

**EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**(DOKTORA TEZİ)**

**DİDİM VE İZMİR KÖRFEZİ SEDİMENT,  
DENİZ SUYU VE FARKLI DENİZ  
ORGANİZMALARINDA BAZI RADYONÜKLİD  
VE AĞIR METAL DÜZEYLERİNİN İZLENMESİ**

Serpil AKÖZCAN

Nükleer Bilimler Anabilim Dalı  
Bilim Dalı Kodu: 622.01.01  
Sunuş Tarihi: 13.01.2009

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Aysun UĞUR

Bornova - İZMİR



Sayın **Serpil AKÖZCAN** tarafından Doktora Tezi olarak sunulan "**Didim ve İzmir Körfezi Sediment, Deniz Suyu ve Farklı Deniz Organizmalarında Bazı Radyonüklid ve Ağır Metal Düzeylerinin İzlenmesi**" başlıklı bu çalışma E.Ü. Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi'nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 13.01.2009 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği ile başarılı bulunmuştur.

**Jüri Üyeleri:**

**İmza**

**Jüri Başkanı : Prof. Dr. Güngör YENER**

**Üye: Prof. Dr. Uğur SUNLU**

**Üye: Doç. Dr. Aysun UĞUR**

**Üye: Yrd. Doç. Dr. Ümran HİÇSÖNMEZ**

**Üye: Yrd. Doç. Dr. Murat Müslim SAÇ**



**ÖZET****DİDİM VE İZMİR KÖRFEZİ SEDİMENT, DENİZ SUYU VE FARKLI DENİZ ORGANİZMALARINDA BAZI RADYONÜKLİD VE AĞIR METAL DÜZEYLERİNİN İZLENMESİ**

AKÖZCAN, Serpil

Doktora Tezi, Nükleer Bilimler A.B.D.

Danışman: Doç. Dr. Aysun UĞUR

Ocak 2009, 306 sayfa

Bu çalışmada, Ege Denizi kıyı şeridinde yer alan Didim ve İzmir Körfezi'nden aylık olarak toplanmış olan sediment, deniz suyu, çeşitli türde balık ve kara midyelerde (*Mytilus galloprovincialis*) bulunan  $^{210}\text{Po}$ ,  $^{210}\text{Pb}$  ve  $^{137}\text{Cs}$  radyonüklidleri alfa ve gama spektroskopisi ile tayin edilmiş, ayrıca Zn, Cu, Fe, Cd, Mn, Ni, Pb, Cr gibi ağır metallerin miktarı ICP-OES ile ölçülmüştür.

Midye (*Mytilus galloprovincialis*) örneklerinde tayin edilen  $^{210}\text{Po}$  ve  $^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonları sırasıyla  $34\pm 9$  ile  $2303\pm 383$  Bq  $\text{kg}^{-1}$  ve ND (dedeksiyon limitinin altında) ile  $64\pm 6$  Bq  $\text{kg}^{-1}$  (kuru ağırlık) arasında değişmektedir. Sedimentlerdeki  $^{210}\text{Po}$  ve  $^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonları sırasıyla  $24\pm 5$  ile  $126\pm 6$  Bq  $\text{kg}^{-1}$  ve  $18\pm 3$  ile  $59\pm 4$  Bq  $\text{kg}^{-1}$  (kuru ağırlık) arasında değişmektedir. Örnekleme periyodu süresince yüzeyden alınan deniz suyu örneklerindeki  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonları ortalama  $0.006\pm 0.004$  Bq  $\text{L}^{-1}$  dir. Balıklar arasında Sardalya (*Sardina pilchardus*) gibi planktonla beslenen küçük pelajik balıklar daha fazla  $^{210}\text{Po}$  biriktirme eğilimindedirler.

Yapılan analizler sonucunda elde edilen ağır metal bulgularına göre, midye örneklerinde Cd 0.4-2.1  $\mu\text{g g}^{-1}$ ; Cr 0.6-2.7  $\mu\text{g g}^{-1}$ ; Cu 1.4-8.4  $\mu\text{g g}^{-1}$ ; Fe 22-541  $\mu\text{g g}^{-1}$ ; Mn 1.1-12.6  $\mu\text{g g}^{-1}$ ; Ni 0.2-2.5  $\mu\text{g g}^{-1}$ ; Pb 0.4-1.3  $\mu\text{g g}^{-1}$ ; Zn 31-162  $\mu\text{g g}^{-1}$  (kuru ağırlık), sediment örneklerinde Cd ND; Cr 9-65  $\mu\text{g g}^{-1}$ ; Cu 3-38  $\mu\text{g g}^{-1}$ ; Fe 1271-18470  $\mu\text{g g}^{-1}$ ; Mn 42-542  $\mu\text{g g}^{-1}$ ; Ni 3-33  $\mu\text{g g}^{-1}$ ; Pb ND-16  $\mu\text{g g}^{-1}$ ; Zn 3-85  $\mu\text{g g}^{-1}$  (kuru ağırlık), Sardalya (*Sardine plichardus*) örneklerinde Cd 0.1-2.1  $\mu\text{g g}^{-1}$ ; Cr 0.3-4.6  $\mu\text{g g}^{-1}$ ; Cu 1.9-17.5  $\mu\text{g g}^{-1}$ ; Fe 18.5-163.7  $\mu\text{g g}^{-1}$ ; Mn 0.9-11.6  $\mu\text{g g}^{-1}$ ; Ni 0.1-3.2  $\mu\text{g g}^{-1}$ ; Pb 0.1-1.6  $\mu\text{g g}^{-1}$ ; Zn 19.8-106.1  $\mu\text{g g}^{-1}$  (kuru ağırlık), arasındaki değerlerde bulunmuştur. Midye sediment ve balık örneklerindeki Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn değerleri (balıkta Cd hariç) kabul edilebilir sınırların altında bulunmuştur.

Midye, sediment, balık ve deniz suyu örneklerindeki  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonları ise düşük bulunmuştur.

Elde edilen bulgulara göre radyonüklid ve ağır metal konsantrasyonlarının aylara ve bölgelere bağlı olarak değişimler gösterdikleri saptanmıştır. Didim ve İzmir Körfezi'nin çalışılan dönemde incelenen radyonüklid ve ağır metal konsantrasyonları bakımından biyolojik ve ekolojik dengeyi tehdit edici bir risk taşımadığı söylenebilir.

**Anahtar Kelimeler:**  $^{210}\text{Po}$ ,  $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ , ağır metal, midye, sediment, balık, deniz suyu, Ege Denizi

**ABSTRACT****MONITORING THE LEVELS OF SOME RADIONUCLIDES AND  
HEAVY METALS IN SEDIMENT, SEA WATER AND  
DIFFERENT MARINE ORGANISMS FROM  
DIDIM AND IZMIR BAY**

AKÖZCAN, Serpil

PhD Thesis, Institute of Nuclear Sciences

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Aysun, UĞUR

January 2009, 306 pages

In this study were determined the concentration of  $^{210}\text{Po}$ ,  $^{210}\text{Pb}$  and  $^{137}\text{Cs}$  and furthermore were analyzed the levels of heavy metals Zn, Cu, Fe, Cd, Mn, Ni, Pb, Cr in sediment, sea water, fish and mussels (*Mytilus galloprovincialis*) collected from Didim and İzmir Bay for monthly using by ICP-OES, alpha and gamma spectrometry.

The concentration of  $^{210}\text{Po}$  and  $^{210}\text{Pb}$  in mussel (*Mytilus galloprovincialis*) samples varies between  $34\pm 9$  and  $2303\pm 383$  Bq  $\text{kg}^{-1}$ , ND (lower than limit of detection) and  $64\pm 6$  Bq  $\text{kg}^{-1}$  (dry weight), respectively. In the sediments,  $^{210}\text{Po}$  and  $^{210}\text{Pb}$  concentration varies between  $24\pm 5$  and  $126\pm 6$  Bq  $\text{kg}^{-1}$ ,  $18\pm 3$  and  $59\pm 4$  Bq  $\text{kg}^{-1}$  (dry weight), respectively. The concentrations in surface water of the sea during the sampling period are around  $0.006\pm 0.004$  Bq  $\text{l}^{-1}$ . Amongst the fishes, small pelagic plankton feeding fish like sardine (*Sardina pilchardus*) tend to accumulate more  $^{210}\text{Po}$ .

## VIII

According to analysis of heavy metals, in the mussel samples Cd 0.4-2.1  $\mu\text{g g}^{-1}$ ; Cr 0.6-2.7  $\mu\text{g g}^{-1}$ ; Cu 1.4-8.4  $\mu\text{g g}^{-1}$ ; Fe 22-541  $\mu\text{g g}^{-1}$ ; Mn 1.1-12.6  $\mu\text{g g}^{-1}$ ; Ni 0.2-2.5  $\mu\text{g g}^{-1}$ ; Pb 0.4-1.3  $\mu\text{g g}^{-1}$ ; Zn 31-162  $\mu\text{g g}^{-1}$  in the sediment samples Cd ND; Cr 9-65  $\mu\text{g g}^{-1}$ ; Cu 3-38  $\mu\text{g g}^{-1}$ ; Fe 1271-18470  $\mu\text{g g}^{-1}$ ; Mn 42-542  $\mu\text{g g}^{-1}$ ; Ni 3-33  $\mu\text{g g}^{-1}$ ; Pb ND-16  $\mu\text{g g}^{-1}$ ; Zn 3-85  $\mu\text{g g}^{-1}$  (dry weight), in the samples of sardine (*Sardine plichardus*) Cd 0.1-2.1  $\mu\text{g g}^{-1}$ ; Cr 0.3-4.6  $\mu\text{g g}^{-1}$ ; Cu 1.9-17.5  $\mu\text{g g}^{-1}$ ; Fe 18.5-163.7  $\mu\text{g g}^{-1}$ ; Mn 0.9-11.6  $\mu\text{g g}^{-1}$ ; Ni 0.1-3.2  $\mu\text{g g}^{-1}$ ; Pb 0.1-1.6  $\mu\text{g g}^{-1}$ ; Zn 19.8-106.1  $\mu\text{g g}^{-1}$  (dry weight) have been found. The values of Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, and Zn in mussel, sediment and fish (except Cd in fish) samples found lower than the acceptable limits.

The levels of  $^{137}\text{Cs}$  concentrations in mussel, sediment, fish and sea water samples were found relatively low.

It was realized from this study data, that the concentrations of radionuclides and heavy metals show some variations depending on the localities and months. It may be said that Didim and İzmir Bay have not a risk that threatens the biological balance for examined concentrations of radionuclide and heavy metal in study period.

**Keywords:**  $^{210}\text{Po}$ ,  $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ , heavy metal, mussel, sediment, fish, sea water, Aegean Sea

## TEŞEKKÜR

Tez çalışmam süresince büyük bilimsel destek gördüğüm, değerli bilgi ve önerileri ile çalışmalarına yön veren, her türlü destek ve imkanı sağlayan çok değerli tez hocam Sayın **Doç. Dr. Aysun UĞUR**'a en içten teşekkürlerimi bir borç bilirim. Enstitü laboratuvarlarında her türlü çalışma olanağını sağlayan Ege Üniversitesi Nükleer Bilimler Enstitüsü Müdürü Sayın **Prof. Dr. Perihan ÜNAK**'a, tez çalışmam süresince beni bilimsel yönden destekleyen Anabilim Dalı Başkanımız Sayın **Prof. Dr. Güngör YENER**'e, ve yine Enstitü laboratuvarlarında her türlü çalışma olanağını sağlayan, desteğini esirgemeyen ve beni daima yüreklendiren 2001-2008 dönemi Ege Üniversitesi Nükleer Bilimler Enstitüsü Müdürü Sayın **Prof. Dr. Meral ERAL**'e içtenlikle teşekkür ederim.

Tezimin her aşamasında değerli bilgi ve önerileriyle çalışmama yön veren Sayın **Dr. Sayhan TOPÇUOĞLU** ve **Prof. Dr. Uğur SUNLU**'ya teşekkürlerimi sunarım. Tezimde gerekli olan bazı ölçümleri yapmama olanak sağlayan ÇNAEM Müdürü Sayın **Dr. Şevket CAN** ve Müdür Yardımcısı Sayın **Dr. Deniz DALCI**'ya teşekkürü bir borç bilirim. Çalışmamdaki ağır metal ölçümlerimde yardımcı olan Sayın **Şenol SERT**'e, gama spektroskopisi aşamasında yardımlarını esirgemeyen Sayın **Ayhan YÜKSEL** ve Sayın **Aysun KILINÇARSLAN KAYGUN**'a yürekten teşekkür ederim. Laboratuvar çalışmalarında ve her konuda yardımcı olan Sayın **Araş. Gör. Banu ÖZDEN**, **Araş. Gör. Mutlu İÇHEDEF** ve **Araş. Gör. İlker SERT**'e işbölümü ve yardımlarından dolayı teşekkür ederim.

Yaşamımda ve eğitimimde her zaman destek olan sevgili anne ve babama teşekkürü bir borç bilirim.



**İÇİNDEKİLER**

	<u>Sayfa</u>
<b>ÖZET</b> .....	<b>V</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>VII</b>
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	<b>IX</b>
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	<b>XIX</b>
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b> .....	<b>XXIX</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. GENEL BİLGİLER</b> .....	<b>20</b>
2.1. Radyoaktivite .....	20
2.1.1. Doğal Radyoaktivite.....	20
2.1.2. Radyoaktif Seriler .....	22
2.1.3. Sularda Bulunan Doğal Radyoaktivite .....	25
2.1.4. Yapay Radyoaktivite .....	27

**İÇİNDEKİLER (Devam)**

	<b><u>Sayfa</u></b>
2.2. $^{210}\text{Po}$ 'un Genel Özellikleri .....	28
2.2.1. Denizel Ortamlarda $^{210}\text{Po}$ .....	30
2.3. $^{210}\text{Pb}$ 'un Genel Özellikleri .....	31
2.3.1. Denizel Ortamlarda $^{210}\text{Pb}$ .....	32
2.4. $^{137}\text{Cs}$ 'nin Genel Özellikleri .....	34
2.4.1. Denizel Ortamlarda $^{137}\text{Cs}$ .....	36
2.5. Ağır Metaller .....	40
2.5.1. Önemli Olan Bazı Ağır Metaller ve Kaynakları .....	43
2.6. Deniz Kirliliği .....	52
2.6.1. Deniz Kirliliğinin Kaynakları .....	53
2.7. Denizel Ortamın Ekolojik Bölümleri .....	57
2.7.1. Pelajik Bölge .....	57
2.7.2. Bentik Bölge .....	58
2.8. Denizel Canlıların Ekolojik Sınıflandırılması .....	58

**İÇİNDEKİLER (Devam)**

	<b><u>Sayfa</u></b>
2.8.1. Bentos .....	59
2.8.2. Pelagos .....	59
2.9. Sedimentler .....	63
2.9.1. Sediment Kaynakları .....	63
2.9.2. Sediment Çeşitleri .....	67
2.9.3. Sediment Birikim Türleri .....	72
2.10. Biyolojik Örneklerin Seçimi .....	74
2.11. Midyeler ( <i>Mytilus galloprovincialis</i> ) Hakkında Genel Bilgiler	76
2.11.1. Taksonomisi .....	76
2.11.2. Morfolojik Özellikleri .....	77
2.11.3. Üremesi .....	80
2.12. Deniz Balıkları .....	81
2.12.1. Semi-pelajik Balıklar .....	81
2.12.2. Pelajik Deniz Balıkları .....	85

**İÇİNDEKİLER (Devam )**

	<b><u>Sayfa</u></b>
2.12.3. Demersal Deniz Balıkları .....	87
2.13. Ege Denizi .....	89
2.13.1. Ege Denizi'nde Kütleli Su Hareketleri ve Kalitesi .....	90
2.13.2. Ege Denizi'nin Jeolojik Yapısı .....	93
2.13.3. Ekonomik Türler .....	93
2.13.4. Biyolojik Özellikleri .....	94
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM .....</b>	<b>95</b>
3.1. Örnekleme Bölgeleri.....	95
3.2. Metot .....	100
3.2.1. Midye, Sediment, Deniz Suyu ve Balıklarda <sup>210</sup> Po ve <sup>210</sup> Pb Tayini için Uygulanan İşlemler.....	101
3.2.2. Midye, Sediment, Deniz Suyu ve Balıklarda <sup>137</sup> Cs Tayini için Uygulanan İşlemler.....	109
3.2.3. Midye, Balık, Sediment Örneklerinde Ağır Metallerin ICP-OES ile Tayini .....	116

**İÇİNDEKİLER (Devam)**

	<b><u>Sayfa</u></b>
<b>4. BULGULAR.....</b>	<b>120</b>
4.1. $^{210}\text{Po}$ ve $^{210}\text{Pb}$ Konsantrasyonları.....	120
4.2. $^{137}\text{Cs}$ Konsantrasyonları.....	164
4.3. Ağır Metal Konsantrasyonları.....	171
4.3.1. Midye Örneklerinde Ağır Metal Konsantrasyonları.....	171
4.3.2. Sardalya ( <i>Sardina pilchardus</i> ) Balıklarında Ağır Metal Konsantrasyonları.....	178
4.3.3. Sediment Örneklerinde Ağır Metal Konsantrasyonları.....	186
<b>5.TARTIŞMA.....</b>	<b>195</b>
5.1. Midye Örneklerindeki $^{210}\text{Po}$ ve $^{210}\text{Pb}$ Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi.....	195
5.1.1. Didim'den Toplanan Midye Örneklerindeki $^{210}\text{Po}$ ve $^{210}\text{Pb}$ Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi.....	195

**İÇİNDEKİLER (Devam)**

	<b><u>Sayfa</u></b>
5.1.2. İzmir Körfezi'nden Toplanan Midye Örneklerindeki $^{210}\text{Po}$ ve $^{210}\text{Pb}$ Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi.....	203
5.2. Balık Örneklerindeki $^{210}\text{Po}$ ve $^{210}\text{Pb}$ Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi.....	206
5.3. Sediment Örneklerindeki $^{210}\text{Po}$ ve $^{210}\text{Pb}$ Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi.....	209
5.3.1. Didim'den Toplanan Sediment Örneklerindeki $^{210}\text{Po}$ ve $^{210}\text{Pb}$ Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi.....	209
5.3.2. İzmir Körfezi'nden Toplanan Sediment Örneklerindeki $^{210}\text{Po}$ ve $^{210}\text{Pb}$ Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi.....	213
5.4. Deniz Suyu Örneklerindeki $^{210}\text{Po}$ ve $^{210}\text{Pb}$ Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi.....	216
5.4.1. Didim'den Toplanan Deniz Suyu Örneklerindeki $^{210}\text{Po}$ ve $^{210}\text{Pb}$ Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi.....	216
5.4.2. İzmir Körfezi'nden Toplanan Deniz Suyu Örneklerindeki $^{210}\text{Po}$ ve $^{210}\text{Pb}$ Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi.....	218
5.5. Midye Örneklerindeki $^{137}\text{Cs}$ Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi.....	220

**İÇİNDEKİLER (Devam)**

	<b><u>Sayfa</u></b>
5.5.1. Didim'den Toplanan Midye Örneklerindeki $^{137}\text{Cs}$ Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi.....	220
5.5.2. İzmir Körfezi'nden Toplanan Midye Örneklerindeki $^{137}\text{Cs}$ Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi.....	223
5.6. Balık Örneklerindeki $^{137}\text{Cs}$ Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi.....	225
5.7. Sediment Örneklerindeki $^{137}\text{Cs}$ Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi.....	228
5.8. Deniz Suyu Örneklerindeki $^{137}\text{Cs}$ Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi.....	232
5.9. Midye Örneklerindeki Ağır Metal Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi.....	235
5.9.1. Didim'den Toplanan Midye Örneklerindeki Ağır Metal Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi.....	235
5.9.2. İzmir Körfezi'nden Toplanan Midye Örneklerindeki Ağır Metal Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi.....	239
5.10. Balık Örneklerindeki Ağır Metal Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi.....	242

**İÇİNDEKİLER (Devam)**

	<b><u>Sayfa</u></b>
5.10.1. Didim'den Toplanan Balık Örneklerindeki Ağır Metal Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi.....	243
5.10.2. İzmir Körfezi'nden Toplanan Balık Örneklerindeki Ağır Metal Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi.....	247
5.11. Sediment Örneklerindeki Ağır Metal Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi.....	251
5.11.1. İzmir Körfezi'nden Toplanan Sediment Örneklerindeki Ağır Metal Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi.....	251
5.11.2. Didim'den Toplanan Sediment Örneklerindeki Ağır Metal Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi.....	255
5.12. Doz Tayini.....	258
<b>6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>261</b>
<b>KAYNAKLAR DİZİNİ.....</b>	<b>269</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>302</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>306</b>

**ŞEKİLLER DİZİNİ**

<b><u>Sekil</u></b>	<b><u>Sayfa</u></b>
2.1. $^{238}\text{U}$ Bozunma Ürünleri Şeması.....	24
2.2. $^{232}\text{Th}$ Bozunma Ürünleri Şeması.....	25
2.3. Radyoaktivitenin İnsana Geçiş Yolları.....	39
2.4. Ağır Metallerin Doğal Döngüsü.....	42
2.5. Ötrifikasyonun Şeması.....	57
2.6. Kara Midye ( <i>Mytilus galloprovincialis</i> ).....	77
2.7. <i>Mytilus galloprovincialis</i> Kabuk Dış ve İç Şekilleri.....	79
3.1. Belirlenen Çalışma İstasyonları.....	95
3.2. Ege Denizi'nin Uydu Görüntüsü.....	96
3.3. Sediment Örneklemesinde Kullanılan "Ekman Grap".....	100
3.4. Balıkların Kimyasal İşlem İçin Hazırlanması.....	101
3.5. Deniz Suyunda $^{210}\text{Po}$ Çöktürme İşlemi.....	102
3.6. Sediment Örneklerine Uygulanan Radyokimyasal Ayırım İşleminin Akış Şeması.....	103

**ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)**

<b><u>Sekil</u></b>	<b><u>Sayfa</u></b>
3.7. Balık ve Midye Uygulanan Radyokimyasal Ayırım İşleminin Akış Şeması .....	104
3.8. Depozisyon İşlemi.....	105
3.9. Alfa Spektrometre Sisteminin Blok Şeması.....	108
3.10. Alfa Spektrometre Sisteminin Genel Görünüşü.....	108
3.11. Deniz Suyunda <sup>137</sup> Cs Çöktürme İşlemi.....	110
3.12. Gama Ölçümlerinde Kullanılan Çoklu Standart Kaynaklar.....	111
3.13. Canberra GX 5020 model HpGe Dedektörün İç ve Dış Görüntüsü.....	113
3.14. Ortec GEM 150P4 HpGe Dedektörün İç ve Dış Görüntüsü.....	114
3.15. Kimyasal Verim Tayini İçin Kullanılan EDXRF Sistemi.....	114
3.16. Deniz suyu örneklerinin kimyasal verim tayini için EDXRF sisteminde sayıma hazırlanma aşamaları, a)Kurumuş örneğin havanda öğütülmesi, b) Pelet için hazırlanması, c)Peletleme işlemi, d) Örneğin sayıma hazır hale gelmesi.....	116
3.17. Ağır Metal analizlerinin yapıldığı ICP-OES.....	118

**ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)**

<b><u>Sekil</u></b>	<b><u>Sayfa</u></b>
4.1. Didim'den Toplanan Midye Örneklerindeki $^{210}\text{Po}$ Konsantrasyonlarının Değişimi .....	128
4.2. Didim'den Toplanan Midye Örneklerindeki $^{210}\text{Pb}$ Konsantrasyonlarının Değişimi .....	129
4.3. İzmir Körfezi'nden Toplanan Midye Örneklerindeki $^{210}\text{Po}$ Konsantrasyonlarının Değişimi .....	129
4.4. İzmir Körfezi'nden Toplanan Midye Örneklerindeki $^{210}\text{Pb}$ Konsantrasyonlarının Değişimi .....	130
4.5. Didim'den Alınan Sardalya Balığı Örneklerindeki $^{210}\text{Po}$ Konsantrasyonlarının Değişimi .....	134
4.6. Didim'den Alınan Kupez Balığı Örneklerindeki $^{210}\text{Po}$ Konsantrasyonlarının Değişimi .....	135
4.7. Didim'den Alınan Kefal Balığı Örneklerindeki $^{210}\text{Po}$ Konsantrasyonlarının Değişimi .....	135
4.8. Didim'den Alınan Uskumru Balığı Örneklerindeki $^{210}\text{Po}$ Konsantrasyonlarının Değişimi .....	136
4.9. Didim'den Alınan İstavrit Balığı Örneklerindeki $^{210}\text{Po}$ Konsantrasyonlarının Değişimi .....	137

**ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)**

<b><u>Sekil</u></b>	<b><u>Sayfa</u></b>
4.10. Didim'den Alınan Balık Örneklerindeki $^{210}\text{Po}$ Konsantrasyonlarının Değişimi .....	137
4.11. Didim'den Alınan Sardalya Balığı Örneklerindeki $^{210}\text{Pb}$ Konsantrasyonlarının Değişimi .....	141
4.12. Didim'den Alınan Balık Örneklerindeki $^{210}\text{Pb}$ Konsantrasyonlarının Değişimi .....	141
4.13. Didim'den Alınan Kupez Balığı Örneklerindeki $^{210}\text{Pb}$ Konsantrasyonlarının Değişimi .....	142
4.14. İzmir Körfezi'nden Alınan Sardalya Balığı Örneklerindeki $^{210}\text{Po}$ Konsantrasyonlarının Değişimi .....	146
4.15. İzmir Körfezi'nden Alınan Kupez Balığı Örneklerindeki $^{210}\text{Po}$ Konsantrasyonlarının Değişimi .....	147
4.16. İzmir Körfezi'nden Alınan Kefal Balığı Örneklerindeki $^{210}\text{Po}$ Konsantrasyonlarının Değişimi .....	147
4.17. İzmir Körfezi'nden Alınan Uskumru Balığı Örneklerindeki $^{210}\text{Po}$ Konsantrasyonlarının Değişimi .....	148
4.18. İzmir Körfezi'nden Alınan İstavrit Balığı Örneklerindeki $^{210}\text{Po}$ Konsantrasyonlarının Değişimi .....	149

**ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)**

<b><u>Sekil</u></b>	<b><u>Sayfa</u></b>
4.19. İzmir Körfezi'nden Alınan Sardalya Balığı Örneklerindeki $^{210}\text{Pb}$ Konsantrasyonlarının Değişimi .....	152
4.20. İzmir Körfezi'nden Alınan Kupez Balığı Örneklerindeki $^{210}\text{Pb}$ Konsantrasyonlarının Değişimi .....	153
4.21. İzmir Körfezi'nden Alınan Balık Örneklerindeki $^{210}\text{Pb}$ Konsantrasyonlarının Değişimi .....	153
4.22. Didim'den Toplanan Sediment Örneklerindeki $^{210}\text{Po}$ Konsantrasyonlarının Değişimi .....	155
4.23. İzmir Körfezi'nden Toplanan Sediment Örneklerindeki $^{210}\text{Po}$ Konsantrasyonlarının Değişimi .....	156
4.24. Didim'den Toplanan Sediment Örneklerindeki $^{210}\text{Pb}$ Konsantrasyonlarının Değişimi .....	157
4.25. İzmir Körfezi'n'den Toplanan Sediment Örneklerindeki $^{210}\text{Pb}$ Konsantrasyonlarının Değişimi .....	157
4.26. Büyük Menderes ve Dilek Yarım Adası Deltası'ndan Toplanan Sediment Örneklerindeki $^{210}\text{Po}$ Konsantrasyonlarının Değişimi.....	159
4.27. Didim'den Alınan Deniz Suyu Örneklerindeki $^{210}\text{Po}$ Konsantrasyonlarının Değişimi .....	161

**ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)**

<b><u>Sekil</u></b>	<b><u>Sayfa</u></b>
4.28. İzmir Körfezi'nden Alınan Deniz Suyu Örneklerindeki $^{210}\text{Po}$ Konsantrasyonlarının Değişimi .....	161
4.29. Didim'den Alınan Deniz Suyu Örneklerindeki $^{210}\text{Pb}$ Konsantrasyonlarının Değişimi .....	162
4.30. İzmir Körfezi'nden Alınan Deniz Suyu Örneklerindeki $^{210}\text{Pb}$ Konsantrasyonlarının Değişimi .....	163
4.31. Büyük Menderes ve Dilek Yarım Adası Deltası'ndan Alınan Deniz Suyu Örneklerindeki $^{210}\text{Po}$ Konsantrasyonlarının Değişimi .....	163
4.32. Didim'den Alınan Sardalya Balığı Örneklerindeki $^{137}\text{Cs}$ Konsantrasyonlarının Mevsimsel Değişimi.....	166
4.33. İzmir Körfezi'nden Alınan Sardalya Balığı Örneklerindeki $^{137}\text{Cs}$ Konsantrasyonlarının Mevsimsel Değişimi.....	166
4.34. Didim'den Alınan Sediment Örneklerindeki $^{137}\text{Cs}$ Konsantrasyonlarının Mevsimsel Değişimi.....	168
4.35. İzmir Körfezi'nden Alınan Sediment Örneklerindeki $^{137}\text{Cs}$ Konsantrasyonlarının Mevsimsel Değişimi.....	168

**ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)**

<b><u>Sekil</u></b>	<b><u>Sayfa</u></b>
4.36. Didim ve İzmir Körfezi'nden Toplanan Deniz Suyu Örneklerindeki <sup>137</sup> Cs Konsantrasyonlarının Mevsimsel Değişimi.....	170
4.37. Didim'den Alınan Midyelerde Ağır Metal Konsantrasyonlarının Aylık Değişimi.....	172
4.38. Didim'den Alınan Midyelerde Cu ve Mn Konsantrasyonlarının Aylık Değişimi.....	173
4.39. Didim'den Alınan Midyelerde Fe ve Zn Konsantrasyonlarının Aylık Değişimi.....	174
4.40. İzmir Körfezi'nden Alınan Midyelerde Ağır Metal Konsantrasyonlarının Aylık Değişimi.....	175
4.41. İzmir Körfezi'nden Alınan Midyelerde Cu ve Mn Konsantrasyonlarının Aylık Değişimi.....	176
4.42. İzmir Körfezi'nden Alınan Midyelerde Fe ve Zn Konsantrasyonlarının Aylık Değişimi.....	177
4.43. Didim'den Alınan Sardalya Balıklarında Ağır Metal Konsantrasyonları.....	179
4.44. Didim'den Alınan Sardalya Balıklarında Mn ve Cu Konsantrasyonları.....	181

**ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)**

<b><u>Sekil</u></b>	<b><u>Sayfa</u></b>
4.45. Didim'den Alınan Sardalya Balıklarında Zn ve Fe Konsantrasyonları.....	181
4.46. İzmir Körfezi'nden Alınan Sardalya Balıklarında Ağır Metal Konsantrasyonları.....	183
4.47. İzmir Körfezi'nden Alınan Sardalya Balıklarında Mn ve Cu Konsantrasyonları.....	185
4.48. İzmir Körfezi'nden Alınan Sardalya Balıklarında Zn ve Fe Konsantrasyonları.....	185
4.49. Didim'den Toplanan Sediment Örneklerinde Cu ve Ni Konsantrasyonlarının Değişimi.....	187
4.50. Didim'den Toplanan Sediment Örneklerinde Zn ve Cr Konsantrasyonlarının Değişimi .....	188
4.51. Didim'den Toplanan Sediment Örneklerinde Fe Konsantrasyonlarının Değişimi .....	188

**ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)****Sekil****Sayfa**

4.52. Didim'den Toplanan Sediment Örneklerinde Mn Konsantrasyonlarının Değişimi .....	189
4.53. İzmir Körfezi'nden Toplanan Sediment Örneklerinde Cu ve Cr Konsantrasyonlarının Değişimi .....	191
4.54. İzmir Körfezi'nden Toplanan Sediment Örneklerinde Ni ve Pb Konsantrasyonlarının Değişimi .....	192
4.55. İzmir Körfezi'nden Toplanan Sediment Örneklerinde Mn Konsantrasyonlarının Değişimi .....	192
4.56. İzmir Körfezi'nden Toplanan Sediment Örneklerinde Zn Konsantrasyonlarının Değişimi .....	193
4.57. İzmir Körfezi'nden Toplanan Sediment Örneklerinde Fe Konsantrasyonlarının Değişimi .....	193
5.1. Didim'de 2006-2007 yılları arasında aylık toplam yağış miktarı.....	197

**ŒEKİLLER DİZİNİ (devam)**

**Sekil**

**Sayfa**

- 5.2. İzmir Körfezi'nde 2006-2007 yılları arasında aylık toplam yağış miktarı.....204
- 5.3. Büyük Menderes ve Dilek Yarım Adası Deltası'ndan Alınan Su Örneklerinde <sup>210</sup>Po Konsantrasyonları.....217

**ÇİZELGELER DİZİNİ**

<b><u>Çizelge</u></b>	<b><u>Sayfa</u></b>
2.1. Doğal Radyoaktif Seriler .....	23
4.1. Didim ve İzmir Körfezi'nden Toplanan Kara Midyelerdeki $^{210}\text{Po}$ ve $^{210}\text{Pb}$ Konsantrasyonları .....	120
4.2. Didim ve İzmir Körfezi'nden Toplanan Kara Midyelerin Yumuşak Dokularının kuru/yaş Ağırlık Oranları .....	124
4.3. Didim'den Alınan Balık Örneklerindeki $^{210}\text{Po}$ Konsantrasyonları .....	131
4.4. Didim'den Alınan Balık Örneklerindeki $^{210}\text{Pb}$ Konsantrasyonları .....	138
4.5. İzmir Körfezi'nden Alınan Balık Örneklerindeki $^{210}\text{Po}$ Konsantrasyonları .....	142
4.6. İzmir Körfezi'nden Alınan Balık Örneklerindeki $^{210}\text{Pb}$ Konsantrasyonları .....	149
4.7. Didim ve İzmir Körfezi'nden Toplanan Sediment Örneklerindeki $^{210}\text{Po}$ ve $^{210}\text{Pb}$ Konsantrasyonları .....	154
4.8. Büyük Menderes ve Dilek Yarım Adası Deltası'ndan Toplanan Sediment Örneklerindeki $^{210}\text{Po}$ ve $^{210}\text{Pb}$ Konsantrasyonları .....	158

## ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
4.9. Didim ve İzmir Körfezi'nden Toplanan Deniz Suyu Örneklerindeki $^{210}\text{Po}$ ve $^{210}\text{Pb}$ Konsantrasyonları .....	159
4.10. Didim ve İzmir Körfezi'nden Toplanan Midye Örneklerindeki $^{137}\text{Cs}$ Konsantrasyonları .....	164
4.11. Didim ve İzmir Körfezi Sardalya Balıklarındaki $^{137}\text{Cs}$ Konsantrasyonları .....	165
4.12. Didim ve İzmir Körfezi Sediment Örneklerindeki $^{137}\text{Cs}$ Konsantrasyonları .....	167
4.13. Didim ve İzmir Körfezi Deniz Suyu Örneklerindeki $^{137}\text{Cs}$ Konsantrasyonları .....	169
4.14. Büyük Menderes Nehrinden Toplanan Sediment Örneklerinde Cd, Cr, Cu, Mn, Fe, Zn, Pb ve Ni Konsantrasyonları.....	194
4.15. Dilek Yarım Adası Deltası'ndan Toplanan Sediment Örneklerinde Cd, Cr, Cu, Mn, Fe, Zn, Pb ve Ni Konsantrasyonları.....	194
5.1. Kara midyede ( <i>Mytilus galloprovincialis</i> ) $^{210}\text{Po}$ ve $^{210}\text{Pb}$ ile ilgili çalışmalardan elde edilen bulgular.....	206
5.2. Balıklarda $^{210}\text{Po}$ ve $^{210}\text{Pb}$ ile ilgili çalışmalardan elde edilen bulgular.....	208
5.3. Sedimentte $^{210}\text{Po}$ ve $^{210}\text{Pb}$ ile ilgili çalışmalardan elde edilen bulgular.....	215
5.4. Deniz Suyunda $^{210}\text{Po}$ ve $^{210}\text{Pb}$ ile ilgili çalışmalardan elde edilen bulgular.....	220

5.5. Midyede $^{137}\text{Cs}$ ile ilgili çalışmalardan elde edilen bulgular.....	224
5.6. Balıklarda $^{137}\text{Cs}$ ile ilgili çalışmalardan elde edilen bulgular.....	228
5.7. Sedimette $^{137}\text{Cs}$ ile ilgili çalışmalardan elde edilen bulgular.....	232
5.8. Deniz suyunda $^{137}\text{Cs}$ ile ilgili çalışmalardan elde edilen bulgular.....	234
5.9. Dünyada farklı ülkelerde balıklardaki ağır metal konsantrasyonları.....	251
6.1. Sedimentte bulunan bazı ağır metallerin tolere edilebilir değerleri.....	265



## 1. GİRİŞ

Günümüzde dünya nüfusunda aşırı bir artış ve yoğun endüstriyel gelişim gözlenmektedir. Bu görülen hızlı büyüme, endüstrileşme ve nüfus artışı giderek daha büyük boyutlara ulaşan çevre kirlenmesi sorununu da beraberinde getirmektedir. Yoğun nüfusa sahip olan deniz kıyılarında yetersiz planlanmış atık su deşarjları, petrol rafinerileri, termik santraller gibi endüstri kuruluşlarında bulunan eski teknoloji deşarj sistemleri, ara malzeme olarak kullanılan kimyasallar, boyalar, dezenfektanlar, ilaçlar ve diğer pek çok imalat sanayi yan ürünleri denizler için önemli kirlilik kaynaklarıdır. Bu maddeler, dikkatli kullanılmadıkları ve gerekli denetimleri yapılmadığı takdirde denizel ortamlarda önemli boyutlarda kirlenmeye sebep olabilmektedirler. Bütün bunların yanı sıra gemi kazaları ve petrol tesislerindeki sızıntılar da bu ortamlardaki kirlenme sebepleridir. Son yıllarda pek çok ülke kıyı bölgelerinin kirliliğe karşı korunmasına artan bir özen göstermekte ve bu konu ile ilgili çalışmalar önemli ölçüde artmaktadır.

Denizden, karadan ve atmosferden kirletilme potansiyeli olan denizler, kirlenmenin en yoğun olduğu ortamlardır. Özellikle kıyısal bölgelerde, fosfat işleme tesislerinin çoğalması, yapay gübre, deterjan, pestisit ve fosil yakıt kullanımına bağlı olarak doğal radyonüklid ve ağır metal konsantrasyonları hızla artmaktadır (Topçuoğlu, 2005).

Denizel ortamlar için tehlikeli ve insan sağlığına zarar verebilen inorganik maddelerden ve kirletici unsurlardan biri olan ağır metaller çeşitli sũreç ve dũngũler sonucunda deniz dibine çũkmektedirler. Denizel ortama giren ya da bu ortamda bulunan ağır metallerin kaynakları doğal veya yapay orijinli olabilmektedir. Doğal kontaminasyon nehirler ve erozyonlardan kaynaklandığı gibi, deniz dibindeki volkanik hareketlerden ve atmosferik taşınımdan da kaynaklanabilmektedir. Yapay orijinli ağır metallerin denizel ortamlardaki konsantrasyonları ise, gũnũmũzde madencilik, arıtma ve rafineri tesislerinin hızlı artışı, fosil yakıtların aşırı tũketimi, metal ũrũnlerinin tarımda kullanımı ile anlamlı dũzeyde artışlar gũstermektedir. Özellikle V, Ni, Mo ve Hg bakımından zengin olan fosil yakıtların aşırı tũketimi sonucu, atmosferden denizel ortamlara birçok ağır metal girmektedir (Topçuoğlu, 2005).

Önemli kirleticilerden olan metallerin bazıları (Fe, Mn, Zn, Cu, Co, Mb) organizmaların yaşamları için gerekli olsa da, canlı bũnyesinde yaşamsal fonksiyonları olan bu metallerin konsantrasyonlarındaki en kũçük bir değişiklik, dokularda tahribata ve dolayısıyla organ ve dokunun gũrevini yapmasını engelliyerek ikinci bir değişime neden olmaktadır (Sunlu, 1994).

Her ne kadar bazı metaller canlıların yaşamları için gerekli olsalar da, Hg, Pb, Cd, Cu, Cr, Zn, Ni gibi elementler belli konsantrasyonların ũzerinde toksik etki yaptıkları ve bir organizmadan diğerine geçişleri sırasında artabildiği için Önem kazanmış ve pek çok araştırmaya konu olmuştur (Egemen, 2000).

Denizel ekosisteme ulaşan ve çeşitli formlarda bulunan metaller deniz canlıları tarafından,

- Ortam suyunda bulunan çözünmüş ve organik moleküllere bağlı iyonların su ile beraber alınmasıyla,
- İçerisinde ağır metalleri biriktirmiş besin maddeleriyle,
- Yüzeylerinde ağır metalleri adsorbe etmiş organizmaların besin zincirinin bir üst halkadaki canlılar tarafından tüketilmesiyle,
- Toksik metal iyonları ile organizmalarda bulunan bazı metaller arasında iyon değiştirme ile ortaya çıkan absorpsiyon yoluyla alınmaktadır (Egemen, 2000).

Pek çok çalışmada, deniz organizmalarında, özellikle de midye ve diğer deniz kabuklularında ağır metallerin yüksek oranda biriktiği rapor edilmiştir (Besada et al., 2002).

Denizel ortamlar için tehlikeli ve insan sağlığına zarar verebilen önemli kirletici unsurlardan bir diğeri doğal ve yapay radyonüklidlerdir. Denizel ortamlarda doğal radyonüklid konsantrasyonları; yapay gübrelerin, fosil yakıtların, deterjan ve pestisit kullanımının, fosfat işleme tesislerinin ve fosil yakıt kullanan termik santrallerin çoğalması ile hızla artmaktadır. Örneğin, bir termik santralde bir GW elektrik üretiminde kullanılan kömürden çevreye yılda  $10^9$ - $10^{11}$  Bq  $^{220}\text{Ra}$  ve  $^{222}\text{Rn}$ ,  $10^8$ - $10^{10}$  Bq  $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{210}\text{Po}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{228}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  ve  $^{238}\text{U}$  verilmektedir (Baxter, 1993; Uğur, 1998).

$^{238}\text{U}$  bozunum serisinin doğal bir ürünü olan  $^{210}\text{Po}$  ( $t_{1/2}=138$  gün, 5.304 MeV enerjili  $\alpha$  yayımlar), deniz organizmaları tarafından güçlü bir şekilde biriktirilen ve konsantrasyon faktörü  $10^3$  ile  $10^4$  arasında değişen bir radyonükliddir.  $^{210}\text{Po}$ ,  $^{210}\text{Bi}$ ,  $^{210}\text{Pb}$  ve  $^{210}\text{Po}$ 'un kuru ve yaş atmosferik depozisyonu ile sulara bulunan çözünmüş haldeki  $^{226}\text{Ra}$  ve  $^{222}\text{Rn}$  gazının radyoaktif bozunumundan deniz ortamına girer. Bu doğal kaynaklar dışında, nükleer reaktörlerde kararlı bizmutun nötron aktivasyonu ile de meydana gelir. Denizlere ve okyanuslara giriş yapan  $^{210}\text{Po}$  su kütlelerinden organik parçacık yüzeylerine adsorbsiyon ile geçer ve fitoplankton, zooplankton gibi organizmalar tarafından alınır.  $^{210}\text{Pb}$  ise,  $^{210}\text{Po}$ 'un aksine organik parçacıklardan ziyade inorganik parçacık yüzeylerine adsorblanır (IAEA, 1995). Bununla beraber  $^{210}\text{Po}$ , farklı kimyasal davranışından dolayı, daha derinlerde kolayca sediment, su, ve organizma arasındaki döngüye dahil olur (Carvalho, 1995; Stepnowski ve Skwarzec, 2000; Wildgust ve McDonald, 2000).

Yapılan çoğu çalışmada, deniz suyu, midye ve makroalglerdeki  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyon seviyeleri mevsimsel değişim ile birlikte değerlendirilmiştir (Topçuoğlu, 2005).

Yapay radyonüklidler; nükleer silah denemeleri, nükleer güç santralleri ve nükleer tip aktiviteleri sonucunda ortaya çıkar. Deniz çevresindeki yapay radyonüklidlerin kaynakları arasında nükleer silah denemeleri, nükleer tesislerden sızıntı, radyoaktif atık yığınları, nükleer denizaltı ve uçak kazaları sayılabilir. 1963 ve öncesi nükleer silah testleri ve 1986 yılındaki Çernobil kazası sonucunda geniş miktarda yapay

radyonüklid kısa zamanda atmosfere yayılmıştır. Deniz çevresindeki yapay radyonüklidlerin dağılım ve davranışlarını açıklamak için  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  ve  $^{239+240}\text{Pu}$  izotopları kullanılmaktadır (Livingstone and Povinec, 2000). Oluşan radyonüklidlerin önemli bir bölümü kısa yarı ömürlü iken sadece birkaçı uzun yarı ömre sahiptir. Bu radyonüklidler içinde en önemlilerinden biri  $t_{1/2}=30.17$  yıl yarı ömrü ile  $^{137}\text{Cs}$ 'dir.  $^{137}\text{Cs}$ , atmosferden havadaki partiküllerle dağılarak kuru ve yaş depozisyonla karasal ve denizel ortama yayılır.  $^{137}\text{Cs}$ 'nin denizlerdeki davranışı kimyasal yapısına ve fiziko-kimyasal karakteristiğine bağlıdır. Denizel ortamlarda serbest kalan  $^{137}\text{Cs}$  ya çözünür ya da askıdaki materyaller tarafından adsorblanır. Yapay radyonüklidlerin denizlerdeki dağılımı, değişik etkenlere bağlı olarak bölgeden bölgeye farklılık gösterir (Topçuoğlu, 2005).

Genel olarak deniz suyunda ağır metaller ve bazı radyonüklidler ( $^{210}\text{Po}$ ,  $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{234}\text{Th}$ ), düşük çözünürlüğe sahiptirler ve partikül materyallere adsorblanma eğilimindedirler. Partikül materyallere adsorblanan radyonüklidler, bu partiküllerin sedimentasyonu ile sediment yüzeylerine depoze olmaktadır. Bazı su hareketleri (upwelling, downwelling, adveksiyon) sedimentlere yerleşen bu radyonüklid ve toksik maddelerin, tekrar hareketlenmesine ve su kolonlarında askı yüküne geçmesine neden olmaktadır. Suda asılı partiküller, radyonüklidler ve toksik elementlerin taşınmasında etkili olmaktadır. Sucul bir ortama girmiş olan radyonüklidler, ya çözülmüş halde ya da asılı olarak (süspansiyon) kalmakta, daha sonra ya dibe çökmekte ya da organizmalar tarafından alınmaktadır (Topçuoğlu, 2005; Uğur, 1998).

Doğal çevrede rol oynayan sayısız fiziksel ve kimyasal olay nedeniyle sedimentler ile birlikte radyonüklid taşınımının anlaşılması oldukça karmaşıktır. Yaş ve kuru okelmenin yanında hava değişimleri, sedimentlerin erozyon, su kolonlarından taşınım ve depozisyon süreçleri, sedimentlere adsorblanmış radyonüklidlerin taşınımında oldukça etkili olmaktadır. Bentik canlılar olarak adlandırılan çeşitli poliketler, demersal balık türleri ve kimi kabuklu canlılar da sediment kontaminasyonu açısından son derece önemlidir. Bu nedenle sedimentler, radyoaktif ve toksik maddelerin transferinde bir başlangıç noktasını oluştururlar (Saçan, 2004).

Denizel ortama rüzgar, akarsu ve atmosfer yoluyla, endüstriyel ve evsel atıklarla ve doğal karasal kaynaklardan giren metaller sedimente geçinceye kadar suda birçok fiziksel ve biojeokimyasal olaylar ve döngüler içinde yer alır. Dip sedimentlerinin jeokimyası su kolonu kimyasını da etkiler ve dolayısı ile kirlenmiş sedimentlerde depolanan ağır metaller sadece bentik canlıları için değil, su kolonu üzerindeki canlı ortam için de bir toksik etki oluştururlar (Güven, 2005).

Tane boyutu, sedimentlerin metalleri biriktirme kapasiteleri üzerinde etkili olan en önemli faktörlerden biridir. Bu nedenle sediment tane boyutu dağılımı ve ayrımı ile ilgili çalışmalar metal çalışmalarında çok önemlidir. Metal kirliliği ile ilgili çalışmalarda kirlenmiş yüzeylerin bir belirleyicisi olarak belirli bir tane boyutunda çalışılması tavsiye edilmiştir. Önerilen tane boyutu 63  $\mu\text{m}$ 'den kk (silt-kil) tane boyundaki fraksiyonlardır. Çünkü 63  $\mu\text{m}$ 'den kk tane boyutundaki

fraksiyonlar doğal ve yapay bileşenlerin en etkili taşıyıcısıdır. Ayrıca bu tane boyutundaki fraksiyonlar uzun mesafeler boyunca taşınmaktadır (Topçuoğlu, 2005).

Yapılan birçok araştırmada Ege Denizi kıyılarından alınan sediment örneklerinde ağır metal düzeyleri araştırılmıştır. Ergin ve arkadaşları tarafından 2001 yılında Büyük Menderes Deltası Dilek Yarımadası ve Didim arasında kalan açık denize ait sedimentlerde yapılan bir çalışmada ağır metal miktarları incelenmiş ve Cr, Ni ve As konsantrasyonlarının normal değerlerin çok üstünde olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada, bu metallerin kaynaklarının çoğunlukla antropojenik değil jeolojik olduğuna işaret edilmiştir (Topçuoğlu, 2005).

Denizel ortamlarda doğal ve yapay radyonüklid konsantrasyonları ile ağır metal birikimleri hakkında bilgi edinmek ayrıca bu radyonüklid ve ağır metal düzeylerindeki değişimleri saptamak için “biyoindikatör” ve “biyomonitör” adı verilen organizmalar kullanılmaktadır. Biyoindikatörler, çevre kalitesiyle ilgili bilgi veren organizma ya da organizma topluluğu iken, biyomonitörler çevresel kaliteyi ölçen bir organizma ya da organizma topluluğu olarak ifade edilirler (Duman, 2005). Günümüzde yaygın olarak kullanılan biyoindikatör organizmalar arasında plankton, makroalg, kabuklu, yumuşakça ve bazı balık türleri sayılabilir.

Etlerinde yüksek oranda protein içermeleri nedeniyle oldukça zengin bir besin kaynağı sayılan Pelecypoda sınıfının Mytilidae familyasından olan midye türleri, dünyada ve ülkemizde en fazla tüketilen su

ürünlerinden biridir. Denizlerde bol miktarda bulunmaları, çabuk üremeleri, suda bulunan ağır metal ve bazı radyonüklidleri özellikle de <sup>210</sup>Po'u yüksek yoğunluklarda biriktirip bunları uzun süre bünyelerinde tutmalarından dolayı midyeler su kirliliği çalışmalarında yaygın olarak kullanılan biyolojik indikatörlerin başında gelmektedir. Midyelerin izleyici olarak yaygın bir şekilde kullanılmasında beslenme şekilleri önemli bir rol oynamaktadır. Midyeler, deniz suyunu filtre eden (örneğin, 3-5 cm boyundaki bir midye günde 30-40 litre deniz suyunu süzebilmektedir), su içindeki planktonlar ve her türden besin parçacıklarıyla beslenen omurgasız canlılardır. Ağır metal ve radyonüklidlerin midyeler tarafından akümülyasyonu iç ve dış faktörlerden etkilenmektedir. İç faktörler; midyelerin boyutu, yaşı ve ağırlığını, dış faktörler ise tuzluluk, sıcaklık ve maruz kalma süresi gibi parametreleri kapsar. Bu parametrelerin dışında, biyoakümülyasyon, her bir elementin kimyasal formuna bağlı olarak değişmektedir. Ağır metallerin ve radyonüklidlerin akümülyasyonu ile bulunulan akuatik ortam ve besindeki metal konsantrasyonu arasında pozitif bir bağlantı vardır. Ağır metalleri de kapsayan bazı iz elementler, midyeler için biyolojik önemlerine göre 2 gruba ayrılmaktadır. Ağır metallerden Cu, Ni ve Zn gibi elementler sucul organizmalar için belirli sınırları geçmemek koşuluyla biyokimyasal açıdan düzenlenebilir olmasına karşın, Pb ve Cd gibi biyolojik açıdan temel olmayan elementlerin konsantrasyonları organizma tarafından düzenlenemez ve organizmaya zarar verir. Dünyanın çeşitli bölgelerinde deniz kirliliğini araştırmak için çeşitli midye türleri yaygın olarak kullanılmaktadır (Young and Folsom, 1972; Carvalho, 1995; Germain et al., 1995; Dahlgaard, 1996; Hernandez et al.,

1998; Boisson et al., 1998; Ryan et al., 1999; Topçuoğlu, 2000; Topçuoğlu vd., 2002; Bustamante et al., 2002; Uğur vd., 2002; Yusof et al., 2004; Licata et al., 2004; Halldorsson et al., 2005; Luengen et al., 2004; Aközcan vd., 2005; Magni et al., 2006).

Ülkemizde ekonomik öneme sahip olan balıklar da deniz kirliliği izleme çalışmalarında kullanılan biyoindikatör organizmalar arasında yer almaktadırlar. Biyoindikatör organizma seçiminde geniş bir alanı temsil etmesi, kolay bulunabilmesi, radyonüklidleri konsantre etme yeteneklerinin olması açısından hamsi, istavrit, mezigit gibi balıklar kullanılabilir. Ayrıca sık tüketilmelerinden dolayı, bu tür balıklardaki doğal ve yapay radyonüklidlerin tayin edilmesi, halkın alması mümkün doz değerlerinin belirlenmesinde de kullanılır.

Doğal bir radyonüklid olan  $^{210}\text{Po}$  ile yapılan çalışmalarda balıklardaki konsantrasyonunun kistan kemiğe ve karaciğere doğru bir yükselme gösterdiği görülmüştür.  $^{210}\text{Po}$ 'un balıklar tarafından besinlerle mideye alınması deniz suyunda çözülmüş olan  $^{210}\text{Po}$ 'un biyoakümülyasyonuna göre daha güçlüdür (Carvalho and Fowler, 1993).

$^{210}\text{Po}$  ilk defa Kauranen ve arkadaşları tarafından 1970 yılında midyelerde incelenmiştir. Daha sonra 1984–1985 yıllarında McDonald ve arkadaşlarının İngiltere'de yaptıkları bir çalışmada midyeler, karidesler ve salyangozlarda  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonunu ölçmüşlerdir (Saçan, 2004; McDonald, et al., 1996).

Cherry ve Heyraud (1979), pelajik ve bentik organizmalardaki  $^{210}\text{Po}$  ve  $^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonlarını incelemişler ve deniz suyundan tüm organizmalara kadar her iki besin zincirinde konsantrasyon faktörlerini tayin etmişlerdir. Çalışmada elde ettikleri konsantrasyon faktörlerinin, deniz suyundan her iki besin zincirindeki tüm organizmalara kadar hemen hemen sabit ve  $^{210}\text{Po}$  için  $10^4$  ve  $^{210}\text{Pb}$  için ise  $10^2$  kadar olması dikkat çekici bir özelliktir (Mat Çatal, 2006).

Carvalho ve Fowler (1993), karideslerdeki  $^{210}\text{Po}$  ve  $^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonlarını tayin etmek için yaptıkları çalışmalarında deniz organizmalarındaki  $^{210}\text{Po}$  alımının daha çok besin zincirinden olduğunu ileri sürmüşlerdir.

Portekiz'de tüketilen çeşitli gıda ürünlerindeki  $^{210}\text{Pb}$  ve  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonlarını tayin eden F.P. Carvalho (1995), elde ettiği sonuçlarda bu yolla alınan  $^{210}\text{Po}$ 'un %70'inin deniz ürünlerinden kaynaklandığını belirtmiştir. Bu çalışmasında ayrıca  $^{210}\text{Po}$ 'un radyotoksitesinin oldukça yüksek olan bir radyoizotop olduğu ve biyolojik etkilerinin de ana radyonüklidi olan  $^{210}\text{Pb}$ 'a kıyasla daha fazla olduğunu ileri sürmüştür.

1998 yılında A. Palanques ve arkadaşları Besos Nehri'nin Akdeniz'e döküldüğü bölgede  $^{210}\text{Pb}$  tarihleme yöntemi ile ağır metallerin tarihsel değişimini incelemişlerdir.

S. Charmasson ve arkadaşları (1998), Rhona nehri yakınlarından (Akdeniz'in Kuzeybatısı), topladıkları sedimentlerde  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{60}\text{Co}$

ve  $^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonlarını tayin etmişlerdir. Çalışmalarında, tüm sediment karotunun göl boyunca bulunan nükleer tesislerden kaynaklanan radyonüklid ( $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{134}\text{Cs}$  ve  $^{60}\text{Co}$ ) girdileriyle önemli derecede kirlendiğine dikkat çekmişlerdir.

Stien ve arkadaşları (1998), Cannes Körfezi'nde (Kuzeybatı Akdeniz) balık ve midyelerde ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde Cd, Cu ve Zn konsantrasyonlarını tayin etmişlerdir. Midyelerin sindirim bezinde ölçtükleri Cd, Zn ve Cu konsantrasyonlarının düşük olduğunu söylemişlerdir.

M. N. Alam ve arkadaşları (1999), Bangladeş kıyılarında yapmış oldukları çalışmada *Perna viridis* ve *Modiolus striatulus* türü midyelerdeki  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{40}\text{K}$  ve  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonlarını incelemişler ve midyelerin boyları ile radyonüklid konsantrasyonları arasındaki korelasyonu araştırmışlardır. Çalışmalarında iki farklı tür midye incelemişler ve her iki türde de  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonlarını dedeksiyon limitinin altında tayin etmişlerdir. En yüksek  $^{226}\text{Ra}$  konsantrasyonlarını 40-50 mm boyutlu *Perna viridis* midyelerde tayin etmişler ve yumuşak dokudaki  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{238}\text{U}$  ve  $^{40}\text{K}$  konsantrasyonlarının boyut ile azaldığını bunun yanında  $^{232}\text{Th}$  konsantrasyonlarının ise arttığını söylemişlerdir.

M. Baskaran ve arkadaşları (2000), Ob ve Yenisey Nehirleri ile Kara Deniz'den topladıkları biyolojik örneklerde ve Pechora Denizi'nden topladıkları sediment örneklerinde  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{239,240}\text{Pu}$  ve  $^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonlarını ölçmüşlerdir. Pechora Denizi'nden topladıkları

yüzeysel sedimantlerinde tayin ettikleri  $^{137}\text{Cs}$  ve  $^{239,240}\text{Pu}$ 'un, Ob ve Yenisey Nehirleri ile Kara Deniz'deki sedimantlerine göre daha düşük konsantrasyonlar gösterdiğini bulmuşlardır. Aynı çalışmada biyolojik örneklerdeki  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonlarının dedeksiyon limitinin altında olduğunu görmüşlerdir.

