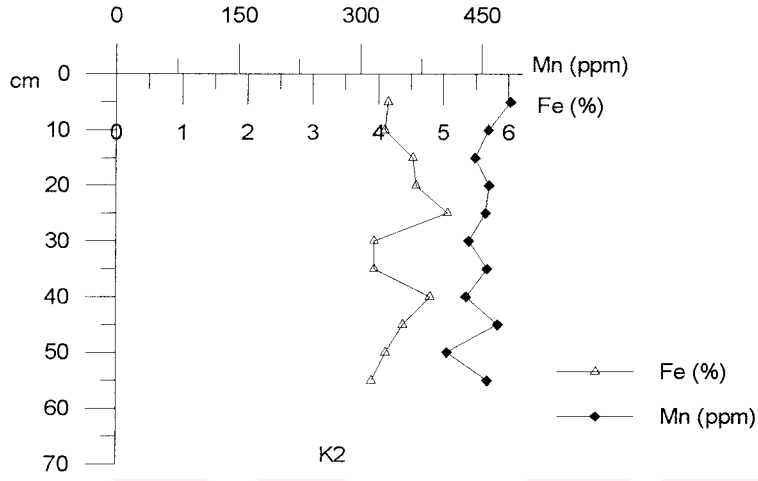


K1

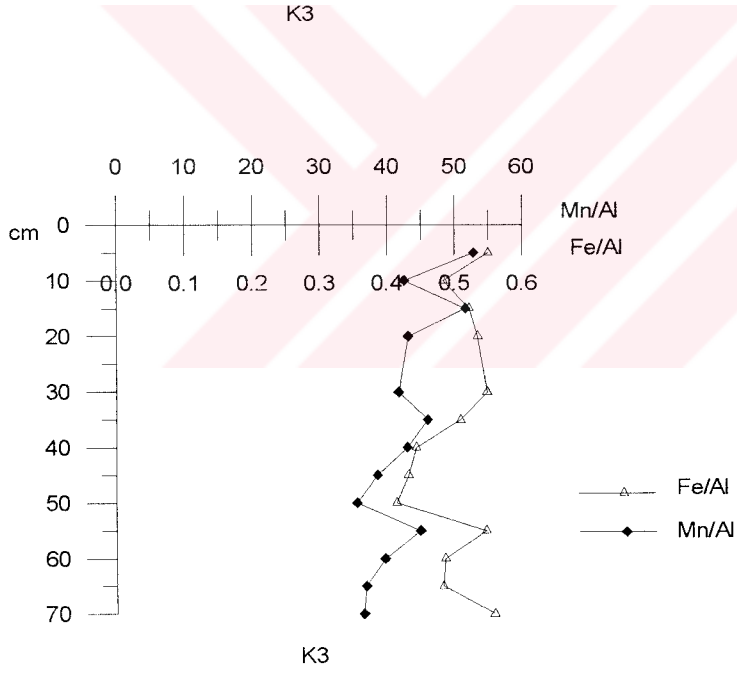
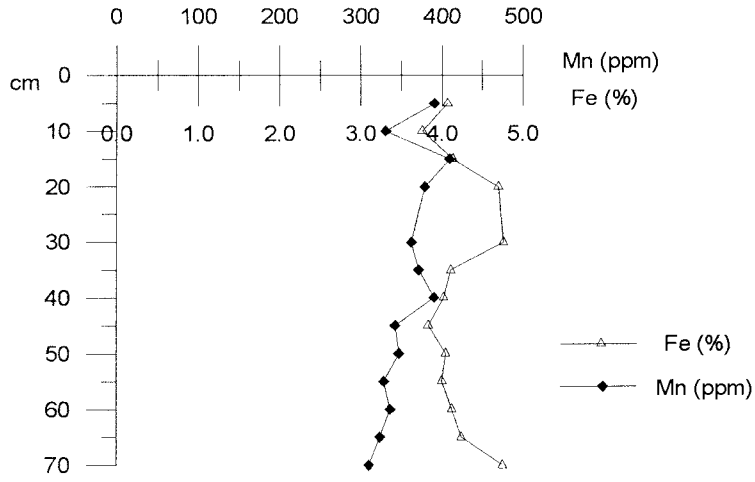


K1

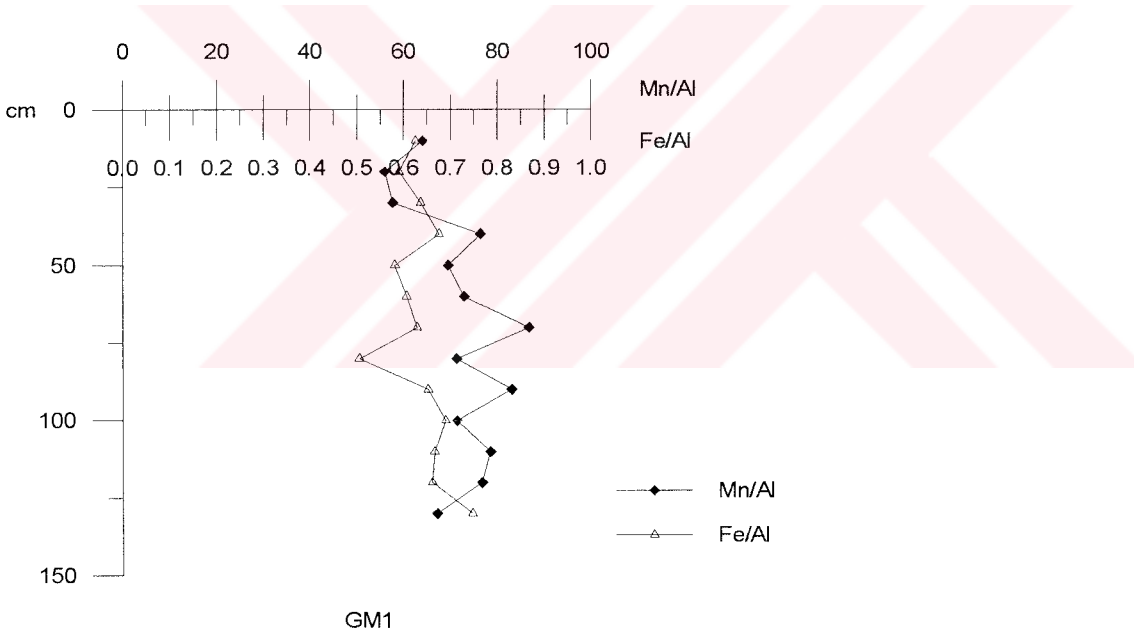
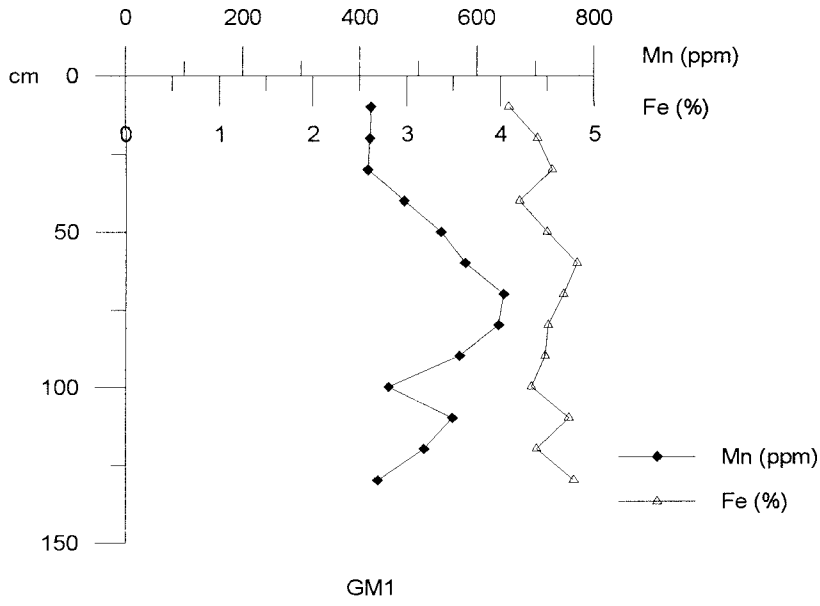
Şekil 4.16: K1 no' lu korda Fe (%) ve Mn (ppm) içeriğinin kor boyunca dağılımı ve Al ile normalizasyonları.



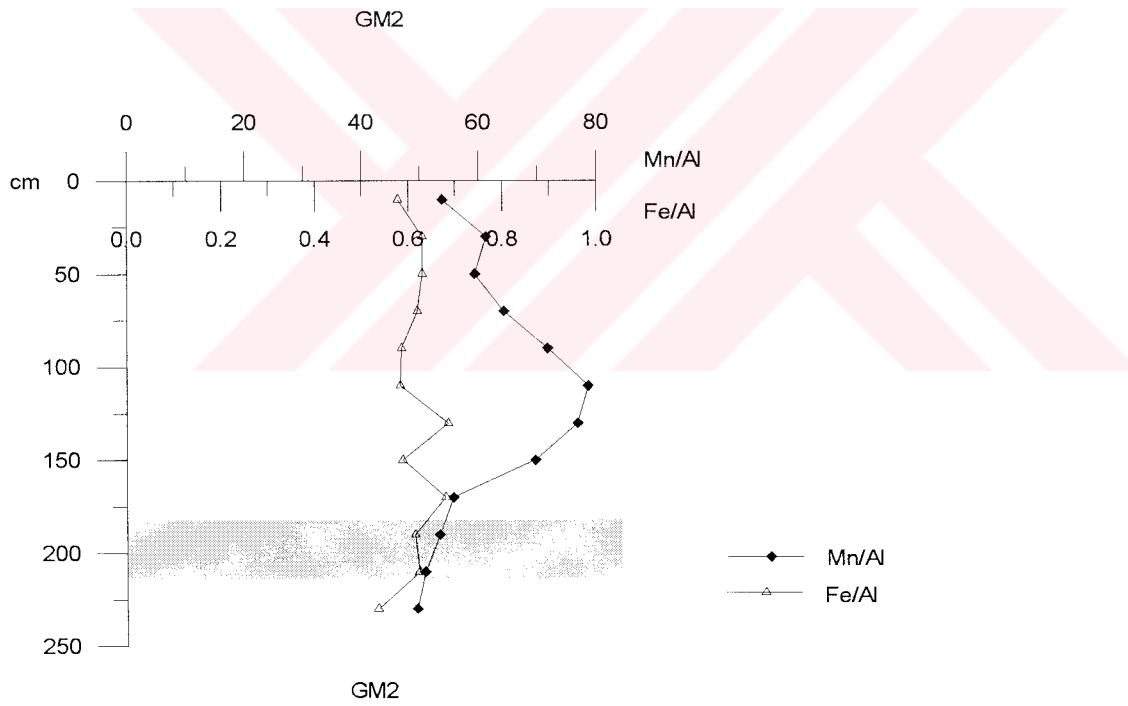
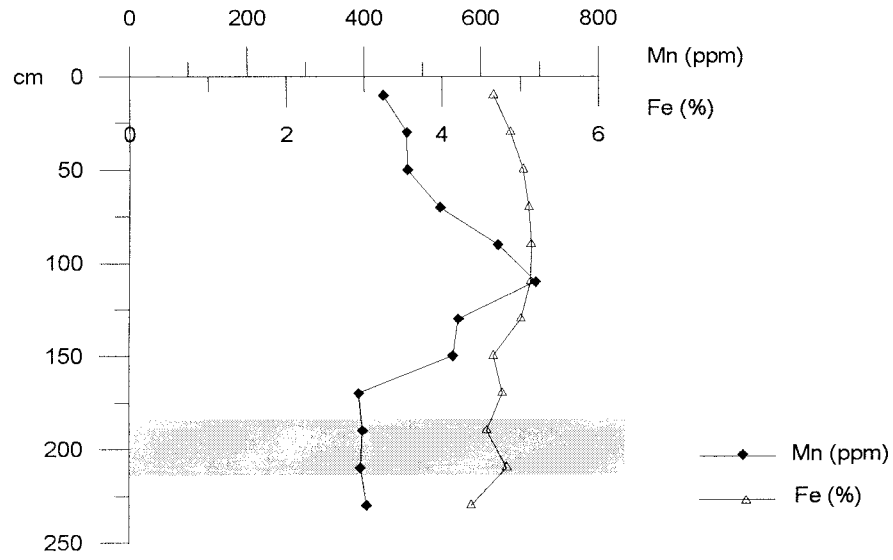
Şekil 4.17: K2 no' lu korda Fe (%) ve Mn (ppm) içeriğinin kor boyunca dağılımı ve Al ile normalizasyonu.



Şekil 4.18: K3 no' lu korda Fe (%) ve Mn (ppm) içeriğinin kor boyunca dağılımı ve Al ile normalizasyonları.



Şekil 4.19: GM1 no' lu korda Fe (%) ve Mn (ppm) içeriğinin kor boyunca dağılımı ve Al ile normalizasyonları.



Şekil 4.20: GM2 no' lu korda Fe (%) ve Mn (ppm) içeriğinin kor boyunca dağılımı ve Al ile normalizasyonları.

### ***Kurşun, Bakır ve Çinko***

K1 nolu korda Pb, Cu, Zn konsantrasyonlarının kor derinliği ile değişimi Şekil 4.21' de gösterilmiştir. Pb' nun değişim aralığı 49-57 ppm, ortalama değer 51 ppm' dir. Cu' ın değişim aralığı 35-45 ppm, ortalama değer 39 ppm' dir. Zn' nun değişim aralığı 94-160 ppm, ortalama değer 118 ppm' dir. Pb ve Zn değerleri şeyl ortalaması olan 20 ve 90 ppm' in üzerindedir. Cu değerleri şeyl ortalaması olan 50 ppm' in altındadır (Krauskopf, 1979).

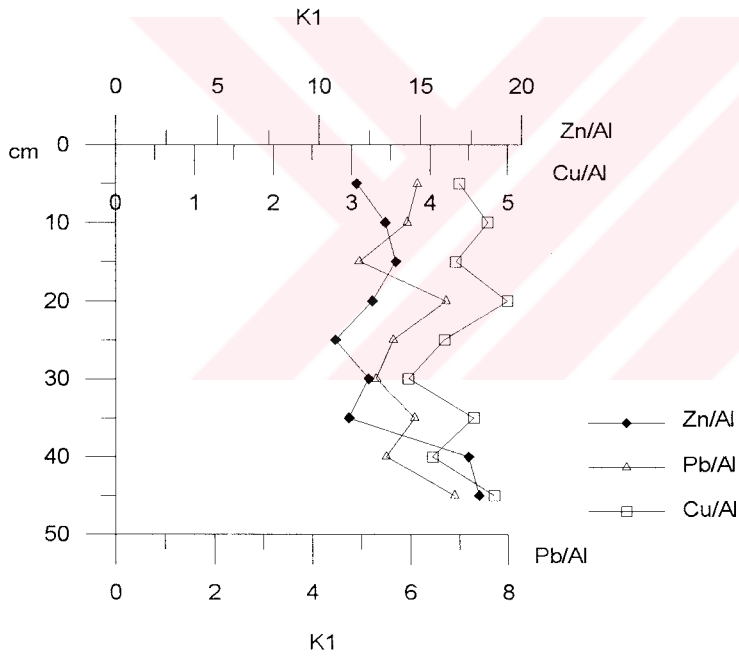
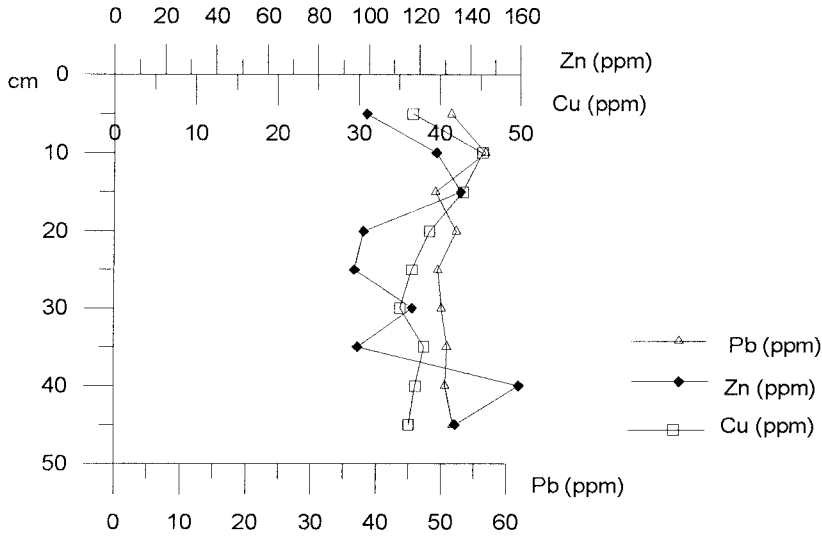
Pb/Al, Cu/Al ve Zn/Al oranlarının değişimleri Şekil 4.21' de gösterilmiştir. Pb ve Cu oranları 20 cm seviye dışında, Zn oranları sediment kolonu boyunca yukarı doğru azalan bir trend sergilemektedir.

K2 nolu korda Pb, Cu ve Zn konsantrasyonlarının kor derinliği ile değişimi Şekil 4.22' de gösterilmiştir. Pb' nun değişim aralığı 44-51 ppm, ortalama değer 47 ppm' dir. Cu ' ın değişim aralığı 34-39 ppm, ortalama değer 36 ppm' dir. Zn' nun değişim aralığı 92-163 ppm, ortalama değer 110 ppm' dir. Pb ve Zn değerleri şeyl ortalaması olan 20 ve 90 ppm' in üzerindedir. Cu değerleri şeyl ortalaması olan 50 ppm' in altındadır (Krauskopf, 1979).

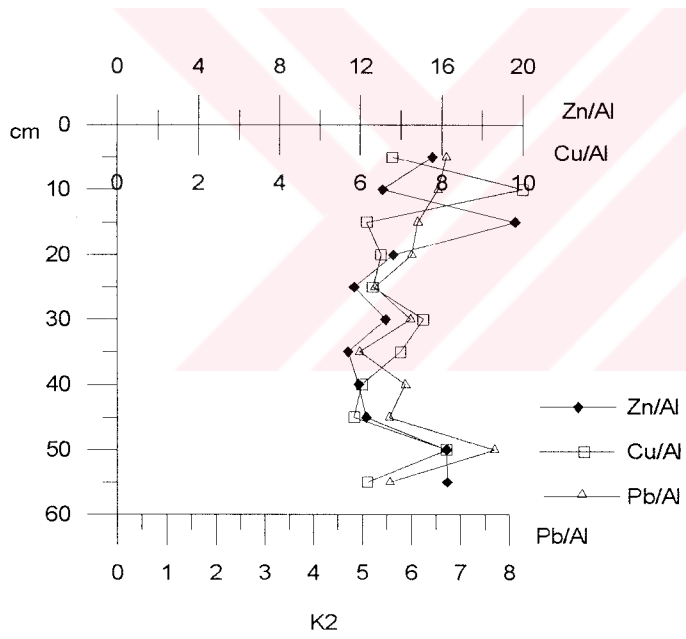
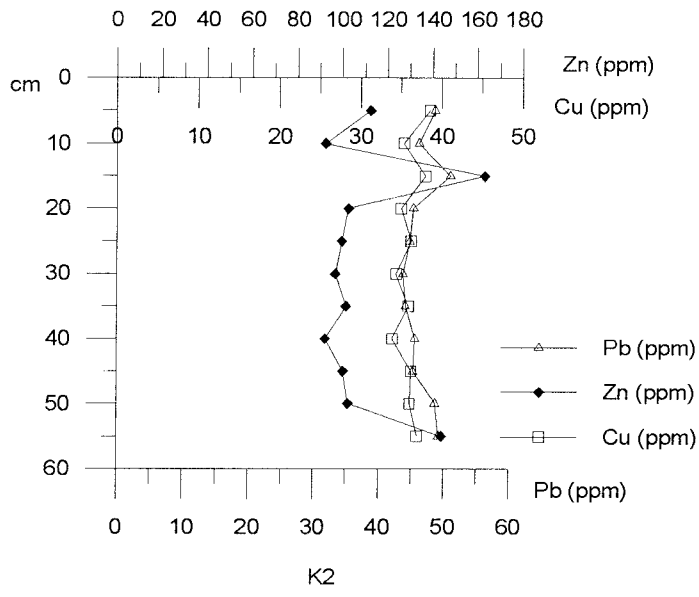
Pb/Al, Cu/Al ve Zn/Al oranlarının değişimleri Şekil 4.22' de gösterilmiştir. Bu oranlar da sediment kolonu boyunca artış ve azalış görülmektedir. Pb oranları özellikle 0 cm' den itibaren belirgin bir artış sergilemektedir. Pb oranlarında yüzeydeki bu artış kirlenmeyi işaret etmektedir.

K3 nolu korda Pb, Cu ve Zn konsantrasyonlarının kor derinliği ile değişimi Şekil 4.23' de gösterilmiştir. Pb' nun değişim aralığı 44-56 ppm, ortalama değer 47 ppm' dir. Cu' ın değişim aralığı 37-41 ppm, ortalama değer 39 ppm' dir. Zn' nun değişim aralığı 92-181 ppm, ortalama değer 113 ppm' dir. Pb ve Zn değerleri şeyl ortalaması olan 20 ve 90 ppm' in üzerindedir. Cu ' ın değerleri şeyl ortalaması olan 50 ppm' in altındadır (Krauskopf, 1979).

Pb/Al, Cu/Al ve Zn/Al oranlarının değişimleri Şekil 4.23' de gösterilmiştir. Bu oranlar genelde yukarı doğru artan bir trend sergilemektedir. Özellikle 20 cm' den sonra belirgin olan artış kirlenmeyi işaret etmektedir.

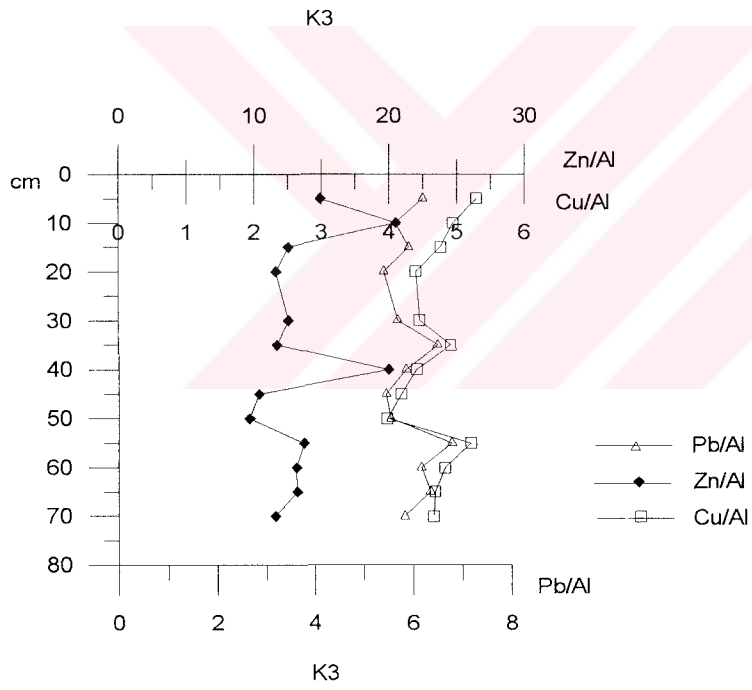
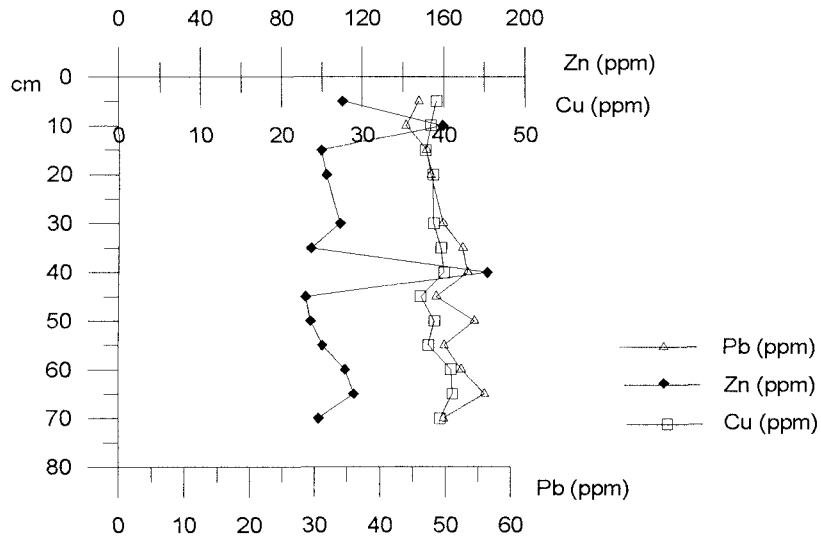


Şekil 4.21: K1 no' lu korda Pb, Cu ve Zn (ppm) içeriğinin kor boyunca dağılımı ve Al ile normalizasyonları.



Şekil 4.22: K2 no' lu korda Pb, Cu ve Zn (ppm) içeriğinin kor boyunca dağılımı ve Al ile normalizasyonları.





Şekil 4.23: K3 no' lu korda Pb, Cu ve Zn (ppm) içeriğinin kor boyunca dağılımı ve Al ile normalizasyonları.

GM1 nolu korda Pb, Cu ve Zn konsantrasyonlarının kor derinliği ile değişimi Şekil 4.24' de gösterilmiştir. Pb' nun değişim aralığı 24-38 ppm, ortalama değer 31 ppm' dir. Cu' ın değişim aralığı 21-34 ppm, ortalama değer 29 ppm' dir. Zn' nun değişim aralığı 75-91 ppm, ortalama değer 86 ppm' dir. Pb değerleri Şeyl ortalaması olan 20 ppm' in üzerindedir. Cu ve Zn değerleri Şeyl ortalaması olan 50 ve 90 ppm' in altındadır (Krauskopf, 1979). Toplam Pb, Cu ve Zn konsantrasyonları deniz tabanına doğru artan bir trend sergilemektedir.

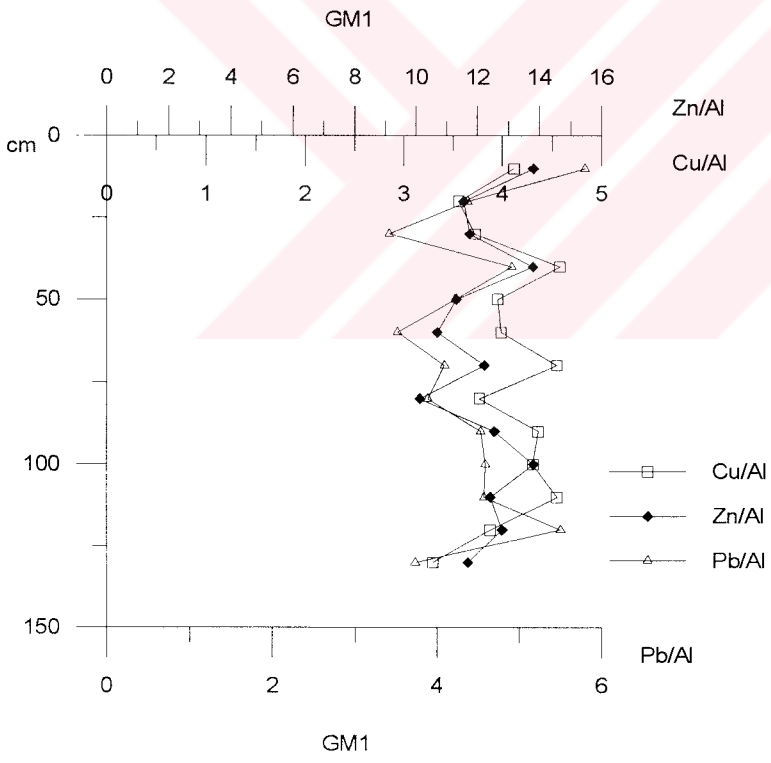
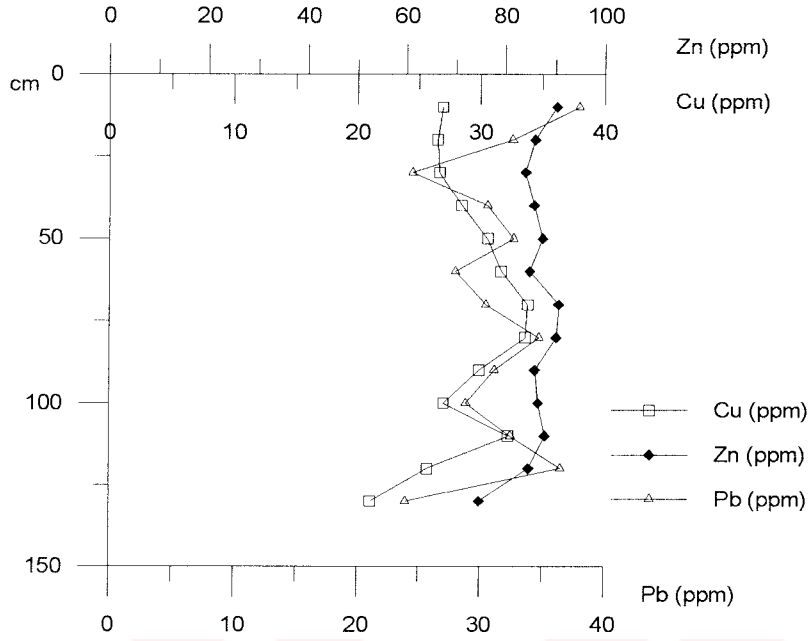
Pb/Al, Cu/Al ve Zn/Al oranlarının değişimleri Şekil 4.24' de gösterilmiştir. Bu oranlar sediment kolonu boyunca artış ve azalışlar göstermekle beraber genelde yukarı doğru artan bir trend göstermektedir.

GM2 nolu korda Pb, Cu ve Zn konsantrasyonlarının kor derinliği ile değişimi Şekil 4.25' de gösterilmiştir. Pb' nun değişim aralığı 30-46 ppm, ortalama değer 38 ppm' dir. Cu ' ın değişim aralığı 20-28 ppm, ortalama değer 23 ppm' dir. Zn' nun değişim aralığı 80-95 ppm, ortalama değer 88 ppm' dir. Pb değerleri Şeyl ortalaması olan 20 ppm' in üzerinde ve Cu değerleri Şeyl ortalaması olan 50 ppm' in altındadır. Zn değerleri ise Şeyl ortalaması olan 90 ppm civarındadır. Sadece 50 cm' de 95 ppm değeri ile Şeyl ortalamasının üzerine çıkmıştır (Krauskopf, 1979). Sediment kolonu boyunca toplam Pb ve Cu dağılımları incelendiğinde, bu metallerin sapropelli tabaka üzerinde zenginleştiği görülmektedir. Bu da Pb ve Cu' ın Mn' da olduğu gibi redoks koşullarına bağlı olarak zenginleştiğini işaret etmektedir. Zn' da bu belirgin değildir. Pb ve Cu konsantrasyonlarındaki bu artış 130 cm' den itibaren yukarı doğru başlamaktadır.

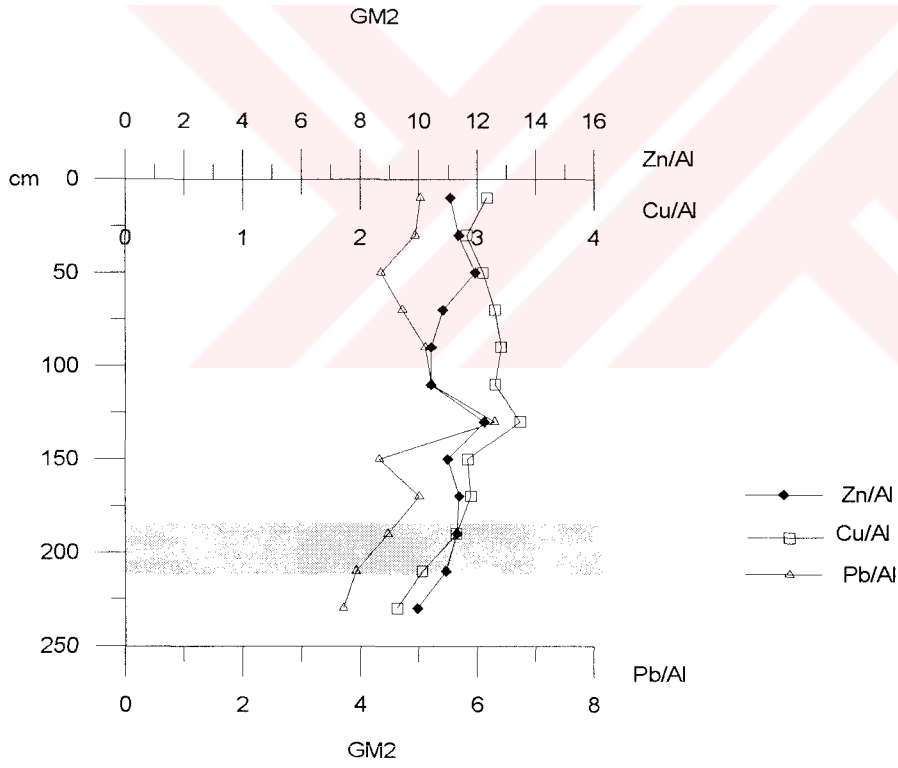
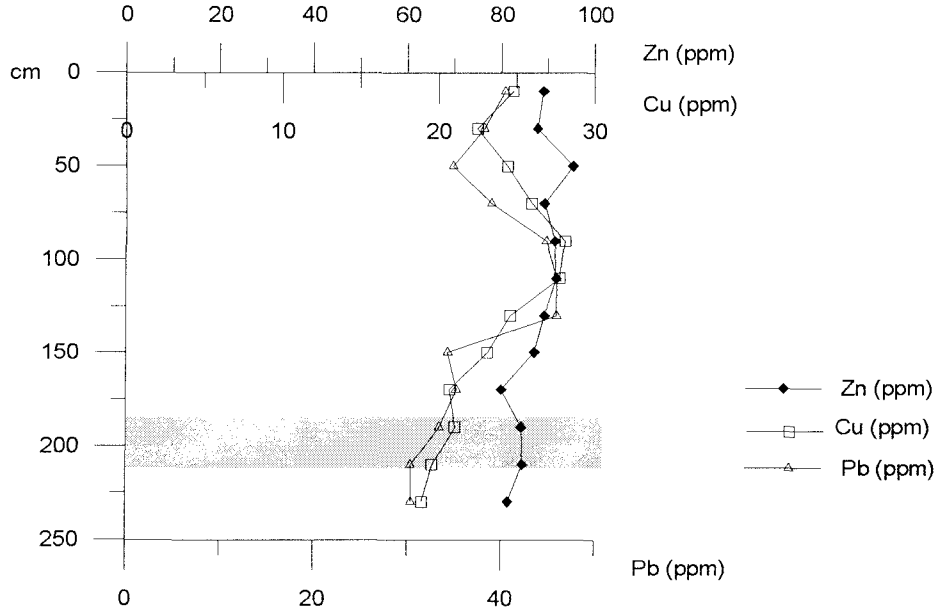
Pb/Al, Cu/Al ve Zn/Al oranlarının değişimleri Şekil 4.25' de gösterilmiştir. Bu oranlar yukarı doğru artan bir trend sergilemektedir.

### ***Nikel, Kobalt ve Krom***

K1 nolu korda Ni, Co ve Cr konsantrasyonlarının kor derinliği ile değişimi Şekil 4.26' da gösterilmiştir. Ni' in değişim aralığı 51-70 ppm, ortalama değer 63 ppm' dir. Co' ın değişim aralığı 16-25 ppm, ortalama değer 21 ppm' dir. Cr' un değişim aralığı 61-113 ppm, ortalama değer 86 ppm' dir. Ni değerleri Şeyl ortalaması olan 80 ppm' in altındadır.



Şekil 4.24: GM1 no' lu korda Pb, Cu ve Zn (ppm) içeriğinin kor boyunca dağılımı ve Al ile normalizasyonları.



Şekil 4.25: GM2 no' lu korda Pb, Cu ve Zn (ppm) içeriğinin kor boyunca dağılımı ve Al ile normalizasyonları.

Co değerleri 5-10-15-30-35 ve 45 cm' lerde, Cr değerleri 20-30 ve 40 cm' lerde şeyl ortalaması olan 20 ve 100 ppm' in üzerindedir (Krauskopf, 1979).

Ni/Al, Co/Al ve Cr/Al oranlarının değişimleri Şekil 4.26' da gösterilmiştir. Ni ve Cr oranları toplan dağılımlarda olduğu gibi yukarı doğru artan bir trend sergilemektedir. Co oranları artış ve azalışlar ile beraber belirgin bir değişiklik göstermemektedir.

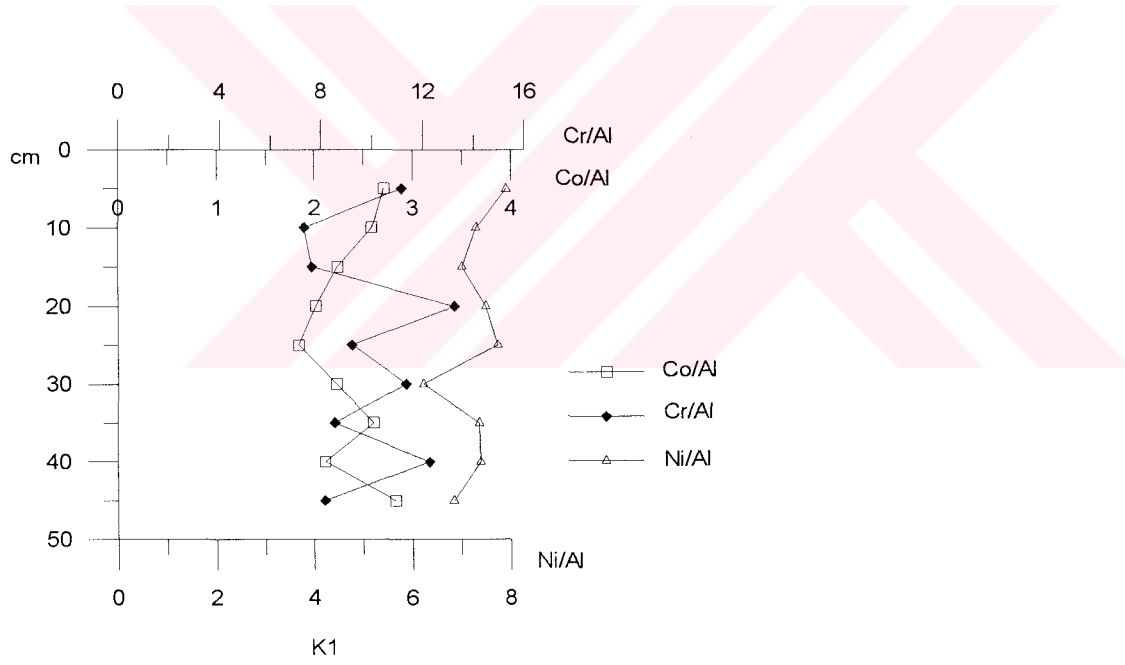
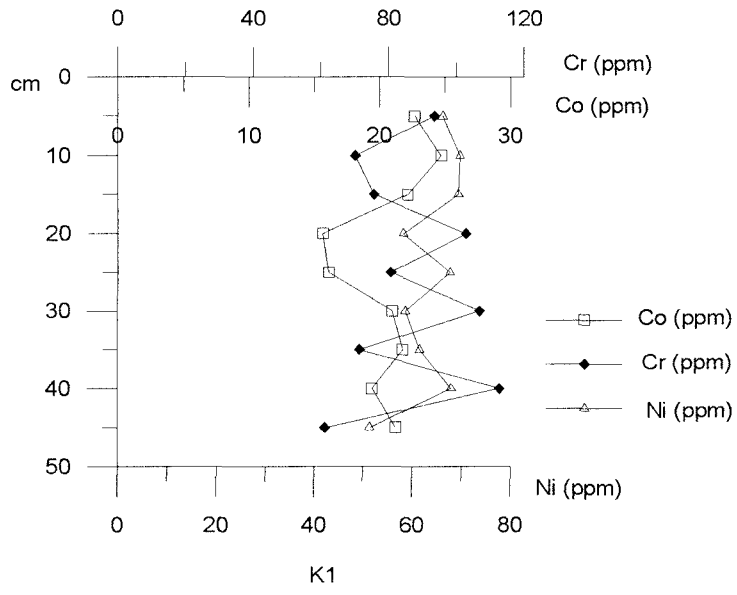
K2 nolu korda Ni, Co Cr konsantrasyonlarının kor derinliği ile değişimi Şekil 4.27' de gösterilmiştir. Ni' in değişim aralığı 53-63 ppm; ortalama değer 56 ppm' dir. Co' in değişim aralığı 19-24 ppm; ortalama değer 21 ppm' dir. Cr' un değişim aralığı 59-116 ppm, ortalama değer 77 ppm' dir. Ni değerleri şeyl ortalaması olan 80 ppm' in altındadır. Co değerleri 20-25-35-45-50 ve 55 cm' lerde, Cr değerleri 10-15 ve 40 cm' lerde ani bir artış ile şeyl ortalaması olan 20 ve 100 ppm' in üzerindedir (Krauskopf, 1979).

Ni/Al, Co/Al ve Cr/Al oranlarının değişimleri Şekil 4.27' de gösterilmiştir. Bu oranlar yukarı doğru artan bir trend göstermektedir.

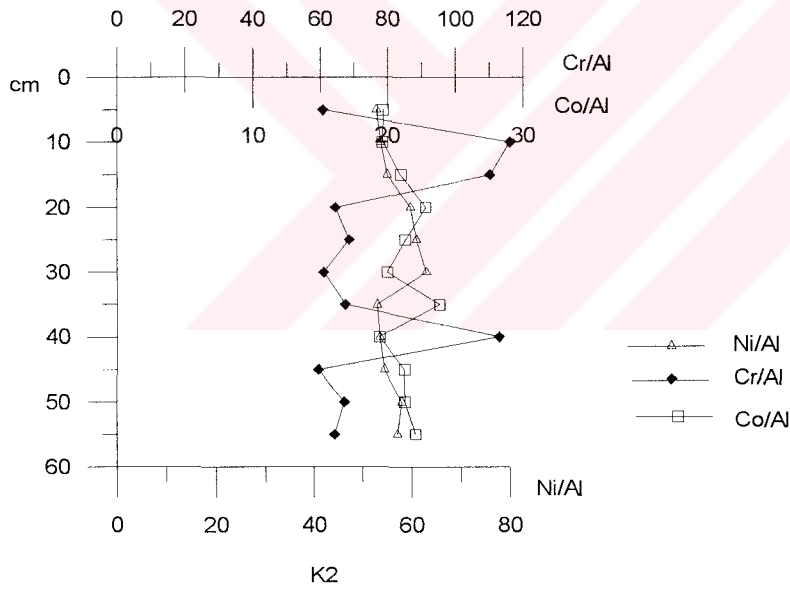
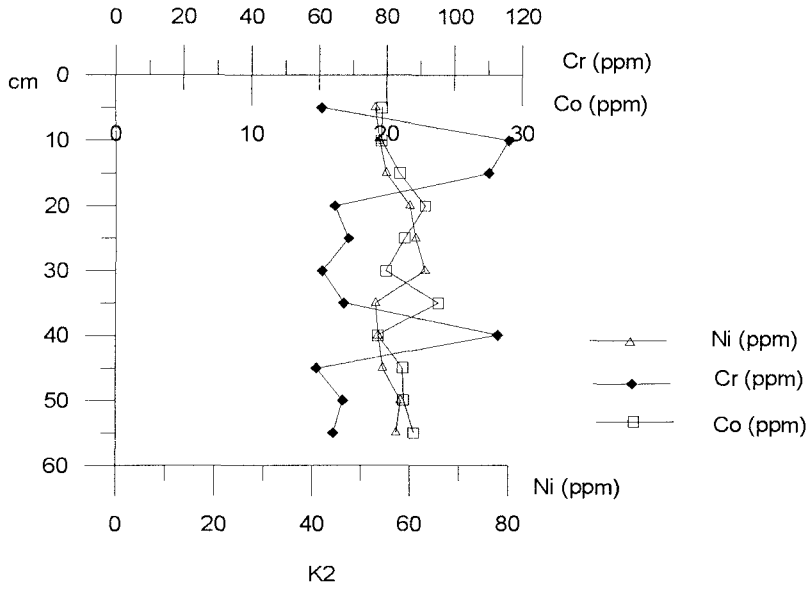
K3 nolu korda Ni, Co ve Cr konsantrasyonlarının korderinliği ile değişimi Şekil 4.28' de gösterilmiştir. Ni' in değişim aralığı 47-70 ppm; ortalama değer 53 ppm' dir. Co' in değişim aralığı 17-24 ppm; ortalama değer 20 ppm' dir. Cr' un değişim aralığı 53-106 ppm; ortalama değer 71 ppm' dir. Ni değerleri şeyl ortalaması olan 80 ppm' in altındadır. Co değerleri 25-30-45-50-55 cm' lerde, Cr 15 cm' de şeyl ortalaması olan 20 ve 100 ppm' in üzerindedir (Krauskopf, 1979).