M. A. Wildust ve P. McDonald (2000), 1996 yılında Old Colwyn Körfezi'nden topladıkları farklı boyutlardaki *Mytilus edulis* türü midyelerin (55 ile 60 mm kabuk boylarına sahip) besin zincirinde bulunan ve bir mikroalg türü olan *Isochrysis galbana* vasıtasıyla aldıkları  $^{210}\text{Po}$ 'nu incelemişlerdir. Çalışmalarında  $^{210}\text{Po}$ 'un % 2.1'lik kısmının mikroalg vasıtasıyla midyeye geçtiğini bulmuşlardır.

C. Gasco ve arkadaşları (2002), 1997 ve 1999 yılları arasında CANIGO-FLUGIST projesi kapsamında İspanya'da deniz suyu örneklerindeki doğal ( $^{210}\text{Po}$ ,  $^{210}\text{Pb}$ ) ve antropojenik ( $^{239,240}\text{Pu}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ) radyonüklidlerinin dağılımını incelemişler ve Akdeniz sularında ortalama  $^{210}\text{Po}$  ve  $^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonlarını  $0.84\pm 0.34 \text{ Bq m}^{-3}$  ve  $0.66\pm 0.34 \text{ Bq m}^{-3}$  olarak bulmuşlardır. Aynı çalışmada deniz suyundaki  $^{239,240}\text{Pu}$  konsantrasyonlarını  $22.0\pm 3.0 \text{ Bq m}^{-3}$  ve  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonlarını ise  $2.52\pm 0.28 \text{ Bq m}^{-3}$  olarak tayin etmişlerdir.

M. S. Al-Masri ve arkadaşları 2002 yılında Al-Oteibeh Gölü'nden topladıkları 5 sedimant karot örneğinde  $^{210}\text{Pb}$  ile tarihleme yapmışlardır. Ayrıca aynı çalışmalarında göldeki dört önemli elementin (Fe, K, Mg ve Na) ve altı iz metalin (Co, Ni, Cr, Pb, Zn, U ve Cu) tarihsel değişimini değerlendirmişlerdir.

V. Besada ve arkadaşları (2002), İspanya Kuzey Atlantik kıyılarında yaptıkları bir izleme çalışması kapsamında *Mytilus galloprovincialis* türü midyelerde Cd, Cu, Hg, Pb ve Zn gibi ağır metallerin yıllık olarak nasıl değişim gösterdiğini incelemiştir. Altı farklı istasyonda yapılan bu çalışmaya göre en yüksek ve en düşük değerler Bilbao bölgesinde çinko ( $462 \text{ mg kg}^{-1}$ , kuru ağırlık) ve civa ( $0.10 \text{ mg kg}^{-1}$ , kuru ağırlık) için tayin edilmiştir.

S.K. Jha (2003), atmosferik  $^{137}\text{Cs}$  tarihleme ile Hindistan'da Thane Koyu'ndaki Pb ve Hg kirliliğini kronolojik olarak belirlemiştir.

T. Ito ve arkadaşları (2003), Japon Denizi'nde 1997-2000 yılları arasında su kolonunda  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  ve  $^{139+140}\text{Pu}$  konsantrasyonlarını tayin etmişlerdir. Buldukları sonuçlara göre, radyonüklid konsantrasyonlarının dikey profillerinde,  $^{137}\text{Cs}$  ve  $^{90}\text{Sr}$ 'nin derinlikle eksponansiyel olarak azaldığını,  $^{239+240}\text{Pu}$ 'un ise yüzeyde minimum, yüzey altında maksimum olduğunu bulmuşlardır. Bu bölgede 1945-2000 yılları arasında küresel serpintiye bağlı olarak sedimentlerdeki  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  ve  $^{139+140}\text{Pu}$  konsantrasyonlarının değişim gösterdiğini vurgulamışlardır.

M. S. Al-Masri ve arkadaşları (2004), Euphrates nehrinde yapmış oldukları çalışmalarında su, sediment ve biyota örneklerinde doğal radyonüklidleri (Ra izotopları, U izotopları,  $^{210}\text{Po}$  ve  $^{210}\text{Pb}$ ) incelemişler ve tüm potansiyel kirlenme kaynaklarının etkisini araştırmak için Türkiye'yi de içine alan bölgesel bir araştırma projesinin gerekli olduğunu bildirmişlerdir.

P. Licata ve arkadaşları (2004), Faro Gölü'nün (İtalya, Sicilya) 5 farklı bölgesinden topladıkları *Mytilus galloprovincialis* türü midyelerin yumuşak dokularında ağır metal ve organik klor bileşiklerini incelemişlerdir. Çalışmalarında Zn konsantrasyonlarının Cu ve Se konsantrasyonlarına göre daha yüksek olduğunu bulurken, Cd, Pb ve Hg değerlerinin ise daha düşük konsantrasyonlar gösterdiğini tayin etmişlerdir.

A. C. Ruiz-Fernandez ve arkadaşları (2004), Meksika'nın güneyinde Tehuantepec Körfezi'nde yaptıkları bir çalışmada sediment karot örneklerindeki Al, Cd, Cu, Fe, Li, Mn ve Pb dağılımlarını incelemişler ve metal birikimini tarihsel olarak değerlendirmişlerdir.

V. A. Catsiki ve H. Florou (2005), Yunanistan'da nehir ağızı ekosistemlerinde dağılım gösteren midyelerde (*Mytilus galloprovincialis*)  $^{137}\text{Cs}$  ve Cr, Ni, Zn, Fe, Mn ve Cu gibi ağır metallerinin davranışı üzerine bir çalışma yapmışlardır. Çalışmalarında, Ege Denizi ve Yunan Denizi'nde tayin ettikleri  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonlarının, 1993 yılında Aarkrog ve arkadaşlarının batı Akdeniz'de yapmış oldukları çalışmada elde ettikleri sonuçlarla karşılaştırıldığında daha yüksek olduğunu görmüşlerdir. Aynı çalışmada Çernobil sonrası deniz suyundaki  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonunun Yunan Denizi'nde yaklaşık 5 kat, Ege Denizi'nde ise oldukça yüksek bir değerde arttığını vurgulamışlardır. İnceledikleri *Mytilus galloprovincialis* türü midyelerde  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonlarının 0.3 ile  $1.90 \text{ Bq kg}^{-1}$  arasında değiştiğini bulurken, en düşük ağır metal konsantrasyonunun Cr ( $0.20 \text{ mg kg}^{-1}$ ) ve en yüksek konsantrasyonun ise Fe ( $115 \text{ mg kg}^{-1}$ ) için olduğunu saptamışlardır.

M. M. Shahul ve arkadaşları Hindistan'ın güney doğu kıyısında yer alan Palk Strait bölgesinde yaptıkları bir çalışmada biyotik (plankton, çeşitli türde makroalg, kabuklu, yumuşakça ve balıklar) ve abiyotik (sediment ve deniz suyu) bileşenlerdeki  $^{210}\text{Po}$  ve  $^{210}\text{Pb}$ 'un biyobirikimlerini incelemişlerdir. Yapmış oldukları bu çalışmada 50  $\mu\text{m}$  ile 900  $\mu\text{m}$  arasında değişen 6 farklı boyutta sediment örneği incelemişler ve 200 ile 900  $\mu\text{m}$  arasındaki sedimentlerde  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonunu 5.7 ile 24  $\text{Bq kg}^{-1}$  aralığında değişim gösterdiğini bulmuşlardır. En yüksek  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonunu ise 50  $\mu\text{m}$ 'lik partikül boyutunda 164  $\text{Bq kg}^{-1}$  olarak tayin etmişlerdir. Bu durum  $^{210}\text{Po}$ 'un daha küçük sediment partiküllerine doğru bir eğiliminin olduğunun göstergesidir.

Figueira ve arkadaşları (2006), Brezilya'nın güneydoğusundan topladıkları sediment örneklerinde  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{238}\text{Pu}$  ve  $^{239+240}\text{Pu}$  dağılımlarını incelemişlerdir. Sediment örneklerinde  $^{137}\text{Cs}$ 'nin 0.30 ile 1.79  $\text{Bq kg}^{-1}$ ,  $^{238}\text{Pu}$ 'in 15 ile 150  $\text{mBq kg}^{-1}$  ve  $^{239+240}\text{Pu}$ 'ın ise 18 ile 117  $\text{mBq kg}^{-1}$  arasında değişen konsantrasyonlarda olduklarını tayin etmişlerdir. Sediment örneklerindeki yüksek  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonlarının genellikle 100 m'den daha az derinliklerde toplanan örneklerde olduğunu belirlemişlerdir.

Hassona ve arkadaşları (2008), Kızıl Deniz'de yerel marketlerden topladıkları 23 farklı deniz balığını beslenme şekillerine göre bitkisel (herbivor), etçil (karnivor) ve hem etçil hem otçul (omnivor) olmak üzere 3 gruba ayırmışlar ve her grup için  $^{210}\text{Po}$  ve  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonlarını tayin etmişlerdir.  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonlarını 0.25–6.42 (carnivorlar için),

0.7–5 (omnivorlar için) ve 1.5–3.8 (herbivorlar için) Bq kg<sup>-1</sup> (yaş ağırlık), <sup>137</sup>Cs konsantrasyonlarını ise, 0.1–0.46 (carnivorlar için), 0.09–0.35 (omnivorlar için) ve 0.09–0.32 (herbivorlar için) Bq kg<sup>-1</sup> (yaş ağırlık) olarak ölçmüşlerdir. Çalışmalarında balıklar tarafından <sup>210</sup>Po akümülyasyonunun asıl kaynağının besin zinciri olduğunu ve bu sebeple farklı besin türlerindeki <sup>210</sup>Po seviyelerinin farklı tür balıklardaki <sup>210</sup>Po konsantrasyonları üzerinde etkili olduğunu belirtmişlerdir.

Özkaya (1992), İzmir Körfezi'nin değişik bölgelerinden aldığı farklı balık örneklerinde bazı radyoaktif element ve ağır metal tayinlerini yapmıştır. Ege Denizi'nde çeşitli balık türlerinde daha önce yapılmış çalışmalarda elde edilen metal konsantrasyonlarıyla sonuçlarını karşılaştırmış ve daha düşük olduğunu bulmuştur. Ayrıca radyoaktivite açısından da Ege Denizi balıklarında sağlığa zararlı olabilecek düzeyde bir konsantrasyona rastlamamıştır. Bu çalışma Enstitü'müzde balıklarda radyonüklid ve ağır metal konsantrasyonları ile ilgili yapılmış ilk çalışmadır.

Uğur ve Yener (2001, 2002), Gökova Körfezi'nden toplanan sediment karot örneklerinde <sup>210</sup>Pb konsantrasyonlarının derinliğe bağlı değişimini inceleyerek, bölgedeki yüksek atmosferik <sup>210</sup>Pb akısına işaret etmişlerdir. Yine aynı bölgede yaptıkları bir başka çalışmada deniz sedimetlerinde <sup>241</sup>Am, <sup>137</sup>Cs ve plutonyum izotoplarının konsantrasyonlarını tayin etmişlerdir.

Uğur ve arkadaşları (2002), Ege Denizi'nin bazı bölgelerinden topladıkları *Mytilus galloprovincialis* türü midyelerde <sup>210</sup>Po ve <sup>210</sup>Pb

konsantrasyonlarını incelemişlerdir. Çalışmalarında  $^{210}\text{Po}$  ve  $^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonlarını sırasıyla  $52\pm 6$ - $1344\pm 108$  ve  $6\pm 2$ - $167\pm 10\text{Bq kg}^{-1}$  (kuru ağırlık) arasında bulmuşlardır. En yüksek  $^{210}\text{Po}$  ve  $^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonlarını Foça'da tayin etmişler ve bunu bölgenin Tüpraş, Petkim gibi petrol ve diğer kimyasal sanayi ve endüstri kuruluşlarına yakın oluşu ile açıklamışlardır.

Küçüksezgin ve arkadaşları (2002), İzmir Körfezi'nden topladıkları bazı balık türlerindeki iz metal konsantrasyonlarını incelemişlerdir. Dış ve orta körfezde Hg değerlerini  $12 - 829 \mu\text{g kg}^{-1}$ , ve  $5 - 315 \mu\text{g kg}^{-1}$ , Cd değerlerini  $0.10 - 10 \mu\text{g kg}^{-1}$  ve  $0.44 - 32 \mu\text{g kg}^{-1}$ , Pb değerlerini ise  $14 - 918$  ve  $7.1 - 713 \mu\text{g kg}^{-1}$  arasında bulmuşlardır.

Uğur ve arkadaşları (2003), Ege Denizi Milos Adası açıklarında hidrotermal bir alanda yaptıkları bir çalışmada sediment karotlarında  $^{210}\text{Po}$ ,  $^{210}\text{Pb}$  ve  $^{137}\text{Cs}$  değişimlerini derinliğe bağlı olarak incelemişlerdir. Tüm karot örneklerindeki toplam  $^{210}\text{Po}$  aktivite konsantrasyonlarının  $20.3$  ile  $166.4 \text{Bq kg}^{-1}$  arasında,  $^{210}\text{Pb}$  aktivite konsantrasyonlarının ise  $13.7$  ile  $107.2 \text{Bq kg}^{-1}$  değiştiğini bulmuşlardır.  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonlarının ise tüm korlarda çok düşük olduğunu söylemişlerdir.

Sunlu (2006), Eylül 2002-Ağustos 2003 tarihleri arasında Türkiye'nin Ege Denizi kıyılarında tespit ettiği 6 farklı istasyondan mevsimsel olarak topladığı midye örneklerinde Cd, Pb, Zn ve Cu analizlerini yapmıştır. Analizler sonucunda midyelerdeki ağır metal konsantrasyonlarının  $0.04 - 0.52 \mu\text{g Cd g}^{-1}$  (yaş-ağırlık),  $0.49 - 1.72 \mu\text{g Pb g}^{-1}$  (yaş-ağırlık),  $0.95 -$

1.85 Cu g<sup>-1</sup> (yaş-ağırlık), 16.11 - 37.15 µg Zn g<sup>-1</sup> (yaş-ağırlık) arasında değiştiğini tespit etmiştir. Araştırmacı ayrıca, en yüksek metal değerlerini İzmir İç Körfez’de en düşük değerleri ise Sığacık ve Güllük istasyonlarında ölçtüğünü rapor etmiştir. Sunlu, Gediz ve Bakırçay nehirlerinin İzmir ve Çandarlı Körfezi’nin kirlenmesi yönünde etkili olduğunu belirtmiştir. Çalışmada ayrıca bu bölgelerin büyük kentsel ve endüstriyel merkezlerin yakınında olmasının da yüksek konsantrasyonların tayin edilmesinde etkin rol oynadığı vurgulanmıştır.

Uluturhan ve Küçüksezgin (2007), Ege Denizi’nden topladıkları mercan balıklarının farklı organlarında Hg, Cd, Pb, Cu ve Zn konsantrasyonlarını incelemiştir. Balık kasındaki Cd, ND-9.6, karaciğerinde 1.4-2245, yumurtalığında ND-192; kasındaki Pb, ND-1397, karaciğerinde 112-8311, yumurtalığında ise ND-2927 (µg kg<sup>-1</sup>, yaş ağırlık) olarak tayin etmişlerdir. Çalışmada tayin edilen metallerin mevsime bağlı olarak farklılık gösterdiği görülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre en yüksek konsantrasyon kış mevsiminde bulunmuştur. (ND: dedeksiyon limitinin altında olduğunu belirtmek için kullanılmıştır.)

Ergül ve arkadaşları (2008), Karadeniz’den mevsimsel olarak topladıkları sediment örneklerinde Cd, Cu, Cr, Co, Ni, Zn, Fe, Mn, Pb, As ve Sb konsantrasyonlarını incelemiştir. Yapmış oldukları çalışmada, sediment trap örneklerinde Cd, Pb ve Mn konsantrasyonlarını yaz mevsimi dışında en yüksek değerler elde ederlerken yüzey

sedimentlerinde Co, Ni, Zn ve Fe konsantrasyonlarını oldukça düşük tayin etmişlerdir.

Denizel ortamlarda radyoaktif element ve ağır metalleri de içine alan kirletici unsurların gün geçtikçe artması, dünyada ve ülkemizde deniz çevresindeki kontaminasyonun rutin olarak izlenmesini ve kontrol edilmesini gerektirmektedir. Bu sebeple çalışmada Didim (Akbük) ile İzmir Orta Körfez’de bulunan Urla bölgelerinden alınan sediment, deniz suyu, balık ve midye örneklerinde  $^{210}\text{Po}$ ,  $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  ile Cd, Ni, Cu, Pb, Zn, Mn, Fe ve Cr ağır metal konsantrasyonlarının aylık olarak belirlenmesi amaçlanmıştır. Elde edilen tüm verilerden araştırma bölgelerinin kirlilik durumu tespit edilerek bundan sonra alınacak tedbirlere ve yapılacak düzenlemelere katkıda bulunulacağı düşünülmektedir.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. Radyoaktivite

Atom çekirdeğinin kendiliğinden bozunuma uğrayarak bazı ışınlar yayınlayıp niteliğini başka çekirdeğe dönüştürmesi olayına radyoaktivite denilmektedir. Bozunuma uğrayan radyoizotop doğada kendiliğinden bulunuyor veya doğada bulunan diğer radyoizotopların bozunmasından ortaya çıkıyorsa buna “**doğal radyoaktiflik**”, eğer bozunuma uğrayan radyoizotop insan tarafından, yapay olarak reaktörlerde veya hızlandırıcılarda üretiliyorsa buna da “**yapay radyoaktiflik**” denilmektedir. Kararlı olmayan doğal ya da yapay radyoizotopların bozunum ve parçalanmaları sonucu açığa çıkan enerji ise “**radyasyon**” olarak adlandırılmaktadır (Özger, 2005).

#### 2.1.1. Doğal Radyoaktivite

Doğal radyoaktivite kaynakları kozmik veya primordiyal olabilir. Doğal radyoaktivite, özellikle uzaydan gelen kozmik ışınlar ve çevremizdeki toprak, su ve havada bulunan doğal radyonüklidlerin bozunuma uğramaları sonucu yayınlanan ışınlardır. Kozmik radyasyonun en belirgin özelliği  $10^{10}$  ile  $10^{20}$  eV değerleri arasında değişen enerjilerde sahip olduğu yüksek girişkenliktir. Kozmik radyasyon izotropik olarak dünya atmosferini etkiler ve bu radyasyonun %87'si protonlar, %11'i alfa tanecikleri, %1'i yüksek enerjili elektronlar ve % 1'i ise atom

numarası 4 ile 26 arasında değişen elementlere ait çekirdeklerden meydana gelir (Saçan, 1994).

Kozmik ışınlardan ileri gelen radyasyon dozu miktarı, jeomagnetik enlem dairesi ve deniz seviyesinden olan yüksekliğe göre değişim gösterir. Radyoaktif çekirdeklerin yeryüzündeki dağılımı da kozmik ışınlarda meydana gelen değişiklikler gibi değişebilmektedir. Dolayısıyla bir yerin doğal radyoaktivite seviyesi, bölgenin jeolojik yapısı, coğrafik konumu ve radyokimyasal özelliklerine bağlı olarak değişiklik gösterir. Yağmur, kar, alçak basınç, yüksek basınç ve rüzgar yönü gibi etkenler de doğal radyasyon seviyesinin büyüklüğünü belirler. İnsanlar, içinde yaşadıkları doğal çevrede bulunan bu kaynaklardan yayınlanan değişik tipteki radyasyonlara her zaman maruz kalmaktadır. Gözlenen en yaygın doğal radyasyon kaynakları  $^{238}\text{U}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  ve  $^{40}\text{K}$  izotoplarıdır (Dizman, 2006).

Çevresel örneklerde doğal radyoaktivite seviyelerini belirleme çalışmaları, nükleer enerjinin hayatımıza girmesi ve nükleer santrallerde üretilen radyoaktif maddelerin çevredeki etkilerinin araştırılmaya başlanması ile hız kazanmıştır. Bu tür çalışmalar, hem doğal radyoaktivite seviyelerinin belirlenmesi hem de nükleer santrallerin kurulduğu bölgelere yakın oturan insanların çevresel doğal radyasyonların yanı sıra çeşitli nükleer uygulamalardan hangi oranlarda radyasyona maruz kaldıklarının belirlenmesi açısından önemlidir (Zorer, 2006).

Dünyanın yaşına kıyasla oldukça uzun yarı ömürlü birkaç radyoaktif elementin bugün hala radyoaktiflikleri gözlenebilmektedir. Bu radyoaktif izotoplar çevremizdeki bütün maddelerde, özellikle  $4.5 \times 10^9$  yıl önce yoğunlaşmış kaya ve minerallerde bulunurlar. Genel olarak radyoaktif elementler minerallere sıkıca bağlıdırlar ve sağlığımız için zararlı değildirler. Ancak tüm doğal radyoaktif serilerde olan radon gazının yayınlanması söz konusudur. Bu element gaz halinde olup kayalıkların derinliklerinde oluştuğunda kaya çatlaklarından kaçabilir. Radonun aynı zamanda minerallerin yüzeyinden kaçma olasılığı vardır ve bu özellikle inşaat yapımında kullanılan taş, tuğla gibi bina yapı malzemelerinde önemlidir (Zorer, 2006).

Uzun yarı ömürlülere nispeten kısa yarı ömürlü doğal radyoaktif kaynaklar da vardır. Bu elementler, yüksek enerjili fotonların atmosferin üst katmanlarındaki atomlarla çarpışarak neden oldukları nükleer reaksiyonlar sonucu oluşan  $^3\text{H}$  ve  $^{14}\text{C}$ 'dür.  $^{14}\text{C}$  izotopu radyoaktif yaş tayini çalışmalarında kullanılan son derece önemli bir radyonüklidtir (Zorer, 2006).

### **2.1.2. Radyoaktif Seriler**

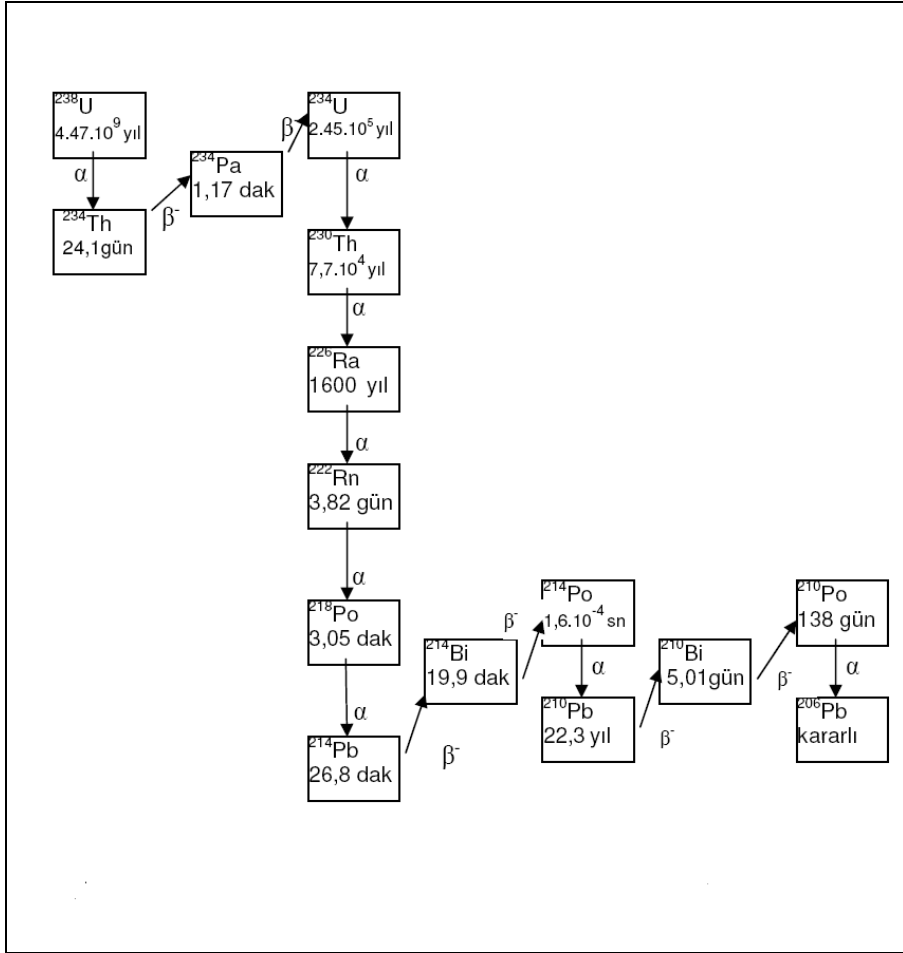
Doğal radyoizotopların hemen hemen hepsi atom numaraları 81 ile 92 arasındaki bölgede bulunmaktadır. Bu elementler radyoaktif bozunma ile birbirlerini takip eden elementler meydana getirerek doğal radyoaktif serileri oluştururlar. Atom numarası 81 ile 92 arasında olan doğal radyoaktif izotoplar, kütle numaralarına bağlı olarak, toryum,

neptinyum, aktinyum ya da uranyum olmak üzere dört seriden birine dahildirler (Dizman, 2006).

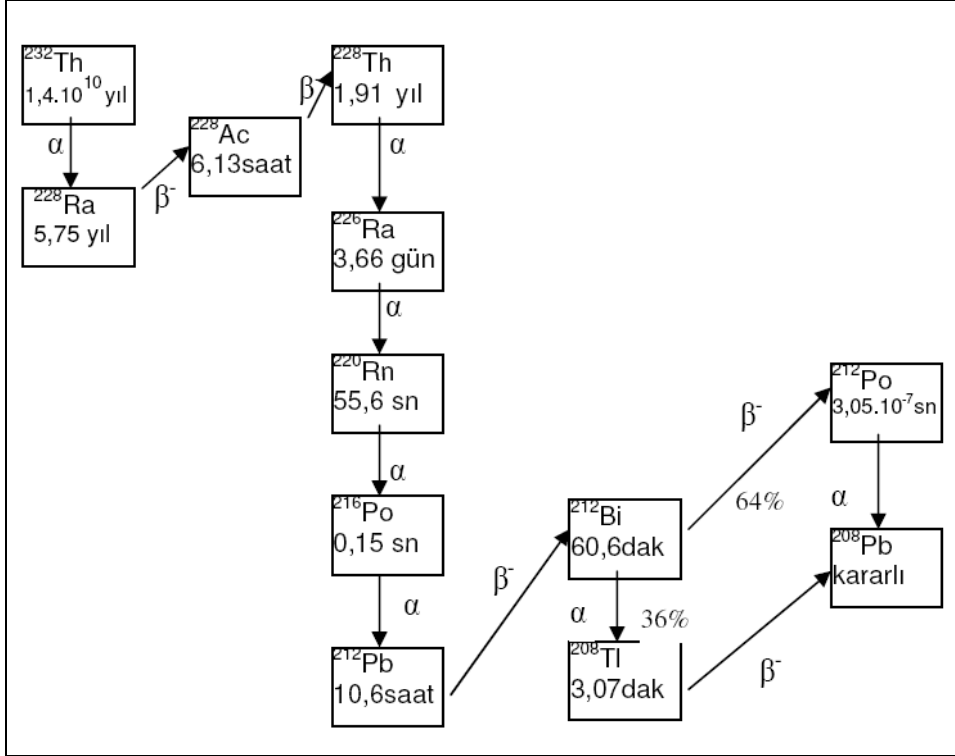
Çizelge 2.1. Doğal Radyoaktif Seriler (Dizman, 2006)

Seri Adı	Son Çekirdek (Kararlı)	En Uzun Ömürlü Üyesi	
		Çekirdek	Yarı Ömür (Yıl)
Toryum	<sup>208</sup> Pb	<sup>232</sup> Th	1.41x10 <sup>10</sup>
Neptinyum	<sup>209</sup> Bi	<sup>237</sup> Np	2.14x10 <sup>6</sup>
Uranyum	<sup>206</sup> Pb	<sup>238</sup> U	4.47x10 <sup>9</sup>
Aktinyum	<sup>207</sup> Pb	<sup>235</sup> U	7.04x10 <sup>8</sup>

Neptinyumun bulunduğu seri hariç, bu serilerin varlığı, her serideki ana elementlerin uzun ömürlü olması gerçeğine göredir. Neptinyum serisinin ana elementinin nispeten kısa yarı-ömürlü olmasından dolayı ( $t_{1/2} = 2.2 \times 10^6$  yıl) bu elementler doğada bulunmazlar.



Şekil 2.1.  $^{238}\text{U}$  Bozunma Ürünleri Şeması (Özger, 2005)



Şekil 2.2.  $^{232}\text{Th}$ 'nin Bozunma Ürünleri Şeması (Özger, 2005)

### 2.1.3. Sularda Bulunan Doğal Radyoaktivite

Sulardaki doğal radyoaktivite seviyesi belirleme çalışmaları, geçmişte yalnız kaplıca suları ile sınırlı kalmıştır. Daha sonraki yıllarda, içme sularında da bazı doğal radyonüklidlerin bulunduğu ortaya çıkmıştır fakat içme sularındaki radyonüklid konsantrasyonları önemli sayılabilecek seviyede bulunmamıştır.

Yeraltı sularında yüzey sularına göre daha çok radyoaktif element bulunduğundan yer altı suları yüzey sularına göre daha radyoaktiftir. Bunun sebebi, yer altı sularının, yeraltında bulunan radyoaktif kütlelerle ya da minerallerle temas etmesidir. Sularda uranyum bozunum serisi elemanlarından radyum ve radon diğerlerine göre daha fazla bulunmaktadır.  $^{226}\text{Ra}$ 'nın bozunum ürünü olan  $^{222}\text{Rn}$ , bazı yeraltı sularında oldukça yüksek konsantrasyonlarda bulunur. Yeraltı sularında bulunan aktinyum serisi elemanlarını tespit etmek oldukça zordur. Bazı sularda  $^{232}\text{Th}$  ve  $^{226}\text{Ra}$ 'nın dedekte edilebilecek miktarda bulunmasına rağmen,  $^{220}\text{Rn}$ 'in, çok kısa yarı ömre sahip olması su ve kayalarda birikmesine imkan vermemektedir (Özger, 2005).

Uranyum, toryum ve aktinyum serilerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri birbirinden farklıdır. Bu serilerde bulunan radyonüklidlerin, sulardaki doğal radyoaktivite değerleri incelendiğinde, Uranyum ve Aktinyum serilerindeki radyonüklidlerin topraktan suya geçerken bazı dengesizlikler gösterdiği görülmektedir. Örneğin, yarı ömrü 3.8 gün olan  $^{222}\text{Rn}$  yeraltı sularında çok yavaş hareket etmekte ve dolayısıyla konsantrasyonu  $2-40 \text{ Bq l}^{-1}$  arasında değişen  $^{222}\text{Rn}$ 'nin atmosfere kaçması sınırlı olmaktadır.  $^{222}\text{Rn}$ 'nin yeraltı sularındaki konsantrasyonu  $^{226}\text{Ra}$ 'dan daha fazla bulunduğundan bu radyonüklidler toprak ve kaya altlarında radyoaktif dengeye daha kolay gelmektedir. Bu radyonüklidlerin okyanus deniz ve göl sularındaki konsantrasyonları oldukça düşük olduğundan yayımlanan gama radyasyon oranları da ihmal edilecek kadar düşüktür (Özger, 2005).

Sularda bulunan doğal ve yapay radyonüklidlerin sistematik ve periyodik ölçümleri çevre açısından oldukça önemlidir. Bu ölçümler; doğal radyasyon ve insan faaliyetinin neden olduğu yapay radyasyonun tayini, ülkelerin yönetmelik sınırlamalarına uygunluğunun tespiti, çevresel doğal radyasyonun bileşimi ve insanların neden olduğu radyoizotopların çevresel ortamlardaki transferi ve tutulması çalışmaları için yapılması gerekli ölçümlerdir. Çevresel bakımdan suların radyoaktif kirliliğin saptanmasında doğal kaynaklardaki gama aktif elementlerin yarı ömürlerinin alfa ve beta aktif elementlere göre daha kısa ve alfa ve beta radyoaktivite ölçümlerinin daha önemli olması nedeniyle, sulardaki radyoaktivite seviyesinin belirlenmesi üzerinde durulacak önemli bir konudur (Özger, 2005).

#### **2.1.4. Yapay Radyoaktivite**

Yapay radyoaktivite, nükleer silah denemeleri, nükleer kazalar ya da nükleer yakıt endüstrisinden çevreye fisyon ve nötron aktivasyon ürünü radyonüklidlerin yayılması sonucu oluşan radyoaktivitedir. Çevreye yayılan bu radyonüklidlerden bazıları ise besin zincirleri yoluyla insana ulaşırlar. Yapay radyasyon oluşumunda etkili olan kaynaklar arasında tıp, endüstri ve bilimsel araştırmalarda kullanılan radyonüklidler de sayılmaktadır (Kılıç, 2006).

Atmosferde gerçekleştirilen nükleer bomba ve silah denemeleri sonucu meydana gelen radyoaktif serpintiler ( $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{95}\text{Zr}$ ,  $^{106}\text{Ru}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{137}\text{Cs}$

ve  $^{134}\text{Cs}$ ) radyoaktif çevre kirliliğine neden olan en büyük yapay radyasyon kaynağı sayılır.

$^{237}\text{Np}$ ,  $^{239}\text{Pu}$  ve  $^{241}\text{Am}$  nükleer güç reaktörlerinde üretilen ve nükleer silah bileşeni olarak kullanılan önemli radyonüklidlerdir.

$^{90}\text{Sr}$ ,  $^{95}\text{Zr}$ ,  $^{106}\text{Ru}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  ve  $^{134}\text{Cs}$  gibi nükleer fisyon ürünleri, nükleer serpinti bulutları ile taşınan ve dünyada geniş yayılım göstermiş olan önemli yapay radyonüklidlerdir. Nükleer reaktörlerin normal işleyişleri sırasında çevreye yaydıkları radyoaktivite oldukça küçüktür. Nükleer atık, nükleer enerji ile ilgili en önemli problemdir. Atık içindeki radyonüklidlerin farklı aktivite ve yarı ömre sahip olmaları nükleer atık için önemli bir kriterdir. Özellikle  $^{137}\text{Cs}$  ve  $^{90}\text{Sr}$ , 500 ile 1000 yıllık bir süre için potansiyel olarak tehlikeli yapay radyonüklidlerdir (Ergül, 2004).

## 2.2. $^{210}\text{Po}$ 'un Genel Özellikleri

Periyodik tablonun VIA grubunda yer alan polonyum, ilk olarak 1868 yılında Marie ve Pierre Curie tarafından bulunmuş, radyoaktif bir elementtir. Polonyumun atom sayısı 84, atom ağırlığı 210, kaynama noktası  $962^{\circ}\text{C}$ , erime noktası  $254^{\circ}\text{C}$ , atom yoğunluğu  $9.4 \text{ g cm}^{-3}$  tür.

Polonyumun kütle numarası 197 ile 218 arasında değişen 27 izotopu vardır. Bu izotoplardan biri olan  $^{210}\text{Po}$ ,  $^{238}\text{U}$ 'un bozunum serisi ürünlerindedir ve radyoaktiftir. Bozunum serisi içindeki önemli ana

radyonüklidler  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{222}\text{Rn}$  ve polonyumun ana radyonüklidi  $^{210}\text{Pb}$ 'dur. Yarı ömrü 138.4 gün olan  $^{210}\text{Po}$ , 5.3 MeV enerjili  $\alpha$ -tanecikleri yayımlar. Kısa yarı ömrü olmasına rağmen  $^{210}\text{Po}$ 'nun doğadaki bolluğu, yarı ömrü 22 yıl olan  $^{210}\text{Pb}$  bozunumu kararlı bir şekilde devam etmektedir. Dolayısıyla, doğadaki  $^{210}\text{Po}$  miktarı büyük ölçüde  $^{210}\text{Pb}$ 'un miktarına bağlı olmaktadır.  $^{210}\text{Po}$ , radyotoksitesi oldukça yüksek olan bir radyoizotoptur ve buna bağlı olarak biyolojik etkileri  $^{210}\text{Pb}$ 'a göre daha fazladır.  $^{210}\text{Po}$ 'un tek bir bozunumundan açığa çıkan eşdeğer doz oranı  $^{210}\text{Pb}$ 'un bozunumundan açığa çıkan dozdan binlerce defa daha fazladır (Uğur, 1998).

$^{210}\text{Po}$ 'un doğadaki en önemli kaynağı dünya kabuğunun üst katmanlarından atmosfere yayılan radon gazıdır.  $^{238}\text{U}$  bozunum serisindeki radyonüklidlerin alfa ve beta yayımlayarak bozunumları sonucu  $^{226}\text{Ra}$  ( $t_{1/2}=1622$  yıl),  $^{226}\text{Ra}$ 'un bozunumu sonucu ise oldukça kısa yarıömürlü bir radyoizotop olan  $^{222}\text{Rn}$  ( $t_{1/2}= 3.82$  gün) oluşur.  $^{222}\text{Rn}$ 'un atmosferdeki bozunumu ile  $^{210}\text{Pb}$  ( $t_{1/2} = 22.3$  yıl) ve  $^{210}\text{Bi}$  ( $t_{1/2} = 5.01$  gün) meydana gelir (Uğur, 1998).

Doğal  $^{210}\text{Po}$ 'un doğadaki miktarı ve davranışı, büyük ölçüde atmosferden kara parçalarına veya denizlere geri dönen  $^{210}\text{Pb}$ 'un çökmesine bağlıdır (Uğur, 1998).

Kömür'de  $^{210}\text{Po}$ 'un kaynakları arasında yer almaktadır. Kömürün yanması sonucunda atmosfere oldukça yüksek oranda  $^{210}\text{Po}$  salındığı bilinmektedir (Uğur, 1998).

Çevresel araştırmalarda ve su altı jeolojisinde iz element olarak kullanılan  $^{210}\text{Po}$ 'un alfa bozunumu ile yüksek lineer enerji transferi, düşük gama radyasyon intensitesi ve büyük miktarlarda üretiminin mümkün olması gibi bir takım özelliklerinden dolayı, uzay araçlarında ısınma ve güç jeneratörleri için izotopik kaynak olarak kullanılmaktadır (Uğur, 1998).

$^{210}\text{Po}$ , okyanuslardakinin yanı sıra atmosferdeki süreçleri de kapsayan çevresel çalışmalarda izleyici olarak büyük önem taşımaktadır. Dünyanın birçok yerinde  $^{210}\text{Po}$ 'un atmosferik depozisyon akısının belirlenmesine yönelik çok sayıda çalışma yapılmıştır (Su and Huh, 2002; Waska et al., 2008; Tateda and Iwao, 2008).

### 2.2.1. Denizel Ortamlarda $^{210}\text{Po}$

Denizel ortamlarda  $^{210}\text{Po}$ 'un başlıca ana kaynağı  $^{210}\text{Pb}$ 'un bozunumudur. Akuatik ortamlarda  $^{210}\text{Pb}$  aktivitesine eşit  $^{210}\text{Po}$  aktivitesi dengedeki  $^{210}\text{Po}$ 'u vermekte, bunun üstündeki  $^{210}\text{Po}$  aktivitesi ise dengeüstü  $^{210}\text{Po}$  olarak kabul edilmektedir. Bu bileşenin ana kaynağı atmosferik yağıştır.  $^{210}\text{Po}$ 'un atmosferik yağışı, toplam  $^{210}\text{Pb}$  yağışının %10'u kadardır (Gönülalan, 2006).

Su kütlelerinden organik parçacık yüzeylerine adsorbsiyon ile geçen  $^{210}\text{Po}$ , fitoplankton, zooplankton gibi organizmalar tarafından alınır.  $^{210}\text{Pb}$  ise, organik parçacıklardan ziyade inorganik parçacık yüzeylerine adsorblanır. Akuatik ortamlarda organik materyaller ve

askıdaki materyaller farklı alan ve derinliklerde değişim gösterdiklerinden dolayı  $^{210}\text{Po}$ 'un okyanuslarda dağılımı düzenli olsa da akuatik ortamlardaki ve organizmalardaki birikim oranı çok çeşitlidir (Uğur, 1998; Gönülalan, 2006).

### 2.3. $^{210}\text{Pb}$ 'un Genel Özellikleri

Periyodik cetvelin IVA grubunda yer alan, atom numarası 82 ve yoğunluğu  $11.34 \text{ g cm}^{-3}$  olan kurşunun erime ve kaynama noktası sırasıyla  $327 \text{ }^{\circ}\text{C}$  ve  $1749 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 'dir.

Kurşunun kütle numaraları 194 ile 214 arasında değişen 20 izotopu bulunmaktadır. Bu izotoplar arasında doğal olarak bulunan ve uzun süre kararlı kalabilen tek radyoaktif izotopu  $^{210}\text{Pb}$ 'dur. Yarı ömrü 22.3 yıl olan  $^{210}\text{Pb}$ , uranyum bozunum serisinin bir ürünüdür ve  $^{222}\text{Rn}$ 'un bozunması sonucunda meydana gelmektedir.  $^{222}\text{Rn}$  bozunumundan atmosferik  $^{210}\text{Pb}$  akısının ortalama  $15 \text{ atom/dakika cm}^2$  olduğu tahmin edilmiştir (İçedef, 2006; Tatar, 2007).

$^{210}\text{Pb}$ , yarı ömrünün izleme çalışmaları için uygun oluşu ve diğer özellikleri nedeni ile tarihleme, erozyon, kirlilik izlenmesi gibi pek çok uygulamada kullanılan bir radyonükliddir (Tatar, 2007).

### 2.3.1. Denizel Ortamlardaki $^{210}\text{Pb}$

Akuatik ortamlardaki  $^{210}\text{Pb}$ , iki temel bileşene sahiptir. İlki  $^{226}\text{Ra}$ 'nın bozunumu ile oluşan dengede  $^{210}\text{Pb}$ , bir diğeri ise topraktan atmosfere yayılan  $^{222}\text{Rn}$  atomlarının  $^{210}\text{Pb}$ 'ye bozunup kuru ve yaş depozisyonla yeryüzüne inen dengeüstü  $^{210}\text{Pb}$ 'dur (Masque et al., 2003; Navada et al., 1998).

Dengeüstü  $^{210}\text{Pb}$ 'un büyük bir kısmı, atmosferde  $^{222}\text{Rn}$  bozunumuyla oluşur, yaş ve kuru depozisyon süreçleriyle akuatik ortamlara ulaşır ve adsorblandığı partiküllerin sedimentasyonu ile sediment yüzeylerinde birikir. Yüzey sedimentlerinde dengeüstü  $^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonlarının belirlenmesi, endüstri ve sanayi kuruluşlarından kaynaklanan bölgesel atmosferik kirlilik ve nehirlerden kaynaklanan kontaminasyon hakkında bilgi vermektedir (Gönülalan, 2006).

Uranyum bozunum serisi ürünlerinden olan  $^{210}\text{Pb}$  ve  $^{210}\text{Po}$ , deniz suyunda çözünebilir kararlı forma sahip olmayan element izotopları olduklarından okyanuslarda en kısa kalış zamanına sahip gruplar içerisinde yer almaktadırlar. Bu özelliklerinden ötürü deniz biyojeokimyasal süreçler için doğal izleyiciler olarak kullanılırlar (Kim et al., 1997).

Yeraltı sularında, nehirlerde, göllerde ve nehirlerin denizlerle birleştiği alanlarda  $^{210}\text{Pb}$ , toprak ve kaya parçaları, suda bulunan askıdaki materyaller veya sedimentler ile dibe çökmektedir. Bu özelliğinden dolayı

$^{210}\text{Pb}$ , ağır metallerin toprak, akarsu ve nehirlerin denizlerle birleştiği alanlardaki davranışlarını incelemek için kullanılan önemli izleyicilerdendir (İçhedef, 2006).

Açık okyanuslarda ve kıyı denizlerinde sediment “trap” örnekleriyle yapılan çalışmalarda elde edilen oranların sırasıyla 1.0-6.0 ve 0.2-1.0 aralıklarında değiştiği gözlenirken atmosferik yağışlardaki  $^{210}\text{Po}/^{210}\text{Pb}$  aktivite oranının kıyusal bölgelerde genellikle 0.1’den daha az olduğu bulunmuştur. Denizel ortamda çöken partiküllerdeki  $^{210}\text{Po}/^{210}\text{Pb}$  oranlarının, atmosferik yağış oranlarından daha yüksek olmasının nedeni, zamanla partiküllerdeki  $^{210}\text{Pb}$ ’dan  $^{210}\text{Po}$  üretimi ve deniz suyunda büyük ölçüde  $^{210}\text{Po}$ ’un öncelikli emilimidir (Kim et al., 1997).

$^{210}\text{Pb}$ ’nun atmosferde kalış süresi oldukça kısa olduğundan dolayı atmosferde toplam miktarı da oldukça azdır.  $^{210}\text{Pb}$ ’un denizel ortamlardaki ana kaynağı bu radyonüklidin bozunumu ve atmosferik yağışlar ile yüzey sularına geçişlerdir.  $^{210}\text{Pb}$  atmosferden kuru ve yağ deposisyonla yeryüzüne ve akuatik ortamlara gelir. Denizel ortamlardaki  $^{210}\text{Pb}$ ’nun %90’dan daha fazla kısmı su kolonlarında çözülmüş formda bulunur.  $^{210}\text{Pb}$  genellikle suda bulunan askıdaki partiküllerle birleşerek sedimentte dağılır. Bu nedenle  $^{210}\text{Pb}$ ’nun atmosferik akısının önemli bir kısmı sedimentte depoze olur (Uğur, 1998).

## 2.4. $^{137}\text{Cs}$ 'nin Genel Özellikleri

Alkali bir metal olan sezyum, potasyum ile benzer özelliklere sahiptir. Sezyumun radyoaktif izotoplarından biri olan  $^{137}\text{Cs}$ , nükleer fisyonun önemli ürünlerinden bir tanesidir.  $^{137}\text{Cs}$ , 30.17 yıl gibi uzun bir fiziksel yarı ömre sahip olması nedeniyle ekosistemde uzun süre etkili olabilen ve biyolojik açıdan son derece önemli olan bir radyonükliddir.

Yapay bir radyonüklid olan  $^{137}\text{Cs}$ , içsel (internal) ve dışsal (eksternal) etkiye sahip oluşu, orta uzunluktaki yarı-ömrü, yüksek düzeyde reaktif oluşu ve canlılardan atılımının yavaş olmasından dolayı, radyoekoloji çalışmalarında önem kazanmıştır.  $^{137}\text{Cs}$  nükleer bir kaza durumunda çevreye yayılabilen, meteorolojik olaylarla uzak mesafelere taşınabilen ve toprakta uzun süre kalabilen bir radyonükliddir.  $^{137}\text{Cs}$ , toprakta dikey hareketlerinin az olması sebebiyle toprağın yüzeyinde birikir ve canlılar için önemli bir dış ışınlanma kaynağı oluşturur (Ergül, 2004).

1945 yılında atmosferik nükleer silah denemelerine başlanmasından günümüze kadar geçen zamanda çevreye yayılan radyonüklidler arasında, sadece uzun yarı-ömürlü olanlar ( $^{14}\text{C}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  gibi) denizel ortamda ve canlıların vücudunda kalmıştır ve bu radyonüklidlerden biyolojik bakımdan en önemlileri  $^{137}\text{Cs}$  ve  $^{90}\text{Sr}$  olmuştur.  $^{137}\text{Cs}$  ve  $^{90}\text{Sr}$  karşılaştırıldığında iç (internal) ışınlamada en etkili olanın  $^{137}\text{Cs}$  olduğu saptanmıştır (Kılıç, 2006).

Tyler ve arkadaşları 1960'lı yılların ortalarına kadar nükleer denemeler sonucu oluşan toplam  $^{137}\text{Cs}$ 'nin % 90'ı yeryüzünde biriktiğini rapor etmişlerdir (Tyler et al., 2001).

$^{137}\text{Cs}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{131}\text{I}$  ve  $^{90}\text{Sr}$ , nükleer reaktör kazalarıyla çevreye yayılan ve insanlar için tehlike teşkil eden pek çok radyoaktif maddeden en önemlileri arasında yer almaktadırlar. Özellikle Çernobil nükleer santral kazasından sonra çevreye önemli konsantrasyonlarda  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{131}\text{I}$  ve  $^{134}\text{Cs}$  yayılmış ve bütün Avrupa ile birlikte ülkemizde bundan önemli ölçüde etkilenmiştir.

Radyolojik açıdan ve özellikle tiroit dozunun belirlenmesinde çok önemli bir radyoizotop olan  $^{131}\text{I}$ 'in kazadan sonra çevredeki konsantrasyonları ile ilgili belirsizlikler yaşanmış ve çok az ölçüm alınabilmiştir.  $^{137}\text{Cs}$ , özellikle Çernobil kazasından sonra radyolojik açıdan en önemli izotop olmuştur ve önümüzdeki yıllarda da önemini koruyacaktır (TAEK, 2007).

Çernobil'den sonra yapılan ölçümlerde, ev ve binaların çevrelerinde çatılardan yağmurla sürüklenerek yere inen  $^{137}\text{Cs}$  radyoaktivite derişimi daha yüksek bulunmuştur. Rüzgar, yağmur ve insan faaliyetleri sonucu kentlerde ilk yıl içinde alan kirliliği önemli ölçüde azalmıştır. Ancak işlenmemiş toprağın olduğu park ve bahçelerde halen doğal seviyeden daha yüksek doz hızlarına rastlamak mümkündür. Tarım alanlarında; ilk zamanlarda çeşitli radyonüklidlerin toprak yüzeyinde birikmesi sonucu tarım ürünleri ve bunları tüketen hayvanların

ürünlerinde radyoaktif kirlenme gözlenmiştir. Kazadan sonra ilk iki ay içinde farklı bitki türleri özellikle yeşil yapraklı sebzeler, büyüme mevsimine ve bu sıradaki topraktaki birikme hızına bağlı olarak doğrudan kirlenmiştir. Daha sonraki dönemde bitki köklerinin topraktan aldığı radyonüklidler, özellikle  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  gibi sezyum izotopları önem kazanmakla birlikte çok daha düşük seviyelerde izlenmiştir. Gıda ürünlerindeki sezyum radyoaktivite derişimleri, biriken radyoaktivite miktarının dışında toprak cinsi, toprağın işlenme şekli ve ekosistemin özelliklerine göre de değişmektedir. Yüksek seviyelerde kirlenmiş bölgelerde et, süt ve sebzelerde bulunan  $^{137}\text{Cs}$  az miktarda da olsa halen iç ışınlanma dozuna katkıda bulunmaktadır (TAEK, 2007).

#### 2.4.1. Denizel Ortamlardaki $^{137}\text{Cs}$

Doğal olarak bulunan ya da çeşitli denemeler veya nükleer santral kazalarından sonra denizel ortama yayılan  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{14}\text{C}$ ,  $^{65}\text{Zn}$ ,  $^{40}\text{K}$  gibi radyoaktif elementler akuatik ortamlarda radyasyon kirlenmesinin ortaya çıkmasına neden olurlar. Bu radyoaktif izotoplar organizmalar tarafından ortamdan yüksek düzeylerde alınarak, gıda zinciri sisteminde tehlikeli olabilir (Egemen, 2000).

$^{137}\text{Cs}$ 'nin genel olarak atmosferik yağışlar vasıtasıyla oluşan ana kaynağı 1954-1963 yılları süresince termonükleer silahların atmosferik denemeleridir. Daha sonra 1986'da meydana gelen Çernobil kazası ile Avrupa ve Asya'nın karasal ve denizel olmak üzere pek çok bölümü  $^{137}\text{Cs}$ 'dan etkilenmiştir.

Denizel ortamlarda biriken  $^{137}\text{Cs}$  miktarı, radyonüklidin fiziksel ve kimyasal özelliklerine, kuru veya yaş birikme şekline olduğu kadar, topografik ve meteorolojik çevre koşullarına da bağlı olarak değişir.

Kuru ve yaş çökeltme şeklinde denizel ortamlara giren  $^{137}\text{Cs}$ , ayrıca akarsu yoluyla da denizlere ulaşmakta ve bu ortamlarda farklı konsantrasyonlarda birirmektedir. Bununla beraber, Çernobil kazasında olduğu gibi kontamine olmuş toprakların erozyonla denizlere taşınması da bu ortamların kirlenmesinde etkili olmuştur (Topçuoğlu, 2005).

Deniz ve göl yüzeyinde biriken  $^{137}\text{Cs}$  gibi yapay radyonüklidler, çok büyük su hacmi içinde hızlı bir şekilde seyrediklerinden oldukça düşük seviyelerde doza neden olmaktadır (TAEK, 2007).

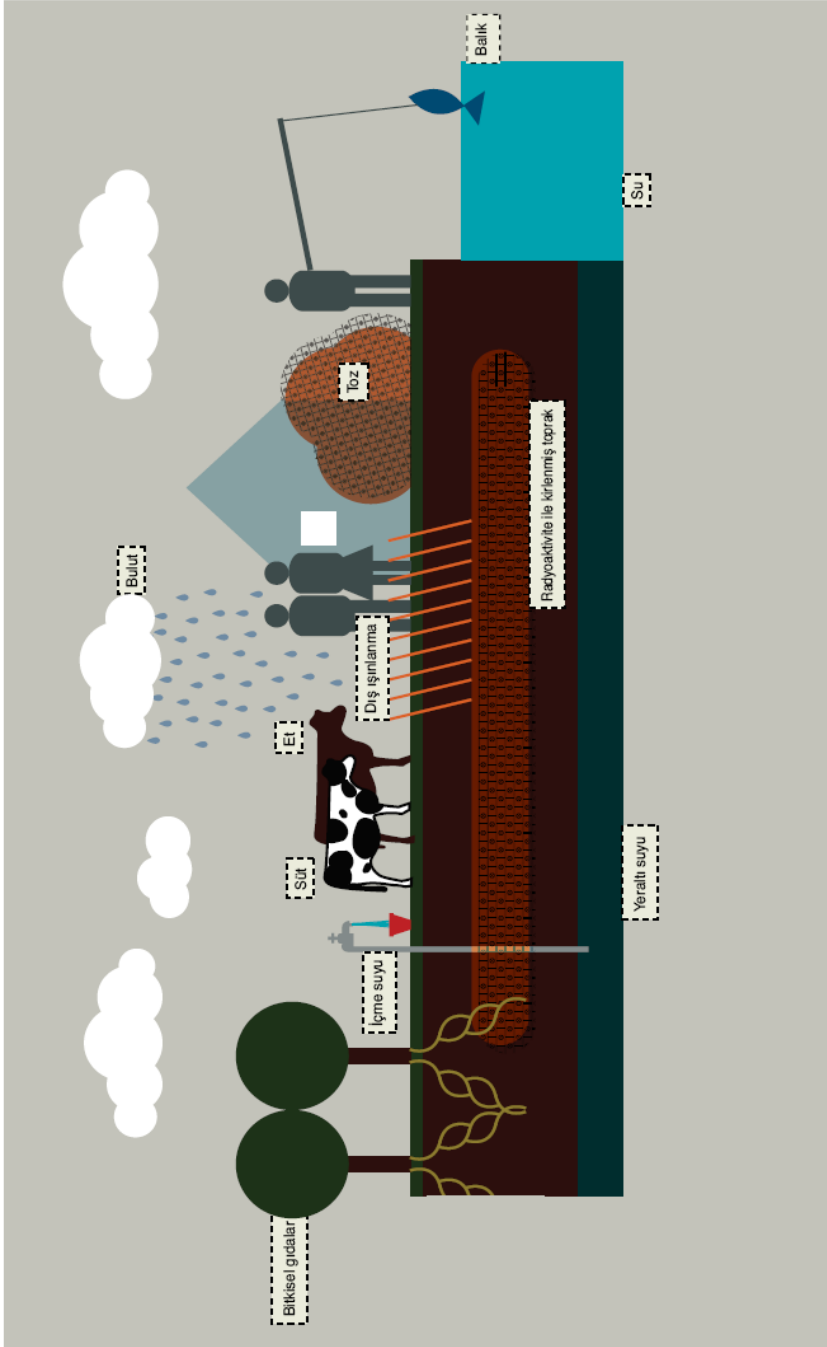
$^{137}\text{Cs}$  su ürünlerinde düşük konsantrasyonlarda tutulduğundan bu tür ürünlerin tüketilmesi sonucu alınacak dozlar da düşüktür (TAEK, 2007).

Cezayir kıyılarında yapılan bir çalışmada deniz suyu ve sediment örneklerinde  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{239+240}\text{Pu}$  radyonüklidleri tayin edilmiştir.  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{239+240}\text{Pu}$  dağılımları farklı derinliklerde (250m ve 1000m) farklı pik değerleri göstermişlerdir. Bu piklerin 1963 nükleer testleri ve Çernobil kazası sonucu oluşabileceği belirtilmiştir. Elde edilen sonuçlar  $^{137}\text{Cs}$ 'nin davranışı ve plutonyum izotoplarının askıdaki parçacıklar tarafından tutulmasıyla açıklanabilir (Noureddine et al., 2007).

$^{137}\text{Cs}$ 'nin deniz suyunda dikey dağılımı üzerine yapılan bir çalışmada, yüzeyden derine inildikçe  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonunun azaldığı görülmüştür. Su kolonundan dip sedimentlerine hareket eden partiküler maddelerle birleşmiş olan  $^{137}\text{Cs}$  miktarının %0.1'den daha az olduğu ileri sürülmüş ve bu nedenle farklı derinliklerdeki  $^{137}\text{Cs}$  seviyelerinin artışının su hareketlerine de bağlı olarak değişebileceği söylenmiştir (Molero et al., 1995).

Deniz suyunda  $^{137}\text{Cs}$  ve  $^{239,240}\text{Pu}$  farklı davranışlara sahiptirler.  $^{137}\text{Cs}$  çoğunlukla çözülmüş fazda bulunur ve bundan dolayı su kütle hareketleri için kısa süreli olarak iyi bir izleyicidir (Livingston and Povinec, 2002). Cezayir'de sediment ve deniz sularında yapılan bir çalışmada yüzeydeki  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonlarının zamanla üstel olarak azaldığı söylenmiştir (Noureddine et al., 2008).

$^{137}\text{Cs}$  ve  $^{210}\text{Pb}$ 'nin sedimentteki birikimi ve bu radyonüklidlerin atmosferik akıları karşılaştırıldığı zaman  $^{137}\text{Cs}$ 'nin yüksek çözünürlüğüne bağlı olarak sedimentteki konsantrasyonunun az olduğu gözlenmiştir.  $^{137}\text{Cs}$ 'nin su kolonlarından sedimente geçişini etkileyen pek çok parametreden başlıcaları, radyonüklidin suda kalış süresi, su derinliği, suda bulunan askıdaki materyallerin çökme hızı ve radyonüklidin çözünürlüğüdür (Uğur, 1998).