Ni/Al, Co/Al ve Cr/Al oranlarının değişimleri Şekil 4.28' de gösterilmiştir. Bu oranlar sediment kolonu boyunca artış ve azalışlar ile beraber genelde yukarı doğru artan bir trend göstermektedir.

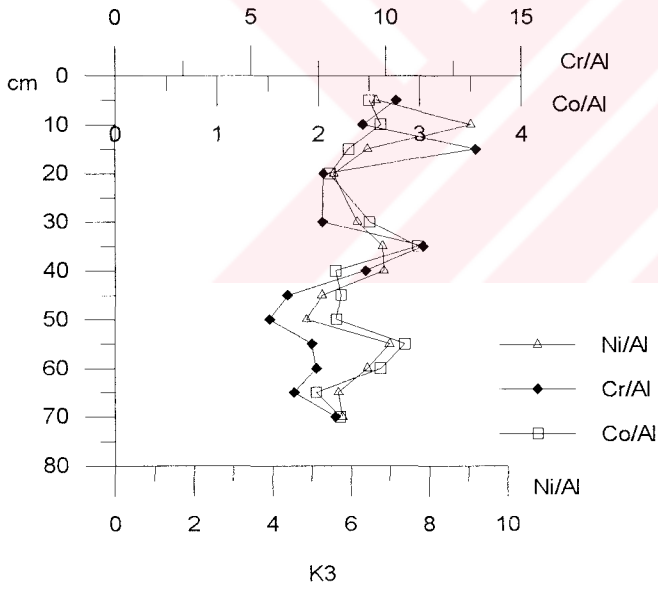
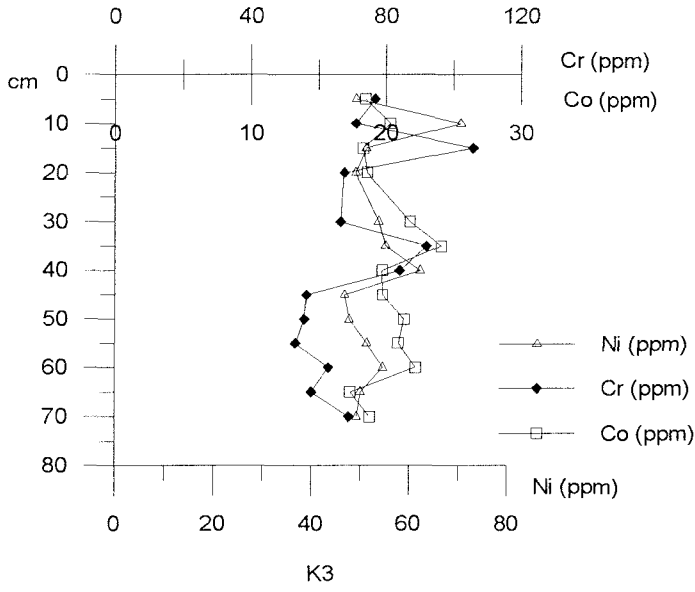
GM1 nolu korda Ni, Co ve Cr konsantrasyonlarının kor derinliği ile değişimi Şekil 4.29' da gösterilmiştir. Ni' in değişim aralığı 37-54 ppm; ortalama değer 46 ppm' dir. Co' in değişim aralığı 16-25 ppm; ortalama değer 20 ppm' dir. Cr' un değişim aralığı 73-108 ppm; ortalama değer 92 ppm' dir. Ni değerleri şeyl ortalaması olan 80 ppm' in altındadır. Co değerleri 50-60-70-80 ve 110 cm' lerde, Cr 80 cm' de şeyl ortalaması olan 20 ve 100 ppm' in üzerindedir (Krauskopf, 1979).



Şekil 4.26: K1 no' lu korda Ni, Co ve Cr (ppm) içeriğinin kor boyunca dağılımı ve Al ile normalizasyonları.

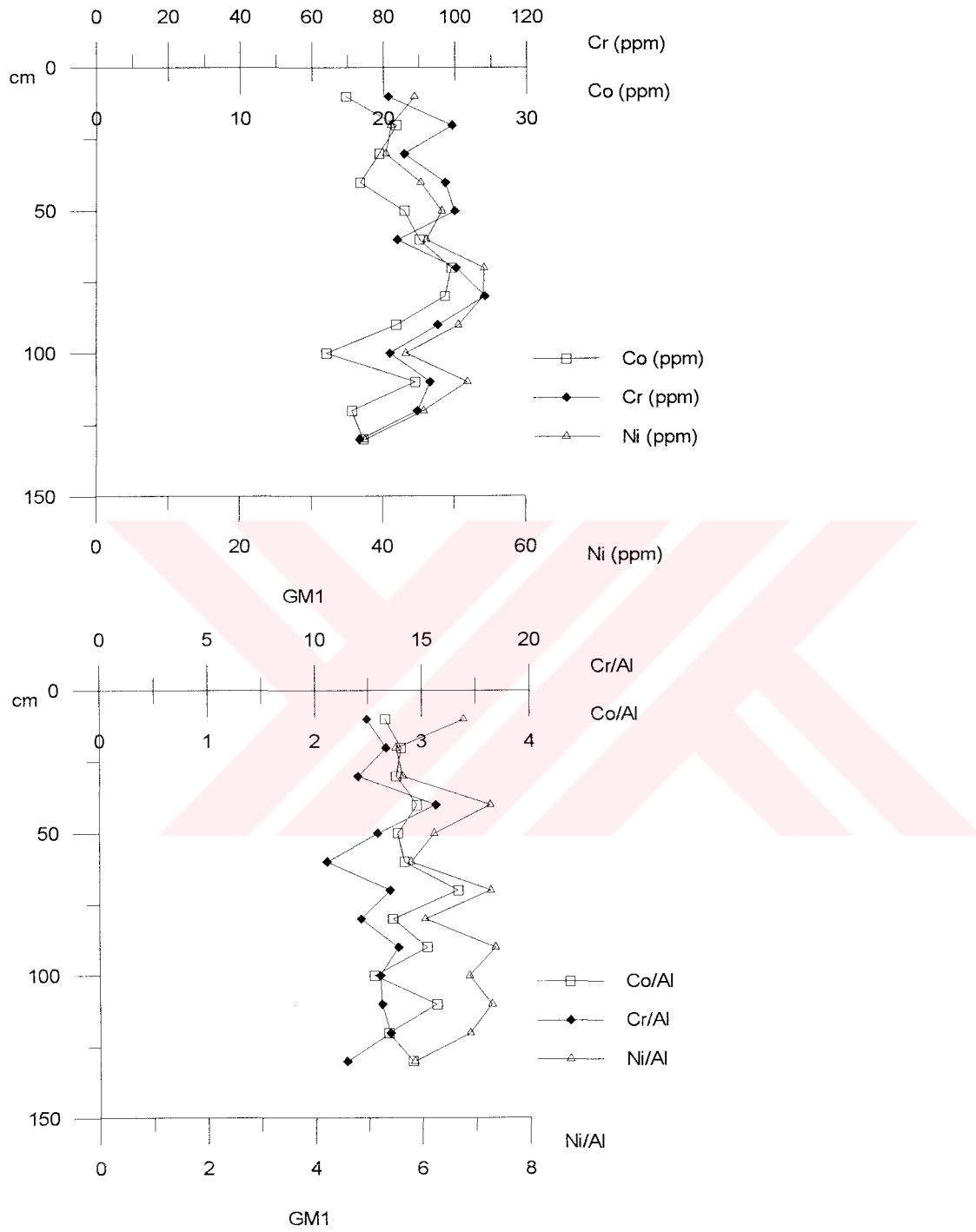


Şekil 4.27: K2 no' lu korda Ni, Co ve Cr (ppm) içeriğinin kor boyunca dağılımı ve Al ile normalizasyonları.



Şekil 4.28: K3 no' lu korda Ni, Co ve Cr (ppm) içeriğinin kor boyunca dağılımı ve Al ile normalizasyonları.





Şekil 4.29: GM1 no' lu korda Ni, Co ve Cr (ppm) içeriğinin kor boyunca dağılımı ve Al ile normalizasyonları.

Ni/Al, Co/Al ve Cr/Al oranlarının değişimleri Şekil 4.29' da gösterilmiştir. Ni oranları yukarı doğru artan bir trend sergilemektedir. Co oranları sediment kolonu boyunca artış ve azalışlar gösterirken, Cr oranlarında belirgin bir değişiklik görülmemektedir.

GM2 nolu korda Ni, Co ve Cr konsantrasyonlarının kor derinliği ile değişimi Şekil 4.30' da gösterilmiştir. Ni' in değişim aralığı 35-49 ppm; ortalama değer 46 ppm' dir. Co' in değişim aralığı 22-32 ppm; ortalama değer 27 ppm' dir. Cr' un değişim aralığı 76-112 ppm; ortalama değer 112 ppm' dir. Ni değerleri şeyl ortalaması olan 80 ppm' in altındadır. Co değerleri kor boyunca, Cr değerleri 90 ve 110 cm' de şeyl ortalaması olan 20 ve 100 ppm' in üzerindedir (Krauskopf, 1979). Ni ve Cr sapropelli tabaka üzerinde bir zenginleşme göstermektedir. Bunun nedeni Pb, Cu ve Zn' da olduğu gibi ortamın redoks koşullarıdır. Co' da bu belirgin değildir.

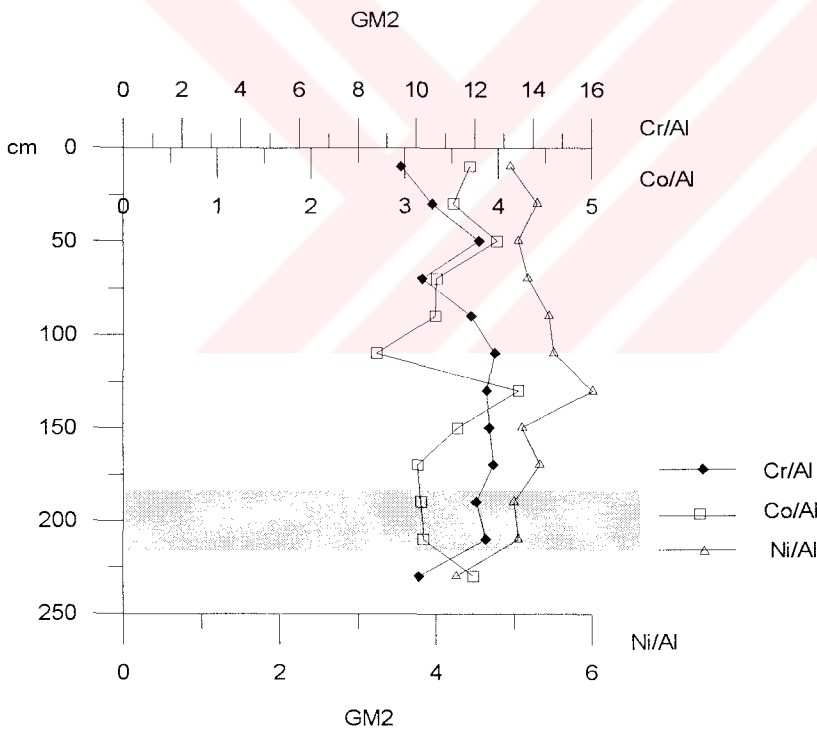
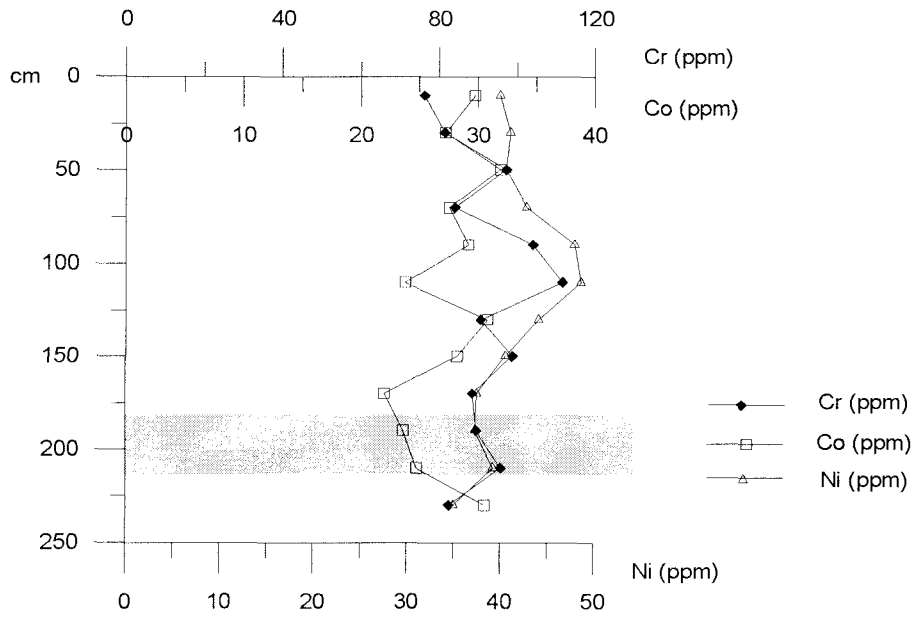
Ni/Al, Co/Al ve Cr/Al oranlarının değişimleri Şekil 4.30' da gösterilmiştir. Ni/Al ve Cr/Al oranlarında genelde yukarı doğru artan bir trend görülmektedir. Co oranlarında sediment kolonu boyunca düzensiz artış ve azalışlar görülmektedir.

### **Civa**

K1 nolu korda Hg' nin kor derinliği ile değişimi Şekil 4.31' de gösterilmiştir. Hg' nin değişim aralığı 41-145 ppb; ortalama değer 84 ppb' dir. Hg değerleri şeyl ortalaması olan 300 ppb' nin altındadır (Krauskopf, 1979). Hg/Al oranının değişimi Şekil 4.31' de gösterilmiştir. Bu oran yukarı doğru azalan bir trend sergilemektedir.

K2 nolu korda Hg konsantrasyonlarının kor derinliği ile değişimi Şekil 4.32' de gösterilmiştir. Hg' nin değişim aralığı 59-208 ppb; ortalama değer 106 ppb' dir. Hg değerleri şeyl ortalaması olan 300 ppb' nin altındadır (Krauskopf, 1979). Hg/Al oranının değişimi Şekil 4.32' de gösterilmiştir. Bu oran toplam civa profilinde olduğu gibi yukarı doğru azalan bir trend sergilemektedir.

K3 nolu korda Hg' nin kor derinliği ile değişimi Şekil 4.33' de gösterilmiştir. Hg' nin değişim aralığı 71-386 ppb; ortalama değer 140 ppb' dir. Hg değerleri 70 cm dışında şeyl ,ortalaması olan 300 ppb' nin altındadır (Krauskopf, 1979). Hg/Al oranının değişimi Şekil 4.33' de gösterilmiştir. Bu oran toplam civa profillerine benzer yukarı doğru azalan bir trend sergilemektedir.



Şekil 4.30: GM2 no' lu korda Ni, Co ve Cr (ppm) içeriğinin kor boyunca dağılımı ve Al ile normalizasyonları.

GM1 nolu korda Hg konsantrasyonlarının kor derinliği ile değişimi Şekil 4.34' de gösterilmiştir. Hg' nin değişim aralığı 103-802 ppb; ortalama değer 316 ppb' dir. Hg değerleri 10-40-50 ve 90 cm' lerde Şeyl ortalaması olan 300 ppb' nin üzerindedir (Krauskopf, 1979). Hg/Al oranının değişimi Şekil 4.34' de gösterilmiştir. Bu oran sediment kolonu boyunca artış ve azalışlar ile beraber genelde yukarı doğru artan bir trend sergilemektedir.

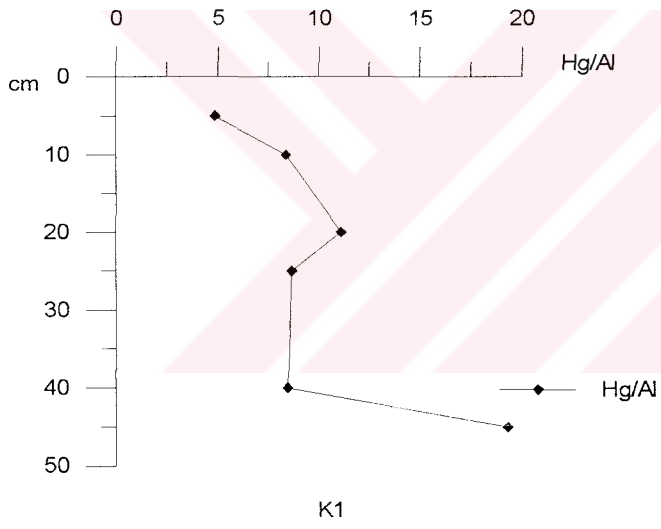
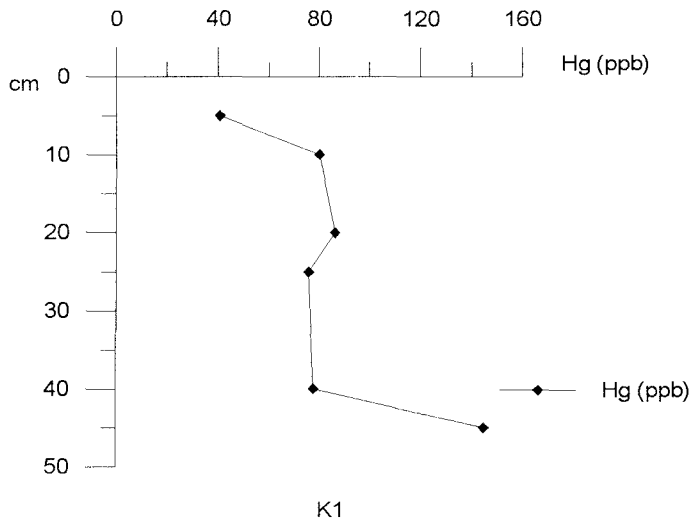
GM2 nolu korda Hg konsantrasyonlarının kor derinliği ile değişimi Şekil 4.35' de gösterilmiştir. Hg' nin değişim aralığı 73-463 ppb; ortalama değer 220 ppb' dir. Hg değerleri 70 ve 110 cm' de Şeyl ortalaması olan 300 ppb' nin üzerindedir (Krauskopf, 1979). Hg diğer metallere benzer sapropelli seviye üzerinde 130 cm' den itibaren bir zenginleşme göstermektedir. Hg/Al oranının değişimi Şekil 4.35' de gösterilmiştir. Bu oran toplam civa profiline benzer bir özellik sergilemektedir.

Kor sedimentlerinde toplam metal değerleri ile yapılan korelasyonlar Tablo 4.2' de görülmektedir. Kurşun; bakır (0.75), çinko (0.62) ve nikel (0.63) ile, bakır; çinko (0.60) ve nikel (0.80) ile, çinko; nikel (0.63) ile ve kobalt organik karbon (0.72) ile kuvvetli korelasyonlar göstermektedir. Bu sonuçlar Pb, Cu, Zn ve Ni' in denizel ortama aynı mekanizmaların etkisi altında taşındıklarına ve sedimentte biriktiklerine, kobaltın ise organik madde üzerinde adsorblandığına işaret etmektedir.

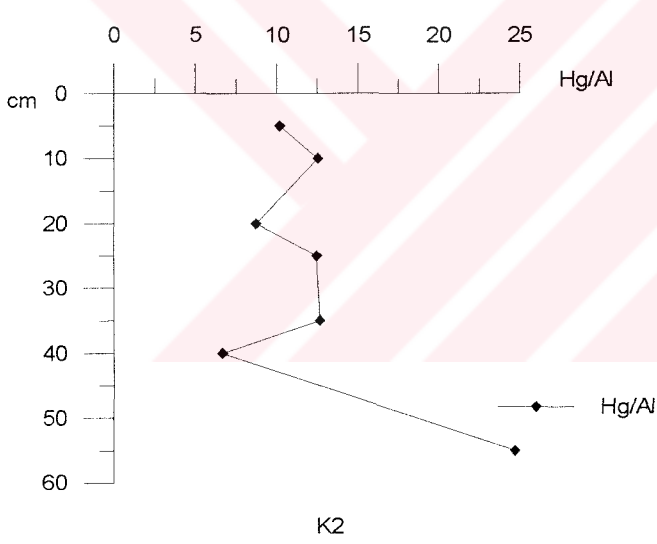
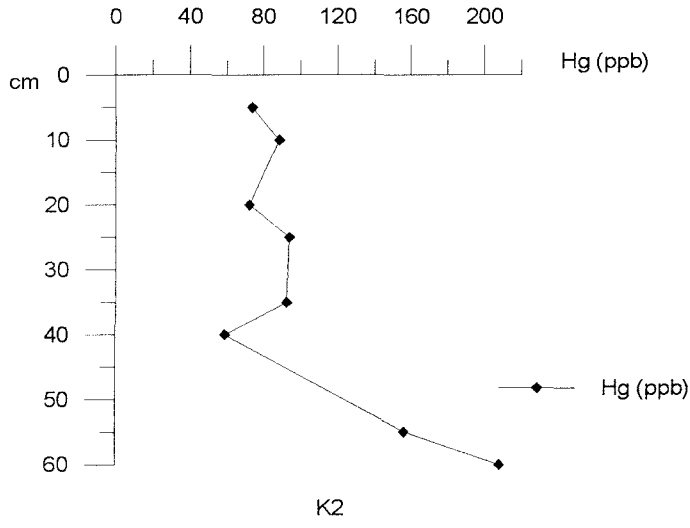
### **Baryum**

Denizel ortamda organik maddece zengin sedimentler (sapropeller) yüksek konsantrasyonlarda baryum içermektedir. Bu konuda yapılan çalışmalar baryumun iyi bir birincil üretim inkatr olabileceğini göstermiştir (Bostrom et al., 1973; Brumsack, 1986; Calvert, 1983; Calvert and Fontugne, 1988). Erdek Körfezi' nde de aynı amaçla uzun olan iki korda baryum analizleri yapılmıştır.

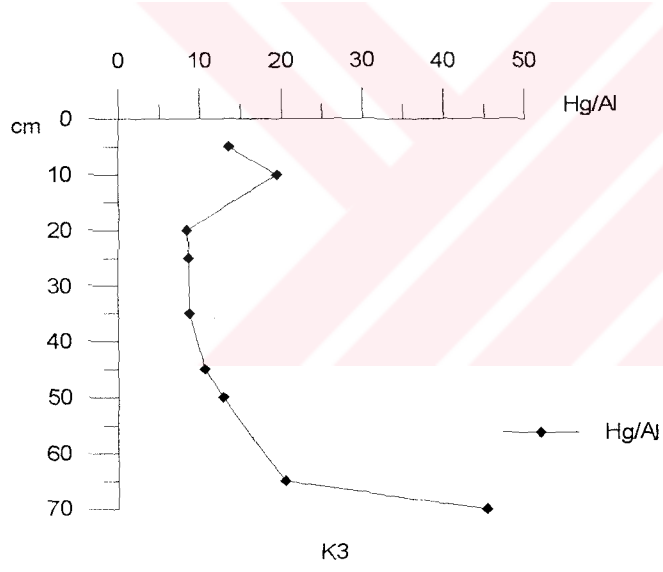
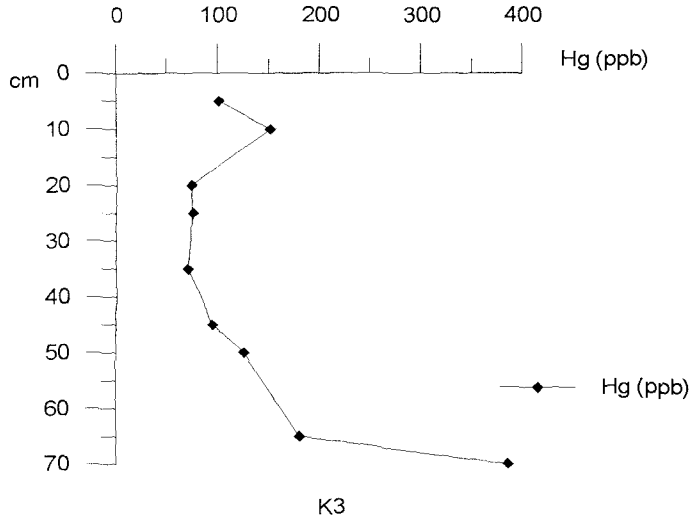
GM1 ve GM2 nolu kordarda baryum konsantrasyonları kor boyunca azalış ve artışlarla beraber Şeyl ortalamasının (600 ppm; Krauskopf, 1979) altındadır (Şekil 4.36, 4.37). GM2 nolu korda sapropel tabakada beklenildiği gibi yüksek değerler tespit edilmemiştir. Bu sonuçlar baryumun biyojen kökenli olmadığına ve sapropelin organik maddesinin daha çok karasal kaynaklı olduğuna işaret etmektedir.



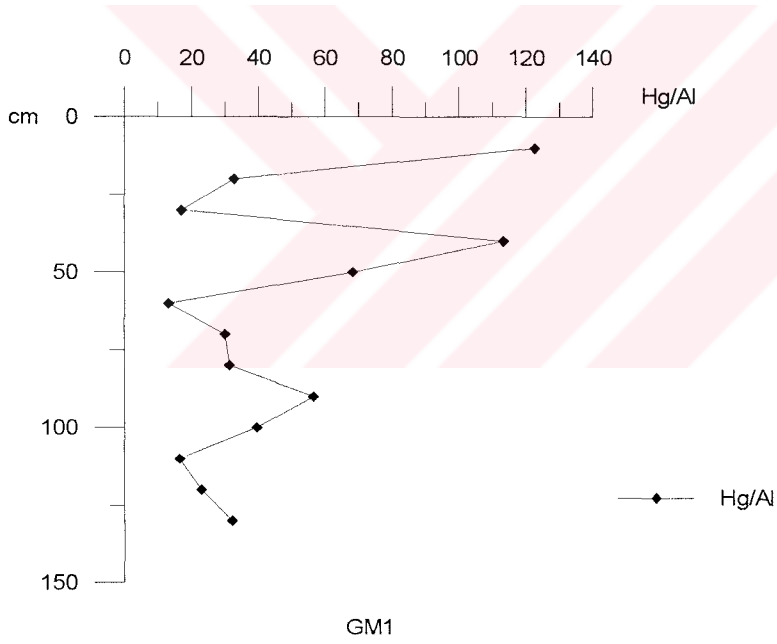
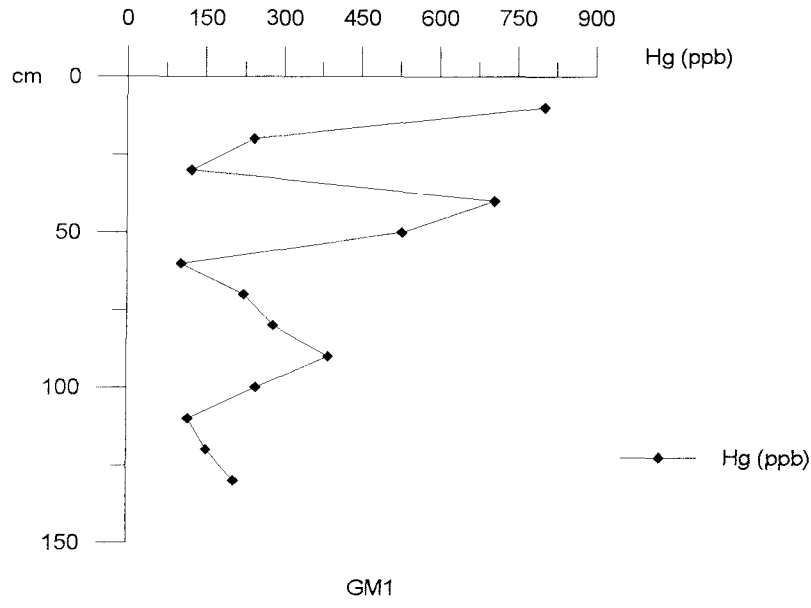
Şekil 4.31: K1 no' lu korda Hg (ppb) içeriğinin kor boyunca dağılımı ve Al ile normalizasyonu.



Şekil 4.32: K2 no' lu korda Hg (ppb) içeriğinin kor boyunca dağılımı ve Al ile normalizasyonu.

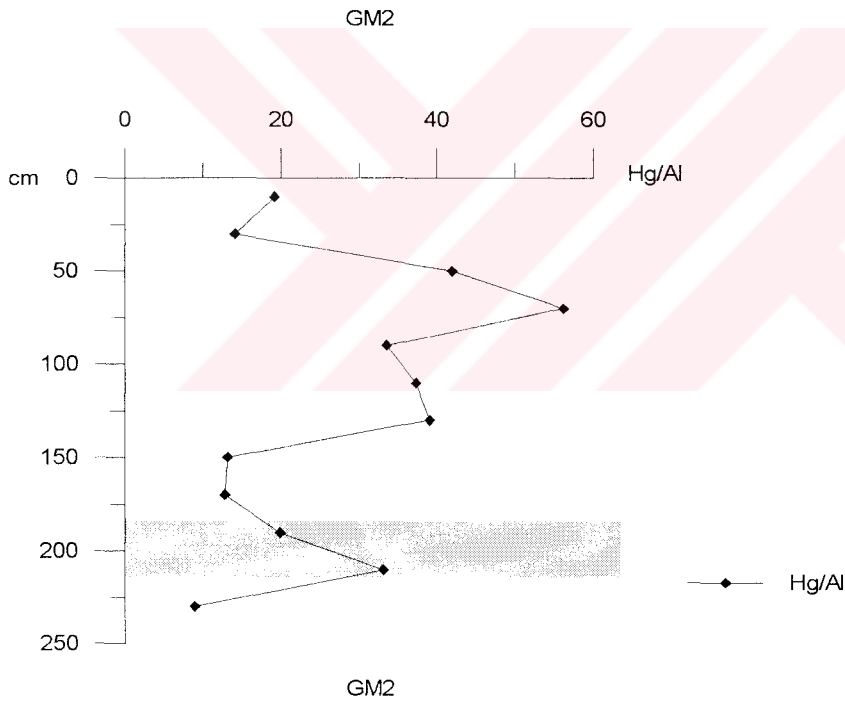
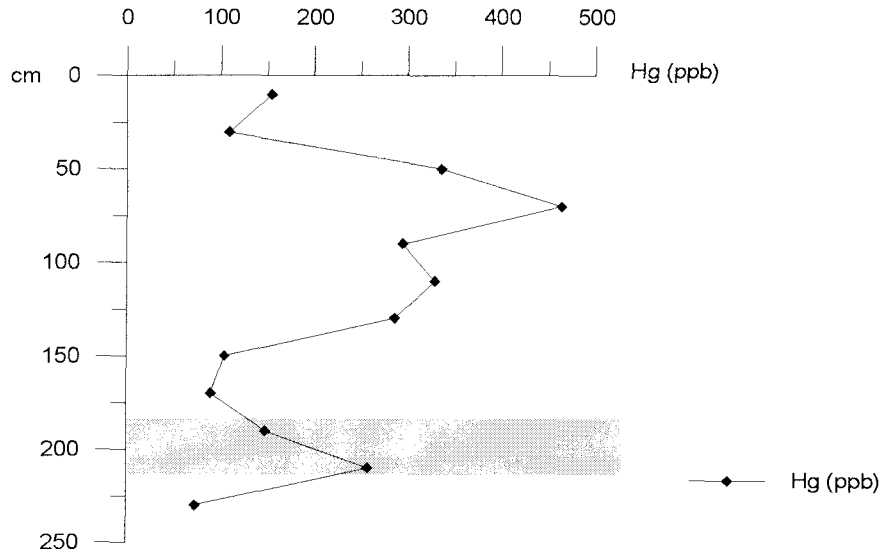


Şekil 4.33: K3 no' lu korda Hg (ppb) içeriğinin kor boyunca dağılımı ve Al ile normalizasyonu.

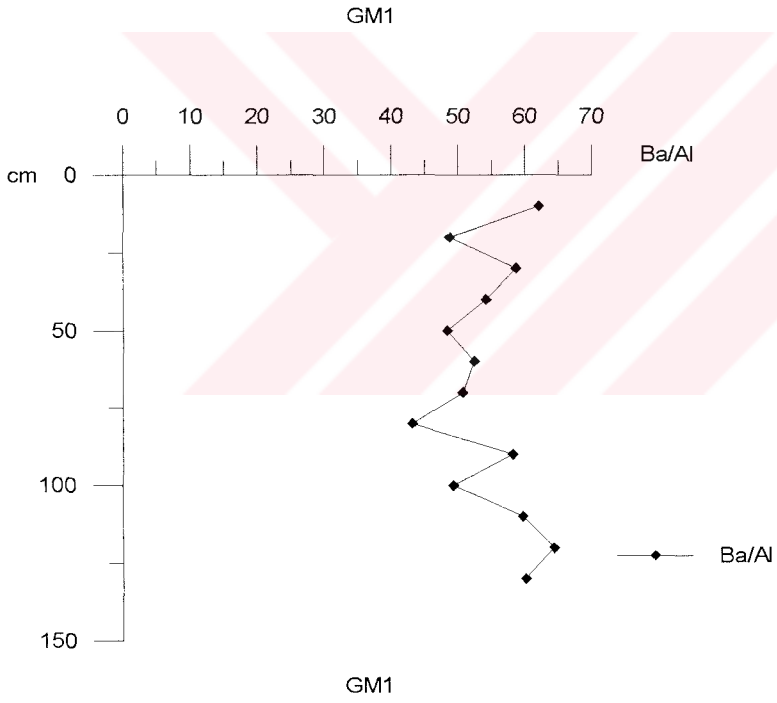
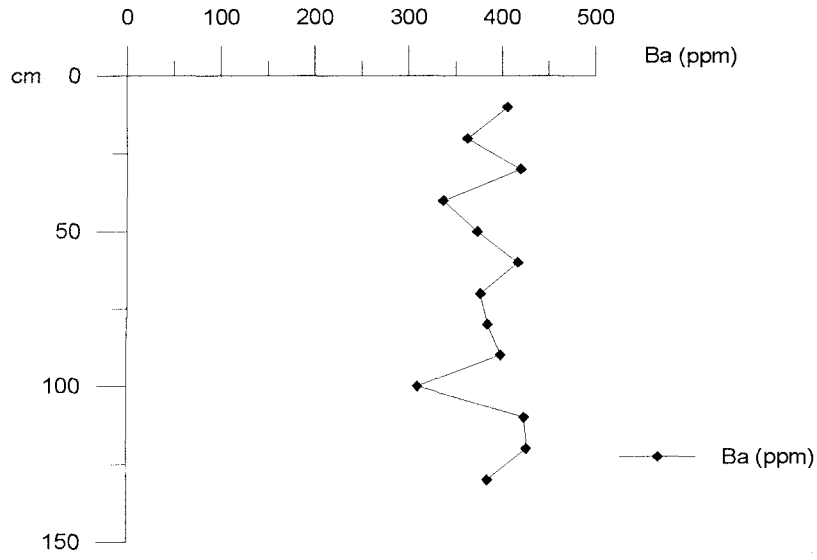


Şekil 4.34: GM1 no' lu korda Hg (ppb) içeriğinin kor boyunca dağılımı ve Al ile normalizasyonu.

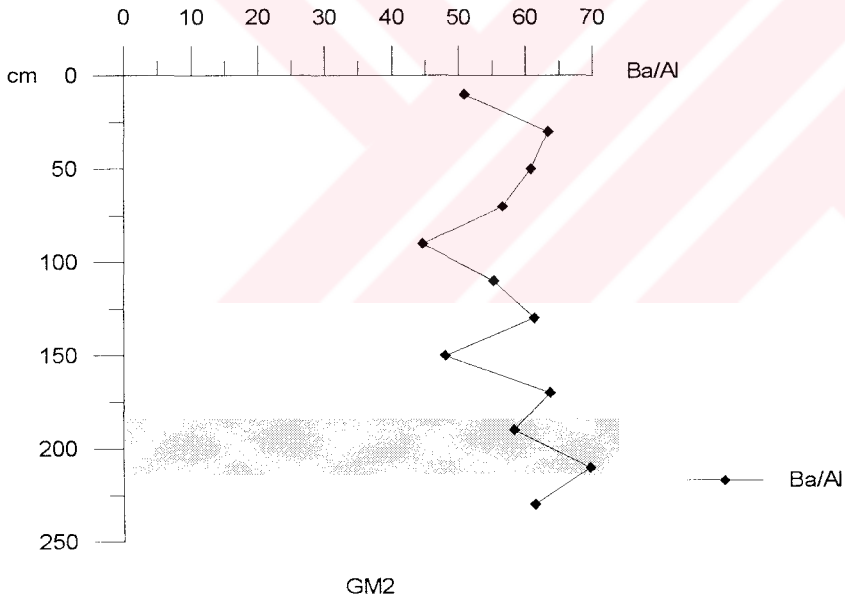
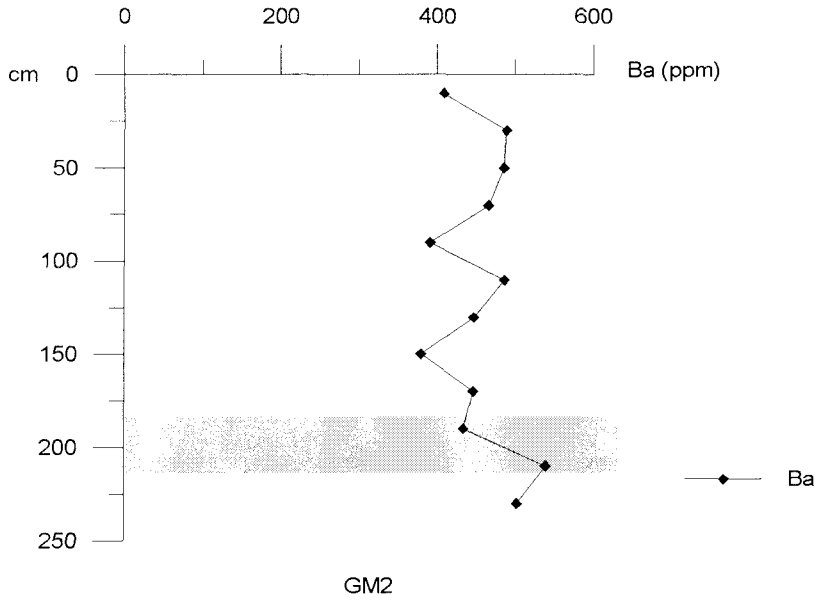




Şekil 4.35: GM2 no' lu korda Hg (ppb) içeriğinin kor boyunca dağılımı ve Al ile normalizasyonu.



Şekil 4.36: GM1 no' lu korda Ba (ppm) içeriğinin kor boyunca dağılımı ve Al ile normalizasyonu.



Şekil 4.37: GM2 no' lu korda Ba (ppm) içeriğinin kor boyunca dağılımı ve Al ile normalizasyonu.

### 4.2.3 Tartışma

Fe konsantrasyonları K1 nolu korda 10-15, K2 nolu korda 25-40, K3 nolu korda 20- 45-70, GM1 nolu korda 60 cm' lerde ve GM2 nolu korda genelde şeyl ortalamasının üzerindedir. GM1 nolu korda 60 cm' de Fe konsantrasyonunda % 4.8' lik bir değer ile maksimum konsantrasyon tespit edilmiştir. Bu seviye deniz tabanından 50 cm aşağıda organik karbon içeriği % 1.9 olan tabakanın altındadır. Organik maddenin yüksek konsantrasyonlarda oluşu ortamda indirgeyici koşulların hakim olduğuna işaret etmektedir. İndirgeyici ortamda Fe bileşikleri  $Fe^{2+}$  ' ye indirgenerek, çözünür. Aşağı-yukarı doğru difüze olarak, oksid zonda  $Fe^{3+}$  ' e yükseltgenir ve oksidleri halinde çöker. Ayrıca Fe hafif indirgeyici ortamda karbonat ve silikat, redoks potansiyelinin düşük, sülfür derişikliğinin yüksek olduğu ortamlarda ise  $FeS_2$  olarak çöker (Krauskopf, 1979).

Mn konsantrasyonları tüm kordlarda şeyl ortalamasının altındadır. GM1 nolu korda 70-80 cm' lerde, GM2 nolu korda da 110 cm' de Mn konsantrasyonunda maksimum değerler tespit edilmiştir. Mn konsantrasyonlarında görülen bu artışın sebebi, sedimentteki diyajenez olaylarıdır. GM1 nolu korda 50 cm civarında maksimum konsantrasyonda organik madde, GM2 nolu korda ise 180-210 cm civarında organik maddece zengin sapropel tabaka mevcuttur (Şekil 3.6). Bu tabakalar indirgeme zonudur. Burada  $Mn^{2+}$  ' ye indirgenerek çözünür ve aşağı-yukarı doğru oksik zona hareket ederek, oksidleri halinde çöker ve bu derinliklerde zenginleşir. Bu artış GM1 nolu korda organik maddenin maksimum olduğu tabakanın altında, GM2 nolu korda sapropel tabakanın üzerinde gerçekleşmiştir ( Krauskopf, 1979; Chester, 1990; Shaw ve diğ.,1990). Denizel ortama koloidal halde gelen mangan oksitler uzun mesafeler taşınabilirler. Bu taşınımlar sırasında Pb, Cu, Ni, Co ve Cr gibi metalleri yüzeylerine adsorblayarak, birlikte çökerler (Krauskopf, 1979).

Erdek Körfezi' nde kor örneklerinde yapılan toplam metal analizlerinde, tüm Pb konsantrasyonları ile GM1 nolu kor dışındaki kordlarda Zn konsantrasyonları şeyl ortalamasının (Krauskopf, 1979) üzerindedir. Pb ve Zn konsantrasyonlarında tespit edilen yüksek değerlerin nedeni körfeze akarsularla olan doğal karasal (cevhre kökenli) taşınımlardır. Kor örneklerinde Cu konsantrasyonları şeyl ortalamasının altındadır.