Şekil 2.3. Radyoaktivitenin insana geçiş yolları (TAEK, 2007)

## 2.5. Ağır Metaller

Yoğunluğu  $5 \text{ g/cm}^3$  den yüksek ve periyodik tablodaki atom numaraları 92 ile 222 arasında olan metaller, ağır metaller olarak adlandırılmaktadır. Bu gruba kurşun, kadmiyum, krom, demir, kobalt, bakır, nikel, civa ve çinko olmak üzere 60'dan fazla metal dahil olmaktadır. Bu elementler doğaları gereği yer kürede genellikle karbonat, silikat, oksit ve sülfür halinde stabil bileşik olarak olarak bulunurlar. Metallerin ekolojik sistemdeki etkileri yoğunluk değerine göre tanımlanmaya çalışılsa da aslında yoğunluk değerleri onların biyolojik etkilerini tanımlamaktan çok uzaktır.

Ağır metaller eser miktarlarda bile zararlı olabileceklerinden, canlı grupları içindeki birikim durumları sürekli izlenmeli ve bu konuda çeşitli araştırmalar yapılmalıdır. İz elementler veya eser elementler diye de adlandırılan bu metaller; Sb, Ag, As, Be, Cd, Cr, Pb, Mn, Hg, Ni, Se, T, U, V, Zn, Al, Cu olarak belirlenmiştir.

Metaller doğal sulara serbest iyonlar, inorganik ve organik bileşikler ve partiküler maddelere adsorbe edilmiş şekilde bulunurlar. Sedimentte çökmüş veya adsorbe edilmiş durumda olsalar bile, bazı fiziksel ve kimyasal olaylar ile tekrar iyonik forma dönüşüp toksik etki yapabilirler (Batkı, 1995).

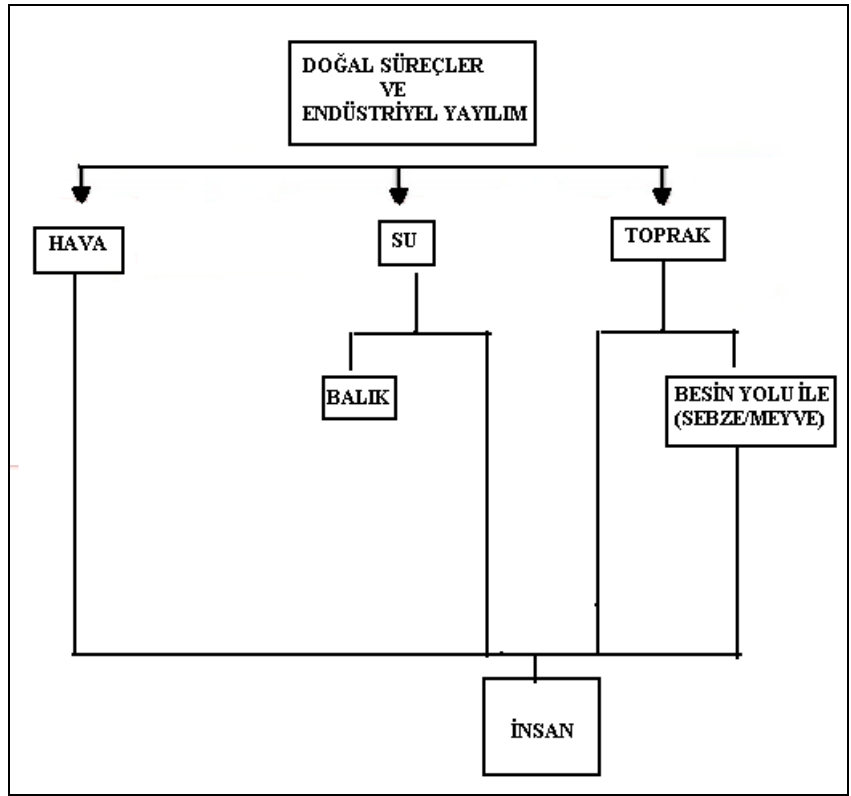
Su kaynaklarına, endüstriyel atıklar, çeşitli şekilde çözünen ağır metallerin ırmak, göl ve yeraltı sularına ulaşmasıyla taşınan ağır metaller

aşırı derecede seyrelirler ve kısmen karbonat, sülfat, sülfür olarak katı bileşik oluşturarak su tabanına çöker ve bu bölgede zenginleşirler. Sediment tabakasının adsorpsiyon kapasitesinin sınırlı olması sebebiyle suların ağır metal konsantrasyonu sürekli olarak yükselir (Kahvecioğlu vd., 1999)

Ağır metaller, akuatik ortamlara doğal kaynaklardan ve insan faaliyetleri sonucunda karışmaktadır. Metaller denizel ortama erozyonla taşınan kaya parçalarıyla, rüzgar yoluyla taşınan tozlarla, volkanik aktivitelerle ve nehirlerle taşınabilmektedir. Hatta, bu nehirlerin endüstriyel ya da kentsel bölgelerden geçmesi sonucu insan atıklarının da karışmasıyla bu birikim çok daha fazla olabilmektedir. Sularda çözünür haldeki metaller çökerek sediment parçaları tarafından adsorbe olurlar. Özellikle nehrin denizle birleştiği geniş kısımlarda ağır metallerin birikimi daha yoğun olduğundan göl ve deniz sedimentlerinde yüksek oranda ağır metal biriktiği söylenebilir (Karadere, 1997).

Ağır metaller, besin zincirinin ilk halkasında yer alan ve direkt olarak besinlerini oluşturan fitoplanktonlar ya da sudaki diğer tüketici organizmalar yolu ile balıklara daha sonra da insanlara ulaşmaktadır. Ağır metallerin balıklardaki konsantrasyonları, balık türünün beslenme alışkanlığı ve vücuda alınan metale bağlı olup, balığın doku ve organları arasında da değişim göstermektedir. Yapılan bazı çalışmalarda besin zincirinde daha üst basamaklardaki et ile beslenen (karnivor) balıklardaki ağır metal konsantrasyonlarının otçul (herbivor) balıklardaki konsantrasyonlara göre daha yüksek olduğu saptanmıştır. Ayrıca

balıklardaki ağır metal birikimleri üzerinde beslenme zamanlarında etkili olduğu buna bağlı olarak da ağır metal konsantrasyonlarında önemli değişimler olduğu belirtilmektedir (Karadere, 1997).



Şekil 2.4. Ağır Metallerin Doğal Döngüsü (Ulutaş, 2007).

## **2.5.1.Önemli Olan Bazı Ağır Metaller ve Kaynakları**

### **2.5.1.1. Bakır**

Periyodik tabloda IB grubunda yer alan, atom numarası 29 olan, uzayabilir ve genleşebilir özellikte, aynı zamanda ısı ve elektrik iletkenliğine sahip bir metaldir. Organizma için temel bir element olan bakırın, günümüzde denizel ortamlardaki konsantrasyonu, şehirleşme ve endüstriyel gelişme, maden işletmelerinin sayısı ve kapasite olarak artması, bu elementi içeren tarımsal gübre ve pestisitlerin aşırı ve yanlış kullanımı sonucu çok yüksek düzeylere ulaşabilmektedir.

Bakır madenleri, bakır ve pirinç kaplama sanayi, kağıt, petrol ve boya endüstrileri atık suları bakır kirliliğine neden olan ana kaynaklardır.

Bitki hastalıkları, zararlı böcekler ve yabancı otlar gibi tarımsal ürünlerin azalmasına neden olabilecek çeşitli etmenlere karşı kullanılan maddelere pestisit denir. Pestisitler anorganik ve organik grup olarak ikiye ayrılır. Anorganik gruba civa, klor, baryum, kükürt, bakır (bakır sülfat), klorat, borat, alüminyum fosfit girer. Organik grup içerisinde ise klor, fosfor, syanür, kükürt, organik kurşun, arsenik bulunmaktadır (Güven ve Öztürk, 2005). Pestisit çeşitlerinden olan fungusidler ve mollusidler genellikle bakır (bakır sülfat) içermektedir. Tarımsal mücadelede fungusid, herbisid ve algisid olarak ülkemizde geniş bir kullanım alanına sahip olan bakır sülfat, ilaç tüketiminin % 11,6'sini oluşturur. İç sularda mavi-yeşil algler gibi istenmeyen

yeşillenmenin aşırı çoğalmasını engellemek amacıyla algisid olarak bakır sülfatın doğrudan verilmektedir.

Balıklarda bakır konsantrasyonlarının dağılımına bakıldığında, özellikle balık solungaçlarında hasara yol açtığı belirtilmiştir. İlk önce solungaç epitelinde şişmeler görülmüş, daha kuvvetli dozlarda ise dokunun büzüştüğü ve çözülerek parçalandığı gözlenmiştir. Yüksek bakır konsantrasyonlarının ayrıca insanlarda merkezi sinir sistemi bozuklukları, hemoglobun miktarında azalmalar ve kemik bozuklukları gibi sağlığa zararlı etkilerinin olduğu belirtilmiştir (Akgün, 2006).

### **2.5.1.2. Çinko (Zn)**

Atom numarası 30 olan kimyasal bir element olan çinko, kadmiyum ve civaya benzer özellikleriyle birlikte periyodik tabloda geçiş elementleri grubunda yer almaktadır. Genleşebilme ve uzayabilme özelliğine sahip ve gri renkli bir metladir (Okumuş, 2007).

Oldukça yaygın olan bir element olan çinko, doğada en çok çinkospat, çinkoblend ve çinkosilikat mineralleri şeklinde bulunur (Ergül, 1999).

Deniz suyunda bir iz element olarak bulunan çinko, biyolojik olaylarda önemli rol oynar. Denizel ortamlardaki yüksek çinko konsantrasyonu, insan aktiviteleri ve şehirleşmeye paralel olup, boya sanayi, madencilik, elektro - kaplama ve sentetik fiber üretiminden

kaynaklanabilmektedir. Bakır gibi canlı organizmaları için gerekli bir element olan çinko, biyolojik sistemlerde yalnız +2 değerlikli olarak bulunmaktadır (Akgün, 2006).

Çinko, insan hücre, doku ve organlarında da bulunmakta ve petrokimya, klor-alkali üretimi, termik santraller, demir çelik sanayi, kuru hücre aküleri, beyaz boya imalatında, gübrelerde, alaşım imalatında ve bazı kozmetik sanayilerde kullanılmaktadır.

Çinko atıkların başlıca kaynağı elektrolitik kaplama banyoları olmakla beraber bu banyoların çoğunluğu çinko siyanür içeren bazik çözeltilerden oluşmaktadır. Bu tür banyolardan kaynaklanan atık suda çinko genellikle çinko siyanür  $Zn(CN)_2$  ve çinko ferro siyanür  $Zn_2[Fe(CN)_6]$  halinde bulunmaktadır ve pH genellikle 9'un üzerindedir.

Yüzey sularındaki çinko konsantrasyonları insan aktiviteleri ve şehirleşmeler ile paralel şekilde artmaktadır. Sularda tuzluluk (% 8-% 32) artması sedimantasyona yol açarak sudaki çinko düzeyinin azalmasına neden olmaktadır. 18-23 °C'de ve pH'ı 7.7-8.2 arasında olan bir deniz suyunda çinkonun % 99'u kil üzerinde 3 günde adsorbe edilmekte, kalan % 1'lik ( $0,02 \text{ mg l}^{-1}$ ) kısım ise çözeltilde kalmaktadır (Gökdemir, 2006).

Çinko tuzlarının çoğu suda çözüldüğünden birçok endüstriyel ve evsel atık sularından akuatik ortamlara ulaşan çinkonun da çözülmüş halde olması beklenebilir, bunun yanında çözünmeyen çinko tuzları çökecek ve doğal sulara taşınacaktır.

Denizel ortamlarda çinko iyonlarının sediment tarafından güçlü şekilde adsorbe edilebilme özelliğinden ötürü çinko miktarı beklenen seviyeden düşük olabilir (Batkı, 1995).

Denizlerdeki çinko miktarı insan aktiviteleri ve şehirleşmeye bağlı olarak artmakta olup, çinkonun deniz ürünlerini yemekten kaynaklanan insan sağlığına herhangi bir etkisi bulunmamaktadır.

### **2.5.1.3. Demir (Fe)**

Atom numarası 26 ve periyodik tabloda VIII. grup elementi olan demir, gümüşümsü beyaz renkli, parlak, değişen sıcaklık koşullarıyla genleşebilen ve uzayabilen bir metaldir. Doğada magnetit ( $Fe_3O_4$ ), pirit ( $FeS_2$ ), hematit ( $Fe_2O_3$ ), limonit ( $Fe(OH)_2$ ), gibi bileşikler halinde bulunur. Kimyasal olarak oldukça aktif bir element olan demirin en önemli bileşikleri Demir (II) ve Demir (III) formlarıdır (Okumuş, 2007).

Son derece yaygın bir element olan demir, tüm metaller içinde en çok kullanılanıdır ve tüm dünyada üretilen metallerin ağırlıkça %95'ini oluşturur. Toprak ve kayalarda bol miktarda bulunan demir, bitkiler, hayvanlar ve insanlar tarafından ihtiyaç duyulan bir elementtir ve alüminyumdan sonra % 4,2 ile yer kabuğunda en sık rastlanan metaldir. Normal olarak çözülemeyen formda olmasına rağmen, doğal olarak gerçekleşen pek çok reaksiyonla, demirin çözülebilir formları oluşabilir ve bunlar girdikleri suyu kirletirler. Düşük fiyatı ve yüksek mukavemet

özellikleri demiri, otomotiv, demir çelik sanayi, gemi gövdesi yapımı ve binaların yapısal bileşeni olarak kullanımında vazgeçilmez kılar.

#### **2.5.1.4. Kadmiyum (Cd)**

Periyodik tabloda IIB grubu elementlerinden ve atom numarası 48 olan kadmiyumun ana kullanım yerleri, elektrolitik kaplama (%45), boya, mürekkep ve plastiklerde kullanılan pigmentlerin bileşimi (%21), plastik stabilizatörler (Cd/Ba stearatlar) (%15), maden alaşımları (% 7,5) nikel kadmiyum alaşımlı piller (%3)'dir. Lastik sertleştirilmesi, fotoğrafçılık (CdBr<sub>2</sub> ve CdI<sub>2</sub> ), özel aynalar, televizyon tüpleri, nükleer santrallerde merkezsel çubuk üretimi ve katı hal sistemlerinde de yaklaşık (% 8,5) oranında kadmiyum kullanım alanı bulur (Gökdemir, 2006; Egemen, 2006).

Kadmiyum, gübre ve pestisitlerde de bulunur ve bu nedenle doğaya başlıca toprak yoluyla girmektedir. Çevreye çeşitli yollarla yayılan kadmiyum sudaki organizmalara, buradan besin zinciri vasıtasıyla balıklara ve insanlara geçmektedir. Kadmiyumun doğada tek başına bulunduğu minerali olmamakla beraber, çinko mineralinde CdCO<sub>3</sub> veya CdS halinde çok az miktarda bulunur. Kadmiyum hemen hemen bütün çinko filizlerinde bulunduğundan dolayı çinko elde edilirken yan ürün olarak kadmiyum da elde edilir. Kadmiyum, çinko ve kurşun üretiminde bir yan ürün olduğundan dolayı çevrede çinko ve kurşun konsantrasyonu varsa, kadmiyumun da bulunması beklenen bir sonuçtur.

Fosil yakıtlar ve atık ürünlerinde yanması kadmiyumun diğer önemli kaynakları arasında bulunmaktadır.

Kadmiyum, atık suların atıldığı nehirler ve kirlenmiş yeraltı sularının karışması ile denizel ortamda kirliliğe neden olmaktadır. Denizel ortamdaki dağılımı oldukça homojen olan kadmiyum, civada olduğu gibi bazı deniz canlılarında birikebilir ve toksik etki meydana getirebilir. Örneğin, yapılan bir çalışmada 320 ppm Cd içeren deniz suyunda karideslerin 96 saatte öldükleri gözlenmiştir.

Kadmiyum diğer pek çok ağır metal gibi denizel ortamda farklı konsantrasyonlar gösterebilir. Bazen suda çözünmüş halde bulunurken bazen de süspansiyon parçacık şeklinde olabilir ve organizmalar tarafından tutulabilir (Egemen, 2006).

### **2.5.1.5. Krom (Cr)**

Periyodik tabloda bir geçiş elementi ve atom numarası 24 olan krom, parlak gri renkli, sert ve yüksek erime derecesine sahip bir elementtir (Okumuş, 2007).

Krom, kayalarda, hayvan, bitki, toprak, volkanik toz ve gazlarda doğal olarak bulunan bir elementtir. Çevrede birkaç formu olabilir ve bunlardan en yaygını;  $Cr^{+3}$ ,  $Cr^{+6}$ 'dır.

Oldukça geniş bir endüstriyel kullanım alanına sahip olan krom, çelik üretiminde, ısı değiştircilerinde korozyon inhibitörü olarak, birçok alaşımının yapısında, soğutma sularında pompaları korumak için, metal kaplamada, tekstil boyalarında, tekstil endüstrisinde sıkça kullanılan bir metaldir. Aynı zamanda tuğla ve deri endüstrisi ile gıda koruyucu madde olarak da kullanılmaktadır (Gökdemir, 2006).

Çevresel konsantrasyonları oldukça yüksek olan krom, mutajenik, teratojenik (kusurlu organ veya doku oluşmasına sebebiyet veren) ve karsinojenik (kansere sebep olan) etkiye sahiptir. Genellikle, krom besin zincirinde biyokonsantrasyona uğramayan kromun yarı ömrünün yapılan çalışmalarda 6 ile 84 gün arasında olduğu bulunmuştur (Ulutaş, 2007).

#### **2.5.1.6. Kurşun (Pb)**

Periyodik tabloda IVA grubu elementlerinden ve atom numarası 82 olan kurşun, çevre kirliliği açısından sorun oluşturan ağır metallere biridir. Doğal kaynaklardan gelen kurşunun çevreye olan katkısı çok fazla yoktur. Bugün Grönland buzullarındaki Pb miktarının, doğal düzeyin 400 katı olduğu söylenmektedir (Gökdemir, 2006).

Kurşun, genellikle metal ve metal kaplama sanayi ile madencilik faaliyetleri atık sularında bulunur. Metal sanayi atık sularında kurşun konsantrasyonu az olmakla birlikte, toksik özellikte olmaları nedeniyle alıcı ortama verilmeden önce arıtılmaları gerekmektedir. Otomobil aküleri, tıbbi araç ve gereçler, kurşunlu boyalar, seramik endüstrisi,

kaplama, bilimsel ve optik aletler, cephaneler, katı atık yapımı ve kurşunlu benzin kullanımı diğer kurşun kaynakları olarak sayılabilir. Kurşun, genellikle endüstriyel ve madencilik faaliyetleriyle ortama atılmakta olup, kireç taşı ve kurşun yataklarından da yağmurlarla doğal sulara karışabilir. Kurşun alkali bileşikleri oldukça toksik olmalarının yanında biyolojik birikime uğrama eğiliminde olup balıkların besin zincirine katılarak vücutta birikebilirler (Radjaei, 2006).

Kurşun, suda +2 oksidasyon durumunda çözünürken kurşun sülfat suda çözünmez. Kurşunun suda çözünen bileşiklerinin deniz canlıları için çok zehirli olduğu kabul edilmektedir. Denizel ortamda özellikle balıklar kurşunun hareketinde önemli rol oynarlar. Denizel organizmalarda kurşunun bir kısmı tutulurken bir kısmı dışarıya atılır fakat balıklarda dokular tarafından akümüle olur ve besin zincirinde avdan avcıya geçer. Suda çözünmeyen kurşun sülfürün de balıklar için iki aylık bir süre içinde öldürücü olduğu bulunmuştur. Kurşun için balıklarda kabul edilebilir maksimum miktar  $0,2 \text{ mg kg}^{-1}$  olarak belirtilmiştir (Radjaei, 2006, Egemen, 2006).

Kurşun, deniz suyundaki tuzluluk miktarının artmasıyla sedimentten desorbe de olabilir. Ayrıca organik maddelerle kararlı Pb kompleksleri oluşabilir ve kurşun aktarımında etkili olabilir. Ortamın artan pH'ı genellikle kompleksleşmiş kurşun miktarını arttırır.

### **2.5.1.7. Mangan (Mn)**

Mangan, periyodik tabloda VIIB grubu elementlerinden ve atom numarası 25 olan gümüş parlaklığında, çok kuvvetli bir oksidandır. Doğada piroluzit, manganit gibi oksit mineralleri şeklinde ve mangansilikat, mangansülfür, manganspat şeklinde bulunur. Yer kabuğunda karbona yakın seviyelerde bulunan mangan, yaygın bir dağılım göstermez (Ergül, 1999).

Yaşam için gerekli bir element olan mangan, tahıl, çay gibi birçok gıdada bulunan bir iz elementtir. Permanganat bileşiği ( $MnO_4$ ) çok kuvvetli bir yükseltgen olduğundan dolayı birçok titrimetrik yöntemde ve element analizinde, tıpta, kuru pillerde, çelik üretiminde kullanılır. Demir-çelik fabrikaları, güç santralleri, yakma fırınları ve maden yataklarının tozlarından havaya karışabildiği gibi suya ve toprağa da doğal kaynaklardan, atıkların deşarjıyla ve atmosferik taşınım ile karışmaktadır. Nehir, göl ve yeraltı sularında doğal olarak bulunan mangan, sudaki bitkiler tarafından da bir miktar alınarak birikebilir.

### **2.5.1.8. Nikel (Ni)**

Periyodik tabloda VIIIB grubu elementlerinden ve atom numarası 28 olan nikel, esas olarak çevrede oksijen ve sülfürle bileşik oluşturan bir element olup, volkanlardan kaynaklanır ve bütün topraklarda bolca bulunur. Saf nikel, sert, gümüş renkli bir element olup, alaşımları oluşturmak için diğer metallerle birleşir. Nikel, genellikle toprak ve

sedimentteki demir ve mangan içeren parçacıklara bağlı olarak bulunur. Çevrede çok düşük seviyede bulunan nikel, endüstride çok farklı uygulamalar için kullanılır. Paramanyetik özelliğinden dolayı dış etkilere dayanıklıdır. Nikelin, en yaygın uygulaması, paslanmaz çelik ve diğer metal malzemelerin içeriği olarak kullanılmasıdır. Bu nedenle eşyaların üzerlerinin elektrolitik kaplanmasında, pil ve akü yapımında, madeni para yapımında, demir çelik sanayi, gübre sanayi ve termik santrallerde kullanılmaktadır (Ergül, 1999).

## **2.6. Deniz Kirliliği**

Deniz kirliliği; deniz ekosistemine zarar veren, insan sağlığını bozan, balıkçılık da dahil olmak üzere, denizlerdeki faaliyetleri engelleyen, denizin kullanım kalitesini etkileyen ve değerini azaltan maddelerin insanlar tarafından deniz ortamına doğrudan ya da dolaylı olarak bırakılması olarak tanımlanabilir. Denizlerde canlı yaşamının sayıca ve türce giderek azalması, kentsel, endüstriyel ve tarımsal atıklardan kaynaklanan deniz kirliliğinin artması, kıyısız yapılaşmanın büyümesi ve aşırı avlanmanın önemli bir sonucudur. Çeşitli yollardan meydana gelen deniz kirliliği, doğal kaynakların sürdürülebilirliği ve insanların geleceği bakımından büyük önem taşımaktadır.

Üç tarafı denizlerle çevrili ülkemizde, deniz kirliliği ve kıyıları ile ilgili sorunlar tüm dünyada olduğu gibi ayrı bir önem taşımaktadır. Yoğun sanayi ve endüstrileşme, deniz taşımacılığı, şehirleşme, turizm ve atıkların boşaltılmasının yanında meydana gelen deniz kazaları ile de

her geçen gün daha hızlı kirlenmeye başlamıştır (evre ve Orman Bakanlığı).

### **2.6.1. Deniz kirliliğinin kaynakları**

Denizlerde meydana gelen kirleticiler kaynakları şu şekilde sıralamak mümkündür:

- Sanayi atıkları
- Akaryakıt atıkları (deniz araçlarının bıraktığı petrol ve yağlar)
- şehir çöplerinin ve fabrika katı atıklarının boşaltılması
- Doğal ve yapay radyonüklidler
- Ağır Metaller
- Irmakların ve akarsuların taşıdığı atıklar
- Kullanılmış atık sular ve kanalizasyon suları
- Tarım alanlarında kullanılan pestisit ve gübrelerin yağmur ve kar sularıyla sürüklenerek denizlere ulaşması
- Gemilerin limanlarda doldurma-boşaltma işlemleri ve temizlikleri sırasında meydana getirdiği kirlilik
- Deniz dibi kaynaklarından çıkarılan ve rafine edilen petrolün oluşturduğu kirlilik
- Deniz dibi araştırmaları sonucu oluşan kirlilik
- Su rnlerinin elde edilmesinde oluşan kirlilik (Kamalı, 1999).

Denizel ortama giren kirleticiler maddelerin çoğu karasal kaynaklıdır. Bu tür kirleticiler karadan denizlere  yolla taşınır:

- Akarsular yolu ile
- Yağmur yolu ile
- Kıyı bölgelerindeki atıklar ile (Kamalı, 1999)

Denizel ortamlarda su kalitesini etkileyen etmenler arasında aşağıdakiler sıralanabilir;

Sudaki serbest oksijen miktarı, suda yaşayan canlıların sayısını etkileyen unsurlardan biridir. Denizlerdeki oksijenin büyük çoğunluğu direkt olarak atmosferden gelir fakat atmosferdeki oksijen miktarının sudan daha fazla olması nedeni ile zamanla atmosferdeki oksijen deniz suyu içinde çözülür ve akıntılar sayesinde denizin farklı derinliklerine dağılır ve ayrışmadan ötürü su kullanılamayacak hale gelebilir. Atmosfer ile denizel ortam arasındaki oksijen değişimi ise deniz yüzeyinde gerçekleşir. Suyun sıcaklığındaki bir artış, sudaki balıklar, bitkiler ve bakteriler için gereken serbest oksijen miktarının azalmasına da neden olabilir.

Deniz suyu sıcaklığı da ekolojik denge açısından çok önemli bir unsurdur. Deniz suyu, gerekli ısıyı hem güneş ışığından hem de atmosferden alır. Deniz yüzeyinin temiz olmasına bağlı olarak atmosferle temas eden yüzeydeki su atmosferin ısınıp emir. Denizlerdeki kirlenme en yoğun deniz yüzeyinde görülür ve bu sebeple bu bölgelerde görülen aşırı kirlenme denizlerin soğuma kapasitesini zayıflatır, hava ve güneş ile temas etmeyen denizel ortamlarda ekolojik

denge bozulur. Bunların sonucu; deniz canlı türleri azalmakta, yaşam kaynakları zarar görmekte, balıkçılık gibi deniz faaliyetleri etkilenmekte ve kullanılan deniz suyunun kalitesi bozulmaktadır.

Güneş ışığı, fotosentez için gerekli en önemli öğelerden bir tanesidir ve sudaki besin zincirinin en alt tabakası olan zooplanktonlar ve fitoplanktonlar fotosentez ile beslenir. Deniz yüzeyi ne kadar berrak ve temiz olursa güneş ışığı da o kadar derin bölgeye ulaşabilir.

Denizel ortamların dengesini bozan bir diğer unsur ise suyun pH düzeyidir. Yoğun sanayi etkinliklerinden kaynaklanan asit yağmurları sebebiyle su kaynaklarının asitlik düzeyi artabilir ve bu artış balık ölümlerine ve balıkların yediği yumuşakça ve eklembacaklıların sayısının azalmasına yol açabilir ([http://www.yesilkutu.net/dyn\\_files/news/25.pdf](http://www.yesilkutu.net/dyn_files/news/25.pdf)).

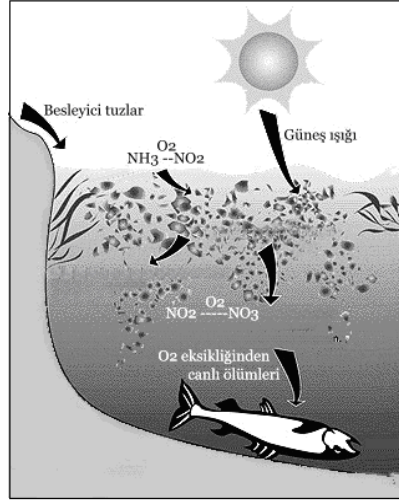
Sudaki fosfor ve azot içeriği, suni gübreler ve kanalizasyonlardan gelen deterjan benzeri maddelerin etkisiyle artabilir. Sudaki bu zararlı çözeltiler, deniz, göl ya da akarsuları organik ve inorganik besin maddesi yönünden zenginleştirmektedir. Bu duruma suların biyoelementler tarafından zenginleşmesi yani “ötrifikasyon” denilmektedir. Bu olay sonucunda sulardaki yeşil bitkiler büyük bir biyolojik kütle geliştirmekte ve yaşadıkları sürece bol miktarda oksijene gereksinim duymaktadırlar. Böylece sudaki diğer canlılar için oksijen azalmakta ve buna bağlı olarak da canlıların ölümleri gerçekleşmektedir (Taygun ve Balanlı, 2005).

Ötrifikasyonun nedenleri arasında şunlar sayılabilir;

- Toprak ve kayaların alterasyonundan oluşan besinlerin doğal yüzey akışı
- Nitrat ve fosfat içeren anorganik gübrelerin yüzey akışı
- Hayvan çifliklerinden hayvan dışkılarının yüzey akışı (Nitrat, fosfat, ve Amonyak içermekte)
- Erozyondan kaynaklanan yüzey akışı
- Deterjanların( fosfat içermekte) çevreye bırakılması
- Kısmen arıtılmış veya arıtılmamış evsel atık suların çevreye bırakılması (nitrat ve fosfat içermekte)

Ötrifikasyonun etkileri;

- Bitki ve hayvan biyokütlesinde artış
- Köklü bitkilerin büyümesinde artış
- Suyun bulanıklığında artış
- Sedimentasyon oranında artış
- Anoksik durumların gelişimi (düşük oksijen seviyeleri)
- Canlı türlerinde azalma
- Alg oluşum sıklığında artış



Şekil 2.5. Ötrifikasyonun Şeması ([www.artuz.com](http://www.artuz.com))

## 2.7. Denizel Ortamın Ekolojik Bölümleri

Denizel ortamlar ekolojik olarak Bentik Bölge ve Pelajik Bölge olmak üzere iki büyük bölümde incelenir. Bunlardan bentik bölge sahilden itibaren en derin yere kadar olan tüm diplerden; pelajik bölge ise bentiği de örten tüm su külesinden oluşmuştur.

### 2.7.1. Pelajik Bölge

Su külesinden oluşmuş bu bölge, yüzeyden dibe doğru sırayla Epipelajik Zon (0 ile 100-200 m. arasında), Mezopelajik Zon (200-1000 m arasında), Batipelajik Zon (1000-4000 m arasında), Abissopelajik Zon (4000-7000 m. arasında) ve Hadopelajik Zon (6000-7000 m'den sonraki

bölgede) olmak üzere beş zonda incelenmektedir (Geldiay ve Kocataş, 2001).

### **2.7.2. Bentik Bölge**

Sahilden başlayarak okyanus ve denizlerin en derin bölgesine kadar olan tüm dip bölgesini içine alan kısım “Bentik Bölge” olarak tanımlanır. Bu bölgenin ekolojik bölümlerinin ayrımı pelajik bölgeye göre daha kolaydır ve ekolojik koşullarına göre kendi içinde Kıyısız (Littoral) Sistem ve Derin Deniz Sistemi olarak iki büyük alt bölgeye ayrılır (Geldiay ve Kocataş, 2001).

### **2.8. Denizel Canlıların Ekolojik Sınıflandırılması**

Denizel ortamlardaki bitkisel ve hayvansal organizmalar sistematik yönden olduğu gibi, ekolojik özellikleri yönünden de çeşitli kategorilere ayrılabilirler ve deniz ekolojisinde bu özelliklerine göre incelenirler.

Okyanus ve denizler yaşam yönünden aynı ortamlar gibi düşünülse de, gerek bentik gerekse pelajik bölgelerin ışık, sıcaklık ve basınç gibi çeşitli ortam faktörlerinin etkisinde oldukları ve bu nedenle her organizmanın yaşayabileceği değişik ekolojik kısımların bulunduğu görülür. Bazı canlı formlar en azından ergin evrelerinden itibaren yaşamları süresince bentik bölgede buldukları halde, diğer bazıları tüm yaşamlarını pelajik bölgede sürdürürler. Fakat bentik ve pelajik organizmaların özellikle gençlik evrelerinde bölgesel geçişler

mevcuttur. Genel olarak denizel canlılar “Bentos” ve “Pelagos” olmak üzere iki büyük grupta incelenir (Geldiay ve Kocataş, 2001).

### **2.8.1. Bentos**

Bentik bölgede yaşayan fauna (belirli bir bölgede yaşayan hayvanların tümü) ve floranın (bir bölgede yetişen bitkilerin tümü) oluşturduğu topluluğa “Benthos” adı verilir. Boy ve biyolojik yönden çok çeşitli özelliklere sahip olan bu organizmalar bu özelliklere göre bazı gruplara ayrılırlar. Örneğin, boyları yönünden Mikrobenthos, Meiobenthos ve Makrobenthos olmak üzere üç büyük gruba ayrılırken, biyolojik yönden ise Fitobenthos (algler ve deniz fanerogamları) ve Zoobenthos (zeminde yaşayan tüm fauna) olmak üzere iki bölümde incelenebilir (Geldiay ve Kocataş, 2001).

### **2.8.2. Pelagos**

Pelajik bölgede, doğrudan zeminle ilişkisi olmaksızın yaşamlarını sürdüren organizmaların oluşturduğu topluluğa “Pelagos” adı verilir. Bu organizmalar hareket yeteneklerine ve ekolojik özelliklerine göre Plankton, Nekton ve Neston olmak üzere üç bölümde incelenirler.

Planktonlar pasif olarak yer değiştiren organizmalar, Nektonlar aktif olarak yer değiştiren organizmalar Nöstonlar ise su yüzeyinde veya yüzeye yakın yerde yaşayan organizmalardır (Geldiay ve Kocataş, 2001).

### **2.8.2.1. Plankton**

Hensen tarafından ilk kez 1887 yılında denizlerde pasif olarak yüzen tüm cisimleri açıklamak amacıyla kullanılan plankton terimi bugün “Hareket organelleri olsa bile bu organelleri yer değiştirmelerinde etkin olmayan ve dolayısıyla denizlerdeki su hareketlerinin etkisinde pasif olarak yer değiştirebilen bitkisel ve hayvansal organizmaların oluşturduğu topluluk” şeklinde tanımlanmaktadır. Sudaki hareketleri düşey düzlemde olan ve küçük oluşları nedeniyle hızları az olan planktonların yatay düzlemde yer değiştirmeleri çok sınırlıdır. Planktonlar biyolojik olarak, Fitoplankton (bitkisel) ve Zooplankton (hayvansal) olmak üzere iki gruba ayrılmaktadırlar. Zooplankton türü de kendi arasında Holoplankton (devamlı) ve Meroplankton (geçici) olarak iki alt bölüme ayrılır. Bütün yaşamları pelajik bölgede geçen ve hiçbir zaman dipte ilişkisi olmayan planktonlar Holoplanktonik formları oluşturur. Bazı bentik ve nektonik organizmalar ise yaşam devrelerinin ilk bölümünü pelajikte, ergin bölümünü de zeminde ya da nektonik olarak geçirir. Yaşamlarının bir ya da birkaç evresini pelajik bölgede geçiren bu organizmaların oluşturduğu planktona Meroplankton adı verilmektedir.

Planktonlar, denizlerdeki topografik dağılımlarına göre de Neritik Plankton ve Oseanik Plankton olarak iki gruba ayrılmaktadır. Derinliğin az olduğu ve sahile yakın yerlerde bulunan Neritik planktonlar, meroplanktonik formlar olup mevsimsel olarak değişen üremeler nedeniyle kalitatif ve kantitatif yönden çok değişken özellikler

göstermektedir. Neritik zondaki su hareketlerinin fazlalığı nedeniyle bu bölgelerde lokal olarak holoplankton türlerine de lokal olarak rastlabilmektedir. Topografik dağılıma göre ikinci grubu oluşturan osenik planktonlar ise hiçbir zaman zemine yakın bulunmamaktadır. Sahilden çok uzakta yaşayan bu türün esasını ise holoplankton türleri oluşturmaktadır.

Boylarına göre planktonik organizmalar ise küçükten büyüğe doğru, Ultraplankton, Nanoplankton, Mikroplankton, Mesoplankton, Makroplankton ve Megaplankton olmak üzere altı grupta incelenebilir (Geldiay ve Kocataş, 2001).

Planktonlar akuatik ortamlardaki radyonüklidlerin hareketi ve taşınımında son derece önemli organizmalardır. Çeşitli radyonüklidleri bünyelerinde tutabilme kabiliyetleri olduğu için biyomonitör olarak kullanılan planktonlar denizlerdeki gıda zincirinin ilk halkasını oluştururlar. Bu halka sırasıyla fitoplankton, zooplankton, küçük ve büyük balıklardan oluşmaktadır. Besin zincirinin ilk halkasında yer alan planktonik organizmalardaki birikim insanı da etkilemektedir (Mat Çatal, 2006).

Planktonlar deniz suyunda bulunan radyonüklidler içerisinde tercihen  $^{210}\text{Po}$ 'u absorbe ederler.  $^{210}\text{Po}$  planktonların ölü artıklarında (detrital) tıpkı (fecal pellets) dışkı taneciklerinde olduğu gibi çok miktarda bulunurlar. Bu sebeple  $^{210}\text{Po}$ 'un akuatik ortamdaki hareketi ve davranışı, zooplanktonun metabolik aktivitesi ve yüzey sularındaki yoğunluğu ile yakından ilgilidir (Mat Çatal, 2006).

### **2.8.2.2. Nekton**

Pelajik bölgede özel organları ile hareket edebilen ve aktif olarak yer değiştiren canlıların oluşturduğu topluluğa “Nekton” adı verilir. Planktonun tersine nektonik organizmalar su hareketlerinin etkisi olmaksızın su içinde hareket organelleri ile rahatlıkla istedikleri yönde uzun süre yüzebilirler. Bunun yanında nektonik organizmalar iri yapıları sayesinde planktonlardan kolayca ayrılabilirler.

Nektonu oluşturan organizmalar gerçek Nektonik Formlar ve Nektobentonik Formlar olmak üzere iki alt gruba ayrılırlar. Gerçek nektonu oluşturan organizmalar daima suda yüzerler ve zeminle hiçbir zaman ilişkide olmazlar. Nektobentonik formlar ise zemine yakın yerlerde yüzerler, fakat hiçbir zaman zemine gerçekten bağlanmayan, sadece zaman zaman zeminle ilişkide olabilen formlardan oluşmuşlardır. Bunların organizmaların çoğu gündüz nektobentonik, gece ise nektonik olarak yaşamaya adapte olmuşlardır. Nektobentonik balıklar çoğu zaman Demersal Formlar olarak adlandırılırlar. Önemli nektonik formlar balıklar, kabuklular, kafadan bacaklılar, sürüngenler v.b. sayılabilir (Geldiay ve Kocataş, 2001).

### **2.8.2.3. Nöston**

Pelajik bölgede, durgun suların yüzey zarının üstünde ya da hemen altında yaşayan ve biyolojileri hava-su interfazına bağlı olan genellikle çok küçük canlı organizmaların oluşturduğu topluluğa

“Nöston” adı verilir. Nöstonu oluşturan organizmalar denizlerde az sayıdaki türleriyle temsil edilmelerine karşın tatlı sulardaki temsilcileri daha fazladır (Geldiay ve Kocataş, 2001).

## **2.9. Sedimentler**

Bir su kütesinin bünyesinde taşınmış olan katı maddelerin çökmesi ile oluşan katı-çamur tabakasına sediment denilmektedir. Sedimentler denizlerde olduğu gibi göller, nehirler, çukur alanlar ve buna benzer daha birçok karasal bölgede de oluşabilmektedir (Küçükgil, 1988).

Yapıları ve bileşimleri büyük farklılıklar gösteren deniz sedimentleri genel olarak, karalardaki kaya parçalarının aşınması ile ortaya çıkan çöküntüler, deniz kabukluları, çeşitli organizmaların ortaya çıkardığı organik materyaller, deniz suyundan çökelen tuzlar veya volkanik ürünlerden meydana gelebilir (İçhedef, 2006).

Deniz tabanını kaplayan sediment tabakasının kalınlığı ve yapısı, denizlerde olan fiziksel, kimyasal, jeolojik ve biyolojik olaylara bağlıdır ve bu olaylar denizlerin dip yapılarının farklı olmasının temel nedenidir.

### **2.9.1. Sediment Kaynakları**

Denizel ortamlarda sediment tabakaları incelendiğinde bunların çeşitli kaynaklardan geldiği görülür. Deniz sedimentlerinin oluşumunda

genel olarak, karalardan akarsu ya da rüzgar yolu ile taşınan materyal, biyojenik ya da insan kaynaklı (antropojenik) organik maddeler, sulardan çökelen tuz, volkanlardan kaynaklanan kül ve buzulların erimesiyle ortaya çıkan partiküller etkili olmaktadır. Sedimentlerin büyük kısmı karalardaki kayaların parçalanması sonucu kopan partiküllerin, deniz ve göl gibi büyük su kütlelerine taşınmasıyla oluşur. Buz kütlelerinin erimesi, sularda meydana gelen hareketler ve sıcak-soğuk değişiklikleri, don olayları, sıkışmalar, termal genişlemeler, organik aktiviteler ve benzeri olaylar sediment oluşumunu sağlayan diğer önemli unsurlardır. Sediment birikiminde sıcaklıkta oldukça önemlidir. Örneğin, düşük rakımlı yerlerde, yüksek ısı varlığında feldispatlar kile dönüşürler. Aşırı yağmur yağışı ve benzer diğer meteorolojik etkenlerle küçük parçalara ayrılan kayalar, daha çözünebilir minerallere ayrışarak denizel ortamlara taşınır. Denizlerdeki dalga hareketleri ve gelgit olayları da, karalar üzerinde, ufalanan veya kopan kaya parçalarının kıta sahanlığında, kıta eğiminde veya deniz dibi düzlüklerinde birikmesinde etkili olmaktadır. Bir kısım sediment değişik etkenlerle karalara geri taşınabilir veya yer altı kaynaklarına katılabilir (Ergül, 2004).

### **2.9.1.1. Akarsu Girdisi**

Sedimentin asıl kaynağı, akarsuların oluşturduğu çözünmüş yüktür. Nehir ağızlarındaki alüvyal yelpaze deltaları, yağmur yağışı ve karların erimesi sonucu toprağın yıkanması, kayaların parçalanması, erozyon ve heyelan olayları sonucu büyük kara parçalarının taşınması gibi olaylar neticesinde meydana gelmektedir. Deniz ve göl gibi su kütlelerine taşınan

sediment, kıtasal eğimde kanyonlar oluşturabilir. Yağışlarla yıkanan topraklardaki organik ve inorganik maddeler de çözülmüş olarak ya da bütün halde taşınarak sediment yapısına katılmaktadır. Ayrıca endüstrinin yoğun olduğu bölgelerde akarsular yardımıyla taşınan fabrika atıkları da deniz sedimentinin yapısına katılmaktadır (Ergül, 2004).

### **2.9.1.2. Rüzgar Girdisi**

Rüzgarlarla sadece çok küçük materyaller taşınmaktadır ve bu taşınım “Sahra Tozları”nın taşınımında olduğu gibi çok uzak mesafelere olabilir. Sadece çok küçük materyalleri taşıma kapasitesine sahip rüzgarlar, organik ve inorganik partikülleri çok uzak mesafelere taşıyabilmektedir. Rüzgarlar bazı zehirleyici gazları, volkanik partikülleri ve radyonüklidleri de taşımaktadırlar. Bünyesinde radyonüklidleri yoğun olarak barındıran nükleer serpinti bulutları da rüzgarlar tarafından sürüklenebilmekte, kaynaklandıkları noktalardan çok uzaklara taşınabilmekte ve deniz sedimentinde birikebilmektedir (Ergül, 2004).

### **2.9.1.3. Biyojenik Girdi**

Yoğun miktarda kalsiyum karbonat, kalsiyum fosfat ve opal içeren organizma kalıntıları biyojenik girdiyi oluşturmaktadır. Denizlerin pelajik ve bentik bölgelerinde yaşayan protisler, bitkiler, omurgalı ve omurgasız hayvanlar canlı kaynaklı girdilerin çoğunu oluşturmakla birlikte; tatlı su

canlıları, litoral bölge canlıları ve uçan canlılar da sedimente biyojenik girdi sağlayan ek unsurlardır (Ergül, 2004).

#### **2.9.1.4. İnsan Kaynaklı Girdi**

Sedimentin yapısına katılan unsurlar içerisinde ön sıralarda yer almayan ancak, çevreye en fazla zarar verdiği düşünülen girdi insan kaynaklı atıklardır. Bu atıklardan en önemlileri, tonlarca ağır metal içeren ve büyük nehirler vasıtasıyla denizlere taşınan fabrika atıkları ve kıyı kesimlerine yakın yerleşim birimlerinden kaynaklanan kanalizasyon, çöp gibi evsel atıklarıdır. Yerleşim alanlarının bulunduğu bölgelerde gözlenen ötrifikasyon ise bu atıkların ekolojik dengeyi nasıl olumsuz etkilediğinin en önemli göstergesidir (Ergül, 2004).

#### **2.9.1.5. Buzul Girdisi**

Kutuplara yakın bölgelerde eriyen buzul kütleleri de sedimenti oluşturan unsurlardan biridir. Oluştukları yerden çok uzaklara taşınabilen bu buzullar, küçük ya da kaba parçalar halinde olabilir. Bu parçalardan sıcak-soğuk sular arasındaki sınırların ve buz hareketinin belirlenmesinde yararlanılmaktadır (Ergül, 2004).

### **2.9.1.6. Volkanik Girdi**

Sediment materyaline en büyük katkıyı sağlayan kaynaklardan biri de volkanlardır. Okyanuslardaki aktif volkanlardan gelen kül yığınları ve süngerimsi partiküller, rüzgar ve akıntılar etkisiyle taşınarak sedimentin yapısına katılmaktadır. Bu katkılar çok uzak mesafelerdeki sedimentlerde de gözlenebilmektedir. Bu katkılara ek olarak, gazlar ve hidrotermal çözeltiler de volkanik aktiviteler aracılığıyla okyanuslara eklenmektedir (Ergül, 2004).

### **2.9.2. Sediment Çeşitleri**

Okyanus ve deniz diplerinde bulunan sediment tipleri coğrafik konuma ve bölgesel koşullara bağlı olarak farklılık göstermektedir. Bunun nedeni ise sedimentlerin düşey ve yatay doğrultudaki dağılımının farklı etkenlerin kontrolünde gelişmesi ve sediment birikiminin gerek yapısı gerekse kalınlığının bölgelere ve derinliğe bağlı olarak değişmesidir (Geldiay ve Kocataş, 2002).

Denizlerdeki sediment tabakaları, içerdikleri materyallerin geldiği kaynağa göre, litojenik, hidrojenik, biyojenik ve kozmojenik kökenli sedimentler olarak dört gruba ayrılır. Okyanus kıyılarında bunlara ek olarak tuz birikimleri de bulunmaktadır. Okyanusların %75'ine yakın bir kısmını oluşturan litojenik ve biyojenik kökenli sedimentler, diğer sediment türlerine oranla baskındır. Okyanuslarda ve denizlerde derinlere

inildikçe ise biyolojik kökenli sedimentler daha baskın bir rol oynamaktadır (Uğur, 1998; Gönülalan, 2006; İçhedef, 2006).

### **2.9.2.1. Litojenik (Karasal) Kökenli Sedimentler**

Kayaların parçalanması ile oluşan kalıntılar ve volkanik aktiviteler sonucu oluşan kül, süngerimsi taş gibi unsunlar tarafından meydana getirilen litojenik kökenli sedimentler; biotit, olivin gibi demirli magnezyum oksit içeren yaygın kaya minerallerini içermektedir. Ancak, bu sedimentler feldispat ve kuartz içermez. Bu sedimentler nehirler, buzullar ve rüzgar aracılığıyla denize taşındıktan sonra, dalgalar ve akıntılar yardımıyla dağılırlar. Adlandırılmaları ve sınıflandırılmaları Amerika Birleşik Devletleri'nde kullanılan ve tanecik boyutunu esas alan Wentworth Skalası'na göre yapılmaktadır (Ergül, 2004).

Sedimentteki litojenik bileşenler bataklıklarda olduğu gibi organik bakımdan zengin, killi, kök parçalı olabileceği gibi; delta başlangıçlarında olduğu gibi ince parçalı, kumlu, alüvyonlu, küçük kabuklu ya da plajlarda olduğu gibi tabakalı kum şeklinde olabilir (Ergül, 2004).

Deniz sedimentlerinin büyük çoğunluğunu (~ %70) ince taneli litojenik kökenli sedimentlerin oluşturması durumu büyük oranda kıta sınırları ile ilişkilidir. Terrijenik parçalardan oluşan litojenik kökenli sedimentler, genellikle gri-mavi ya da gri-yeşilden açık zeytin yeşiline değişen renklerde dir. Renklerdeki bu farklılıkların nedeni, sedimentteki organik maddeler ve indirgenmiş demir bileşikleridir. Organik

bileşiklerde görülen bozunma ya da ayrışma olayı, sedimentlerdeki oksijeni tüketip demiri indirgenmiş düzeyde ( $Fe^{+2}$ ) tutmaktadır. Organik maddeler tamamen ayrıştığına ise sediment siyah bir renk alır, ancak sediment hava ile etkileştiğinde bu renk kaybolmaktadır. Su kolonlarında oksijenle temas eden sediment renkleri, yeşilimsi açık kahverengiden, hafif kırmızımsı kahverengiyeye değişkenlik gösterir (İçhedef, 2006).

Sedimentler, akıntılar ve dalgaların etkisi ile taşınır ve denizde yerleşirler. Yuvarlanarak ilerleyen büyük taneciklerin daha güçlü itilmeleri gerekir. Akıntının anî hızlandığı zamanlarda uygun boyutlu tanecikler hareket etmeye ve taşınmaya başlar; akıntı aniden kesildiğinde ise önce büyük boyutlu taneler daha sonra da ince tanecikler yerleşirler. Böylece büyük boyutlu parçacıklar akarsu ağızları ve plajlar gibi ortamlara yerleşirken, küçük boyutlu parçacıklar ise kıta sahanlığı ve kıta eğimine doğru taşınmaktadır (Ergül, 2004).

### **2.9.2.2. Biyojenik (Organik) Kökenli Sedimentler**

Biyojenik kökenli sedimentler, organizma kalıntılarındaki  $CaCO_3$ ,  $Ca_3(PO_4)_2$ , opal gibi bileşiklerden oluşmaktadır. Pelajik canlıların artıkları, iskelet, kabuk gibi kalıntıları ortamda çökdikten sonra deniz zeminine ulaşır ve buralarda bentik organizmaların atık ve kalıntıları ile karışır. Biyojenik partiküllerin yönlendirilmesinde ya da yerlerinin değişmesinde dalgalar ve su içi akıntılar önemli bir rol oynar.

Biyojenik sedimentin adlandırılması organizma ve kimyasal kompozisyon temelinde yapılmaktadır. Biyojenik sedimente kaynak oluşturan temel unsurlar mikroskobik bitkiler, diyatomlar, radiolaryalar, foraminiferler, diğer pteropodlar, mikroskobik kokolitoforlar, omurgalı ve omurgasız hayvanlardır (Ergül, 2004).

Sahillerin düzlük kesimlerindeki sedimentlerin çok büyük bölümünü bentik organizmalar oluşturmaktadır. Bentik organizmaları oluşturan canlılar, sabit olarak yaşayan bütün süngerler, mercanlar, yosunlar, kafadan bacaklılar ve hareketli dip canlıları olan yengeçler, denizyıldızları, midyeler, karındanbacaklılar, salyangozlar, solucanlardır. Su kütlelerinde serbest hareket eden organizmalar ve bakteriler olan planktonik organizmalar kıta sahanlığındaki ve kıta eğimindeki sedimentlerin oluşumuna katkıda bulunmaktadır.

Biyojenik sedimentler üçü kalkerli, ikisi silisli olmak üzere beş kaynağa sahiptir. Globijerinler, Pteropodlar ve Coccolithophorlar kalkerli kaynakları oluşturmaktadır. Sıcak sularda yaşayan  $\text{CaCO}_3$ 'dan yapılmış kabuğa sahip tek hücreli organizmalar olan Globijerinlerin kabuklarının birikimi sonucu %90-95'e varan  $\text{CaCO}_3$  içeren bir çamur oluşur. Tropikal bölgelerde yaşayan kalker kabuklu küçük planktonik molluskler olan Pteropodlar ile açık denizlerin pelajik bölgelerinde yaşayan tek hücreli planktonik algler olan Coccolithophorlar kalkerli biyojenik sedimentlerin diğer iki grubunu oluştururlar. Deniz diplerindeki kalkerli sedimentler içinde bunların da kabuklarına bol olarak rastlanmaktadır. Planktonik olmayan ve özellikle sıcak bölgelerdeki sularda gelişen Anthozon'ların

yaptıkları Mercan resifelerinin de organik kökenli kalkerli kaynaklara eklenmesi gerekir (İçhedef, 2006).

Biyojenik sedimentlerin silisli kaynaklarından ilk grubu oluşturan diatomlar, az tuzlu soğuk sularda yaşayan mikroskobik tek hücreli alglerdir. İkinci grubu oluşturan Radiolar ise, tek hücreli hayvanlar olup silisten yapılmış iskeletlere sahiptir (Uğur, 1998; İçhedef, 2006).

### **2.9.2.3. Hidrojenik Kökenli Sedimentler**

Adlandırılması kökenine ya da kimyasal kompozisyonuna göre yapılan hidrojenik kökenli sedimentler, deniz suyundan ve zemin sedimentindeki çatlaklar arasına sızan sudan kaynaklanmaktadır. Bu sedimentleri oluşturan unsurlar, iskelet kökenli olmayan kalsit ve aragonit gibi karbonatlar; iskelet kökenli olmayan fosforitli kayalar gibi kalsiyum karbonatlar; potasyum, magnezyum ve demir iyonları içeren bir silikat olan glokonit; farklı konsantrasyonlarda magnezyum içeren, su içi buharlaşma, ısı, tuzluluk gibi koşullara bağlı olarak oluşan bir kalsit olan dolomit; atmosfer kaynaklı volkanik materyallerden, hidrotermal kaynaklardan, karalardan gelen çözülmüş demir ve mangan kaynaklarında bulunan mangan nodülleri; fosforitler ve kara kökenli olmayan kildir (Ergül, 2004).

#### **2.9.2.4. Kozmojenik Kökenli Sedimentler**

Mikro-meteoritlerden oluşan bu sediment türü, göktaşı, kozmik toz ve meteoritlerin yeryüzüne sürekli bir yağışı olmasına karşın sedimentlerin çok küçük bir kısmını (~ %1) oluştururlar. Yapılan incelemelerde, okyanuslara düşen bu tür kozmik materyal çaplarının bir mikrondan 0.5 mm'ye kadar değişen boyutlarda olduğu tayin edilmiştir (Gönülalan, 2006).

#### **2.9.3. Sediment Birikim Türleri**

##### **2.9.3.1. Neritik Sediment Birikimi**

Neritik birikimde, genel olarak kıta sahanlığından ve biyojenik kaynaklardan gelen sedimentler kıta eğimi yüzeyinde karışırlar. Bu tür sedimentlerin oluşumunda büyük alanlarda meydana gelen çökmeler, depremler, erozyonlar ve yüzey akıntıları etkilidir. Neritik sediment oluşumuna buzullardan kaynaklanan taneciklerin de katkısı vardır. Buzul kaynaklı sediment birikiminin sınıflandırılması zordur. Kayadan kile farklı büyüklüklerde olabilen bu tanecikler, daha çok büyük enlemler bölgesindeki kıta sınırlarında bulunurlar. Sonuç olarak çeşitli unsurlarla karışık sürüklenen sedimentler yerçekimiyle deniz dibi düzlüne yerleşir. Ayrıca hızlı akıntılarla gelen kumtaşları, paralel tabakalaşmış kumtaşları ve ince ya da çok ince taneli kumtaşları neritik sediment unsurlarıdır.

Tabakalaşmış çamur, flora ve fauna ile sediment tabakasının en üstünde yerleşir (Ergül, 2004).

### **2.9.3.2. Pelajik Sediment Birikimi**

Pelajik sedimentlerin oluşumunda birçok farklı unsur tarafından meydana gelen, kil, balçık, kıta düzlüğü killeri, kuvarslı kayalar gibi farklı kimyasal yapıya ve bileşime sahip taneciklerin katkısı vardır.

Pelajik kökenli killer, genellikle ince tanecikli litojenik ya da volkanik tortulardan meydana gelirler. Balçığın yapısında planktonik foraminifer kabukları, radiolialar, kokolitoforidler ve diyatomların kabukları gibi biyojenik materyaller vardır. Bu sebeple eğer sediment %30 ya da daha fazla iskelet materyal içeriyorsa balçık olarak adlandırılır. Balçığın içinde olan organizma ürünü olan kabuklar deniz akıntılarıyla pasif olarak sürüklenirler ve bazen sürüklenmeler yukarı ya da aşağı doğru olabilir ve farklı derinliklerde farklı akıntıların etkisi görülebilir.

Derin deniz kuvarslı kayalar, opal hareketlerden ve çökeliminden meydana gelir. Sediment oluşumu süresince, opal iskeletleri çözünür. Bu esnada volkanik materyal silikayı serbest bırakır ve silika yönünden zengin çözeltili yatak ya da yarıklar boyunca hareket ederek sedimentin yapısına katılır (Ergül, 2004).