Ni konsantrasyonları tüm kor örneklerinde şeyl ortalamasının altındadır. Co konsantrasyonları tüm kor örneklerinde genelde, Cr konsantrasyonları ise K1 nolu korda 30, K2 nolu korda 10-15-40, K3 nolu korda 15, GM1 nolu korda 80 ve GM2 nolu korda 110 cm' lerde şeyl ortalamasının üzerindedir. GM1 ve GM2 nolu korlarda artışın tespit edildiği seviyeler oksik tabakaya denk gelmektedir. Oksik sedimentlerde Cr,  $(CrO_4)^{2-}$  iyonuna yükseltgenir (Thompson ve diğ., 1995; Çağatay ve diğ., 1997) ve aynı derinliklerde maksimum değere ulaşan Mn oksidlerine bağlanarak çöker. Denizel ortama çeşitli yollarla giren metallerin sedimentlerde birikiminde etkili olan mekanizmalardan biri de Fe ve Mn oksidlerine bağlanarak çökmeleridir (Duchart ve diğ., 1973, Filipek & Owen, 1978; Förstner, 1989). K1, K2 ve K3 nolu korlarda ise artışın tespit edildiği seviyeler organik karbonun yükseldiği indirgeyici yani anoksik ortamlardır. Anoksik ortamlarda Cr  $Cr(OH)_2^+$  olarak partikül yüzeylerine adsorblanır ve anoksik sedimentlerde zenginleşir Diyajenez olayları sırasında oksik zonda Cr, Fe ve Mn oksitleriyle birlikte hareket eder.(Emerson ve diğ., 1979; Sham ve diğ., 1990; Calvert & Pedersen, 1993); Çağatay ve diğ., 1997).

Hg konsantrasyonları K3 nolu korda 70, GM1 nolu korda 10-40-50-90, GM2 nolu korda 70 ve 110 cm' lerde şeyl ortalamasının üzerindedir. K3 korda nolu 70, GM1 nolu korda 50 ve 90 cm' lik seviyeler organik karbonun yüksek değerlerde tespit edildiği tabakalardır. Hg organik madde birikiminin fazla olduğu sedimentlerde birikme eğilimi göstermektedir (Benoit ve diğ., 1994; Meyer & Evans, 1994 ).

Baryum konsantrasyonlarının sapropel seviyede fazla zenginleşme göstermemesi sapropelin organik maddesinin daha çok karasal kökenli olduğunu göstermektedir.

Marmara Denizi' nde metal kirliliğini belirleyebilmek amacıyla yapılan önceki bazı çalışmalarda kor sediment örnekleri incelenmiştir. Çalışmalar Erdek Körfezi' nde yapılan bu çalışma ile karşılaştırılmıştır. Gemlik Körfezi' nden alınan üç korda yapılan analizlerde Fe ve Mn' nin değişim aralığı % 3.3-8.3 ve 519-3416 ppm' dir. Bu örneklerde kor derinliği boyunca demir konsantrasyonlarının değişim aralığı genelde şeyl ortalamasının altındadır. Mn konsantrasyonları da bir korun dışında demire benzer bir durum göstermektedir. Kor sedimentlerinde Pb, Cu ve Zn' nin değişim aralığı 12-55, 19-50 ve 85-325 ppm' dir. Her üç korda da bu metallerin kor derinliği boyunca değişimi genelde şeyl ortalamasının üzerindedir. Aynı korlarda Ni, Co ve Cr değişimleri

ise 120-223, 18-33 ve 109-202 ppm' dir. Her üç korda da bu metallerin kor derinliği ile değişimi genelde şeyl ortalamasının üzerindedir (Çağatay ve diğ., 1997).

Marmara Denizi kuzey şelfinden alınan 6 kora ait sediment örneklerinde Fe ve Mn' nin değişim aralığı % 1.1-4.2 ve 83-618 ppm; Pb, Cu ve Zn' nun değişim aralığı 1-31, 9-34, 27-90 ppm; Ni, Co ve Cr' un değişim aralığı 34-132, 5-25 ve 40-224 ppm ve Hg' nin değişim aralığı 18-623 ppb' dir. Tüm kor örneklerinde Pb ve Cu konsantrasyonları özellikle ilk 25 cm' lik seviyelerde şeyl ortalamasının üzerindedir (Çağatay ve diğ., 1996).

Marmara Denizi güney şelfinden alınan iki korda Fe ve Mn' nin değişim aralığı % 2.4-5.1 ve 282-776 ppm' dir. Her iki korda da bu metallerin kor derinliği ile değişimi genelde şeyl ortalamasının altındadır. Aynı kor sedimentlerinde Pb, Cu ve Zn' nun değişim aralığı 13-46, 10-28, 46-95 ppm' dir. Her iki korda da Pb ve Cu özellikle ilk 40 cm seviyelerinde yüksektir. Zn değişimleri ise şeyl ortalamasının altındadır. Ni, Co ve Cr değişimleri 35-119, 16-38 ve 76-156 ppm' dir. Her iki korda Ni konsantrasyonlarının kor derinliği ile değişimi genelde şeyl ortalamasının altındadır. Co konsantrasyonları özellikle yüzeyden itibaren 40-60 cm' lik seviye boyunca yüksektir. Cr konsantrasyonları ise kor boyunca genelde şeyl ortalamasının üzerindedir (Çağatay ve diğ., 1997).

İstanbul Boğazı Marmara girişi ve Karadeniz çıkışını kapsayan çalışmada Fe ve Mn değişimleri % 0.6-3.2 ve 135-389 ppm; Pb, Cu ve Zn' nun değişim aralığı 3-76, 4-43 ve 10-170 ppm; Ni ve Co değişimleri 16-63, 3-18 ppm ve Hg değişimleri 8-305 ppb' dir. Bütün korlarda Fe, Mn, Ni, Co ve Hg konsantrasyonlarının kor derinliği ile değişimi şeyl ortalamasının altındadır. Pb, Cu ve Zn konsantrasyonlarının kor boyunca değişimi özellikle de ilk 15 ve 40 cm' lik seviyelerde şeyl ortalamasının üzerindedir (İ.Ü DBİE, 1997).

Tüm bu sonuçlar çalışılan alanlardaki antropojenik girdileri işaret etmektedir. Erdek Körfezi' nde ise durum tamamıyla farklıdır. Bölgedeki yüksek metal değerlerinin kaynağı doğal (cevher kökenli) girdilerdir.



## BÖLÜM 5: SELEKTİF EKSTRAKSİYON ÇALIŞMALARI

Sedimentte ağır metallerin jeokimyasal ayrışmaları, malzemenin kaynağı, atmosferik taşınım, sediment taşınımı, ayrışma ve redoks reaksiyonları kinetiği gibi çeşitli faktörlere bağlıdır (Filipek & Owen, 1978).

Ağır metallerin dağılım gösterdiği jeokimyasal fazlar şu şekilde açıklanabilir:

- 1) Yer değiştirebilen (ion-exchangeable);
- 2) Karbonatlara bağlı olan;
- 3) Fe ve Mn oksihidroksitlerine bağlı olan;
- 4) Organik maddeye bağlı olan; ve
- 5) Residual (litojen ) faz (mineralin kristal yapısı).

Eser metaller, yer değiştirebilen fazda metal iyonlarının (katyonların) katı parçacıklar üzerindeki negatif yüklü bölgelere bağlanması ve aynı miktarda diğer metal (katyon) iyonlarının serbest bırakılması şeklinde tutulur. Bu faz nispeten hareketli ve biyolojik olarak kullanıma hazır metalleri içerir (Engler ve diğ., 1977; Brannon, 1977).

Sedimentin karbonat fazında tutulan metaller detrital veya autijenik olabilir. Çünkü birçok metalin karbonatlı bileşikleri doğal pH ve Eh şartlarında stabildir (Filipek & Owen, 1978). Sedimentlerin toplam karbonat içeriğini daha çok aragonit, kalsit ve yüksek magnezyum kalsit minerallerinin oluşturduğu kavkı ve çimento malzemesi oluşturur. Bu mineraller de kristal yapılarına Ca, Mg ve az miktarda Sr ve Ba dışında diğer metalleri almaz. Bu nedenle karbonatlar metal birikiminde seyreltici olarak rol oynar (Çağatay ve diğ., 1996).

Fe-Mn oksihidroksitleri redoks değişimlerine çok hassas bileşiklerdir. Ve adsorblama veya birlikte çökme suretiyle eser metallerin birikmesinde önemli rol oynarlar (Balistrieri & Murray, 1986; Belzile ve diğ., 1989). Magmatik kayalar içerisindeki demir ( $Fe^{2+}$ ) ayrışma sırasında yükseltgenir, kısmen de ferro iyon ( $Fe^{2+}$ ) olarak çözünür. Bu çözelti indirgeyici ve az asidik ise ve çözünmez bileşik yapan iyonları ( $HS^-$  ve  $CO_3^{2-}$  gibi) buldurmuyorsa uzun mesafeler taşınabilir. Demir bileşikleri, deniz suyunda hava ile temas etmiş ise oksit olarak, eğer su hafif indirgeyici ise karbonat veya silikat olarak, redoks potansiyeli düşük ve  $S^{2-}$  derişikliği fazla ise sülfid olarak çökler. Koşulların oksit çökmesine elverişli olduğu zamanlarda, ferrik oksihidroksitler kolloidal olarak asılı kalır ve uzun mesafeler taşınır. Demir kolloidleri özellikle nehirlerin denize ulaştığı noktalarda elektrolitler tarafından pıhtılaştırılır



(floküle edilir). Deniz ortamına giren demirin büyük bir kısmı önce oksijen bakımından zengin kıyı sularında kolloidlerin pıhtılaşması ile ferrik oksihidroksitler olarak çökelir, sonra dip tortullarının sülfat indirgenme ve metanojeniz zonlarında ferro bileşiklere indirgenir. Manganyumun tortullaşma sırasındaki davranışı demire benzemektedir. İndirgeyici koşullarda Mn, magmatik minerallerden  $Mn^{2+}$  olarak çözünür ve indirgeyici koşullar hakim olduğu sürece bu şekilde kalır. Ortamda karbonat veya silis yeterli oranlarda varsa, pH yükselir yükselmez çöker. Eh çok düşük ise sülfür veya hidroksit oluşur. Yükseltgeyici koşullarda da oksihidroksitleri halinde çöker. Mn oksihidroksitleri önce kolloidal olarak çökelir ve uzun mesafeler boyunca taşınır. Bu oksit parçacıkları negatif yüklüdürler ve çözelti içindeki katyonları soğururlar. Bu nedenle de sediment içerisindeki Mn oksihidroksitler üzerine soğutulmuş olarak K, Ni, Co, Pb, Ba ve Cu gibi metal iyonları genellikle çok miktarlarda bulunur. Manganyum ve demir mineralleri arasındaki en önemli fark manganyumun karbonat alanının, demirin ise oksit alanının çok geniş olmasıdır. Bunun en önemli nedeni demir bileşiklerinin doğal ortamlarda hemen yükseltgenmeleridir.  $MnCO_3$  için geniş alanın bulunması, karbonatın geniş bir alana sahip olmasından ileri gelmektedir (Krauskopf, 1979).

Sedimentlerde metal birikiminde rol oynayan mekanizmalardan biri de organik maddelerin soğurma ve organo-metal bileşiklerini oluşturma özelliğidir ( Krauskopf, 1979; Förstner, 1989; Çağatay ve diğ., 1997). Denizel ortamda çözülmüş organik maddelerin (özellikle de humik maddelerin) metal dağılımı üzerinde; kompleks oluşumunu ve çözünürlülüğü artırma, oksitlenmiş ve indirgenmiş metal bileşikleri arasındaki dağılımı değiştirme, metal içeren kolloidlerin stabilitesini etkileme ve askıdaki maddeye adsorbe edilmelerinin miktarını belirleme gibi etkileri vardır. Ayrıca organik madde ile kompleks oluşturan metal bileşiği, çökme sırasında kil mineralleri tarafından adsorblanma suretiyle de derişikleşir (Krauskopf,1979; Jenne, 1968; Jenne and Luoma, 1977; Förstner and Witmann, 1981; Förstner, 1989, Horowitz, 1985; Horowitz and Elrick, 1987). Organik maddeler metallerin taşınımında, sediment ortamında birikimlerinde ve depolanmadan sonra diyajenez olaylarında yer almalarında önemli rol oynar (Salomons & Förstner, 1984).

Sedimentin residual (litojen ) fazındaki metallerin konsantrasyonunu karasal kökenli detrital malzemenin minerolojisi kontrol eder. Burada antropojenik girdilerin etkisi yoktur (Filipek & Owen, 1978).

Sedimentin bileşiminde yer alan metallerin bulunduğu fazlarını ve ortam koşullarını belirleyebilmek için ardışık seçici ekstraksiyon (sequential selective extraction) teknikleri geliştirilmiştir (Chester & Hughes, 1967; Engler ve diğ., 1977; Tessier ve diğ., 1979).

Kerstern ve Förstner yaptıkları bir çalışmada (1987) 6 jeokimyasal fazda çalışmışlardır. Bu çalışmada yer değiştirebilen (exchangeable) faz için 1M amonyum asetat (pH 7) , karbonat fazı için 1 M sodyum asetat (pH' sı asetik asit ile 5' e ayarlı ) , kolay indirgenebilir faz için 0.1 M hidroksilamin hidroklorür (pH' sı nitrik asit ile 2' ye ayarlı ) , orta derecede indirgenebilir faz için 0.1 M okzalat çözeltisi (pH 3), sülfidik ve organik faz için % 30' luk hidrojen peroksit (pH ' sı nitrik asit ile 2' ye ayarlı ) ve 1M amonyum asetat ile ekstraksiyonlar , residual (litojen ) faz için de konsantre nitrik asit ile çözünürleştirme yapılmıştır. Brannon, Rose, Engler ve Smith (1977), 5 jeokimyasal fazda çalışmışlardır. Yer değiştirebilen faz için 1 M amonyum asetat, kolay indirgenebilir faz için 0.01 M nitrik asitte hazırlanmış hidroksilamin hidroklorür, organik faz için % 30' luk hidrojen peroksit (pH 2.5) ve 1 M amonyum asetat (pH 2.5), orta derecede indirgenebilir faz için sodyumditiyonit-sodyum sitrat ile ekstraksiyon, residual (litojen ) faz için konsantre fluorik ve nitrik asit karışımı ile çözünürleştirme yapılmıştır. Tessier ve diğ. (1979) 5 jeokimyasal fazda çalışmışlardır. Yer değiştirebilen faz için 1 M magnezyum klorür (pH 7) veya 1 M sodyum asetat (pH 8.2), karbonat fazı için 1 M sodyum asetat (pH 5), Fe-Mn fazı için 0.04 M hidroksilamin hidro klorür ( % 25' lik asetik asit ile hazırlanmış ) , organik faz için 0.02 M nitrik asit, % 30 ' luk hidrojen peroksit ve 3.2 M amonyum asetat ( % 20' lik nitrik asit ile hazırlanmış ) ile ekstraksiyon, residual (litojen ) faz için konsantre fluorik, nitrik ve perklorat asit karışımı ile çözünürleştirme yapılmıştır. Çağatay (1984), 0.05 M EDTA (pH 4.65), 1M hidroksilamin hidroklorür (pH 1.3) ve amonyum okzalat (pH 3.3) reaktifleri ile jeokimyasal fazlar üzerinde çalışmıştır.

Bu çalışmada selektif ekstraksiyon yüzey örneklerine uygulanmıştır. Yer değiştirebilen fraksiyonları içeren birinci faz çalışılmamıştır. Çünkü bu fazdaki metal dağılımı ihmal edilecek düzeydedir. Kor örneklerinde ise sadece üçüncü faz olan Fe-Mn oksihidroksitlerine bağlı fraksiyon çalışılmıştır. Buradaki amaç sedimentin redoks koşullarını ve mobil metal birimlerini belirlemektir.

Selektif ekstraksiyon yöntemleri ardışık ve ardışık olmayan yöntemler olarak iki şekilde uygulanabilir. Bu çalışmada bu iki uygulamanın bir karşılaştırması yapılmıştır.

Selektif ekstraksiyon işlemleri 4' lü örneklerde ardışık ve ayrı ayrı olmak üzere iki ayrı grupta çalışılmıştır. Özellikle doğal (litojen) fazda Pb, Cu, Zn, Fe, Mn, Ni, Co ve Cr dağılımları incelendiğinde, ardışık olarak çalışılmayan örneklerde faz ayrımı yapmanın mümkün olmadığı görülmüştür. Çünkü bu şekilde elde edilen değer toplam metal dağılımlarını vermektedir. Al dağılımları incelendiğinde ise iki grup arasında büyük bir fark gözlenmemiştir. Bu da bize fazdan faza geçerken santrüfleme ve yıkama işlemleri esnasında olabilecek madde kayıplarının ihmal edilebilecek düzeyde olduğunu göstermektedir.

Selektif ekstraksiyon teknikleri örneğin belirli bir miktarının amaca uygun olarak çeşitli reaktiflerle ardışık olarak reaksiyona tabi tutulmasıdır. Ardışiksiz yöntemde her faz için ayrı örnek alındığında her bir çözünürleştirme sonunda elde edilen çözelti bir önceki fazı da içerecektir. Bu durumda fazlara göre tam bir ayırım yapmak mümkün olmayacaktır. Sonuç olarak yapılan bu çalışmada ardışık selektif ekstraksiyon teknikleri uygulanmıştır (Tessier ve diğ., 1979).

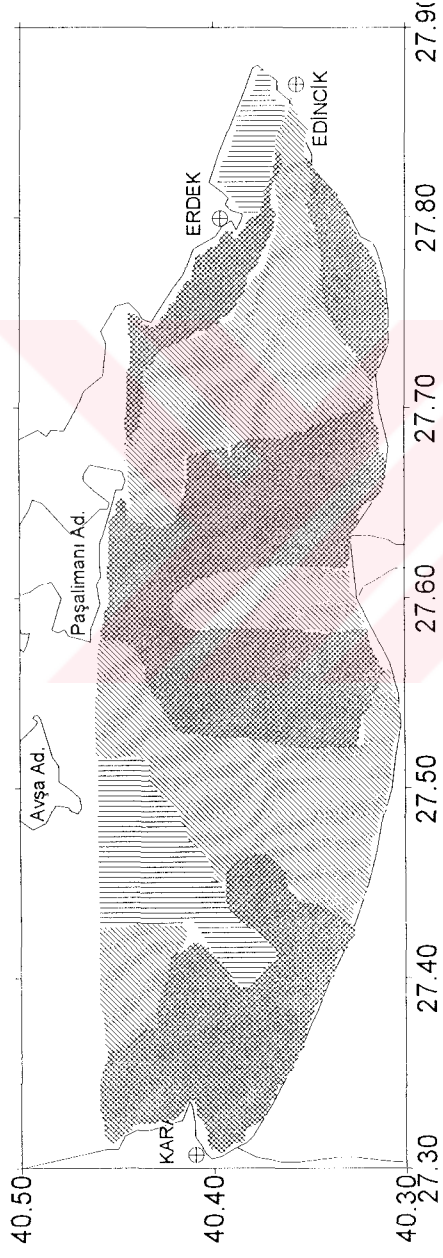
## **5.1. Yüzey Sedimentlerinde Metallerin Jeokimyasal Fazlarda Dağılımı**

### ***Alüminyum***

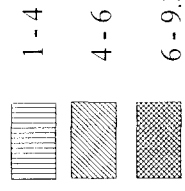
Alüminyum konsantrasyonları karbonat, Fe-Mn ve organik fazda ihmal edilecek düzeydedir. Çünkü Al sedimentlerde büyük ölçüde kil-mineral yapısında yer alır ve bu minerallerin adı geçen fazları çözünürleştirmek için kullanılan çözeltilerdeki çözünürlüğü çok düşüktür. Residual fazda Al konsantrasyonlarının değişim aralığı % 1.5-9, ortalama değer % 5' tir (Şekil 5.1). Bu değerler toplam Al sonuçları ile karşılaştırıldığında birbirine çok yakın olduğu görülmüştür.

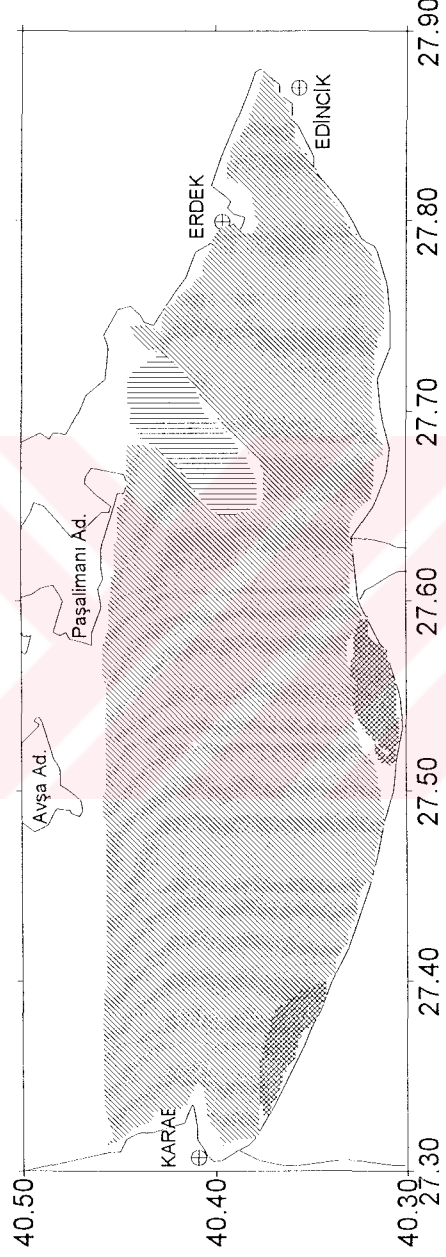
### ***Demir***

Karbonat fazında Fe konsantrasyonlarının değişim aralığı % 0.0001-0.01, ortalama değer % 0.002' dir (Şekil 5.2). Bu fazdaki Fe dağılımı ihmal edilecek düzeydedir. Fe-Mn oksihidroksit fazında Fe konsantrasyonlarının değişim aralığı % 0.2-0.5, ortalama değer % 0.3' tür. En yüksek değer körfezin güneybatısında, en düşük değer körfezin doğusunda ve kuzeydoğusunda tespit edilmiştir. Yüksek değerlerin nedeni nehirlerle taşınan kolloidal demir oksihidroksitlerdir. Organik fazda Fe konsantrasyonlarının değişim aralığı % 0.008-0.3, ortalama değer % 0.2' dir (Şekil

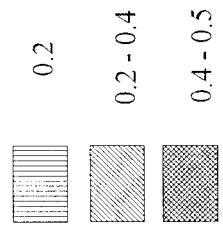


Şekil 5.1: Erdek Körfezi yüzey sedimenterinde litojen fazda Al (%) içeriğinin dağılımı.





Şekil 5.2: Erdek Körfezi yüzey sedimenterinde Fe-Mn oksidihidroksit fazında Fe (%) içeriğinin dağılımı



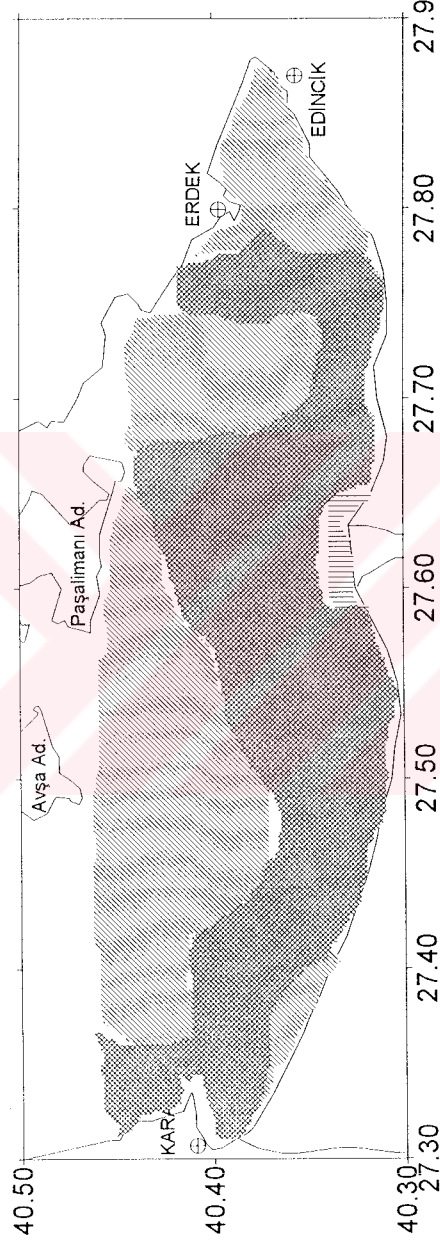
5.3). En yüksek değer körfezin batısında, orta kesimde ve doğusunda, en düşük değer Gönen Çayı dere ağzında kumlu alanda tespit edilmiştir. Bu fazdaki Fe değerleri ile organik karbon değerleri arasında yapılan korelasyonda korelasyon katasayısı (+) 0.51' dir. Residual fazda Fe konsantrasyonlarının değişim aralığı % 0.5-3.8, ortalama değer 2.8' dir (Şekil 5.4). En yüksek değer körfezin güneydoğusunda, en düşük değer doğu ucunda kumlu alanda tespit edilmiştir.

Yüzey sediment örneklerinde Fe' in selektif fazlarda % 0.007-0.3 karbonat, % 5-37 Fe-Mn oksihidroksit fazında, % 0.5-18 organik ve % 45-91 oranında residual fazda bulunduğu tespit edilmiştir. Fe tüm fazlarda kumlu alanlarda en düşük değerleri göstermektedir. Bu sonuçlar metal dağılımında silisiklastik detrital malzemenin seyreltici etkisini de göstermektedir.

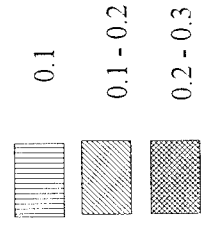
### **Mangan**

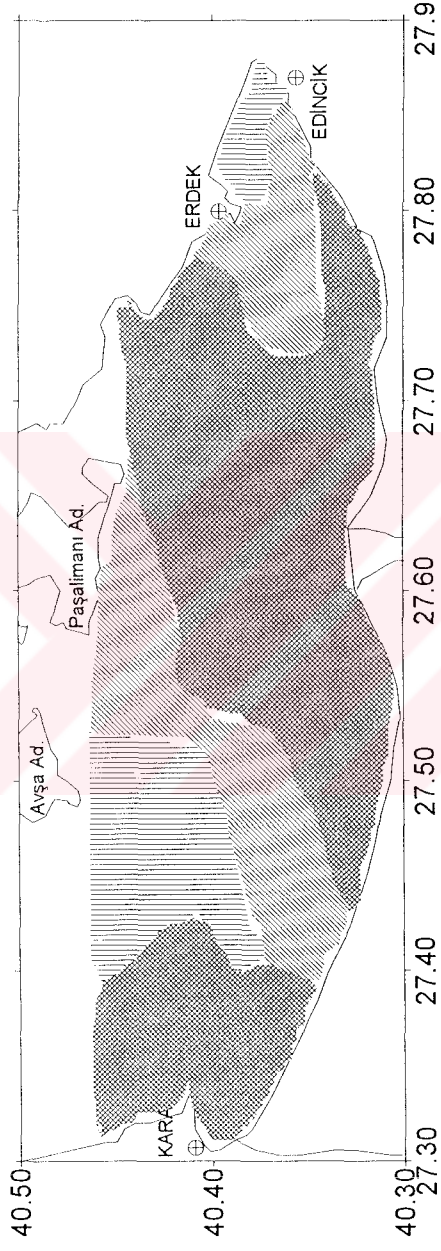
Karbonat fazında Mn konsantrasyonlarının değişim aralığı 7-170 ppm, ortalama değer 82 ppm' dir (Şekil 5.5). En yüksek değer körfezin doğusunda, en düşük değer batısında kumlu alanda tespit edilmiştir. Bu fazdaki dağılımlar incelendiğinde yüksek konsantrasyondaki örneklerin körfezin kuzeybatısında, orta kesimde ve doğusunda yoğunlaştığı tespit edilmiştir. Fe-Mn oksihidroksit fazında Mn konsantrasyonlarının değişim aralığı 63-470 ppm, ortalama değer 161 ppm' dir (Şekil 5.6). En yüksek değer körfezin kuzeybatısında kumlu alanda, en düşük değer Gönen Çayı dere ağzında tespit edilmiştir. Bu fazdaki Mn dağılımları incelendiğinde yüksek yoğunluktaki örneklerin körfezin kuzeyinde toplandığı görülmüştür. Organik fazda Mn konsantrasyonlarının değişim aralığı 10-99 ppm, ortalama değer 49 ppm' dir (Şekil 5.7). En yüksek değer körfezin orta kesiminin kuzeyinde, en düşük değer doğu ucunda kumlu alanda tespit edilmiştir. Bu fazdaki dağılımlar incelendiğinde yüksek konsantrasyondaki örneklerin körfezin orta kesiminde ve doğusunda yoğunlaştığı görülmüştür. Bu fazdaki Mn konsantrasyonları ile organik karbon değerleri arasında yapılan korelasyonda korelasyon katsayısı (+) 0.42' dir. Residual fazda Mn konsantrasyonlarının değişim aralığı 31-375 ppm, ortalama değer 210 ppm' dir (Şekil 5.8). En yüksek değer körfezin güneydoğusunda, en düşük değer doğu ucunda tespit edilmiştir.



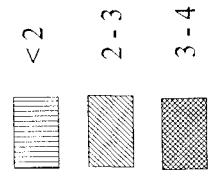


Şekil 5.3: Erdek Körfezi yüzey sedimentlerinde organik fazda Fe (%) içeriğinin dağılımı.

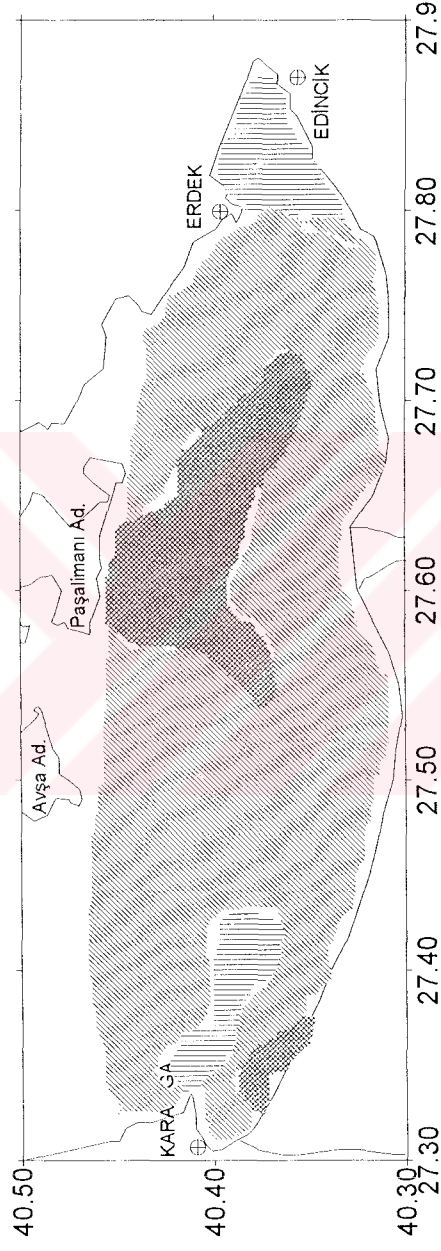




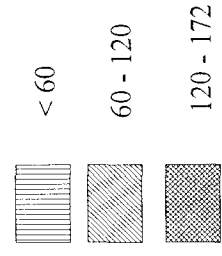
Şekil 5.4: Erdek Körfezi yüzey sedimenterinde litojen fazda Fe (%) içeriğinin dağılımı.

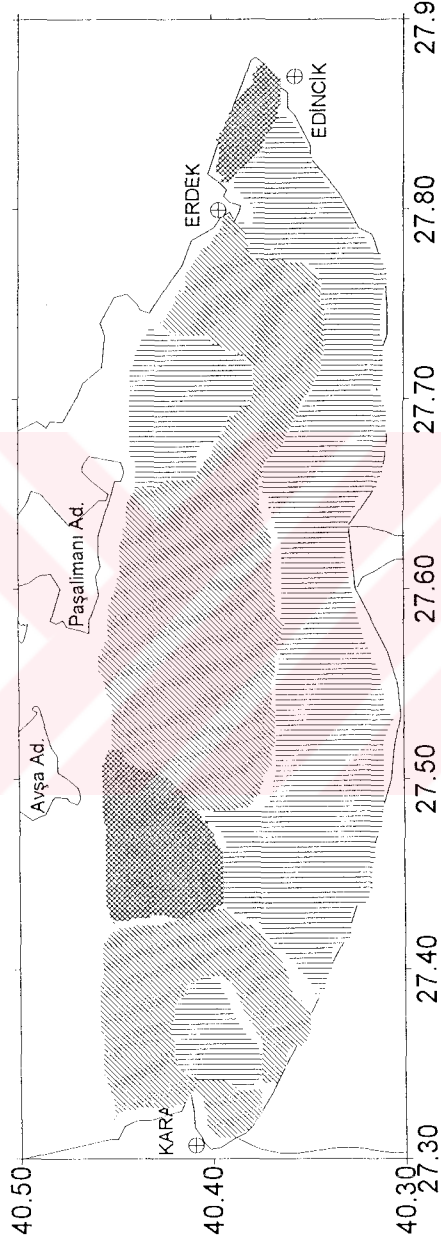




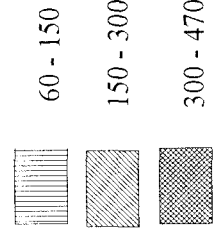


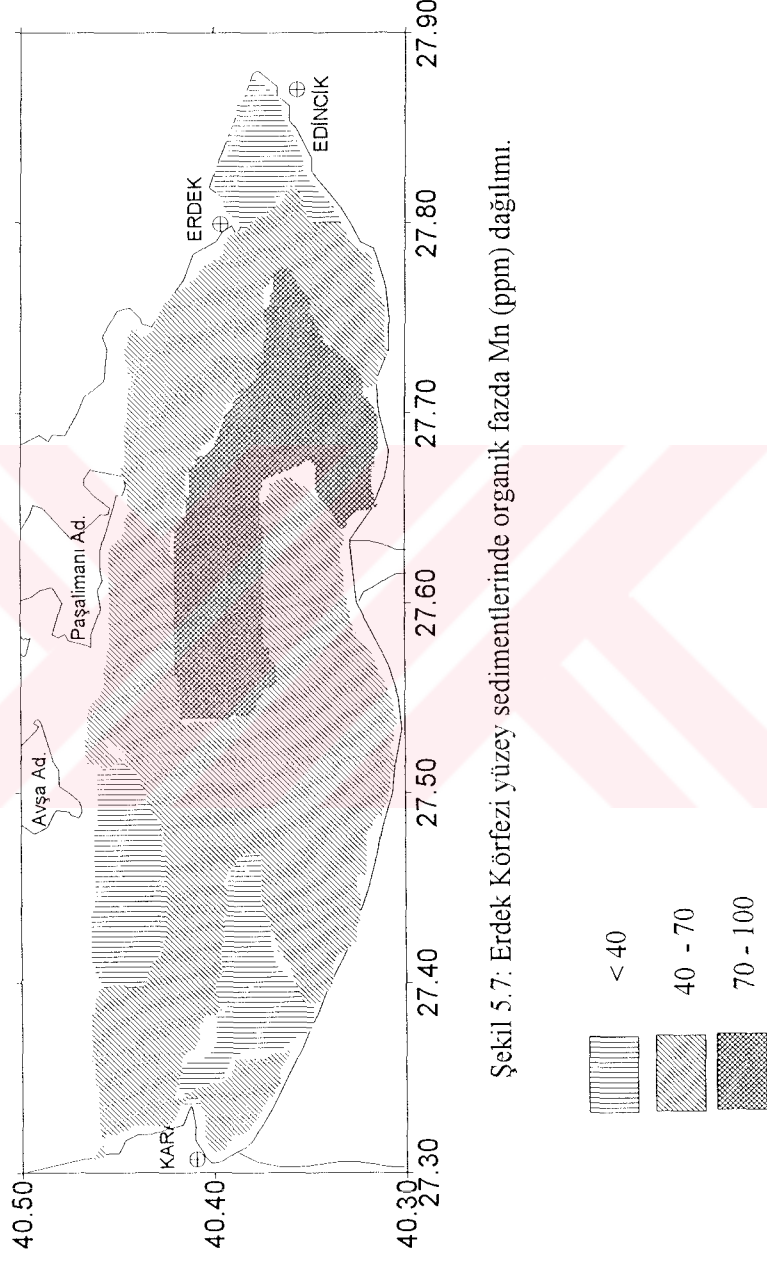
Şekil 5.5: Erdek Körfezi yüzey sedimentlerinde karbonat fazında Mn (ppm) dağılımı.



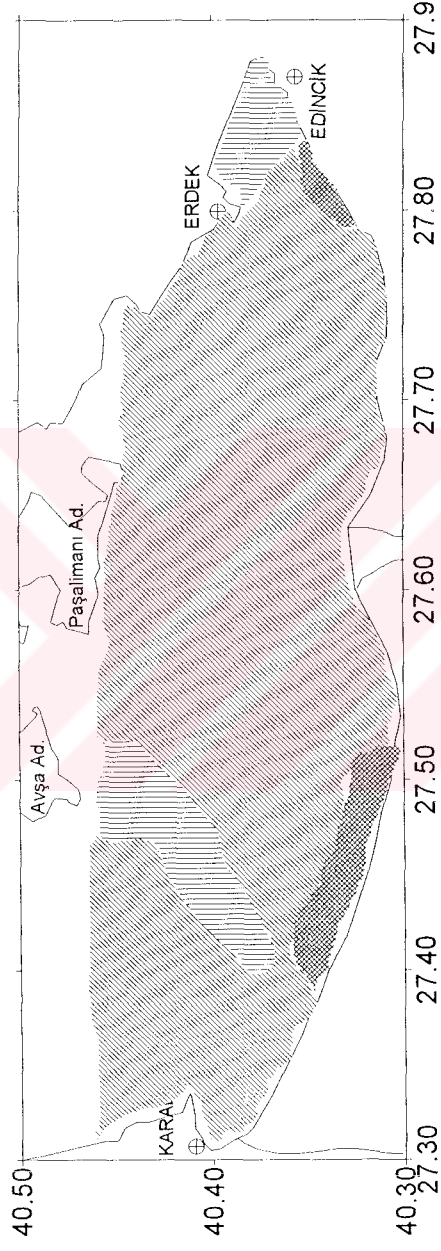


Şekil 5.6: Erdek Körfezi yüzey sedimentlerinde Fe-Mn oksihidroksit fazında Mn (ppm) dağılımı.

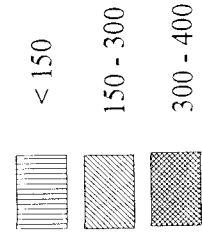




Şekil 5.7: Erdek Körfezi yüzey sedimentlerinde organik fazda Mn (ppm) dağılımı.



Şekil 5.8: Erdek Körfezi yüzey sedimentlerinde litojen fazda Mn (ppm) dağılımı.

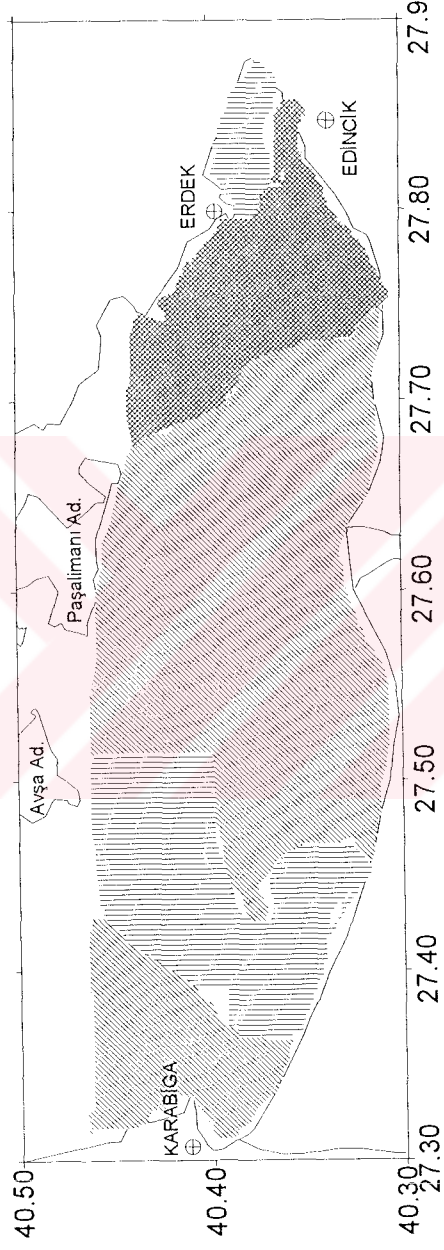


Yüzey sediment örneklerinde Mn' nin selektif fazlarda % 2-30 karbonat, % 14-78 Fe-Mn oksihidroksit, % 3-15 organik ve % 10-75 oranında residual fazda bulunduğu tespit edilmiştir. En yüksek değerlerde residual fazda, ikinci olarak Fe-Mn oksihidroksit fazında bulunmaktadır.

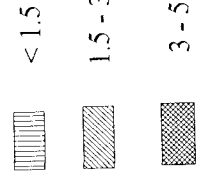
### **Kurşun**

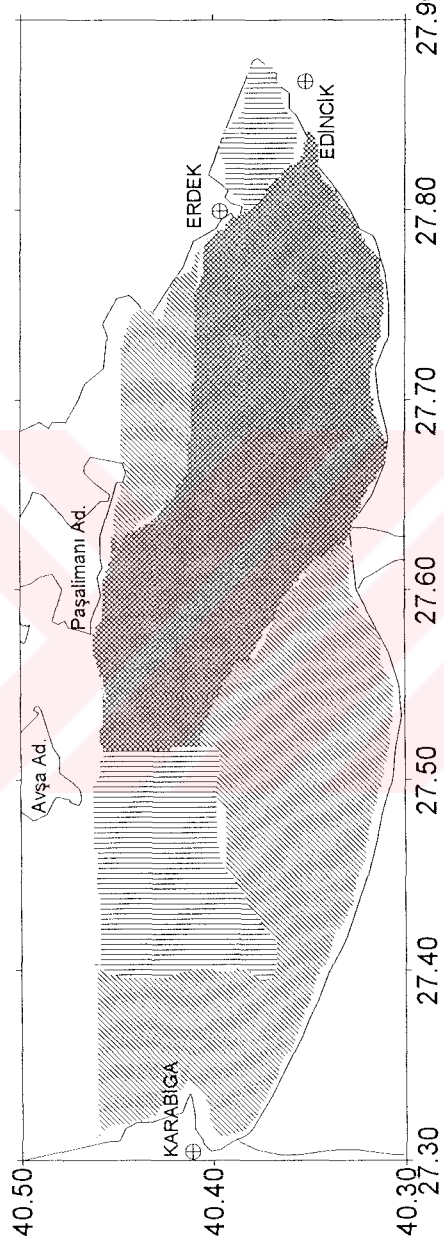
Karbonat fazında Pb konsantrasyonlarının değişim aralığı 0.1-5 ppm, ortalama değer 2 ppm' dir (Şekil 5.9). En yüksek değer körfezin kuzeydoğusunda, en düşük değer batısında kumlu alanda tespit edilmiştir. Bu fazdaki dağılımlar incelendiğinde yüksek konsantrasyonların körfezin doğusunda ve orta kesimlerinde yoğunlaştığı görülmüştür. Fe-Mn oksihidroksit fazında Pb konsantrasyonlarının değişim aralığı 6-18 ppm, ortalama değer 13 ppm' dir (Şekil 5.10). En yüksek değer körfezin doğusunda, en düşük değer Gönen Çayı ağzında kumlu alanda tespit edilmiştir. Bu fazdaki dağılımlar incelendiğinde yüksek konsantrasyonların körfezin doğusunda yoğunlaştığı görülmüştür. Organik fazda Pb konsantrasyonlarının değişim aralığı 3-15 ppm, ortalama değer 9 ppm' dir (Şekil 5.11). En yüksek değer körfezin orta kesiminde, en düşük değer doğu ucunda kumlu alanda tespit edilmiştir. Bu fazdaki dağılımlar incelendiğinde yüksek değerlerin körfezin güneyinde yoğunlaştığı görülmüştür. Organik fazdaki Pb konsantrasyonları ile organik karbon değerleri arasında yapılan korelasyonda korelasyon katsayısı (+) 0.70' dir. Bu sonuçlar karasal (doğal ve antropojenik) nehir girdilerini işaret etmektedir. Residual(Litojen) fazda Pb konsantrasyonlarının değişim aralığı 4-56 ppm, ortalama değer 19 ppm' dir (Şekil 5.12 ). En yüksek değer körfezin güneybatısında, en düşük değer batısında kumlu alanda tespit edilmiştir. Bu fazdaki dağılımlar incelendiğinde yüksek değerlerin körfezin güneyinde yoğunlaştığı görülmüştür. Bu sonuçlar karasal nehir girdilerini işaret etmektedir.