## 2.10. Biyolojik Örneklerin Seçimi

Bir sistem veya bu sisteme ait bölümün davranışları hakkında bilgi edinmek için izleyici adı verilen maddelerle çalışılan tekniklere “izleme teknikleri” adı verilir. İzleme teknikleri içinde özellikle radyoaktif izleme tekniği, denizel ortamlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Birçok deniz organizması sudaki kirleticileri, buldukları ortamdan daha fazla oranda bünyelerinde biriktirirler. Kirleticiler, organizmaların bünyelerine ya doğrudan sudan, ya besin yoluyla, ya da her iki yolla alınmaktadır. Radyoaktif izleme tekniğinin kullanılması, uzun bir geçmişe sahip olup, bir ortamda yapılan ölçümler çalışmalarının rasyonelliğine dayanır. Bu sayede hangi radyonüklidin hangi organizmada daha fazla biriktiği tespit edilirse, ölçümler çalışması yapılırken direkt o organizmanın seçilmesi ile sonuca ulaşmak hızlanır. Günümüzde birçok ülkede denizel ortamlardaki canlı organizmalarda, sedimentte ve deniz suyunda çeşitli radyonüklid ve ağır metal konsantrasyonları sistematik olarak ölçülmektedir. Denizel ortamlarda doğal ve yapay radyonüklidlerin ile ağır metal gibi çeşitli kirletici unsurların konsantrasyonları hakkında bilgi edinmek için biyoindikatör organizmalar kullanılmaktadır. Biyoindikatör organizmalar, buldukları akuatik ortamlardaki radyonüklid ve ağır metal konsantrasyonlarını çok yüksek düzeylerde bünyelerinde biriktirmektedirler. Aynı zamanda suda hızlı seyrelmeye uğrayan veya mevcut tekniklerle belirlenmesi zor radyonüklidlerin ve ağır metallerin saptanmasında da seçilmiş bu tür organizmalar kullanılmaktadır (Topçuoğlu, 2005; Güngör, 1999).

Kirlilik izleme çalışmalarında seçilen indikatör organizmaların radyonüklid ve ağır metalleri konsantre etme yeteneklerinin yanında, bünyelerinden atılmalarının da yavaş olmasına dikkat edilmelidir. Diğer taraftan, çalışılan bölgelerde çok bulunmalı, kolay toplanmalı ve geniş bir coğrafik dağılım göstermelidirler.

Biyoundikatör organizmaların besin zincirinde yer almaları da bu tür organizmaların seçiminde önemli bir etkidir. Besin zincirinde yer alan bir organizmanın seçimi, biyomagnifikasyon olayını incelemek açısından yararlı olur. Böylece insanın alacağı dozun bile hesaplanması mümkün olmaktadır.

Seçilen biyoundikatör organizma ayrıca sabit yaşmalıdır. Bir başka deyişle, biyoundikatör organizma sabit yaşama alışkanlığı gösteriyorsa yani bulunduğu bölgeye tutunarak yaşıyorsa, bu bölgeyi daha iyi temsil edecektir. Bu nedenle izleme çalışmalarında midye ve yosun gibi organizmalar tercih edilebilir.

Günümüzde denizel ortamlardaki kirlilik izleme çalışmalarında biyoundikatör organizma olarak, plankton, makroalg, çeşitli kabuklu ve yumuşakçalar ile balık gruplarından seçilen farklı türler yaygın olarak kullanılmaktadır (Topçuoğlu, 2005).

## **2.11. Midyeler (*Mytilus galloprovincialis*) Hakkında Genel Bilgiler**

### **2.11.1. Taksonomisi**

Bivalvia sınıfından ve Mytilidae familyasına ait olan midyeler, ülkemiz sularında ekonomik olarak bulunurlar. Midyeler, sert zeminlere yapışarak yaşayan, deniz suyunu filtre eden, su içindeki planktonlar ve asılı haldeki organizmalar ile beslenen omurgasız canlılardır. Denizlerde bol miktarda bulunmaları, çabuk üremeleri, suda bulunan ağır metal ve bazı radyonüklidleri özellikle de  $^{210}\text{Po}$ 'u yüksek yoğunluklarda biriktirip bunları uzun süre bünyelerinde tutmalarından dolayı midyeler sularda kirliliği yansıtan biyolojik indikatörlerin başında gelmektedir. Midyelerin izleyici olarak yaygın bir şekilde kullanılmasında beslenme şekilleri önemli bir rol oynamaktadır. *Mytilus galloprovincialis*in sistematikteki yeri şu şekildedir (Tomruk, 2004).

**Kök (Filum): Mollusca**

**Sınıf (Klasis) : Bivalvia**

**Takım (Ordo): Flibranchiata**

**Familya: Mytilidae**

**Cins (Genus): *Mytilus***

**Tür (Species): *Mytilus galloprovincialis***



Şekil 2.6. Kara Midye (*Mytilus galloprovincialis*) (Saçan, 2004)

### 2.11.2. Morfolojik Özellikleri

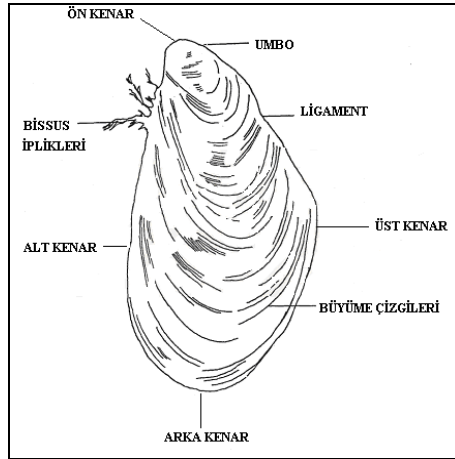
*Mytilus galloprovincialis* türünde eşit iki parça şeklinde olan kabukların ön, arka, alt ve üst kenarları kolayca ayırt edilebilir. Ön kenar oldukça kısadır. Arka taraf oval, ön taraf ise üçgen şeklindedir. İki kabuk kısa olan ön kenarda ligament ile birbirlerine bağlanmıştır. Ön kenarda yer alan ligament yarığı içine yerleşmiş olan ligament, öne doğru uzanan ve kabukları birbirine bağlayan kahverengi elastik bir şerit gibidir. Bu şeride paralel ve bitişik olan, mat ve beyaz renkte, üzerinde bir dizi halinde çukurluklar yer alan ligament çıkıntıları bulunur.

Ligament, kapama kaslarının kapama kuvvetlerinin aksi yönünde bir kuvvete sahiptirler. Midyeler öldüklerinde, kaslar kapama kuvvetlerini kaybettiklerinden dolayı kabuklar açılır. Midyelerde

kabukların bağlantı yerine yakın bir konumda her iki kabuk üzerinde umbo adı verilen bir şişkinlik mevcuttur ve kabukların üzerinde, bu şişkinlikten kenara paralel giden küçük eliptik daireler şeklinde büyüme çizgileri bulunur. Kabuk rengi genel olarak siyah, siyahımsı mavi, koyu mor ve kahverengimsi tonlarda olup, ekolojik koşullara bağlı olarak değişiklik göstermektedir.

Kabukların içi düzgün olup bakıldığında kolayca fark edilebilen iki renk görülür. Orta kısım beyazımsı sedef parlaklığındadır, kenarlara doğru renk koyu maviye dönüşür. Kabuklar bissus denen ipliklerle kendilerini bir mesnede tespit ederler. Kabuğun ventralinde yer alan bissus yarığı, periostrakum kıvrımlarıyla örtülmüştür ve bunlar, kabuklar kapandığında bissus iplikleri yardımıyla aralanan kabukların iç tarafına su ve yabancı cisim girmesine engel olurlar (Atayeter, 1991).

Midyelerde iki kabuk arasında menteşe bulunur. Dişlerin bulunduğu bu menteşenin dışını çevreleyen kısma lunula adı verilir. Sivri bir gaga şeklinde olan lunula, umbonun anterior ucunda, ve periostrakum ile örtülü olması, burada bulunan diş şeklindeki çıkıntıların kolayca görünmesini engeller. Midyelerdeki dişler, sivrilmiş lamel görüntüsündedir ve her kabuktaki diş diğer kabuktaki çukurluğa uyum sağlayacak yapıdadır (Atayeter, 1991).



Şekil 2.7. *Mytilus galloprovincialis* kabuk dış ve iç şekilleri (Atayeter, 1991)

2–100  $\mu\text{m}$  boyutlarında olan organik ve inorganik her türlü partikülü süzerek beslenen midyeler (ortalama 7-8 cm boyutunda olan)saatte 10-15 litre suyu süzme özelliğine sahiptir. Midye büyüklüğü, partikül büyüklüğü, partikül yoğunluğu, partikül türü, su sıcaklığı ve su akıntısı gibi bazı parametreler midyelerin filtrasyon hızı üzerinde etkilidirler (Tosyalı, 2005).

### 2.11.3. Üremesi

Midyelerin üreme organları, kasları, solungaçları ve ayakları hariç vücudunun her tarafına dağılmış kanal ve kanalcıklar şeklindedir. Üreme döneminde mantoya dağılmış olan genital organında çok belirgin cinsiyet hücrelerine rastlamak mümkündür.

Midyelerde mantonun genital hücrelerle tamamen dolu olması ve mantonun rengine göre cinsiyet ayrımı yapılır. Yumurtlama dönemlerinde manto rengi gözle görülebilen bir değişime uğrar. Olgun midyelerde gametler nedeniyle manto rengi dişilerde portakal rengi ya da kırmızımsı olurken erkeklerde kirli beyaz ya da süt beyazıdır.

Su sıcaklığı, tuzluluk miktarı ve besin maddeleri midyelerin yumurta bırakma süresini ve yumurta bolluğunu etkileyen unsurlar arasında yer almaktadır. Midyelerde üreme dönemleri sonbahar ile ilkbahar sonlarıdır. Bu dönemlerde gametlerin atılması dalgalar, akıntı, tuzluluk ve sıcaklıkta olan ani değişimler gibi birçok çevresel faktöre bağlıdır.

Manto içerisindeki dokularda gelişimlerini tamamlayan sperm ve yumurtalar genital kanallar aracılığıyla suya bırakılır. Yumurtalar gruplar halinde suya bırakılır. Suda birbirinden ayrılan yumurtalar pembe veya kırmızımsı bir renk olarak su yüzeyinde birikirler. Sperm bırakma ise aralıklı olarak yaklaşık 2-3 saat sürer. Spermier midye etrafında

toplandıktan sonra su beyazımsı bir renk alır. Sudaki dalga ve diğer hareketler yumurtaların dölllenmesinde oldukça önemli etkenlerdir.

Midyelerde suya bırakılan spermler kuyrukları ile yumurtaya kendilerini sararlar ve armut şeklindeki başlarıyla yumurta zarını delerek içeri girerler. Sperm yumurtaya girdikten 1 ile 5 dakika içinde dölllenme zarı oluşur. Dölleneden yaklaşık 4 saat 20 dakika sonra siler meydana gelir ve embriyonun vücunun yüzeyinde siler oluşunca, büyüme ve hareket başlar (Atayeter, 1991; Yılmaz, 1989).

## **2.12. Deniz Balıkları**

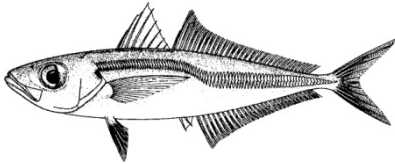
### **2.12.1. Semi-pelajik Balıklar**

Zemine yakın ortamlarda bulunan, zaman zaman beslenme, predatörden kaçma gibi nedenlerle orta suya veya yüzeye geçen balıklara semi-pelajik deniz balıkları adı verilir. Kefal, mezgit, kupez, levrek v.b. balıklar bu gruba dahildirler.

#### **2.12.1.1. İstavrit**

**Familyası :** Carangidae

**Tür :** *Trachurus mediterraneus*, (Steindachner, 1868)



Carangidae familyasına mensup semipelajik bir balık türü olan istavrit türü denizlerimizde 200 m derinliğe kadar olan kesimlerde bulunur. Boyları en fazla 50 cm olup, vücut yandan hafifçe yassı ve uzuncadır. Yan çizgi plakaları daha ince, vücudun yarısına kadar düz olup, sonra yukarıya doğru eğik olarak devam eder. Başın üzerinden solungaç kapağının hizasından başlayarak yan çizginin eğildiği yere kadar devam eden ve burada biten karakteristik ikinci bir çizgi bulunmaktadır. Bu çizgi *Trachurus trachurus* istavritinde vücut sonuna kadar devam etmektedir (Mater, S., ve ark., 2003; Whitehead, P.J.P., 1984).

### **2.12.1.2. Kefal**

**Familyası:** Mugilidae

**Tür :** *Liza ramada*, (Risso, 1826)



Epipelajik bir balık türü olan kefal, Mugilidae familyasına ait bir üyedir. Boyları maksimum 50 cm'dir. Vücut yapıları yuvarlak ve mekik şeklindedir. Üzerleri yuvarlak pullar ile kaplı olup burunları düz ve basıktır. Kefal türleri beslenmek için lagünlere giren katadrom balıklardır. Değişik su sıcaklıklarına, değişik tuzluluğa ve çözülmüş oksijeni az olan ortamlara karşı dayanıklı olan bu balık türleri

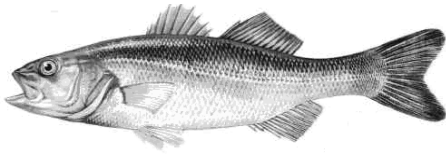
omnivordurlar (her şeyi yiyebilen) fakat buna rağmen daha çok bitkisel gıdaları severler. Ölü ve canlı kurtçuk ile küçük böcekleri severek tüketirler ve dip çamuru içerisindeki her türlü organik maddeyi süzerek yiyebilirler. Dipte yemlenirken ağız dolusu çamuru alır, yüzmeyi sürdürüp çamurun yenilmeyecek kısmını tükürürler.

Kefal balıkları Karadeniz, Marmara, Ege ve Akdeniz’de bulunurlar. Sularımızda yaşayan cinsleri mayıs-haziran aylarında yumurta dökerler. Genel olarak kıyılara yakın yaşayan balık türü olan kefal, yaz aylarında beslenmek için sığ kesimlere ve dalyanlara yönelme eğilimi gösterirler (Mater, S., ve ark., 2003; Whitehead, P.J.P., 1984).

### **2.12.1.3. Levrek**

**Familyası:** Serranidae

**Tür :** *Dicentrarchus labrax*, (Linnaeus,1758)



Serranidae familyası içinde yer alan levrek balığı bentik bir türdür. Denizlerde 1-50 m arasındaki bölgede bulunurlar ve maksimum boyları 100 cm’dir. Vücutları füze şeklinde olup solungaç kapağı üzerinde dikenimsi çıkıntı mevcuttur. Renk üste koyu gri, altta beyazdır. Fazla gezici olmayan levrek, gençken gruplar halinde sonraları tek

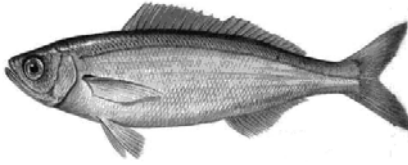
başlarına yaşarlar. Yaşam ortamları genellikle karanlık ve kuytu yerler olan levrek, denizlerde ve denizlerin nehirlerle karışımı acısu bölgelerinde yaşarlar. Başta Ege ve Marmara olmak üzere tüm denizlerimizde bulunurlar.

Levrek balıkları kıyılara yakın bölgelerde yaşamayı severler. Besin ihtiyaçlarını küçük balık yavrularını yiyerek karşılarlar. Ayrıca karides, teke ve diğer canlılarda sevdikleri gıdalar arasındadır. Eti lezzetli olup, ekonomik değeri yüksek bir balıktır (Mater, S., ve ark., 2003; Whitehead, P.J.P., 1984).

#### **2.12.1.4. Kupez**

**Familyası:** Sparidae

**Tür :** *Boops boops*, (Linnaeus,1758)



Semipelajik bir tür olan kupez, daha çok ılıman ve sıcak denizleri tercih eder. Denizlerimizde 100 m'ye kadar olan bölgelerde yaşarlar. Vücudu uzun ve torpil şeklinde olup pulları küçük, gözleri iridir. Rengi sırtta gri-mavi karında ise gümüşü olmakla beraber boyu maksimum 35 cm'dir. Yosunlar, balık yavruları ve kabuklularla beslenen bir balık türüdür. Üreme dönemleri bahar sonudur (Mater vd., 2003; Whitehead, 1984; Mat Çatal, 2006).

## 2.12.2. Pelajik Deniz Balıkları

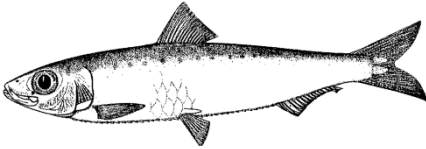
Pelajik deniz balıkları, sudaki yaşamlarını dipten bağımsız olarak ortasu ve yüzeye yakın bölgelerde geçirirler Pelajik türler içerisinde plankton dışında yaşam oldukça aktif ve yoğundur. Pelajik türler içinde hamsi, sardalya, uskumru gibi balıklar yer almaktadır

Ülkemizde deniz balıkları içinde ekonomik olarak pelajik türler büyük çoğunluğu oluştururlar (Mat Çatal, 2006).

### 2.12.2.1. Sardalya

**Familya:** Clupeidae

**Tür:** *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792)



Sardalya, 60 m derinliğe kadar su sütununda bulunan pelajik bir balık türüdür. Boyları 10-25 cm arasında değişen sardalya balıkları, ekseri sürü halinde dolaşırlar. Vücut yapıları yuvarlak ve yanlardan hafif basıktır. Vücudun yanlarında ve sırta yakın bölgelerinde ise siyah noktalar bulunur. Vücutlarının üst tarafı yeşilimsi, yan tarafları da gümüşümsü beyazdır. Sardalyaların solungaç kapakçıklarının dalgalı görünümde olması ve vücudunun yanlarında sıra halinde siyah noktaların

bulunması karakteristik özelliğidir. Vücudun her tarafı dökülebilen pullarla kaplıdır. Yaklaşık 20.000 yumurta bırakırlar ve Ocak, Kasım, Aralık dışında her dönem ürerler (Mater, S., ve ark., 2003; Whitehead, P.J.P., 1984).

#### **2.12.2.2. Uskumru**

**Familyası :** Scobridae

**Tür :** *Scomber scombrus* (Linnaeus, 1758)

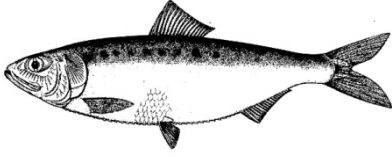


*Scobridae* familyasına ait olan *Scombroidei* subordosu epipelajik bir balık türüdür. Maksimum boyları 40 cm olan uskumruda ikinci sırt yüzgeci ile anal yüzgeçten kaudal yüzgece doğru altı üstlü beşer tane yalancı yüzgeç (Pinnül) bulunmaktadır. Karın tarafı açık gümüş rengindedir ve bütün yüzgeçler yumuşak ışınlı olup, gözler kolyoza göre daha ufaktır. Bu türler kışın yumurtlama, yazın beslenme göçü yaparlar. Üreme dönemleri Şubat-Nisan arasındır. Geniş bir dağılım alanları olup, Karadeniz, Marmara, Ege ve Akdenizde bulunurlar (Mater, S., ve ark., 2003; Whitehead, P.J.P., 1984).

### **2.12.2.3. Tırsi**

**Familyası:** Clupeidae

**Tür :** *Alosa fallax nilotica* (Geoffroy Saint-Hilaire, 1808)



Ekonomik değeri yüksek bir balık olan tırsi, Clupeidae familyasına mensuptur. Epipelajik olan bu türün mensupları sürüler halinde ılıman ve sıcak denizlerde yaşamaktadır. Vücutları yanlardan yassılaştırmış şekildedir ve maksimum boyları 30 cm'dir. Ventral bölgelerinde keskin pullara sahiptirler. Üreme dönemleri Mayıs ile Eylül aylarıdır. Kış mevsimini derin denizlerde geçirirler ve ilkbaharda beslenmek ve üremek için sürüler halinde kıyılara ve tatlı su ağızlarına yakın yerlere gelirler (Mater, S., ve ark., 2003; Whitehead, P.J.P., 1984).

### **2.12.3. Demersal Deniz Balıkları**

Demersal (tabansal) balık türleri genellikle sığ bölgelerde bazen acı sularda bulunurlar ve deniz dibine yakın yerlerde avlanırlar. Ergin bireyler genç bireylere göre daha derin bölgelerde bulunurlar. Çipura, mercan, fangri, sinagrit, mırınır, mezigit, dil balığı gibi türler bu gruba girer.

### **2.12.3.1. Çipura**

**Familyası:**Sparidae

**Tür :** *Sparus aurata*, (Linnaeus, 1758)



Bentik bir balık türü olan çipura, sahile yakın bölgelerde, kumlu dipte ve posidonya çayırlarının üzerinde, dalgaların kırıldığı bölgelerde yaşarlar. Vücutları oval, yanlardan yassılaştırmış, baş küt, dudaklar kalın, sırt gri, koyu gümüş renkte olan çipura balıklarının maksimum boyları 70 cm' dir. 100 m derinliğe kadar dağılım gösterirler ve bir bölgede yerleşik olarak, tek başlarına veya küçük gruplar halinde bulunurlar. Karnivor türler olup, mollusc'lar, Crustaceans'ler ve balıklar ile beslenirler. Herbivor özellik de gösterebilirler. Üreme zamanları Ekim- Aralık'tır ve Karadeniz'de yumurta bırakmazlar (Mater vd., 2003; Whitehead, 1984; Mat Çatal, 2006).

### 2.13. Ege Denizi

Doğu Akdeniz'i birbirinden ayıran beş havzadan biri olan Ege Denizi, Türkiye ile Yunanistan arasında yer alır. Ege Denizi güneyde Girit, Karpatos, Kasos ve Rodos Adalarıyla Akdeniz'den ayrılır. Girintili çıkıntılı kıyılara sahip Ege Denizi'nin toplam yüzölçümü yaklaşık 214 000 km<sup>2</sup>'dir. Kuzey-güney doğrultusunda 660 km. uzunlukta olan Ege Denizi doğu-batı doğrultusunda ise; kuzeyde 270 km., ortada 150 km., güneyde 400 km genişliktedir. Topoğrafik olarak kuzeyde, ortada ve güneyde bulunan üç büyük çukurluk Ege Denizi'ni, kuzey-güney doğrultusunda iki platoya ayırır. Bu platoların doğuda kalan bölümü kıyı Ege boyunca uzanarak tipik kıvrımlı kıta sahanlığını oluşturur. Bu engebeli yapının oluşumunda çok girintili çıkıntılı olan Anadolu sahillerindeki enine vadi sistemleri rol oynamıştır. Ege Denizi'nin karmaşık dip yapısı genel olarak kum ve çamurla örtülü olup derin çukurlar kil ya da killi çamur içermektedir. En derin noktası 2500 m olan Ege Denizi, kuzeyde sığ bir eşik olan Çanakkale Boğazı aracılığıyla Marmara Denizi'ne bağlanırken; güneyde ise adalarla bölünerek su alışverişi açısından çok özel bir önem arz eden bir çok eşikle Akdeniz'e bağlanır (Benli vd., 2000).

Ege Denizi'nin tipik hava koşulları güneybatı-kuzeydoğu yönündeki hava hareketleri tarafından belirlenmektedir. Koy ve körfezlerde yerel kıyı rüzgarları olan meltem sistemleri etkilidir. Özellikle haziran ve ekim ayları arasında uzun süreli, şiddetli fırtınalar biçimindeki kuzey rüzgarları kuzey-güney doğrultusunu izleyerek kıyı

(Ege) bölgelerimizde yeterli derinliğe sahip yerlerde suyun yüzeye doğru yükselmesine yani “upwelling” olayına yol açmaktadır. Upwelling olasılığının bulunduğu bölgeler bir şerit şeklinde Orta ve Güney Ege’de kıyılarımızı izleyerek Güneydoğu’ya yönelir. Bu kuşak üzerindeki deniz suyu sıcaklığı Ege Denizi’nin diğer noktalarına oranla 2 – 3 °C daha soğuktur. Ege Denizi’ndeki su hareketleri konumu ve jeomorfolojik yapısı itibarıyla çok spesifiktir. Ege Denizi’nde sirkülasyonu belirleyen büyük kütleli su hareketleri Karadeniz suyu, Atlantik suyu, Doğu Akdeniz orta derinlik suyu ve dip suları olarak dört gruba ayrılır (Benli vd., 2000).

### **2.13.1. Ege Denizi’nde Kütleli Su Hareketleri ve Kalitesi**

#### **2.13.1.1. Karadeniz Suyu**

Çanakkale Boğazı aracılığıyla Ege Denizi’ne gelen Karadeniz suları, boğaz çıkışında Kuzey Ege’ye, yaz aylarında ise yüksek buharlaşma ve hakim kuzey rüzgarlarının etkisiyle Orta Ege’ye doğru yayılır. Bu etkilerden dolayı tuzluluk oranının minimum olduğu suların derinliği ve yayılım bölgeleri mevsimsel değişiklikler göstermektedir. Haloklin tabakasının derinliği 15 – 50 m arasında değişmekte ve Çanakkale Boğazı’ndan uzaklaştıkça azalmaktadır. Karadeniz suyunun sıcaklığı bahar aylarında 11 – 13 °C, yaz aylarında ise 21 – 23 °C’dir. Ancak derinlere inildikçe sıcaklık profilleri nedeniyle güz ve yaz aylarında birbirine zıt bir değişim gözlenmektedir. Yılın tüm ayları boyunca etkili olan, 1257 km<sup>3</sup>/yıl debiye sahip düşük tuzluluktaki

Karadeniz sularının Ege Denizi'ndeki yayılımında mevsimlere göre değişen hakim rüzgarların da etkisi oldukça önemlidir. Çanakkale Boğazı'ndan gelen Karadeniz suyu, soğuk kış aylarında hakim olan güney rüzgarlarının etkisiyle önce kuzeye yönelip Yunanistan kıyılarını yaladıktan sonra Güney Ege istikametine doğru hareket eder. Karadeniz suyu yaz aylarında ise, mevsimsel sert kuzey rüzgarlarının etkisiyle güneye yöneldikten sonra Anadolu kıyılarını yalayarak güney doğu istikametinde hareket eder (Benli vd., 2000).

### **2.13.1.2. Atlantik Suyu**

Ege Denizi'ndeki genel sirkülasyonu etkileyen ikinci büyük kütleli su hareketi Atlantik sularından kaynaklanmaktadır. Atlantik suları Cebelitarık Boğazı aracılığıyla Akdeniz'e girdikten sonra güney Akdeniz kıyılarını boydan boya katedip Güney Ege'deki adaların oluşturduğu boğazlardan Ege Denizi'ne ulaşır. Atlantik suları Ege Denizi'ne oranla daha düşük tuzluluk yoğunluğuna sahip olmakla beraber yaz mevsiminde Türkiye ile Rodos arasındaki boğazda ‰ 38.3 – 39.3 gibi daha yüksek değerlere ulaşmaktadır. Bu boğazda güz ve kış dönemlerinde ise suların karışımları nedeniyle daha az farklı değerlerde tuzluluk değişim profilleri gözlenmektedir. Atlantik su akıntısının Ege'deki durumunun anlaşılması; güney kıyılarımızın çok girintili çıkıntılı olması, yağış ve buharlaşmanın karşılıklı etkileri ve de zaman zaman kıyılarımıza yakın oluşan “upwelling” şeridi yüzünden zorlaşmaktadır. Bu etkiler ayrıca kıyı sularındaki suların değişik sıcaklıklarda olmasına neden olmaktadır (Benli vd., 2000).

### **2.13.1.3. Doğu Akdeniz Orta Derinlik Suyu**

50 ilâ 200 m derinlikler arasında yer alan Doğu Akdeniz orta derinlik suyu, Akdeniz oşinografisini etkileyen bir su kütlesidir. En önemli belirtisi yüzey altındaki maksimum tuzluluk olan bu su kütlesi, kış aylarında soğuk ve ağır hava akımları etkisiyle oluşarak/dolaşarak Türkiye'nin güney kıyılarından Rodos'un batısına uzanır. Genel olarak, deniz yüzeyi sıcaklığı değerleri yılın minimum seviyelerine ulaştığında bu değerler hava sıcaklığından daha yüksek olmaktadır. Güney Ege'ye Rodos-Türkiye, Karpatos ve Kasos boğazlarıyla girdiği belirlenen Doğu Akdeniz orta derinlik suyunun sıcaklığı tüm mevsimler boyunca aynı seviyelerde (15 – 16 °C) kalmaktadır ve bu suyun ortalama ‰ 38.8 – 38.9 civarında tuzluluk miktarına sahip olduğu bulunmuştur (Benli vd., 2000).

### **2.13.1.4. Dip Suları**

Çok sayıda ada içermesi sebebiyle kendine has ve karmaşık yapıda su hareketleri olan Ege Denizi, komşu denizlerden belirgin bir şekilde ayrılmıştır.

Dip sularında tuzluluk ve su sıcaklık değerleri mevsime bağlı olarak çok önemli değişiklikler sergilememektedir. Örneğin, Girit açıklarında yapılan bir incelemede 800 m'den derin sularda farklı mevsimlerdeki su sıcaklığının 14.4 °C, tuzluluk değerinin ise ‰ 38.91 olduğu tayin edilmiştir (Benli vd., 2000).

### **2.13.2. Ege Denizi'nin Jeolojik Yapısı**

Ege Denizi'nde yapılmış olan birçok jeofiziksel araştırma, bu denizin okyanussal değil de kıtasal bir kabuğa sahip olduğunu ortaya koymuştur. Hakim grabenleşme tektoniğine bağlı olarak blok halinde çökme ve yükselme olayları gözlemlenen Ege'de deniz üzerindeki adaların durumu ve deniz topoğrafyası üzerinde yapılan incelemeler, deniz tabanı kabuğunda sürüklenme olaylarının olmadığını göstermiştir (Batkı, 1995).

Küçük bir denizel bölge olmasına rağmen ekolojik olarak farklı özellikleri bünyesinde barındıran Ege Denizi, biyolojik özellikler bakımından da çeşitlilik gösterip Kuzey ve Güney Ege olarak iki alt bölüme ayrılmaktadır. Oşinografik açıdan kuzey ve güney kökenli suların buluşma havzasını oluşturan Ege Denizi, biyolojik açıdan da soğuk seven ve sıcak seven canlıların buluşma havzasını oluşturmaktadır (Mat Çatal, 2006).

### **2.12.3. Ekonomik Türler**

Dünya denizlerinde yapılan araştırmalarda doğrudan ekonomik öneme sahip tür oranı 1/400 civarında iken, bu oran uygun dip yapısı sayesinde Ege Denizi'nde 1/50 civarındadır. Yani Ege Denizi dünya denizlerinden 10 kat daha fazla ekonomik tür içermektedir.

Ege Denizi'nde alglerden 8, omurgasızlardan 30 ve balıklardan 76 kadar tür ekonomik değere sahiptir (Kocataş ve Bilecik, 1992; Mat Çatal, 2006).

#### **2.13.4. Biyolojik Özellikleri**

Ege Denizi, farklı dip yapısı nedeniyle, dip su ürünleri bakımından ülkemizin en uygun denizidir.

Güneş ışınlarının oldukça derin bölgelere kadar ulaşmasına olanak veren Ege Denizi suları, diğer denizlere göre oldukça berraktır. Bu durum zemindeki canlı organizmaların çoğalmasına ve bu tür canlı gruplarıyla beslenen dip balıklarının ise zengin stoklar oluşturmasına imkan vermektedir (Mat Çatal, 2006).



Araştırma istasyonlarının koordinatları Didim için  $37^{\circ} 25' N$  ve  $27^{\circ} 26' E$ , İzmir Körfezi için  $38^{\circ} 22' N$  ve  $26^{\circ} 46' E$  olarak belirlenmiştir.

Ülkemiz üç tarafı denizlerle (Karadeniz, Akdeniz, Ege Denizi, Marmara Denizi) çevrili bir yarımada görünümündedir. Buna göre ülke kıyılarımızın uzunluğu 8337 km'yi bulur. Ege Denizi kıyıları 2600 km'yi geçen uzunluğu ile ülkemizin en uzun kıyılarını teşkil eder.



Şekil 3.2. Ege Denizi'nin uydu görüntüsü

Ege Denizi'nin Türkiye'deki en önemli kirletici kaynakları; B. Menderes, Meriç ve Gediz Nehirleri ile Çanakkale Boğazı ve İzmir şehrinden ileri gelen kentsel ve endüstriyel atıklardır.

Güney Ege denizinde bu kirlilik kaynakları sahillerinin çok girintili çıkıntılı yapısı, deniz hareketlerinin engellenmesi, son yıllarda ortaya çıkmaya başlayan büyük turistik tesisler ve yat limanları gibi etkinliklerle birleşmesi sonucu kirlilik potansiyelini oluşturmaktadır.

Ege Denizi kıyılarında nehir ağzı ve kıyısal bölgeler hızla artan nüfusun yoğun etkisi altındadır. Bu kıyılardan tarımsal, evsel ile endüstriyel kirleticilerin etkisinde çok sayıda koy ve körfez mevcuttur.

Çalışma kapsamındaki bölgelerin sınırları ve özellikleri hakkında bazı genel bilgiler aşağıda verilmiştir:

Çalışma alanlarımızdan biri olan İzmir Körfezi, Ege Denizi'nin 65 km uzunlukta kara parçasının içine sokularak oluşturduğu doğal bir körfez olup şekil ve konum itibarıyla 3 kesime sahiptir:

1. İzmir İç Körfezi: Bayraklı-Yenikale arasında kalan bölgedir.
2. İzmir Orta Körfezi: Yenikale geçidi, Mordoğan, Gediz üçgeni arasında kalan bölgedir.
3. İzmir Dış Körfezi: Orta Körfezin batısında kalan ve oldukça derin olan bölgedir (Sunlu, 1994).

İzmir Körfezi ülkemiz Ege kıyılarının merkezinde yer almakta ve ortalama 5-30 m derinliklere sahiptir. Ege Denizi'nde üzerinde en fazla araştırma yapılan körfez özelliğini taşımaktadır. Körfez yaklaşık 3

milyonu aşan nüfusu ve çok sayıda endüstriyel kuruluşu barındırmaktadır (Benli vd., 2000).

İzmir ilinin en önemli çevre problemi körfez kirliliğidir. İzmir kentinde hızlı nüfus artışı ve sanayinin gelişimi sonucunda kentte oluşan tüm atık suların ve yüzey drenaj sularının ulaştığı son alıcı ortam olan İzmir Körfezi 1960'larda başlayarak hızlı bir kirlenme süreci içine girmiş ve bugün Türkiye'nin en önemli kirlilik odaklarından biri haline gelmiştir (Beyazıt, 2003).

İzmir Körfezi'nde özellikle bahar aylarında "red-tide" olayları çok karakteristiktir. Körfezin iç kısmı dış körfeze nazaran çok daha kirli durumdadır ve canlı yaşamı hemen hemen tehlike altındadır. Körfez kirliliğini oluşturan diğer unsurlar yağmur suları, tarımsal arazi, drenaj suları ve körfeze boşalan akarsuların getirdiği kirleticilerden oluşmaktadır. İzmir Körfezine Sazlıca Deresi, Kavaklı Deresi, Bostanlı-Ilica Dereleri, Tahtalı Deresi, Bornova Deresi, Manda Çayı, Arap Çayı, Melez Çayı, Poligon Deresi, Balçova Deresi, Laka Deresi, Kocasu Deresi gibi çeşitli büyüklükteki dereler ve Gediz Nehri dökülmektedir. Bu dereler ve Gediz Nehri havzaları içinde oluşan tüm kirliliği körfeze taşımaktadır. Özellikle Kemalpaşa Sanayi Bölgesi'nin ve Manisa İlinden gelen atık suları körfeze taşıyan Gediz Nehri önemli kirletici kollardan biridir. Ayrıca İzmir Körfezi'nde petrol rafinerilerinden birisinin bulunması ve yoğun deniz trafiği de, petrol ve diğer petrol ürünleriyle körfezin kirlenmesine yol açmaktadır (Beyazıt, 2003).

Çalışmamızda seçilen bir diğer bölge olan Didim, Güney Ege bölgesinin en uzun ve en büyük debiye sahip Büyük Menderes nehrinin bu bölgeye getirmiş olduğu atıklar nedeniyle dikkate alınmıştır. Toplam uzunluğu 529 km olan Büyük Menderes'in debisi  $44,32 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ 'dir. Ekolojik özellikler nedeniyle, Türkiye'nin tarımsal potansiyel bakımından önde gelen alanlarından olan Büyük Menderes Havzası Denizli'den başlayarak Ege Denizi kıyılarına uzanan çok geniş ovaları kapsar ve Nazilli, Aydın ve Söke ovalarını besleyip  $24873 \text{ km}^2$  'lik bir alanın sularını toplayarak Söke ilçesi Dipburun mevkiinde Ege Denizi'ne dökülür. Bu ovalarda pamuk, sebze ve meyve üretilir. Entansif tarımın yapıldığı oldukça verimli bu bölgemizde, çok çeşitli ürün deseni bulunmaktadır. Havzanın Türkiye alanına oranı % 3.5 olup, sınırları içinde Denizli, Aydın, Uşak il merkezleri ile Sarayköy, Söke, Nazilli, Çine, Yatağan, Tavas, Buldan, Eşme, Banaz, Çal, Honaz, Dinar, Sandıklı gibi ilçe merkezleri bulunmaktadır.

Büyük Menderes Nehri, yerleşim yerlerinden kaynaklanan evsel atık sular; sanayi kuruluşlarında oluşan endüstriyel atık sular; aşırı, zamansız ve yanlış gübre-pestisit kullanımı etkileriyle kirletilmektedir. Havzada, arazi kullanım tasarımlarının yetersizliği, üreticinin çok ürün beklentisi sonucu toprağı ve biyolojik çeşitliliğı kimyasallarla yok ediş, nüfus artışları ile yaşam dengelerinin bozulduğu görülür. Atık alıcı ve taşıyıcı ortamı olarak işlevini sürdüren Büyük Menderes'e, teknolojik, evsel ve kentsel atıkların deşarj edilmesi, milyonlarca yılda oluşan ekolojik dengelerin son yıllarda bozulması sonucunu getirmiştir. Denizli, Uşak ve Aydın illerinde, Büyük Menderes nehrine atık sularını arıtmadan akıtan

20 tür endüstri kuruluşu mevcuttur. Devlet Su İşleri (DSİ) havza istatistiklerinde, Büyük Menderes Nehri Havzası'ndaki belediye sayısı 165 olarak verilmektedir. Bunlardan yalnızca altısında kanalizasyon şebekesi bulunmaktadır. Aşağı havzalarda ise kirlilik daha da yoğunlaşmakta ve nehir ekosistemi yok olmak üzeredir (Aydın İl Çevre ve Orman Müdürlüğü).

### 3.2. Metot

Bu çalışmada 2 farklı istasyondan farklı türde balık örnekleri aylık periyotlarla yerel balıkçılardan toplanmıştır.

Sediment örneklerinin alınmasında “Ekman Grab” kullanılmıştır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Sediment örneklemesinde kullanılan “Ekman Grab”

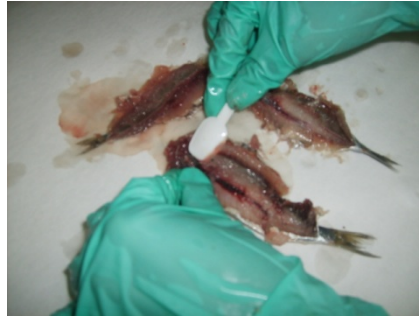
Kullanılan grab, bir yay sistemine bağlı çift taraflı kapağı bulunan, metal bir araçtır. Grab sedimente saplandıktan sonra paslanmaz çelik messenger kullanılarak kapakların kapanması sağlanır. Kapaklar kapandıktan sonra grab dikkatli şekilde çekilir ve içindeki sediment boşaltılır.

### 3.2.1. Midye, Sediment, Deniz Suyu ve Balıklarda $^{210}\text{Po}$ ve $^{210}\text{Pb}$ Tayini için Uygulanan İşlemler

Çalışmada aylık olarak toplanmış midye ve balık örnekleri boyutlarına göre ayrılıp yumuşak dokuları çıkarılmıştır. Yumuşak dokuları çıkarılmış olan örnekler yaş olarak tartılıp sabit ağırlığa gelinceye kadar  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$  de etüvde kurutulmuştur.



(a)



(b)

Şekil 3.4. Balıkların kimyasal işlem için hazırlanması; a) Balık boylarının belirlenmesi, b) Balık yumuşak dokularının ayrılması

Kurutulan örneklerin havanda tanecik boyutu küçültülmüş ve ardından  $250\text{ }\mu\text{m}$ 'lik elekte elenerek ortamın neminden korunmak amacıyla plastik kaplarda saklanmıştır.

Sediment örneklerinin yaş ağırlıkları belirlendikten sonra  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$  de kurutularak kuru ağırlığı belirlenmiştir. Havanda öğütülerek tanecik boyutu küçültülen örnekler  $250\text{ }\mu\text{m}$ 'lik elekten geçirilmiştir.

### **3.2.1.1. Örneklerle Uygulanan Radyokimyasal İşlem**

Çalışmada kurutulup elenmiş olan midye, sediment ve balık örneklerinden 1 gram alınarak her bir örnek HNO<sub>3</sub>, HCl, HF ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>'den oluşan bir asit karışımıyla tamamen çözüldükten sonra buharlaştırılmıştır (IAEA, 2006).

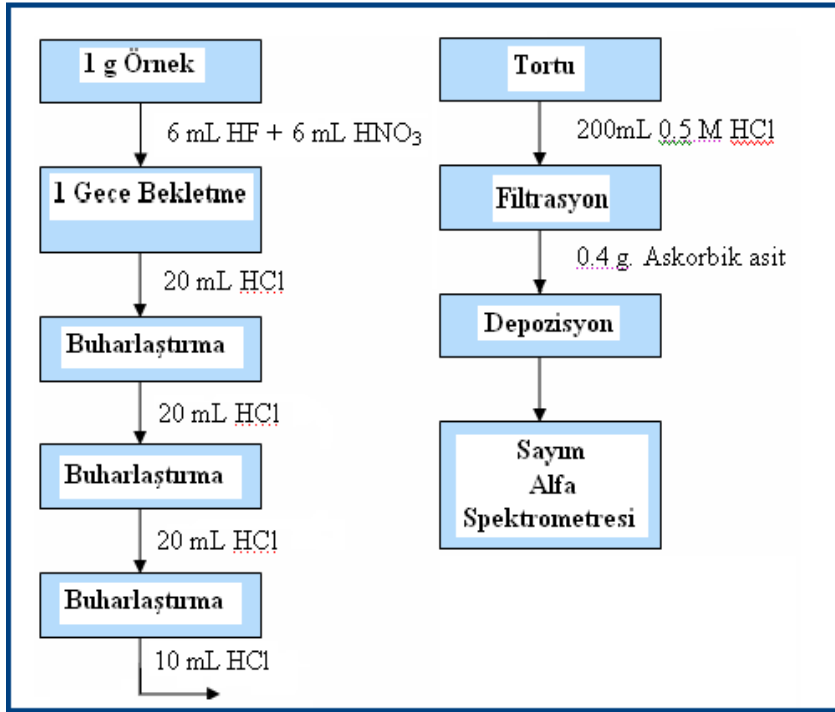
Deniz suyu örneklerine koruma amaçlı HNO<sub>3</sub> ilavesi yapıldıktan sonra şekil 3.5'de gösterildiği gibi 0.45 µm'lik Whatman filtre ile süzölmüştür.



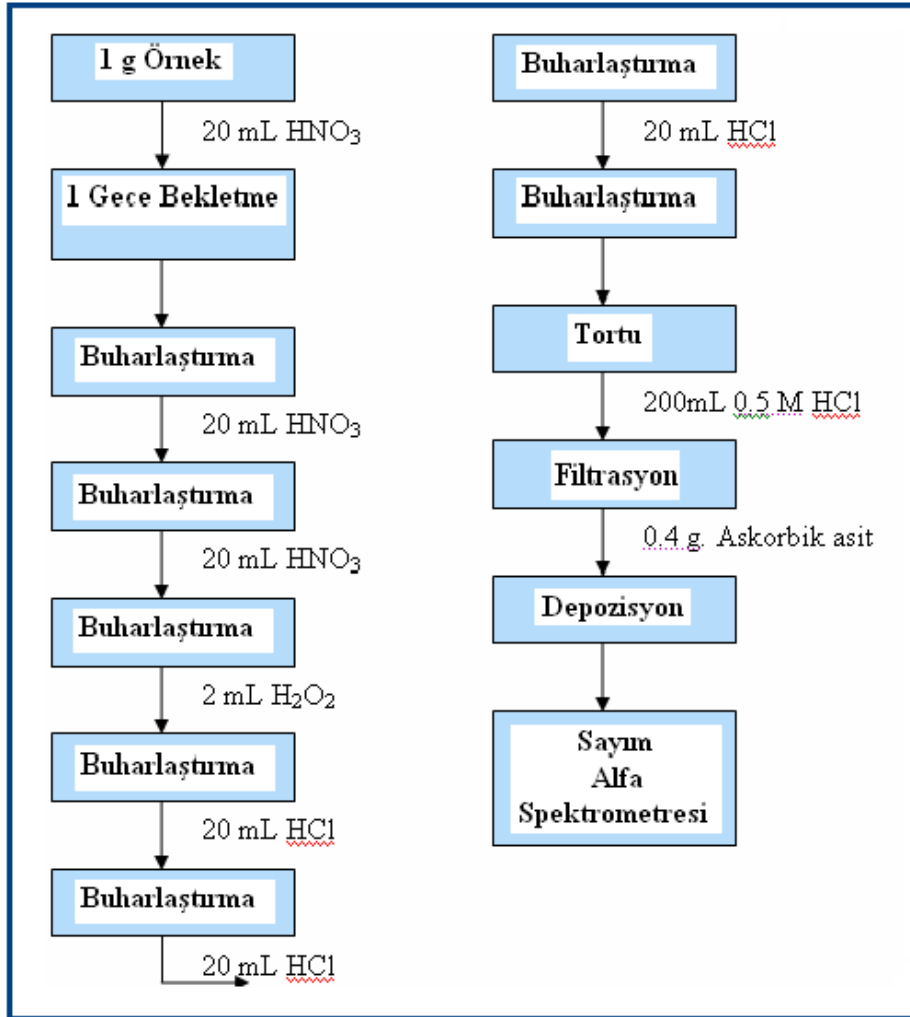
Şekil 3.5. Deniz Suyunda <sup>210</sup>Po Çöktürme işlemi

Deniz suyu örnekleri süzöldükten sonra 1 L plastik şişelere koyulup 1 ml 0.2 M KMnO<sub>4</sub> eklenip homojen olarak karışması için bir süre çalkalandıktan sonra NH<sub>3</sub> eklenerek pH'ın 8-10 arası olması sağlanmıştır. pH ayarlaması yapıldıktan sonra 1.5 ml 0.3 M MnCl<sub>2</sub> eklenip 5 dakika çalkalama işlemiyle manganın çökerek ayrılması sağlanmıştır.

Daha sonra örneklere 100 ml 1.2 M HCl ve 3 ml H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> eklenerek çeker ocakta 55 °C'de buharlaştırma işlemi yapılmıştır. Buharlaştırma işlemi tamamlandıktan sonra 50 ml 8M HNO<sub>3</sub> eklenen örnekler tekrar buharlaştırma işlemine tabi tutulmuştur (IAEA, 2006).



Şekil 3.6. Sediment örneklerine uygulanan radyokimyasal ayırım işleminin akış şeması



Şekil 3.7. Balık ve midye örneklerine uygulanan radyokimyasal ayırım işleminin akış şeması

### **3.2.1.2. Depozisyon**

Çözelti tam kurumadan önce ısıtıcı tabla üzerinden alınmış, elde kalan tortu 0.5 M HCl asit ile tekrar çözülerek, katı ve sıvı fazlar filtrasyonla ayrılmıştır. 250 mL.'lik bir behere süzülen çözeltinin içine askorbik asit ve taşıyıcıya yerleştirilmiş bakır disk konularak, üzeri saat camı ile kapatılmıştır (Flynn, 1968; Uğur, 1998). Manyetik karıştırıcılı ısıtıcıda 70°C'de depozisyon işlemi tüm örneklerle uygulanmıştır. Depozisyon sonucunda çözelti soğumaya bırakılmıştır. Daha sonra bakır disk taşıyıcıdan çıkartılmış ve kurumaya bırakılmıştır.



Şekil 3.8. Depozisyon işlemi

Bu işlemlerden sonra sayıma hazır olan bakır disklerdeki 5.3 MeV enerjili  $^{210}\text{Po}$  aktivitesi silikon yarı-iletken yüklü parçacık dedektörü ve PIPS (Passivated Implanted Planar Silicon) dedektörü ile sayılmış ve örneklerdeki aktivite konsantrasyonları hesaplanmıştır.

Örnekteki  $^{210}\text{Po}$  aktivitesi ölçüldükten sonra ilk depozisyonda elde edilen çözelti plastik şişelerde ikinci depozisyon için yaklaşık 1 yıl  $^{210}\text{Pb}$  tayinlerini yapmak üzere saklanmıştır. Böylece  $^{210}\text{Pb}$ 'un bozunumu ile meydana gelen  $^{210}\text{Po}$ 'un ortamda  $^{210}\text{Pb}$  ile dengeye gelmesi sağlanmış ve örneklerdeki  $^{210}\text{Pb}$  aktivitesi *Bateman (1910)* eşitlikleri kullanılarak tayin edilmiştir. Ayrıca  $^{210}\text{Pb}$  tayin edildikten sonra bekleme süresi boyunca çözeltideki  $^{210}\text{Pb}$ 'nin bozunumundan gelebilecek  $^{210}\text{Po}$  aktivitesi hesaplanmış, toplam  $^{210}\text{Po}$  aktivitesinden çıkarılmış (1) , örneklerin toplandığı tarih ile sayım zamanı arasında geçen süre göz önünde bulundurularak (2) no'lu eşitlik ile aktivite düzeltilmesi yapılmıştır (Uğur ve Yener, 2008).

$$A_{\text{Toplam}}(^{210}\text{Po}) = A^{210}\text{Po}(^{210}\text{Pb}) + A(^{210}\text{Po}) \quad (1)$$

$$A = A_0 e^{-\lambda t} \quad (2)$$

Burada A, Örnekteki toplam  $^{210}\text{Po}$  aktivitesi

$A_0$ , örneğin ilk alındığı tarihteki aktivitesi

$\lambda$ , bozunma sabiti

t ise örneğin toplanması ile sayım zamanı arasında geçen süredir.

Bu tayinlerden sonra  $^{210}\text{Po}/^{210}\text{Pb}$  oranları hesaplanmıştır.

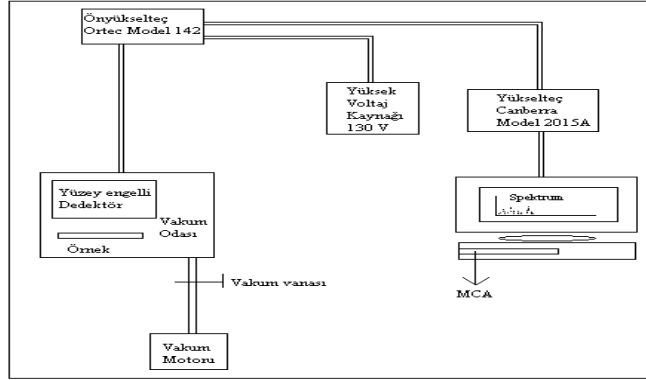
### **3.2.1.3. Alfa Spektroskopik Analizlerde Kullanılan $^{209}\text{Po}$ Standardının Hazırlanması**

Çalışmada toplam verim  $^{209}\text{Po}$  ( $0.1 \text{ Bq ml}^{-1}$ ) standardı kullanılarak hesaplanmıştır. Kullanılan  $^{209}\text{Po}$  standardı (National Institute of Standards & Technology Certificate, Standard Reference Material 4326, Polonium-209 Radioactivity Standard), Enstitü’ümüzde daha önce tamamlanan bir proje kapsamında hazırlanmıştır. Bu projede aktivitesi  $500 \text{ Bq}$  ve ağırlığı ( $5.160 \pm 0.003$ ) g olan stok standard çözeltinin bulunduğu ampül  $2\text{M HCl}$  ile seyreltilmiş ve  $100 \text{ mL}$ ’deki konsantrasyonu  $10\text{Bq}$  olan  $^{209}\text{Po}$  sıvı kaynağı hazırlanmıştır. Yine bu projede analizlenen midye, balık, sediment ve deniz suyu örneklerindeki aktivite ile uygunluğunu sağlamak amacı ile yine seyreltilerek aktivitesi  $0.1 \text{ Bq ml}^{-1}$  olan  $^{209}\text{Po}$  standardı hazırlanmıştır. (IAEA, 2006).

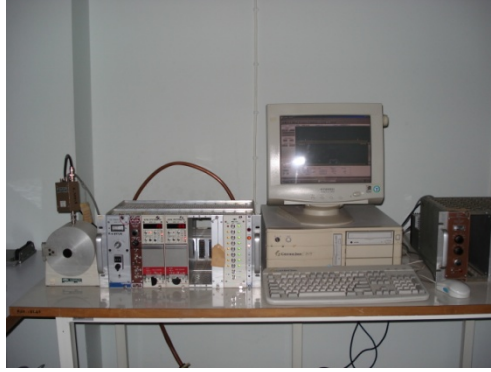
### **3.2.1.4. Çalışmada $^{210}\text{Po}$ ve $^{210}\text{Pb}$ tayinlerinde kullanılan alfa spektrometre sistemi**

Kullanılan alfa spektrometresi, Canberra 7401 model ve  $450 \text{ mm}^2$  aktif alanlı PIPS (Passivated Implanted Planar Silicon) dedektör, vakum odası, Accuspec A8K MCA kartı ve Genie 2000 yazılım programını içeren bilgisayar sisteminden oluşmaktadır.

Şekil 3.9’da sistemin blok şeması ve Şekil 3.10’da ise sistem görülmektedir.



Şekil 3.9. Alfa spektrometre sisteminin blok şeması



Şekil 3.10. Alfa spektrometre sisteminin genel görünüşü

PIPS (Passivated Implanted Planar Silicon) dedektör, modern yarı-iletken teknolojisinin bir ürünüdür ve yüzey engelli silikon yarı-iletken dedektörlere göre birçok avantajı vardır:

- Daha düşük akım kaçağı
- Daha ince pencere kalınlığı
- Düşük gürültülü
- Sabit ve dayanıklı giriş penceresi
- Kolaylıkla temizlenebilir olması gibi avantajları bulunduğundan

pek çok uygulamada bu dedektörün yerini alır.

Çalışmada kullanılan PIPS dedektörün dedeksiyon limiti (LLD) Currie eşitliği kullanılarak hesaplanmıştır. LLD hesabı şu şekildedir (Currie, 1968).

$$LLD = \frac{2.71 + 4.65.B^{1/2}}{\epsilon.t}$$

Burada B, background sayımı

$\epsilon$ , dedektör verimi

t ise sayım süresidir.

Curie eşitliği kullanılarak yapılan hesaplamada kullanılan PIPS dedektörün dedeksiyon limiti  $1.44 \times 10^{-3}$  Bq olarak bulunmuştur.

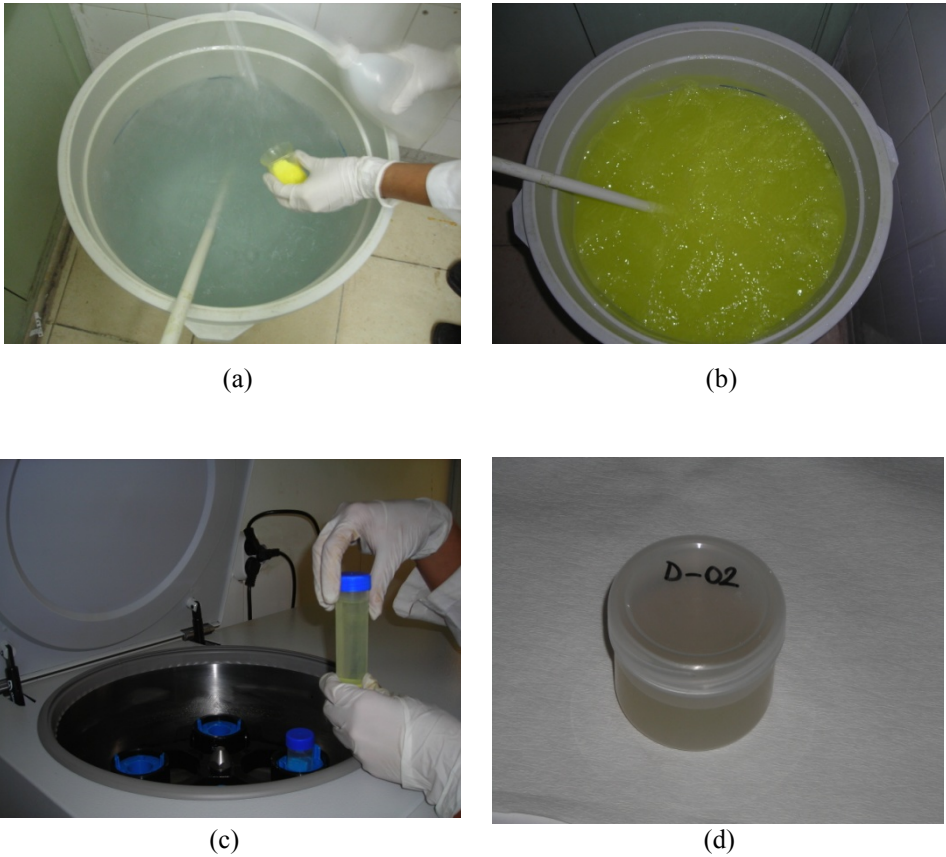
### **3.2.2. Midye, Sediment, Deniz Suyu ve Balıklarda $^{137}\text{Cs}$ Tayini için Uygulanan İşlemler**

Toplanan midye, balık ve sediment örneklerinin yaş ağırlıkları belirlenip  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$  etüvde kurutulmuştur. Kuru ağırlıkları belirlendikten sonra havanda öğütülen örneklerdeki  $^{137}\text{Cs}$  aktivitesi, belirlenen geometride (sediment örnekleri Marinelli kaplarda, balık ve midye örnekleri ise uygun geometrideki kaplarda) gama spektrometresi kullanılarak 662 keV enerjili gamalardan tayin edilmiştir.

Deniz suyunda  $^{137}\text{Cs}$  tayini için belirlenen istasyonlardan 40 litre örnek alınmıştır. Örnekler pH 1 olacak şekilde asitlendirildikten sonra AMP (Ammonium Phosphomolybdate) ilavesiyle  $^{137}\text{Cs}$ 'nin çökmesi

sağlanmış, çökme işlemi gerçekleştirildikten sonra katı ve sıvı fazlar santrifüj ile ayrılmıştır. Ayrılan kısım NaOH ile 70 ml'ye tamamlanmış (Şekil 3.11) ve gama spektrometresi ile sayılmıştır.

Deniz suyu örnekleri HPGe dedektörde sayıldıktan sonra donduruculu kurutucuda kurutulmuş ve enerji dağılımlı X-ışını floresans' da (EDXRF) kimyasal verim tayinleri yapılmıştır.



Şekil 3.11. Deniz suyu  $^{137}\text{Cs}$  çöktürme işlemi, a) AMP'nin eklenmesi, b) AMP ve CsCl'nin karıştırılması, c) Santrifüj ile çöktürme işlemi, d) Örneğin NaOH ile 70 ml'ye tamamlanması

### **3.2.2.1. Gama Spektroskopik Analizlerde Kullanılan Standartlar**

Enerji ve verim kalibrasyonları için 70 ml'lik geometriya sahip 1 g cm<sup>-3</sup> epoksi matriks içerisinde multinüklid bulunan standart bir kaynak kullanılmıştır. Kullanılan standart "California Isotope Product Laboratories" tarafından hazırlanmıştır.

Sediment örnekleri için ise Marinelli kaplarla aynı geometriye sahip epoksi matriks içerisinde multinüklid bulunan standart bir kaynak kullanılmıştır.



(a)



(b)

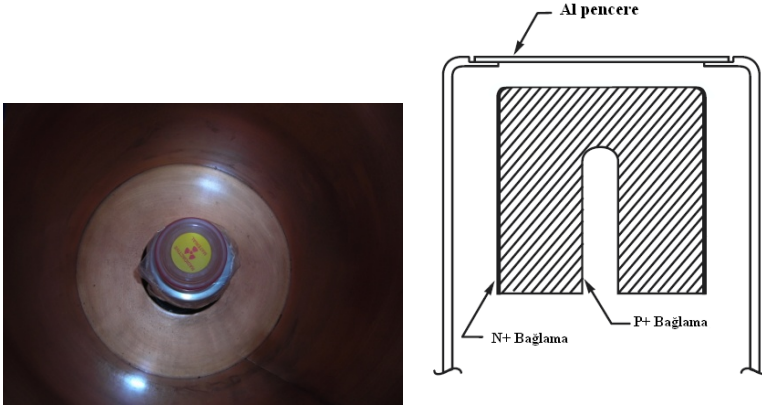
Şekil 3.12. Gama Ölçümlerinde kullanılan çoklu standart kaynaklar, a) Deniz suyu ve organizma için kullanılan standart kaynak, b) Sediment için kullanılan standart kaynak

### **3.2.2.2. Çalışmada $^{137}\text{Cs}$ tayinlerinde kullanılan gama spektrometre sistemi**

Çalışmada kullanılan örneklerin  $^{137}\text{Cs}$  aktivitelerinin belirlenmesinde iki adet gama spektrometre sistemi kullanılmıştır. Çekmece Nükleer Araştırma Merkezi'nde bulunan bu sistemlerin özellikleri şöyledir:

1. sistem, Canberra GX 5020 model 30 KeV ile 10 MeV arasında ölçüm yapabilen HPGe (1.33 MeV'de FWHM:2.0 keV, relatif verim % 50 ve pik/compton = 60 dır.) dedektör, DSA1000, zırh Genie 2000 yazılım programını içeren bilgisayar sisteminden oluşmaktadır.





Şekil 3.13. Canberra GX 5020 model HpGe Dedektörün iç ve dış görüntüsü

2. sistem ise, Ortec GEM 150P4 HPGe (1.33 MeV’de FWHM:2.3 keV, relatif verim % 150 ve pik/compton = 90/1 dir.) dedektör, zırh, Dspec jr, gammavision ve Genie 2000 yazılım programını içeren bilgisayar sisteminden oluşmaktadır.





Şekil 3.14. Ortec GEM 150P4 HpGe Dedektörün iç ve dış görüntüsü

### **3.2.2.3. Deniz Suyu Örneklerinde Kimyasal Verim Tayini İçin Kullanılan X - ışını Floresans (EDXRF) Sistemi**

Deniz suyu örneklerindeki  $^{137}\text{Cs}$  tayinleri için örnekler Çekmece Nükleer Araştırma Merkezi'nde (ÇNAEM) bulunan HPGe dedektörde sayıldıktan sonra donduruculu kurutucuda (freeze dryer) kurutulmuş ve enerji dağılımlı X-ışını floresans'da (EDXRF) kimyasal verim tayinleri yapılmıştır (Şekil 3.15).



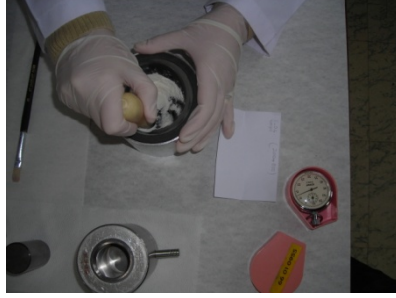
Şekil 3.15. Kimyasal verim tayini için kullanılan EDXRF sistemi

Enerji dağılımlı X-ışını floresans (EDXRF), özellikle Si (Li) ve düşük enerjili Ge(Li) veya HPGe katı hal dedektörlerinin EDXRF spektrometresinde kullanımı, voltaj puls yükseklik dağılımı ve bunun elektronik olarak ayrılmasıyla x-ışını enerji spektrumunun elde edilmesini sağlamıştır. EDXRF spektrometresinde genel olarak, örnekteki x-ışınlarını uyararak için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır.

En çok kullanılan uyarma yöntemi konvansiyonel x-ışını tüpleri ile olmaktadır. 100 kV'luk çalışma potansiyeli ile hemen hemen bütün K serisi X-ışınlarının uyarılması mümkündür.

Düşük atom numaralı elementlerin uyarılmasında kullanılan  $\alpha$  ve  $\beta$  parçacıklarının yarattıkları çeşitli problemlerden dolayı çok sık kullanılmamaktadırlar. Fe-55, Pu-238, Cd-109, Am-241, Co-57 gibi düşük enerjili gama ve X-ışını veren radyoizotoplar en çok kullanılanlardır (Alkan ve Başsarı, 1987).

EDXRF sisteminde kimyasal verim tayini için, 70 ml'lik deniz suyu örneği kurutulduktan sonra havanda daha ince partikül boyutuna öğütülmüştür. Öğütülen örnekten 200 mg alınıp 800 mg selüloz ile 1 grama tamamlanmış ve pelet haline getirilerek dedektörde sayılmıştır.



(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 3.16. Deniz suyu örneklerinin kimyasal verim tayini için EDXRF sisteminde sayıma hazırlanma aşamaları, a) Kurumuş örneğin havanda öğütülmesi, b) Pelet için hazırlanması, c) Peletleme işlemi, d) Örneğin sayıma hazır hale gelmesi

### 3.2.3. Midye, Balık, Sediment Örneklerinde Ağır Metallerin ICP-OES ile Tayini

Laboratuara getirilen midye ve balık örneklerinin yumuşak dokuları ayrılmış ve yaş olarak tartılmıştır. Sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulduktan sonra örneklerden 5 g örnek alınarak 250 ml cam beherler içerisinde 5 ml  $H_2SO_4$  ile ısıtıcı tabla üzerinde  $70-80\ ^\circ C$ 'de buharlaştırma

işlemine tabi tutulmuştur. 15 dakika sonra 10 ml HNO<sub>3</sub> yavaşça eklenerek 120 °C'de buharlaştırmaya devam edilmiştir. Örnek sıvı hale geldikten sonra 6 ml H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> eklenerek aynı sıcaklıkta 30 dakika ısıtılmıştır. 2 saat 150 °C'de örneğin saflaşması sağlanana kadar hidrojen peroksit eklenmeye devam edilmiştir. Bundan sonra örnek balon joje içerisinde %2'lik HNO<sub>3</sub> ile 50 ml'ye seyreltilerek Enstitü'müzde bulunan ICP-OES'de (Perkin-Elmer 2000 DV) metallerin tayini yapılmıştır (Topçuoğlu, 2002).

Laboratuara getirilen sediment örnekleri analize kadar plastik kaplarda saklanmıştır. Tane boyutu, sedimentlerin metalleri biriktirme kapasiteleri üzerinde etkili olan en önemli faktörlerden biri olması nedeniyle metal kirliliği ile ilgili çalışmalarda, kirliliği yansıtacak partikül büyüklüğü olarak 63 µm'den küçük tane boyutu önerilmektedir. Bu nedenle sediment örneği 85 °C'de 48 saat kurutularak homojenize hale getirildikten sonra 63 µm'lik elekten geçirilmiş ve küçük tane boyutuna ayrılmıştır. 1 g sediment örneği nitrik asit ile teflon beherde çözülüp, 10 ml HF eklenmiştir. Daha sonra biyota örneğinde izlenen prosedür uygulanarak ICP-OES'de metallerin tayini yapılmıştır (Topçuoğlu, 2002).

Kullanılan ICP-OES için dedeksiyon limitleri ölçülen metaller için aşağıda verilmiştir.

<b>Metal</b>	<b>Dedeksiyon aralığı</b>
Kadmiyum (Cd)	< 0.1 ppb
Kurşun (Pb)	1-10 ppb
Krom (Cr)	0.1-1 ppb
Çinko (Zn)	0.1-1 ppb
Bakır (Cu)	0.1-1 ppb
Mangan (Mn)	0.1-1 ppb
Nikel (Ni)	0.1-1 ppb
Demir (Fe)	< 0.1 ppb

### **3.2.3.1. İndüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektrometresi, (Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometer, ICP-OES)**



Şekil 3.17. Ağır Metal analizlerinin yapıldığı ICP-OES

İndüktif eşleşmiş plazma kaynağı aralarından dakikada 10-17 ml argon gazı geçen iç içe geçmiş üç kuvars borudan (torch) yapılmıştır. Üzerinde suyla soğutulan radyo indüksiyon bobini bulunan en geniş borunun çapı 2.5cm'dir. Radyo indüksiyon jeneratörünün gücü 27 ya da 41 MHz'de 0.5-2 kW'tır. Akan argonun iyonlaşması bir Tesla bobininden kıvılcım ile başlatılmasıyla oluşan iyon ve elektronlar indüksiyon bobini tarafından oluşturulan manyetik alan salınımları ile etkileşir. Böylece iyonlar ve elektronlar aynı yöne doğru akmaya başlar. Ortamın akmaya karşı gösterdiği direnç ile ortamın sıcaklığı 10000 K'ye kadar yükseltilir.

Taşıyıcı argon gazı sayesinde 4000-8000 K sıcaklığındaki bölgeye ulaşan örnek atomları burada 2 ms kalırlar. Bu sıcaklıkta atomlaşma meydana gelir. Sıcaklığın bu kadar yüksek olması diğer yöntemlerde karşılaşılan kimyasal girişim sorunu ile daha az karşılaşırken iyonlaşma girişimi yok denecek kadar az olmasına sebep olur. Her bölgede plazma sıcaklığının aynı olması sebebiyle self absorpsiyon ve dönüşüm etkileriyle karşılaşılmaz (Talip, 2007).

#### İndüktif Eşleşmiş Plazma:

ICP plazma torçunun iç içe geçmiş üç konsentrik cam tüpüyle oluşturulur ve her tüp bir giriş noktası içerir. Ortadaki (plazma) ve en dıştaki (soğutucu) tüpler eş merkezli ve en içteki tüp çevresinde olacak şekilde düzenlenmişlerdir (Talip, 2007).

## 4. BULGULAR

Ege Denizi'ndeki 2 ayrı istasyondan Nisan 2006-Mart 2007 arasında aylık periyotlarla midye, balık, sediment ve deniz suyu örnekleri toplanmıştır.

Araştırmada Didim ve İzmir Körfezi'nin yanında Didim'deki konsantrasyonları etkileyeceği düşünüldüğünden Büyük Menderes Nehri ve Dilek Yarımadası Deltası'ndan da sediment ve su örnekleri alınmıştır.

### 4.1. $^{210}\text{Po}$ ve $^{210}\text{Pb}$ Konsantrasyonları

- Didim ve İzmir Körfezi'nden toplanan kara midye (*Mytilus galloprovincialis*) örneklerinde aylık olarak  $^{210}\text{Po}$  ve  $^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonları tayin edilmiştir. Elde edilen konsantrasyonlar Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Didim ve İzmir Körfezi'nden toplanan kara midyelerin (*Mytilus galloprovincialis*) yumuşak dokularının kuru ağırlık/yaşağırlık oranları

İstasyon	Örnekleme Tarihi	Kuru/yaş Ağırlığı
Didim (1-4) cm	Nisan-2006	0.14
Didim (4-6) cm	Nisan-2006	0.19
Didim (> 6) cm	Nisan-2006	0.21
Didim (3-5) cm	Nisan-2006	0.20
Didim (1-4) cm	Mayıs-2006	0.18

<b>İstasyon</b>	<b>Örnekleme Tarihi</b>	<b>Kuru/yaş Ağırlığı</b>
Didim (4-6) cm	Mayıs-2006	0.19
Didim (> 6) cm	Mayıs-2006	0.17
Didim (3-5) cm	Mayıs-2006	0.17
Didim (1-4) cm	Haziran-2006	0.17
Didim (4-6) cm	Haziran-2006	0.20
Didim (> 6) cm	Haziran-2006	0.16
Didim (3-5) cm	Haziran-2006	0.18
Didim (1-4) cm	Temmuz-2006	0.17
Didim (4-6) cm	Temmuz-2006	0.21
Didim (> 6) cm	Temmuz-2006	0.23
Didim (3-5) cm	Temmuz-2006	0.15
Didim (1-4) cm	Ağustos-2006	0.19
Didim (4-6) cm	Ağustos-2006	0.21
Didim (> 6) cm	Ağustos-2006	0.21
Didim (3-5) cm	Ağustos-2006	0.16
Didim (1-4) cm	Eylül-2006	0.16
Didim (4-6) cm	Eylül-2006	0.18
Didim (> 6) cm	Eylül-2006	0.20
Didim (3-5) cm	Eylül-2006	0.17
Didim (1-4) cm	Ekim-2006	0.15
Didim (4-6) cm	Ekim-2006	0.17
Didim (3-5) cm	Ekim-2006	0.16
Didim (1-4) cm	Kasım-2006	0.14

<b>İstasyon</b>	<b>Örnekleme Tarihi</b>	<b>Kuru/yaş Ağırlığı</b>
Didim (4-6) cm	Kasım-2006	0.17
Didim (> 6) cm	Kasım-2006	0.16
Didim (3-5) cm	Kasım-2006	0.18
Didim (1-4) cm	Aralık-2006	0.11
Didim (4-6) cm	Aralık-2006	0.15
Didim (> 6) cm	Aralık-2006	0.13
Didim (3-5) cm	Aralık-2006	0.15
Didim (1-4) cm	Ocak-2007	0.14
Didim (4-6) cm	Ocak-2007	0.12
Didim (3-5) cm	Ocak-2007	0.13
Didim (1-4) cm	Şubat-2007	0.13
Didim (4-6) cm	Şubat-2007	0.11
Didim (3-5) cm	Şubat-2007	0.14
Didim (1-4) cm	Mart-2007	0.11
Didim (4-6) cm	Mart-2007	0.11
Didim (> 6) cm	Mart-2007	0.12
Didim (3-5) cm	Mart-2007	0.13
İzmir Körfezi (1-4) cm	Nisan-2006	0.24
İzmir Körfezi (4-6) cm	Nisan-2006	0.23
İzmir Körfezi (> 6) cm	Nisan-2006	0.22
İzmir Körfezi (1-4) cm	Mayıs-2006	0.19
İzmir Körfezi (4-6) cm	Mayıs-2006	0.20
İzmir Körfezi (> 6) cm	Mayıs-2006	0.20

<b>İstasyon</b>	<b>Örnekleme Tarihi</b>	<b>Kuru/yaş Ağırlığı</b>
İzmir Körfezi (1-4) cm	Haziran-2006	0.16
İzmir Körfezi (4-6) cm	Haziran-2006	0.22
İzmir Körfezi (> 6) cm	Haziran-2006	0.22
İzmir Körfezi (3-5) cm	Haziran-2006	0.18
İzmir Körfezi (1-4) cm	Temmuz-2006	0.16
İzmir Körfezi (4-6) cm	Temmuz-2006	0.21
İzmir Körfezi (> 6) cm	Temmuz-2006	0.24
İzmir Körfezi (3-5) cm	Temmuz-2006	0.17
İzmir Körfezi (1-4) cm	Ağustos-2006	0.18
İzmir Körfezi (4-6) cm	Ağustos-2006	0.20
İzmir Körfezi (> 6) cm	Ağustos-2006	0.24
İzmir Körfezi (1-4) cm	Eylül-2006	0.18
İzmir Körfezi (4-6) cm	Eylül-2006	0.20
İzmir Körfezi (> 6) cm	Eylül-2006	0.20
İzmir Körfezi (3-5) cm	Eylül-2006	0.25
İzmir Körfezi (1-4) cm	Ekim-2006	0.13
İzmir Körfezi (4-6) cm	Ekim-2006	0.21
İzmir Körfezi (> 6) cm	Ekim-2006	0.19
İzmir Körfezi (3-5) cm	Ekim-2006	0.16
İzmir Körfezi (4-6) cm	Kasım-2006	0.16
İzmir Körfezi (> 6) cm	Kasım-2006	0.18
İzmir Körfezi (1-4) cm	Aralık-2006	0.15
İzmir Körfezi (4-6) cm	Aralık-2006	0.17

İstasyon	Örnekleme Tarihi	Kuru/yaş Ağırlığı
İzmir Körfezi (> 6) cm	Aralık-2006	0.16
İzmir Körfezi (3-5) cm	Aralık-2006	0.12
İzmir Körfezi (4-6) cm	Ocak-2007	0.22
İzmir Körfezi (> 6) cm	Ocak-2007	0.22
İzmir Körfezi (4-6) cm	Şubat-2007	0.15
İzmir Körfezi (> 6) cm	Şubat-2007	0.17
İzmir Körfezi (1-4) cm	Mart-2007	0.18
İzmir Körfezi (4-6) cm	Mart-2007	0.15
İzmir Körfezi (> 6) cm	Mart-2007	0.18
İzmir Körfezi(3-5) cm	Mart-2007	0.15

Çizelge 4.2. Didim ve İzmir Körfezi'nden toplanan midyelerdeki (*Mytilus galloprovincialis*)  $^{210}\text{Po}$  ( $\text{Bq.kg}^{-1}$ ) ve  $^{210}\text{Pb}$  ( $\text{Bq.kg}^{-1}$ ) Konsantrasyonları

İstasyon	Örnekleme Tarihi	$^{210}\text{Po}$ ( $\text{Bq kg}^{-1}$ )	$^{210}\text{Pb}$ ( $\text{Bq kg}^{-1}$ )	$^{210}\text{Po}/^{210}\text{Pb}$
Didim (1-4) cm	Nisan-2006	1258±88	36±6	34.94
Didim (4-6) cm	Nisan-2006	1245±75	28±6	44.46
Didim (> 6) cm	Nisan-2006	1154±69	29±5	39.79
Didim (3-5) cm	Nisan-2006	846±91	30±9	28.20
Didim (1-4) cm	Mayıs-2006	877±58	23±3	38.13
Didim (4-6) cm	Mayıs-2006	865±55	34±7	25.44
Didim (> 6) cm	Mayıs-2006	1100±72	28±4	39.29
Didim (3-5) cm	Mayıs-2006	2303±383	ND	-

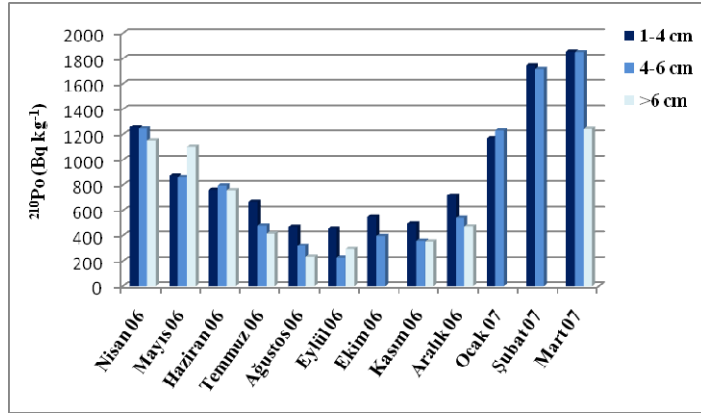
İstasyon	Örnekleme Tarihi	<sup>210</sup> Po (Bq kg <sup>-1</sup> )	<sup>210</sup> Pb (Bq kg <sup>-1</sup> )	<sup>210</sup> Po/ <sup>210</sup> Pb
Didim (1-4) cm	Haziran-2006	763±59	17±7	44.88
Didim (4-6) cm	Haziran-2006	796±55	27±5	29.48
Didim (> 6) cm	Haziran-2006	760±51	16±4	47.50
Didim (3-5) cm	Haziran-2006	870±58	22±5	39.55
Didim (1-4) cm	Temmuz-2006	666±47	18±4	37.00
Didim (4-6) cm	Temmuz-2006	481±36	12±3	40.08
Didim (> 6) cm	Temmuz-2006	414±34	15±3	27.60
Didim (3-5) cm	Temmuz-2006	657±47	17±3	38.65
Didim (1-4) cm	Ağustos-2006	471±34	11±4	42.82
Didim (4-6) cm	Ağustos-2006	321±28	15±4	21.40
Didim (> 6) cm	Ağustos-2006	233±23	7±3	33.29
Didim (3-5) cm	Ağustos-2006	578±65	24±12	24.08
Didim (1-4) cm	Eylül-2006	458±36	17±7	26.94
Didim (4-6) cm	Eylül-2006	227±22	17±4	13.35
Didim (> 6) cm	Eylül-2006	292±25	19±4	15.37
Didim (3-5) cm	Eylül-2006	402±50	40±5	10.05
Didim (1-4) cm	Ekim-2006	548±35	13±5	42.15
Didim (4-6) cm	Ekim-2006	396±28	18±4	22.00
Didim (3-5) cm	Ekim-2006	800±49	14±5	57.14
Didim (1-4) cm	Kasım-2006	496±32	30±5	16.53
Didim (4-6) cm	Kasım-2006	360±25	39±7	9.23
Didim (> 6) cm	Kasım-2006	354±25	7±3	50.57
Didim (3-5) cm	Kasım-2006	508±36	33±7	15.39
Didim (1-4) cm	Aralık-2006	717±45	29±7	24.72
Didim (4-6) cm	Aralık-2006	540±33	26±5	20.77

<b>İstasyon</b>	<b>Örnekleme Tarihi</b>	<b><sup>210</sup>Po (Bq kg<sup>-1</sup>)</b>	<b><sup>210</sup>Pb (Bq kg<sup>-1</sup>)</b>	<b><sup>210</sup>Po/<sup>210</sup>Pb</b>
Didim (> 6) cm	Aralık-2006	474±30	19±4	24.95
Didim (3-5) cm	Aralık-2006	621±37	30±5	20.70
Didim (1-4) cm	Ocak-2007	1171±62	37±7	31.65
Didim (4-6) cm	Ocak-2007	1230±67	41±20	30.00
Didim (3-5) cm	Ocak-2007	1266±92	31±5	40.84
Didim (1-4) cm	Şubat-2007	1744±95	30±3	58.13
Didim (4-6) cm	Şubat-2007	1718±90	54±8	31.81
Didim (3-5) cm	Şubat-2007	1483±80	59±10	25.14
Didim (1-4) cm	Mart-2007	1855±98	60±11	30.92
Didim (4-6) cm	Mart-2007	1850±104	48±11	38.54
Didim (> 6) cm	Mart-2007	1242±70	64±6	19.41
Didim (3-5) cm	Mart-2007	1603±85	15±4	106.87
İzmir Körfezi(1-4) cm	Nisan-2006	55±15	28±7	1.96
İzmir Körfezi(4-6) cm	Nisan-2006	77±12	17±4	4.53
İzmir Körfezi(> 6) cm	Nisan-2006	34±9	34±7	1.00
İzmir Körfezi(1-4) cm	Mayıs-2006	35±6	41±8	0.85
İzmir Körfezi(4-6) cm	Mayıs-2006	37±13	28±5	1.32
İzmir Körfezi(> 6) cm	Mayıs-2006	52±20	35±5	1.49
İzmir Körfezi(1-4) cm	Haziran-2006	60±10	15±4	4.00
İzmir Körfezi(4-6) cm	Haziran-2006	55±11	8±3	6.88
İzmir Körfezi(> 6) cm	Haziran-2006	49±5	11±4	4.45
İzmir Körfezi(3-5) cm	Haziran-2006	122±25	14±3	8.71
İzmir Körfezi(1-4) cm	Temmuz-2006	65±15	ND	-
İzmir Körfezi(4-6) cm	Temmuz-2006	54±14	8±4	6.75
İzmir Körfezi(> 6) cm	Temmuz-2006	42±14	10±4	4.20

İstasyon	Örnekleme Tarihi	<sup>210</sup> Po (Bq kg <sup>-1</sup> )	<sup>210</sup> Pb (Bq kg <sup>-1</sup> )	<sup>210</sup> Po/ <sup>210</sup> Pb
İzmir Körfezi(3-5) cm	Temmuz-2006	129±24	11±3	11.73
İzmir Körfezi(1-4) cm	Ağustos-2006	70±17	11±1	6.36
İzmir Körfezi(4-6) cm	Ağustos-2006	63±12	7±4	9.00
İzmir Körfezi(> 6) cm	Ağustos-2006	54±11	12±1	4.50
İzmir Körfezi(1-4) cm	Eylül-2006	102±13	7±4	14.57
İzmir Körfezi(4-6) cm	Eylül-2006	98±14	6±1	16.33
İzmir Körfezi(> 6) cm	Eylül-2006	85±7	ND	-
İzmir Körfezi(3-5) cm	Eylül-2006	135±19	ND	-
İzmir Körfezi(1-4) cm	Ekim-2006	77±11	6±1	12.83
İzmir Körfezi(4-6) cm	Ekim-2006	76±11	5±1	15.20
İzmir Körfezi(> 6) cm	Ekim-2006	80±12	4±3	20.00
İzmir Körfezi(3-5) cm	Ekim-2006	98±14	ND	-
İzmir Körfezi(4-6) cm	Kasım-2006	112±15	40±6	2.80
İzmir Körfezi(> 6) cm	Kasım-2006	154±15	18±3	8.56
İzmir Körfezi(1-4) cm	Aralık-2006	132±14	21±6	6.29
İzmir Körfezi(4-6) cm	Aralık-2006	102±12	30±3	3.40
İzmir Körfezi(> 6) cm	Aralık-2006	122±14	27±4	4.52
İzmir Körfezi(3-5) cm	Aralık-2006	59±14	23±3	2.57
İzmir Körfezi(4-6) cm	Ocak-2007	41±9	21±1	1.95
İzmir Körfezi(> 6) cm	Ocak-2007	70±9	26±4	2.69
İzmir Körfezi(4-6) cm	Şubat-2007	41±6	12±4	3.42
İzmir Körfezi(> 6) cm	Şubat-2007	39±6	18±4	2.17
İzmir Körfezi(1-4) cm	Mart-2007	79±15	19±9	4.16
İzmir Körfezi(4-6) cm	Mart-2007	59±9	17±5	3.47
İzmir Körfezi(> 6) cm	Mart-2007	50±8	17±5	2.94

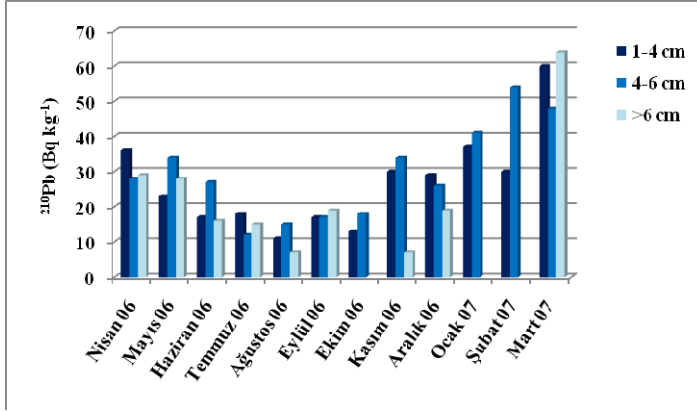
İstasyon	Örnekleme Tarihi	$^{210}\text{Po}$ (Bq kg $^{-1}$ )	$^{210}\text{Pb}$ (Bq kg $^{-1}$ )	$^{210}\text{Po}/^{210}\text{Pb}$
İzmir Körfezi(3-5) cm	Mart-2007	65±10	6±3	10.83

Didim’de en yüksek  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonu 2303±383 Bq kg $^{-1}$  ile Mayıs ayında 3-5 cm boyutlu midyelerde, en düşük konsantrasyonu ise 227±22 Bq kg $^{-1}$  ile Eylül ayında tayin edilmiştir. Didim’den alınan midyelerde ortalama  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonunun 867±12 Bq kg $^{-1}$  olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.1).



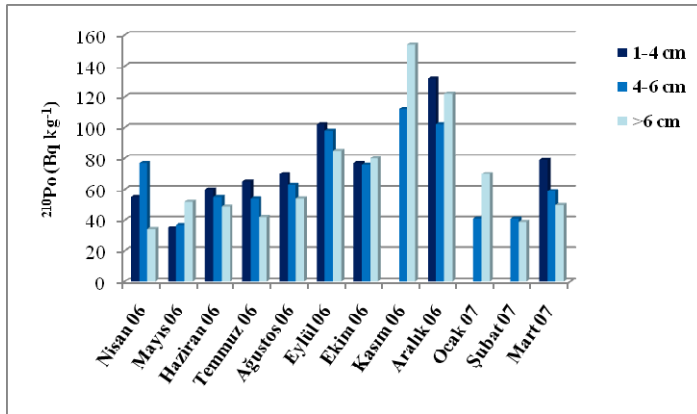
Şekil 4.1. Didim’den toplanan midye (*Mytilus galloprovincialis*) örneklerindeki  $^{210}\text{Po}$  (Bq kg $^{-1}$ ) konsantrasyonlarının değişimi

Didim’de en yüksek  $^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonu 64±6 Bq kg $^{-1}$  ile Mart ayında tayin edilmiştir. Çalışmada Didim’den alınan midyelerde ortalama  $^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonunun 27±1 Bq kg $^{-1}$  olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.2).



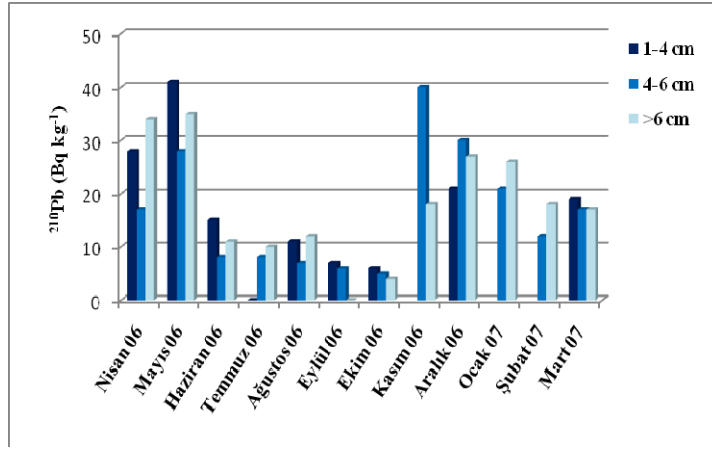
Şekil 4.2. Didim'den toplanan midye (*Mytilus galloprovincialis*) örneklerindeki  $^{210}\text{Pb}$  ( $\text{Bq kg}^{-1}$ ) konsantrasyonlarının değişimi

İzmir Körfezi'nde en yüksek  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonu  $154 \pm 15 \text{ Bq kg}^{-1}$  ile Kasım ayında, en düşük konsantrasyonu ise  $34 \pm 9 \text{ Bq kg}^{-1}$  ile Nisan ayında tayin edilmiştir. Araştırma sonucunda İzmir Körfezi'nden alınan midyelerde ortalama  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonunun  $75 \pm 2 \text{ Bq kg}^{-1}$  olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. İzmir Körfezi'nden toplanan midye (*Mytilus galloprovincialis*) örneklerindeki  $^{210}\text{Po}$  ( $\text{Bq kg}^{-1}$ ) konsantrasyonlarının değişimi

İzmir Körfezi'nde en yüksek  $^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonu  $41\pm 8 \text{ Bq kg}^{-1}$  ile Mayıs ayında tayin edilmiştir. Araştırma sonucunda İzmir Körfezi'nden alınan midyelerde ortalama  $^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonunun  $17\pm 1 \text{ Bq kg}^{-1}$  olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.4. İzmir Körfezi'nden toplanan midye (*Mytilus galloprovincialis*) örneklerindeki  $^{210}\text{Pb}$  ( $\text{Bq kg}^{-1}$ ) konsantrasyonlarının değişimi

Ege Denizi'ndeki 2 ayrı istasyondan 2006-2007 yılları arasında aylık periyotlarla yerel balıkçılardan en çok tüketilen balık türleri toplanmıştır. Ancak, beslenme ve üreme nedeniyle göç eden bazı balık türlerini her ay temin etmek mümkün olmamıştır.

Belirlenen istasyonlardan alınan balık örneklerinin analiz sonuçları aşağıdaki tablolarda verilmiştir. Didim istasyonundan beslenme özellikleri de dikkate alınarak toplanan farklı balık türlerindeki  $^{210}\text{Po}$  ve

$^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonlarının aylık değişimi izelge 4.3 ile izelge 4.4’de görülmektedir.

Çizelge 4.3. Didim’den toplanan balık örneklerindeki  $^{210}\text{Po}$  ( $\text{Bq kg}^{-1}$  kuru ağr.) konsantrasyonları

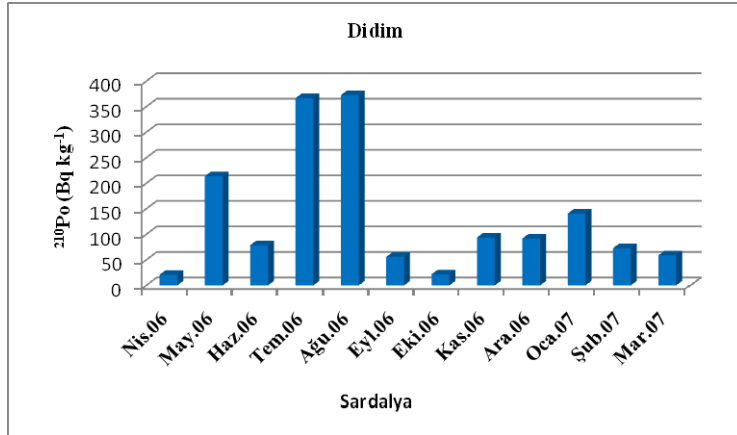
<b>Balık Türleri</b>	<b>rnekleme Tarihi</b>	<b><math>^{210}\text{Po}</math> (<math>\text{Bq kg}^{-1}</math>)</b>	<b>Kuru/yaş Ağırlığı</b>
Barbun ( <i>Mullus barbatus</i> )	Nisan-2006	11±2	0.25
İstavrit ( <i>Trachurus trachurus</i> )	Nisan-2006	18±1	0.23
Kupez ( <i>Boops boops</i> )	Nisan-2006	44±4	0.28
Sarpa ( <i>Sarpa salpa</i> )	Nisan-2006	ND	0.23
İsparoz ( <i>Diplodus annularis</i> )	Nisan-2006	29±1	0.26
Melanur ( <i>Oblada melanura</i> )	Nisan-2006	13±3	0.35
Sardalya ( <i>Sardina pilchardus</i> )	Nisan-2006	21±3	0.25
Sardalya ( <i>Sardina pilchardus</i> )	Mayıs-2006	214±6	0.27
Kupez ( <i>Boops boops</i> )	Mayıs-2006	ND	0.31
Barbun ( <i>Mullus barbatus</i> )	Mayıs-2006	84±3	0.23
Tırsi ( <i>Alosa fallax</i> )	Mayıs-2006	62±3	0.31
Kefal ( <i>Mugil cephalus</i> )	Mayıs-2006	ND	0.28
Mercan ( <i>Pagellus acerne</i> )	Mayıs-2006	29±2	0.25
İsparoz ( <i>Diplodus annularis</i> )	Mayıs-2006	31±2	0.28
Sarpa ( <i>Sarpa salpa</i> )	Mayıs-2006	21±3	0.22
İstavrit ( <i>Trachurus trachurus</i> )	Mayıs-2006	21±1	0.48
Uskumru ( <i>Scomber scombrus</i> )	Haziran-2006	15±3	0.29
Kefal ( <i>Mugil cephalus</i> )	Haziran-2006	32±1	0.17
Tırsi ( <i>Alosa fallax</i> )	Haziran-2006	20±1	0.26
Sardalya ( <i>Sardina pilchardus</i> )	Haziran-2006	79±2	0.37

Balık Türleri	Örnekleme Tarihi	<sup>210</sup> Po (Bq kg <sup>-1</sup> )	Kuru/yaş Ağırlığı
Sargoz ( <i>Diplodus sargus</i> )	Haziran-2006	44±1	0.22
Kupez ( <i>Boops boops</i> )	Haziran-2006	ND	0.32
Kefal ( <i>Mugil cephalus</i> )	Temmuz-2006	11±3	0.23
Mırmır ( <i>Tithognathus fallax</i> )	Temmuz-2006	24±1	0.21
Kupez ( <i>Boops boops</i> )	Temmuz-2006	44±2	0.30
Çipura ( <i>Sparus aurata</i> )	Temmuz-2006	ND	0.41
Sardalya ( <i>Sardina plichardus</i> )	Temmuz-2006	367±6	0.28
Tırsi ( <i>Alosa fallax</i> )	Temmuz-2006	47±3	0.29
Çipura ( <i>Sparus aurata</i> )	Ağustos-2006	ND	0.35
Kupez ( <i>Boops boops</i> )	Ağustos-2006	ND	0.35
Sardalya ( <i>Sardina plichardus</i> )	Ağustos-2006	373±7	0.26
Kefal ( <i>Mugil cephalus</i> )	Ağustos-2006	ND	0.24
Mırmır ( <i>Tithognathus fallax</i> )	Ağustos-2006	27±3	0.21
Tırsi ( <i>Alosa fallax</i> )	Ağustos-2006	ND	0.25
Sardalya ( <i>Sardina plichardus</i> )	Eylül-2006	56±4	0.34
Mırmır ( <i>Tithognathus fallax</i> )	Eylül-2006	11±1	0.22
Mercan ( <i>Pagellus acerne</i> )	Eylül-2006	23±1	0.26
İstavrit ( <i>Trachurus trachurus</i> )	Eylül-2006	3±1	0.24
Kupez ( <i>Boops boops</i> )	Eylül-2006	14±2	0.25
İsparoz ( <i>Diplodus annularis</i> )	Eylül-2006	18±2	0.25
Kefal ( <i>Mugil cephalus</i> )	Eylül-2006	ND	0.27
Kupez ( <i>Boops boops</i> )	Ekim-2006	41±3	0.26
Kefal ( <i>Mugil cephalus</i> )	Ekim-2006	10±1	0.26
İstavrit ( <i>Trachurus trachurus</i> )	Ekim-2006	8±2	0.24
Uskumru ( <i>Scomber scombrus</i> )	Ekim-2006	22±3	0.27

Balık Türleri	Örnekleme Tarihi	<sup>210</sup> Po (Bq kg <sup>-1</sup> )	Kuru/yaş Ağırlığı
Sardalya ( <i>Sardina plichardus</i> )	Ekim-2006	22±3	0.26
Uskumru ( <i>Scomber scombrus</i> )	Kasım-2006	23±1	0.24
Kefal ( <i>Mugil cephalus</i> )	Kasım-2006	ND	0.24
Kupez ( <i>Boops boops</i> )	Kasım-2006	ND	0.26
Sardalya ( <i>Sardina plichardus</i> )	Kasım-2006	94±4	0.26
İstavrit ( <i>Trachurus trachurus</i> )	Kasım-2006	38±3	0.21
Mırmır ( <i>Tithognathus fallax</i> )	Aralık-2006	20±3	0.24
Uskumru ( <i>Scomber scombrus</i> )	Aralık-2006	28±3	0.26
İstavrit ( <i>Trachurus trachurus</i> )	Aralık-2006	ND	0.25
Kefal ( <i>Mugil cephalus</i> )	Aralık-2006	21±2	0.24
Sardalya ( <i>Sardina plichardus</i> )	Aralık-2006	92±4	0.26
Kupez ( <i>Boops boops</i> )	Aralık-2006	3±1	0.27
Kefal ( <i>Mugil cephalus</i> )	Ocak-2007	9±2	0.29
İstavrit ( <i>Trachurus trachurus</i> )	Ocak-2007	41±2	0.22
Kupez ( <i>Boops boops</i> )	Ocak-2007	8±1	0.30
Sardalya ( <i>Sardina plichardus</i> )	Ocak-2007	141±3	0.26
Uskumru ( <i>Scomber scombrus</i> )	Ocak-2007	19±1	0.27
Kefal ( <i>Mugil cephalus</i> )	Şubat-2007	2±1	0.24
Sardalya ( <i>Sardina plichardus</i> )	Şubat-2007	73±4	0.12
Kupez ( <i>Boops boops</i> )	Şubat-2007	58±4	0.20
İstavrit ( <i>Trachurus trachurus</i> )	Şubat-2007	19±1	0.24
Uskumru ( <i>Scomber scombrus</i> )	Şubat-2007	23±3	0.26
Sardalya ( <i>Sardina plichardus</i> )	Mart-2007	59±2	0.32
Kupez ( <i>Boops boops</i> )	Mart-2007	17±1	0.23
Uskumru ( <i>Scomber scombrus</i> )	Mart-2007	39±4	0.23

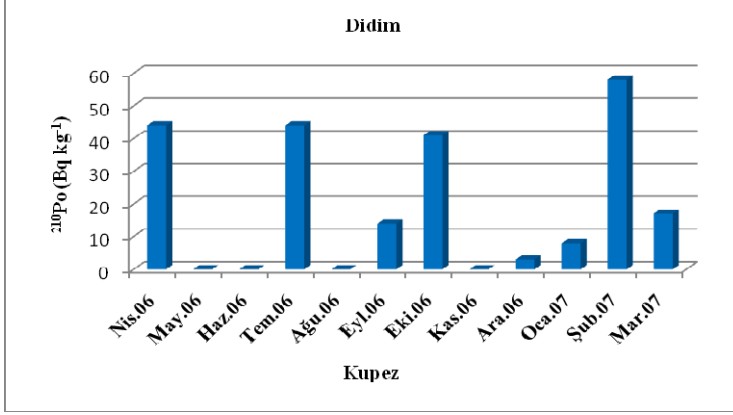
Balık Türleri	Örnekleme Tarihi	$^{210}\text{Po}$ (Bq kg $^{-1}$ )	Kuru/yaş Ağırlığı
İstavrit ( <i>Trachurus trachurus</i> )	Mart-2007	5±2	0.22
Kefal ( <i>Mugil cephalus</i> )	Mart-2007	6±2	0.26

Didim'den alınan Sardalya türü balık örneklerinde en yüksek  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonu 373±7 Bq kg $^{-1}$  ile Ağustos ayında, en düşük konsantrasyonu ise 21±3 Bq kg $^{-1}$  ile Nisan ayında tayin edilmiştir. Araştırma sonucunda Didim'den alınan Sardalya balıklarında ortalama  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonunun 133±1 Bq kg $^{-1}$  olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.5).



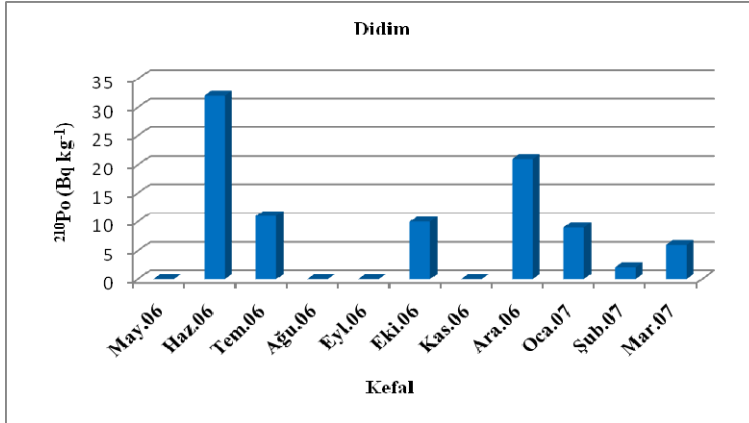
Şekil 4.5. Didim'den alınan Sardalya balık örneklerindeki  $^{210}\text{Po}$  (Bq kg $^{-1}$ ) konsantrasyonlarının değişimi

Didim'den alınan Kupez türü balık örneklerinde en yüksek  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonu 58±4 Bq kg $^{-1}$  ile Şubat ayında tayin edilmiştir. Tayin edilen sonuçlara göre Didim'den alınan Kupez balıklarında ortalama  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonunun 19±1 Bq kg $^{-1}$  olduğu tespit edilmiştir.



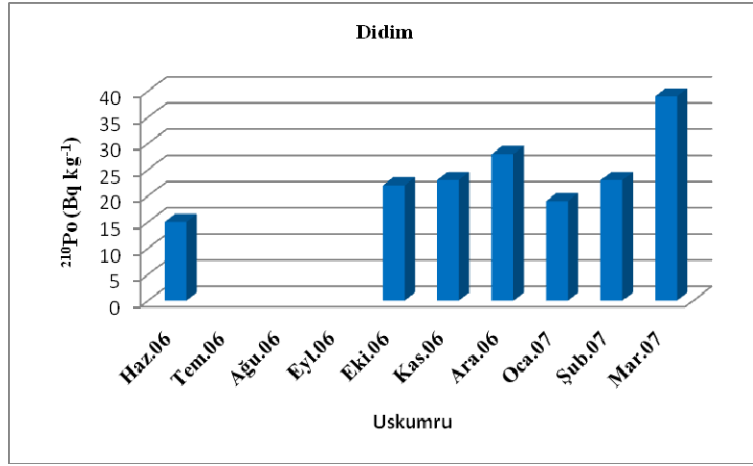
Şekil 4.6. Didim'den alınan Kupez balık örneklerindeki  $^{210}\text{Po}$  (Bq kg<sup>-1</sup>) konsantrasyonlarının değişimi

Didim'den alınan Kefal türü balık örneklerinde en yüksek  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonu  $32 \pm 1$  Bq kg<sup>-1</sup> ile Haziran ayında tayin edilmiştir. Araştırma sonucunda Didim'den alınan Kefal balıklarında ortalama  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonunun  $8 \pm 0.5$  Bq kg<sup>-1</sup> olduğu tespit edilmiştir.



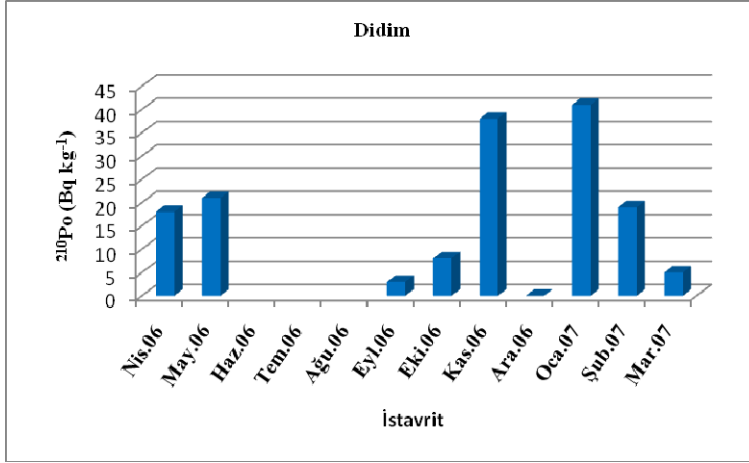
Şekil 4.7. Didim'den alınan Kefal balık örneklerindeki  $^{210}\text{Po}$  (Bq kg<sup>-1</sup>) konsantrasyonlarının değişimi

Didim'den alınan Uskumru türü balık örneklerinde en yüksek  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonu  $39\pm 4 \text{ Bq kg}^{-1}$  ile Mart ayında tayin edilmiştir. Çalışmada Didim'den alınan Uskumru balıklarında ortalama  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonunun  $24\pm 1 \text{ Bq kg}^{-1}$  olduğu tespit edilmiştir.



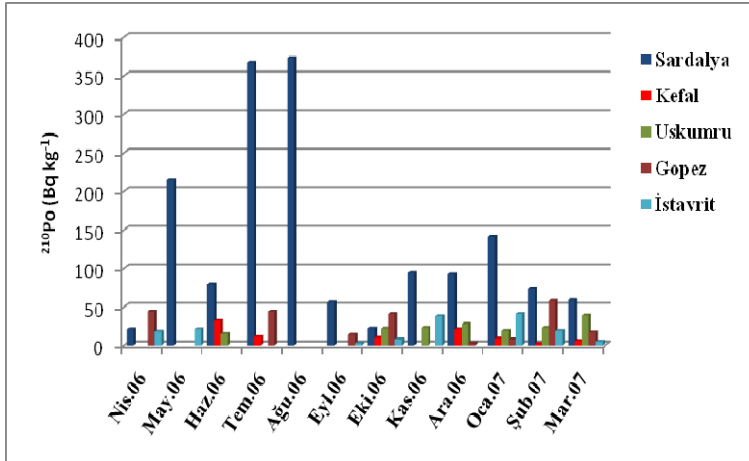
Şekil 4.8. Didim'den alınan Uskumru balık örneklerindeki  $^{210}\text{Po}$  (Bq kg<sup>-1</sup>) konsantrasyonlarının değişimi

Didim'den alınan İstavrit türü balık örneklerinde en yüksek  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonu  $41\pm 2 \text{ Bq kg}^{-1}$  ile Ocak ayında tayin edilmiştir. Araştırma sonucunda Didim'den alınan İstavrit balıklarında ortalama  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonunun  $17\pm 1 \text{ Bq kg}^{-1}$  olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.9. Didim'den alınan İstavrit balık örneklerindeki  $^{210}\text{Po}$  (Bq kg $^{-1}$ ) konsantrasyonlarının değişimi

Didim'den toplanan balık örneklerindeki  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonlarının aylık değişimi Şekil 4.10'da gösterilmiştir.



Şekil 4.10. Didim'den alınan balık örneklerindeki  $^{210}\text{Po}$  (Bq kg $^{-1}$ ) konsantrasyonlarının aylık değişimi

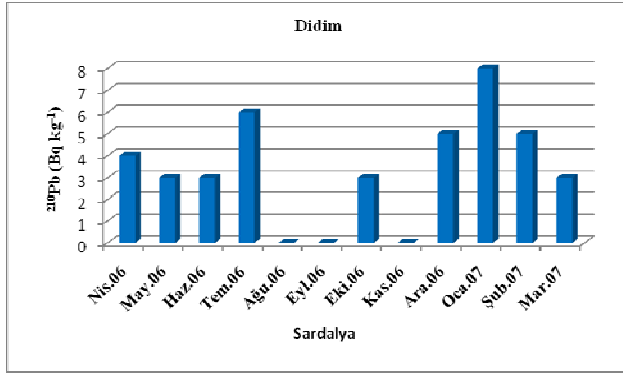
Çizelge 4.4. Didim istasyonundan alınan balık örneklerindeki  $^{210}\text{Pb}$  ( $\text{Bq kg}^{-1}$  kuru ağır.) konsantrasyonları

<b>Balık Türleri</b>	<b>Örnekleme Tarihi</b>	<b><math>^{210}\text{Pb}</math> (<math>\text{Bq kg}^{-1}</math>)</b>	<b><math>^{210}\text{Po}/^{210}\text{Pb}</math></b>
Barbun ( <i>Mullus barbatus</i> )	Nisan-2006	8±1	1.38
İstavrit ( <i>Trachurus trachurus</i> )	Nisan-2006	2±1	9.00
Kupez ( <i>Boops boops</i> )	Nisan-2006	12±4	3.67
Sarpa ( <i>Sarpa salpa</i> )	Nisan-2006	4±3	-
İsparoz ( <i>Diplodus annularis</i> )	Nisan-2006	ND	-
Melanur ( <i>Oblada melanura</i> )	Nisan-2006	3±1	4.33
Sardalya ( <i>Sardina plichardus</i> )	Nisan-2006	4±2	5.25
Sardalya ( <i>Sardina plichardus</i> )	Mayıs-2006	3±1	71.33
Kupez ( <i>Boops boops</i> )	Mayıs-2006	ND	-
Barbun ( <i>Mullus barbatus</i> )	Mayıs-2006	ND	-
Tırsi ( <i>Alosa fallax</i> )	Mayıs-2006	ND	-
Kefal ( <i>Mugil cephalus</i> )	Mayıs-2006	3±2	-
Mercan ( <i>Pagellus acerne</i> )	Mayıs-2006	2±1	14.50
İsparoz ( <i>Diplodus annularis</i> )	Mayıs-2006	ND	-
Sarpa ( <i>Sarpa salpa</i> )	Mayıs-2006	9±3	2.33
İstavrit ( <i>Trachurus trachurus</i> )	Mayıs-2006	ND	-
Uskumru ( <i>Scomber scombrus</i> )	Haziran-2006	4±1	3.75
Kefal ( <i>Mugil cephalus</i> )	Haziran-2006	ND	-
Tırsi ( <i>Alosa fallax</i> )	Haziran-2006	3±2	6.67
Sardalya ( <i>Sardina plichardus</i> )	Haziran-2006	3±2	26.33
Sargoz ( <i>Diplodus sargus</i> )	Haziran-2006	ND	-
Kupez ( <i>Boops boops</i> )	Haziran-2006	ND	-
Kefal ( <i>Mugil cephalus</i> )	Temmuz-2006	4±3	2.75
Mırmır ( <i>Tithognathus fallax</i> )	Temmuz-2006	ND	-

Balık Türleri	Örnekleme Tarihi	<sup>210</sup> Pb (Bq kg <sup>-1</sup> )	<sup>210</sup> Po/ <sup>210</sup> Pb
Kupez ( <i>Boops boops</i> )	Temmuz-2006	ND	-
Çipura ( <i>Sparus aurata</i> )	Temmuz-2006	5±2	-
Sardalya ( <i>Sardina plichardus</i> )	Temmuz-2006	6±3	61.17
Tırsi ( <i>Alosa fallax</i> )	Temmuz-2006	3±1	15.67
Çipura ( <i>Sparus aurata</i> )	Ağustos-2006	5±2	-
Kupez ( <i>Boops boops</i> )	Ağustos-2006	2±1	-
Sardalya ( <i>Sardina plichardus</i> )	Ağustos-2006	ND	-
Kefal ( <i>Mugil cephalus</i> )	Ağustos-2006	3±2	-
Mırmır ( <i>Tithognathus fallax</i> )	Ağustos-2006	ND	-
Tırsi ( <i>Alosa fallax</i> )	Ağustos-2006	ND	-
Sardalya ( <i>Sardina plichardus</i> )	Eylül-2006	ND	-
Mırmır ( <i>Tithognathus fallax</i> )	Eylül-2006	ND	-
Mercan ( <i>Pagellus acerne</i> )	Eylül-2006	ND	-
İstavrit ( <i>Trachurus trachurus</i> )	Eylül-2006	5±2	0.60
Kupez ( <i>Boops boops</i> )	Eylül-2006	3±2	4.67
İsparoz ( <i>Diplodus annularis</i> )	Eylül-2006	2±1	9.00
Kefal ( <i>Mugil cephalus</i> )	Eylül-2006	ND	-
Kupez ( <i>Boops boops</i> )	Ekim-2006	2±1	20.50
Kefal ( <i>Mugil cephalus</i> )	Ekim-2006	ND	-
İstavrit ( <i>Trachurus trachurus</i> )	Ekim-2006	5±2	1.60
Uskumru ( <i>Scomber scombrus</i> )	Ekim-2006	3±2	7.33
Sardalya ( <i>Sardina plichardus</i> )	Ekim-2006	3±2	7.33
Uskumru ( <i>Scomber scombrus</i> )	Kasım-2006	ND	-
Kefal ( <i>Mugil cephalus</i> )	Kasım-2006	3±2	-
Kupez ( <i>Boops boops</i> )	Kasım-2006	7±2	-

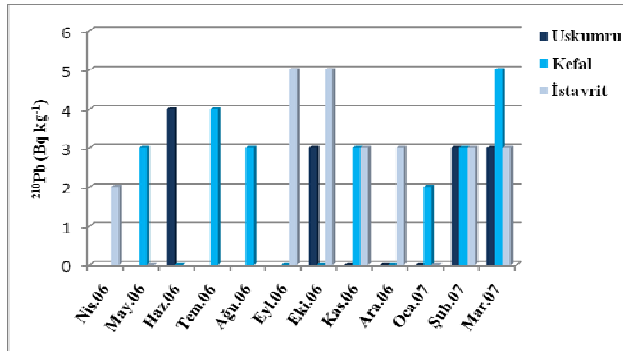
<b>Balık Türleri</b>	<b>Örnekleme Tarihi</b>	<b><sup>210</sup>Pb (Bq kg<sup>-1</sup>)</b>	<b><sup>210</sup>Po/<sup>210</sup>Pb</b>
Sardalya ( <i>Sardina plichardus</i> )	Kasım-2006	ND	-
İstavrit ( <i>Trachurus trachurus</i> )	Kasım-2006	3±2	12.67
Mırmır ( <i>Tithognathus fallax</i> )	Aralık-2006	5±3	4.00
Uskumru ( <i>Scomber scombrus</i> )	Aralık-2006	ND	-
İstavrit ( <i>Trachurus trachurus</i> )	Aralık-2006	3±2	-
Kefal ( <i>Mugil cephalus</i> )	Aralık-2006	ND	-
Sardalya ( <i>Sardina plichardus</i> )	Aralık-2006	5±2	18.40
Kupez ( <i>Boops boops</i> )	Aralık-2006	5±2	0.60
Kefal ( <i>Mugil cephalus</i> )	Ocak-2007	2±1	4.50
İstavrit ( <i>Trachurus trachurus</i> )	Ocak-2007	ND	-
Kupez ( <i>Boops boops</i> )	Ocak-2007	ND	-
Sardalya ( <i>Sardina plichardus</i> )	Ocak-2007	8±2	17.63
Uskumru ( <i>Scomber scombrus</i> )	Ocak-2007	ND	-
Kefal ( <i>Mugil cephalus</i> )	Şubat-2007	3±2	0.67
Sardalya ( <i>Sardina plichardus</i> )	Şubat-2007	5±2	14.60
Kupez ( <i>Boops boops</i> )	Şubat-2007	ND	-
İstavrit ( <i>Trachurus trachurus</i> )	Şubat-2007	3±2	6.33
Uskumru ( <i>Scomber scombrus</i> )	Şubat-2007	3±2	7.67
Sardalya ( <i>Sardina plichardus</i> )	Mart-2007	3±2	19.67
Kupez ( <i>Boops boops</i> )	Mart-2007	3±2	5.67
Uskumru ( <i>Scomber scombrus</i> )	Mart-2007	3±2	13.00
İstavrit ( <i>Trachurus trachurus</i> )	Mart-2007	3±2	1.67
Kefal ( <i>Mugil cephalus</i> )	Mart-2007	5±2	1.20

Didim'den alınan Sardalya balıklarında en yüksek  $^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonu  $8\pm 2 \text{ Bq kg}^{-1}$  ile Ocak ayında tayin edilmiştir. Didim'den alınan Sardalya balıklarında ortalama  $^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonunun  $4\pm 1 \text{ Bq kg}^{-1}$  olduğu tespit edilmiştir.