Yüzey sediment örneklerinde Pb' nun selektif fazlarda % 0.7-10 karbonat % 12-52 Fe-Mn oksihidroksit, % 11-33 organik ve % 17-68 oranında residual fazda bulunduğu tespit edilmiştir. Böylece Pb en yüksek değerlerde residual fazda, ikinci olarak Fe-Mn oksihidroksit fazında bulunmaktadır.

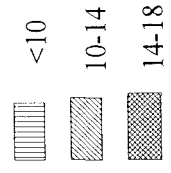


Şekil 5.9: Erdek Körfezi yüzey sedimentlerinde karbonat fazında Pb (ppm) dağılımı.

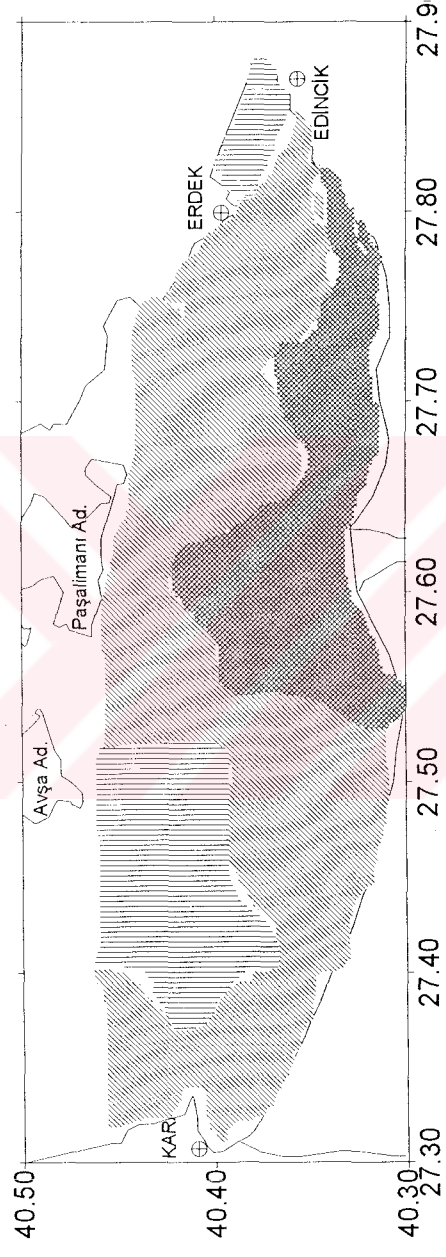




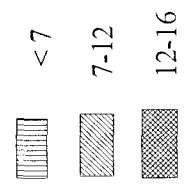
Şekil 5.10: Erdek Körfezi yüzey sedimentlerinde Fe-Mn oksihidroksit fazında Pb (ppm) dağılımı.



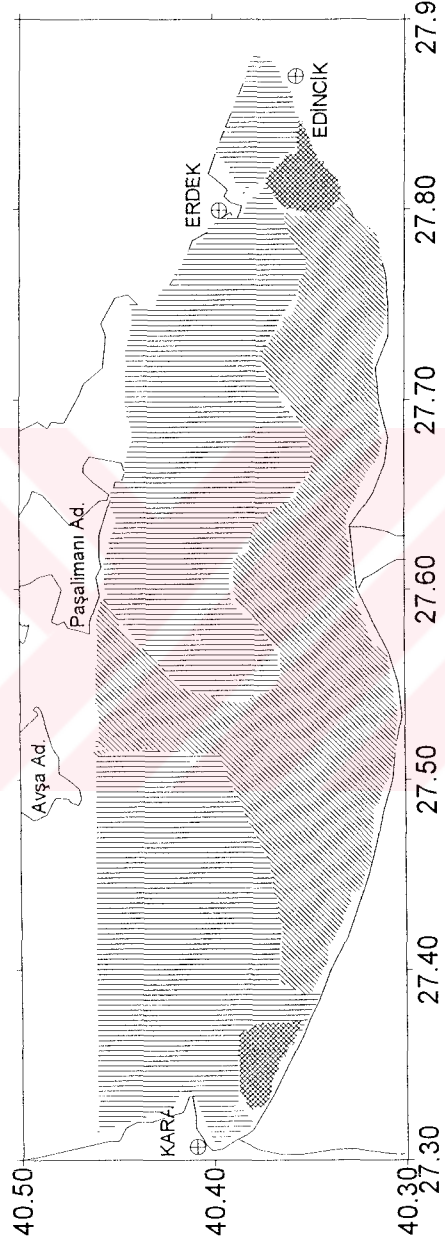




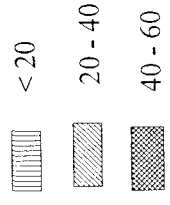
Şekil 5.11: Erdek Körfezi yüzey sedimentlerinde organik fazda Pb (ppm) dağılımı.







Şekil 5. 12: Erdek Körfezi yüzey sedimentlerinde litojen fazda Pb (ppm) dağılımı.



## **Bakır**

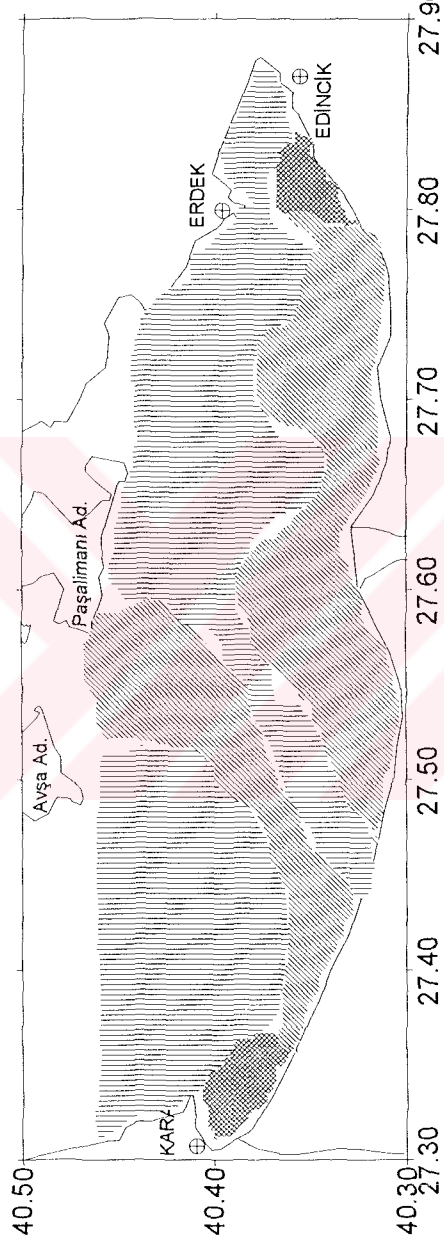
Karbonat fazında Cu konsantrasyonlarının değişim aralığı 0.6-9 ppm, ortalama değer 3 ppm' dir (Şekil 5.13). En yüksek değer körfezin güneybatısında, en düşük değer Avşa Adası' nın güneyinde ve körfezin batısında kumlu alanlarda tespit edilmiştir.

Bu fazdaki dağılımlar incelendiğinde yüksek konsantrasyondaki örneklerin körfezin güneyinde yoğunlaştığı görülmüştür. Yüksek değerlerin nedeni karasal girdilerle açıklanabilir. Fe-Mn oksihidroksit fazında Cu konsantrasyonlarının değişim aralığı 0.1-8 ppm, ortalama değer 1 ppm' dir (Şekil 5.14). En yüksek değer körfezin güneyinde, en düşük değer doğu ucunda kumlu alanda tespit edilmiştir. Bu fazdaki dağılımlar incelendiğinde yüksek konsantrasyondaki örneklerin körfezin güneybatısında yoğunlaştığı görülmüştür. Bu sonuçlar karasal (doğal ve antropojenik) nehir girdilerine işaret etmektedir. Organik fazda Cu konsantrasyonlarının değişim aralığı 3-19 ppm, ortalama değer 8 ppm' dir (Şekil 5.15 ). En yüksek değer körfezin güneydoğusunda, en düşük değer doğu ucunda kumlu alanda tespit edilmiştir. Bu fazdaki dağılımlar incelendiğinde yüksek konsantrasyondaki örneklerin en batıda, orta kesimin güneyinde ve kuzeydoğuda yoğunlaştığı görülmüştür. Cu değerleri ile organik karbon değerleri arasında yapılan korelasyonda korelasyon katsayısı (+) 0.71' dir. Bu sonuçlar Cu' ın organik malzemede zenginleştiniğini işaret etmektedir. Residual fazda Cu konsantrasyonlarının değişim aralığı 2-43 ppm, ortalama değer 18 ppm' dir (Şekil 5.16). En yüksek değer körfezin güneydoğusunda, en düşük değer doğu ucunda kumlu alanda tespit edilmiştir. Bu fazdaki dağılımlar incelendiğinde yüksek konsantrasyondaki örneklerin körfezin doğusunda ve orta kesimde yoğunlaştığı görülmüştür.

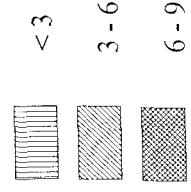
Yüzey sediment örneklerinde Cu' ın selektif fazlarda % 9-29 karbonat , % 1-18 Fe-Mn oksihidroksit, % 19-47 organik ve % 28-75 oranında residual fazda bulunduğu tespit edilmiştir. Cu en yüksek değerlerde residual fazda ikinci olarak organik fazda bulunmaktadır. Organik fazdaki değerler antropojenik girdilere işaret etmektedir.

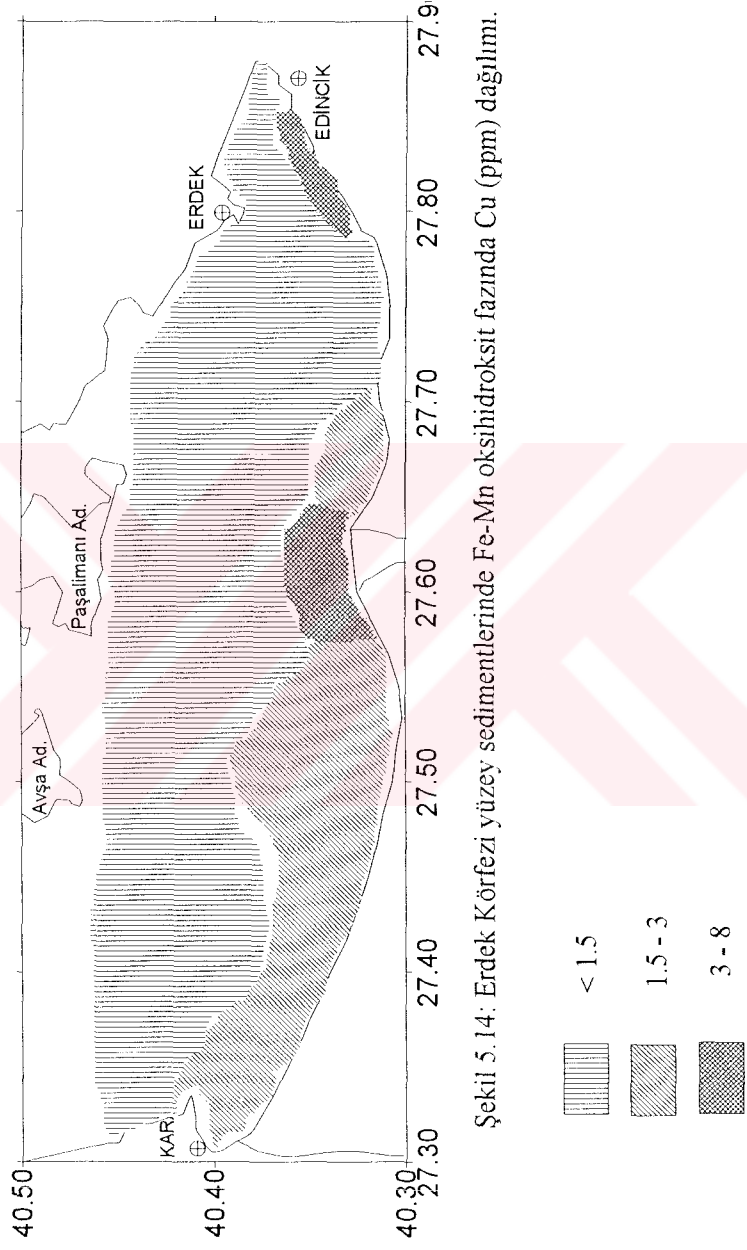
## **Çinko**

Karbonat fazında Zn konsantrasyonlarının değişim aralığı 3-83 ppm, ortalama değer 33ppm' dir (Şekil 5.17). En yüksek değer körfezin güneydoğusunda, en düşük değer doğu ucunda kumlu alanda tespit edilmiştir. Bu fazdaki dağılımlar incelendiğinde yüksek



Şekil 5.13 : Erdek Körfezi yüzey sedimentlerinde karbonat fazında Cu (ppm) dağılımı.

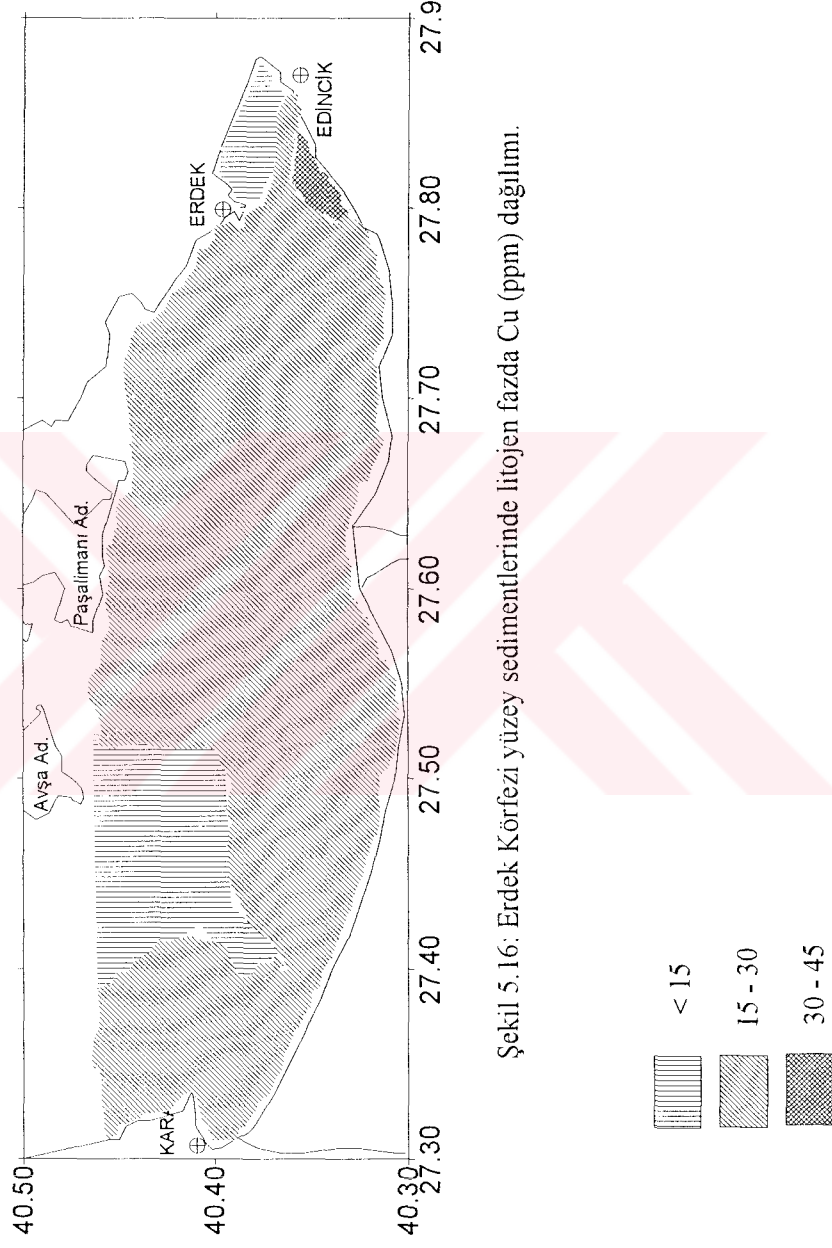




Şekil 5.14: Erdek Körfezi yüzey sedimentlerinde Fe-Mn oksihidroksit fazında Cu (ppm) dağılımı.



Şekil 5.15: Erdek Körfezi yüzey sedimentlerinde organik fazda Cu (ppm) dağılımı.



Şekil 5.16: Erdek Körfezi yüzey sedimentlerinde litojen fazda Cu (ppm) dağılımı.

konsantrasyonlardaki örneklerin körfezin güneyinde ve doğusunda yoğunlaştığı görülmüştür. Fe-Mn oksihidroksit fazında Zn konsantrasyonlarının değişim aralığı 8-52 ppm, ortalama 18 ppm' dir (Şekil 5.18). En yüksek değer körfezin güneybatısında Karabiga ağzına yakın yerde, en düşük değer Avşa Adası' nın güneyinde kumlu alanda tespit edilmiştir. Bu fazdaki dağılımlar incelendiğinde çinkonun demir dağılımına benzerlik gösterdiği ve yüksek konsantrasyonlardaki örneklerin körfezin güneyinde yoğunlaştığı görülmüştür. Bu fazdaki yüksek değerlerin nedeni, çinkonun Fe-Mn oksihidroksitlerine soğurulmuş olarak nehirlerle denizel ortama taşınmasıdır. Sonuçlar doğal ve antropojenik karasal girdilere işaret etmektedir. Organik fazda Zn konsantrasyonlarının değişim aralığı 6-23 ppm, ortalama değer 16 ppm' dir (Şekil 5.19). En yüksek değer körfezin güneybatısında Karabiga ağzına yakın yerde, en düşük değer Gönen Çayı ağzında tespit edilmiştir. Bu fazdaki dağılımlar incelendiğinde yüksek konsantrasyonlardaki örneklerin körfezin güneybatısında, orta kesimde ve doğusunda yoğunlaştığı görülmüştür. Zn değerleri ile organik karbon değerleri arasında yapılan korelasyonda korelasyon katsayısı (+) 0.65' tir. Bu sonuçlar organik maddeye bağlı olarak taşınan karasal doğal ve antropojenik nehir girdilerini işaret etmektedir. Residual fazda Zn konsantrasyonlarının değişim aralığı 7-123 ppm, ortalama değer 59 ppm' dir (Şekil 5.20). En yüksek değer körfezin güneybatısında Karabiga ağzına yakın yerde, en düşük değer doğu ucunda kumlu alanda tespit edilmiştir. Bu fazdaki dağılımlar incelendiğinde yüksek konsantrasyonlardaki örneklerin körfezin güneyinde ve orta kesimde yoğunlaştığı görülmüştür. Çinkonun residual fazdaki dağılımları toplam dağılımlarına benzerlik göstermektedir. Karabiga ağzına yakın yerlerdeki yüksek değerlerin nedeni o bölgenin gerisindeki maden yataklarından nehirlerle olan taşınımlardır.

Yüzey sediment örneklerinde Zn' nun selektif fazlarda % 6-41 karbonat , % 8-42 Fe- Mn oksihidroksit, % 9-30 organik ve % 19-53 oranında residual fazda bulunduğu tespit edilmiştir. Böylece Zn en yüksek değerlerde residual fazda, ikinci olarak karbonat ve Fe-Mn oksihidroksit fazında bulunmaktadır.





Şekil 5.17: Erdek Körfezi yüzey sedimentlerinde karbonat fazında Zn (ppm) dağılımı.



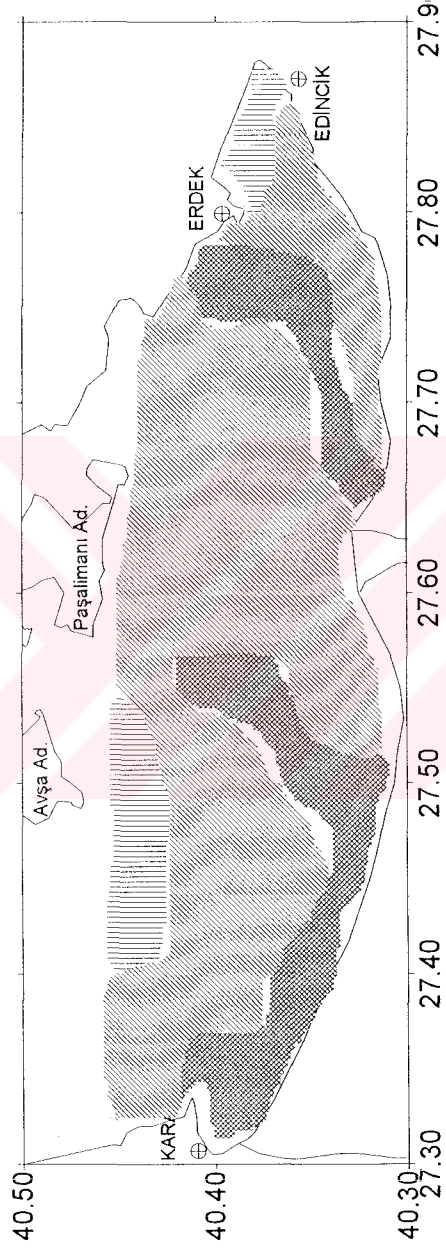


Şekil 5.18: Erdek Körfezi yüzey sedimenterinde Fe-Mn oksihidroksit fazında Zn (ppm) dağılımı.

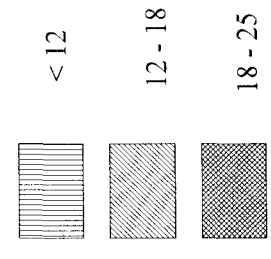
## *Nikel*

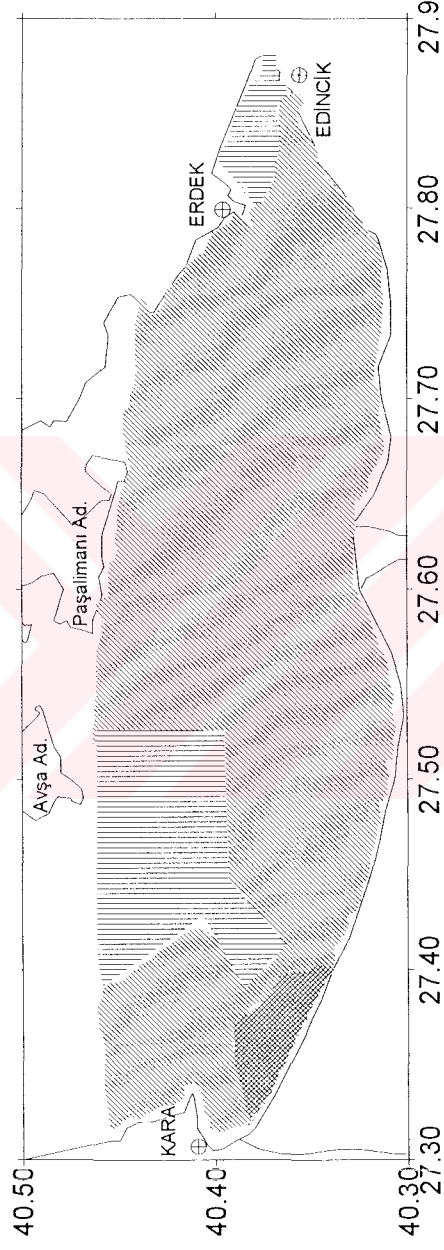
Karbonat fazında Ni konsantrasyonlarının değişim aralığı 0.04-2 ppm, ortalama değer 0.6 ppm' dir (Şekil 5.21). En yüksek değer körfezin güneydoğusunda, en düşük değer doğu ucunda kumlu alanda tespit edilmiştir. Bu fazdaki dağılımlar incelendiğinde yüksek konsantrasyondaki örneklerin körfezin güneybatısında yoğunlaştığı görülmüştür. Fe-Mn oksihidroksit fazında Ni konsantrasyonlarının değişim aralığı 0.5-9 ppm, ortalama değer 5 ppm' dir (Şekil 5.22). En yüksek değer körfezin güneydoğusunda, en düşük değer doğu ucunda kumlu alanda tespit edilmiştir. Bu fazdaki dağılımlar incelendiğinde yüksek konsantrasyondaki örneklerin körfezin batısında yoğunlaştığı tespit edilmiştir Organik fazda Ni konsantrasyonlarının değişim aralığı 2-18 ppm, ortalama değer 10 ppm' dir (Şekil 5.23). En yüksek değer körfezin güneydoğusunda, en düşük değer doğu ucunda kumlu alanda tespit edilmiştir. Bu fazdaki dağılımlar incelendiğinde yüksek konsantrasyondaki örneklerin körfezin batısında ve orta kesimlerinde yoğunlaştığı görülmüştür. Ni değerleri ile organik karbon değerleri arasında yapılan korelasyonda korelasyon katsayısı (+) 0.57' dir. Residual (litojen) fazda Ni konsantrasyonlarının değişim aralığı 4-118 ppm, ortalama değer 36 ppm' dir (Şekil 5.24). En yüksek değer körfezin güneydoğusunda, en düşük değer doğu ucunda kumlu alanda örnekte tespit edilmiştir. Bu fazdaki dağılımlar incelendiğinde yüksek konsantrasyondaki örneklerin körfezin batısında ve orta kesimlerinde ve yoğunlaştığı görülmüştür. Nikelin residual fazdaki dağılımları ile toplam dağılımları benzerlik göstermektedir.

Yüzey sediment örneklerinde Ni' in selektif fazlarda % 0.3-6 karbonat, % 7-35 Fe-Mn oksihidroksit, % 12-28 organik ve % 51-80 oranında residual fazda bulunduğu tespit edilmiştir. Nikel en yüksek değerlerde residual fazda bulunmaktadır. Tüm fazlarda en yüksek değerler körfezin güneydoğusunda tespit edilmiştir. Bunun nedeni kıyı bölgesindeki mafik ultramafik kaya birimleridir (Şekil 1.9).

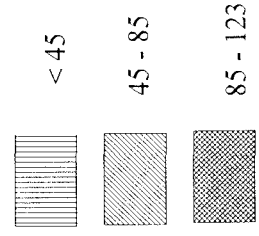


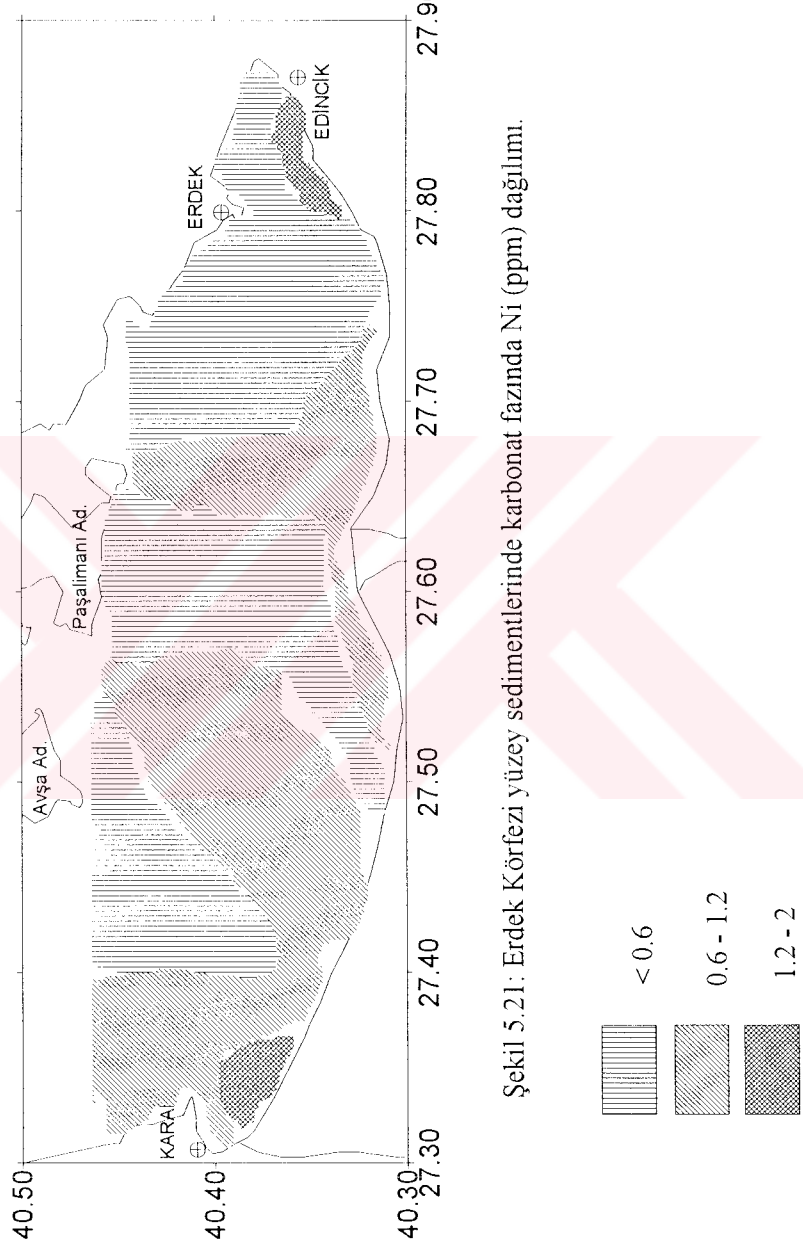
Şekil 5.19: Erdek Körfezi yüzey sedimentlerinde organik fazda Zn (ppm) dağılımı.



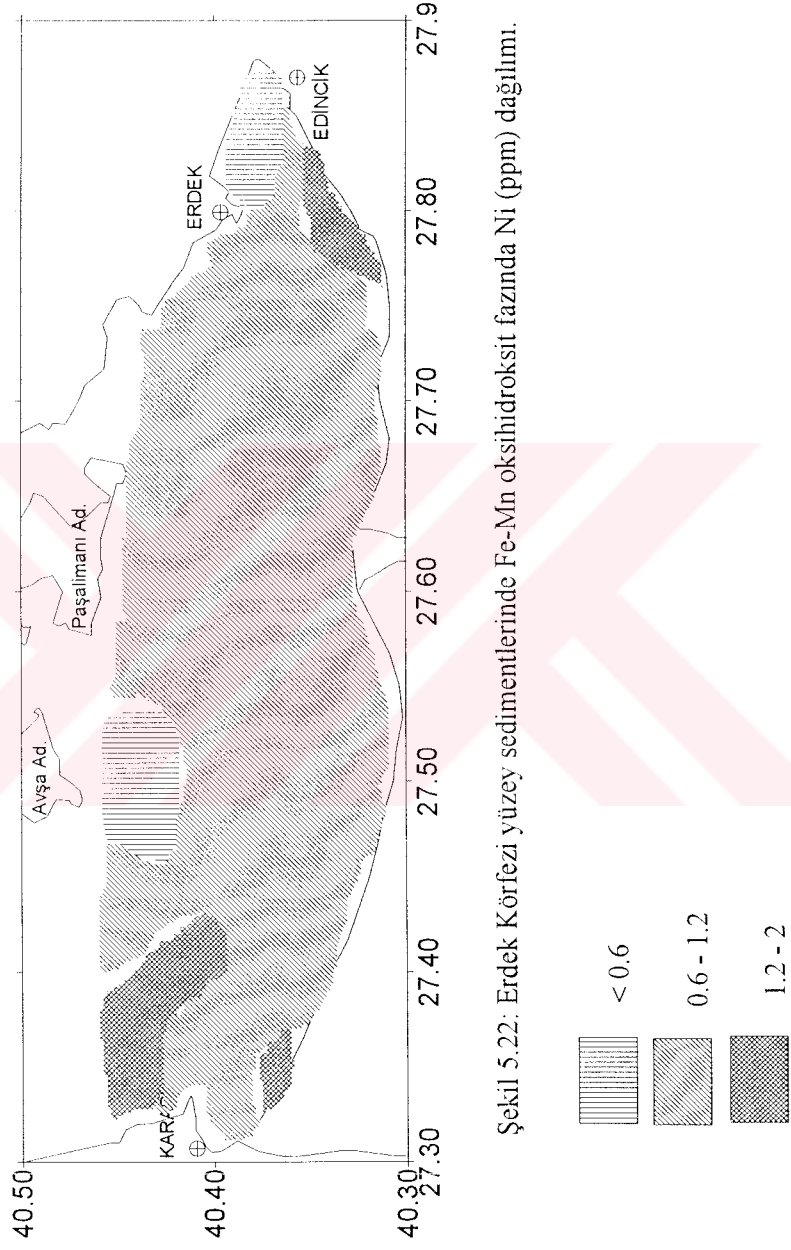


Şekil 5.20: Erdek Körfezi yüzey sedimentlerinde litojen fazda Zn (ppm) dağılımı.

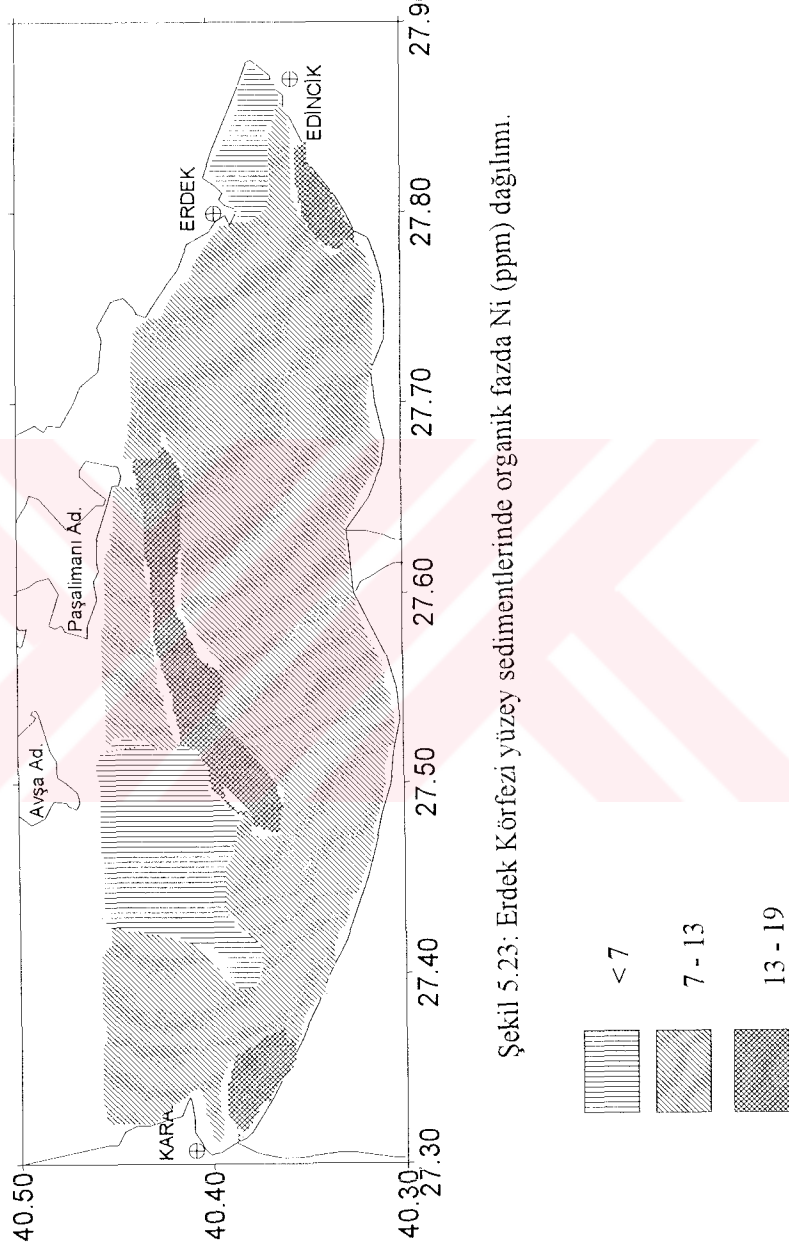




Şekil 5.21: Erdek Körfezi yüzey sedimentlerinde karbonat fazında Ni (ppm) dağılımı.

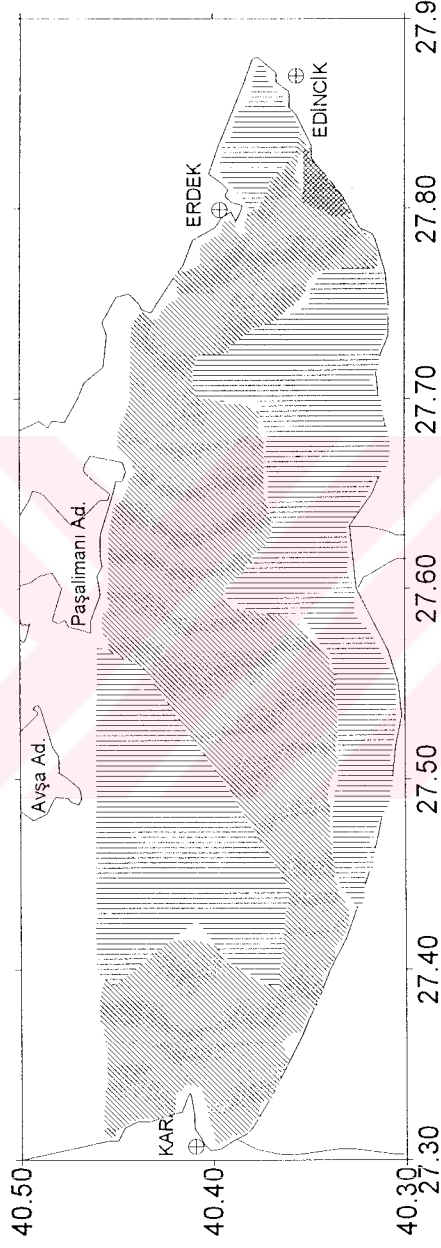


Şekil 5.22: Erdek Körfezi yüzey sedimentlerinde Fe-Mn oksihidroksit fazında Ni (ppm) dağılımı.

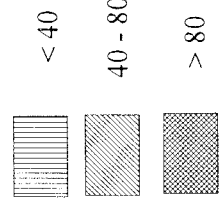


Şekil 5.23: Erdek Körfezi yüzey sedimentlerinde organik fazda Ni (ppm) dağılımı.





Şekil 5.24: Erdek Körfezi yüzey sedimentlerinde litojen fazda Ni (ppm) dağılımı.

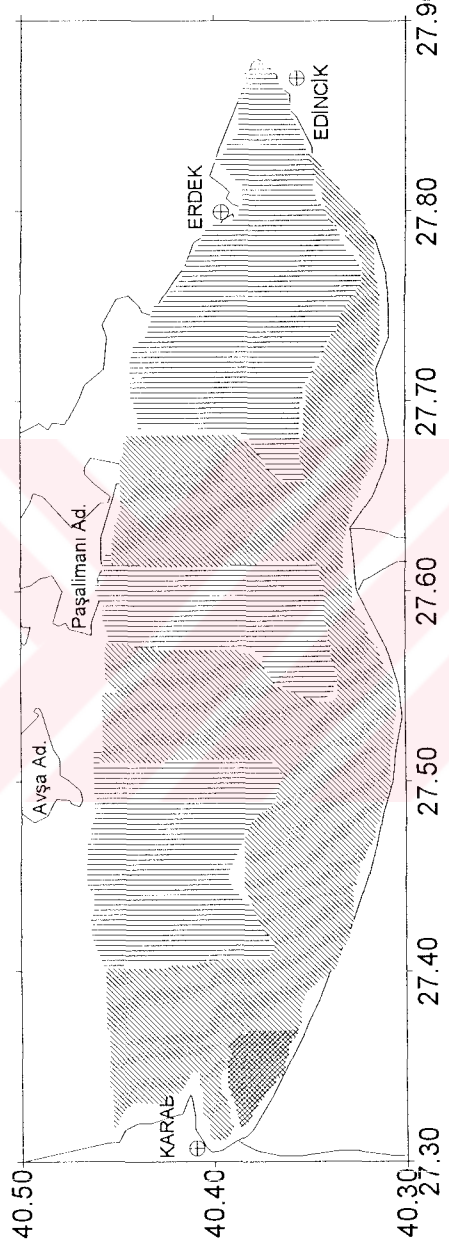




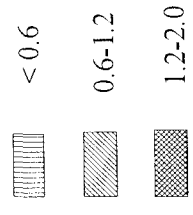
## **Kobalt**

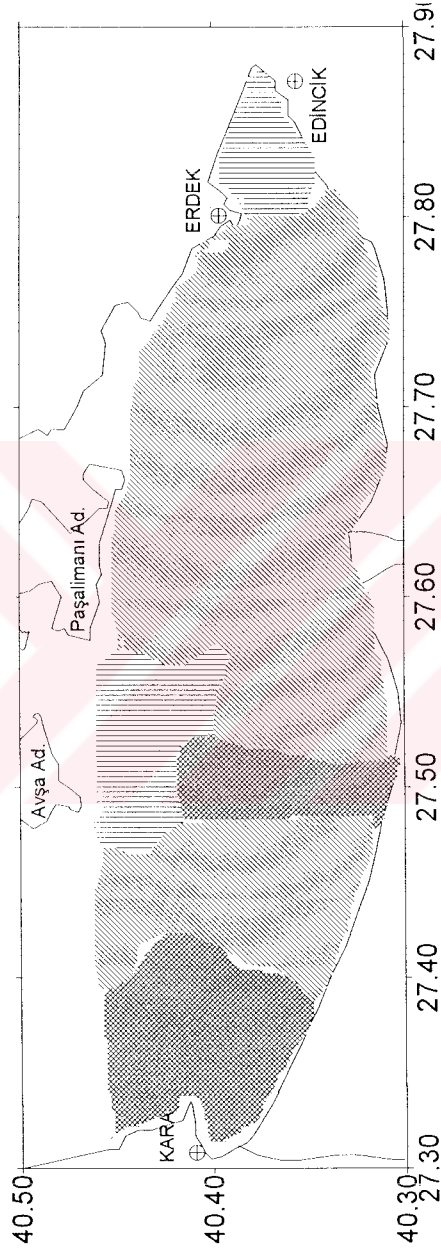
Karbonat fazında Co konsantrasyonlarının değişim aralığı 0.04-2 ppm, ortalama değer 0.6 ppm' dir (Şekil 5.25). En yüksek değer körfezin güneydoğusunda, en düşük değer doğu ucunda kumlu alanda tespit edilmiştir. Bu fazdaki dağılımlar incelendiğinde yüksek konsantrasyondaki örneklerin körfezin güneybatısında yoğunlaştığı görülmüştür. Kobaltın bu fazdaki dağılımları nikel benzerlik göstermektedir. Fe-Mn oksihidroksit fazında Co konsantrasyonlarının değişim aralığı 2-6 ppm, ortalama değer 4 ppm' dir (Şekil 5.26). En yüksek değer körfezin kuzeybatısında, en düşük değer aynı bölgede kumlu alanda tespit edilmiştir. Bu fazdaki dağılımlar incelendiğinde yüksek konsantrasyondaki örneklerin körfezin batısında yoğunlaştığı görülmüştür. Organik fazda Co konsantrasyonlarının değişim aralığı 1-6 ppm, ortalama değer 4 ppm' dir (Şekil 5.27). En yüksek değer körfezin doğusunda, en düşük değer aynı bölgede kumlu alanda tespit edilmiştir. Bu fazdaki dağılımlar incelendiğinde yüksek konsantrasyondaki örneklerin körfezin orta kesimlerinde yoğunlaştığı görülmüştür. Co değerleri ile organik karbon değerleri arasında yapılan korelasyonda korelasyon katsayısı (+) 0.34' tür. Residual (litojen) fazda Co konsantrasyonlarının değişim aralığı 1-17 ppm, ortalama değer 9 ppm' dir (Şekil 5.28). En yüksek değer körfezin kuzeyinde, en düşük değer Gönen Çayı ağzında tespit edilmiştir. Bu fazdaki dağılımlar incelendiğinde yüksek konsantrasyondaki örneklerin körfezde dağınık bir şekilde yayıldığı görülmüştür.