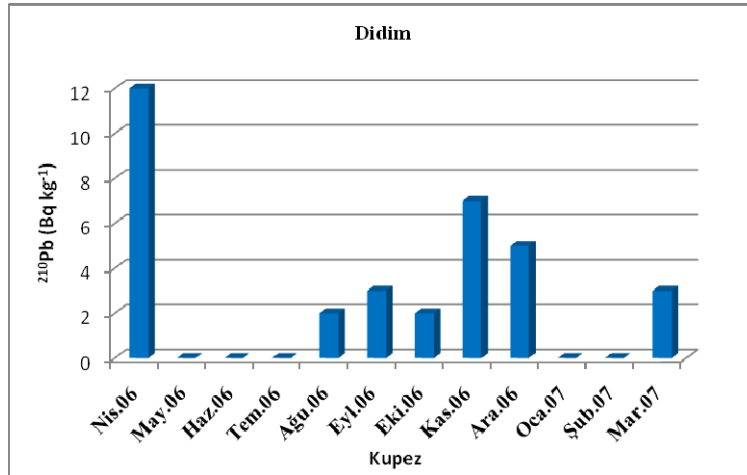
Şekil 4.11. Didim'den alınan Sardalya balık örneklerindeki  $^{210}\text{Pb}$  ( $\text{Bq kg}^{-1}$ ) konsantrasyonlarının değişimi

Didim'den toplanan balık örneklerindeki  $^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonlarının aylık değişimi Şekil 4.12'de gösterilmiştir.



Şekil 4.12. Didim'den alınan balık örneklerindeki  $^{210}\text{Pb}$  ( $\text{Bq kg}^{-1}$ ) konsantrasyonlarının aylık değişimi

Didim'den alınan Kupez balıklarında en yüksek  $^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonu  $12\pm 4 \text{ Bq kg}^{-1}$  ile Nisan ayında tayin edilmiştir. Didim'den alınan Kupez balıklarında ortalama  $^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonunun  $5\pm 1 \text{ Bq kg}^{-1}$  olduğu bulunmuştur.



Şekil 4.13. Didim'den alınan Kupez balık örneklerindeki  $^{210}\text{Pb}$  ( $\text{Bq kg}^{-1}$ ) konsantrasyonlarının değişimi

İzmir Körfezi istasyonundan beslenme özellikleri de dikkate alınarak toplanan farklı balık türlerindeki  $^{210}\text{Po}$  ve  $^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonlarının aylık değişimi Çizelge 4.5 ile Çizelge 4.6'da görülmektedir.

Çizelge 4.5. İzmir Körfezi'nden alınan balık örneklerindeki  $^{210}\text{Po}$  ( $\text{Bq kg}^{-1}$  kuru ağırlık) konsantrasyonları

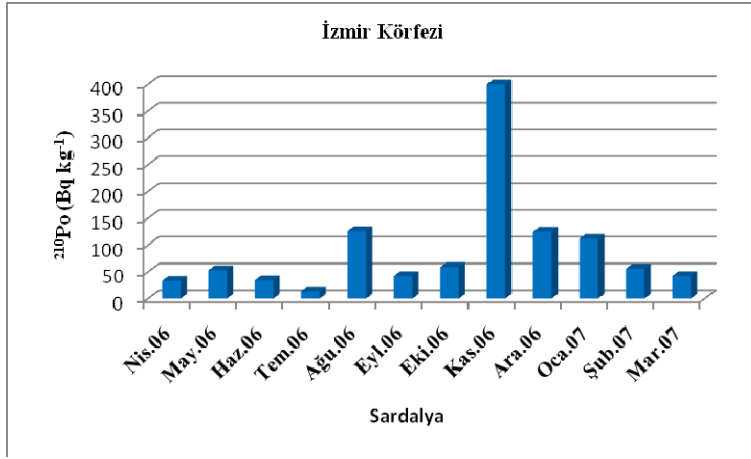
Balık Türleri	Örnekleme Tarihi	$^{210}\text{Po}$ ( $\text{Bq kg}^{-1}$ )	Kuru/yaş Ağırlığı
Kefal ( <i>Mugil cephalus</i> )	Nisan-2006	$24\pm 1$	0.26
Kupez ( <i>Boops boops</i> )	Nisan-2006	$22\pm 3$	0.23

Balık Türleri	Örnekleme Tarihi	<sup>210</sup> Po (Bq kg <sup>-1</sup> )	Kuru/yaş Ağırlığı
Çipura ( <i>Sparus aurata</i> )	Nisan-2006	ND	0.29
Barbun ( <i>Mullus barbatus</i> )	Nisan-2006	60±3	0.26
Levrek ( <i>Dicentrarchus labrax</i> )	Nisan-2006	ND	0.27
İstavrit ( <i>Trachurus trachurus</i> )	Nisan-2006	17±1	0.27
Sardalya ( <i>Sardina plichardus</i> )	Nisan-2006	33±3	0.31
Uskumru ( <i>Scomber scombrus</i> )	Nisan-2006	42±3	0.31
Levrek ( <i>Dicentrarchus labrax</i> )	Mayıs-2006	9±1	0.27
Karagöz ( <i>Diplodus vulgaris</i> )	Mayıs-2006	ND	0.23
Kefal ( <i>Mugil cephalus</i> )	Mayıs-2006	ND	0.22
Sardalya ( <i>Sardina plichardus</i> )	Mayıs-2006	53±3	0.30
İstavrit ( <i>Trachurus trachurus</i> )	Mayıs-2006	25±3	0.29
Kupez ( <i>Boops boops</i> )	Mayıs-2006	10±1	0.27
Çipura ( <i>Sparus aurata</i> )	Mayıs-2006	ND	0.35
Tırsi ( <i>Alosa fallax</i> )	Mayıs-2006	ND	0.29
Çipura ( <i>Sparus aurata</i> )	Haziran-2006	ND	0.29
Kefal ( <i>Mugil cephalus</i> )	Haziran-2006	ND	0.24
Levrek ( <i>Dicentrarchus labrax</i> )	Haziran-2006	ND	0.27
Sardalya ( <i>Sardina plichardus</i> )	Haziran-2006	34±3	0.30
Sarpa ( <i>Sarpa salpa</i> )	Haziran-2006	ND	0.24
Kupez ( <i>Boops boops</i> )	Haziran-2006	20±1	0.27
Uskumru ( <i>Scomber scombrus</i> )	Haziran-2006	ND	0.30
Kefal ( <i>Mugil cephalus</i> )	Temmuz-2006	ND	0.31
Kupez ( <i>Boops boops</i> )	Temmuz-2006	ND	0.30
İstavrit ( <i>Trachurus trachurus</i> )	Temmuz-2006	31±1	0.26
Tırsi ( <i>Alosa fallax</i> )	Temmuz-2006	23±1	0.25

<b>Balık Türleri</b>	<b>Örnekleme Tarihi</b>	<b><sup>210</sup>Po (Bq kg<sup>-1</sup>)</b>	<b>Kuru/yaş Ağırlığı</b>
Uskumru ( <i>Scomber scombrus</i> )	Temmuz-2006	15±1	0.30
Sardalya ( <i>Sardina plichardus</i> )	Temmuz-2006	14±1	0.36
Çipura ( <i>Sparus aurata</i> )	Temmuz-2006	ND	0.35
Uskumru ( <i>Scomber scombrus</i> )	Ağustos-2006	19±1	0.28
Kupez ( <i>Boops boops</i> )	Ağustos-2006	ND	0.26
Kefal ( <i>Mugil cephalus</i> )	Ağustos-2006	ND	0.26
Sardalya ( <i>Sardina plichardus</i> )	Ağustos-2006	126±4	0.39
İzmarit ( <i>Spicara smaris</i> )	Ağustos-2006	10±2	0.23
İstavrit ( <i>Trachurus trachurus</i> )	Eylül-2006	19±3	0.26
Kupez ( <i>Boops boops</i> )	Eylül-2006	8±1	0.27
Tırsi ( <i>Alosa fallax</i> )	Eylül-2006	117±2	0.28
Kefal ( <i>Mugil cephalus</i> )	Eylül-2006	ND	0.25
Sardalya ( <i>Sardina plichardus</i> )	Eylül-2006	42±3	0.23
Uskumru ( <i>Scomber scombrus</i> )	Eylül-2006	27±1	0.26
Uskumru ( <i>Scomber scombrus</i> )	Ekim-2006	25±1	0.27
İstavrit ( <i>Trachurus trachurus</i> )	Ekim-2006	12±2	0.26
Kefal ( <i>Mugil cephalus</i> )	Ekim-2006	6±1	0.22
Kupez ( <i>Boops boops</i> )	Ekim-2006	27±3	0.23
Sardalya ( <i>Sardina plichardus</i> )	Ekim-2006	59±2	0.26
Uskumru ( <i>Scomber scombrus</i> )	Kasım-2006	30±3	0.25
İstavrit ( <i>Trachurus trachurus</i> )	Kasım-2006	20±3	0.26
Kefal ( <i>Mugil cephalus</i> )	Kasım-2006	ND	0.21
Kupez ( <i>Boops boops</i> )	Kasım-2006	21±1	0.27
Sardalya ( <i>Sardina plichardus</i> )	Kasım-2006	400±9	0.25
Uskumru ( <i>Scomber scombrus</i> )	Aralık-2006	20±3	0.25

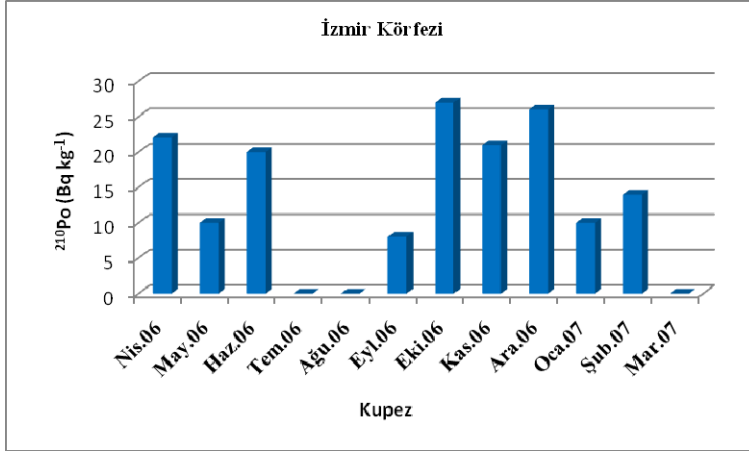
Balık Türleri	Örnekleme Tarihi	<sup>210</sup> Po (Bq kg <sup>-1</sup> )	Kuru/yaş Ağırlığı
İstavrit ( <i>Trachurus trachurus</i> )	Aralık-2006	30±3	0.24
Kefal ( <i>Mugil cephalus</i> )	Aralık-2006	ND	0.23
Kupez ( <i>Boops boops</i> )	Aralık-2006	26±3	0.24
Sardalya ( <i>Sardina plichardus</i> )	Aralık-2006	125±5	0.25
Uskumru ( <i>Scomber scombrus</i> )	Ocak-2007	27±3	0.26
İstavrit ( <i>Trachurus trachurus</i> )	Ocak-2007	ND	0.25
Kupez ( <i>Boops boops</i> )	Ocak-2007	10±2	0.25
Kefal ( <i>Mugil cephalus</i> )	Ocak-2007	ND	0.24
Sardalya ( <i>Sardina plichardus</i> )	Ocak-2007	112±5	0.25
Uskumru ( <i>Scomber scombrus</i> )	Şubat-2007	12±3	0.34
Kupez ( <i>Boops boops</i> )	Şubat-2007	14±1	0.27
İstavrit ( <i>Trachurus trachurus</i> )	Şubat-2007	27±2	0.30
Sardalya ( <i>Sardina plichardus</i> )	Şubat-2007	56±4	0.25
Kefal ( <i>Mugil cephalus</i> )	Şubat-2007	7±2	0.26
Kupez ( <i>Boops boops</i> )	Mart-2007	ND	0.26
Uskumru ( <i>Scomber scombrus</i> )	Mart-2007	38±3	0.27
İstavrit ( <i>Trachurus trachurus</i> )	Mart-2007	5±2	0.22
Sardalya ( <i>Sardina plichardus</i> )	Mart-2007	42±4	0.31
İzmarit ( <i>Spicara smaris</i> )	Mart-2007	18±3	0.23
Çimçim karides	Mart-2007	19±3	0.23

İzmir Körfezi'nden alınan Sardalya türü balık örneklerinde en yüksek  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonu  $400\pm 9 \text{ Bq kg}^{-1}$  ile Kasım ayında, en düşük konsantrasyonu ise  $14\pm 1 \text{ Bq kg}^{-1}$  ile Temmuz ayında tayin edilmiştir (Şekil 4.14). Araştırma sonucunda İzmir Körfezi'nden alınan Sardalya balıklarında ortalama  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonunun  $91\pm 1 \text{ Bq kg}^{-1}$  olduğu tespit edilmiştir.



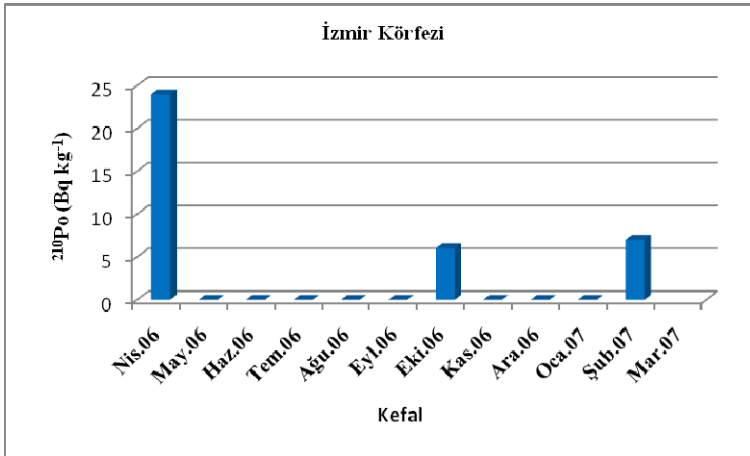
Şekil 4.14. İzmir Körfezi'nden alınan Sardalya balık örneklerindeki  $^{210}\text{Po}$  (Bq kg<sup>-1</sup>) konsantrasyonlarının değişimi

İzmir Körfezi'nden alınan Kupez türü balık örneklerinde en yüksek  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonu  $27\pm 3 \text{ Bq kg}^{-1}$  ile Ekim ayında tayin edilmiştir. İzmir Körfezi'nden alınan Kupez balıklarında ortalama  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonunun  $13\pm 1 \text{ Bq kg}^{-1}$  olduğu tespit edilmiştir.



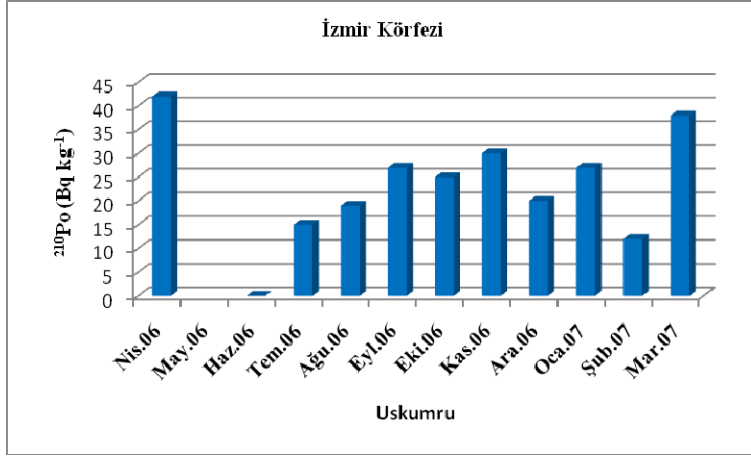
Şekil 4.15. İzmir Körfezi'nden alınan Kupez balık örneklerindeki  $^{210}\text{Po}$  (Bq kg<sup>-1</sup>) konsantrasyonlarının değişimi

İzmir Körfezi'nden alınan Kefal türü balık örneklerinde en yüksek  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonu  $24 \pm 1$  Bq kg<sup>-1</sup> ile Nisan ayında tayin edilmiştir. İzmir Körfezi'nden alınan Kefal balıklarında ortalama  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonunun  $3 \pm 0.2$  Bq kg<sup>-1</sup> olduğu tespit edilmiştir.



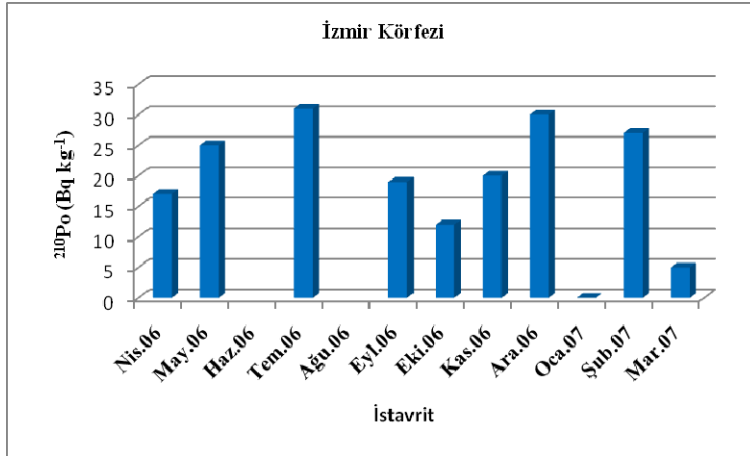
Şekil 4.16. İzmir Körfezi'nden alınan Kefal balık örneklerindeki  $^{210}\text{Po}$  (Bq kg<sup>-1</sup>) konsantrasyonlarının değişimi

İzmir Körfezi'nden alınan Uskumru türü balık örneklerinde en yüksek  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonu  $42\pm 3 \text{ Bq kg}^{-1}$  ile Nisan ayında tayin edilmiştir. İzmir Körfezi'nden alınan Uskumru balıklarında ortalama  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonunun  $23\pm 1 \text{ Bq kg}^{-1}$  olduğu bulunmuştur.



Şekil 4.17. İzmir Körfezi'nden alınan Uskumru balık örneklerindeki  $^{210}\text{Po}$  (Bq kg<sup>-1</sup>) konsantrasyonlarının değişimi

İzmir Körfezi'nden alınan İstavrit türü balık örneklerinde en yüksek  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonu  $31\pm 1 \text{ Bq kg}^{-1}$  ile Temmuz ayında tayin edilmiştir. Araştırma sonucunda İzmir Körfezi'nden alınan İstavrit balıklarında ortalama  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonunun  $19\pm 1 \text{ Bq kg}^{-1}$  olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.18. İzmir Körfezi'nden alınan İstavrit balık örneklerindeki <sup>210</sup>Po (Bq kg<sup>-1</sup>) konsantrasyonlarının değişimi

Çizelge 4.6. İzmir Körfezi'nden alınan balık örneklerindeki <sup>210</sup>Pb (Bq kg<sup>-1</sup> kuru ağırlık) konsantrasyonları

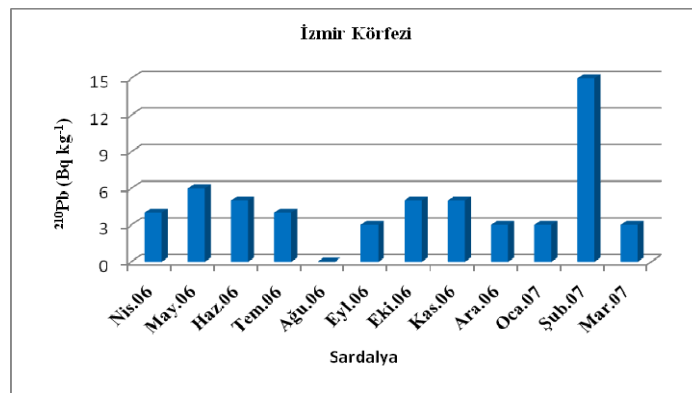
Balık Türleri	Örnekleme Tarihi	<sup>210</sup> Pb (Bq kg <sup>-1</sup> )	<sup>210</sup> Po/ <sup>210</sup> Pb
Kefal ( <i>Mugil cephalus</i> )	Nisan-2006	ND	-
Kupez ( <i>Boops boops</i> )	Nisan-2006	ND	-
Çipura ( <i>Sparus aurata</i> )	Nisan-2006	ND	-
Barbun ( <i>Mullus barbatus</i> )	Nisan-2006	ND	-
Levrek ( <i>Dicentrarchus labrax</i> )	Nisan-2006	ND	-
İstavrit ( <i>Trachurus trachurus</i> )	Nisan-2006	ND	-
Sardalya ( <i>Sardina plichardus</i> )	Nisan-2006	4±1	8.25
Uskumru ( <i>Scomber scombrus</i> )	Nisan-2006	ND	-
Levrek ( <i>Dicentrarchus labrax</i> )	Mayıs-2006	ND	-
Karagöz ( <i>Diplodus vulgaris</i> )	Mayıs-2006	4±1	-
Kefal ( <i>Mugil cephalus</i> )	Mayıs-2006	3±1	-
Sardalya ( <i>Sardina plichardus</i> )	Mayıs-2006	6±1	8.83

<b>Balık Türleri</b>	<b>Örnekleme Tarihi</b>	<b><sup>210</sup>Pb (Bq kg<sup>-1</sup>)</b>	<b><sup>210</sup>Po/<sup>210</sup>Pb</b>
İstavrit ( <i>Trachurus trachurus</i> )	Mayıs-2006	ND	-
Kupez ( <i>Boops boops</i> )	Mayıs-2006	ND	-
Çipura ( <i>Sparus aurata</i> )	Mayıs-2006	5±3	-
Tırsi ( <i>Alosa fallax</i> )	Mayıs-2006	ND	-
Çipura ( <i>Sparus aurata</i> )	Haziran-2006	3±1	-
Kefal ( <i>Mugil cephalus</i> )	Haziran-2006	ND	-
Levrek ( <i>Dicentrarchus labrax</i> )	Haziran-2006	ND	-
Sardalya ( <i>Sardina plichardus</i> )	Haziran-2006	5±3	6.80
Sarpa ( <i>Sarpa salpa</i> )	Haziran-2006	ND	-
Kupez ( <i>Boops boops</i> )	Haziran-2006	3±2	6.67
Uskumru ( <i>Scomber scombrus</i> )	Haziran-2006	ND	-
Kefal ( <i>Mugil cephalus</i> )	Temmuz-2006	2±1	-
Kupez ( <i>Boops boops</i> )	Temmuz-2006	3±2	-
İstavrit ( <i>Trachurus trachurus</i> )	Temmuz-2006	ND	-
Tırsi ( <i>Alosa fallax</i> )	Temmuz-2006	ND	-
Uskumru ( <i>Scomber scombrus</i> )	Temmuz-2006	ND	-
Sardalya ( <i>Sardina plichardus</i> )	Temmuz-2006	4±2	3.50
Çipura ( <i>Sparus aurata</i> )	Temmuz-2006	ND	-
Uskumru ( <i>Scomber scombrus</i> )	Ağustos-2006	4±1	4.75
Kupez ( <i>Boops boops</i> )	Ağustos-2006	7±2	-
Kefal ( <i>Mugil cephalus</i> )	Ağustos-2006	7±3	-
Sardalya ( <i>Sardina plichardus</i> )	Ağustos-2006	ND	-
İzmarit ( <i>Spicara smaris</i> )	Ağustos-2006	ND	-
İstavrit ( <i>Trachurus trachurus</i> )	Eylül-2006	3±2	6.33
Kupez ( <i>Boops boops</i> )	Eylül-2006	3±2	2.67

Balık Türleri	Örnekleme Tarihi	<sup>210</sup> Pb (Bq kg <sup>-1</sup> )	<sup>210</sup> Po/ <sup>210</sup> Pb
Tırsi ( <i>Alosa fallax</i> )	Eylül-2006	3±2	39.00
Kefal ( <i>Mugil cephalus</i> )	Eylül-2006	3±2	-
Sardalya ( <i>Sardina plichardus</i> )	Eylül-2006	3±2	14.00
Uskumru ( <i>Scomber scombrus</i> )	Eylül-2006	5±2	5.40
Uskumru ( <i>Scomber scombrus</i> )	Ekim-2006	ND	-
İstavrit ( <i>Trachurus trachurus</i> )	Ekim-2006	3±2	4.00
Kefal ( <i>Mugil cephalus</i> )	Ekim-2006	2±0.4	3.00
Kupez ( <i>Boops boops</i> )	Ekim-2006	3±2	9.00
Sardalya ( <i>Sardina plichardus</i> )	Ekim-2006	5±2	11.80
Uskumru ( <i>Scomber scombrus</i> )	Kasım-2006	3±2	10.00
İstavrit ( <i>Trachurus trachurus</i> )	Kasım-2006	3±2	6.67
Kefal ( <i>Mugil cephalus</i> )	Kasım-2006	ND	-
Kupez ( <i>Boops boops</i> )	Kasım-2006	3±2	7.00
Sardalya ( <i>Sardina plichardus</i> )	Kasım-2006	5±2	80.00
Uskumru ( <i>Scomber scombrus</i> )	Aralık-2006	3±2	6.67
İstavrit ( <i>Trachurus trachurus</i> )	Aralık-2006	ND	-
Kefal ( <i>Mugil cephalus</i> )	Aralık-2006	ND	-
Kupez ( <i>Boops boops</i> )	Aralık-2006	ND	-
Sardalya ( <i>Sardina plichardus</i> )	Aralık-2006	3±2	41.67
Uskumru ( <i>Scomber scombrus</i> )	Ocak-2007	2±1	13.50
İstavrit ( <i>Trachurus trachurus</i> )	Ocak-2007	ND	-
Kupez ( <i>Boops boops</i> )	Ocak-2007	3±2	3.33
Kefal ( <i>Mugil cephalus</i> )	Ocak-2007	ND	-
Sardalya ( <i>Sardina plichardus</i> )	Ocak-2007	3±2	37.33
Uskumru ( <i>Scomber scombrus</i> )	Şubat-2007	3±2	4.00

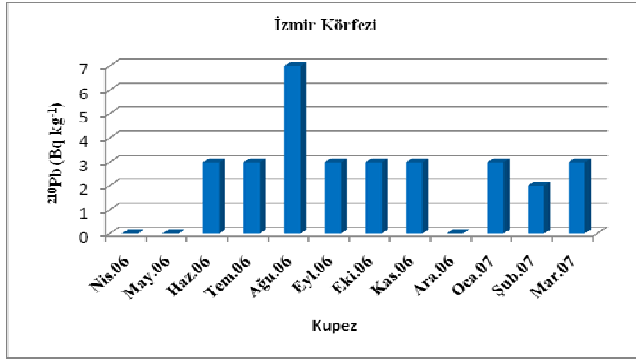
Balık Türleri	Örnekleme Tarihi	$^{210}\text{Pb}$ (Bq kg $^{-1}$ )	$^{210}\text{Po}/^{210}\text{Pb}$
Kupez ( <i>Boops boops</i> )	Şubat-2007	2±1	7.00
İstavrit ( <i>Trachurus trachurus</i> )	Şubat-2007	ND	-
Sardalya ( <i>Sardina plichardus</i> )	Şubat-2007	15±3	3.73
Kefal ( <i>Mugil cephalus</i> )	Şubat-2007	5±2	1.40
Kupez ( <i>Boops boops</i> )	Mart-2007	3±2	-
Uskumru ( <i>Scomber scombrus</i> )	Mart-2007	3±2	12.67
İstavrit ( <i>Trachurus trachurus</i> )	Mart-2007	3±2	1.67
Sardalya ( <i>Sardina plichardus</i> )	Mart-2007	3±2	14.00
İzmarit ( <i>Spicara smaris</i> )	Mart-2007	ND	-
Çimçim karides	Mart-2007	3±2	6.33

İzmir Körfezi'nden alınan Sardalya türü balık örneklerinde en yüksek  $^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonu  $15\pm3$  Bq kg $^{-1}$  ile Şubat ayında tayin edilmiştir. İzmir Körfezi'nden alınan Sardalya balıklarında ortalama  $^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonunun  $5\pm1$  Bq kg $^{-1}$  olduğu tespit edilmiştir.



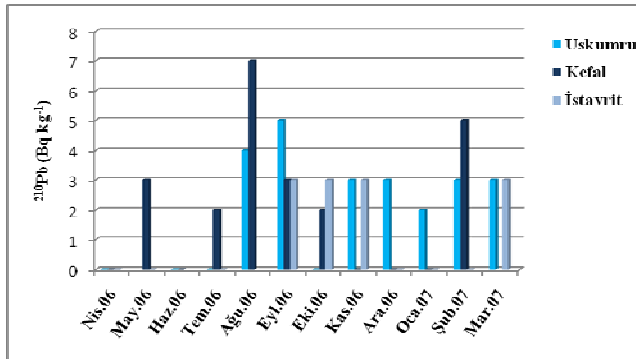
Şekil 4.19. İzmir Körfezi'nden alınan Sardalya balık örneklerindeki  $^{210}\text{Pb}$  (Bq kg $^{-1}$ ) konsantrasyonlarının değişimi

İzmir Körfezi'nden alınan Kupez türü balık örneklerinde en yüksek  $^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonu  $7\pm 2$  Bq  $\text{kg}^{-1}$  ile Ağustos ayında tayin edilmiştir. İzmir Körfezi'nden alınan Kupez balıklarında ortalama  $^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonunun  $3\pm 1$  Bq  $\text{kg}^{-1}$  olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.20. İzmir Körfezi'nden alınan Kupez balık örneklerindeki  $^{210}\text{Pb}$  (Bq  $\text{kg}^{-1}$ ) konsantrasyonlarının değişimi

İzmir Körfezi'nden toplanan balık örneklerindeki  $^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonlarının aylık değişimi Şekil 4.21'de gösterilmiştir.



Şekil 4.21. İzmir Körfezi'nden alınan balık örneklerindeki  $^{210}\text{Pb}$  (Bq  $\text{kg}^{-1}$ ) konsantrasyonlarının değişimi

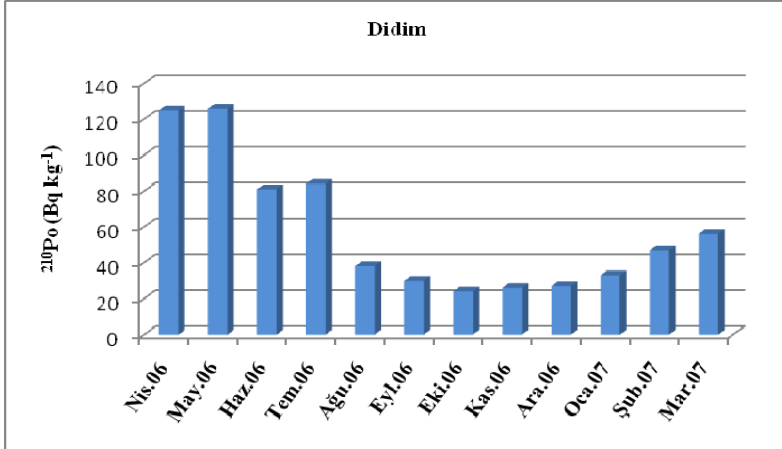
Didim ve İzmir Körfezi'nden toplanan sediment örneklerinde aylık olarak  $^{210}\text{Po}$  ve  $^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonları tayin edilmiş ve elde edilen konsantrasyonlar Çizelge 4.7'de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Didim ve İzmir Körfezi'nden toplanan sediment örneklerindeki  $^{210}\text{Po}$  ( $\text{Bq kg}^{-1}$  kuru ağırlık) ve  $^{210}\text{Pb}$  ( $\text{Bq kg}^{-1}$  kuru ağırlık) konsantrasyonları

İstasyon	Örnekleme Tarihi	Kuru/yaş Ağırlığı	$^{210}\text{Po}$ ( $\text{Bq kg}^{-1}$ )	$^{210}\text{Pb}$ ( $\text{Bq kg}^{-1}$ )	$^{210}\text{Po}/^{210}\text{Pb}$
Didim	Nisan-2006	0.8	125±8	31±4	4.03
Didim	Mayıs-2006	0.8	126±6	32±3	3.94
Didim	Haziran-2006	0.9	81±6	34±4	2.38
Didim	Temmuz-2006	0.8	84±5	34±5	2.47
Didim	Ağustos-2006	0.8	38±5	28±4	1.35
Didim	Eylül-2006	0.8	30±3	36±4	0.83
Didim	Ekim-2006	0.9	24±5	27±4	0.89
Didim	Kasım-2006	0.8	26±4	26±4	1.00
Didim	Aralık-2006	0.8	27±2	24±2	1.13
Didim	Ocak-2007	0.8	33±5	36±5	0.92
Didim	Şubat-2007	0.8	47±5	29±4	1.62
Didim	Mart-2007	0.8	56±5	32±4	1.75
İzmir Körfezi	Nisan-2006	0.9	36±2	18±3	2.00
İzmir Körfezi	Mayıs-2006	0.9	66±2	21±2	3.14
İzmir Körfezi	Haziran-2006	0.9	90±4	29±1	3.10
İzmir Körfezi	Temmuz-2006	0.8	109±7	34±4	3.21
İzmir Körfezi	Ağustos-2006	0.8	84±8	36±4	2.33
İzmir Körfezi	Eylül-2006	0.7	66±6	56±6	1.18
İzmir Körfezi	Ekim-2006	0.7	59±7	54±7	1.09
İzmir Körfezi	Kasım-2006	0.7	87±7	49±6	1.78

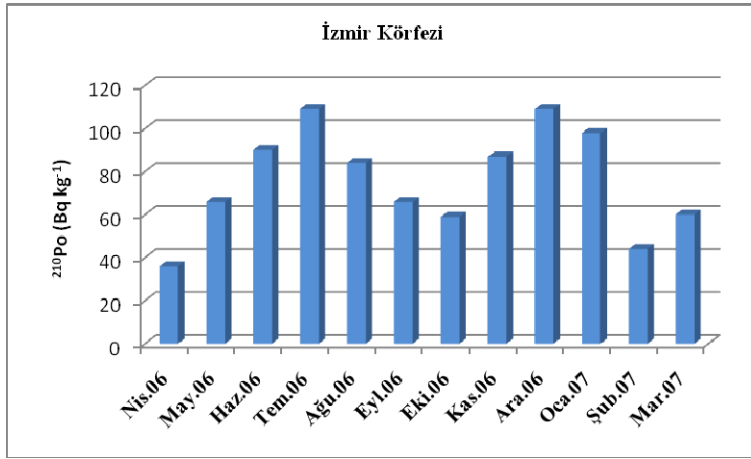
İstasyon	Örnekleme Tarihi	Kuru/yaş Ağırlığı	$^{210}\text{Po}$ (Bq kg $^{-1}$ )	$^{210}\text{Pb}$ (Bq kg $^{-1}$ )	$^{210}\text{Po}/^{210}\text{Pb}$
İzmir Körfezi	Aralık-2006	0.7	109±8	52±5	2.10
İzmir Körfezi	Ocak-2007	0.7	98±9	58±5	1.69
İzmir Körfezi	Şubat-2007	0.7	44±3	50±4	0.88
İzmir Körfezi	Mart-2007	0.7	60±5	59±4	1.02

Didim'den toplanan sediment örneklerinde en yüksek  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonu 126±6 Bq kg $^{-1}$  ile Mayıs ayında, en düşük konsantrasyonu ise 24±5 Bq kg $^{-1}$  ile Ekim döneminde tayin edilmiştir. Araştırma sonucunda Didim'den toplanan sedimentlerde ortalama  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonunun 58 ±2 Bq kg $^{-1}$  olduğu tespit edilmiştir.



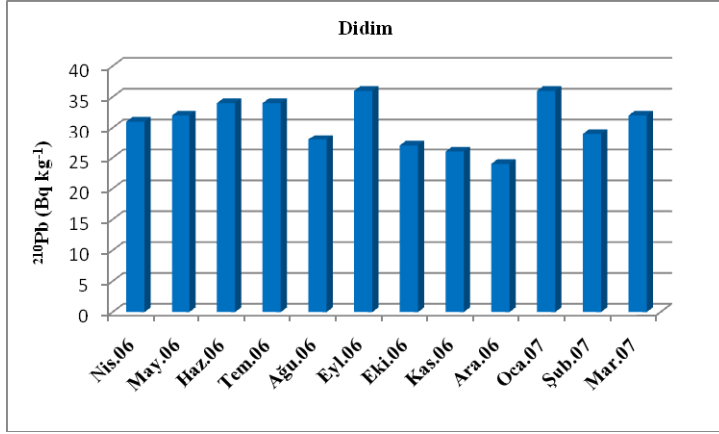
Şekil 4.22. Didim'den toplanan sediment örneklerindeki  $^{210}\text{Po}$  (Bq kg $^{-1}$ ) konsantrasyonlarının değişimi

İzmir Körfezi'nden toplanan sediment örneklerinde en yüksek  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonu  $109\pm 8 \text{ Bq kg}^{-1}$  ile Aralık ayında, en düşük konsantrasyonu ise  $36\pm 2 \text{ Bq kg}^{-1}$  ile Nisan döneminde tayin edilmiştir. Araştırma sonucunda İzmir Körfezi'nden toplanan sedimentlerde ortalama  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonunun  $76\pm 2 \text{ Bq kg}^{-1}$  olduğu tespit edilmiştir.



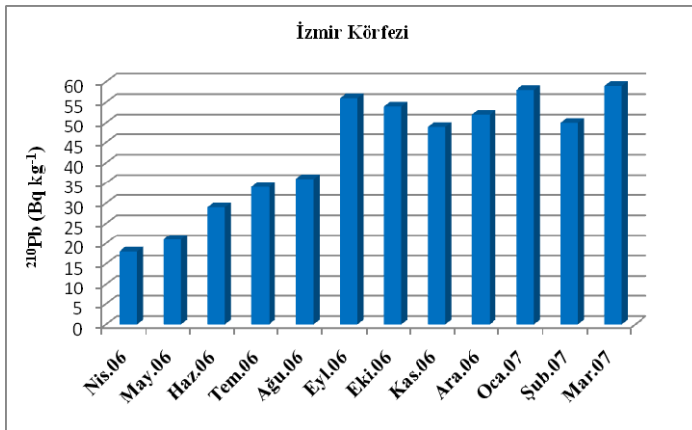
Şekil 4.23. İzmir Körfezi'nden toplanan sediment örneklerindeki  $^{210}\text{Po}$  (Bq kg<sup>-1</sup>) konsantrasyonlarının değişimi

Didim'den toplanan sediment örneklerinde en yüksek  $^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonu  $36\pm 4 \text{ Bq kg}^{-1}$  ile Eylül ve Ocak aylarında, en düşük konsantrasyonu ise  $24\pm 2 \text{ Bq kg}^{-1}$  ile Aralık döneminde tayin edilmiştir. Didim'den toplanan sedimentlerde ortalama  $^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonunun  $31 \pm 1 \text{ Bq kg}^{-1}$  olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.24. Didim'den toplanan sediment örneklerindeki  $^{210}\text{Pb}$  (Bq kg $^{-1}$ ) konsantrasyonlarının değişimi

İzmir Körfezi'nden toplanan sediment örneklerinde en yüksek  $^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonu  $59\pm 4$  Bq kg $^{-1}$  ile Mart ayında, en düşük konsantrasyonu ise  $18\pm 3$  Bq kg $^{-1}$  ile Nisan döneminde tayin edilmiştir. Araştırma sonucunda İzmir Körfezi'nden toplanan sedimentlerde ortalama  $^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonunun  $43\pm 1$  Bq kg $^{-1}$  olduğu tespit edilmiştir.



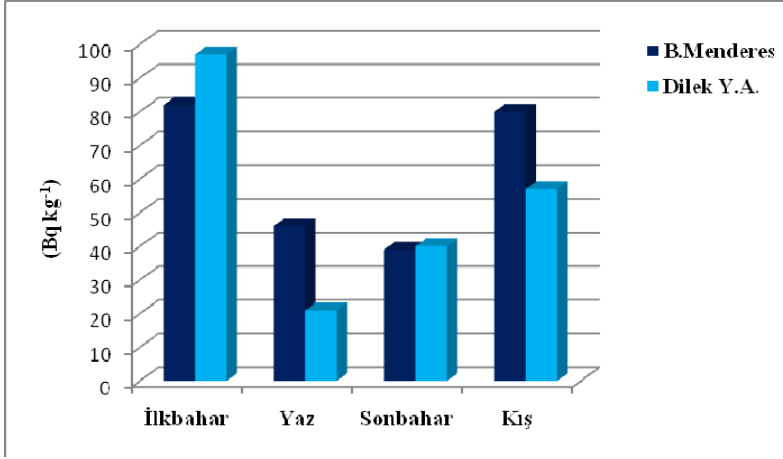
Şekil 4.25. İzmir Körfezi'nden toplanan sediment örneklerindeki  $^{210}\text{Pb}$  (Bq kg $^{-1}$ ) konsantrasyonlarının değişimi

Büyük Menderes Nehri ve Dilek Yarımadası Deltası'ndan toplanan sediment örneklerinde  $^{210}\text{Po}$  ve  $^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonları tayin edilmiş ve elde edilen konsantrasyonlar Çizelge 4.8.'de verilmiştir.

Çizelge 4.8. Büyük Menderes Nehri ve Dilek Yarımadası Deltası'ndan toplanan sediment örneklerindeki  $^{210}\text{Po}$  (Bq  $\text{kg}^{-1}$  kuru ağırlık) ve  $^{210}\text{Pb}$  (Bq  $\text{kg}^{-1}$  kuru ağırlık) konsantrasyonları

İstasyon	Örnekleme Tarihi	Kuru/yaş Ağırlığı	$^{210}\text{Po}$ (Bq $\text{kg}^{-1}$ )	$^{210}\text{Pb}$ (Bq $\text{kg}^{-1}$ )	$^{210}\text{Po}/^{210}\text{Pb}$
B.Menderes	Aralık-2006	0.7	65±5	23±2	2.83
B.Menderes	Ocak-2007	0.6	107±7	29±3	3.69
B.Menderes	Şubat-2007	0.6	69±6	20±5	3.45
B.Menderes	Mart-2007	0.7	82±5	21±2	3.90
B.Menderes	Ağustos-2007	0.7	46±6	23±3	2.00
B.Menderes	Eylül-2007	0.7	39±6	24±3	1.63
Dilek.Y.Adası	Aralık-2006	0.6	55±7	36±4	1.53
Dilek.Y.Adası	Ocak-2007	0.7	68±6	37±2	1.84
Dilek.Y.Adası	Şubat-2007	0.8	48±6	35±3	1.37
Dilek.Y.Adası	Mart-2007	0.7	97±7	29±3	3.34
Dilek.Y.Adası	Ağustos-2007	0.7	21±4	21±3	1.00
Dilek.Y.Adası	Eylül-2007	0.7	40±6	20±2	2.00

Büyük Menderes Nehri ve Dilek Yarım Adası Deltası'ndan toplanan sediment örneklerinde ortalama en yüksek  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonları 82±5 ve 97±7 Bq  $\text{kg}^{-1}$  ile ilkbahar mevsiminde tayin edilmiştir.



Şekil 4.26. Büyük Menderes ve Dilek Yarım Adası'ndan toplanan sediment örneklerindeki  $^{210}\text{Po}$  ( $\text{Bq kg}^{-1}$ ) konsantrasyonlarının değişimi

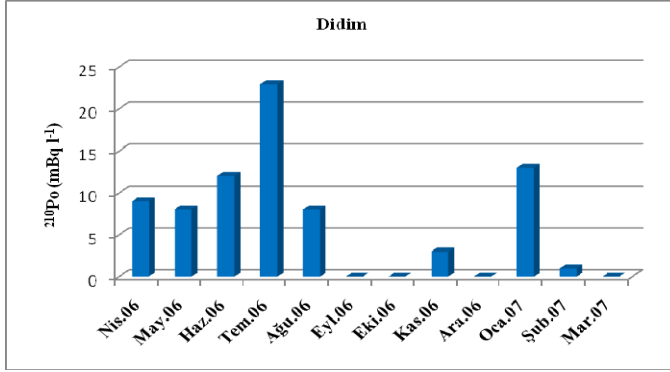
Didim ve İzmir Körfezi'nden toplanan deniz suyu örneklerinde aylık olarak  $^{210}\text{Po}$  ve  $^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonları tayin edilmiş ve elde edilen konsantrasyonlar Çizelge 4.9.'da verilmiştir.

Çizelge 4.9. Didim ve İzmir Körfezi'nden toplanan deniz suyu örneklerindeki  $^{210}\text{Po}$  ve  $^{210}\text{Pb}$  ( $\text{mBq l}^{-1}$ ) konsantrasyonları

İstasyon	Örnekleme Tarihi	$^{210}\text{Po}$ ( $\text{mBq l}^{-1}$ )	$^{210}\text{Pb}$ ( $\text{mBq l}^{-1}$ )	$^{210}\text{Po}/^{210}\text{Pb}$
Didim	Nisan-2006	9±2	13±1	0.69
Didim	Mayıs-2006	8±1	11±3	0.73
Didim	Haziran-2006	12±3	11±1	1.09
Didim	Temmuz-2006	23±3	19±4	1.21
Didim	Ağustos-2006	8±2	2±1	4.00
Didim	Eylül-2006	ND	2±1	-

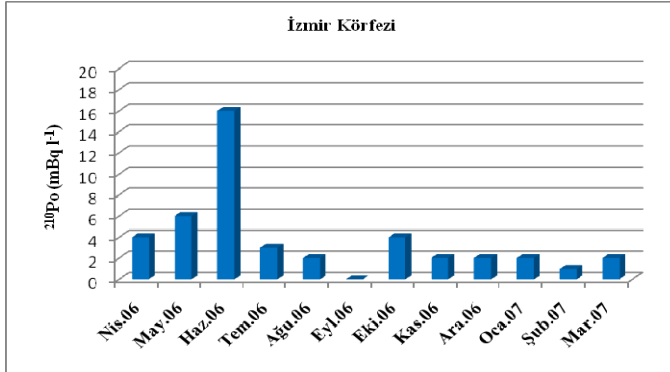
İstasyon	Örnekleme Tarihi	$^{210}\text{Po}$ (mBq l <sup>-1</sup> )	$^{210}\text{Pb}$ (mBq l <sup>-1</sup> )	$^{210}\text{Po}/^{210}\text{Pb}$
Didim	Ekim-2006	ND	3±1	-
Didim	Kasım-2006	3±2	3±1	1.00
Didim	Aralık-2006	ND	3±1	-
Didim	Ocak-2007	13±4	17±3	0.76
Didim	Şubat-2007	1±0.4	1±0.4	1.00
Didim	Mart-2007	ND	3±1	-
İzmir Körfezi	Nisan-2006	4±1	2±1	2.00
İzmir Körfezi	Mayıs-2006	6±1	7±2	0.86
İzmir Körfezi	Haziran-2006	16±5	22±5	0.73
İzmir Körfezi	Temmuz-2006	3±2	4±1	0.75
İzmir Körfezi	Ağustos-2006	2±1	7±3	0.29
İzmir Körfezi	Eylül-2006	ND	3±1	-
İzmir Körfezi	Ekim-2006	4±1	3±2	1.33
İzmir Körfezi	Kasım-2006	2±1	3±2	0.67
İzmir Körfezi	Aralık-2006	2±1	ND	-
İzmir Körfezi	Ocak-2007	2±1	ND	-
İzmir Körfezi	Şubat-2007	1±0.3	5±2	0.20
İzmir Körfezi	Mart-2007	2±1	3±1	0.67

Didim'den toplanan deniz suyu örneklerinde en yüksek  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonu  $23\pm3$  mBq l<sup>-1</sup> ile Temmuz ayında tayin edilmiştir. Araştırma sonucunda Didim'den toplanan deniz suyu örneklerinde ortalama  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonunun  $6.42\pm1$  mBq l<sup>-1</sup> olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.27. Didim'den toplanan deniz suyu örneklerindeki  $^{210}\text{Po}$  (mBq l<sup>-1</sup>) konsantrasyonlarının değişimi

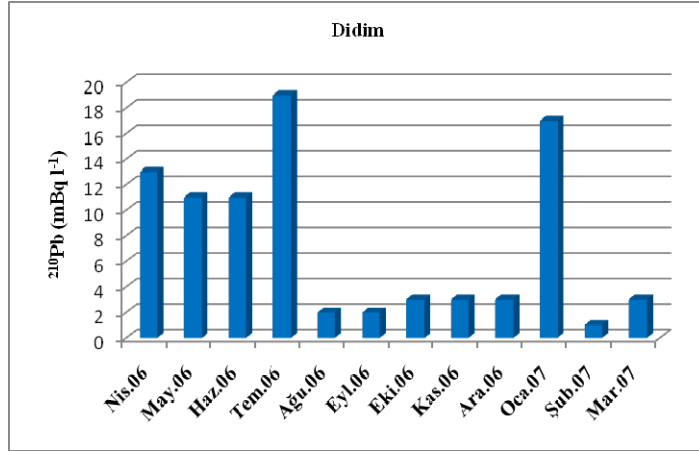
İzmir Körfezi'nden toplanan deniz suyu örneklerinde en yüksek  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonu  $16\pm 5$  mBq l<sup>-1</sup> ile Haziran ayında tayin edilmiştir. İzmir Körfezi'nden toplanan deniz suyu örneklerinde ortalama  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonunun  $3.67\pm 1$  mBq l<sup>-1</sup> olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.28. İzmir Körfezi'nden toplanan deniz suyu örneklerindeki  $^{210}\text{Po}$  (mBq l<sup>-1</sup>) konsantrasyonlarının değişimi

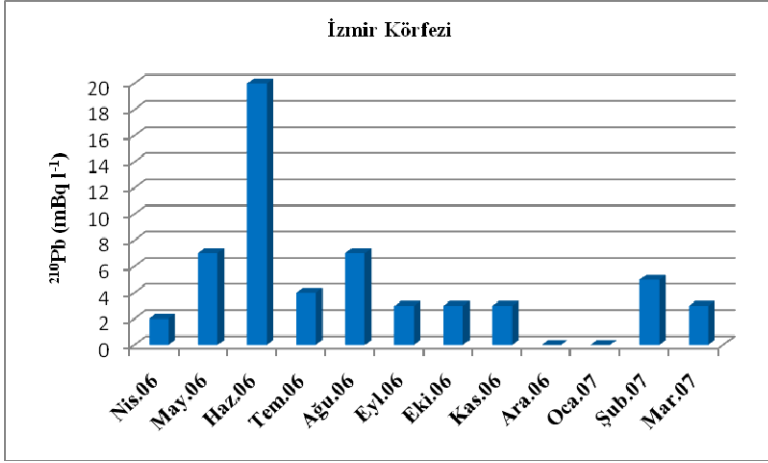
Didim'den toplanan deniz suyu örneklerinde en yüksek  $^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonu  $19\pm 4$  mBq l<sup>-1</sup> ile Temmuz ayında tayin edilmiştir.

Çalışmada Didim'den toplanan deniz suyu örneklerinde ortalama  $^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonunun  $7.33\pm 0.5 \text{ mBq l}^{-1}$  olduğu tespit edilmiştir.

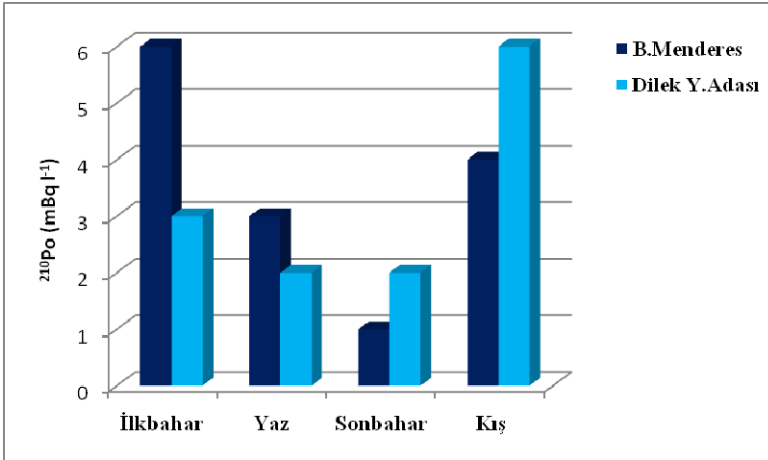


Şekil 4.29. Didim'den toplanan deniz suyu örneklerindeki  $^{210}\text{Pb}$  (mBq l<sup>-1</sup>) konsantrasyonlarının değişimi

İzmir Körfezi'nden toplanan deniz suyu örneklerinde en yüksek  $^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonu  $22\pm 5 \text{ mBq l}^{-1}$  ile Haziran ayında tayin edilmiştir. Tayin edilen sonuçlara göre İzmir Körfezi'nden toplanan deniz suyu örneklerinde ortalama  $^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonunun  $5.6\pm 1 \text{ mBq l}^{-1}$  olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.30 İzmir Körfezi'nden toplanan deniz suyu örneklerindeki  $^{210}\text{Pb}$  (mBq l<sup>-1</sup>) konsantrasyonlarının değişimi



Şekil 4.31. Büyük Menderes ve Dilek Yarım Adası Deltası'ndan alınan su örneklerindeki  $^{210}\text{Po}$  (mBq l<sup>-1</sup>) konsantrasyonu

## 4.2. <sup>137</sup>Cs Konsantrasyonları

Didim ve İzmir Körfezi'nden toplanan kara midye (*Mytilus galloprovincialis*) örneklerinde <sup>137</sup>Cs konsantrasyonları tayin edilmiş ve elde edilen konsantrasyonlar Çizelge 4.10'da verilmiştir.

Çizelge 4.10. Didim ve İzmir Körfezi'nden toplanan midyelerdeki <sup>137</sup>Cs (Bq kg<sup>-1</sup> kuru ağırlık) Konsantrasyonları

İstasyon	Örnekleme Tarihi	<sup>137</sup> Cs (Bq kg <sup>-1</sup> )
Didim	İlkbahar-2006	<0.2
Didim	Yaz-2006	<1.1
Didim	Sonbahar-2006	<0.8
Didim	Kış-2007	<0.9
İzmir	İlkbahar-2006	1.0±0.2
İzmir	Yaz-2006	<0.8
İzmir	Sonbahar-2006	<1.4
İzmir	Kış-2007	1.3±0.3

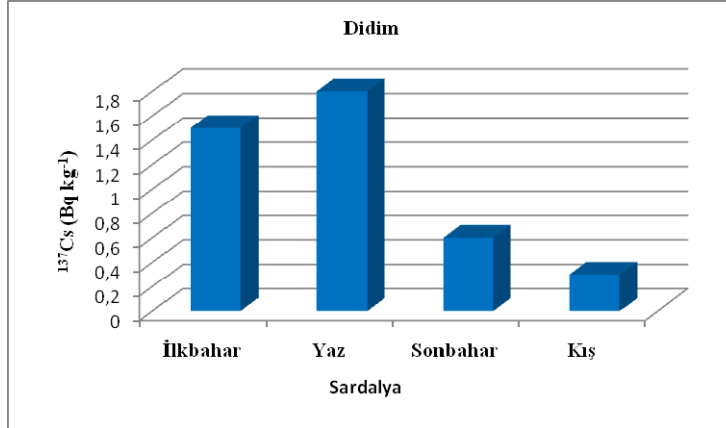
Midye örneklerinde en yüksek <sup>137</sup>Cs konsantrasyonu 1.3±0.3 Bq kg<sup>-1</sup> (kuru ağırlık) ile kış mevsiminde İzmir Körfezi'nden alınan örneklerde tayin edilmiştir. Didim'den alınan midye örneklerindeki <sup>137</sup>Cs konsantrasyonu çok düşük seviyelerde ölçüldüğü için minimum dedekte edilebilen aktivite (MDA) olarak hesaplanmıştır.

Didim ve İzmir Körfezi'nden toplanan sardalya balıklarında tayin edilen  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonları Çizelge 4.11.'de verilmiştir.

Çizelge 4.11. Didim ve İzmir Körfezi sardalya balıklarındaki  $^{137}\text{Cs}$  ( $\text{Bq kg}^{-1}$ ) konsantrasyonları

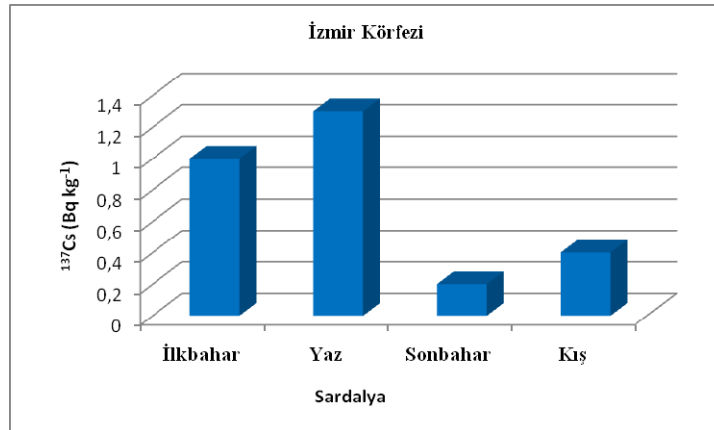
İstasyon	Örnekleme Tarihi	$^{137}\text{Cs}$ ( $\text{Bq kg}^{-1}$ )
Didim	İlkbahar-2006	1.5±0.3
Didim	Yaz-2006	1.8±0.3
Didim	Sonbahar-2006	0.6±0.02
Didim	Kış-2007	0.3±0.02
İzmir	İlkbahar-2006	1.0±0.3
İzmir	Yaz-2006	1.3±0.3
İzmir	Sonbahar-2006	0.2±0.03
İzmir	Kış-2007	0.4±0.02

Didim'den alınan sardalya balık örneklerindeki en yüksek  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonu  $1.8\pm 0.3 \text{ Bq kg}^{-1}$  ile yaz mevsiminde, en düşük konsantrasyonu ise  $0.3\pm 0.02 \text{ Bq kg}^{-1}$  ile kış mevsiminde tayin edilmiştir. Araştırma sonucunda Didim'den alınan balık örneklerinde ortalama  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonunun  $1.05\pm 0.1 \text{ Bq kg}^{-1}$  olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.32. Didim'den alınan sardalya balık örneklerindeki  $^{137}\text{Cs}$  (Bq kg<sup>-1</sup>) konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi

İzmir Körfezi'nden alınan sardalya balık örneklerindeki en yüksek  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonu  $1.3 \pm 0.3$  Bq kg<sup>-1</sup> ile yaz mevsiminde, en düşük konsantrasyonu ise  $0.2 \pm 0.03$  Bq kg<sup>-1</sup> ile sonbahar mevsiminde tayin edilmiştir. Çalışmada İzmir Körfezi'nden alınan balık örneklerinde ortalama  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonunun  $0.7 \pm 0.1$  Bq kg<sup>-1</sup> olduğu tespit edilmiştir.