Yüzey sediment örneklerinde Co' in selektif fazlarda dağılımı; % 0.5-11 karbonat, % 12-53 Fe-Mn oksihidroksit, % 9-35 organik ve % 11-68 oranında residual fazda bulunduğu tespit edilmiştir. En yüksek değerlerde residual fazda ikinci olarak Fe-Mn oksihidroksit fazında bulunmaktadır. Buna göre körfezde yüzey sedimentlerinde kobalt dağılımında etkili olan mekanizmalardan biri de Fe-Mn oksihidroksitlerle olan taşınımlardır.

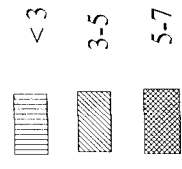


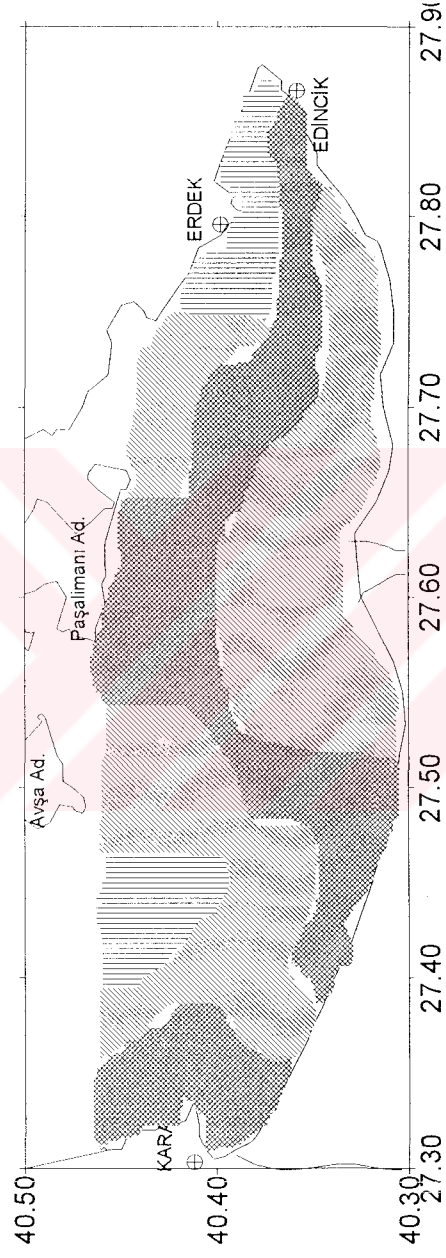
Şekil 5.25: Erdek Körfezi yüzey sedimentlerinde karbonat fazında Co (ppm) dağılımı.



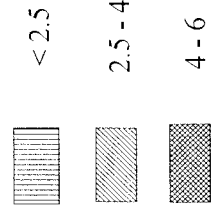


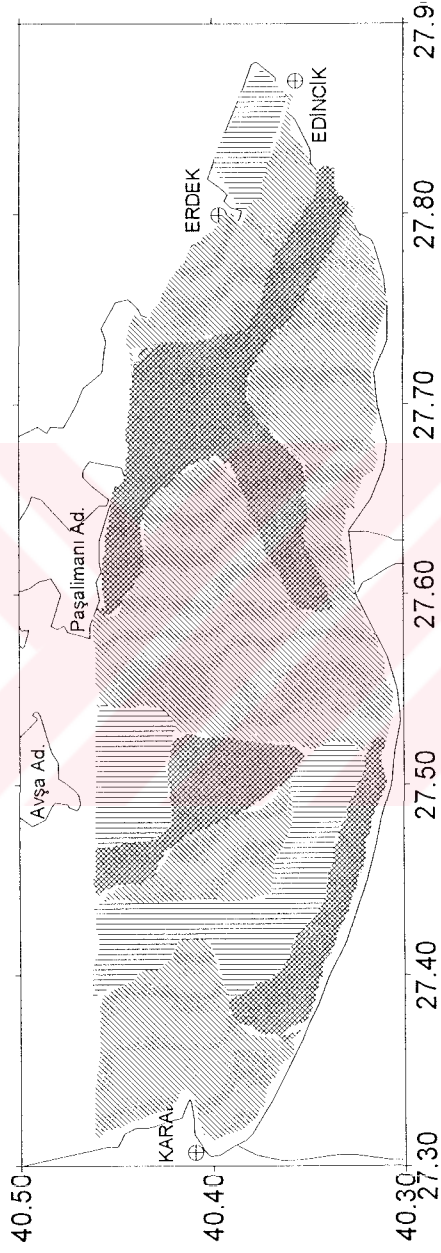
Şekil 5.26: Erdek Körfezi yüzey sedimentlerinde Fe-Mn oksihidroksit fazında Co (ppm) dağılımı.



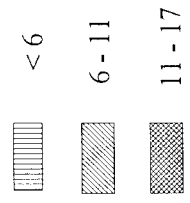


Şekil 5.27: Erdek Körfezi yüzey sedimentlerinde organik fazda Co (ppm) dağılımı.





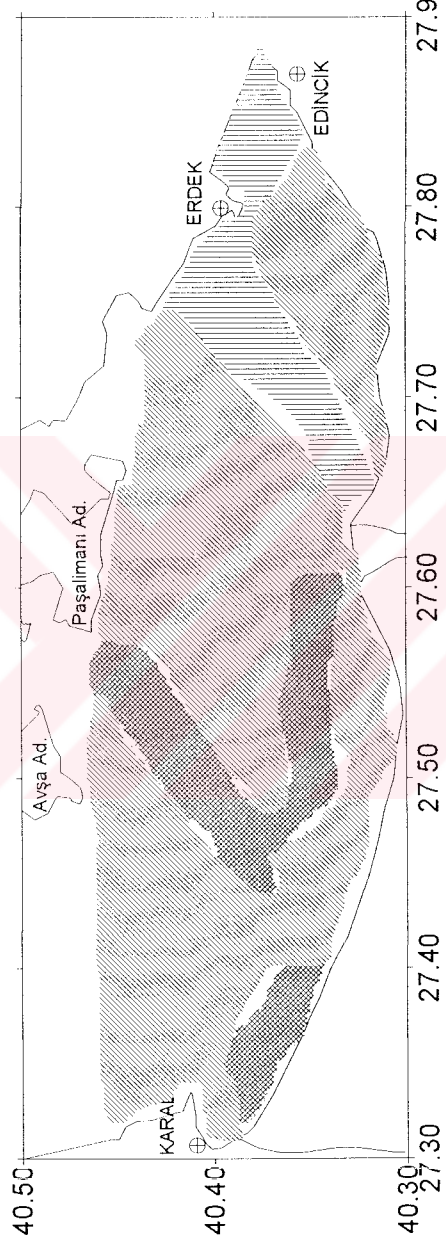
Şekil 5.28: Erdek Körfezi yüzey sedimentlerinde litojen fazda Co (ppm) dağılımı.



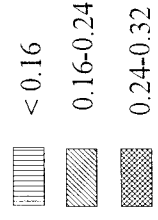
## **Krom**

Karbonat fazında Cr konsantrasyonlarının değişim aralığı 0.07-0.3 ppm, ortalama değer 0.2 ppm' dir (Şekil 5.29). En yüksek değer Gönen Çayı ağzında, en düşük değer körfezin güneydoğusunda tespit edilmiştir. Bu fazdaki dağılımlar incelendiğinde yüksek konsantrasyondaki örneklerin körfezin batısında ve orta kesimlerinde yoğunlaştığı görülmüştür. Fe-Mn oksihidroksit fazında Cr konsantrasyonlarının değişim aralığı 2-69 ppm, ortalama değer 8 ppm' dir (Şekil 5.30). En yüksek değer Gönen Çayı ağzında, en düşük değer körfezin kuzeybatısında kumlu alanda tespit edilmiştir. Bu fazdaki dağılımlar incelendiğinde yüksek yoğunluktaki örneklerin körfezin güneyinde yoğunlaştığı görülmüştür. Organik fazda Cr konsantrasyonlarının değişim aralığı 3-46 ppm, ortalama değer 11 ppm' dir (Şekil 5.31). En yüksek değer Gönen Çayı ağzında, en düşük değer körfezin doğu ucunda kumlu alanda tespit edilmiştir. Bu fazdaki dağılımlar incelendiğinde yüksek konsantrasyondaki örneklerin körfezin güneybatısında ve güneyinde kıyıya paralel bir zon boyunca yoğunlaştığı görülmüştür. Cr değerleri ile organik karbon değerleri arasında yapılan korelasyonda korelasyon katsayısı (+) 0.62' dir. Buna göre körfezde yüzey sedimentlerinde krom dağılımında etkili olan mekanizmalarından biri de organik maddeye soğurulmak suretiyle karadan olan antropojenik ve doğal taşınımlardır. Residual (litojen) fazda Cr konsantrasyonlarının değişim aralığı 9-269 ppm, ortalama değer 82 ppm' dir (Şekil 5.32). En yüksek değer körfezin güneydoğusunda, en düşük değer doğu ucunda kumlu alanda tespit edilmiştir. Bu fazdaki dağılımlar incelendiğinde yüksek konsantrasyondaki örneklerin körfezin güneybatısında, orta kesimlerde ve güneydoğusunda yoğunlaştığı görülmüştür.

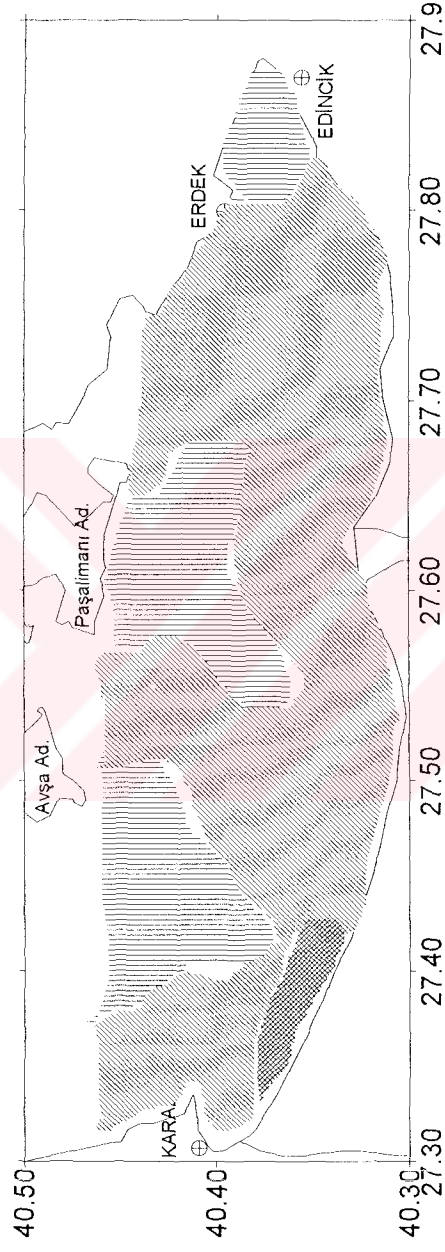
Yüzey sediment örneklerinde Cr' un selektif fazlarda % 0.1-1 karbonat, % 2-46 Fe-Mn oksihidroksit, % 6-29 organik, % 35-92 oranında residual fazda bulunduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada Cr en yüksek değerlerde residual fazda bulunmaktadır. İlk üç fazda en yüksek değer Gönen Çayı ağzında tespit edilmiştir. Bu sonuçlar karasal (doğal ve antropojenik) nehir girdilerine işaret etmektedir. Litojen fazdaki en yüksek değerin nedeni ise o bölgenin gerisindeki ultramafik ve mafik magmatik kaya birimleridir (Şekil 1.9). Toplam Cr dağılımında da aynı durum görülmektedir.



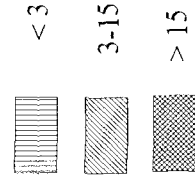
Şekil 5.29: Erdek Körfezi yüzey sedimentlerinde karbonat fazında Cr (ppm) dağılımı.



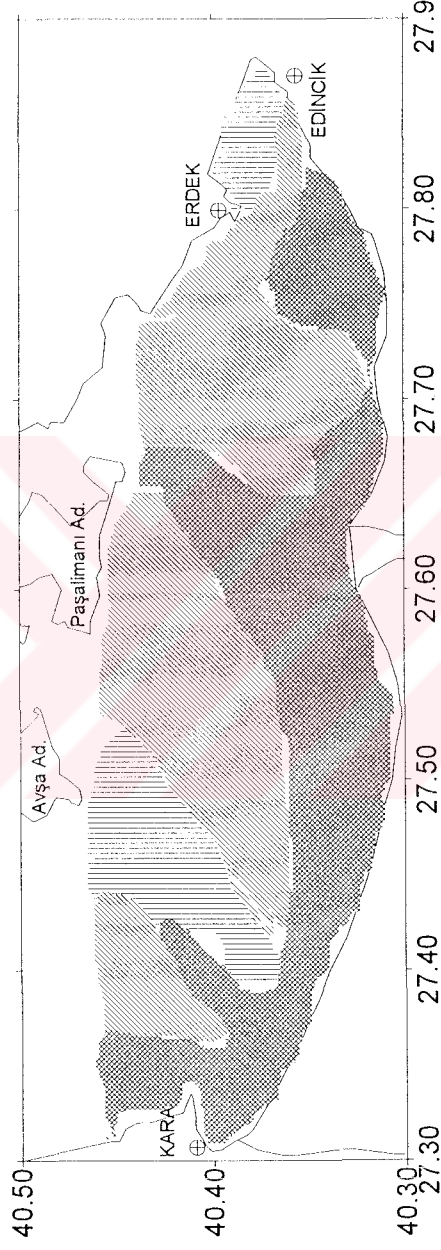




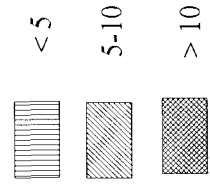
Şekil 5.30: Erdek Körfezi yüzey sedimentlerinde Fe-Mn oksitlerindeki Fe-Mn oksitlerindeki Cr (ppm) dağılımı.

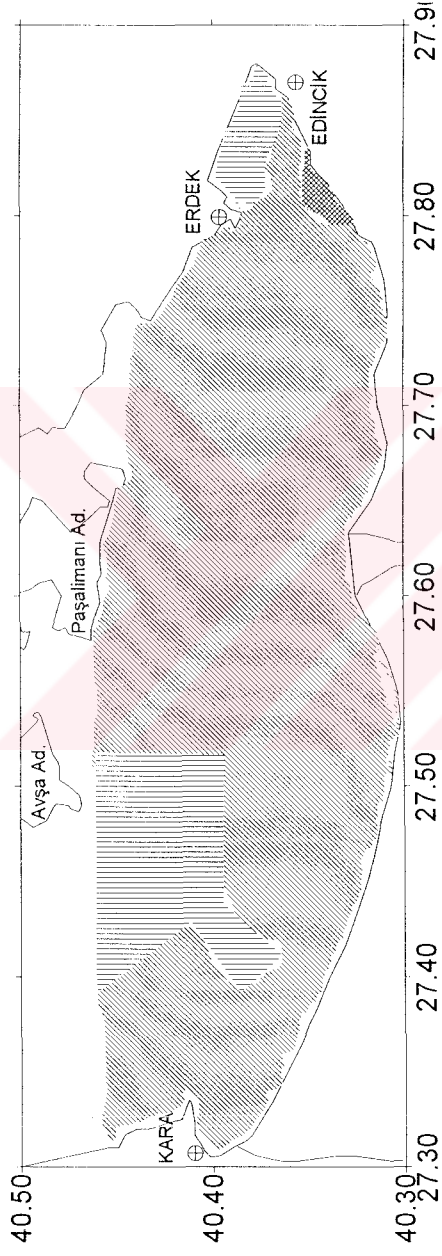




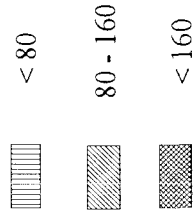


Şekil 5.31: Erdek Körfezi yüzey sedimentlerinde organik fazda Cr (ppm) dağılımı.





Şekil 5.32: Erdek Körfezi yüzey sedimentlerinde litojen fazda Cr (ppm) dağılımı.



Tablo 5.1: Organik maddeye bağılı fraksiyonlardaki metal konsantrasyonları ( ppm) ile toplam organik karbon konsantrasyonları (%) arasındaki korelasyon katsayıları ( r ).

Org. faz	Fe	Mn	Pb	Cu	Zn	Ni	Co	Cr
Corg	0.51	0.42	0.70	0.71	0.65	0.57	0.34	0.62

### 5.1.1. Tartışma

Selektif fazlarda yapılan incelemelerde Fe, Mn, Pb, Cu, Zn, Ni, Co ve Cr metallерinin tümü residual (litojen ) fazda en yüksek oranlarda bulunmuştur. Residual faz birincil mineraller ve elementel bileşiklerinin kararlı formlarda olduğu ikincil mineralleri içerir (Engler, Brannon & J. Rose, 1977). Bu da Erdek Körfezi' ndeki yüksek metal değerlerinin antropojenik olmadığını, büyük ölçüde körfeze dökülen akarsularla kırıntı malzemedен kaynaklandığını göstermektedir. Dağılımları incelenen metaller ikinci olarak Fe-Mn oksihidroksit fazında yüksek oranlarda bulunmuştur. Denizel ortama tatlı sularla koloidal olarak giren Fe ve Mn oksihidroksitleri tuzlu ortamda çökerler. Çökelmeleri sırasında su kolonundaki metalleri yüzeylerine adsorblayarak, sedimentlerde metal birikimine neden olurlar (Gibbs, 1973; Balistrieri & Murray, 1983; Balistrieri & Murray, 1986; Belzile ve diğ., 1989). Ayrıca organik fazdaki metal değerleri ile organik karbon değerleri arasında yapılan korelasyonlarda özellikle Pb, Cu, Zn ve Cr' un yüksek korelasyonlar gösterdiği tespit edilmiştir (Tablo 5.1). Bu sonuçlar adı geçen metallerin organik malzemedе konsantre olduğuna işaret etmektedir. Fe- Mn oksihidroksit ve organik fazdaki dağılımlar aynı zamanda antropojenik girdileri de göstermektedir.

### 5.2. Korlarda Metallerin Fe-Mn Fazında Dağılımı

Kor örneklerinde ortamın redoks koşullarını belirlemek amacıyla Fe-Mn oksihidroksit çözünürleştirilmesi çalışılmıştır. Bu faz, oksik koşullar altında kararlı olan Fe-Mn oksihidroksitlerini ve anoksik koşullar altında sülfidleriyle birlikte çöken, indirgenabilir (mobil) metal birikimlerini içerir. Sedimentin sülfat indirgeme ve

metanojenez zonlarında indirgenen Fe-Mn bileşikleri yükseltgeyici koşullarda oksihidroksitleri halinde çöker. Çökme sırasında bu oksihidroksitler üzerine soğurulmuş olarak K, Ni, Co, Pb, Cu, Zn ve Ba gibi metal iyonları da yüksek konsantrasyonlarda bulunmaktadır(Krauskopf, 1979).

Bu nedenle Fe-Mn oksihidroksit fazı aynı zamanda sedimentteki hareketli metal miktarlarını da vermektedir. Fe-Mn oksihidroksitleri diyajenez olayları sırasında indirgeyici ortamlarda indirgenerek, çözünür hala geçtiklerinde adsorbe ettikleri Pb, Cu, Zn, Ni ve Co gibi metalleri de serbest bırakıp, beraberinde aşağı- yukarı oksid zonlara doğru difüze olmalarına neden olurlar (Kersten & Förstner, 1987).

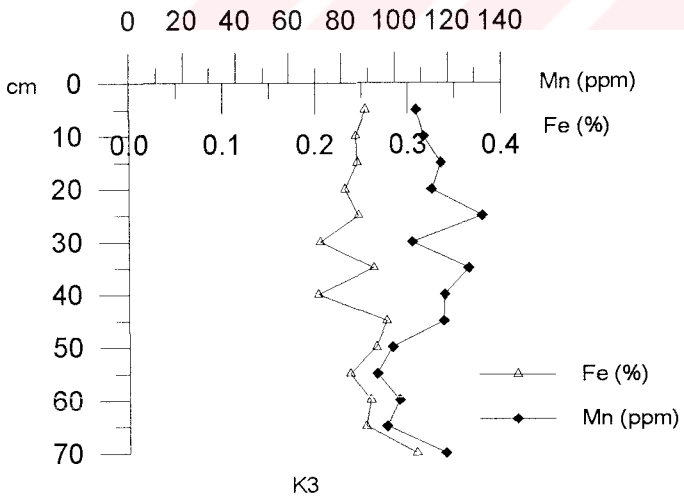
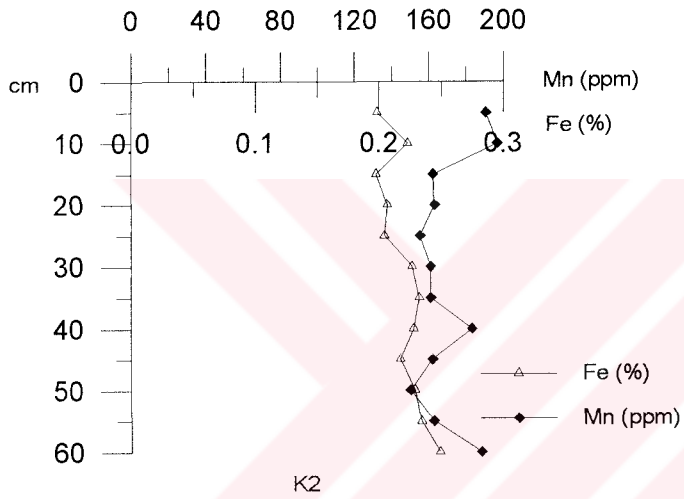
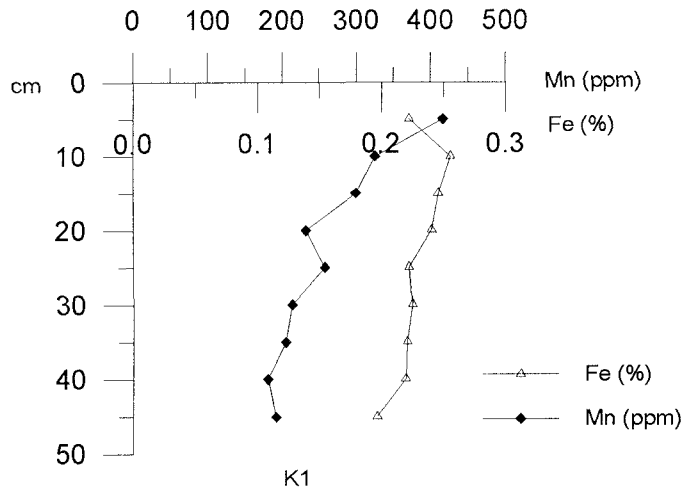
### ***Demir ve Mangan***

K1 nolu korda Fe ve Mn konsantrasyonlarının kor derinliği ile değişimi Şekil 5.33' te gösterilmiştir. Fe ve Mn' nin değişim aralığı % 0.2-0.3 ve 180-416 ppm, ortalama değer % 0.2 ve 250 ppm' dir. Mn en yüksek konsantrasyonda 5cm' de tespit edilmiştir. Fe ve Mn yukarı doğru artan bir trend göstermektedir.

K2 nolu korda Fe ve Mn konsantrasyonlarının kor derinliği ile değişimi Şekil 5.33' te gösterilmiştir. Fe ve Mn' nin değişim aralığı % 0.2-0.3 ve 150-197 ppm, ortalama değer % 0.2 ve 170 ppm' dir. Mn en yüksek konsantrasyonda 5 ve 10 cm' lerde tespit edilmiştir. Fe yukarı doğru azalan bir trend, Mn ise sediment kolonu boyunca düzensiz artış ve azalışlar göstermektedir.

K3 nolu korda Fe ve Mn konsantrasyonlarının kor derinliği ile değişimi Şekil 5.33' te gösterilmiştir. Fe ve Mn' nin değişim aralığı % 0.2-0.3 ve 93-133 ppm, ortalama değer % 0.2 ve 112 ppm' dir. Mn en yüksek konsantrasyonda 25 cm' de tespit edilmiştir. Fe yukarı doğru azalan bir trend, Mn ise sediment kolonu boyunca düzensiz artış ve azalışlar göstermektedir.

GM1 nolu korda Fe ve Mn konsantrasyonlarını kor derinliği ile değişimi Şekil 5.34' te gösterilmiştir. Fe ve Mn' nin değişim aralığı % 0.2-0.3 ve 180-411 ppm, ortalama değer % 0.2 ve 285 ppm' dir.



Şekil 5.33: K1, K2 ve K3 no' lu kollarında Fe-Mn oksihidroksit fazında Fe (%) ve Mn (ppm) içeriklerinin kor boyunca değişimleri.

Mn en yüksek konsantrasyonda 80 cm' de tespit edilmiştir. Fe yukarı doğru artan bir trend sergilemektedir. Mn, toplam Mn profiline benzer bir özellik göstermektedir. 50-90 cm seviyelerindeki artışın nedeni diyajenez zonlarına bağlı olarak ortamın redoks koşullarıdır.

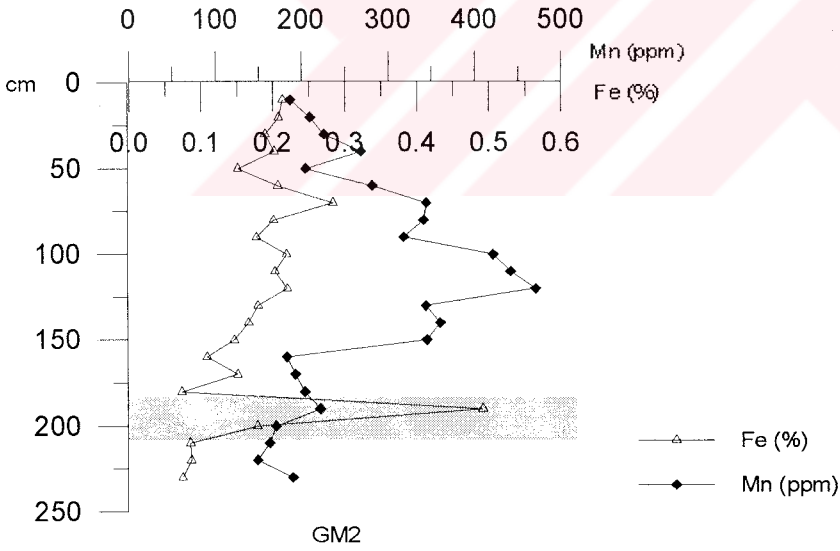
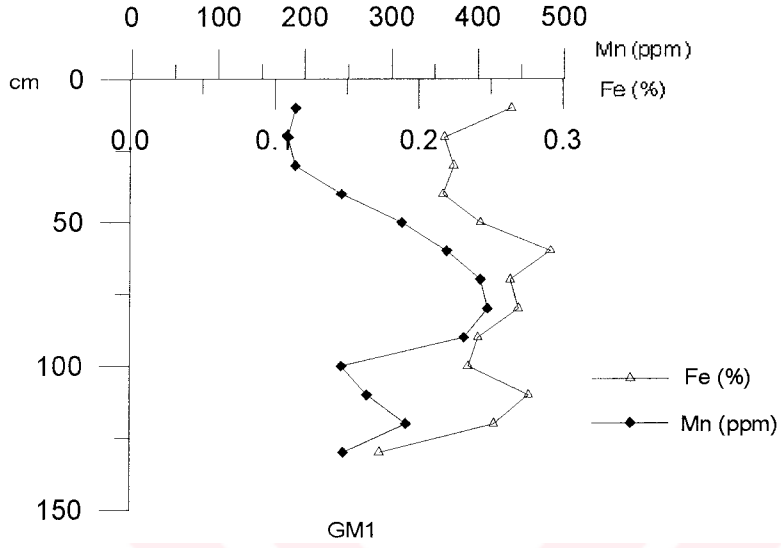
GM2 nolu korda Fe ve Mn konsantrasyonlarının kor derinliği ile değişimi Şekil 5.34' te gösterilmiştir. Fe ve Mn' nin değişim aralığı % 0.1-0.5 ve 148-470 ppm, ortalama değer % 0.2 ve 267 ppm' dir. Mn en yüksek konsantrasyonda 120 cm 'de tespit edilmiştir. Mn, toplam profilinde olduğu gibi sapropelik seviyenin üzerinde bir artış göstermektedir. Bunun nedeni diyajenez zonlarına bağlı olarak ortamın redoks koşullarıdır. Altta indirgeyici zonda mobilize edilen  $Mn^{2+}$  yüzeye doğru difüze olarak oksid zonda Mn-oksihidroksitleri halinde çökmektedir. Fe sapropelik tabakada ani bir artış göstermektedir. Bu demirin indirgeyici koşullarda sülfürlü bileşikleri halinde zenginleşmesi ile açıklanabilir. Asitli ortamda hidroksilamin hidroklorürün sülfürlü mineralleri bir miktar çözdüğü bilinmektedir (Çağatay, 1984).

### ***Kurşun, Bakır ve Çinko***

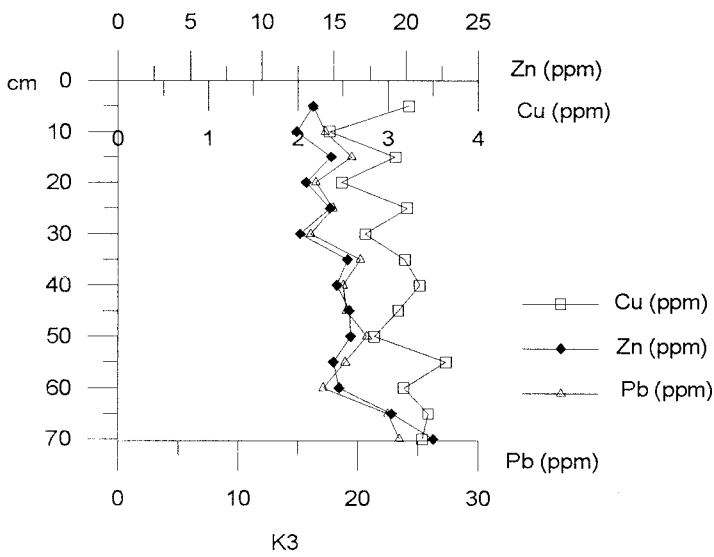
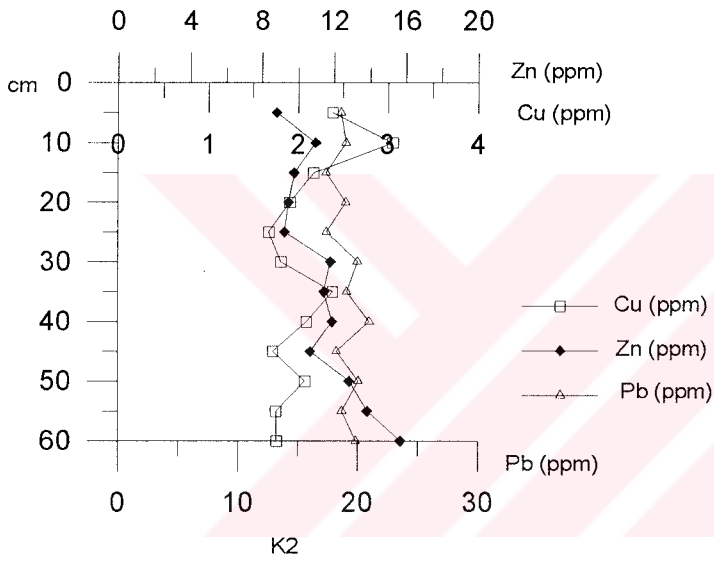
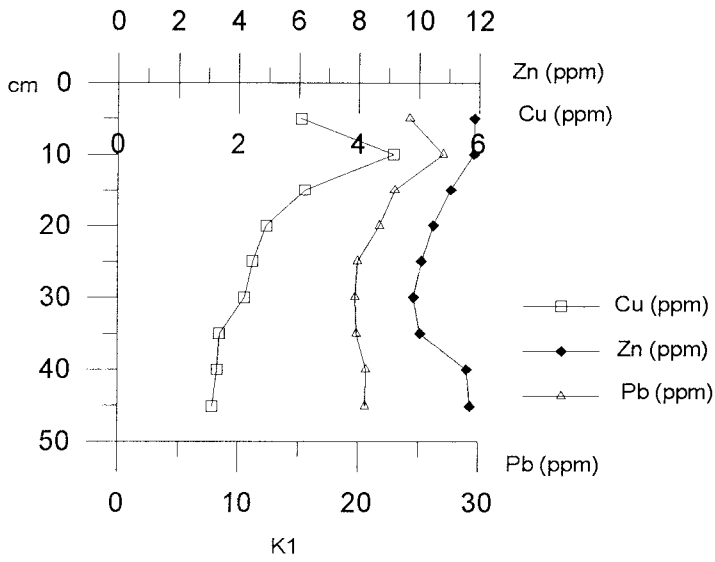
K1 nolu korda Pb, Cu ve Zn konsantrasyonlarının kor derinliği ile değişimi Şekil 5.35' de gösterilmiştir. Pb' nun değişim aralığı 19-27 ppm, ortalama değer 22 ppm' dir. En yüksek konsantrasyon 10 cm derinlikte tespit edilmiştir. Cu ve Zn' nin değişim aralığı 2-5 ve 10-12 ppm, ortalama değer 2 ve 11 ppm' dir. Pb ve Cu yukarı doğru artan bir trend sergilemektedir. Bu sonuçlar oksid zonda Fe-Mn oksihidroksitlerine soğurulmuş olarak bulunan Pb ve Cu değerlerini göstermektedir.

K2 nolu korda Pb, Cu ve Zn konsantrasyonlarının kor derinliği ile değişimi Şekil 5.35' de gösterilmiştir. Pb' nun değişim aralığı 17-21 ppm, ortalama değer 19 ppm' dir. En yüksek konsantrasyon 40 cm derinlikte tespit edilmiştir. Cu ve Zn ' nin değişim aralığı 2-3 ve 9-16 ppm, ortalama değer 2 ve 11 ppm' dir. Cu yukarı doğru artan, Zn ise azalan bir trend sergilemektedir. Pb belirgin bir değişiklik göstermemektedir.

K3 nolu korda Pb, Cu ve Zn konsantrasyonlarının kor derinliği ile değişimi Şekil 5.35' de gösterilmiştir. Pb' nun değişim aralığı 16-23 ppm, ortalama değer 19



Şekil 5.34: GM1 ve GM2 no' lu kordlarda Fe-Mn oksihidroksit fazında Fe (%) ve Mn (ppm) içeriklerinin kor boyunca değişimleri.



Şekil 5.35: K1, K2 ve K3 nolu korlarda Fe-Mn oksihidroksit fazında Pb, Cu ve Zn (ppm) içeriklerinin kor boyunca değişimleri.



ppm' dir. En yüksek konsantrasyon 65-70 cm derinliklerde tespit edilmiştir. Cu ve Zn' nun değişim aralığı 2-4 ve 12-22 ppm, ortalama değer 3 ve 15 ppm' dir. Pb ve Zn yukarı doğru azalan bir trend sergilemekte, Cu ise düzensiz artış ve azalışlar göstermektedir.

GM1 nolu korda Pb, Cu ve Zn konsantrasyonlarının kor derinliği ile değişimi Şekil 5.36' da gösterilmiştir. Pb' nun değişim aralığı 17-27 ppm, ortalama değer 21 ppm' dir. En yüksek konsantrasyon 27 ppm olarak 120 cm derinlikte tespit edilmiştir. Cu ve Zn' nun değişim aralığı 1-3 ve 8-16 ppm, ortalama değer 2 ve 10 ppm' dir. Pb ve Cu 50-90 cm seviyelerinde bir zenginleşme göstermektedir. Bunun nedeni Mn' da olduğu gibi diyajenez zonlarına bağlı olarak ortamın redoks koşullarıdır. Altta indirgeyici zonda çözünen Fe ve Mn bileşikleri üste doğru difüze olarak, oksid zonda sediment ortamında bulunan metal iyonlarını da soğurarak birlikte çökelmektedir. Zn yukarı doğru artan bir trend sergilemektedir.

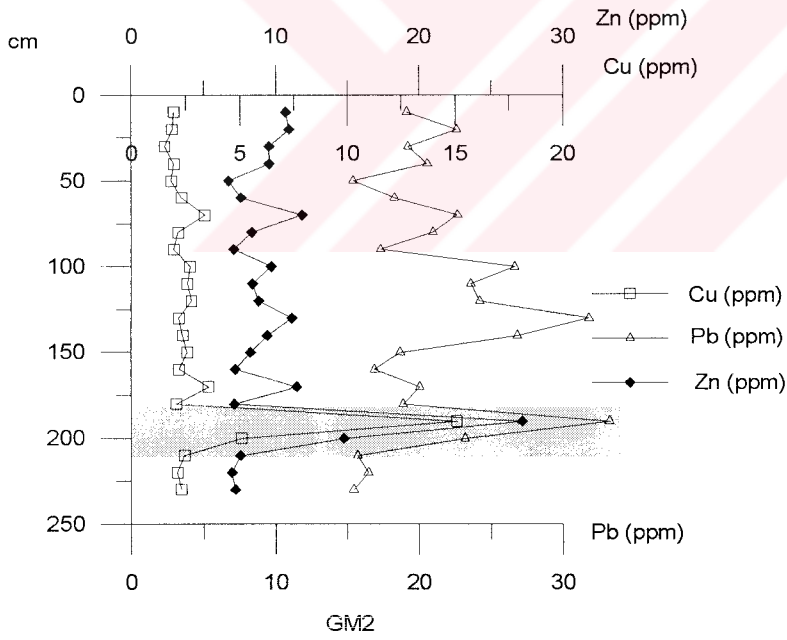
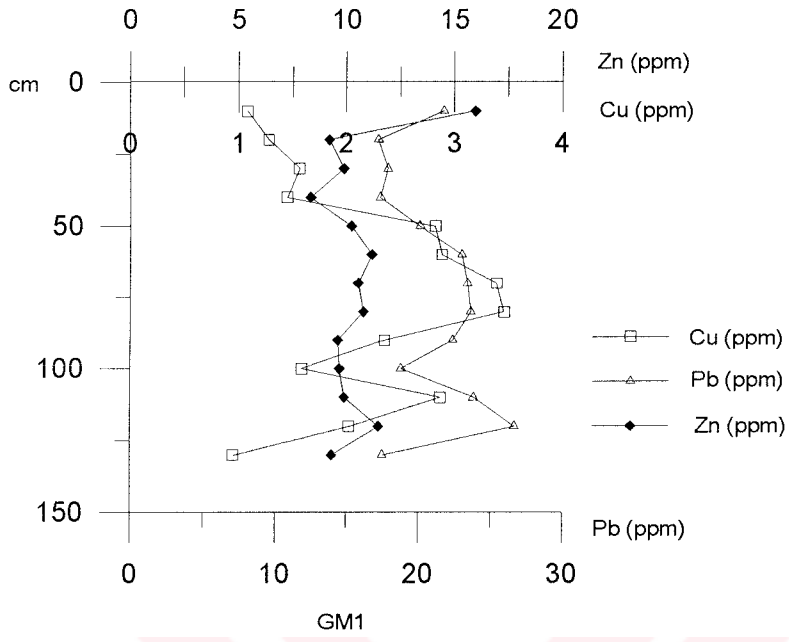
GM2 nolu korda Pb, Cu ve Zn konsantrasyonlarının kor derinliği ile değişimi Şekil 5.36' da gösterilmiştir. Pb' nun değişim aralığı 15-33 ppm, ortalama değer 21 ppm' dir. En yüksek konsantrasyon 33 ppm olarak 190 cm derinlikte tespit edilmiştir. Cu ve Zn' nun değişim aralığı 2-15 ve 7-27 ppm, ortalama değer 3 ve 10 ppm' dir. Pb, Cu ve Zn değerlerinde sapropel seviyede ani bir artış görülmektedir. Bunun nedeni Fe' de olduğu gibi indirgeyici koşullar altında bu metallerin sülfürlü bileşikleri halinde zenginleşmesi ile açıklanabilir.

### ***Nikel, Kobalt ve Krom***

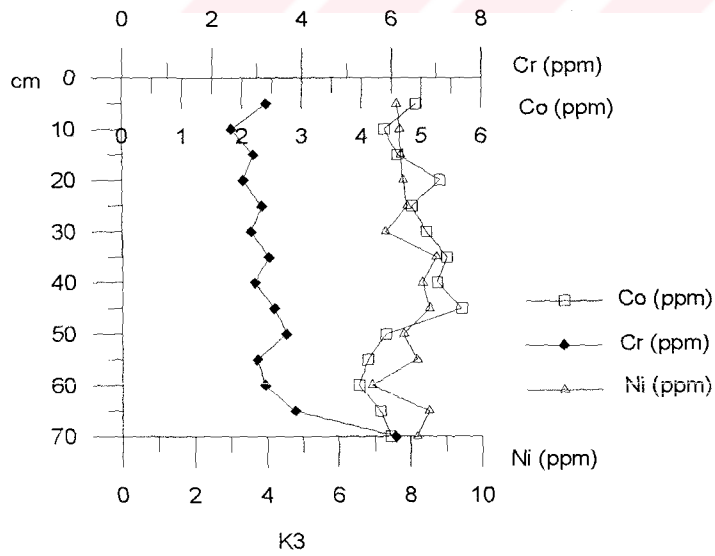
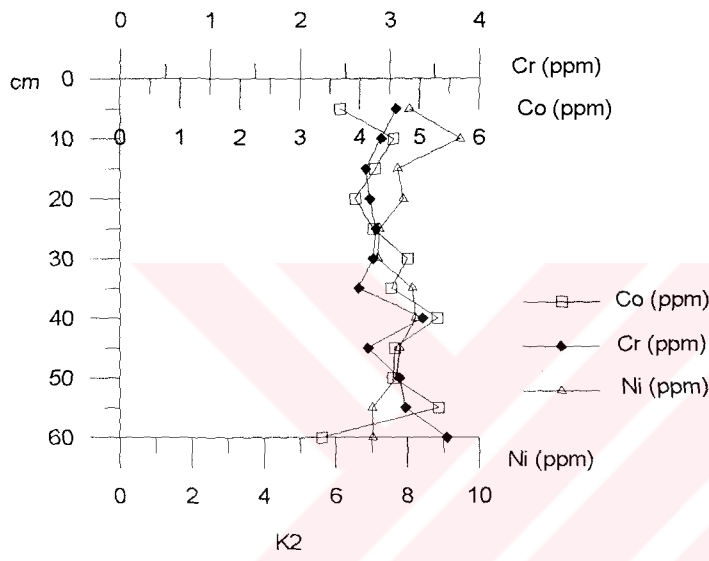
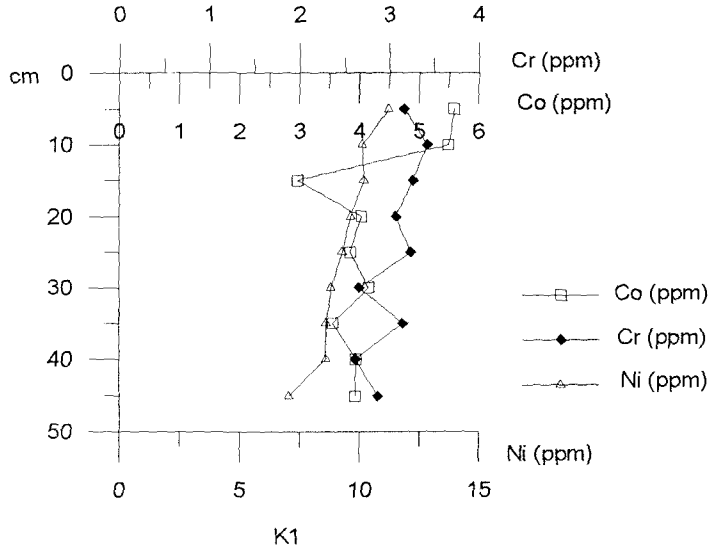
K1 nolu korda Ni, Co ve Cr konsantrasyonlarının kor derinliği ile değişimi Şekil 5.37' de gösterilmiştir. Ni, Co ve Cr' un değişim aralığı 7-11, 3-6 ve 3-4 ppm, ortalama değer 9, 4 ve 3 ppm' dir. Ni, Co ve Cr yukarı doğru artan bir trend sergilemektedir.

K2 nolu korda Ni, Co ve Cr konsantrasyonlarının kor derinliği ile değişimi Şekil 5.37' de gösterilmiştir. Ni, Co ve Cr' un değişim aralığı 7-9, 3-5 ve 3-4 ppm, ortalama değer 8, 4 ve 3 ppm' dir. Ni ve Co yukarı doğru artan, Zn ise azalan bir trend sergilemektedir.

K3 nolu korda Ni, Co ve Cr konsantrasyonlarının kor derinliği ile değişimi Şekil 5.37' de gösterilmiştir. Ni, Co ve Cr' un değişim aralığı 7-9, 4-6 ve 2-6 ppm, ortalama



Şekil 5.36: GM1 ve GM2 no' lu kollarında Fe-Mn oksihidroksit fazında Pb, Cu ve Zn (ppm) içeriklerinin kor boyunca değişimleri.



Şekil 5.37: K1, K2 ve K3 no' lu kollarında Fe-Mn oksihidroksit fazında Ni, Co ve Cr (ppm) içeriklerinin kor boyunca değişimleri.

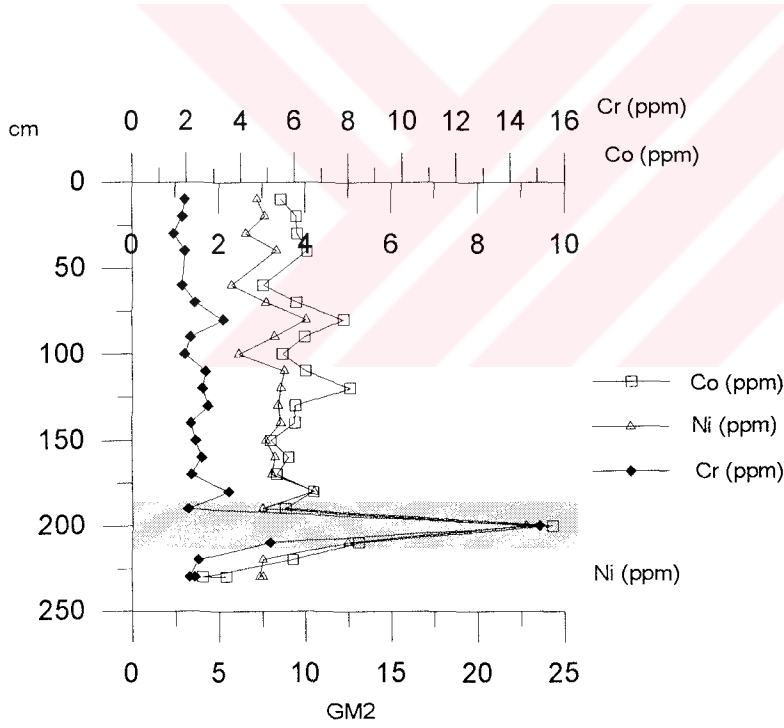
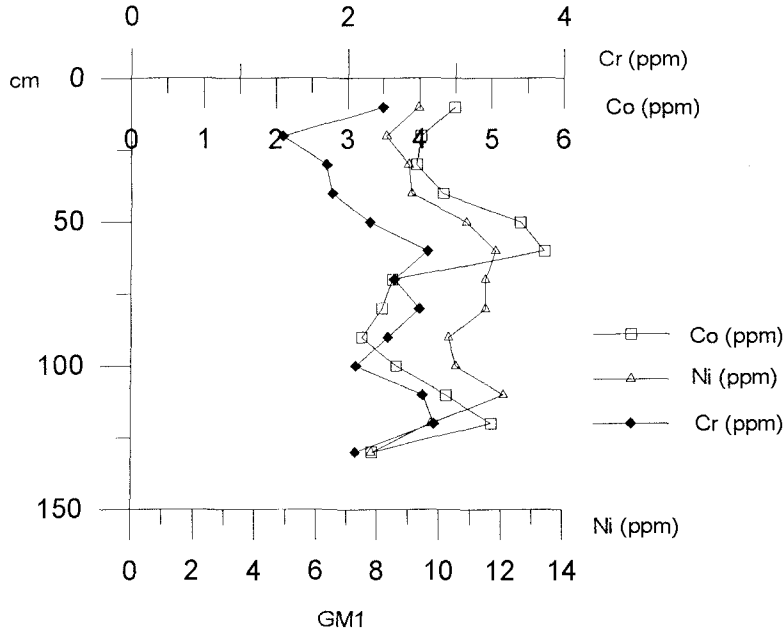
değer 8, 5 ve 3 ppm' dir. Ni ve Cr belirgin bir değişiklik göstermemektedir. Zn yukarı doğru azalan bir trend sergilemektedir.

GM1 nolu korda Ni, Co ve Cr konsantrasyonlarının kor derinliği ile değişimi Şekil 5.38' de gösterilmiştir. Ni, Co ve Cr' un değişim aralığı 8-12, 3-6 ve 1-3 ppm, ortalama değer 10, 4 ve 2 ppm' dir. Ni ve Co yukarı doğru artan bir trend sergilemekte, Cr ise düzensiz artış ve azalışlar göstermektedir.

GM2 nolu korda Ni, Co ve Cr konsantrasyonlarının kor derinliği ile değişimi Şekil 5.38' de gösterilmiştir. Ni, Co ve Cr' un değişim aralığı 6-23, 2-10 ve 2-15 ppm, ortalama değer 9, 4 ve 3 ppm'dir. Ni, Co ve Cr sapropelik seviyede ani bir artış göstermektedir. Bu diğer metallerde olduğu gibi indirgeyici koşullarda Ni ve Co' ın sülfürlü bileşikleri halinde zenginleşmesi ile açıklanabilir. Cr<sup>6+</sup> iyonu ise anoksik koşullarda Cr<sup>3+</sup> e indirgenerek, Cr(OH)<sub>2</sub><sup>+</sup> olarak organik madde üzerinde soğurulmuş olarak bulunur (Emerson ve diğ., 1979; Calvert & Pedersen, 1993).

### 5.2.1. Tartışma

Fe-Mn oksihidroksit fazında tüm kordlarda Pb konsantrasyonları yüksek değerlerde tespit edilmiştir. Bu sonuçlar Pb' nun çalışma alanında sedimentte Fe ve Mn oksihidroksitlerine bağlı olarak çöktüğünü göstermektedir. GM2 nolu korda 180-210 cm seviyesinde Pb, Cu, Zn, Fe, Mn, Ni, Co ve Cr metallerinin konsantrasyonlarında ani bir artış görülmüştür. Bu tabaka anoksik koşulların hakim olduğu, organik maddece zengin sapropelik tabakadır. Kalkofil elementler indirgeyici koşullarda sülfidli fazlar halinde zenginleşme eğilimi göstermektedir. Pb, Cu ve Zn kalkofil, Ni kısmen kalkofil kısmen de siderofil elementlerdir ( Jacobs ve diğ., 1987; Çağatay ve diğ., 1987; Calvert & Pedersen, 1993). Asidik hidroksilamin hidroklorürün sülfid minerallerini bir miktar çözdüğü bilindiğine göre bu tabakadaki yüksek metal değerlerinin nedeni, adı geçen metallerin (Pb, Cu, Zn ve Ni) büyük olasılıkla sülfidleri halinde bulunmasıdır (Çağatay, 1984). Aynı seviyede Al konsantrasyonunda görülen artışın nedeni ise, alüminyumun Chester reaktifindeki asetik asitle kuvvetli kompleksler oluşturmasıdır (Surdam & Crossey, 1985). Krom ise anoksik ortamlarda Cr(OH)<sup>2+</sup> olarak partikül yüzeylerinde adsorblanmaktadır.



Şekil 5.38: GM1 ve GM2 no' lu korlarda Fe-Mn oksihidroksit fazında Ni, Co ve Cr (ppm) içeriklerinin kor boyunca değişimleri.

## BÖLÜM 6: SONUÇ

Erdek Körfezi yüzey sediment örneklerinde yapılan tane boyu analizlerinde körfezin doğusunda, kuzeybatısında ve Avşa Adası' nın güneyinde kum; batısında, orta bölümünde ve doğusunda kil; güneyinde, batsının bir bölümünde ve Paşa Limanı Adası' nın güneyinde siltli kil ve körfezin orta kesiminin kuzeyinde killi silt fasiyesleri tespit edilmiştir. Körfezin doğu ucunda ve batısında, Avşa Adası' nın güneyinde kumlu alanları temsil eden örnekler mikroskop altında incelendiğinde, bunların daha çok gastropod ve bivalvden oluştuğu görülmüştür.

Yüzey sedimentlerinin toplam karbonat içeriği % 1.4 ile % 72 arasında değişmektedir. Körfezin doğu ucunda ve adaların güneyinde karbonat miktarı oldukça yüksektir (% 56 ile % 72 ve % 47 ile % 55). Buradan alınan örnekler mikroskop altında incelendiğinde karbonatın kaynağının daha çok gastropod ve bivalvden oluşan biyojen kökenli malzeme olduğu tespit edilmiştir. Körfezin güneyinde ise karbonat miktarı en düşük düzeydedir. Karbonat miktarı ile tane boyları arasında yapılan korelasyonlarda tane boyu büyüdükçe karbonat miktarının arttığı görülmüştür.

Yüzey sedimentlerinin toplam organik karbon içeriği ise % 0.2 ile % 1.5 arasında değişmektedir. Körfezin doğusunda güney kıyılarına paralel bir zon boyunca ve kuzey-doğuda karaya yakın alanlarda ve Karabiga ağzına yakın alanda ise organik karbon içeriği % 1.0 ile % 1.5 arasında değerler göstermektedir. Özellikle kıyı önündeki yüksek değerler karasal (doğal ve antropojenik) nehir girdilerine işaret etmektedir. Beklenildiği şekilde sedimentin tane boyu küçüldükçe organik karbon içeriğinin arttığı tespit edilmiştir.

Erdek Körfezi' nde yüzey sedimentlerinde yapılan toplam metal analizlerinde alüminyum konsantrasyonları % 1.1 ile % 9.2, demir konsantrasyonları % 0.8 ile % 4.6 arasında değişmektedir. Alüminyum ve demir konsantrasyonları şeyl ortalamasının ( % 9.2 ve % 4.7) altındadır. Yüksek demir değerleri karasal (doğal ve antropojenik ) nehir girdilerinden kaynaklanmaktadır. Büyük ölçüde koloidal demir oksihidroksitler olarak taşınan demir, tuzlu deniz suyu ortamında kolloidlerin floküle olması ile çökelir. Fe dağılımı da zaten Karabiga ve Gönen Çayları' nın getirisini ve bu çökeli göstermektedir. Fe konsantrasyonları ile değişik tane boyu fraksiyonları arasındaki korelasyonlar demirin ince taneli malzemede konsantre olduğuna işaret etmektedir.

Körfez' de mangan konsantrasyonları 168 ppm ile 746 ppm arasında değişmektedir. Bu sonuçlara göre mangan değerleri de şeyl ortalaması olan 850 ppm' in altındadır. Ancak körfezin kuzeybatısında Mn konsantrasyonlarında (bu sınırlar dahilinde ) bir yükselme görülmüştür. Burası Çanakkale Boğazı' ndan gelen oksijeni yüksek (4-7 ml/l; Beşiktepe, 1993) Akdeniz kökenli suların körfeze girdiği alandır. Mangan sediment kolonu boyunca diyajenez zonlarına bağlı olarak anoksik koşullarda mobil hale geçmektedir. Üstte oksid zona difüze olup, bu zonda oksihidroksitleri halinde çökmektedir. Buna göre bu bölgedeki yüksek değerlerin nedeni, sedimentteki diyajenez olayları sırasında hareketli hale geçen denizel kökenli mangandır. Mn konsantrasyonları ile kum, silt, kil, çamur ve organik karbon değerleri arasındaki zayıf korelasyonlar bulunmuştur.

Pb konsantrasyonları 19 ppm ile 61 ppm arasında değişmektedir. Körfezde kurşun konsantrasyonları çoğunlukla şeyl ortalamasının (20 ppm) üzerindedir. Pb konsantrasyonları ile kum, silt, kil ve çamur fasiyesleri arasındaki korelasyonlar ince taneli malzemede konsantre olduğuna işaret etmektedir. Kurşun dağılımı organik karbon dağılımı ile çok benzerlik göstermektedir. Bu sonuçlar sedimenter ortamda kurşunun ince taneli (kil ve organik) malzemede adsorbe olup, hemen çökme eğilimi gösterdiğine işaret etmektedir. Yüksek kurşun konsantrasyonlarının nedeni körfeze dökülen akarsuların drenaj alanı içerisindeki maden yataklarıdır.

Cu konsantrasyonları 3 ppm ile 52 ppm arasında değişmektedir. Körfezde bakır konsantrasyonları çoğunlukla şeyl ortalamasının (50 ppm) altındadır. Bakır dağılımları incelendiğinde yüksek konsantrasyonların körfezin orta kesiminde Gönen Çayı' na bağlı bir sorguç şeklinde dağılım gösterdiği görülmektedir. Buna göre yüksek değerlerin nedeni Gönen Çayı ile taşınmış girdiler olarak açıklanabilir. Doğuda Erdek önlerindeki yüksek değerler ise karadaki Karakaya karmaşığına ait mafik ve ultramafik kaya birimleridir. Cu konsantrasyonları ile kum, silt, kil ve çamur fasiyesleri arasındaki korelasyonlar bakırın ince taneli malzemede konsantre olduğuna işaret etmektedir.

Zn konsantrasyonları 34 ppm ile 272 ppm arasında değişmektedir. Körfezin doğusu ve Avşa Adası' nın güneyinin dışında körfezin genelinde çinko konsantrasyonları şeyl ortalamasının (90 ppm) üzerindedir. Karabiga ağzına yakın yerde maksimum konsantrasyonun tespit edilmesi karasal (doğal ve antropojenik) nehir girdilerine işaret etmektedir. Zn konsantrasyonları ile kum, silt, kil, çamur ve organik karbon arasındaki

korelasyonlar çinkonun ince taneli (kil ve organik madde) malzemede konsantre olduğunu göstermektedir.

Ni konsantrasyonları 8 ppm ile 149 ppm arasında değişmektedir. Körfezde nikel konsantrasyonları çoğunlukla şeyl ortalamasının (80 ppm) altındadır. Körfezin güneydoğusunda tespit edilen yüksek değerlerin nedeni karadaki Karakaya Karmaşığına ait mafik ve ultramafik kaya birimleridir. Ni konsantrasyonları ile kum, silt, kil, çamur ve arasındaki korelasyonlar nikelin ince taneli (kil ve organik madde) malzemede konsantre olduğuna işaret etmektedir.

Co konsantrasyonları 6 ppm ile 29 ppm arasında değişmektedir. Kobalt değerleri körfezin batısında, orta kesimin kuzeyinde ve doğusunda şeyl ortalamasının (20 ppm) üzerinde değerlerde tespit edilmiştir. Körfezdeki özellikle batısındaki yüksek değerlerin nedeni karasal kaynaklı (doğal ve antropojenik) nehir girdileridir. Güneydoğudaki yüksek değerlerin nedeni ise karadaki Karakaya Karmaşığına ait mafik ve ultramafik kaya birimleridir. Co konsantrasyonları ile kum, silt, kil ve çamur fasiyeleri arasındaki korelasyonlar kobaltın ince taneli malzemede konsantre olduğuna işaret etmektedir.

Cr konsantrasyonları 11 ppm ile 238 ppm arasında değişmektedir. Krom körfezin özellikle güneybatısında ve güneydoğusunda şeyl ortalamasının (100 ppm) üzerinde değerler göstermektedir. Körfezin güneybatısında Karabiga ağzına yakın bölgede yüksek değerlerin nedeni karasal (doğal ve antropojenik) nehir girdileridir. Güneydoğusundaki yüksek değerlerin nedeni ise karadaki Karakaya Karmaşığına ait mafik ve ultramafik kaya birimleridir. Cr konsantrasyonları ile kum, silt, kil, çamur ve organik karbon arasındaki korelasyonlar kromun da nikel gibi ince taneli malzemede konsantre olduğuna işaret etmektedir.

Hg konsantrasyonları 42 ppb ile 3097 ppb arasında değişmektedir. Körfezin güneybatısı ve orta bölümünün güneyi dışında civa konsantrasyonları çoğunlukla şeyl ortalamasının (300 ppb) altındadır. Körfezde tespit edilen yüksek civa değerlerinin nedeni Karabiga ve Gönen Çayları'nın karasal kaynaklı girdileri ve güneybatı sahili boyunca cevherden olan karasal aşınımlardır. Bu alanın gerisi incelendiğinde bölgede civa maden yataklarının bulunduğu görülmektedir. Yüksek değerlerin kıydan açığa doğru, kıyıya paralel olarak azalmasının en önemli nedeni taşınımlar sırasında civa birikiminin düşük olduğu sediment malzemesi ile karışarak, yüksek konsantrasyonların seyrelmesidir.



Selektif ekstraksiyon analizleri sonucunda alüminyum konsantrasyonlarının karbonat, Fe-Mn oksihidroksit ve organik fazda ihmal edilecek düzeyde olduğu ve hemen hemen tümüyle residual ( alüminosilikat) fazında bulunduğu görülmüştür.

Fe' in selektif fazlarda % 0.007-0.3 oranında karbonat, % 5-37 oranında Fe-Mn oksihidroksit fazında, % 0.5-18 oranında organik ve % 45-91 oranında residual fazda bulunduğu tespit edilmiştir. Fe tüm fazlarda kumlu alanlarda en düşük değerleri göstermektedir. Bu sonuçlar metal dağılımında iri silisiklastik detrital malzemenin seyreltici etkisine işaret etmektedir.

Mn' nın selektif fazlarda % 2-30 oranında karbonat, % 14-78 oranında Fe-Mn oksihidroksit, % 3-15 oranında organik ve % 10-75 oranında residual fazda bulunduğu tespit edilmiştir. En yüksek değerlerde residual fazda, ikinci olarak Fe-Mn oksihidroksit fazında bulunmaktadır.

Pb' nun selektif fazlarda % 0.7-10 oranında karbonat % 12-52 oranında Fe-Mn oksihidroksit, % 11-33 oranında organik ve % 17-68 oranında residual fazda bulunduğu tespit edilmiştir. Pb en yüksek değerlerde residual fazda, ikinci olarak Fe-Mn oksihidroksit fazında bulunmaktadır.

Cu' ın selektif fazlarda % 9-29 oranında karbonat , % 1-18 oranında Fe-Mn oksihidroksit, % 19-47 oranında organik ve % 28-75 oranında residual fazda bulunduğu tespit edilmiştir. Cu en yüksek değerlerde residual fazda ikinci olarak organik fazda bulunmaktadır.

Zn' nun selektif fazlarda % 6-41 oranında karbonat , % 8-42 oranında Fe-Mn oksihidroksit, % 9-30 oranında organik ve % 19-53 oranında residual fazda bulunduğu tespit edilmiştir. Zn en yüksek değerlerde residual fazda, ikinci olarak karbonat fazında bulunmaktadır.

Ni' in selektif fazlarda % 0.3-6 oranında karbonat, % 7-35 oranında Fe-Mn oksihidroksit, % 12-28 oranında organik ve % 51-80 oranında residual fazda bulunduğu tespit edilmiştir. En yüksek değerlerde residual fazda bulunmaktadır. Tüm fazlarda en yüksek değerler körfezin güneydoğusunda tespit edilmiştir. Bunun nedeni karadaki Karakaya Karmaşığına ait mafik ve ultramafik kaya birimleridir.

Co' ın selektif fazlarda dağılımı % 0.5-11 oranında karbonat, % 12-53 oranında Fe-Mn oksihidroksit, % 9-35 oranında organik ve % 11-68 oranında residual fazda bulunduğu tespit edilmiştir. En yüksek değerlerde residual fazda ikinci olarak Fe-Mn oksihidroksit fazında bulunmaktadır.

Cr' un selektif fazlarda % 0.1-1 oranında karbonat, % 2-46 oranında Fe-Mn oksihidroksit, % 6-29 oranında organik, % 35-92 oranında residual fazda bulunduğu tespit edilmiştir. Cr en yüksek değerlerde residual fazda bulunmaktadır. İlk üç fazda en yüksek değer Gönen Çayı ağzında tespit edilmiştir. Bu sonuçlar karasal antropojenik nehir girdilerine işaret etmektedir. Litojen fazda körfezin güneydoğusunda tespit edilen en yüksek değerlerin nedeni ise karadaki Karakaya Karmaşığında ait mafik ve ultramafik kaya birimleridir. Toplam Cr dağılımında da bu durum görülmektedir.

Erdek Körfezi yüzey sediment örneklerinde toplam metal dağılımı incelendiğinde Al, Fe, Pb, Cu, Zn, Ni, Co, Cr metallerinin ince taneli malzemede konsantre oldukları tespit edilmiştir. Selektif fazlarda yapılan incelemelerde Fe, Mn, Pb, Cu, Zn, Ni, Co ve Cr metallerinin tümü residual (litojen ) fazda en yüksek oranlarda bulunmuştur. Bu da Erdek Körfezi' ndeki yüksek metal değerlerinin kaynağının büyük ölçüde körfeze dökülen akarsularla taşınan doğal kırıntı malzeme olduğunu göstermektedir. İkinci derecede dağılımları incelenen metallere Mn, Pb, Zn ve Co Fe-Mn oksihidroksit fazında; Cu konsantrasyonları ise organik fazda yüksek bulunmuştur. Bu sonuçlar düşük olmakla beraber doğal girdilerin yanında antropojenik girdileri de işaret etmektedir. Körfezin güneybatısındaki nispeten yüksek metal (Pb, Cu, Zn ve Hg) değerlerinin kaynağı karasal (doğal ve antropojenik) nehir girdileridir. Körfeze dökülen Biga ve Gönen Çayları' nın drenaj alanlarında Pb, Cu, Zn, Hg maden yatakları bulunmaktadır. Doğusundaki yüksek Ni, Co, Cr ve Cu gibi metal değerlerinin kaynağı ise karadaki Karakaya Karmaşığında ait mafik ve ultramafik kaya birimleridir.

Körfez' de kor sedimentlerinde yapılan jeokimyasal analizlerde şu sonuçlar elde edilmiştir:

K1, K2 ve K3 nolu korlarda ilk 2 cm lik kesimde kahverengi oksik tabaka bulunmaktadır. Oksik tabakanın altında renk grimsidir ve kor boyunca homojen bir dağılım göstermiştir. Üç korda da kavkı kırıntısı mevcuttur. GM1 nolu kor 134 cm uzunluğundadır. İlk 2 cm' lik kesimde kahverengi oksik tabaka tespit edilmiştir. Oksik tabakanın altında kahverengi-yeşil-gri olarak dereceli bir geçiş gözlenmiştir. GM2 nolu kor 247 cm uzunluğundadır. İlk 15- 20 cm' lik kesimde kahverengi oksik tabaka tespit edilmiştir. Oksik tabakanın altında tamamı homojen yeşil-gri renkte çamur görülmüştür. Kor boyunca kavkı ve kırıntı mevcuttur. 120 cm' den sonra renk dereceli olarak koyulaşmaktadır.

K1 nolu korda toplam karbonat içeriği % 4.6 ile % 12.6 arasında değişmektedir. Karbonat miktarı ile organik karbon miktarı karşılaştırıldığında yüzeyde negatif bir ilişki, derine doğru indikçe ise ikisinin de arttığı görülmüştür. K2 nolu korda toplam karbonat içeriği % 3.1 ile % 5.9 arasında değişmektedir. Kor boyunca tespit edilen ani karbonat değişimleri mevcut kavkı kırıntılarında kaynaklanmaktadır. K3 nolu korda toplam karbonat içeriği çok düşük olup, % 0.6 ile % 1.3 arasında değişmektedir. GM1 nolu korda toplam karbonat içeriği % 5.0 ile % 17.8 arasında değişmektedir. Karbonat miktarının minimum düzeyde olduğu 45-55 cm'lik kesimde organik karbon miktarı aniden artmış ve maksimuma ulaşmıştır.. GM2 nolu korda toplam karbonat içeriği % 6.0 ile % 10.3 arasında değişmektedir.

Toplam organik karbon içeriği K1 nolu korda % 0.2 ile % 1, K2 nolu korda % 0.9 ile % 1.1, K3 nolu korda % 1.1 ile % 1.3, GM1 nolu korda % 0.9 ile % 1.9 ve GM2 nolu korda % 0.4 ile % 2.5 arasında değişmektedir. GM2 nolu korda 170 - 180 cm seviyesinde en yüksek organik karbon değerleri (% 2.5) tespit edilmiştir. Bu seviye <sup>14</sup>C yaş tayinine göre 3650± 175 yıl önce çökelmiş organik maddece zengin sapropel tabakayı göstermektedir ve Gemlik Körfezi' nde tespit edilen sapropel seviyesinin eşdeğeridir (Çağatay ve diğ.,1997).

Fe konsantrasyonları K1 nolu korda 10-15, K2 nolu korda 25-40, K3 nolu korda 20- 45-70, GM1 nolu korda 60 cm' lerde ve GM2 nolu korda genelde şeyl ortalamasının üzerindedir. Demir konsantrasyonlarının tespit edilen seviyelerde artması ve azalması sediment kolonu boyunca diyajenez zonlarına bağlı olarak değişen ortamın redoks koşulları ile ilişkilidir. Sülfat indirgeme zonunda demir indirgenerek çözünür hale geçmekte ve üstteki oksid zona doğru difüze olarak, bu zonda oksihidroksitleri halinde çökmektedir.

Mn konsantrasyonları tüm kordlarda şeyl ortalamasının altındadır. GM1 nolu korda 70-80 cm' lerde, GM2 nolu korda da 110 cm' de Mn konsantrasyonunda maksimum değerler tespit edilmiştir. Mn konsantrasyonlarında görülen bu artışın sebebi, demirde olduğu gibi sediment kolonu boyunca gelişen diyajenez olaylarıdır. Mangan anoksik zonda indirgenerek, mobil hale geçmekte ve üstte oksid zona doğru difüze olarak, bu zonda mangan oksihidroksitleri olarak çökmektedir. GM2 nolu korda manganın en yüksek konsantrasyona ulaştığı derinlik orjinal sapropel tabaka kalınlığını vermektedir (Thompson ve diğ., 1995). Bu da sapropel tabakanın okside olarak incelmesine ve bugünkü kalınlığına indiğine işaret etmektedir. Demir ve

manganın GM1 nolu korda 80 cm seviyesinde artışlar göstermesi daha derinlerde olası bir sapropel tabakanın varlığını göstermektedir.

Pb konsantrasyonları tüm, Zn konsantrasyonları GM1 nolu kor dışındaki korlarda şeyl ortalamasının üzerindedir. Pb ve Zn konsantrasyonlarında tespit edilen artışın nedeni körfeze akarsularla taşınan doğal (maden yatakları) ve antropojenik karasal malzemedir. Cu konsantrasyonları şeyl ortalamasının altındadır.

Ni konsantrasyonları tüm kor örneklerinde şeyl ortalamasının altındadır. Co konsantrasyonları genelde tüm kor örneklerinde, Cr konsantrasyonları ise K1 nolu korda 30, K2 nolu korda 10-15-40, K3 nolu korda 15, GM1 nolu korda 80 ve GM2 nolu korda 110 cm' lerde şeyl ortalamasının üzerindedir. GM1 ve GM2 nolu korlarda artışın tespit edildiği seviyeler bu metallerin oksik koşullar altında çökelmiş olduğu seviyelerdir. Oksik sedimentlerde Cr ( $CrO_4$ )<sup>-2</sup> ' ye yükseltgenmektedir. Ve aynı derinliklerde maksimum değere ulaşan Mn oksidlerine bağlanarak çökmektedir. K1, K2 ve K3 nolu korlarda ise artışın tespit edildiği seviyeler organik karbonun yükseldiği indirgeyici yani anoksik ortamlardır. Anoksik ortamlarda Cr,  $Cr(OH)_2^+$  olarak partikül yüzeylerine adsorblanır ve anoksik sedimentlerde zenginleşir. Sapropel tabakalarının üzerindeki oksik zonda Cr, Fe ve Mn oksitleriyle birlikte hareket etmektedir.

Hg konsantrasyonları K3 nolu korda 70, GM1 nolu korda 10-40-50-90, GM2 nolu korda 70 ve 110 cm' lerde şeyl ortalamasının üzerindedir. K3 korda nolu 70, GM1 nolu korda 50 ve 90 cm' lik seviyeler organik karbonun yüksek değerlerde tespit edildiği tabakalardır. Bunun nedeni civanın organik madde birikiminin fazla olduğu sedimentlerde birikme eğilimi göstermesidir.

GM1 ve GM2 nolu korlarda baryum konsantrasyonları şeyl ortalamasının (600 ppm) altında tespit edilmiştir. GM2 nolu korda sapropel tabakada baryumun fazla zenginleşmemiş olması sapropelin organik maddesinin daha çok karasal kökenli olduğuna işaret etmektedir (van Os ve diğ., 1991; Thompsom ve diğ., 1995).

Kor sedimentlerinde yapılan korelasyonlar Pb, Cu, Zn ve Ni' in sedimentte bikimlerinde aynı mekanizmaların etkili olduğunu, Co' ın ise organik madde üzerinde konsantre olduğunu göstermiştir. Kor örneklerinde tespit edilen şeyl ortalaması üzerindeki bazı metal değerlerinin kaynağı sedimentteki diyajenez zonlarına bağlı olarak gelişen olaylardır. Sediment ortamının redoks koşullarını belirlemek amacıyla Fe-Mn oksihidroksit fazı çalışılmıştır. Fe- Mn oksihidroksit fazında tüm korlarda Pb konsantrasyonları yüksek değerlerde tespit edilmiştir. Bu sonuçlar Pb' nun çalışma

alanında sedimentte Fe ve Mn oksihidroksitlerine bağlı olarak çökeldiğini göstermektedir. GM2 nolu korda 180-210 cm seviyesinde Pb, Cu, Zn, Fe, Mn, Ni, Co ve Cr metallerinin konsantrasyonlarında ani bir artış görölmüştür. Bu tabaka anoksik koşulların hakim olduğu, organik maddece zengin sapropel tabakasıdır. Asidik hidroksilamin hidroklorürün sülfid minerallerini bir miktar özdüğu bilindiğine göre bu tabakadaki yüksek metal değerlerinin nedeni, bu metallerin (Fe, Pb, Cu, Zn ve Ni) büyük olasılıkla sülfidleri halinde bulunmasıdır. Krom konsantrasyonlarında görölen artışın nedeni ise kromun anoksik ortamlarda  $Cr(OH)_2^+$  iyonu olarak partikül yüzeylerine adsorblanarak zenginleşmesidir. Aynı seviyede Al konsantrasyonunda görölen artışın nedeni ise, alüminyumun Chester reaktifindeki asetik aistle kuvvetli kompleksler oluşturmalarıdır (Surdam & Crossey, 1985).



## ÖZET

Erdek Körfezi sedimentlerinde metal dağılımını incelemek ve şeyl ortalamasından yüksek bazı metal değerlerinin kaynağını araştırmak amacıyla yapılan bu çalışmada deniz tabanından 48 adet yüzey sediment ve 5 adet kor , Gönen Çayı ağzından 3 adet yüzey sediment örneği alınmıştır. Sediment örneklerinde toplam karbonat , organik karbon ve metal dağılımları incelenmiştir. Selektif ekstraksiyon yöntemleri ile yüksek metal değerlerinin bağlı olduğu jeokimyasal fazlar araştırılmıştır.

Körfezin doğusunda, kuzey batısında ve Avşa Adası' nın güneyinde kum; batısında, orta bölümünde ve doğusunda kil; güneyinde, batısının bir bölümünde ve Paşa Limanı Adası' nın güneyinde siltli kil ve körfezin orta kesiminin kuzeyinde killi silt fasiyesleri hakimdir. Yüzey sedimentlerinin toplam karbonat içeriği % 1.4 ile % 72 arasında değişmektedir. Körfezin doğu ucunda ve adaların güneyinde karbonat miktarı oldukça yüksektir. Bu örnekler mikroskop altında incelendiğinde karbonatın kaynağının daha çok gastropod ve bivalvden oluşan biyojen kökenli malzeme olduğu tespit edilmiştir. Aynı örneklerin toplam organik karbon içeriği ise % 0.2 ile % 1.5 arasında değişmektedir. Körfezin doğusunda güney kıyılarına paralel bir zon boyunca ve kuzey-doğuda karaya yakın alanlarda ve Karabiga ağzına yakın alanda ise organik karbon içeriği % 1.0 ile % 1.5 arasında değişmektedir. Bu dağılım özellikle kıyı önündeki yüksek değerler nehirlerle taşınan karasal kökenli doğal ve antropojenik organik madde kaynaklarına işaret etmektedir.

Erdek Körfezi yüzey sediment örneklerinde toplam metal dağılımı incelendiğinde Al, Fe, Pb, Cu, Zn, Ni, Co ve Cr metallerinin ince taneli malzemede konsantr oldukları tespit edilmiştir. Selektif ekstraksiyon analizlerinde metaller litojen fazda en yüksek oranlarda bulunmuştur. Bu sonuçlar Körfez' deki yüksek metal konsantrasyonlarının kaynağının antropojenik olmadığına, büyük ölçüde körfeze dökülen Biga ve Gönen Çayları' nın getirdiği doğal kırıntı malzemeden kaynaklandığına işaret etmektedir. Ayrıca dağılımları incelenen metallere Mn, Pb, Zn ve Co metalleri ikinci olarak Fe- ve Mn- oksihidroksit fazında, Cu konsantrasyonları ise organik fazda yüksek oranlarda bulunmuştur. Bu sonuçlar doğal girdilerin yanında bazı antropojenik girdileri de göstermektedir. Körfezin güneybatısında yüksek metal Pb, Cu, Zn ve Hg değerlerinin kaynağı karasal (doğal ve antropojenik) nehir



girdileridir. Doğu kesimindeki yüksek Cr, Ni, Co ve Cu konsantrasyonlarının kaynağı ise karadaki Karakaya Karmaşığına ait mafik ve ultramafik kaya birimleridir.

Kor sedimentlerinde toplam karbonatın derinlikle değişimi % 0.6 ile % 17.8 arasında tespit edilmiştir. Toplam organik karbon değişimi ise % 0.2 ile % 2.5 arasındadır. GM2 nolu korda 170-180 cm seviyede zamanımızdan  $3650 \pm 175$  yıl önce oluşmuş sapropel tabaka bulunmuştur. Bu seviye Gemlik Körfezi'nde tespit edilen sapropelik seviyenin eşdeğeri (Çağatay ve diğ., yayında).

Kor sedimentlerinde metallerin kor derinliği ile değişimi incelendiğinde; metal konsantrasyonlarında sediment kolonu boyunca gelişen diyajenez zonlarına bağlı olarak farklılıklar tespit edilmiştir. İndirgeyici koşulların hakim olduğu sapropel tabakada demir ve mangan indirgenerek mobil hale geçtiklerinden, bu zonda konsantrasyonlarında azalmalar görülmüştür. Çözünen  $Fe^{2+}$  ve  $Mn^{2+}$  iyonları üstte oksid zona difüze olarak, bu zonda oksihidroksitleri halinde çökdiklerinden sapropel seviyenin üzerinde ise konsantrasyonlarında artışlar tespit edilmiştir. Aynı şekilde Pb, Cu, Zn, Ni, Co ve Cr gibi diğer metaller de sapropel seviye üzerinde zenginleşme göstermiştir. Bunun nedeni sapropel seviyede mobil hale geçen demir ve mangan bileşiklerinin oksik zonlarda ortamdaki metalleri de soğurarak birlikte çökme eğilimi göstermeleridir. Baryum konsantrasyonlarının sapropel tabakada fazla zenginleşmiş olmaması, sapropelin organik maddesinin daha çok karasal kökenli olduğuna işaret etmektedir. GM1 nolu korda 75-80 cm seviyelerinde tespit edilen yüksek metal değerleri daha derinlerde olası bir sapropel tabakanın varlığını, GM2 nolu kordaki mangan değerleri de sapropel tabakanın okside olduğunu göstermektedir.

## SUMMARY

This study was carried out to examine the heavy metal distribution in the sediments of the Erdek Bay and to determine the source of metal values higher than the shale average contents. It is based on the analyses of 48 surface sediment samples and 5 gravity cores from the Erdek Bay and 3 alluvium samples near the mouth of the Gönen River. The samples were analyzed for their carbonate, organic carbon and metal (Fe, Mn, Al, Pb, Cu, Zn, Ni, Co, Cr and Hg) contents. Geochemical phases associated with high metal values were investigated by selective extraction methods.

The sediments consist predominantly of sand in the east and northwest of the Bay and south of the Avşa Island. Clay is the main sediment type west, central and east of the Bay. Silty clay is present in the southern and part of the western Bay area, and in south of the Paşa Limanı Island, and clayey silt facies are observed in the north of the central Bay area. Total carbonate content of surface sediments ranges from 1.4 % to 72 %. The carbonate content is quite high in the eastern end of the Bay and south of the islands. Microscopic studies of the samples show that this carbonate content is mainly of biogenic origin, composed of gastropod and bivalve shells. Total carbon content of the samples varies between 0.2 % and 1.5 %. The organic carbon content in the east of the Bay alongside a zone extending parallel to the southern coast and in the near - shore areas in the northeast and close to the mouth of Karabiga ranges between 1.0 % and 1.5 %. This distribution, with especially the high values located in the coastal zone, indicate that the organic matter is mainly of terrestrial natural and anthropogenic origin transported by rivers.

The total metal distribution in the surface sediment samples of Erdek Bay depends to a large extent on the grain size, with Al, Fe, Pb, Cu, Zn, Ni, Co and Cr being enriched in the fine - grained (mud) fraction. Selective extraction studies indicate that the metals are mainly found in the lithogenic aluminosilicate phases. These results further show that the source of high metal concentrations in the Bay Sediments is not of anthropogenic origin, but instead mainly of natural detrital origin delivered by the Biga and Gönen Rivers. Mn, Pb, Zn and Co occur to a lesser extent in the Fe and Mn - oxyhydroxide phases and Cu in the organic phase, probably indicating some anthropogenic inputs in addition to the predominantly natural inputs. The source of



high Pb, Cu, Zn and Hg concentrations in the southwest of the Bay is land derived (natural and anthropogenic ) river inputs. The source of high Ni, Co, Cr and Cu concentrations in the eastern part of the Bay is mostly the mafic and ultramafic rock units of the Karakaya Complex that crops out in the nearby land area.

The total carbonate content in the gravity - core sediments varies between 0.6 % and 17.8 %, and total organic carbon varies between 0.2 % and 2.5 %. In the core GM2, a sapropelic layer formed approximately  $3650 \pm 175$  y BP is present at 170 - 180 cm below sea floor. This is equivalent of the sapropelic level identified earlier in the Gemlik Bay. Down-core distribution of metals show characteristic profiles determined mainly by early sediment diagenesis. Fe and Mn have been mobilized by being reduced to  $Fe^{2+}$  and  $Mn^{2+}$ , respectively. As a result, some decreases in their concentrations occur within the sapropelic zone. The reduced  $Fe^{2+}$  and  $Mn^{2+}$  ions have diffused upward to the oxidation zone and precipitated as their oxyhydroxides, producing the elevated concentrations above the sapropelic layer. In the same way, other metals, such as Pb, Cu, Zn, Ni and Cr, display similar enrichments above sapropelic level because of their co-precipitation with Fe - and Mn - oxyhydroxides in the oxidation zone. Absence of a distinct Ba enrichment in sapropelic layer indicate a terrestrial origin for the organic matter of the sapropel. High metal values determined at 75 - 80 cm below sea floor in Core GM1, suggest the probable existence of a sapropel layer in the deeper levels. The high manganese values in the Core GM2 indicate the oxidization a part of the sapropelic layer.