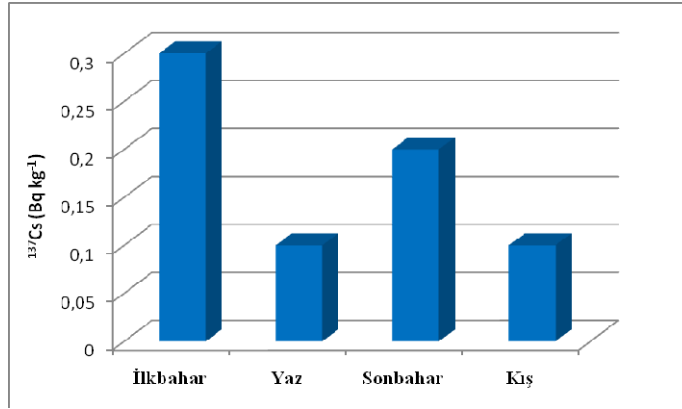
Şekil 4.33. İzmir Körfezi'nden alınan sardalya balık örneklerindeki  $^{137}\text{Cs}$  (Bq kg<sup>-1</sup>) konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi

Didim ve İzmir Körfezi'nden toplanan sediment örneklerinde  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonları tayin edilmiş ve elde edilen konsantrasyonlar Çizelge 4.12.'de verilmiştir.

Çizelge 4.12. Didim ve İzmir Körfezi sediment örneklerindeki  $^{137}\text{Cs}$  ( $\text{Bq kg}^{-1}$ ) konsantrasyonları

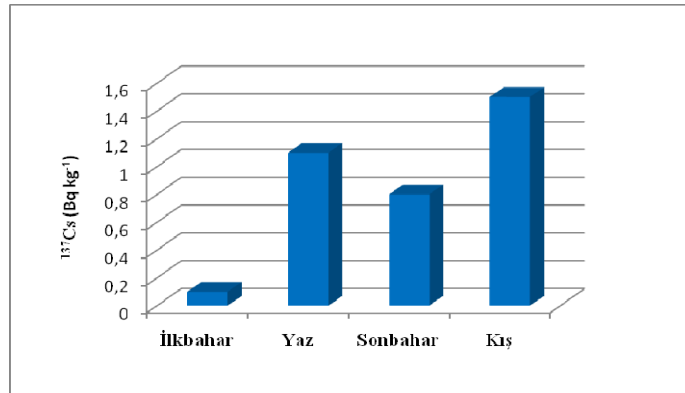
İstasyon	Örnekleme Tarihi	$^{137}\text{Cs}$ ( $\text{Bq kg}^{-1}$ )
Didim	İlkbahar-2006	$0.3\pm 0.03$
Didim	Yaz-2006	$0.1\pm 0.01$
Didim	Sonbahar-2006	$0.2\pm 0.02$
Didim	Kış-2007	$0.1\pm 0.01$
İzmir	İlkbahar-2006	$0.1\pm 0.01$
İzmir	Yaz-2006	$1.1\pm 0.3$
İzmir	Sonbahar-2006	$0.8\pm 0.2$
İzmir	Kış-2007	$1.5\pm 0.3$

Didim'den alınan sediment örneklerindeki en yüksek  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonu  $0.3\pm 0.03 \text{ Bq kg}^{-1}$  ile ilkbahar mevsiminde, en düşük konsantrasyonu ise  $0.1\pm 0.01 \text{ Bq kg}^{-1}$  ile yaz ve kış mevsiminde tayin edilmiştir. Araştırma sonucunda Didim'den alınan sediment örneklerinde ortalama  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonunun  $0.2\pm 0.01 \text{ Bq kg}^{-1}$  olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.34. Didim'den alınan sediment örneklerindeki  $^{137}\text{Cs}$  (Bq kg<sup>-1</sup>) konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi

İzmir Körfezi'nden alınan sediment örneklerindeki en yüksek  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonu  $1.5\pm 0.3$  Bq kg<sup>-1</sup> ile kış mevsiminde, en düşük konsantrasyonu ise  $0.1\pm 0.01$  Bq kg<sup>-1</sup> ile ilkbahar mevsiminde tayin edilmiştir. Çalışmada İzmir Körfezi'nden alınan sediment örneklerinde ortalama  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonunun  $0.88\pm 0.12$  Bq kg<sup>-1</sup> olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.35. İzmir Körfezi'nden alınan sediment örneklerindeki  $^{137}\text{Cs}$  (Bq kg<sup>-1</sup>) konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi

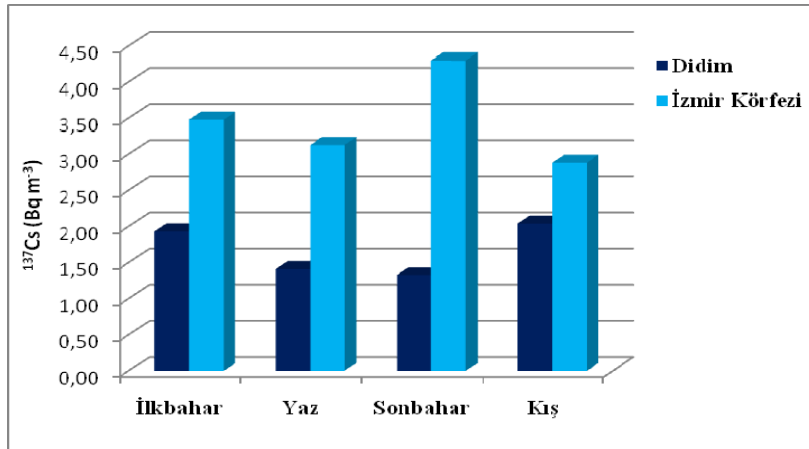
Didim ve İzmir Körfezi'nden toplanan deniz suyu örneklerinde  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonları tayin edilmiş ve elde edilen konsantrasyonlar Çizelge 4.13.'de verilmiştir.

Çizelge 4.13. Didim ve İzmir Körfezi deniz suyu örneklerindeki  $^{137}\text{Cs}$  ( $\text{Bq m}^{-3}$ ) konsantrasyonları

İstasyon	Örnekleme Tarihi	$^{137}\text{Cs}$ ( $\text{Bq m}^{-3}$ )
Didim	İlkbahar-2006	1.93±0.15
Didim	Yaz-2006	1.41±0.22
Didim	Sonbahar-2006	1.32±0.13
Didim	Kış-2007	2.04±0.18
İzmir	İlkbahar-2006	3.48±0.16
İzmir	Yaz-2006	3.13±0.23
İzmir	Sonbahar-2006	4.30±0.38
İzmir	Kış-2007	2.88±0.28

Didim'den toplanan deniz suyu örneklerindeki en yüksek  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonu  $2.04\pm 0.18 \text{ Bq m}^{-3}$  ile kış mevsiminde, en düşük konsantrasyonu ise  $1.32\pm 0.13 \text{ Bq m}^{-3}$  ile sonbahar mevsiminde tayin edilmiştir. Araştırma sonucunda Didim'den toplanan deniz suyu örneklerinde ortalama  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonunun  $1.68\pm 0.09 \text{ Bq m}^{-3}$  olduğu tespit edilmiştir.

İzmir Körfezi'nden toplanan deniz suyu örneklerindeki en yüksek  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonu  $4.30\pm 0.38 \text{ Bq m}^{-3}$  ile sonbahar mevsiminde, en düşük konsantrasyonu ise  $2.88\pm 0.28 \text{ Bq m}^{-3}$  ile kış mevsiminde tayin edilmiştir. İzmir Körfezi'nden toplanan deniz suyu örneklerinde ortalama  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonunun  $3.45\pm 0.30 \text{ Bq m}^{-3}$  olduğu bulunmuştur.



Şekil 4.36. Didim ve İzmir Körfezi'nden toplanan deniz sularında  $^{137}\text{Cs}$  ( $\text{Bq m}^{-3}$ ) konsantrasyonu

### 4.3. Ağır Metal Konsantrasyonları

#### 4.3.1. Midye Örneklerinde Ağır Metal Konsantrasyonları

Didim'den toplanan kara midye (*Mytilus galloprovincialis*) örneklerinde aylık olarak Cd, Cr, Cu, Mn, Fe, Zn, Pb ve Ni konsantrasyonları tayin edilmiştir.

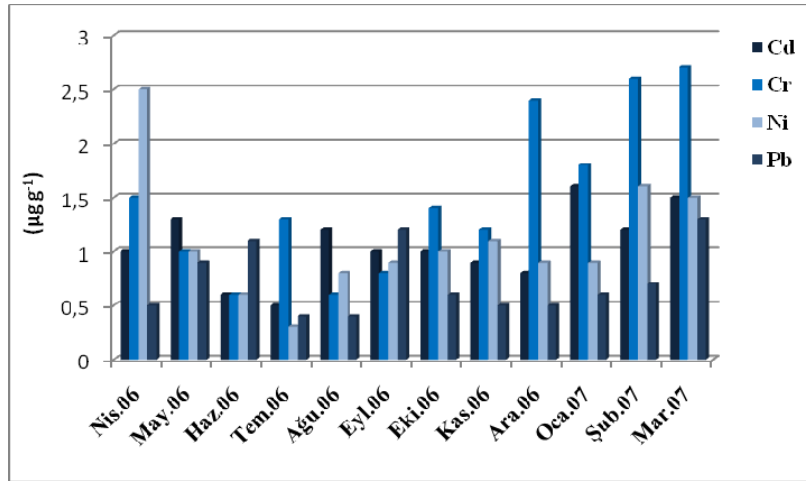
Didim'den alınan midye örneklerindeki en yüksek Cd konsantrasyonu  $1.5 \mu\text{g g}^{-1}$  kuru ağırlık (k.a.) ile Ocak ayında, en düşük konsantrasyonu ise  $0.5 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Temmuz ayında tayin edilmiştir. Araştırma sonucunda Didim'den alınan midye örneklerinde ortalama Cd konsantrasyonunun  $1.1 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. olduğu tespit edilmiştir.

Alınan midye örneklerindeki en yüksek Cr konsantrasyonu  $2.7 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Mart ayında, en düşük konsantrasyonu ise  $0.6 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Haziran ve Ağustos aylarında tayin edilmiştir. Araştırma sonucunda Didim'den alınan midye örneklerinde ortalama Cr konsantrasyonunun  $1.5 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. olduğu tespit edilmiştir.

En yüksek Ni konsantrasyonu  $2.5 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Nisan ayında, en düşük konsantrasyonu ise  $0.3 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Temmuz ayında tayin edilmiştir. Araştırma sonucunda Didim'den alınan midye örneklerinde ortalama Ni konsantrasyonunun  $1.1 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. olduğu tespit edilmiştir.

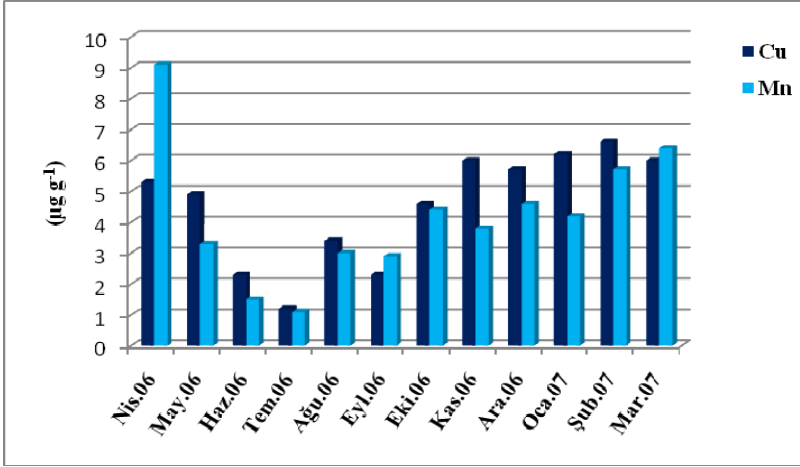
En yüksek Pb konsantrasyonu  $1.3 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Mart ayında, en düşük konsantrasyonu ise  $0.4 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Temmuz ve Ağustos aylarında tayin edilmiştir. Araştırma sonucunda Didim'den alınan midye örneklerinde ortalama Pb konsantrasyonunu  $0.7 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. olduğu tespit edilmiştir.

Şekil 4.37'de aylara göre ağır metal değişimleri gösterilmektedir.



Şekil 4.37. Didim'den alınan midyelerde ağır metal konsantrasyonlarının aylık değişimi

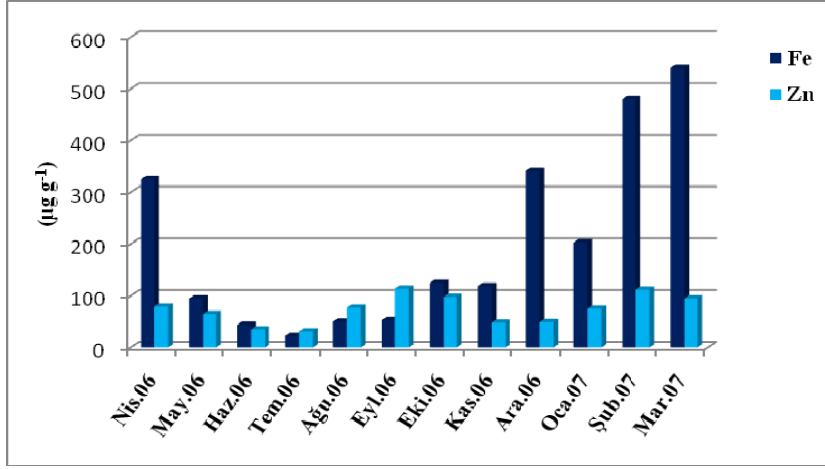
En yüksek Cu konsantrasyonu  $6.6 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Şubat ayında, en düşük konsantrasyonu ise  $1.4 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Temmuz ayında tayin edilmiştir. Araştırma sonucunda Didim'den alınan midye örneklerinde ortalama Cu konsantrasyonunun  $4.6 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3.48).



Şekil 4.38. Didim'den alınan midyelerde Cu ve Mn konsantrasyonlarının aylık değişimi

En yüksek Mn konsantrasyonu  $9.1 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Nisan ayında, en düşük konsantrasyonu ise  $1.1 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Temmuz ayında tayin edilmiştir. Araştırma sonucunda Didim'den alınan midye örneklerinde ortalama Mn konsantrasyonunun  $4.2 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3.48).

En yüksek Zn konsantrasyonu  $114 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Eylül ayında, en düşük konsantrasyonu ise  $31 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Temmuz ayında tayin edilmiştir. Araştırma sonucunda Didim'den alınan midye örneklerinde ortalama Zn konsantrasyonunun  $73.2 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.39. Didim'den alınan midyelerde Fe ve Zn konsantrasyonlarının aylık değişimi

En yüksek Fe konsantrasyonu  $541 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Mart ayında, en düşük konsantrasyonu ise  $22 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Temmuz ayında tayin edilmiştir. Araştırma sonucunda Didim'den alınan midye örneklerinde ortalama Fe konsantrasyonunun  $200 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. olduğu tespit edilmiştir.

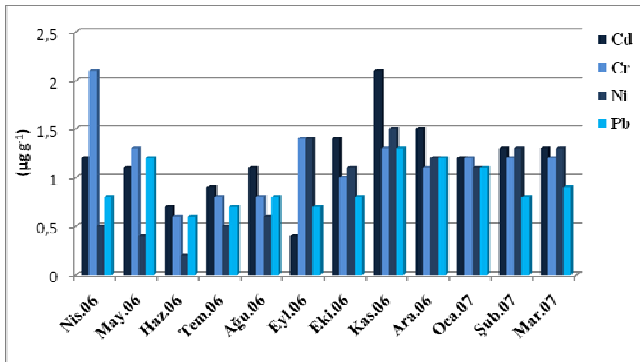
İzmir Körfezi'nden toplanan kara midye (*Mytilus galloprovincialis*) örneklerinde aylık olarak Cd, Cr, Cu, Mn, Fe, Zn, Pb ve Ni konsantrasyonları tayin edilmiştir.

İzmir Körfezi'nden alınan midye örneklerindeki en yüksek Cd konsantrasyonu  $2.1 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Kasım ayında, en düşük konsantrasyonu ise  $0.7 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Haziran ayında tayin edilmiştir. Araştırma sonucunda İzmir Körfezi'nden alınan midye örneklerinde ortalama Cd konsantrasyonunun  $1.2 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. olduğu tespit edilmiştir.

Alınan midye örneklerindeki en yüksek Cr konsantrasyonu  $2.1 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Nisan ayında, en düşük konsantrasyonu ise  $0.6 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Haziran ayında tayin edilmiştir. Araştırma sonucunda İzmir Körfezi'nden alınan midye örneklerinde ortalama Cr konsantrasyonunun  $1.2 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. olduğu tespit edilmiştir.

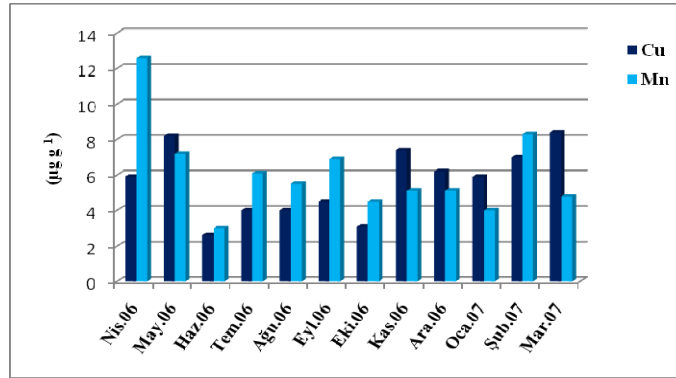
En yüksek Ni konsantrasyonu  $1.5 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Kasım ayında, en düşük konsantrasyonu ise  $0.2 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Haziran ayında tayin edilmiştir. Araştırma sonucunda İzmir Körfezi'nden alınan midye örneklerinde ortalama Ni konsantrasyonunun  $0.9 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. olduğu tespit edilmiştir.

En yüksek Pb konsantrasyonu  $1.3 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Kasım ayında, en düşük konsantrasyonu ise  $0.6 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Haziran ayında tayin edilmiştir. Araştırma sonucunda İzmir Körfezi'nden alınan midye örneklerinde ortalama Pb konsantrasyonunun  $0.9 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.40. İzmir Körfezi'nden alınan midyelerde ağır metal konsantrasyonlarının aylık değişimi

En yüksek Cu konsantrasyonu  $8.4 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Mart ayında, en düşük konsantrasyonu ise  $2.6 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Haziran ayında tayin edilmiştir. Araştırma sonucunda İzmir Körfezi'nden alınan midye örneklerinde ortalama Cu konsantrasyonunun  $5.6 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. olduğu tespit edilmiştir.

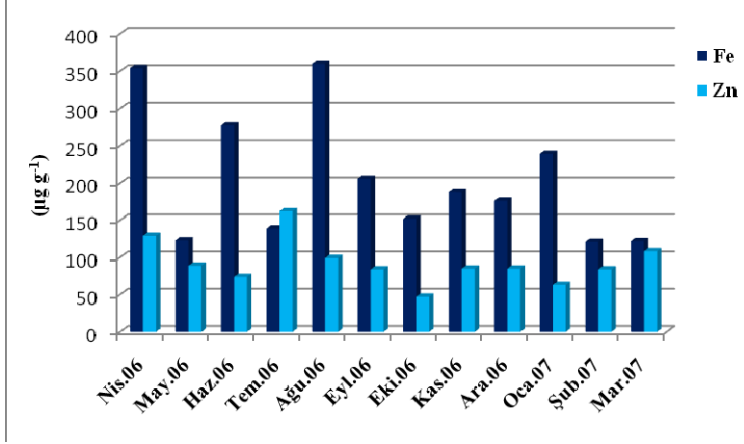


Şekil 4.41 İzmir Körfezi'nden alınan midyelerde Cu ve Mn konsantrasyonlarının aylık değişimi

En yüksek Mn konsantrasyonu  $12.6 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Nisan ayında, en düşük konsantrasyonu ise  $3.0 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Haziran ayında tayin edilmiştir. Araştırma sonucunda İzmir Körfezi'nden alınan midye örneklerinde ortalama Mn konsantrasyonunun  $6.09 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. olduğu tespit edilmiştir.

En yüksek Fe konsantrasyonu  $360 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Ağustos ayında, en düşük konsantrasyonu ise  $121 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Şubat ayında tayin edilmiştir. Araştırma sonucunda İzmir Körfezi'nden alınan midye

örneklerinde ortalama Fe konsantrasyonunun  $205 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.42. İzmir Körfezi'nden alınan midyelerde Fe ve Zn konsantrasyonlarının aylık değişimi

En yüksek Zn konsantrasyonu  $162 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Temmuz ayında, en düşük konsantrasyonu ise  $47 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Ekim ayında tayin edilmiştir. Araştırma sonucunda İzmir Körfezi'nden alınan midye örneklerinde ortalama Zn konsantrasyonunun  $92.42 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. olduğu tespit edilmiştir.

### 4.3.2. Sardalya (*Sardina pilchardus*) Balıklarında Ağır Metal Konsantrasyonları

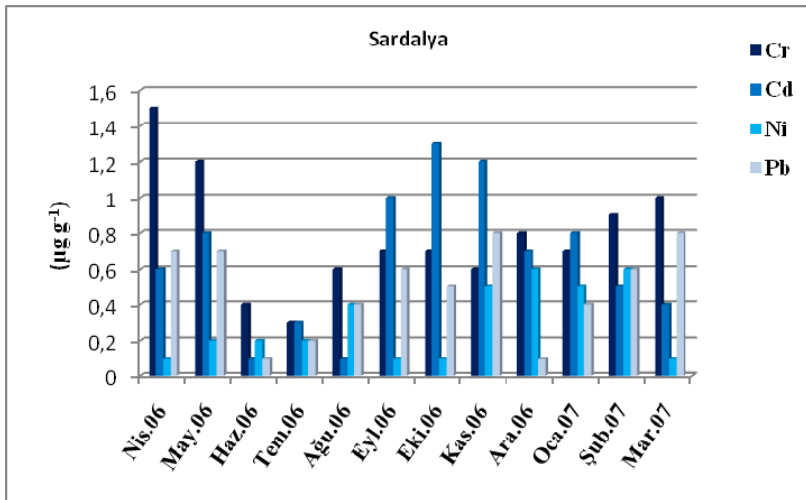
Didim'den toplanan Sardalya (*Sardina pilchardus*) balık örneklerinde aylık olarak Cd, Cr, Cu, Mn, Fe, Zn, Pb ve Ni konsantrasyonları tayin edilmiştir.

Didim'den alınan Sardalya (*Sardina pilchardus*) balık örneklerindeki en yüksek Cd konsantrasyonu  $1.3 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Ekim ayında, en düşük konsantrasyonu ise  $0.1 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Haziran ve Ağustos aylarında tayin edilmiştir. Araştırma sonucunda Didim'den alınan Sardalya (*Sardina pilchardus*) balık örneklerinde ortalama Cd konsantrasyonunun  $0.7 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. olduğu tespit edilmiştir.

Sardalya (*Sardina pilchardus*) balık örneklerindeki en yüksek Cr konsantrasyonu  $1.5 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Nisan ayında, en düşük konsantrasyonu ise  $0.3 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Temmuz ayında tayin edilmiştir. Araştırma sonucunda Didim'den alınan sardalya balık örneklerinde ortalama Cr konsantrasyonunun  $0.8 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. olduğu tespit edilmiştir.

Sardalya (*Sardina pilchardus*) balık örneklerindeki en yüksek Ni konsantrasyonu  $0.6 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Aralık ve Şubat aylarında, en düşük konsantrasyonu ise  $0.1 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Nisan, Eylül, Ekim ve Mart aylarında tayin edilmiştir. Araştırma sonucunda Didim'den alınan Sardalya (*Sardina pilchardus*) balık örneklerinde ortalama Ni konsantrasyonunun  $0.3 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. olduğu tespit edilmiştir.

Sardalya (*Sardina pilchardus*) balık örneklerindeki en yüksek Pb konsantrasyonu  $0.8 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Kasım ve Mart aylarında, en düşük konsantrasyonu ise  $0.1 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Haziran ve Aralık aylarında tayin edilmiştir. Araştırma sonucunda Didim'den alınan Sardalya (*Sardina pilchardus*) balık örneklerinde ortalama Pb konsantrasyonunun  $0.5 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. olduğu tespit edilmiştir.



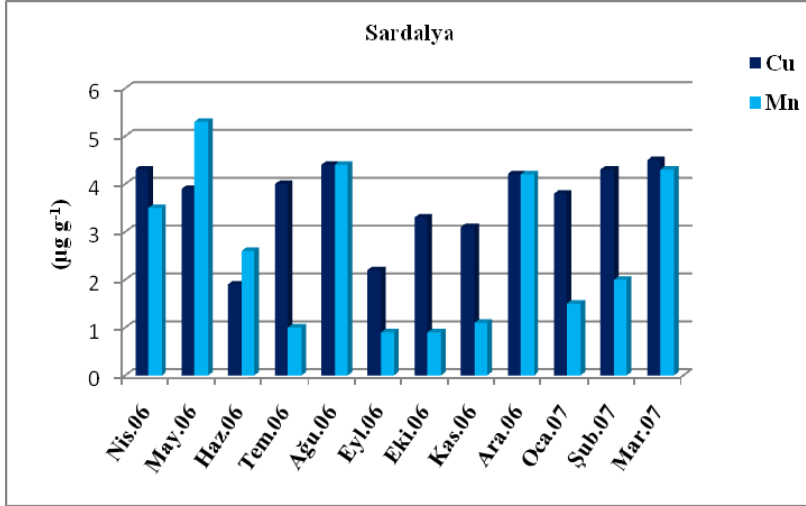
Şekil 4.43. Didim'den alınan Sardalya (*Sardina pilchardus*) balıklarında ağır metal konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$  kuru ağırlık)

Sardalya (*Sardina pilchardus*) balık örneklerindeki en yüksek Cu konsantrasyonu  $4.5 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Mart ayında, en düşük konsantrasyonu ise  $1.9 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Haziran ayında tayin edilmiştir. Araştırma sonucunda Didim'den alınan Sardalya (*Sardina pilchardus*) balık örneklerinde ortalama Cu konsantrasyonunun  $3.7 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. olduğu tespit edilmiştir.

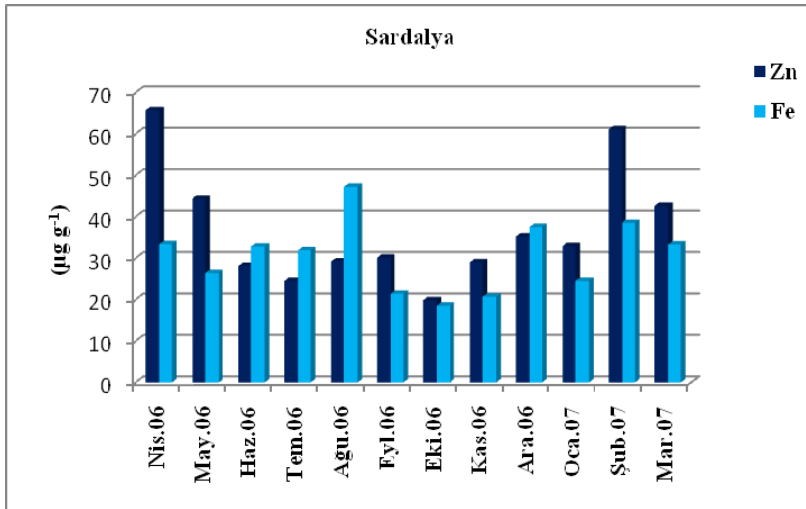
Sardalya (*Sardina pilchardus*) balık örneklerindeki en yüksek Mn konsantrasyonu  $5.3 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Mayıs ayında, en düşük konsantrasyonu ise  $0.9 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Eylül ve Ekim aylarında tayin edilmiştir. Araştırma sonucunda Didim'den alınan Sardalya (*Sardina pilchardus*) balık örneklerinde ortalama Mn konsantrasyonunun  $2.6 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. olduğu tespit edilmiştir.

Sardalya (*Sardina pilchardus*) balık örneklerindeki en yüksek Zn konsantrasyonu  $65.7 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Nisan ayında, en düşük konsantrasyonu ise  $19.8 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Ekim ayında tayin edilmiştir. Araştırma sonucunda Didim'den alınan Sardalya (*Sardina pilchardus*) balık örneklerinde ortalama Zn konsantrasyonunun  $36.88 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. olduğu tespit edilmiştir.

Sardalya (*Sardina pilchardus*) balık örneklerindeki en yüksek Fe konsantrasyonu  $47.2 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Ağustos ayında, en düşük konsantrasyonu ise  $18.5 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Ekim ayında tayin edilmiştir. Araştırma sonucunda Didim'den alınan Sardalya (*Sardina pilchardus*) balık örneklerinde ortalama Fe konsantrasyonunun  $30.5 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.44. Didim'den alınan Sardalya (*Sardina pilchardus*) balıklarında Mn ve Cu konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$  kuru ağırlık)



Şekil 4.45. Didim'den alınan Sardalya (*Sardina pilchardus*) balıklarında Zn ve Fe konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$  kuru ağırlık)

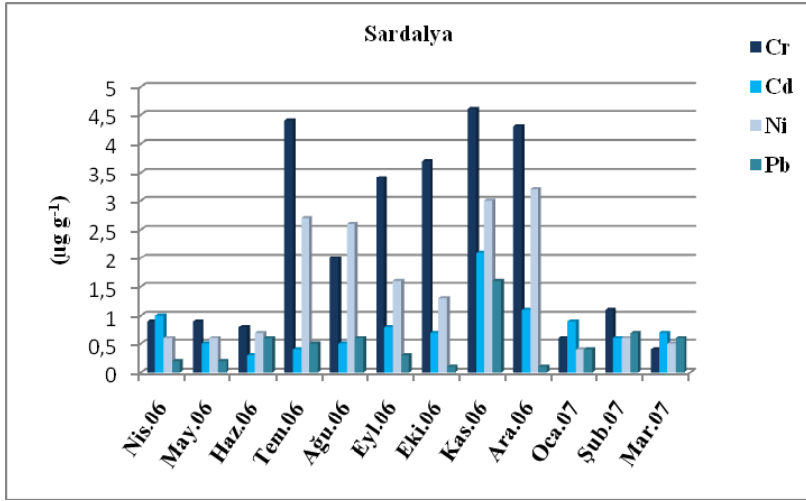
İzmir Körfezi'nden toplanan Sardalya (*Sardina pilchardus*) balık örneklerinde aylık olarak Cd, Cr, Cu, Mn, Fe, Zn, Pb ve Ni konsantrasyonları tayin edilmiştir.

İzmir Körfezi'nden alınan Sardalya (*Sardina pilchardus*) balık örneklerindeki en yüksek Cd konsantrasyonu  $2.1 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Kasım ayında, en düşük konsantrasyonu ise  $0.3 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Haziran ayında tayin edilmiştir. Araştırma sonucunda İzmir Körfezi'nden alınan Sardalya (*Sardina pilchardus*) balık örneklerinde ortalama Cd konsantrasyonunun  $0.8 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. olduğu tespit edilmiştir.

Sardalya (*Sardina pilchardus*) balık örneklerindeki en yüksek Cr konsantrasyonu  $4.6 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Kasım ayında, en düşük konsantrasyonu ise  $0.4 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Mart ayında tayin edilmiştir. Araştırma sonucunda İzmir Körfezi'nden alınan Sardalya (*Sardina pilchardus*) balık örneklerinde ortalama Cr konsantrasyonunun  $2.3 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. olduğu tespit edilmiştir.

Sardalya (*Sardina pilchardus*) balık örneklerindeki en yüksek Ni konsantrasyonu  $3.2 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Aralık ayında, en düşük konsantrasyonu ise  $0.4 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Ocak ayında tayin edilmiştir. Araştırma sonucunda İzmir Körfezi'nden alınan Sardalya (*Sardina pilchardus*) balık örneklerinde ortalama Ni konsantrasyonunun  $1.5 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. olduğu tespit edilmiştir.

Sardalya (*Sardina pilchardus*) balık örneklerindeki en yüksek Pb konsantrasyonu  $1.6 \mu\text{g g}^{-1}$  ile Kasım ayında, en düşük konsantrasyonu ise  $0.1 \mu\text{g g}^{-1}$  ile Ekim ve Aralık aylarında tayin edilmiştir. Araştırma sonucunda İzmir Körfezi'nden alınan Sardalya (*Sardina pilchardus*) balık örneklerinde ortalama Pb konsantrasyonunun  $0.5 \mu\text{g g}^{-1}$  olduğu tespit edilmiştir.



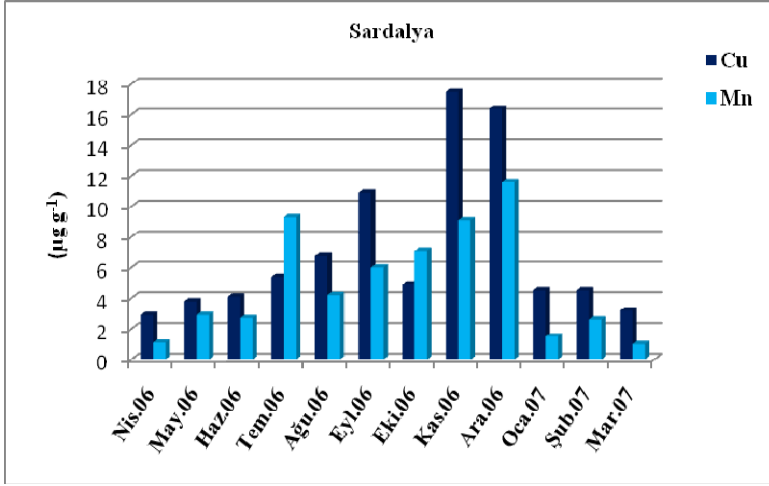
Şekil 4.46. İzmir Körfezi'nden alınan Sardalya (*Sardina pilchardus*) balıklarında ağır metal konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$  kuru ağırlık)

Sardalya (*Sardina pilchardus*) balık örneklerindeki en yüksek Cu konsantrasyonu  $17.5 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Kasım ayında, en düşük konsantrasyonu ise  $2.9 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Nisan ayında tayin edilmiştir. Araştırma sonucunda İzmir Körfezi'nden alınan Sardalya (*Sardina pilchardus*) balık örneklerinde ortalama Cu konsantrasyonunun  $7.08 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. olduğu tespit edilmiştir.

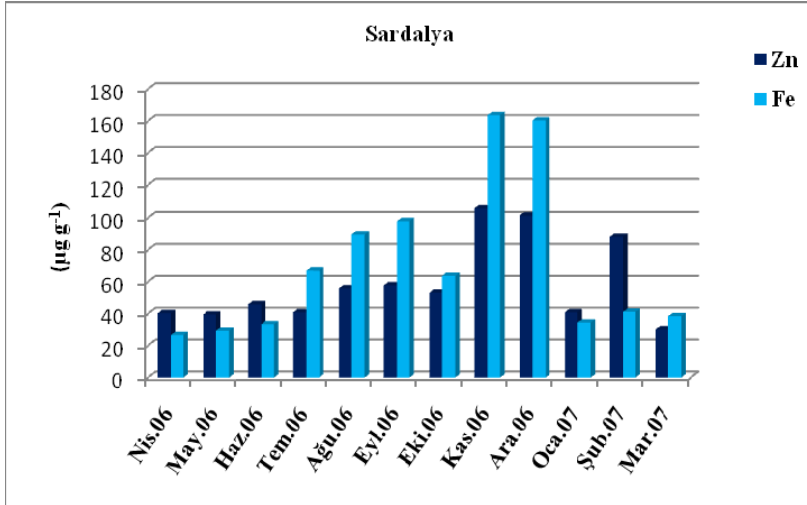
Sardalya (*Sardina pilchardus*) balık örneklerindeki en yüksek Mn konsantrasyonu 11.6  $\mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Aralık ayında, en düşük konsantrasyonu ise 1.0  $\mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Mart ayında tayin edilmiştir. Araştırma sonucunda İzmir Körfezi'nden alınan Sardalya (*Sardina pilchardus*) balık örneklerinde ortalama Mn konsantrasyonunun 4.9  $\mu\text{g g}^{-1}$  k.a. olduğu tespit edilmiştir.

Sardalya (*Sardina pilchardus*) balık örneklerindeki en yüksek Zn konsantrasyonu 106.1  $\mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Kasım ayında, en düşük konsantrasyonu ise 30.1  $\mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Mart ayında tayin edilmiştir. Araştırma sonucunda İzmir Körfezi'nden alınan Sardalya (*Sardina pilchardus*) balık örneklerinde ortalama Zn konsantrasyonunun 59.08  $\mu\text{g g}^{-1}$  k.a. olduğu tespit edilmiştir.

Sardalya (*Sardina pilchardus*) balık örneklerindeki en yüksek Fe konsantrasyonu 163.7  $\mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Kasım ayında, en düşük konsantrasyonu ise 26.6  $\mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Nisan ayında tayin edilmiştir. Araştırma sonucunda İzmir Körfezi'nden alınan Sardalya (*Sardina pilchardus*) balık örneklerinde ortalama Fe konsantrasyonunun 70.5  $\mu\text{g g}^{-1}$  k.a. olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.47. İzmir Körfezi'nden alınan Sardalya (*Sardina pilchardus*) balıklarında Mn ve Cu konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$  kuru ağırlık)



Şekil 4.48. İzmir Körfezi'nden alınan Sardalya (*Sardina pilchardus*) balıklarında Zn ve Fe konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$  kuru ağırlık)

### 4.3.3. Sediment Örneklerinde Ağır Metal Konsantrasyonları

Didim'den toplanan sediment örneklerinde aylık olarak Cd, Cr, Cu, Mn, Fe, Zn, Pb ve Ni konsantrasyonları tayin edilmiştir.

Sediment örneklerindeki en yüksek Cr konsantrasyonu  $22 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Nisan, Ağustos ve Ocak aylarında, en düşük konsantrasyonu ise  $9 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Eylül ayında tayin edilmiştir. Araştırma sonucunda Didim'den alınan sediment örneklerinde ortalama Cr konsantrasyonunun  $17.42 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. olduğu tespit edilmiştir.

Sediment örneklerindeki en yüksek Cu konsantrasyonu  $9 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Nisan ayında en düşük konsantrasyonu ise  $3 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Aralık, Ocak ve Mart aylarında tayin edilmiştir. Araştırma sonucunda Didim'den alınan sediment örneklerinde ortalama Cu konsantrasyonunun  $5 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. olduğu tespit edilmiştir.

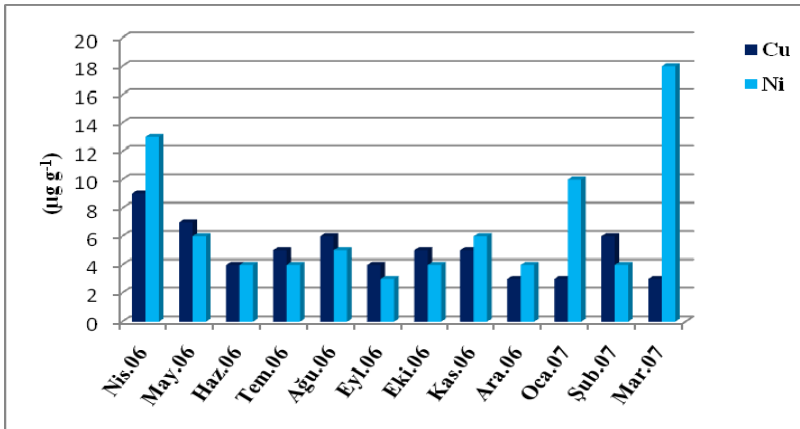
Sediment örneklerindeki en yüksek Fe konsantrasyonu  $11405 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Şubat ayında en düşük konsantrasyonu ise  $1271 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Eylül ayında tayin edilmiştir. Araştırma sonucunda Didim'den alınan sediment örneklerinde ortalama Fe konsantrasyonunun  $4496 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. olduğu tespit edilmiştir.

Sediment örneklerindeki en yüksek Mn konsantrasyonu  $371 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Şubat ayında en düşük konsantrasyonu ise  $42 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Eylül ayında tayin edilmiştir. Araştırma sonucunda Didim'den alınan

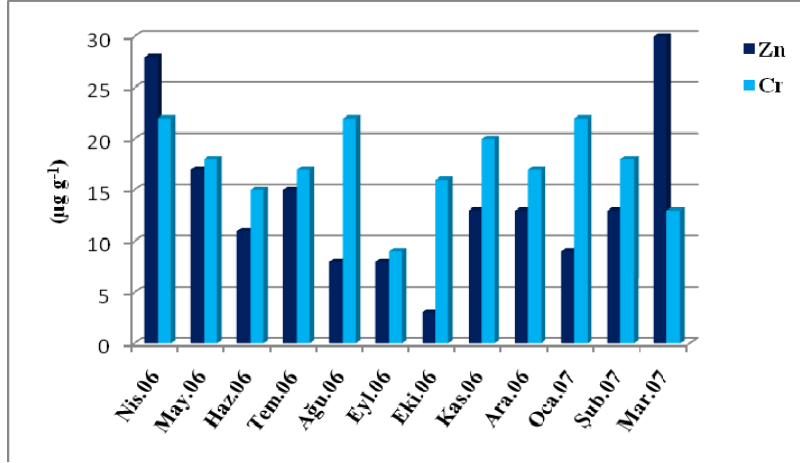
sediment örneklerinde ortalama Mn konsantrasyonunun  $150 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. olduğu tespit edilmiştir.

Sediment örneklerindeki en yüksek Ni konsantrasyonu  $20 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Mart ayında en düşük konsantrasyonu ise  $3 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Eylül ayında tayin edilmiştir. Araştırma sonucunda Didim'den alınan sediment örneklerinde ortalama Ni konsantrasyonunun  $6.75 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. olduğu tespit edilmiştir.

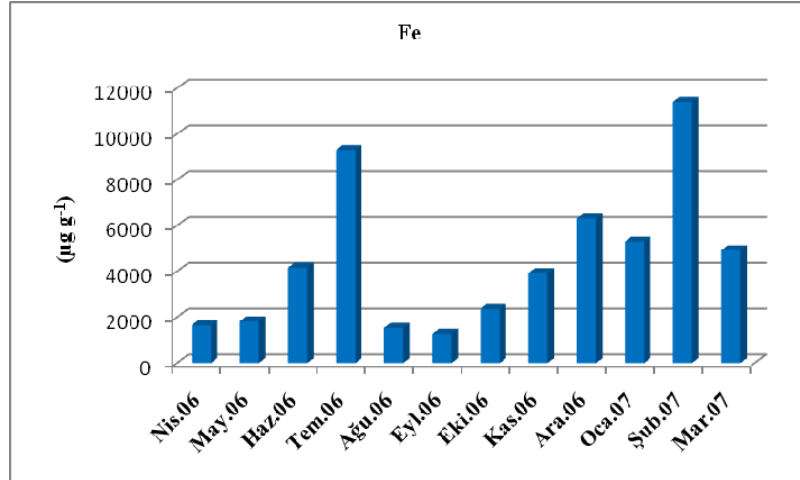
Sediment örneklerindeki en yüksek Zn konsantrasyonu  $30 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Mart ayında en düşük konsantrasyonu ise  $3 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Ekim ayında tayin edilmiştir. Araştırma sonucunda Didim'den alınan sediment örneklerinde ortalama Zn konsantrasyonunun  $14 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. olduğu tespit edilmiştir.



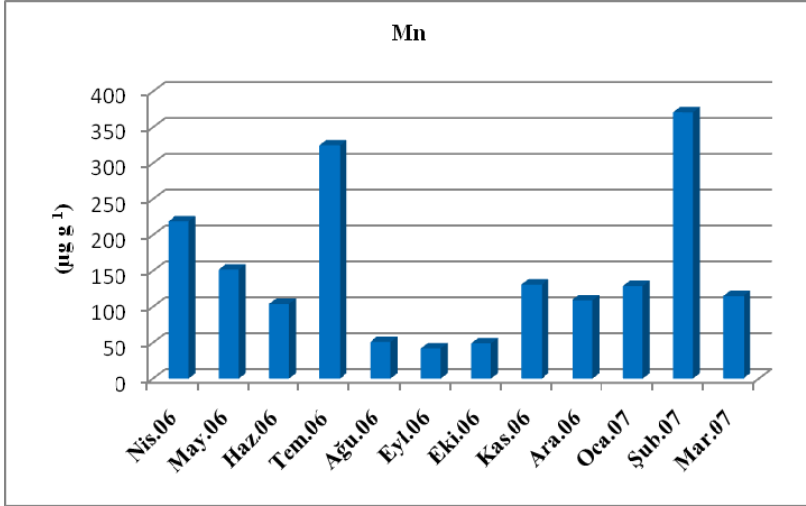
Şekil 4.49. Didim'den toplanan sediment örneklerinde Cu ve Ni ( $\mu\text{g g}^{-1}$  kuru ağırlık) Konsantrasyonunun değişimi



Şekil 4.50. Didim'den toplanan sediment örneklerinde Zn ve Cr ( $\mu\text{g g}^{-1}$  kuru ağırlık) konsantrasyonlarının değişimi



Şekil 4.51. Didim'den toplanan sediment örneklerinde Fe ( $\mu\text{g g}^{-1}$  kuru ağırlık) konsantrasyonlarının değişimi



Şekil 4.52. Didim'den toplanan sediment örneklerinde Mn ( $\mu\text{g g}^{-1}$  kuru ağırlık) konsantrasyonlarının değişimi

İzmir Körfezi'nden toplanan sediment örneklerinde aylık olarak Cd, Cr, Cu, Mn, Fe, Zn, Pb ve Ni konsantrasyonları tayin edilmiştir.

İzmir Körfezi'nden toplanan sediment örneklerindeki Cd konsantrasyonları dedeksiyon limitinin altında çıkmıştır.

Sediment örneklerindeki en yüksek Cr konsantrasyonu  $65 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Şubat ayında, en düşük konsantrasyonu ise  $9 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Aralık ayında tayin edilmiştir. Araştırma sonucunda İzmir Körfezi'nden alınan sediment örneklerinde ortalama Cr konsantrasyonunun  $25.92 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. olduğu tespit edilmiştir.

Sediment örneklerindeki en yüksek Cu konsantrasyonu 38  $\mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Kasım ayında, en düşük konsantrasyonu ise 9  $\mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Nisan ayında tayin edilmiştir. Araştırma sonucunda İzmir Körfezi'nden alınan sediment örneklerinde ortalama Cu konsantrasyonunun 23.5  $\mu\text{g g}^{-1}$  k.a. olduğu tespit edilmiştir.

Sediment örneklerindeki en yüksek Fe konsantrasyonu 18470  $\mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Şubat ayında, en düşük konsantrasyonu ise 4709  $\mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Temmuz ayında tayin edilmiştir. Araştırma sonucunda İzmir Körfezi'nden alınan sediment örneklerinde ortalama Fe konsantrasyonunun 9491  $\mu\text{g g}^{-1}$  k.a. olduğu tespit edilmiştir.

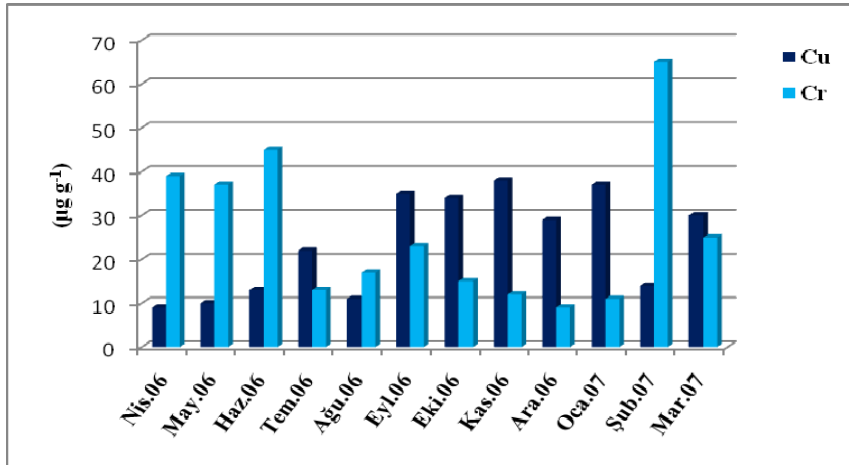
Sediment örneklerindeki en yüksek Mn konsantrasyonu 542  $\mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Mayıs ayında, en düşük konsantrasyonu ise 76  $\mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Aralık ayında tayin edilmiştir. Araştırma sonucunda İzmir Körfezi'nden alınan sediment örneklerinde ortalama Mn konsantrasyonunun 224  $\mu\text{g g}^{-1}$  k.a. olduğu tespit edilmiştir.

Sediment örneklerindeki en yüksek Ni konsantrasyonu 33  $\mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Şubat ayında, en düşük konsantrasyonu ise 5  $\mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Ağustos ve Aralık aylarında tayin edilmiştir. Araştırma sonucunda İzmir Körfezi'nden alınan sediment örneklerinde ortalama Ni konsantrasyonunun 13.33  $\mu\text{g g}^{-1}$  k.a. olduğu tespit edilmiştir.

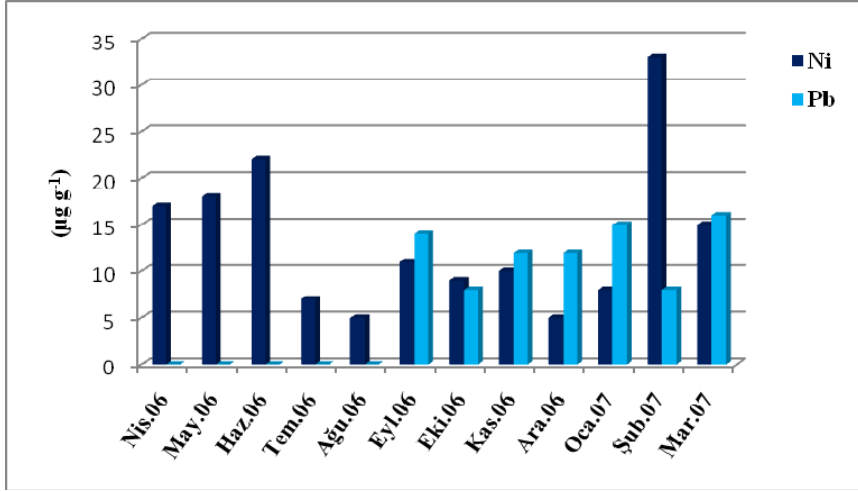
Sediment örneklerindeki en yüksek Pb konsantrasyonu genellikle dedeksiyon limitinin altında olup en yüksek konsantrasyon 16  $\mu\text{g g}^{-1}$  k.a.

ile Mart ayında tayin edilmiştir. Araştırma sonucunda İzmir Körfezi'nden alınan sediment örneklerinde ortalama Pb konsantrasyonunun  $7.08 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. olduğu tespit edilmiştir.

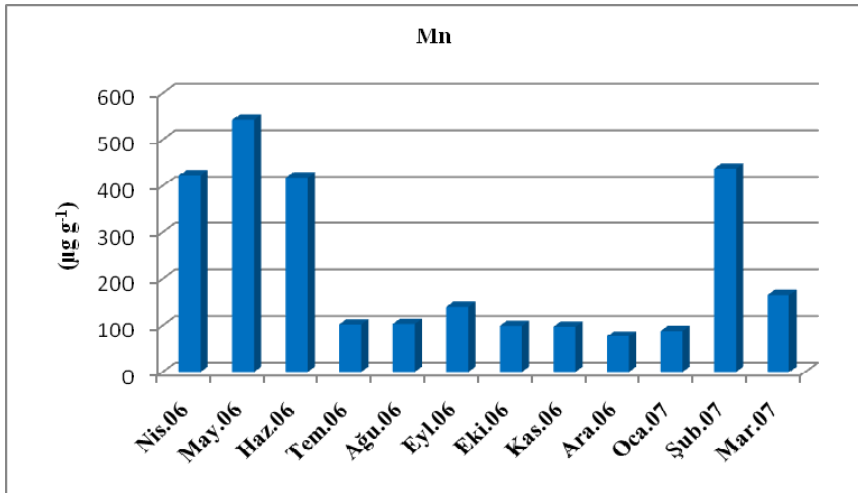
Sediment örneklerindeki en yüksek Zn konsantrasyonu  $85 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Ocak ve Şubat aylarında, en düşük konsantrasyonu ise  $17 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. ile Nisan ve Ağustos aylarında tayin edilmiştir. Araştırma sonucunda İzmir Körfezi'nden alınan sediment örneklerinde ortalama Zn konsantrasyonunun  $45.83 \mu\text{g g}^{-1}$  k.a. olduğu tespit edilmiştir.



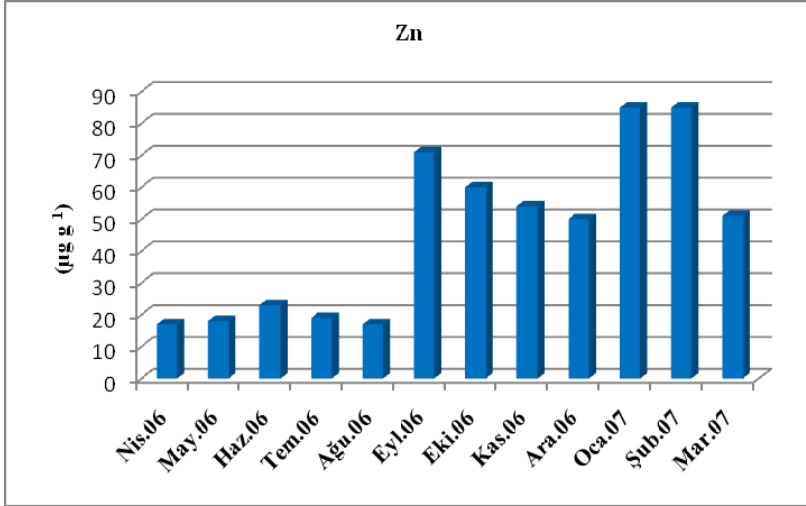
Şekil 4.53. İzmir Körfezi'nden toplanan sediment örneklerinde Cu ve Cr ( $\mu\text{g g}^{-1}$  kuru ağırlık) konsantrasyonlarının değişimi



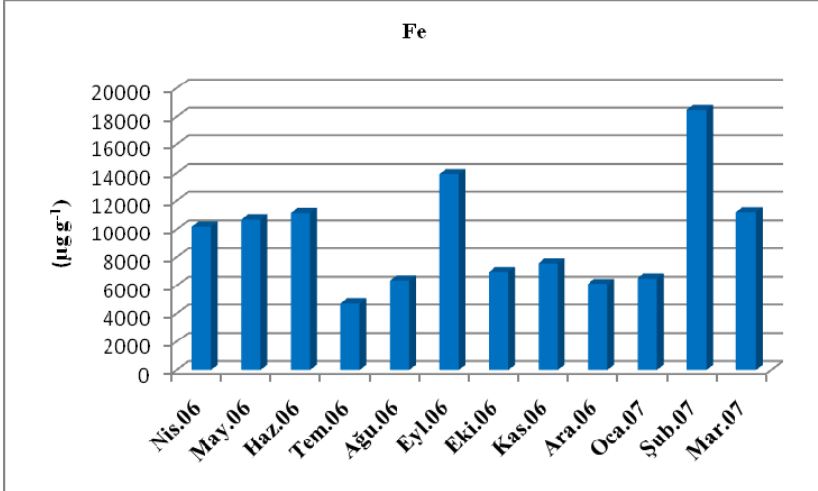
Şekil 4.54. İzmir Körfezi'nden toplanan sediment örneklerinde Ni ve Pb ( $\mu\text{g g}^{-1}$  kuru ağırlık) konsantrasyonlarının değişimi



Şekil 4.55. İzmir Körfezi'nden toplanan sediment örneklerinde Mn ( $\mu\text{g g}^{-1}$  kuru ağırlık) konsantrasyonlarının değişimi



Şekil 4.56. İzmir Körfezi'nden toplanan sediment örneklerinde Zn ( $\mu\text{g g}^{-1}$  kuru ağırlık) konsantrasyonlarının değişimi



Şekil 4.57. İzmir Körfezi'nden toplanan sediment örneklerinde Fe ( $\mu\text{g g}^{-1}$  kuru ağırlık) konsantrasyonlarının değişimi

Büyük Menderes Nehri ve Dilek Yarım Adası Deltası'ndan toplanan sediment örneklerinde Cd, Cr, Cu, Mn, Fe, Zn, Pb ve Ni konsantrasyonları tayin edilmiştir. Elde edilen konsantrasyonlar Çizelge 4.14 ve Çizelge 4.15'de verilmiştir.

Çizelge 4.14. Büyük Menderes Nehri'nden toplanan sediment örneklerinde Cd, Cr, Cu, Mn, Fe, Zn, Pb ve Ni ( $\mu\text{g g}^{-1}$  kuru ağırlık) Konsantrasyonları

<b>Örnekleme Tarihi</b>	<b>Cd</b>	<b>Cr</b>	<b>Cu</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Ni</b>	<b>Pb</b>	<b>Zn</b>
Aralık-06	ND	95	12	18310	394	168	ND	30
Ocak-07	ND	73	23	18810	399	134	0.5	43
Şubat-07	ND	101	15	19240	443	201	ND	33
Mart-07	ND	107	15	18390	378	151	ND	33
Ağustos-07	ND	89	17	14200	345	150	ND	34
Eylül-07	ND	67	12	14890	291	104	ND	27

Çizelge 4.15. Dilek Yarım Adası Deltası'ndan toplanan sediment örneklerinde Cd, Cr, Cu, Mn, Fe, Zn, Pb ve Ni ( $\mu\text{g g}^{-1}$  kuru ağırlık) Konsantrasyonları

<b>Örnekleme Tarihi</b>	<b>Cd</b>	<b>Cr</b>	<b>Cu</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Ni</b>	<b>Pb</b>	<b>Zn</b>
Aralık-06	ND	127	15	21070	339	213	ND	35
Ocak-07	ND	55	4	12600	255	88	4	19
Şubat-07	ND	122	21	24360	262	171	2	49
Mart-07	ND	116	15	23730	299	157	3	45
Ağustos-07	ND	77	10	16510	271	101	1	22
Eylül-07	ND	65	6	15280	230	91	ND	24

## 5. TARTIŞMA

Didim (Akbük) ve İzmir Körfezi (Urla)'dan Nisan 2006- Mart 2007 dönemleri arasında aylık periyotlarda kara midye (*Mytilus galloprovincialis*), çeşitli balık türleri, sediment ve deniz suyu örnekleri toplanmıştır. Ayrıca, Didim bölgesindeki kirlilik kaynaklarının değerlendirilmesi için Ege bölgesinin en uzun ve büyük nehri olan Büyük Menderes Nehri ve Dilek Yarım Adası Deltası'ndan da su ve sediment örnekleri de toplanmıştır.