## KAYNAKLAR

- ACKERMANN, F. (1980). A procedure for correcting the grain size effect in heavy metal analyses of estuarine and coastal sediments. *Environ. Technol. Lett.* **1**: 518-528.
- ACKERMANN, F., BERGMANN, H. & SCHLEICHERT, U. (1983). Monitoring of heavy metals in coastal and estuarine sediments-A question of grain-size: < 20 micron vs. < 60 micron. *Environ. Technol. Lett.* **4**: 317-328.
- AKYÜZ, H. S. (1995). Manyas-Susurluk-Kepsut (Balıkesir) civarının jeolojisi. *İTÜ-FBE-Jeo.Müh.* Doktora Tezi.
- ASTON, S. R. & CHESTER, R. (1976). Estuarine sedimentary processes. In.: *Estuarine Chemistry* (ed. J. D. BURTON, & P. S. LISS), pp. 37-52. Academic Press, London.
- BAKER, R. (1980). *Contaminants and Sediments*, Vol. **1** and **2**. Ann Arbor Science.
- BALISTRERI, L. S. & MURRAY, J. W. (1986). Marine scavenging: Trace metal adsorption by interfacial sediment from MANOP Site H. *Geochim. Cosmochim. Acta.* **48**: 921-929.
- BAŞTÜRK, O., TUĞRUL, S., YILMAZ, A. & SAYDAM, A. C., (1990). Oceanography of the Turkish Straits, II: Chemical and environmental aspects of the Sea Of Marmara. *Rep. Inst. Mar. Sci., METU, Erdemli, İçel*, pp. **69**.
- BELZILE, N. RICHARD, R. DE VITRE, R. & TESSIER, A.(1989). In situ collection of diagenetic iron and manganese oxyhydroxides from natural sediments. *Letters to Nature*, vol **340**.
- BENOIT, G., SCHWANTES, J. M., JACINTO, G. S., & GOUD-COLLINS, M. R. (1994). Preliminary study of the redistribution and transformation of HgS from cinnabar mine tailings deposited in Honda Bay, Palawan, Philippines. *Mar. Poll. Bull.* vol.**28**, **12**, pp. 754-759.
- BERNER, R. A. (1980). *Early Diagenesis: A Theoretical Approach*. Princeton, 241 p.
- BEŞİKTEPE, Ş., ÖZSOY, E. & ÜNLÜATA, Ü. (1993). Cyclicling of the Marmara Sea by the Dardanelles lower layer inflow. *Deep Sea Research I*, Vol. **40**, No. **9**, pp. 1815-1838.

- BODUR, M. N. & ERGİN, M. (1994). Geochemical characteristic of the recent sediments from the sea of Marmara. *Geochemical Geology*, **114**: 73-101
- BOLDRIN, A., JURACK, M., MENEGAZZO VITTURI, L., RABITTI, S. & RAMPAZZO, G. (1989). Geochemical considerations on trace element distributions in suspended matter and sediments at the river-sea interface, Adige River Mouth, northern Adriatic Sea. *Appl. Geochem.* **4**: 409-421.
- BORDOVSKY, O.K. (1965). Sources of organic matter in marine basins. *Mar. Geol.*, **3**, 5-31.
- BOSTROM, K. ve diğ. (1973). Geochemistry of barium in pelagic sediments. *Lithos* **6**: 159-174.
- BRANNON, J. M., ROSE, J.R., ENGLER, R. M., & SMITH, I. (1977). The distribution of heavy metals in sediment fractions from Mobile Bay, Alabama. In: *Chemistry of Marine Sediments* (ed. T. F. YEN), pp. 12-150, Ann Arbor Sci. Publ., Michigan.
- BRULAND, K. W., BERTINE, K., KOIDE, M. & GOLDBERG, E. D. (1974). History of metal pollution in Southern California coastal zone. *Environ. sci. Technol.* **8**: 425-432.
- BRUMSACK, H. J. (1986). The inorganic geochemistry of Cretaceous black shales (DSDP Leg 41) in comparison to modern upwelling sediments from the Gulf of California. In. *North Atlantic Paleoceanography* (ed. C. P. Summerhayes and N. J. Shackleton); *Geol. Soc. Spec. Publ. No. 21*, pp. 447-462.
- CALVERT, S. E. (1983). Geochemistry of Pleistocene sapropels and associated sediments from the Eastern Mediterranean. *Oceanol. Acta* **6**: 255-267.
- CALVERT, S. E. and FONTUGNE, M. R. (1988). Geochemistry and origin of Mediterranean sapropels. *Eos* **69**, 1234.
- CALVERT, S. E. & PRICE, N.B, (1977). Shallow water, continental margin and lacustrine nodules: distribution and geochemistry. In: G. P. Glasby (Editor), *Marine Manganese Deposits*. Elsevier, Amsterdam, pp. 45-87.
- CALVERT, S. E. & PEDERSEN, T. F. (1993). Geochemistry of Recent oxic and anoxic marine sediments: Implications for the geological record. *Marine Geology*, **113**: 67-88.
- CAUWET, G. (1987). Influence of sedimentological features on the distribution of the trace metals in marine sediments. *Mar. Chem.*, **22**: 221-234.

- CHESTER, R. (1990). *Marine Geochemistry*. Unwin. Hyman Ltd.
- CHESTER, R. & HUGHES, M. J. (1967). A chemical technique for the separation of ferro-manganese minerals, carbonate minerals and adsorbed trace elements from pelagic sediments. *Chemical Geology*, **2**: 249-262.
- CRONAN, D.S. (1977). Deep-sea nodules: distribution and geochemistry. In: G. P. Glasby (Editor), *Marine Manganese Deposits*. Elsevier, Amsterdam, pp. 45-86.
- ÇAĞATAY, M. N. (1984). Selective extraction techniques in exploration for volcanic sulphide deposits, Eastern Black Sea region, Turkey. *Journal of Geochemical Exploration*, **21**: 273-290.
- ÇAĞATAY, M. N., ALGAN, O., BALKIS, N. & BALKIS, M. (1996). Distribution of carbonate and organic carbon contents in Late Quaternary sediments of the southern Marmara shelf. *Turkish Journal of Marine Sciences*, **2**: 67-83.
- ÇAĞATAY, M. N., ALGAN, O., KIRATLI, N., BALKIS, N. & SARI, E. (1996). Marmara Denizi' nin Kuzey şelfinde sediment jeokimyasının su ürünleri açısından incelenmesi. *YDABÇAG 251/G Proje Raporu*.
- ÇAĞATAY, M. N., ALGAN, O., SAKINÇ, M., EASTOE, C. J., EGESEL, L., BALKIS, N., ONGAN, D. & CANER, H. (1997-yayında). A mid to late Holocene sapropelic sediment unit from the Gulf of Gemlik (Southern Marmara Sea shelf) and its palaeoceanographic significance.
- DELFINO, J. J. & LEE, G. F., (1968). Chemistry of manganese in Lake Mendota. *Environ. Sci. Technol.*, **2**: 1094-1100.
- DE GROOT, A. J., & ALLERSMA, E. (1975). Field observations on the transport of heavy metals in sediments. In: *Heavy Metals in the Aquatic Environment*, A Supplement to Progress in Water Technol., (ed. P. A. KRENKEL). Int. Conf. Supplement Progress in Water Technol., pp. 85-97.
- DE GROOT, A. J., SALAMONS, W. & ALLERSMA, E. (1976). Process affecting heavy metals in estuarine sediments. In: *Estuarine Chemistry* (ed. J. D. BURTON & P. S. LISS), pp. 131-153. Academic Press, London.
- DITRI, F. M. (1990). The biomethylation and cycling of selected metals and metalloids in aquatic sediments. In: *Sediments: Chemistry and Toxicity of In-Place Pollutants* (Baudo, R., Giesy, J. & Muntau, H. eds), Lewis, Ann Arbor, MI.

- DUCHART, P., CALVERT, S. E., & PRICE, N. B. (1973). Distribution of trace metals in the pore waters of shallow water marine sediments. *Limnology and Oceanography*, **V. 18(4)**, 605-610.
- DURHAM, R. W. & JOSHI, S. R. (1984). Lead-210 dating of sediments from some Northern Ontario Lakes . In: *Quaternary Dating Methods*, Series of Developments in palaeontology and stratigraphy, No. **7**, (ed. W. C. MAHANEY), pp. 75-85 Elsevier, Oxford.
- EFE, R. (1989). Gönen Havzası' nın Jeomorfolojisi. İ. Ü. DBCE, Yüksek Lisans tezi.
- EFE, R. (1993). Biga Yarımadası kuzeydoğusunda Armutçuk Dağları ile Biga ve Gönen Çayları arasındaki çevrenin jeomorfolojisi. İ. Ü. DBCE, Doktora tezi.
- EIE, (1993). Türkiye akarsularında sediment gözlemleri ve sediment taşınım miktarları.
- EL GHOBARY, H. & LATOUCHE, C. (1986). A comparative study of the partitioning of certain metals in sediments from four near-shore environment of the Aquitaine coast (SW France ). In: *Sediments and Water Interactions*, Proceedings of the Third International Symposium on Interactions between sediments and water, (ed. P.G. SLY), pp. 105-124. Springer Verlag, New York.
- ELDERFIELD, H., & HEPWORTH, A., (1975). Diagenesis, Metals and Pollution in Estuaries. *Mar. Pollut. Bull.*, **6**: 85-87.
- EMERSEN, S., CRANSTON, R. E. & LISS, P. S., (1979). Redox species in a reducing fjord equilibrium and kinetic considerations. *Deep-Sea Res.*, **26A**: 859-878.
- EMERSEN, S. & HEDGES, J. I. (1988). Processes controlling the organic carbon content of open ocean sediments. *Paleoceanography*, **3**: 621-634.
- ENGLER, R. M., BRANNON, J. M., & ROSE, J. (1977). A practical selective extraction procedure for sediment characterization. In: *Chemistry of Marine Sediments* (ed. T. F. YEN), pp. 163-171, Ann Arbor Sci. Publ., Michigan.
- EREL, L. (1992). Marmara Denizi çevresinde 1950-1990 yılları arasında şehirleşme. *Türkiye Coğrafya Dergisi*, **27**: 85-104.
- ERGIN, M., SAYDAM, C., BAŞTÜRK, Ö., ERDEM, E. & YÖRÜK, R. (1991). Heavy metal concentrations in surface sediments from the two coastal inlets (Golden Horn Estuary and Izmit Bay) of the northeastern Sea of Marmara. *Chemical Geology*, **91**: 269-285.

- FERNEX, F. E., SPAN, D., FLATAU, G. N., & RENARD, D. (1986). Behaviour of some metals in surficial sediments of the Northwest Mediterranean Continental Shelf. In: *Sediments and Water Interactions*, Proceedings of the third international symposium on interactions between sediments and water, (ed. P. G. SLY), PP. 353-369. Springer Verlag, New York.
- FILIPEK, H. L. & OWEN, R. M. (1978). Geochemical associations and grain size partitioning of heavy metals in lacustrine sediments. *Chem. Geol.* **26**: 105-117.
- FOLGER, D. W. (1972). Texture and organic carbon content of bottom sediments in some estuaries of the United States. In: *Environmental Framework of Coastal Plain Estuaries*, Geological Society of America Memoir **133**, (ed. B. W. NELSON), pp. 391-408.
- FÖRSTNER, U. & SALAMONS, W. (1980). Trace metal analysis on polluted sediments, Part 1: Assessment of sources and intensities. *Environ. Technol. Lett.* **1**: 494-505.
- FÖRSTNER, U. & PATCHINEELAM, S. R. (1980). Chemical associations of heavy metals in polluted sediments from the Lower Rhine River. In: *Particulates in Water*, Adv. Chem. Ser. Amer. Chem. Soc., **189**, (ed. M. C. KAVAUNAGH & L. O. LECKIE), pp. 177-193.
- FÖRSTNER, U. & WITMANN, G. (1981). *Metal Pollution in the Aquatic Environment*. Springer, Berlin.
- FÖRSTNER, U. (1989). *Lecture notes in earth sciences*, **21**. *Contaminated sediments*. 157 pp. Springer, Verlag.
- FÖRSTNER, U., AHLF, W., CALMANO, W., KERSTERN, M., SALAMONS, W. (1986). Mobility of heavy metals in dredged harbour sediments. In: *Sediments and Water Interactions*, Proceedings of the third international symposium on interactions between sediments and water, (ed. P. G. SLY), pp. 371-380. Springer Verlag, New York.
- GAUDETTE, H., FLIIGHT, W., TONES, L. & FOLGER, D. (1974). An expensive titration method for the determination of organic carbon in recent sediments. *J. Sedimentary Petrology*, **44**: 249-253.
- GEREZ, M. (1995) : Erdek Körfezi Doğu Kesiminin Güncel Sedimentolojik Özellikleri. Yüksek Lisans Tezi.
- GIBBS, R. J. (1973). Mechanisms of trace metal transport in rivers. *Sci.*, **180**: 71-73.

- GIDDINGS, J. C. (1973). Chemistry, Man and Environment. A department of Harper & Row, publishers, Inc.
- HENDRIX, W. P. & ORR, C. (1972). Atomic sedimentation size analysis instrument. In: *Particle Size Analysis*, Soc. Analyt. Chem., (ed. M. J. GROVES & J. L. WYATT-SARGENT), pp. 133-146. London.
- HIGGS, N. C., THOMSON, J., WILSON, T. R. S., & CROUDACE, I. W. (1994). Modification and complete removal of eastern Mediterranean sapropels by postdepositional oxidation. *Geology* **22**: 423-426.
- HOROWITZ, A. (1985). *A Primer on Sediment-Trace Metal Chemistry*, U.S. Geological Survey Water Supply Paper 2277.
- HOROWITZ, A. & ELRICK, K. A. (1987): The relation of stream sediment surface area, grain size and composition to trace element chemistry. *Applied chemistry*, **2**: 437 - 451.
- HOROWITZ, A. & ELRICK, K. (1986a). Interpretation of bed sediment trace metal data: methods for dealing with the grain size effect. In *Proc. of the EPA Symposium on Chemical and Biological Characterization of Municipal Sludges, Sediments, Dredge Spoils Drilling Muds*, Cincinnati, OH.
- HÜSAM, Ş. (1987). Gönen Çayı deltası ve çevresinin kıyı jeomorfolojisi. İ. Ü. DBCE, Yüksek Lisans tezi.
- IBACH, L. I. J. (1982). Relationship between sedimentation rate and total organic carbon in ancient marine sediments. *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.* **66**: 170-188.
- İÜ-DBİE (1997). Su kalitesi izleme raporu. *İSKİ destekli proje. 280 sayfa.*
- İÜ-DBİE (1994). River Danube-related pollution study of the Black Sea-Bosphorus region by remote sensing methods. University of Istanbul Research and Education Fund and İSKİ (Istanbul Municipality) destekli proje, 150 pages.
- JACOBS, L., EMERSON, S. & HUESTED, S. S., (1987). Trace metal geochemistry in the Cariaco Trench. *Deep-Sea Res.*, **34**: 965-981.
- JENNE, E. A. (1968). Controls of Mn, Fe, Co, Ni, Cu and Zn concentrations in soils and water. the significant role of hydrous Mn and Fe oxides, in *Trace Inorganics in Water*, Gould, R. F., Ed., American Chemical Society, Washington, D.C., 337.



- JENNE, E. A. (1977). Trace element sorption by sediments and soils-sites and processes, in *Symposium on Molybdenum in the environment*, Chappel, W. and Peterson, K., Eds., Marcel Dekker, New York, 425.
- JENNE, E. A. & LUOMA, S. (1977). Forms of trace elements in soils, sediments and associated waters: an overview of their determination and biological availability. In *Biological Implications of Metals in the Environment* (eds R. WILDUNG & H. DRUCKER), PP. 110-143. NTIS, CONF-750929.
- JONES, B. F. & BOWSER, C. J., (1978). The mineralogy and related chemistry of lake sediments. In: A. Lerman (Editor) *Lakes-Chemistry, Geology, Physics*. Springer-Verlag, New York, pp. 179-235.
- KAZANCI, N., EMRE, Ö., ERKAL, T., GÖRÜR, N., ERGİN, M. & ILERİ, Ö. (1997). Kcasu ve Gönen Çayı deltalarının morfolojik ve sedimentolojik özellikleri, Güney Marmara, Türkiye. Marmara Denizi Araştırmaları Workshop III. *Genişletilmiş Bildiri Özetleri. A.Ü. Fen. Fak. Jeo. Müh. Böl.*, 67-70.
- KEMP, A. L. W., THOMAS, R. L., DELL, C. I., & JAQUET, J.-M. (1976). Cultural impact on the geochemistry of sediments in Lake Erie. *J. Fish. Res. Board Can.*, **33**: 440-462.
- KERSTERN, M. & FÖRSTNER, U. (1987). Effects of sample pretreatment on the reliability of solid speciation data of heavy metals-Implications sesfor the study. *Mar. Chem.* **22**: 299-312.
- KIRATLI, N. (1992). Two geochemical approaches to Recent sediments (Late-Holocene) from the Golden Horn and Black Sea. Unpublished Ph. D. Thesis. University of Istanbul, Institute of Marine Sciences and Geography.
- KIDD, R. B., CITA, M. B., & RYAN, W. B. F. (1978). Stratigraphy of Eastern Mediterranean sapropel sequences recovered during DSDP Leg42A and their paleoenvironmental significance. *Init. Repts. DSDP* **42A**: 421-443.
- KLAASEN, C. D., AMDUR, M. O. & DOULL, J., eds (1986). Casarett and Doulls *Casarett and Doulls Toxicology*: Macmillan, New York.
- KRAUSKOPF, K. B. (1979). *Introduction to Geochemistry*. International Series in the Earth and Planetary Sciences. Mc. Graw- Hill.
- KRUMGALZ, B. S. (1989). Unusual grain size effect on trace metals and organic matter in contaminated sediments. *Mar. Pollut. Bull.* **20**: 608-611.



- LORING, D. H. & RANTALA, R. T. T. (1988). Partitioning and enrichment of trace metals in a sediment core from Framvaren, South Norway. *Mar. Chem.*, **23**: 269-281.
- LORING, D. H. (1991). Normalization of heavy-metal data from estuarine and coastal sediments. *ICEOS*. No. **9**.
- LORING, D. H. & RANTALA, R. T. T. (1992). Manual for the geochemical analyses of marine sediments and suspended particulate matter. *Earth-Science Reviews*, **32**: 235-283.
- LUOMA, S. N. (1990). Processes affecting metal concentrations in estuarine and coastal marine sediments. In: *Heavy metals in the marine environment* (ed. R. W. FURNESS & P. S. RAINBOW), pp. 51-66, CRC Press, Inc.
- MARTIN, J. W., NIREL, P. & THOMAS, A. J. (1987). Sequential extraction techniques: Promises and problems. *Mar. Chem.* **22**: 313-341.
- MEYER, W T. & EVANS, D. S. (1994). Dispersion of mercury and associated elements in a glacial drift environment at Keel, Eire. *The Institution of Mining and Metallurgy*. Extract from Prospecting in areas of glacial terrain.
- MORELL, F. M. & HERING, J. G. (1993). Principles and applications of Aquatic Chemistry. *Wiley-Interscience, New York*.
- MUDROCH, A. & DUNCAN, G. A. (1986). Distribution of metals in different size fractions of sediment from the Niagara River. *J. Great Lakes Res.* **12 (2)**: 117-126.
- MULLER, P. J. & SUESS, E. (1979). Productivity, sedimentation rate, and organic matter in the oceans, I. Organic carbon preservation. *Deep Sea Res.*, **26 A**: 1347-1362.
- NISSENBAUM, A. & SWAINE, D. J. (1976). Organic matter metal interactions in recent sediments: the role of humic substances. *Geochim. Cosmochim. Acta.* **40**: 809-816.
- ÖZGÜR, F. (1995). Erdek Körfezi' nde Askıda Katı Maddede C.va Analizleri. İÜ DBİE, Yüksek Lisans Tezi.
- PEDERSON, T. F. & CALVERT, S. E. (1990). Anoxia vs productivity: what controls the formation of organic-carbon-rich sediments and sedimentary rocks? *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.* **74**: 454-466.

- RIDGWAY, I. M. & PRICE, N. B. (1987). Geochemical association and post-depositional mobility of heavy metals in coastal sediment, Loch Etive, Scotland. *Mar. Chem.*, **21**: 229-248.
- ROSE, A. W. HAWKES, H. E. & WEBBS, J. S., (1979). Geochemistry in Mineral Exploration. *Academic Press, London*, 657 pp.
- ROSENTHAL, R., EAGLE, G. A., & ORREN, M. J. (1986). Trace metal distribution in different chemical fractions of nearshore marine sediments. *Estuarine Coastal Shelf Sci.* **22**: 303-324.
- ROWE, G. T. & DEMING, J. W., (1985). The role of bacteria in the turnover of organic carbon in deep-sea sediments. *J. Marine Research*, **43**: 925-950.
- SALOMONS, W. & FÖRSTNER, U. (1984). *Metals in the Hydrocycle*. Springer Verlag.
- SAYDAM, C. & SALIHOĞLU, I. (1991). Elemental pollution of the Golden Horn surface sediments. *Toxicological and Environmental Chemistry*, **31-32**: 167-175.
- SHAW, T. J., GIESKES, J. M., & JAHNKE, R. A. (1990). Early diagenesis in differing depositional environments. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **54**: 1233-1246.
- SEVAST'YANOV, V. F & VOLKOV, I. I., (1967). Redistribution of chemical elements in the oxidized layers of the Black Sea sediments and the formation of iron-manganese nodules. *Tr. Inst. Okeanol.*, **83**: 135-152.
- SINEX, S. A. & HELZ, G. R. (1981). Regional geochemistry of trace elements in Chesapeake Bay sediments. *Environ. Geol.*, **3**: 315-323.
- SKEI, J. & PAUS, P. E. (1979). Surface metal enrichment and partitioning of metals in a dated sediment core from a Norwegian fjord. *Geochim. Cosmochim. Acta.* **43**: 239-246.
- SMITH, J. N. & WALTON, A. (1980). Sediment accumulation rates and geochronologies measured in the Saguenay Fjord using the Pb-210 dating method. *Geochim. Cosmochim. Acta.* **44**, 225-240.
- SHIMKUS, K. S., ÖZTÜRK, B. & H. & YESIN, V. N. (1992a). Composition of the Marmara Sea shallow water recent deposits and technogenic pollution manifestations. In: Current State of the Marmara Sea Ecosystem and

Antropogenic Impact, University of Istanbul. Faculty of Fisheries Beykoz-Istanbul, p 45-73.

SHIMKUS, K. S., ÖZTÜRK, B. & YESIN, V. N. (1992b). Oil Products in Recent bottom deposits of the Sea of Marmara, Current State of the Marmara Sea Ecosystem and Antropogenic Impact, University of Istanbul. Faculty of Fisheries Beykoz-Istanbul, p 98-101.

SHOLKOVITZ, E. R. (1976). Flocculation of dissolved organic and inorganic matter during the mixing of river water and sea water. *Geochim. Cosmochim. Acta* **40**: 831-845.

STEVENSON, F. J. & CCHENG, C. N. (1972). Organic geochemistry of the Argentine Basin sediments: carbon-nitrogen relationships and Quaternary correlations. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **36**: 653-671.

SURDAM, R. C. & CROSSEY L. C., (1985). Mechanisms of organic/inorganic interactions in sandstone/shale sequences. In: D. L. Gautieer, Y. K. Kharaka, and R. C. Surdam (Editörs), Relationship of Organic Matter and Mineral Diagenesis. *SEPM Short Course No. 17*: 177-231.

SZEFER, M., (1988). Distribution and possible sources of some elements in the sediment cores of the southern Baltic Sea. *Mar. Chem.*, **23**: 109-129.

TESSIER, A., CAMPBELL, P. G. C., & BISSON, M. (1979). Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals. *Analyt. Chem.*, **51**: 844-850.

TEKGÖZ, G. (1989). Pollution History of the Golden Horn . Unpubl. Msc. Thesis. Departmant of Environmental Engineering, METU, Ankara- Turkey.

THOMPSON, I., HİGGS, N. C., WİLSON, T. R. S., CROUDACE, I. W., de LANGE, G.J. & van SANTVOORT, P. J. M. (1995). Redistribution and geochemical behaviour of redox-sensitive elements around S1, the most recent eastern Mediterranean Sapropel. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **17**: 3487-3501.

TOTH, D. J. & LERMAN, A. (1977). Organic matter reactivity and sedimentation rates in the ocean. *American Journal of Science*, **277**: 465-485.

- TRUCCO, R. G., İNDA, J. & FERNANDEZ, M. L. (1990). Heavy metal concentration in sediments from Tongoy and Herradura Bays, Coquimboi Chile. *Mar. Poll. Bull. Vol. 21, No. 5*, pp. 229-232.
- ÜNLÜATA, Ü. & ÖZSOY, E. (1986). Oceanography of the Turkish Straits: health of the Turkish Straits: I. Oxygen deficiency of the Sea of Marmara. Rep. Ins. Marine Sci., METU, Erdemli, İçel, pp. 88.
- van OS, J. H., MİDDELBURG, J. J., & de LANGE, G. J. (1991). Possible diagenetic mobilisation of barium in sapropelic sediment from the Eastern Mediterranean. *Mar. Geol. 100*: 125 - 136.
- YILDIZDAĞ, H. G. (1992). Marmara Denizi' nde Ekonomik Su Ürünlerinde Ağır Metal (Hg, Zn) Miktarı. İÜ DBİE Yüksek Lisans Tezi.
- ZÖLLMER, V. & IRION, G. (1993). Clay mineral and heavy metal distribution in the northeastern North Asia. *Mar. Geol, 111*: 223-230.



EK 1: Erdek Körfezi' nden alınan yüzey sediment örneklerinin alındıkları lokasyonlar ve derinlikler.

İstasyon No	Boylam	Enlem	Derinlik (m)
1	27.35	40.45	43
2	27.38	40.45	48
3	27.41	40.45	53
4	27.45	40.45	53
5	27.5	40.45	45
6	27.55	40.45	47
7	27.6	40.45	42
8	27.66	40.43	40
9	27.71	40.43	35
10	27.35	40.41	29
11	27.38	40.41	37
12	27.41	40.41	46
13	27.45	40.41	45
14	27.5	40.41	45
15	27.55	40.41	45
16	27.6	40.41	43
17	27.66	40.4	40
18	27.71	40.4	38
19	27.76	40.4	32
20	27.35	40.38	18
21	27.38	40.38	25
22	27.41	40.38	30
23	27.45	40.38	37
24	27.5	40.38	43
25	27.55	40.38	41
26	27.6	40.38	
27	27.81	40.385	16
28	27.85	40.38	14
29	27.86	40.366	14
30	27.35	40.367	13
31	27.66	40.36	37
32	27.71	40.36	38
33	27.76	40.36	37
34	27.81	40.36	32
35	27.85	40.36	
36	27.38	40.357	14
37	27.45	40.35	26
38	27.5	40.35	33
39	27.55	40.35	35
40	27.6	40.35	32
41	27.81	40.339	26
42	27.41	40.35	15
43	27.45	40.332	14
44	27.5	40.314	15
45	27.55	40.31	16
46	27.66	40.33	22
47	27.71	40.33	36
48	27.76	40.33	36
D1			
D2			
D3			

EK 2: Erdek Körfezi'nden alınan yüzey sediment örneklerinin toplam karbonat, organik karbon ve tane boyu değerleri.

Örnek No	CaCO <sub>3</sub> %	Corg %	Kum %	Silt %	Kil %	S+K %
1	5	1.1	2.6	20	77	97
2	12	0.9	11	28	61	89
3	9.1	0.2	50	12	38	50
4	14	0.3	81	1.5	18	19
5	56	0.5	72	4.1	24	28
6	19	0.7	22	33	45	78
7	11	0.9	6.7	21	72	93
8	13	0.9	11	17	71	89
9	5.2	1.3	1.1	15	84	99
10	3.7	1	3.4	22	74	97
11	5.8	0.9	5	27	68	95
12	5.6	1	1.2	21	77	99
13	6.4	0.2	82	1.6	17	18
14	10	0.3	78	5.2	17	22
15	6.8	1	1.3	54	45	99
16	6.7	1	1.5	22	77	99
17	5.6	1	2.4	15	83	98
18	5.8	1.2	2.9	8.5	89	97
19	6.5	1.3	1.9	20	78	98
20	2.3	1.2	1.3	15	83	99
21	8	1	3.7	36	61	96
22	72	0.4	76	5.1	19	24
23	6.7	0.6	26	19	56	74
24	5.8	0.9	2.4	15	83	98
25	4.9	1.2	2.5	20	78	97
26	4.2	0.9	1.7	19	80	98
27	51	0.4	86	1.9	12	14
28	47	0.3	70	13	17	30
29	55	0.4	88	2.5	9.9	12
30	2.3	1.3	6.9	24	69	93
31	5.1	0.9	2.3	14	84	98
32	5.6	1	1.1	37	62	99
33	4.6	1.3	0.88	14	85	99
34	4.3	1.1	1.2	20	78	99
35	2.1	0.9	8.8	26	65	91
36	2.1	0.9	8.8	26	65	91
37	2.9	1.1	1.3	16	82	99
38	2.8	1.3	0.89	22	77	99
39	2.8	1.3	0.7	20	79	99
40	2.9	1.1	0.68	36	63	99
41	6.6	1.4	4.3	30	65	96
42	2.4	1	15	28	57	85
43	1.4	0.9	24	24	51	76
44	1.5	0.9	13	28	60	87
45	2.1	1.1	6.4	34	59	94
46	2.3	1.3	1	16	83	99
47	4.3	1.3	0.1	29	71	100
48	4.6	1.3	2.2	1.4	96	98
D1	55	1.5	2.9	26	71	97
D2	54	1.5	6.7	58	36	93
D3	20	0.4	82	13	4.9	18

EK 3: Erdek Körfezi' nden alınan yüzey sediment örneklerinin toplam metal içerikleri.

Örnek No	Al %	Fe %	Mn ppm	Pb ppm	Cu ppm	Zn ppm	Ni ppm	Co ppm	Cr ppm	Hg ppb
1	7.2	4.3	496	28	37	104	53	19	141	294
2	7.6	4.3	365	39	32	102	72	22	83	179
3	4.8	2.8	345	32	16	77	38	15	49	71
4	2.8	1.9	581	27	12	60	29	17	33	42
5	2.8	1.3	746	26	13	95	27	5.5	30	108
6	6.3	3.6	596	40	28	95	52	19	65	140
7	8.0	4.0	680	46	34	150	70	22	96	191
8	7.5	3.8	367	33	36	125	56	18	105	209
9	7.9	2.5	356	46	25	91	61	21	111	334
10	8.9	2.5	270	38	28	160	74	21	109	326
11	7.3	4	323	40	21	140	66	17	92	149
12	8.7	2.5	433	42	35	151	69	23	123	147
13	7.2	2	527	24	12	61	27	18	38	65
14	7.2	2.7	582	31	14	89	29	15	47	72
15	7.5	4.2	582	43	38	176	59	23	111	197
16	7.6	2.7	442	37	39	153	64	23	96	198
17	7.8	2.5	442	37	39	132	55	19	83	164
18	7.9	2.6	348	36	22	131	58	22	89	226
19	7.1	4.2	439	52	31	141	66	22	110	189
20	8.4	2.6	305	34	50	191	75	24	161	1118
21	7.5	3.7	329	46	24	121	63	28	115	615
22	2.3	1	314	20	10	50	21	11	26	182
23	6.6	2.2	296	35	28	105	52	20	92	137
24	7.9	2.3	350	48	39	134	64	22	90	179
25	7.9	4	621	45	21	142	58	18	89	255
26	8.6	2.5	584	49	25	126	61	9	103	217
27	1.1	0.8	170	19	3.4	40	8	8.3	12	54
28	5	1.6	176	23	5.1	41	8	8.6	11	59
29	1.7	0.8	168	23	5.2	34	9	8.7	17	68
30	8.6	4.2	397	47	28	272	72	25	159	1265
31	7.5	4	481	36	22	130	48	19	88	291
32	7.1	3.8	467	38	40	128	51	21	96	412
33	8.3	3.9	421	56	23	166	66	23	83	181
34	8	2.6	324	61	43	131	63	19	101	161
35	8.2	3.5	213	40	52	167	59	19	122	189
36	8.5	2.4	359	40	25	144	55	16	134	2276
37	8	2.3	294	39	42	142	61	8.9	108	739
38	8.2	3.5	281	47	24	154	61	19	127	643
39	7.9	4.2	330	38	22	135	51	8	103	478
40	9.2	4.3	321	57	42	151	49	19	84	654
41	6.9	4.6	313	49	48	160	149	29	238	252
42	8.5	2.5	398	38	25	176	52	21	112	2437
43	8.8	2.4	388	38	30	114	46	24	114	2953
44	8.8	3.9	301	40	23	143	54	17	95	3097
45	8.5	3.9	304	37	25	147	44	17	98	1765
46	8.2	4.4	331	61	23	161	48	17	86	433
47	6.8	2.6	347	58	24	143	50	17	90	258
48	8	4.1	365	42	25	154	60	20	116	210
D1	9.1	2.3	231	53	49	140	32	18	167	326
D2	7.7	2.1	244	45	30	97	38	7.4	153	186
D3	6.6	1.2	259	31	20	46	15	10	62	75



EK 4: Erdek Körfezi' nden alınan K1, K2 ve K3 no' lu kor örneklerinin toplam karbonat, organik karbon ve toplam metal içerikleri.

kor1	Al	Fe	Mn	Pb	Cu	Zn	Ni	Co	Cr	Hg	CaCO3	Corg
l/cm	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppb	%	%
5	8.4	4.2	574	51	37	99	66	23	93	41	7.3	0.2
10	9.6	4.9	684	57	45	127	70	25	70	80	4.6	0.7
15	9.9	4.8	590	49	43	136	69	22	76		4.9	0.7
20	7.8	4.0	569	52	39	98	58	16	103	86	5.7	0.9
25	8.7	4.1	529	49	37	94	68	16	81	76	5.6	1.0
30	9.4	3.6	495	50	35	117	59	21	107		6.0	1.0
35	8.4	4.5	481	51	38	96	62	22	71		5.5	1.0
40	9.2	4.6	482	51	37	160	68	19	113	78	7.9	1.0
45	7.5	3.8	488	52	36	134	51	21	61	145	13	1.0

kor 2	Al	Fe	Mn	Pb	Cu	Zn	Ni	Co	Cr	Hg	CaCO3	Corg
l/cm	%	%	pm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppb	%	%
5	7.2	4.1	485	49	39	112	53	20	61	74	5.9	0.9
10	7	4.1	458	46	35	92	54	20	116	88	4.1	0.9
15	8.3	4.5	442	51	38	163	55	21	110		4	0.9
20	7.5	4.6	459	45	35	103	60	23	64	72	4.9	1
25	8.5	5.1	455	45	36	100	61	21	68	94	3.5	1
30	7.3	3.9	434	44	34	97	63	20	61		3.1	1
35	8.9	3.9	457	44	36	102	53	24	67	92	4.2	1
40	7.8	4.8	431	46	34	92	53	19	113	59	4.9	1.1
45	8.2	4.4	470	45	36	100	54	21	59		3.7	1.1
50	6.3	4.1	407	49	36	103	58	21	67		3.7	1
55	8.9	3.9	457	49	37	144	57	22	64	156	3.3	1.1
60										208	3.8	1.1

kor 3	Al	Fe	Mn	Pb	Cu	Zn	Ni	Co	Cr	Hg	CaCO3	Corg
l/cm	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppb	%	%
5	7.4	4.1	391	46	39	110	49	18	77	101	0.8	1.2
10	7.8	3.8	330	44	38	159	70	20	71	151	1	1.2
15	7.9	4.1	409	47	38	99	51	18	110		1	1.2
20	8.8	4.7	379	48	39	102	49	19	68	74	0.8	1.1
30	8.7	4.8	363	50	39	109	54	22	67	76	0.7	1.1
35	8.1	4.1	372	53	40	95	55	24	92		0.7	1.1
40	9.1	4	391	53	40	181	62	20	84	71	0.7	1.2
45	8.9	3.8	343	49	37	92	47	20	56		0.8	1.2
50	9.8	4.1	347	54	39	94	48	21	56	95	0.9	1.3
55	7.3	4	329	50	38	100	51	21	53	125	1.1	1.3
60	8.5	4.1	337	52	41	112	55	22	63		0.6	1.1
65	8.8	4.2	324	56	41	116	50	17	58	180	0.7	1.1
70	8.5	4.8	311	50	40	98	49	19	69	386	1.2	1.2



EK 5: Erdek Körfezi' nden alınan GM1 no' lu kor örneğinin toplam karbonat, organik karbon ve toplam metal içeriği.

GM1	CaCO <sub>3</sub>	Corg
l/cm	%	%
2	9.1	1.3
10	8.2	1.3
20	8.4	1.3
30	6.7	1.3
40	5	1.2
50	5.1	1.9
60	5.2	1.4
70	7.6	1.3
80	9	1.1
100	6.9	1.2
110	7.3	0.94
120	10	1.2
130	18	1.2

GM1	Al	Fe	Mn	Pb	Cu	Zn	Ni	Co	Cr	Hg
l/cm	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppb
10	6.5	4.1	419	38	27	90	44	17	81	802
20	7.4	4.4	416	33	26	86	41	21	99	243
30	7.2	4.5	412	24	27	84	40	20	86	122
40	6.2	4.2	475	31	28	86	45	18	97	705
50	7.7	4.5	538	33	31	87	48	21	100	528
60	7.9	4.8	579	28	32	85	46	23	84	103
70	7.4	4.7	645	30	34	91	54	25	100	223
80	8.9	4.5	636	35	34	90	54	24	108	279
90	6.9	4.5	570	31	30	86	51	21	95	387
100	6.3	4.3	449	29	27	87	43	16	82	247
110	7.1	4.7	558	32	32	88	52	22	93	117
120	6.6	4.4	509	36	26	85	46	18	90	152
130	6.4	4.8	430	24	21	75	37	19	73	205

EK 6: Erdek Körfezi' nden alınan GM2 no' lu kor örneğinin toplam karbonat, organik karbon ve toplam metal içeriği.

GM2	caco3	Corg
1/cm	%	%
20	7.2	1.7
30	9.5	1.5
40	9.8	1.9
50	8	1.8
60	8.6	1
70	10	0.8
80	7.1	1.6
90	9.5	1.6
100	6.1	0.8
110	7.3	0.8
120	6	1.4
130	6.5	0.8
140	8.2	0.6
150	7.7	0.4
160	7.6	0.6
170	9.1	1.7
180	6.9	1.0
190	8.6	2.5
200	8.7	1.9
210	7.3	1.8
220	7.6	0.7
230	7.1	1.5
240	7.7	1.0

GM 2	Al	Fe	Mn	Pb	Cu	Zn	Ni	Co	Cr	Hg
1/cm	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppb
10	8	4.7	433	40	25	89	40	30	76	154
30	7.7	4.9	473	38	22	88	41	27	81	109
50	8	5	474	35	24	95	40	32	97	335
70	8.2	5.1	530	39	26	89	43	28	84	463
90	8.8	5.1	629	45	28	91	48	29	104	294
110	8.8	5.1	693	46	28	92	49	24	112	329
130	7.3	5	562	46	25	89	44	31	91	286
150	7.9	4.7	552	34	23	87	40	28	99	104
170	7	4.8	392	35	21	80	37	22	89	90
190	7.5	4.6	398	33	21	84	37	24	90	148
210	7.8	4.8	394	30	20	85	39	25	96	257
230	8.2	4.4	405	30	19	82	35	31	83	73

EK 7: Erdek Körfezi' nden alınan yüzey sedimentlerinin Al içeriğinin jeokimyasal fazlarda dağılımı.

Örnek No	Fe-Mn fazı (%)	Organik faz (%)	Organik faz (%)	Litojen faz (%)	Litojen faz (%)	Fazların Toplamı
1	0.7	0.3	5.2	6.1	94	6.4
2	0.6	0.3	5.2	5.7	94	6.1
3	0.5	0.2	3.5	4.9	96	5.1
4	0.5	0.2	4.3	3.8	95	4
5	1.3	0.1	6.9	1.8	92	1.9
6	0.7	0.3	5.6	5.1	94	5.4
7	0.6	0.3	4.6	6.2	95	6.5
8	0.6	0.4	6	5.6	93	6
9	0.6	0.3	4.8	6	94	6.3
10	1.2	0.3	5.4	5.6	93	6
11	0.6	0.3	4.4	5.9	95	6.2
12	0.7	0.4	5.2	6.6	94	7
13	0.6	0.2	4.5	4	95	4.2
14	0.6	0.2	3.8	4.5	96	4.7
15	0.5	0.3	4.4	6.1	95	6.4
16	0.5	0.3	5.6	5.3	94	5.7
17	0.4	0.5	6.9	6.3	93	6.8
18	0.5	0.4	6.8	5.3	93	5.8
19	0.8	0.3	4	6.2	95	6.5
20	0.6	0.3	4	7.1	95	7.4
21	1.2	0.4	7	4.9	92	5.4
22	1.8	0.1	7.2	1.6	91	1.7
23	0.5	0.2	3	7.2	96	7.5
24	0.4	0.3	2.6	9.3	97	9.6
25	0.4	0.3	4	7	96	7.3
26	0.6	0.5	7.3	5.8	92	6.3
27	0.9	0.1	2.9	2.4	96	2.5
28	0.7	0.1	3	3.6	96	3.8
29	1.8	0.1	4.5	1.6	94	1.7
30	1.2	0.4	6.4	5.7	92	6.1
31	0.6	0.3	5.1	6.1	94	6.5
32	0.6	0.3	4.8	5.7	95	6.1
33	0.6	0.4	5.8	5.9	94	6.3
34	0.6	0.3	4.4	5.6	95	5.9
35	0.6	0.3	5	5.5	94	5.8
36	1.5	0.4	7.2	5	91	5.4
37	0.6	0.4	6.5	5.7	93	6.1
38	0.7	0.3	3.7	5.9	96	6.1
39	0.6	0.3	3.6	6.7	96	7
40	0.9	0.3	4.7	5.9	94	6.3
41	0.4	0.2	3.1	7	97	7.2
42	0.8	0.3	4	6.3	95	6.6
43	1.0	0.2	4.3	5.3	95	5.6
44	0.8	0.3	4.8	5.9	94	6.2
45	1.1	0.4	6.5	5.3	92	5.8
46	0.6	0.3	4.4	6.4	95	6.7
47	0.9	0.3	5.8	5.3	93	5.6
48	0.6	0.4	6.6	6.3	93	6.7
D1	0.9	0.4	5.5	6.4	94	6.8
D2	1.9	0.3	6	4.6	92	4.9
D3	1.2	0.2	4.2	4.4	95	4.6

EK 8: Erdek Körfezi' nden alınan yüzey sedimentlerinin Fe içeriğinin jeokimyasal fazlarda dağılımı.

Örnek No	Karbonat fazı (%)	Fe-Mn fazı (ppm)	Fe-Mn fazı (%)	Organik faz (ppm)	Organik faz (%)	Litojen faz (ppm)	Litojen faz (%)	Fazların Toplamı
1	0.04	0.28	6.9	0.28	6.9	3.51	86	4.1
2	0.02	0.25	7.3	0.16	4.7	3.03	88	3.4
3	0.01	0.23	8.2	0.13	4.7	2.43	87	2.8
4	0.007	0.23	8.4	0.15	5.5	2.37	86	2.8
5	0.05	0.21	15	0.16	12	1.01	73	1.4
6	0.03	0.21	7.3	0.17	5.9	2.49	87	2.9
7	0.05	0.46	14	0.18	5.4	2.7	81	3.3
8	0.05	0.32	8.5	0.26	6.9	3.2	85	3.8
9	0.02	0.19	5.5	0.19	5.5	3.1	89	3.5
10	0.05	0.26	6.8	0.24	6.3	3.3	87	3.8
11	0.02	0.26	7.3	0.18	5.1	3.1	88	3.5
12	0.009	0.28	8.1	0.28	8.1	2.9	84	3.5
13	0.03	0.26	11	0.18	7.6	1.93	81	2.4
14	0.03	0.27	9.7	0.16	5.8	2.34	84	2.8
15	0.01	0.2	6	0.16	4.8	3	89	3.4
16	0.01	0.2	5.3	0.23	6.1	3.34	89	3.8
17	0.01	0.19	5.2	0.24	6.5	3.24	88	3.7
18	0.02	0.22	6	0.15	4.1	3.31	90	3.7
19	0.04	0.27	7.5	0.23	6.4	3.12	86	3.6
20	0.3	0.27	7.6	0.24	6.7	3.04	85	3.6
21	0.02	0.38	10	0.2	5.3	3.19	85	3.8
22	0.07	0.21	14	0.2	13	1.11	73	1.5
23	0.02	0.25	8.8	0.17	6	2.41	85	2.8
24	0.02	0.26	8	0.19	5.8	2.8	86	3.3
25	0.01	0.22	6.2	0.26	7.4	3.05	86	3.5
26	0.02	0.24	7.2	0.23	6.9	2.88	86	3.4
27	0.1	0.26	20	0.14	11	0.87	68	1.3
28	0.02	0.45	33	0.17	12	0.74	54	1.4
29	0.07	0.39	37	0.19	18	0.48	45	1.1
30	0.3	0.43	12	0.18	4.8	3.1	83	3.7
31	0.03	0.23	6.1	0.2	5.3	3.36	89	3.8
32	0.01	0.27	7.1	0.16	4.2	3.37	89	3.8
33	0.03	0.26	7.7	0.23	6.8	2.89	85	3.4
34	0.04	0.2	7.3	0.13	4.7	2.41	88	2.7
35	0.02	0.19	6	0.19	6	2.81	88	3.2
36	0.06	0.47	12	0.19	4.8	3.26	83	3.9
37	0.07	0.25	7.4	0.23	6.8	2.89	86	3.4
38	0.07	0.24	6.2	0.21	5.4	3.42	88	3.9
39	0.02	0.25	6.5	0.21	5.5	3.38	88	3.8
40	0.03	0.29	7.6	0.21	5.5	3.29	87	3.8
41	0.03	0.2	4.9	0.15	3.7	3.75	91	4.1
42	0.1	0.3	8.6	0.26	7.5	2.92	84	3.5
43	0.2	0.27	7.4	0.26	7.1	3.12	85	3.7
44	0.07	0.28	8.6	0.23	7	2.76	84	3.3
45	0.1	0.4	10	0.23	5.9	3.27	84	3.9
46	0.02	0.25	6.5	0.23	5.9	3.39	88	3.9
47	0.02	0.28	7.2	0.26	6.6	3.37	86	3.9
48	0.02	0.24	5.9	0.23	5.6	3.6	88	4.1
D1	0.1	0.4	12	0.26	7.6	2.76	81	3.4
D2	0.1	0.28	11	0.22	8.3	2.16	81	2.7
D3	0.3	0.24	14	0.008	0.48	1.41	85	1.7

EK 9: Erdek Körfezi' nden alınan yüzey sedimentlerinin Mn içeriğinin jeokimyasal fazlarda dağılımı.

Örnek No	Karbonat fazı (ppm)	Karbonat fazı (%)	Fe-Mn fazı (ppm)	Fe-Mn fazı (%)	Organik faz (ppm)	Organik faz (%)	Litojen faz (ppm)	Litojen faz (%)	Fazların Toplamı
1	105	18	165	29	46	7.9	262	45	578
2	89	19	163	34	47	9.8	177	37	476
3	85	18	163	34	33	6.8	198	41	479
4	68	8.3	470	57	44	5.4	242	29	824
5	114	17	459	69	26	4	67	10	666
6	99	16	214	36	45	7.5	244	40	602
7	132	19	246	35	67	9.4	264	37	708
8	54	14	106	27	47	12	187	47	395
9	76	14	128	23	68	12	273	50	544
10	52	15	81	23	36	11	176	51	345
11	68	14	119	25	44	9	253	52	483
12	112	20	204	36	58	10	198	35	572
13	97	14	377	55	44	6.4	164	24	682
14	83	14	267	43	41	6.6	224	36	615
15	82	16	173	33	78	15	195	37	528
16	128	19	254	37	99	15	199	29	680
17	126	19	195	30	88	14	239	37	648
18	91	18	144	28	52	10	225	44	512
19	66	12	170	31	44	8.1	267	49	547
20	79	16	91	18	64	13	259	53	493
21	63	14	156	34	39	8.4	202	44	462
22	7	1.8	291	78	17	4.6	56	15	371
23	70	15	136	28	39	8.2	236	49	481
24	86	16	164	31	55	10	232	43	538
25	157	26	166	28	90	15	189	31	603
26	108	19	178	32	77	14	195	35	558
27	34	13	129	51	11	4.4	80	31	254
28	20	5.3	270	73	12	3.2	69	19	370
29	20	9.6	150	71	10	4.8	31	15	212
30	141	26	153	28	41	7.6	206	38	541
31	80	16	143	29	57	11	219	44	499
32	170	24	237	34	96	14	201	29	704
33	113	18	183	30	72	12	248	40	617
34	76	16	112	24	53	11	224	48	464
35	23	9.1	66	26	20	7.6	148	58	256
36	97	19	170	33	40	7.8	206	40	513
37	71	17	103	24	59	14	198	46	431
38	71	16	80	18	55	12	237	53	444
39	101	19	133	24	66	12	243	45	542
40	63	15	110	27	43	10	194	47	409
41	26	5.1	71	14	31	6.2	375	75	502
42	100	17	123	21	61	10	299	51	583
43	67	13	78	16	50	10	306	61	501
44	66	14	81	18	42	9	272	59	461
45	62	15	104	25	33	8	218	52	417
46	101	19	124	23	76	14	235	44	537
47	111	22	146	29	70	14	185	36	513
48	95	18	143	27	68	13	217	41	524
D1	38	11	63	19	27	8.3	200	61	327
D2	34	12	82	28	24	8.2	152	52	292
D3	91	30	85	28	14	4.7	109	37	299

EK 10: Erdek Körfezi'nden alınan yüzey sedimentlerin Pb içeriğinin jeokimyasal fazlarda dağılımı.

Örnek No	Karbonat fazı (ppm)	Karbonat fazı (%)	Fe-Mn fazı (ppm)	Fe-Mn fazı (%)	Organk faz (ppm)	Organk faz (%)	Litojen faz (ppm)	Litojen faz (%)	Fazların Toplamı (ppm)
1	2.5	6.4	12	30	8	21	17	43	39
2	2.3	5.8	16	42	7.4	19	13	34	39
3	1.6	5.5	8.3	28	6.4	22	13	45	30
4	0.8	2.4	12	39	5.5	17	13	42	32
5	0.6	2.5	12	49	3.5	15	4	17	24
6	1.5	3.5	16	35	7.1	16	20	45	44
7	1.7	4	17	39	7.9	19	16	38	42
8	1.5	4.7	9.4	29	7.6	23	14	43	33
9	3.6	7.9	14	31	9.7	22	18	39	45
10	1.6	3.9	10	26	11	26	18	44	40
11	2.7	7.6	13	36	5.2	15	15	42	35
12	1.4	3.6	12	30	9.6	24	17	42	39
13	0.7	2.5	7.5	27	4.5	16	15	54	28
14	1	3.2	9.3	31	5.1	17	14	48	30
15	2	4.2	16	33	12	24	19	39	48
16	2.2	4.7	15	33	12	27	16	36	46
17	2.2	5.2	16	36	9.1	21	16	37	43
18	3.4	7.6	15	33	8.5	19	18	40	45
19	2.3	4.9	17	35	10	21	19	39	48
20	2.5	3	14	16	11	14	56	67	83
21	1	2.6	12	29	8.8	22	18	46	40
22	0.1	0.71	8.8	52	4	23	4	24	17
23	1.7	4.6	13	34	7.3	20	15	41	37
24	2.3	4.4	16	31	11	22	23	43	53
25	2.2	4.7	13	27	15	33	17	35	47
26	1.2	2.3	15	30	9.2	18	25	49	50
27	0.6	3.3	7.9	40	3.4	17	7.6	39	20
28	0.4	1.7	5.8	26	3.3	15	13	58	22
29	0.3	1.6	8.4	39	4.1	19	8.8	41	22
30	2.4	5.3	15	32	10	22	19	41	46
31	2.1	4.8	15	35	8.2	19	18	42	44
32	1.9	3.5	14	25	12	22	27	49	55
33	3.4	6.9	18	35	10	20	19	37	50
34	4.8	6.1	18	22	9	11	47	59	79
35	1.9	4.9	13	32	10	26	14	36	39
36	1.1	2.5	11	27	11	26	19	45	43
37	1.2	1.7	11	16	9.8	14	47	68	69
38	2.5	6.1	9.8	24	9.9	25	18	45	40
39	2.1	4.7	13	28	10	23	20	44	45
40	2.1	4	13	23	13	24	26	49	54
41	2.2	4.3	14	27	13	25	22	43	50
42	1.1	2.6	12	26	12	26	21	46	45
43	1	3.3	8.5	27	7.1	23	15	47	31
44	1.8	4.3	11	26	7.4	18	21	51	41
45	1.2	2.5	13	27	12	26	21	44	47
46	1.7	2.9	15	25	14	25	27	47	58
47	2.7	5.4	17	34	10	21	20	40	50
48	3.2	6.6	16	32	9.4	19	20	42	49
D1	1.2	2.5	13	29	13	27	20	42	47
D2	1.5	3.5	12	28	9.6	22	21	47	44
D3	0.8	1.8	5.5	12	13	29	25	57	44

EK 11: Erdek Körfezi' nden alınan yüzey sedimentlerinin Cu içeriğinin jeokimyasal fazlarda dağılımı.

Örnek No	Karbonat fazı (ppm)	Karbonat fazı (%)	Fe-Mn fazı (ppm)	Fe-Mn fazı (%)	Organik faz (ppm)	Organk faz (%)	Litojen faz (ppm)	Litojen faz (%)	Fazların Toplamı
1	2.6	7.9	0.8	2.5	9	27	21	63	33
2	2.1	8	0.7	2.8	6.1	23	17	66	26
3	2.1	14	0.5	3.2	4	27	8.6	56	15
4	2.1	18	0.5	4	2.6	22	6.8	56	12
5	0.6	6.7	0.3	3.1	3.7	38	5	51	9.6
6	3.2	12	0.8	2.9	5.5	20	18	65	27
7	2.6	8.5	0.8	2.8	7.5	25	19	64	30
8	2.9	8.1	1.1	3	9	25	23	63	36
9	2.8	8.5	0.9	2.6	8	24	21	64	33
10	2.2	6.5	1.4	4.2	9.9	29	21	60	34
11	2.4	8.8	0.9	3.3	5.9	22	18	66	27
12	2.6	8.5	0.6	2	7.9	26	20	64	31
13	2.4	21	0.5	4.3	2.6	22	6.1	52	12
14	2.3	18	0.6	4.8	2.9	22	7	55	13
15	3	9.1	0.5	1.5	7.8	24	22	66	33
16	2.6	8.5	0.6	1.8	6.3	20	22	69	31
17	2.6	8.4	0.8	2.5	6.6	21	20	65	31
18	2.9	10	0.8	2.9	5.7	20	19	67	28
19	3	8	0.6	1.6	8.3	23	25	68	37
20	8.9	18	2	4	11	23	27	55	49
21	3	8.6	1	2.9	9.4	27	21	61	35
22	0.6	6.7	0.2	1.6	3.9	41	4.9	51	9.6
23	2.5	10	0.8	3.4	4.9	20	16	66	24
24	3.7	11	1	3	7.3	22	21	64	33
25	2.7	9.2	0.8	2.6	6.5	23	21	75	29
26	3.9	11	0.7	2.2	8.4	24	21	62	35
27	1.2	21	0.1	2	2.6	44	2	34	5.9
28	2.1	29	0.1	1.5	2.9	41	2	28	7.1
29	1.4	24	0.1	1.8	2.8	47	1.6	28	5.9
30	3	8.1	2.1	5.8	9.9	27	22	59	37
31	2.9	9.4	0.9	3	7.2	23	20	64	31
32	4.4	12	0.8	2.5	7.4	21	23	64	35
33	3	9.2	0.8	2.4	7.4	23	21	66	33
34	7.4	18	0.8	2	7.5	19	25	61	40
35	2.3	4.9	1.6	3.4	18	39	25	53	47
36	3.1	8.7	1.6	4.6	10	29	20	57	35
37	7.5	19	1.3	3.1	8.7	21	23	56	40
38	2.9	8.7	1.4	4.3	7.5	23	21	64	33
39	3.2	8.9	1.2	3.3	9.3	26	22	61	36
40	4.2	9.2	8.1	18	10	22	23	50	45
41	3.5	5.1	3.2	4.7	19	28	43	62	69
42	3.3	9.7	2	6	8.1	24	21	61	34
43	2.4	8.8	1.2	4.5	7.3	27	16	60	27
44	3.4	12	1.4	4.8	7.7	26	17	57	29
45	3.3	10	1.2	3.8	10	32	17	53	32
46	4.3	11	1.5	4	8.6	23	24	62	38
47	3.2	11	0.9	3	7.9	27	17	59	29
48	3.3	9.8	0.9	2.6	7.3	22	22	65	33
D1	3.1	7.8	1.3	3.3	12	31	24	58	40
D2	3.3	9.7	1.4	4.1	11	32	18	54	34
D3	4	23	1.6	9.6	4.1	24	7.3	43	17



EK 12: Erdek Körfezi' nden alınan yüzey sedimentlerinin Zn içeriğinin jeokimyasal fazlarda dağılımı.

Örnek No	Karbonat fazı (ppm)	Karbonat fazı (%)	Fe-Mn fazı (ppm)	Fe-Mn fazı (%)	Organik faz (ppm)	Organik faz (%)	Litojen faz (ppm)	Litojen faz (%)	Fazların Toplamı
1	37	28	13	10	16	12	64	49	130
2	32	26	16	14	17	14	56	46	122
3	16	21	11	14	12	16	38	50	76
4	12	18	11	16	11	16	34	50	67
5	13	28	8	17	9.3	20	17	35	47
6	28	24	12	11	13	12	60	53	113
7	34	27	16	12	17	13	62	48	130
8	36	24	26	17	21	14	69	45	152
9	44	32	13	9.6	18	13	63	46	150
10	42	28	20	13	22	15	66	44	150
11	35	28	14	11	14	12	60	49	124
12	35	27	15	11	19	15	63	48	131
13	12	18	10	15	13	19	32	47	67
14	14	20	13	18	13	18	31	44	71
15	38	28	13	9.5	19	14	64	48	133
16	39	29	12	9.4	17	13	65	49	134
17	39	29	14	10	17	12	65	48	134
18	40	30	13	10	16	12	62	47	131
19	43	29	18	12	18	12	68	46	148
20	50	23	30	14	23	11	101	52	213
21	42	29	21	15	18	12	65	45	146
22	10	20	9.9	20	13	26	16	33	49
23	28	25	15	13	14	12	56	50	113
24	39	29	15	11	15	11	64	48	133
25	40	29	12	8.4	19	14	68	49	139
26	41	30	15	11	17	12	65	47	137
27	3.4	9.9	11	31	11	30	9.9	29	35
28	5.1	11	15	35	11	25	12	28	44
29	5.2	14	16	42	9.8	25	7.4	19	39
30	49	20	52	21	23	9.5	102	50	248
31	37	29	15	11	15	11	62	48	130
32	40	28	15	11	16	11	71	50	142
33	41	29	15	11	19	14	65	46	139
34	43	30	15	10	15	10	71	49	144
35	52	34	32	21	14	9.3	55	36	153
36	42	21	40	20	18	9.2	97	49	197
37	42	29	17	12	17	12	67	47	143
38	44	29	14	9.3	20	13	73	48	151
39	41	28	17	12	16	11	70	48	145
40	42	30	19	13	16	12	65	46	142
41	83	41	16	7.7	18	8.7	87	43	203
42	41	24	26	15	19	11	82	49	168
43	30	22	20	14	21	16	66	48	137
44	39	27	23	16	19	13	62	43	142
45	40	27	25	17	16	11	66	45	147
46	45	29	19	12	18	12	71	46	154
47	38	28	18	14	16	11	63	47	136
48	42	30	16	12	17	12	63	46	138
D1	8.2	7.2	31	27	16	14	59	52	114
D2	5.1	5.5	29	32	13	15	44	48	91
D3	4.6	11	13	30	5.5	13	20	46	43



EK 13: Erdek Körfezi' nden alınan yüzey sedimentlerinin Ni içeriğinin jeokimyasal fazlarda dağılımı.

Örnek No	Karbonat fazı (ppm)	Karbonat fazı (%)	Fe-Mn fazı (ppm)	Fe-Mn fazı (%)	Organik faz (ppm)	Organik faz (%)	Litojen faz (ppm)	Litojen faz (%)	Fazların Toplamı
1	0.83	1.3	7	17	15	23	41	65	63
2	0.87	1.4	8	19	12	19	42	67	63
3	0.49	1.5	5.4	29	7.9	25	18	57	32
4	0.4	1.4	4.3	23	6.3	21	19	63	30
5	0.48	2.3	2.7	22	5.2	25	12	60	21
6	0.63	1.2	4.9	13	9.8	18	39	72	55
7	0.38	0.6	6	13	12	20	45	70	63
8	1.2	1.8	6.9	15	15	21	47	67	70
9	0.5	0.86	4.7	12	13	22	40	69	58
10	0.47	0.79	5.3	13	12	21	42	70	60
11	0.64	1.1	5.1	12	11	18	42	72	59
12	0.28	0.42	6.6	15	14	22	44	67	66
13	0.39	1.5	3.8	26	6.2	24	15	59	25
14	0.77	2.7	3.7	20	6.6	23	18	62	29
15	0.81	1.3	4	9.8	14	24	41	68	60
16	0.55	0.95	3.9	9.5	12	21	41	71	57
17	0.68	1.2	4.4	11	11	19	41	72	58
18	0.59	1.1	4.3	12	11	20	36	70	52
19	0.43	0.67	6.4	14	9.4	15	47	74	63
20	1.3	1.7	4.8	8.8	15	20	55	72	76
21	0.63	1.1	5.9	14	11	18	42	71	60
22	0.54	2.9	1.6	13	4.6	25	12	64	18
23	0.82	1.6	4.8	14	10	20	35	69	51
24	0.53	0.83	6.6	15	13	21	43	68	63
25	0.68	1.2	3.5	8.3	12	21	43	72	59
26	0.53	0.98	5.3	14	11	20	38	70	54
27	0.22	2.7	1.5	35	2.3	28	4.2	51	8.3
28	0.45	6.3	0.51	11	1.6	23	4.5	64	7.1
29	0.04	0.33	1.1	14	3	25	8	66	12
30	1.2	2	6.1	16	14	23	39	65	60
31	0.31	0.59	4.8	13	11	21	37	69	53
32	0.35	0.72	5.2	15	9.1	19	34	70	49
33	0.59	1	4.4	11	11	19	41	72	57
34	0.56	0.9	4.3	9.6	12	19	45	73	62
35	0.78	1.6	5.5	16	8.7	17	35	70	50
36	0.69	1.2	5.7	13	10	17	43	72	59
37	0.61	1	3.7	8.4	11	19	44	74	60
38	0.89	1.5	3.9	8.9	12	19	44	73	61
39	0.31	0.53	4.4	10	11	18	43	73	59
40	0.48	0.92	4.5	12	10	19	37	71	52
41	1.9	1.3	8.6	7.3	18	12	102	80	105
42	0.62	1	5.6	13	10	17	43	72	60
43	0.81	1.6	3.4	9.2	11	20	37	71	52
44	0.38	0.83	4.1	13	9.6	21	32	69	46
45	0.68	1.6	4.5	17	9.5	23	27	65	42
46	0.62	1.4	3.2	9.8	7.4	17	33	75	44
47	0.8	1.8	4.6	16	11	24	29	64	45
48	0.48	0.88	5	13	10	19	38	71	54
D1	0.87	2.4	3.5	13	5.6	15	27	73	36
D2	1.1	3.6	4.8	25	5.2	17	19	64	31
D3	0.12	0.93	2.4	29	2.5	19	8.3	63	13

EK 14: Erdek Körfezi' nden alınan yüzey sedimentlerinin Co içeriğinin jeokimyasal fazlarda dağılımı.

Örnek No	Karbonat fazı (ppm)	Karbonat fazı (%)	Fe-Mn fazı (ppm)	Fe-Mn fazı (%)	Organik faz (ppm)	Organik faz (%)	Litojen faz (ppm)	Litojen faz (%)	Fazların Toplamı
1	0.83	4	4.3	21	4.6	22	11	54	21
2	0.87	4.7	6.5	35	3	16	8.2	44	19
3	0.49	4.3	4.4	39	1.9	16	4.6	41	11
4	0.4	1.9	3.8	18	2.7	13	14	68	21
5	0.48	5.4	1.7	19	3	34	3.6	41	8.8
6	0.63	3.4	3	16	4	22	11	59	19
7	0.38	1.5	3.3	13	4.9	19	17	66	25
8	1.2	6.4	5.2	28	3.5	18	9.1	48	19
9	0.5	2.5	3	15	3.7	18	13	64	20
10	0.47	2.7	5.1	29	2.5	14	9.7	55	18
11	0.64	3.5	5.3	29	4.3	24	8.2	44	18
12	0.28	1.4	5.9	29	3.2	15	11	54	20
13	0.39	2.6	4.9	32	2.4	16	7.7	50	15
14	0.77	3.6	5.2	24	3.9	18	12	54	22
15	0.81	4.4	2.7	15	4.8	26	9.9	55	18
16	0.55	3.4	3.4	21	5.3	33	6.9	43	16
17	0.68	3.7	3.2	17	5.2	28	9.3	50	18
18	0.59	2.5	3	13	4.1	18	16	67	23
19	0.43	2.4	4.9	28	1.6	9.3	11	61	18
20	1.3	6.8	3.4	18	5.4	28	9.1	48	19
21	0.63	2.9	4.4	20	2.7	12	14	65	22
22	0.54	5.6	2.3	24	2.8	29	4	42	9.6
23	0.82	4.5	3.9	21	3.5	19	10	55	18
24	0.53	2.4	5.1	23	4.5	20	12	54	22
25	0.68	4.5	4.1	28	2.8	19	7.3	49	15
26	0.53	3.7	3.8	26	3.1	21	7	48	14
27	0.22	2.3	3.5	36	1.5	16	4.4	46	9.7
28	0.45	2.5	2.2	12	3.1	17	12	68	18
29	0.04	0.49	3.7	45	1.1	13	3.4	41	8.2
30	1.2	5.4	5.9	26	5	23	10	46	22
31	0.31	1.4	3.4	15	3.5	16	15	67	22
32	0.35	1.9	4.5	25	5.1	28	8.4	46	18
33	0.59	2.5	3.2	14	4.4	19	15	65	23
34	0.56	3.4	2.9	18	5.8	35	7.4	44	17
35	0.78	3.9	5	25	4.6	23	9.7	48	20
36	0.69	2.9	5.9	25	3.4	14	14	58	24
37	0.61	4.9	3.1	25	3.7	30	5	40	12
38	0.89	5	5.7	32	4.9	28	6.3	35	18
39	0.31	2.6	3.9	33	3.6	30	4.2	35	12
40	0.48	2.5	4	21	3.4	18	11	59	19
41	1.9	7.6	6.4	26	2.9	12	13	55	24
42	0.62	3.4	4	22	5.3	29	8.3	45	18
43	0.81	4	3.6	18	5.4	27	10	51	20
44	0.38	1.7	5.9	27	4.4	20	11	52	22
45	0.68	4.6	3.6	24	3.8	25	6.9	46	15
46	0.62	3.7	4	24	5.3	31	7.1	42	17
47	0.8	4.4	4.8	26	1.9	10	11	59	18
48	0.48	3.9	3.7	30	3.1	25	5	41	12
D1	0.87	4.6	4.4	23	2.8	15	11	58	19
D2	1.1	11	5.3	53	2.5	25	1.1	11	10
D3	0.12	0.98	4.2	34	1.7	13	6.5	52	13

EK 15: Erdek Körfezi' nden alınan yüzey sedimentlerinin Cr içeriğinin jeoimyasal fazlarda dağılımı.

Örnek No	Karbonat fazı (ppm)	Karbonat fazı (%)	Fe-Mn fazı (ppm)	Fe-Mn fazı (%)	Organik faz (ppm)	Organik faz (%)	Litojen faz (ppm)	Litojen faz (%)	Fazların Toplamı
1	0.21	0.16	3.3	2.5	12	9.3	117	88	133
2	0.27	0.26	2.9	2.8	9.2	8.7	93	88	105
3	0.17	0.25	2.5	3.7	6.3	9.2	60	87	69
4	0.2	0.42	1.7	3.7	4.9	10	41	86	47
5	0.18	0.62	1.8	6.1	3.4	12	24	82	29
6	0.24	0.26	3.1	3.3	6.8	7.4	82	89	92
7	0.19	0.18	2.8	2.7	8.9	8.4	94	89	106
8	0.2	0.17	6.1	5.1	12	10	101	84	119
9	0.2	0.19	3.3	3.2	10	9.7	89	87	103
10	0.15	0.12	5	4.2	11	9.5	103	86	119
11	0.19	0.18	3.8	3.5	8.5	7.9	95	88	107
12	0.22	0.19	3.9	3.3	11	9.5	102	87	117
13	0.14	0.31	2.7	6	5.3	12	36	82	45
14	0.24	0.46	3.2	6	5.8	11	44	83	53
15	0.16	0.16	3.3	3.3	9.1	9.1	87	87	100
16	0.21	0.22	2.6	2.7	9.1	9.2	87	88	99
17	0.22	0.23	3	3.1	11	11	82	86	96
18	0.19	0.22	3.4	3.9	8.4	9.6	76	86	88
19	0.1	8.8E-2	4.8	4	9.4	7.9	105	88	119
20	0.31	0.19	12	7.1	20	12	130	80	161
21	0.08	7.4E-2	6.2	5.7	10	9.4	92	85	108
22	0.2	0.62	2.7	8.5	4.6	14	24	77	32
23	0.25	0.28	3.4	3.7	8.3	9.1	80	87	92
24	0.11	0.11	3.6	3.4	9.2	8.7	92	88	105
25	0.18	0.18	2.7	2.7	9.9	9.9	86	87	99
26	0.21	0.2	4.1	4	10	9.9	88	86	102
27	0.15	0.97	2.2	14	3.7	24	9	60	15
28	0.1	0.71	2.3	16	3.4	23	9	60	14
29	0.11	0.65	2.7	16	4.9	29	9	54	17
30	0.32	0.21	23	15	19	12	114	73	157
31	0.22	0.23	3.8	3.9	9.7	10	83	86	96
32	0.14	0.14	4.1	4.1	9.8	9.8	87	86	101
33	0.17	0.16	3	2.9	10	9.8	91	87	104
34	0.23	0.2	3	2.6	8.8	7.6	104	90	116
35	0.13	0.12	2.1	2	10	9.2	97	89	109
36	0.26	0.19	20	15	18	13	102	73	140
37	0.17	0.14	5.8	4.8	13	11	101	84	121
38	0.29	0.28	5	4.7	11	10	90	85	106
39	0.26	0.25	6	5.8	10	9.8	87	84	104
40	0.24	0.23	6.4	6	13	12	87	82	106
41	0.2	6.8E-2	4.7	1.6	17	6	269	92	291
42	0.23	0.16	15	11	17	12	108	77	140
43	0.18	0.14	11	8.2	15	11	103	80	128
44	8.6E-2	9.1E-2	10	11	14	14	71	75	95
45	0.16	0.14	13	12	15	14	81	74	109
46	7.3E-2	7.5E-2	12	12	14	15	71	73	97
47	0.18	0.19	5	5.3	9.9	10	80	84	95
48	0.21	0.21	4.2	4.2	10	10	84	85	99
D1	0.28	0.15	69	36	46	24	74	39	189
D2	0.22	0.14	65	42	36	23	56	35	157
D3	0.33	0.59	26	46	10	18	19	35	55

EK 16: Erdek Körfezi' nden alınan K1, K2 ve K3 no' lu kor örneklerinde Fe-Mn fazında metallerin dağılımı.

KOR 1	Al	Fe	Mn	Pb	Cu	Zn	Ni	Co	Cr
l/cm	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
5	0.05	0.22	416	24	3	12	11	5.6	3.2
10	0.05	0.26	325	27	4.6	12	10	5.5	3.4
15	0.05	0.25	299	23	3.1	11	10	3	3.3
20	0.05	0.24	232	22	2.5	10	9.6	4	3.1
25	0.04	0.22	257	20	2.2	10	9.3	3.8	3.2
30	0.04	0.22	213	20	2.1	9.8	8.8	4.2	2.7
35	0.04	0.22	204	20	1.7	10	8.6	3.6	3.2
40	0.04	0.22	180	21	1.6	12	8.6	3.9	2.6
45	0.04	0.2	191	21	1.6	12	7	3.9	2.9

KOR 2	Al	Fe	Mn	Pb	Cu	Zn	Ni	Co	Cr
l/cm	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
5	0.04	0.2	190	19	2.4	8.8	8.1	3.7	3.1
10	0.05	0.22	197	19	3.1	11	9.5	4.6	2.9
15	0.04	0.2	162	17	2.2	9.8	7.7	4.3	2.7
20	0.04	0.21	163	19	1.9	9.5	7.9	3.9	2.8
25	0.04	0.2	155	17	1.7	9.3	7.2	4.2	2.8
30	0.04	0.23	161	20	1.8	12	7.2	4.8	2.8
35	0.04	0.23	161	19	2.4	11	8.1	4.5	2.7
40	0.04	0.23	183	21	2.1	12	8.2	5.3	3.4
45	0.04	0.22	162	18	1.7	11	7.8	4.6	2.8
50	0.04	0.23	150	20	2.1	13	7.7	4.6	3.1
55	0.04	0.23	162	19	1.8	14	7	5.3	3.2
60	0.05	0.25	188	20	1.8	16	7	3.4	3.6

KOR 3	Al	Fe	Mn	Pb	Cu	Zn	Ni	Co	Cr
l/cm	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
5	0.05	0.25	108	16	3.2	14	7.6	4.9	3.2
10	0.04	0.24	111	17	2.4	12	7.7	4.4	2.4
15	0.05	0.24	117	19	3.1	15	7.7	4.6	2.9
20	0.04	0.23	114	16	2.5	13	7.8	5.3	2.7
25	0.05	0.25	133	18	3.2	15	7.9	4.8	3.1
30	0.04	0.2	106	16	2.7	13	7.3	5.1	2.9
35	0.06	0.26	128	20	3.2	16	8.7	5.4	3.2
40	0.05	0.2	119	19	3.4	15	8.3	5.3	2.9
45	0.05	0.28	118	19	3.1	16	8.5	5.7	3.4
50	0.05	0.26	99	21	2.9	16	7.8	4.4	3.6
55	0.05	0.24	93	19	3.6	15	8.2	4.1	3
60	0.06	0.26	101	17	3.2	15	6.9	3.9	3.2
65	0.06	0.25	97	23	3.4	19	8.5	4.3	3.8
70	0.06	0.31	119	23	3.4	22	8.2	4.5	6.1

EK 17: Erdek Körfezi' nden alınan GM1 ve GM2 no' lu kor örneklerinde Fe-Mn oksihidroksit fazında metallerin dağılımı.

GM 1	Al	Fe	Mn	Pb	Cu	Zn	Ni	Co	Cr
l/cm	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
10	0.04	0.26	189	22	1.1	16	9.3	4.5	2.3
20	0.04	0.22	180	17	1.3	9.2	8.3	4	1.4
30	0.04	0.22	189	18	1.6	9.9	9	4	1.8
40	0.04	0.22	242	17	1.4	8.3	9.1	4.3	1.9
50	0.05	0.24	312	20	2.8	10	11	5.4	2.2
60	0.05	0.29	364	23	2.9	11	12	5.7	2.7
70	0.06	0.26	403	23	3.4	11	11	3.6	2.4
80	0.06	0.27	411	24	3.5	11	11	3.5	2.7
90	0.05	0.24	384	22	2.4	9.6	10	3.2	2.4
100	0.04	0.23	243	19	1.6	9.7	11	3.7	2.1
110	0.05	0.28	272	24	2.9	9.9	12	4.4	2.7
120	0.04	0.25	317	27	2	11	9.7	5	2.8
130	0.04	0.17	245	18	0.95	9.3	7.8	3.3	2.1
130	0.04	0.17	245	18	0.95	9.3	7.8	3.3	2.1

GM 2	Al	Fe	Mn	Pb	Cu	Zn	Ni	Co	Cr
l/cm	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
10	0.04	0.21	186	19	1.9	11	7.2	3.4	1.9
20	0.04	0.21	210	23	1.9	11	7.6	3.8	1.9
30	0.04	0.19	226	19	1.5	9.5	6.6	3.8	1.5
40	0.04	0.2	268	21	1.9	9.5	8.3	4	1.9
50	0.03	0.15	204	15	1.8	6.7	5.7	3	1.8
60	0.05	0.21	281	18	2.3	7.6	7.7	3.8	2.3
70	0.06	0.28	344	23	3.4	12	10	4.9	3.4
80	0.04	0.2	341	21	2.1	8.3	8.2	4	2.1
90	0.04	0.18	318	17	1.9	7.1	6.2	3.5	1.9
100	0.05	0.22	421	27	2.7	9.7	8.8	4	2.7
110	0.05	0.2	441	24	2.6	8.4	8.6	5	2.6
120	0.04	0.22	470	24	2.8	8.8	8.4	3.7	2.8
130	0.04	0.18	343	32	2.2	11	8.6	3.8	2.2
140	0.04	0.17	359	27	2.4	9.4	7.7	3.2	2.4
150	0.05	0.15	344	19	2.6	8.2	8.2	3.6	2.6
160	0.04	0.11	182	17	2.2	7.2	8.1	3.3	2.2
170	0.07	0.15	192	20	3.5	11	10	4.2	3.5
180	0.04	0.1	203	19	2.1	7.1	7.5	3.5	2.1
190	0.3	0.49	221	33	15	27	23	9.7	15
200	0.11	0.18	169	23	5.1	15	12	5.2	5.1
210	0.04	0.1	162	16	2.4	7.5	7.5	3.7	2.4
220	0.04	0.1	148	16	2.1	7	7.4	1.6	2.1
230	0.04	0.1	189	15	2.3	7.2	7.5	2.2	2.3

EK 18: Selektif ekstraksiyon analizlerinde örneklerin ardışık ve ayrı ayrı olarak çalışılması halinde elde edilen sonuçların karşılaştırılması.

Karbonat fazı	Mn	Pb	Cu	Zn	Ni	Co	Cr
Örnek No	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
5	32	1.4	0.1	0.04	4.4	0.1	0.2
29	26	0.6	0.02	0.6	0.3	0.2	0.2
1	23	1.8	0.1	1.5	0.4	0.3	0.2
30	29	2.6	0.4	10	1	0.8	0.4
Ardışık							
5A	29	1.5	0.1	0.03	0.5	0.2	0.2
29A	28	0.6	0.1	0.4	0.3	0.2	0.4
1A	23	2.3	0.1	1.4	0.8	0.4	0.2
30A	31	2.5	0.4	11	1	0.6	0.4

Fe-Mn fazı	Fe	Mn	Pb	Cu	Zn	Ni	Co	Cr
Örnek No	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
5	0.1	310	7	0.2	10	2	1	2
29	0.4	189	8	0.1	14	1	2	3
1	0.3	219	14	1.1	13	5	3	3
30	0.3	181	16	2.1	11	5	4	18
Ardışık								
5A	0.3	806	15	0.4	12	3	1	3
29A	0.4	106	7	0.1	13	1	1	3
1A	0.3	116	12	0.7	13	5	3	4
30A	0.4	113	16	1.7	11	5	4	21

Organik faz	Fe	Mn	Pb	Cu	Zn	Ni	Co	Cr
Örnek No	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
5	0.01	305	5	0.7	4	2	0.7	0.9
29	0.01	59	2	0.3	3	1	0.3	0.6
1	0.2	147	18	3	15	3	2	3
30	0.2	212	15	4	57	8	4	21
Ardışık								
5A	0.2	24	3	2	10	4	2	3
29A	0.2	7	4	2	9	1	2	2
1A	0.2	34	7	3	11	6	2	5
30A	0.2	40	8	5	16	8	3	12

Litojen faz	Al	Fe	Mn	Pb	Cu	Zn	Ni	Co	Cr
Örnek No	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
5	3.2	2.2	834	30	8	47	22	9	30
29	1.5	1.2	268	20	3	35	6	3	11
1	7.1	4.9	478	35	16	92	47	18	83
30	7.8	4.2	493	56	22	210	55	18	122
Ardışık									
5A	2.9	1.7	79	8.6	4	30	12	3	25
29A	2	0.39	33	10	1	12	4	5	9
1A	6.7	3.5	179	17	12	74	39	8	68



## **ÖZGEÇMİŞ**

**İsim:** Nuray BALKIS

**Doğum Tarihi ve Yeri:** 1964- İSTANBUL

**Adresi:** İ.Ü. Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, Vefa, 34470 İSTANBUL.

### **Üniversite Eğitimi:**

1981-1986 İ.Ü Mühendislik Fakültesi-Kimya Mühendisliği Bölümü (Lisans).

1986-1988 İ.Ü Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü, Fiziksel ve Kimyasal Oşinografi Anabilim Dalı (Yüksek Lisans).

1991-1997 İ.Ü Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, Deniz Kimyası Anabilim Dalı.

**Yabancı Dil:** İngilizce

### **İş Tecrübesi:**

1994-1997 İ.Ü Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, Araştırma Görevlisi

### **Tezler:**

-Yeşilköy-Ambarlı Sahil Kesiminin Besin Elementleri Açısından İncelenmesi (Yüksek Lisans).

- Erdek Körfezi Sedimentinde Ağır Metal Dağılımının İncelenmesi (Doktora).

### **Yayınlar:**

-ÇAĞATAY, N., ALGAN, O., BALKIS, N., & BALKIS, M. (1996).

Distribution of carbonate and organic carbon contents in Late Quaternary Sediments of the Southern Marmara Shelf. Turkish Journal of Marine Sciences, Vol.2, No:2, 67-82.

-ALGAN, O., ÇAĞATAY, N., KIRATLI, N., BALKIS, N., ve SARI, E.

(1997). Marmara Denizi Kuzey Şelfinde Sedimentlerin Jeokimyasal Özellikleri.

Marmara Denizi Araştırmaları Workshop - III, Genişletilmiş Bildiri Özetleri.

A.Ü. Fen Fak. Jeoloji Müh. Böl., Ankara s. 76-78.

### **Teknik Rapor :**

- ÇAĞATAY, N., ALGAN, O., KIRATLI, N., BALKIS, N. & SARI, E. (1996).

Marmara Denizinin kuzey şelfinde sediment jeokimyasının su ürünleri açısından incelenmesi. Proje no: YDABÇAG 251-G.

- KIRATLI, N., ÇOTUK, A., ÇAĞATAY, N., ALGAN, O., BALKIS, N. & KİRİMAN, A. (1996). Marmara Denzinin kuzey Şelfinde üretim b6lgelerinde ekolojik hasar tespiti. Proje No : YDABÇAG 252 - G.

**Bildiriler:**

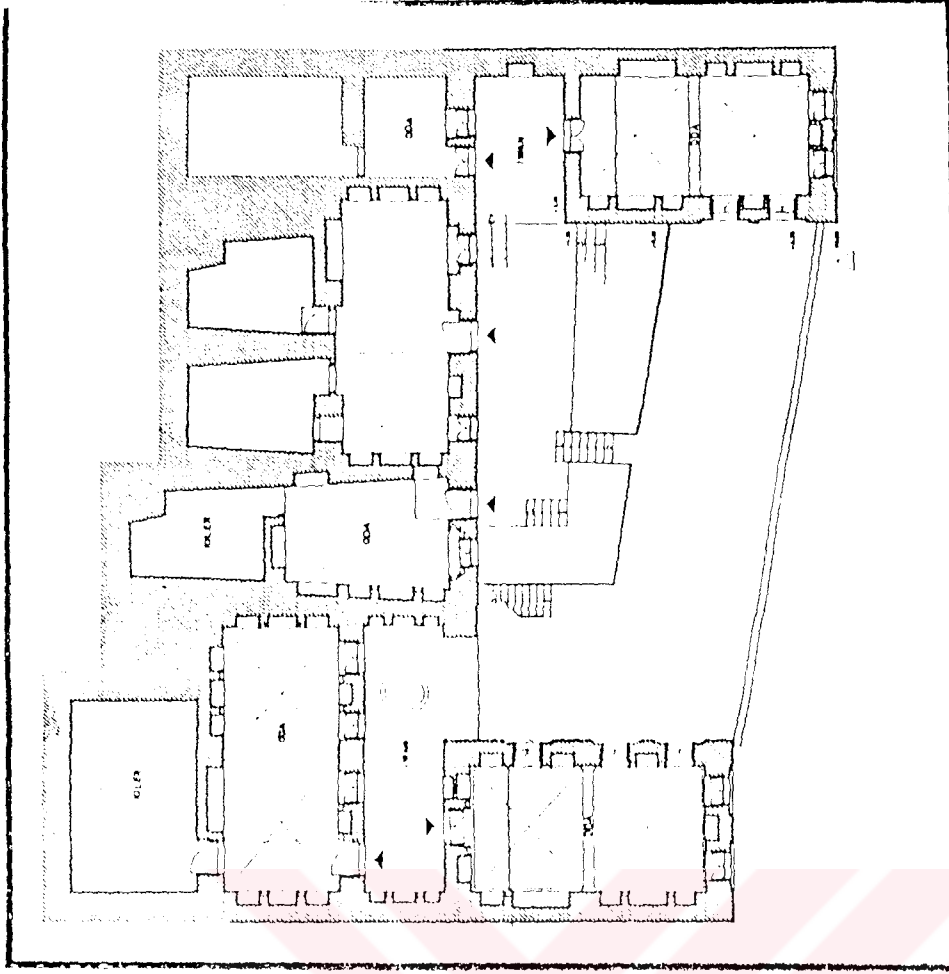
- ÇAĞATAY, N., ALGAN, O., SAKINÇ, M., EASTOE, C.J., EGESSEL, L., BALKIS, N., ONGAN, D. & CANER, H. (1997). A Late Holocene Sapropelic Sediment Unit Form The Southern Marmara Shelf and Its Paleoenvironmental Significance. *International Symposium on the Late Quaternary in the Eastern Mediterranean. Ankara, (Nisan, 1-4, 1997).*

**Proje Yürütücülüğü:**

- Erdek Körfezi Sedimentlerinde Metal Dağılımları nın Selektif Ekstraksiyon Yöntemleri ile İncelenmesi. İ.Ü. Araştırma Fonu Doktora Tez Projesi.

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU  
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**





Şar Mahallesi Bir Konut Planı



Şar Mahallesi Bir Konutun Kent Dokusundaki Konumu

0 3 3 2 0



M5

Şekil 53: Test U Kütle Plan Tipi