Bu örneklerde  $^{210}\text{Po}$ ,  $^{210}\text{Pb}$  ve  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonları alfa ve gama spektroskopik olarak tayin edilmiş ve Zn, Cu, Fe, Ni, Cd, Mn, Pb ve Cr gibi ağır metaller ICP-OES ile ölçülmüştür.

### 5.1. Midye Örneklerindeki $^{210}\text{Po}$ ve $^{210}\text{Pb}$ Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi

#### 5.1.1. Didim'den Toplanan Midye Örneklerindeki $^{210}\text{Po}$ ve $^{210}\text{Pb}$ Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi

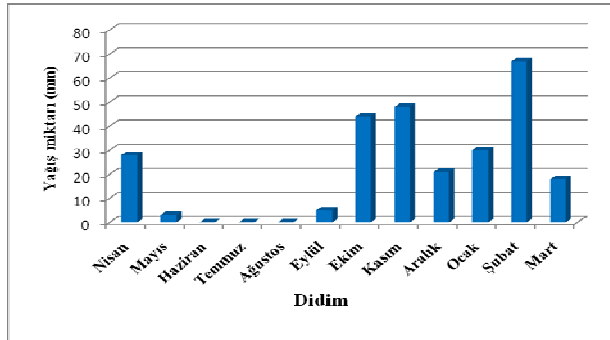
Didim'den toplanan midyelerde (*Mytilus galloprovincialis*) tayin edilen  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonları  $227\pm 22$  Bq  $\text{kg}^{-1}$  -  $2303\pm 383$  Bq  $\text{kg}^{-1}$  kuru ağırlık,  $^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonları ise ND -  $64\pm 6$  Bq  $\text{kg}^{-1}$  kuru ağırlık arasında değişmektedir. Ortalama en yüksek  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonu kış mevsiminde bulunurken, en düşük  $^{210}\text{Po}$  ve  $^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonları ise

sonbahar mevsiminde tayin edilmiştir. Didim'den toplanan midyeler boyutlarına göre dört gruba ayrılmıştır. En yüksek  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonu Mayıs ayında toplanan 3-5 cm arasındaki midyelerde tayin edilmiştir. Yüksek  $^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonları genellikle Ocak, Şubat, Mart gibi soğuk dönemlerde alınan midyelerde tayin edilmiştir. Elde edilen  $^{210}\text{Po}$  ile  $^{210}\text{Pb}$  değerleri kıyaslandığında  $^{210}\text{Pb}$ 'un oldukça düşük konsantrasyonlar sergilediği görülmektedir. Bunun en önemli sebeplerinden birisinin  $^{210}\text{Po}$  daha çok organik parçacıklarda tutunurken  $^{210}\text{Pb}$ 'un inorganik parçacıklarda tutunması olduğu düşünülmektedir.

Didim bölgesinden toplanan midyelerde  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonunun yüksek tayin edilmesinin nedeni Didim'in kuzeyinden Ege Denizi'ne dökülen Ege Bölgesi'nin en büyük nehri olan Büyük Menderes'e bağlanabilir. Kış mevsiminde yağışlara bağlı olarak debisi daha da artan ve  $44.32 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  olan nehir 250.000 hektar araziye sulamaktadır. Büyük Menderes Nehri, yerleşim yerlerinden kaynaklanan evsel atık sular; sanayi kuruluşlarında oluşan endüstriyel atık sular; aşırı, zamansız ve yanlış gübre-pestisit kullanımı etkileriyle kirletilmektedir.

Atmosferde bulunan  $^{222}\text{Rn}$ 'nin bozunum zincirinde oluşan  $^{210}\text{Po}$  ve  $^{210}\text{Pb}$  kuru ve yaş depozisyonla akuatik ortamlara gelmektedir. Devlet Meteoroloji İşleri Müdürlüğü'nden temin edilen Aydın ili Didim ilçesi 2006-2007 yıllarına ait aylık yağış miktarları verilerine göre örnekleme periyodu içinde en fazla yağış miktarı Şubat ayında olmuştur (Şekil 5.1). Sonbahar sonlarına doğru yağış miktarlarındaki ani artış ise dikkate değer görülmektedir. Kış aylarında yağışların fazla olması sebebiyle bu

dönemlere ait  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonlarının daha yüksek değerlerde olduğu düşünülmektedir. İlbahardan yaz mevsimine geçişte azalan yağmurlar sonucu kış mevsimine kıyasla midyelerde  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonunun da düştüğü gözlenmiştir.  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonunun düşük olduğu yaz aylarında ise hiç yağış gözlenmemiştir ve yağışların olmadığı bu aylarda  $^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonunda belirgin bir değişim olmamıştır. Bu verilere göre Didim'den toplanan midyelerdeki radyonüklid birikiminde yağmur ve rüzgarlarında önemli rolü olduğu düşünülmektedir. Yapılan regresyon analizi ile Didim'e ait yağış miktarları ve  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonları arasında anlamlı bir ilişkinin bulunması sonuçlarımızı desteklemektedir ( $p<0.05$ ).



Şekil 5.1. Didim'de 2006-2007 yılları arasında aylık toplam yağış miktarı (DMİ, 2007)

Wildgust ve arkadaşları (1998), 1996-1997 yılları arasında aylık olarak *Mytilus edulis* türü midyelerde  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonunu incelemiş ve en yüksek spesifik aktiviteyi Şubat ve Nisan aylarında, en düşük aktiviteyi ise Eylül ayında tayin etmişlerdir.  $^{210}\text{Po}$  aktivitesinin Nisan ve Mayıs arasında %50'sinden daha fazlasının azaldığını, Haziran ve Eylül ayları arasında ise arttığını gözlemlemişlerdir. Çalışmalarında spesifik

$^{210}\text{Po}$  aktivitesinin sonbahar ve kış dönemlerinde arttığını ve denizel ortama  $^{210}\text{Po}$  girdisinde yağmurlarında etkili olduğunu belirtmişlerdir.

Midyelerdeki  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonunu etkileyen bir diğer unsurun deniz suyu sıcaklığı, tuzluluk ve mevsimlere bağlı meydana gelen üreme dönemi gibi biyolojik aktiviteler olduğu düşünülmektedir. İlkbahar ve sonbahar sonlarına doğru üreme dönemine giren midyelerin bu dönemlerde biyolojik aktiviteleri artar, beslenme faaliyetleri üst düzeye ulaşarak bünyelerine daha fazla besin maddesi alırlar (Atayeter, 1991).

Lök (2001), Ağustos 1996'dan Temmuz 1997'ye kadar İskele'de (Urla-İzmir) *Mytilus galloprovincialis* türü midyelerin büyüme oranlarını araştırmak için yapmış olduğu çalışmasında farklı boylardaki midyelerin kabuk boyu, eni, kalınlığı ve canlı ağırlığını bir yıl boyunca takip etmiş ve kabuklu su canlılarında büyümeyi beslenme ve sıcaklık gibi koşulların etkilediğini bulmuştur. Fitoplankton konsantrasyonlarının mevsime bağlı olarak düşük olduğu kış aylarında midyelerin enerji ihtiyaçlarını karşılamak için fitoplanktonik olmayan kaynakları besin olarak kullandıklarını ve sıcaklığın 8-10  $^{\circ}\text{C}$ 'ye düştüğü kış aylarında ise partikül organik madde içerisinde yer alan ve canlı organizma olmayan kısımları yiyerek beslendiklerini öne sürmüştür.

Planktonik organizmalar denizel ortamlarda bulunan radyonüklidler içerisinde  $^{210}\text{Po}$ 'u çok hızlı bir şekilde absorbe ederler. Ayrıca planktonik organizmalar, farklı radyonüklidleri biriktirebilme ve bu radyonüklidlerde yüksek konsantrasyona sahip olabilmeleri nedeniyle

denizlerde biyoizleyici olarak kullanılmaktadır. Planktonik organizmaların yaşamları kısadır ve gıda zincirinin en altında bulunmaları sebebiyle biyobirikim deneylerinde çok kullanılırlar. Yapılan bazı çalışmalar  $^{210}\text{Po}$ 'un bazı fitoplankton ve bakteri türlerinin sitoplazmalarına katıldığını da göstermiştir. Radyonüklidlerin planktonik organizmalarca alımı, hücresel sınırlardan diğer organ ve dokulara (aktif veya pasif işlemlerle) geçtikten sonra depolanır veya elimine edilirler. Planktonik organizmalarda bulunan  $^{210}\text{Po}$  aktivite konsantrasyonlarını etkileyen maruz kalma süresi, elementin fizikokimyasal formu, tuzluluk, sıcaklık, organizmanın yaşam döngüsü, fizyoloji ve beslenme alışkanlıklarının kontrolü altındadır. (Arslan, 2005; Tatar, 2007).

Midyelerde büyüme ilkbaharda su sıcaklığının ve buna paralel olarak fitoplankton ve zooplankton varlığının artmasıyla başlar (Lök, 2001). Bu dönemlerde bünyelerine planktonları da alan midyelerdeki radyonüklid konsantrasyonlarının yüksek çıkması olası bir sonuçtur. Wildgust ve arkadaşları da bahar aylarında meydana gelen plankton artışlarının  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonunda etkili olduğunu öne sürmüşlerdir (Wildgust, 1998).

Yaz döneminde ise deniz suyu sıcaklığındaki artışa bağlı olarak tuzluluğa karşı midyeler kendilerini korumak amaçlı biyolojik aktivitelerini yavaşlatırlar. Bu sebepten dolayı Didim'den toplanan midyelerde yaz aylarında düşük  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonlarının gözlenmiş olabileceği düşünülmektedir.

Ryan ve arkadaşları (1999), İrlanda'da Mart-1993 ve Şubat-1995 yılları arasında 21 kez örnekleme yaparak *Mytilus edulis* türü midyelerde  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonlarını incelemişlerdir. Haziran 1993'de Sutton'dan topladıkları midyelerdeki  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonunu  $172 \pm 15 \text{ Bq kg}^{-1}$  bulurken, Carlingford'dan topladıkları midyelerde  $120 \pm 10 \text{ Bq kg}^{-1}$  olarak tayin etmişlerdir. Aynı boyuttaki midyelerde Ocak 1994 yılında ise Sutton'dan topladıkları midyelerdeki  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonunu  $212 \pm 16 \text{ Bq kg}^{-1}$  bulurken, Carlingford'dan topladıkları midyelerde  $130 \pm 2 \text{ Bq kg}^{-1}$  olarak tayin etmişlerdir. Çalışmalarında midyelerdeki  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonlarında mevsimsel değişimlerin olduğunu vurgulamışlardır. Elde ettikleri konsantrasyonlarla çalışmamızda Didim'den topladığımız midyelerde elde ettiğimiz konsantrasyonlar arasında mevsimsel bir paralellik vardır. Didim'den topladığımız midyelerdeki  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonu da genellikle Ocak, Şubat ve Mart aylarında yüksek iken Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında düşük konsantrasyonlar sergilemiştir. Ryan ve arkadaşları yine aynı çalışmada midyelerdeki  $^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonunun  $4 \pm 3 \text{ Bq kg}^{-1}$  ile  $25 \pm 2 \text{ Bq kg}^{-1}$  kuru ağırlık arasında değiştiğini ve en yüksek  $^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonu Mart ayında tayin etmişlerdir. Bulunanlar  $^{210}\text{Pb}$  için elde ettiğimiz konsantrasyonlar ile paraleldir. Didim'den toplanan midyelerde en yüksek  $^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonu Mart ayında tayin edilmiştir.

Connan ve arkadaşları (2007), Fransa kıyılarında deniz suyu, midye ve balık türlerinde  $^{210}\text{Po}$  ve  $^{210}\text{Pb}$  dağılımlarını mevsimsel olarak incelemişler ve midyelerdeki  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonlarında mevsimsel

değişimlerin etkili olduğunu bulmuşlardır. *Mytilus edulis* türü midyelerde yapmış oldukları incelemede en yüksek  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonlarını kış mevsimi gibi soğuk periyotlarda bulurken, en düşük konsantrasyonları ise yaz mevsimi gibi sıcak dönemlerde tayin etmişler ve sıcak periyotlardaki  $^{210}\text{Po}$  biyoakümüülasyonunun soğuk periyotlara göre daha düşük olduğunu ve soğuk periyotların midyelerin üremeleri için daha etkin dönemler olduğunu vurgulamışlardır. Çalışmamızda kış aylarında  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonunun yüksek olması ile paralel bir bağlantı olduğu görülmüştür. Ayrıca metaller için yapılan birçok çalışmada, metallerin organizmalar tarafından biyoakümüülasyonunda vücut ağırlığı ve büyüklüğünün de etkisi olduğu söylenmektedir. Connan ve arkadaşları da yapmış oldukları çalışmada daha büyük boyuttaki midyelerdeki  $^{210}\text{Po}$  alımının daha fazla olduğunu görmüşlerdir.

Türkiye denizlerinde *Mytilus galloprovincialis* türü midyeler yaygın olarak bulunsa da bu tür midyelerde  $^{210}\text{Po}$  ve  $^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonlarının değişimi üzerine sınırlı çalışma mevcuttur.

Uğur ve arkadaşları (2002), tarafından Ege Denizi kıyılarında yapılan bir çalışmada *Mytilus galloprovincialis* türü midyelerde  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonlarını  $52\pm 6$  ile  $1344\pm 108$  Bq  $\text{kg}^{-1}$  kuru ağırlık,  $^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonlarının ise  $6\pm 2$  ile  $167\pm 10$  Bq  $\text{kg}^{-1}$  kuru ağırlık arasında değiştiği tayin edilmiştir. Çalışmalarında en yüksek  $^{210}\text{Po}$  ve  $^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonlarını Mayıs ayında Foça bölgesinden topladıkları midyelerde tayin etmişlerdir. Foça'da buldukları yüksek

konsantrasyonların Aliğa ve İzmir çevresinde yer alan petrol ve diğer kimya endüstrilerini (Tüpraş, Petkim gibi) kapsayan kıyısız endüstri kuruluşlarına bağlı olabileceğini öne sürmüşlerdir. Elde edilen konsantrasyonlar karşılaştırıldığında, çalışmamızda Didim'den Mayıs ayında toplanan (1-4), (3-5), (4-6) ve (>6) cm boyutundaki midyelerde tayin edilen  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonlarının yukarıda verilen aralıklarda olduğu görülmüştür.

Enstitümüz'de tamamlanmış olan IAEA (2006) (International Atomic Energy Agency) destekli proje kapsamında Uğur ve arkadaşları tarafından Ege Denizi kıyılarında yapılmış olan çalışmada, 6 farklı istasyondan (Çanakkale, Dikili, Foça, Çeşme, Didim and Bodrum) alınan midyelerdeki en yüksek  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonları kış mevsiminde  $1996 \text{ Bq kg}^{-1}$  kuru ağırlık olarak Didim, en düşük  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonu ise sonbahar mevsiminde Çanakkale'den toplanan midyelerde (*Mytilus galloprovincialis*) tayin edilmiştir. Bu çalışmada da midyelerdeki en yüksek ortalama  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonları Didim'den toplanan midyelerde kış mevsiminde tayin edilmiştir.

Bu çalışmada Didim'den toplanan midye örneklerinde  $^{210}\text{Po}$  ve  $^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonları üzerinde mevsim ortalamaları açısından bir fark olup olmadığı tek yönlü varyans analizi (One-way ANOVA) ile incelenmiştir. Midyelerde elde edilen sonuçlara göre mevsimsel açıdan  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonları ( $p=0.023$ ) %5 hata payında,  $^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonları ( $p=0.078$ ) ise %10 hata payında istatistiksel olarak anlamlı çıkmıştır.

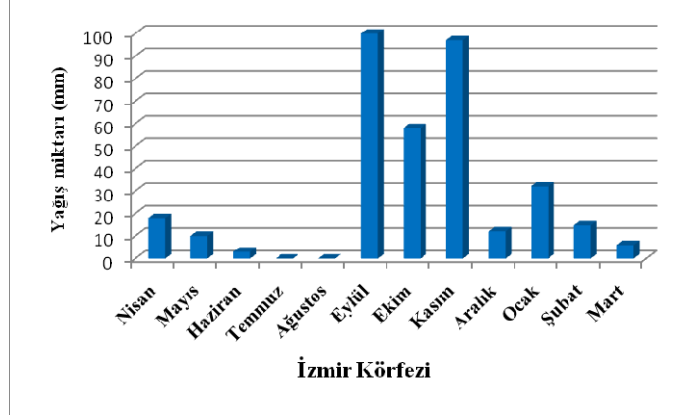
### 5.1.2. İzmir Körfezi'nden Toplanan Midye Örneklerindeki $^{210}\text{Po}$ ve $^{210}\text{Pb}$ Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi

İzmir Körfezi'nden toplanan midyelerde (*Mytilus galloprovincialis*) tayin edilen  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonları  $34\pm 9 \text{ Bq kg}^{-1}$  -  $154\pm 15 \text{ Bq kg}^{-1}$  kuru ağırlık,  $^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonları ise ND -  $41\pm 8 \text{ Bq kg}^{-1}$  kuru ağırlık arasında değişmektedir. Ortalama en yüksek  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonu sonbahar mevsiminde bulunurken, en düşük konsantrasyon ilkbahar mevsiminde tayin edilmiştir. Sonuçlara baktığımızda en yüksek  $^{210}\text{Po}$  ve  $^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonu Kasım ayında toplanan midyelerde tayin edilmiştir.

Devlet Meteoroloji İşleri Müdürlüğü'nden temin edilen İzmir ili 2006-2007 yıllarına ait aylık yağış miktarları verilerine göre örnekleme periyodu içinde en fazla yağış Eylül ve Kasım aylarında olmuştur. Yapılan regresyon analizi ile İzmir Körfezi'ne ait yağış miktarları ve  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonları arasında anlamlı bir ilişki olduğu görülmüştür ( $p<0.05$ ). Elde ettiğimiz veriler de, Didim bölgesinde elde ettiğimiz sonuçlarda olduğu gibi yağışlarla  $^{210}\text{Po}$  girdisinin olduğunu desteklemektedir (Şekil 5.2).

Uğur ve arkadaşları (2002), tarafından Ege Denizi'nde yapılan çalışmada İnciraltı bölgesindeki *Mytilus galloprovincialis* türü midyelerde elde ettikleri  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonları  $91\pm 10$  ile  $280\pm 10 \text{ Bq kg}^{-1}$  kuru ağırlık,  $^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonları ise  $15\pm 3$  ile  $35\pm 2 \text{ Bq kg}^{-1}$  kuru ağırlık arasında değişmektedir. En yüksek  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonunu Eylül ayında en düşük  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonunu ise Haziran ayında tayin

etmişlerdir. Elde ettikleri aktivite konsantrasyonları çalışmamızda tayin ettiğimiz konsantrasyonlarla paralellik göstermektedir.



Şekil 5.2. İzmir Körfezi'nde 2006-2007 yılları arasında aylık toplam yağış miktarı (DMİ, 2007)

Sekkin (2000), İzmir Körfezi İnciraltı bölgesinde yaptığı çalışmasında aynı tür midyelerde  $^{210}\text{Po}$  aktivitesini  $125 \pm 11 \text{ Bq kg}^{-1}$  kuru ağırlık olarak tayin etmiştir.

Saçan (2004), yine İzmir Körfezi İnciraltı'ndan topladığı *Mytilus galloprovincialis* türü midyelerde bakır depozisyonunda elde ettiği  $^{210}\text{Po}$  aktivitesinin  $53 \pm 7$  ile  $253 \pm 15 \text{ Bq kg}^{-1}$  kuru ağırlık,  $^{210}\text{Pb}$  aktivitesinin ise  $10.8 \pm 3$  ile  $39.2 \pm 6 \text{ Bq kg}^{-1}$  kuru ağırlık arasında değiştiğini tayin etmiştir. İzmir Körfezi İnciraltı bölgesinde yapılan çalışmalarda elde edilen konsantrasyonlar yine aynı bölgede yapılmış olan çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlarla karşılaştırıldığında birbirine yakın aktivite konsantrasyonları olduğu görülmüştür.

Çalışmamızda İzmir Körfezi'nden toplanan midyelerde elde edilen konsantrasyonlar Didim'den toplanan midyelerde elde edilen konsantrasyonlarla kıyaslandığında oldukça düşük değerler olduğu görülmüştür. İnciraltı bölgesinde  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonunun artmasına neden olabilecek herhangi bir endüstri kuruluşunun bulunmamasının, bunun yanında Ege bölgesinin en büyük nehri olan Büyük Menderes Nehri'nin kaynağından itibaren yolu üzerinde bulunan endüstri kuruluşları ve tarım alanlarından kirleticileri toplayarak Didim'e yakın bir yerden denize dökülmesinin sonuçlar üzerinde etkisinin olduğu düşünülmektedir. Büyük Menderes Nehri'nin özellikle kış aylarında debisinin artmasının da Didim'de tayin edilen aktivite konsantrasyonlarını etkilediği görülmüştür.

İzmir Körfezi'nden toplanan midye örneklerindeki  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonları üzerinde mevsim ortalamaları açısından bir fark olup olmadığı tek yönlü varyans analizi (One-way ANOVA) ile incelenmiştir. İzmir Körfezi'nden toplanan midyelerde elde edilen sonuçlara göre mevsimsel açıdan  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonları ( $p= 0.074$ ) %10 hata payında, istatistiksel olarak anlamlı çıkmıştır.

Çalışmada ayrıca, Didim ve İzmir Körfezi'nden toplanan midye örneklerinde  $^{210}\text{Po}$  ve  $^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonları üzerinde mevsim ve bölge faktörleri açısından bir fark olup olmadığı iki yönlü varyans analizi (Two-way ANOVA) ile incelenmiştir. Midyelerde elde edilen sonuçlara göre mevsimsel ve bölgesel açıdan  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonları (mevsim için  $p= 0.012$  ve bölge için  $p=0.000$ ) ve  $^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonları (mevsim için

$p= 0.015$  ve bölge için  $p=0.013$ ) %5 hata payında, istatistiksel olarak anlamlı çıkmıştır.

Kara midyede (*Mytilus galloprovincialis*)  $^{210}\text{Po}$  ve  $^{210}\text{Pb}$  ile ilgili çalışmalardan elde edilen bulgular çizelge 5.1' de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Kara midyede (*Mytilus galloprovincialis*)  $^{210}\text{Po}$  ve  $^{210}\text{Pb}$  ile ilgili çalışmalardan elde edilen bulgular

Çalışma Alanı	$^{210}\text{Po}$ (Bq kg <sup>-1</sup> )	$^{210}\text{Pb}$ (Bq kg <sup>-1</sup> )	Kaynakça
Monako	428±27-459±18	11±1-14±2	McDonald et al.,1996
İrlanda	80±9 - 468±9	4±3 - 25±2	Ryan et al., 1999
Ege Denizi (Foça)	432±48- 1344±108	21±3 - 90±5	Uğur et al., 2002
İzmir Körfezi	91±10 - 280±10	15±3 - 35±2	Uğur et al., 2002
Ege Denizi (Didim)	227±22- 2303±383	ND - 64±6	Bu Çalışma
İzmir Körfezi	34±9 - 154±15	ND - 41±8	Bu Çalışma

## 5.2. Balık Örneklerindeki $^{210}\text{Po}$ ve $^{210}\text{Pb}$ Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi

Balık örneklerinde tayin edilen  $^{210}\text{Po}$  ve  $^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonları bulgular kısmında yer alan Çizelge 4.3. – 4.6'da verilmektedir. Çizelgelerden  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonlarının ND - 400±9 Bq kg<sup>-1</sup> kuru ağırlık,  $^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonlarının ise ND - 15±3 Bq kg<sup>-1</sup> kuru ağırlık arasında değiştiği görülmektedir. Beslenme şekline bağlı olarak balıklardaki  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonlarının çok çeşitli olduğu bulunmuştur.

En yüksek değerler sardalya gibi pelajik balıklarda gözlenmiş ve pelajik balıklarda ölçülen yüksek  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonlarının sebebinin, bu balıkların başta plankton olmak üzere  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonu yüksek organizmalarla beslenmesine bağlı olduğu düşünölmektedir.

Enstitümüzde Uğur ve arkadaşları tarafından tamamlanmış olan IAEA (2006) destekli projede de, Ege Denizi kıyılarından alınan çeşitli türden balıklarda tayin edilen en yüksek  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonları pelajik olarak yaşıyan ve genellikle planktonik organizmalarla beslenen sardalya (*Sardina pilchardus*) ve hamsi (*Engraulis encrasicolus*) balığında ( $169\pm 15 \text{ Bq kg}^{-1}$  ve  $499\pm 44 \text{ Bq kg}^{-1}$  kuru ağırlık) bulunmuştur.

Carvalho, 1995 yılında çeşitli deniz balıklarında  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonlarını tayin ettiği çalışmasında en yüksek konsantrasyonu sardalya (*Sardina pilchardus*) için ( $66\pm 2 \text{ Bq kg}^{-1}$ ) tayin etmiştir. Yine bu çalışmasında, sardalya (*Sardina pilchardus*) balığı için mevsimsel karşılaştırma yapmış ve kış mevsimi sonuçlarının, yaz mevsimi sonuçlarının 10 katı olduğunu tespit etmiştir.

Genel olarak Sardalya (*Sardina pilchardus*) balığında tayin edilen  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonları mevsimsel değişimler göstermektedir (Carvalho, 1995). Çalışmamızda Didim'den alınan sardalya (*Sardina pilchardus*) türü balıklar için yaz ve kış mevsiminde tayin edilen ortalama  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonu ilkbahar ve sonbahar mevsiminde elde edilen konsantrasyondan daha yüksek iken, İzmir Körfezi'nden alınan sardalya (*Sardina pilchardus*) türü balıklar için sonbahar ve kış mevsiminde tayin edilen ortalama  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonu ilkbahar ve yaz mevsiminde elde

edilen konsantrasyondan daha yüksek bulunmuştur. İzmir Körfezi'nde en yüksek konsantrasyonun midyelerde olduğu gibi sardalya türü balıklarda Kasım ayında tayin edilmesi de dikkat çekici bir sonuçtur.

Didim ve İzmir Körfezi'nden toplanan (*Sardina pilchardus*) türü balık örnekleri üzerinde  $^{210}\text{Po}$  ve  $^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonlarının mevsim ortalamaları açısından bir fark olup olmadığı tek yönlü varyans analizi (One-way ANOVA) ile incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre mevsimsel açıdan  $^{210}\text{Po}$  ve  $^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonları ( $p<0.05$ ) istatistiksel olarak anlamlı çıkmamıştır.

Balıklarda  $^{210}\text{Po}$  ve  $^{210}\text{Pb}$  ile ilgili çalışmalardan elde edilen bulgular çizelge 5.2'de verilmiştir.

Çizelge 5.2. Balıklarda  $^{210}\text{Po}$  ve  $^{210}\text{Pb}$  ile ilgili çalışmalardan elde edilen bulgular

Çalışma Alanı	$^{210}\text{Po}$ (Bq kg <sup>-1</sup> )	$^{210}\text{Pb}$ (Bq kg <sup>-1</sup> )	Kaynakça
Portekiz*	0.73±0.03 - 66±2	0.10±0.02-1.11±0.03	Carvalho, 1995
Ege Denizi	1.0±0.2 - 343±34	2±1 - 7±2	Mat Çatal, 2006
Ege Denizi (Didim)	ND - 373±7	ND - 12±4	Bu Çalışma
İzmir Körfezi	ND - 400±9	ND - 15±3	Bu Çalışma

Not: \* Balık türü Sardalya'dır.

### 5.3. Sediment Örneklerindeki $^{210}\text{Po}$ ve $^{210}\text{Pb}$ Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi

Sedimentlerdeki  $^{210}\text{Po}$ , suda askıdaki materyallere tutunan çözünebilir  $^{210}\text{Pb}$ 'un ayrışma miktarı, tatlı su-tuz karışım bölgesindeki demir-mangan hidroksitlerle kurşunun birlikte çökmesi, fosfatlı gübre endüstrileri tarafından ortaya çıkan atıklar, sedimentin tanecik boyutu ve organik madde seviyelerine bağlı olarak değişim göstermektedir (Saito and Cunha, 1997).

Sonbahar ve kış mevsimlerinde atmosferik yağışların artmasına bağlı olarak, sedimentlerdeki dengeüstü  $^{210}\text{Pb}$  bileşenine daha çok yaş depozisyon katkısının olduğu düşünülmektedir.

#### 5.3.1. Didim'den Toplanan Sediment Örneklerindeki $^{210}\text{Po}$ ve $^{210}\text{Pb}$ Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi

Didim'den toplanan yüzey sedimentlerindeki  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonlarının  $24\pm 5 - 126\pm 6 \text{ Bq kg}^{-1}$ ,  $^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonlarının ise  $24\pm 2 - 36\pm 4 \text{ Bq kg}^{-1}$  kuru ağırlık arasında değiştiği bulunmuştur. En yüksek  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonları Nisan, Mayıs ve Temmuz aylarında tayin edilmiştir. Bu aylarda elde edilen yüksek konsantrasyonların en önemli sebeplerinden bir tanesinin Söke ovasında tarımın yoğun şekilde yapılmasına bağlı olarak yoğun gübre ve pestisit kullanılması olabileceği düşünülmektedir. Çalışma periyotları içerisinde Söke Tarım İlçe Müdürlüğü ve Söke Tarış İlçe Müdürlüğü'nden 2006-2007 yıllarına ait

aylık kullanılan gübre ve pestisit miktarlarına içeren veriler temin edilmiştir. Temin edilen verilere bakıldığı zaman Nisan ve Temmuz aylarında pamuk için yoğun bir gübreleme yapıldığı görülmüştür. Yüzeysel sedimentlerinde yüksek konsantrasyonların da aynı aylarda tayin edilmesi denizel ortama bu dönemde karasal girdilerin olduğunu ve bunun en fazla kısmının gübre kaynaklı olduğunu desteklemektedir. Kış ve bahar aylarında yağışların çoğalması sebebiyle akarsuların debisi artmakta ve akarsular yoluyla taşınan sediment miktarı fazla olmaktadır. Bu nehirlerden en büyük ve önemlisi olan Büyük Menderes, Didim yakınından Ege Denizi'ne dökülmektedir. Bu alanda nehrin taşıdığı sediment birikiminin de kontaminasyona neden olabileceği düşünülmektedir. Bu sebeple Büyük Menderes ve Dilek Yarımadası Deltası'ndan alınan sediment örneklerinde de  $^{210}\text{Po}$  ve  $^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonlarına bakılmış ve en yüksek  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonları her iki bölgede de ilkbahar mevsiminde tayin edilmiştir. Didim'den toplanan sedimentlerde de en yüksek konsantrasyonların ilkbahar aylarında oluşu dikkat çekici bir sonuçtur.

İlkbahar ve yaz aylarında  $^{210}\text{Po}$  ve  $^{210}\text{Pb}$  düzeylerinin yüksek olmasının en önemli nedenlerinden bir tanesi, ilkbaharda meydana gelen plankton çoğalmalarını takiben sedimentlerdeki plankton bileşeninin artması, diğer bir neden de, rüzgar hızının azalmasına bağlı olarak yerçekimi etkisi ile kuru depozisyon sürecinin hızlanması olarak düşünülmektedir.

Didim’de Kış aylarında  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonu diğer aylara göre daha düşüktür. Bu aylarda deniz suyu sıcaklığı düşük ve güneş ışınlarının az olması sebebiyle aydınlanma yeterli olmadığından plankton artışı olmaz (Saçan, 2004). Bu sebepten dolayı özellikle kış aylarında planktonların sedimentlerdeki  $^{210}\text{Po}$  ve  $^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonları üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı düşünülmektedir.

Sediment tanecik boyutunun da radyonüklid birikiminde etkisi olduğu düşünülmektedir. Küçük sediment partikülleri kalın partiküllere nazaran daha yavaş depoze olur.  $^{210}\text{Pb}$  küçük partiküller tarafından adsorblandığı için deniz suyundan sedimente olan geçiş yavaş olmaktadır. Bu sebeple ilkbahar ve yaz aylarındaki konsantrasyon artışında kış aylarındaki atmosferik girdilerin etkisi olabileceği düşünülmektedir (Gönülalan, 2006).

Enstitümüzde Uğur ve arkadaşları tarafından tamamlanmış olan IAEA (2006) destekli projede de, Ege Denizi kıyılarından alınan yüzey sedimentlerinde tayin edilen  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonları en yüksek Dikili bölgesinde tayin edilmiştir. Çalışmalarında, Soma Termik Santralının yakınlarından geçen Bakırçay’ın santralin sebep olduğu lokal atmosferik kirlilikten etkilenmiş olabileceğini vurgulamışlardır. Bakırçay Nehri’nin Dikili ve Foça arasında kalan bölgeden Ege Denizi’ne dökülmesinin de bu bölgedeki konsantrasyonların yüksek çıkmasında etkisinin olabileceğini belirtmişlerdir.

Uğur ve Yener (2001), Ege Denizi Gökova Körfezi’nde altı farklı noktadan aldıkları karot örneklerinde sediment depozisyonu ve

akümülyasyon hızlarını  $^{210}\text{Pb}$  ile belirlemişler ve ortalama dengeüstü  $^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonunu  $47.7\pm 6.4 \text{ Bq kg}^{-1}$  olarak tayin etmişlerdir. Ayrıca incelenen karotların yüzey sedimentlerinde  $^{210}\text{Pb}$  aktivitesinin  $50\pm 4$  ile  $113\pm 8 \text{ Bq kg}^{-1}$  arasında değiştiiğini bulmuşlardır. Çalışma alanımız olan Didim'e en yakın noktadan alınan sediment karotunda toplam  $^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonlarının  $29.58$  ile  $74.63 \text{ Bq kg}^{-1}$  arasında değiştiiğini bulmuşlardır. Sonuçların çalışmamızda elde edilen  $^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonundan daha yüksek olduğu görülmüştür. Bölgede Yatağan, Yeniköy ve Kemerköy Termik Santrallerinin oluşu bu bölgedeki  $^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonlarının yüksek bulunmasının en önemli sebebi olarak düşünölmektedir.

Boisson ve arkadaşları (2001), Ege Denizi Milos Adası civarından topladıkları sediment örneklerinde  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonu  $60\pm 8$  ile  $100\pm 10 \text{ Bq kg}^{-1}$  kuru ağırlık arasında,  $^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonunun ise  $10\pm 2$  ile  $20\pm 2 \text{ Bq kg}^{-1}$  kuru ağırlık arasında değiştiiğini tayin etmişlerdir. Çalışmada örnekleme yaptıkları bölge hidrotermal bir alandır ve buradan yayılan hidrotermal sıvı ve gazların etkisi altındadır. Sonuçların Didim sedimentlerinde elde ettiğimiz değerler ile uyum içinde olduğu bulunmuştur.

Uğur ve arkadaşları (2003), tarafından Ege Denizi Milos Adası civarından topladıkları sediment karotlarında ölçtükleri  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonlarının  $20.3\pm 2.4$  ile  $166.4\pm 8.4 \text{ Bq kg}^{-1}$  kuru ağırlık,  $^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonlarının ise  $13.7\pm 2.8$  ile  $107.2\pm 3.2 \text{ Bq kg}^{-1}$  kuru ağırlık arasında değiştiiğini tayin etmişlerdir. Aynı bölgede Boisson ve

arkadaşlarının yaptığı benzer çalışmayla sonuçlarını karşılaştırmışlar ve sonuçlardaki farklılığın derindeki  $^{210}\text{Po}$  ve dengeüstü  $^{210}\text{Pb}$ 'un az olması ve farklı sediment yapılarından kaynaklanabileceğini öne sürmüşlerdir. Elde ettikleri  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonları Didim sedimentlerinde elde ettiğimiz  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonlarına paraleldir.

Didim'den toplanan sediment örnekleri üzerinde  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonlarının mevsim ortalamaları açısından bir fark olup olmadığı tek yönlü varyans analizi (One-way ANOVA) ile incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre mevsimsel açıdan  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonları ( $p=0.020$ ) %5 hata payı ile istatistiksel olarak anlamlı çıkmıştır.

### **5.3.2. İzmir Körfezi'nden Toplanan Sediment Örneklerindeki $^{210}\text{Po}$ ve $^{210}\text{Pb}$ Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi**

İzmir Körfezi'nden toplanan yüzey sedimentlerindeki  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonlarının  $36\pm 2 - 109\pm 8 \text{ Bq kg}^{-1}$ ,  $^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonlarının ise  $18\pm 3 - 59\pm 4 \text{ Bq kg}^{-1}$  kuru ağırlık arasında değiştiği bulunmuştur.

Saçan (2004), İzmir Körfezi'nden topladığı yüzey sedimentlerinde aylık olarak  $^{210}\text{Po}$  ve  $^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonlarını tayin etmiş ve  $^{210}\text{Po}$ 'un  $86\pm 9 - 313\pm 17 \text{ Bq kg}^{-1}$ ,  $^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonlarının ise  $53\pm 5 - 181\pm 13 \text{ Bq kg}^{-1}$  kuru ağırlık arasında değiştiğini bulmuştur. Çalışmada örnekleme yapılan Melez Deresi, İzmir Körfezi'ne dökülen irili ufaklı 18 derenin en büyüğüdür ve ağzı Alsancak Limanı'nın bitim noktasıdır. Bir diğer örnekleme istasyonu olan karşıya Yat Limanı ise hem Melez hem de

Çiğli'den gelen akıntıların birleşim noktasıdır. Çiğli arıtma tesisi açıkları ise söz konusu tesisten gelen suyun körfeze boşalım yeridir. Saçan, Karşıyaka Liman civarında tayin ettiği  $^{210}\text{Po}$  ve  $^{210}\text{Pb}$  aktivite konsantrasyonlarının Çiğli ve Melez'e göre daha yüksek olduğunu bulmuştur. Bu durumun körfez içerisindeki akıntı sisteminden kaynaklanabileceğini ve dolayısıyla bu akıntılarla gelen her türlü organik ve inorganik maddenin bu bölgeye taşınımı ve sedimentte birikiminin olabileceğini öne sürmüştür. Çiğli Bölgesinde Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında elde ettiği  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonlarıyla çalışmamızda aynı aylarda elde ettiğimiz konsantrasyonlar uyum içerisinde dir.

İç hedef (2006), İzmir İç Körfez sediment karotlarında radyoaktif kurşun dağılımını incelenmiş ve karot boyunca  $^{210}\text{Pb}$ 'un aktivite konsantrasyonunun değişiminden yararlanarak sedimentasyon hızlarını belirlemiştir. Çalışmada incelenen istasyonların tamamı için yüzey sedimentlerindeki  $^{210}\text{Pb}$  aktivitesinin 100-119 Bq  $\text{kg}^{-1}$  aralığında değiştiğini bulmuştur. İzmir Körfezi yüzey sedimentlerimizde elde ettiğimiz sonuçlarla karşılaştırıldığında da daha düşük değerler elde ettiğimiz görülmüştür.

Dalga hareketleri, akıntılar, su kolonlarında askıya geçme, depozisyon, radyoaktif bozunum, sediment karışımı ve atmosferik yağışlar,  $^{210}\text{Po}$  ve  $^{210}\text{Pb}$  gibi parçacık-reaktif radyonüklidlerin sedimentlerdeki konsantrasyonu üzerinde etkili olmaktadır. Bu faktörler, bölgesel ve mevsimsel olarak değişebilmekte ve her örnekleme bölgesi için farklılık gösterebilmektedir.

İzmir Körfezi'nden toplanan sediment örnekleri üzerinde yapılan tek yönlü varyans analizi (one-way ANOVA) sonuçlarına göre mevsimsel açıdan  $^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonları ( $p=0.034$ ) %5 hata payı ile istatistiksel olarak anlamlı çıkmıştır.

Çalışmada, Didim ve İzmir Körfezi'nden toplanan sediment örneklerinde  $^{210}\text{Po}$  ve  $^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonları üzerinde mevsim ve bölge faktörleri açısından bir fark olup olmadığı iki yönlü varyans analizi (Two-way ANOVA) ile incelenmiştir. Sedimentlerde elde edilen sonuçlara göre mevsimsel ve bölgesel açıdan  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonları (mevsim için  $p= 0.081$  ve bölge için  $p=0.080$ ) %10 hata payında,  $^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonları (mevsim için  $p= 0.079$  ve bölge için  $p=0.002$ ) ise %5 hata payında, istatistiksel olarak anlamlı çıkmıştır.

Sedimentte  $^{210}\text{Po}$  ve  $^{210}\text{Pb}$  ile ilgili çalışmalardan elde edilen bulgular çizelge 5.3'de verilmiştir.

Çizelge 5.3. Sedimentte  $^{210}\text{Po}$  ve  $^{210}\text{Pb}$  ile ilgili çalışmalardan elde edilen bulgular

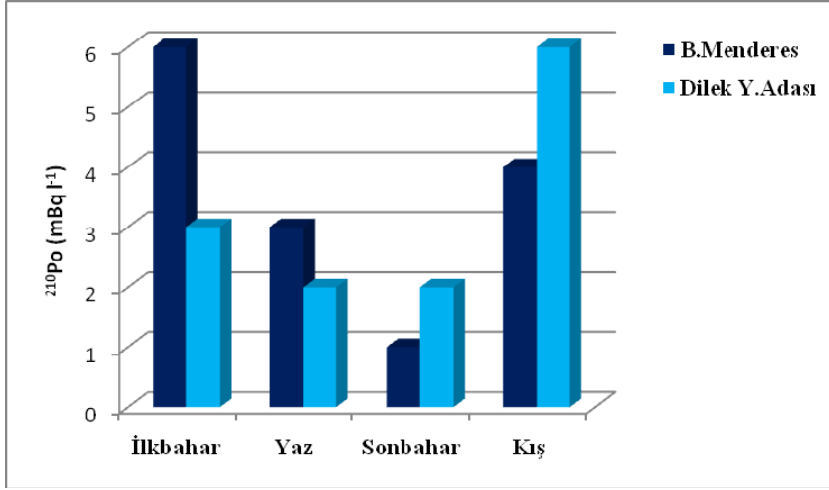
Çalışma Alanı	$^{210}\text{Po}$ (Bq kg <sup>-1</sup> )	$^{210}\text{Pb}$ (Bq kg <sup>-1</sup> )	Kaynakça
Ege Denizi	-	50±4 - 113±8	Uğur ve Yener 2001
Ege Denizi	60±8 - 100±10	10±2 - 20±2	Boisson et al., 2001
Ege Denizi	20±2 - 166±8	14±3 - 107±3	Uğur et al., 2003
İzmir Körfezi	86±9 - 313±17	53±5 - 181±13	Saçan, 2004
Ege Denizi	20±3 - 38±5	7±1 - 60±5	Gönülalan, 2006
Ege Denizi (Didim)	24±5 - 126±6	24±2 - 36±4	Bu Çalışma
İzmir Körfezi	36±2 - 109±8	18±3 - 59±4	Bu Çalışma

#### **5.4. Deniz Suyu Örneklerindeki $^{210}\text{Po}$ ve $^{210}\text{Pb}$ Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi**

##### **5.4.1. Didim'den Toplanan Deniz Suyu Örneklerindeki $^{210}\text{Po}$ ve $^{210}\text{Pb}$ Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi**

Didim'den toplanan deniz suyunda tayin edilen  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonları  $\text{ND} - 23 \pm 3 \text{ mBq l}^{-1}$  arasında,  $^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonları ise  $1 \pm 0.4 \text{ mBq l}^{-1} - 19 \pm 4 \text{ mBq l}^{-1}$  arasında değişmektedir (Çizelge 4.10).

En yüksek  $^{210}\text{Po}$  ve  $^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonları Temmuz ayında tayin edilmiştir. Temmuz ayında Söke ovasında pamuk için ikinci gübreleme yapılması ve bu aylarda böcek ve haşerelere karşı kullanılan pestisitlerin etkisinin büyük olduğu düşünülmektedir. Ayrıca midyeler deniz suyunu süzerek beslenen canlılardır ve Didim'den toplanan midyelerde de  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonu Temmuz ayında yüksek çıkması sonuçların uyum içerisinde olduğunu desteklemektedir. Ayrıca, Didim'den toplanan deniz sularında bir diğer yüksek konsantrasyon Ocak ayında gözlenmiştir. Bu durum nehirlerle taşınan karasal girdilerin özellikle kış ve bahar aylarında yüksek olmasına bağlanabilir. Çalışmamızda Büyük Menderes Nehri ve Dilek Yarımadası Deltası'ndan alınan su örneklerinde de en yüksek konsantrasyonların kış ve ilkbahar mevsimlerinde gözlenmesi yine dikkat çekici bir özelliktir (Şekil 5.3)



Şekil 5.3. Büyük Menderes ve Dilek Yarımadası Deltasından toplanan su örneklerindeki  $^{210}\text{Po}$  ( $\text{mBq l}^{-1}$ ) konsantrasyonları

Enstitümüzde Uğur ve arkadaşları tarafından tamamlanmış olan IAEA (2006) destekli projede de, Ege Denizi kıyılarından alınan deniz suyu örneklerinde yüksek  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonlarından birisi Didim bölgesinde kış mevsiminde tayin edilmiştir. Sonuçlar çalışmamızla paraleldir.

Gasco ve arkadaşları (2002), tarafından Akdeniz’de yapılmış olan bir çalışmada deniz suyundaki ortalama  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonu  $1.5 \text{ mBq l}^{-1}$  olarak bulunmuştur. Çalışmamızda Didim bölgesi deniz sularındaki ortalama  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonu  $6.42 \text{ mBq l}^{-1}$  olarak tayin edilmiş olup bulduğumuz sonuçların Akdeniz’e göre yüksek olduğu görülmüştür.

Akdeniz’de (Monako kıyıları) yapılmış başka bir çalışmada yüzey suyu örneklerinde  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonlarının  $0.52 - 2.13 \text{ mBq l}^{-1}$ ,  $^{210}\text{Pb}$

konsantrasyonları ise  $1.05 - 3.23 \text{ mBq l}^{-1}$  arasında değiştiği bulunmuştur. Bunun yanı sıra  $^{210}\text{Po}/^{210}\text{Pb}$  oranının  $0.16$  ile  $1.1$  arasında değiştiğini gözlemlenmişlerdir (Tateta et al., 2003). Didim'den alınan deniz suyunda tayin edilen konsantrasyonlarla karşılaştırıldığında sonuçların birbirine yakın değerlerde olduğu görülmüştür.

Connan ve arkadaşları (2007), Fransa kıyılarında birkaç rneklemeye noktasından topladıkları deniz suyu örneklerinde filtre ederek ve filtreden geçirmeden  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonlarını tayin etmişlerdir. Filtre edilmemiş deniz suyu örneklerinde ortalama  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonu Barfleur'da  $1.00 \pm 0.53 \text{ Bq m}^{-3}$ , Granville'de ise  $4.55 \pm 1.37 \text{ Bq m}^{-3}$  olarak tayin etmişlerdir. Didim'den toplanan deniz suyu örneklerinde tayin ettiğimiz ortalama  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonlarımızın Granville ile paralel sonuçlar olduğu görülmüştür.

#### **5.4.2. İzmir Körfezi'nden Toplanan Deniz Suyu örneklerindeki $^{210}\text{Po}$ ve $^{210}\text{Pb}$ Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi**

İzmir Körfezi'nden toplanan deniz suyunda tayin edilen  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonları  $\text{ND} - 16 \pm 5 \text{ mBq l}^{-1}$  arasında,  $^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonları ise  $\text{ND} - 22 \pm 5 \text{ mBq l}^{-1}$  arasında değişmektedir (izelge 4.10). En yüksek  $^{210}\text{Po}$  ve  $^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonları Haziran ayında tayin edilmiştir.

Enstitümüzde Uğur ve arkadaşları tarafından tamamlanmış olan IAEA destekli projede, Ege Denizi kıyılarından alınan deniz suyu örneklerinde yüksek  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonlarından birisi Dikili bölgesinde

tain edilmiştir. Aynı çalışmada sediment örneklerinde de yüksek konsantrasyonlar Dikili’de tain edilmiştir. Çalışmada bölgedeki yüksek konsantrasyonların en önemli sebeplerinden birisi olarak Bakırçay Nehri gösterilmektedir.

Tatar (2007), İzmir Orta Körfez’deki planktonik organizmalarda  $^{210}\text{Po}$  ve  $^{210}\text{Pb}$  değişimlerini aylık olarak incelemiştir. Çalışmasında örnekleme yaptığı bölgenin çalışmamızda örnekleme yaptığımız bölge ile aynı olması ve çalışmasında yüksek  $^{210}\text{Po}$  ve  $^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonlarını Haziran ayında tain etmiş olması önemli bir unsurdur. Tatar, çalışmasında ilkbahar ve yazın ilk aylarında diğer aylara kıyasla  $^{210}\text{Po}$  ve  $^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonlarında ani bir yükselme görmüş ve bu durumun bahar aylarında planktonik organizmalardaki biyolojik aktivitenin atışından kaynaklanabileceğini öne sürmüştür. Kış ve bahar mevsimlerindeki yağışlardan kaynaklı yaş depozisyonun artması ile deniz suyundaki  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonunun yükselmesi,  $^{210}\text{Po}$  ve  $^{210}\text{Pb}$ ’un mayıs ve haziran aylarındaki yüksek değerlerine bir başka etki olarak düşünülebilir.

Deniz suyunda  $^{210}\text{Po}$  ve  $^{210}\text{Pb}$  ile ilgili çalışmalardan elde edilen bulgular çizelge 5.4’de verilmiştir.

Çizelge 5.4. Deniz suyunda  $^{210}\text{Po}$  ve  $^{210}\text{Pb}$  ile ilgili çalışmalardan elde edilen bulgular

Çalışma Alanı	$^{210}\text{Po}$ (mBq l <sup>-1</sup> )	$^{210}\text{Pb}$ (mBq l <sup>-1</sup> )	Kaynakça
Monako	0.52 – 2.13	1.05 – 3.23	Tateta et al., 2003
Fransa	0.17 -0.63	-	Connan, 2007
Ege Denizi (Didim)	ND – 23	1 – 19	Bu Çalışma
İzmir Körfezi	ND- 16±5	ND - 22	Bu Çalışma

## 5.5. Midye Örneklerindeki $^{137}\text{Cs}$ Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi

### 5.5.1. Didim'den Toplanan Midye Örneklerindeki $^{137}\text{Cs}$ Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi

Didim'den toplanan midyelerde (*Mytilus galloprovincialis*) tayin edilen  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonları çok düşük seviyelerde olduğu için minimum dedekte edilebilen aktivite (MDA) hesaplanmıştır ve ortalama  $< 0.8 \text{ Bq kg}^{-1}$  kuru ağırlık olarak tayin edilmiştir. Türkiye'de kurulmuş herhangi bir nükleer tesis bulunmaması sebebiyle çalışmamızda çok düşük  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonlarının tayin edilmesi beklenen bir sonuçtur.

Akdenizde yapılan bir çalışmada midyelerdeki  $^{137}\text{Cs}$  temsili oranlarının tuzluluk, sıcaklık, boyut, büyüme gibi birkaç parametreye bağlı olarak değişim gösterdiği bulunmuştur (Topçuoğlu and Van Downen, 1997).

Topçuoğlu ve arkadaşları (1993), tarafından Akdeniz Mersin Akkuyu ve İskenderun Körfezi'nde yapılan çalışmada 1989 yazında toplanan alg, kabuklu organizma ve sediment örneklerinde radyoaktif sezyum kontaminasyonu incelenmiştir. Sezyumun en önemli radyonüklidleri  $^{137}\text{Cs}$  ve  $^{134}\text{Cs}$ 'dür.  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{235}\text{U}$ 'in fisyonu ile oluşmaktadır.  $^{134}\text{Cs}$  ise  $^{133}\text{Cs}$ 'ün aktivasyon ürünüdür. Çevre kontaminasyonlarında  $^{134}\text{Cs}$ 'ün bulunması nükleer kaza kaynaklı iken  $^{137}\text{Cs}$  gibi radyonüklidler nükleer bomba denemelerinden sonra ortaya çıkan küresel yağış ve son olarak Çernobil kazasına bağlı olarak ortaya çıkmıştır. Çalışmada tüm örneklerde  $^{134}\text{Cs}$  gözlenememekle birlikte, bazı örneklerde  $^{137}\text{Cs}$  aktivitesi düşük seviyelerde saptanmıştır. Buldukları sonuçlara göre Çernobil kazasının bölgedeki denizel ortam üzerinde bir etkisinin olmadığını ileri sürmüşlerdir. Kabuklularda  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonlarının  $1.9 \pm 1.8 - 2.0 \pm 1.8 \text{ Bq kg}^{-1}$  kuru ağırlık arasında değiştiğini tayin etmişlerdir. Buldukları konsantrasyonlar Didim'den topladığımız midyelerde ölçtüğümüz değerler ile uyum içerisindedir.

Bojanowski ve arkadaşları (1995), Pomeranya Körfezi'nden (Güney Baltık) topladıkları deniz suyu, plankton, sediment ve deniz organizmalarında  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{239+240}\text{Pu}$  ve  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonlarını tayin etmişlerdir. *Mytilus edulis* türü midyelerde  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonlarının 0.6 ile  $1.3 \text{ Bq kg}^{-1}$  yaş ağırlık arasında değiştiğini bulmuşlardır. Araştırma yaptıkları Pomeranya Körfezi kıyısı boyunca kurulmuş herhangi bir nükleer tesis bulunmadığından dolayı bu bölgede yüksek konsantrasyonlar tayin edilmemiştir. Bu sonuçlar çalışmada elde ettiğimiz  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonlarıyla uyum içerisindedir.

Catsiki ve Florou (2005), Yunanistan'da midyelerde Cu, Cr, Ni, Zn, Fe, Mn ve  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonlarını incelemişler ve midyelerde  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonunu ortalama olarak  $1.23 \text{ Bq kg}^{-1}$  yaş ağırlık olarak ölçmüşlerdir. Sonuçlarını daha önce Florou tarafından İyon ve Ege Denizi'nde yapılmış olan başka bir çalışma karşılaştırmışlar ve Çernobil kazasından sonra ilk periyotlarda deniz suyundaki  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonlarında Ege Denizi için önemli bir miktarda artış tespit ederlerken İyon Denizi'nde yaklaşık beş katlık bir artış tayin etmişlerdir. Ayrıca Çernobilin son etkilerinin Ege Denizi'yle Kara Deniz sularının birleştiği Kuzey Ege Denizi'nde toplanmış olduğunu belirtmişlerdir.

CIESM (The Mediterranean Science Commission) Akdeniz midye izleme çalışması kapsamında Karadeniz ve Akdeniz'in çeşitli yerlerinden (Cezayir, Hırvatistan, İspanya, Fransa, Yunanistan, Türkiye, İtalya, Romanya, Tunus, Fas ve Ukrayna) toplanan midyelerde  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonlarını incelenmiştir. Çalışmada genellikle çok düşük aktiviteler ( $<1 \text{ Bq kg}^{-1}$  yaş ağırlık) tayin edilirken, Karadeniz ve Kuzey Ege Denizi'nde tayin edilen aktivitelerin Akdeniz'e göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Thebault et al., 2008).

Baskaran ve arkadaşları (2000), 1993 yılı yaz mevsiminde Karadeniz, Yenisey ve Obi nehirlerinden topladıkları biyolojik örneklerde  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonlarını incelemişler ve midyeler için  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonlarını dedeksiyon limitinin altında bulurken, 10 tane kabukludan sadece birinde  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonu  $7 \pm 1.3 \text{ Bq kg}^{-1}$  kuru ağırlık olarak tayin etmişlerdir.

Topçuoğlu ve arkadaşlarının yapmış olduğu bir diğer çalışmada (1998), Karadeniz Kilyos'dan 1993 yılında topladıkları *Mytilus galloprovincialis* türü midyelerde  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonunu  $7.30 \pm 6.90 \text{ Bq kg}^{-1}$  kuru ağırlık olarak tayin etmişlerdir. Bu konsantrasyon çalışmamızla karşılaştırıldığında oldukça yüksek olduğu görülmüştür. Bunun en önemli sebebi ise Karadeniz bölgesinin Çernobil kazasından önemli derece etkilenmiş olmasıdır.

### **5.5.2. İzmir Körfezi'nden Toplanan Midye Örneklerindeki $^{137}\text{Cs}$ Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi**

İzmir Körfezi'nden toplanan midyelerde (*Mytilus galloprovincialis*) tayin edilen  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonları Didim'de tayin edilen sonuçlar gibi oldukça düşük seviyelerdedir. İzmir Körfezi midyelerinde en yüksek  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonu  $1.3 \pm 0.3 \text{ Bq kg}^{-1}$  kuru ağırlık olarak tayin edilmiştir.

1986 yılında meydana gelen Çernobil kazası sonrasında Karadeniz'de balık, makroalg, sediment ve midyelerde  $^{137}\text{Cs}$  ve  $^{134}\text{Cs}$  konsantrasyonları rutin olarak ölçülmüştür. Topçuoğlu ve Van Dower'in (1997), Karadeniz'de Çernobil kazasından sonra midyelerde  $^{137}\text{Cs}$  ve  $^{134}\text{Cs}$  konsantrasyonlarını Mayıs-1986'dan Şubat-1987'e kadar aylık periyotlarda ölçmüşlerdir. Elde ettikleri sonuçlara göre ilk ay midyelerdeki  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonu  $228.7 \pm 83.5 \text{ Bq kg}^{-1}$  kuru ağırlık bulunurken 8 aylık bir zaman sonunda  $12.9 \pm 5.2 \text{ Bq kg}^{-1}$  kuru ağırlık olarak tayin edilmiştir. Çalışmada midyeler için biyolojik yarı ömrü 63 gün olarak

bulmuşlar ve midyelerdeki  $^{137}\text{Cs}$ 'nin zamanla lineer bir azalış gösterdiğini tespit etmişlerdir. Yine 1997-1998 yıllarında yapılan bir çalışmada Karadeniz'de midyelerin yumuşak dokularında  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonu  $<3-20 \text{ Bq kg}^{-1}$  kuru ağırlık olarak bulunmuştur (Topçuoğlu, 2000). Buldukları sonuçlar  $^{137}\text{Cs}$ 'nin zamanla azaldığını desteklemektedir.

Alam ve arkadaşlarının (1999), *Perna viridis* türü deniz midyelerinde yapmış oldukları çalışmada  $^{137}\text{Cs}$  ve  $^{134}\text{Cs}$  konsantrasyonlarını dedeksiyon limitinin altında bulmuşlar ve  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonunu  $0.024 \text{ Bq kg}^{-1}$  kuru ağırlık olara belirtmişlerdir. Bizim çalışmamızda elde ettiğimiz değerlerle paralellik göstermektedir.

Midyede  $^{137}\text{Cs}$  ile ilgili çalışmalardan elde edilen bulgular çizelge 5.5'de verilmiştir.

Çizelge 5.5. Midyede  $^{137}\text{Cs}$  ile ilgili çalışmalardan elde edilen bulgular

Çalışma Alanı	$^{137}\text{Cs}$ ( $\text{Bq kg}^{-1}$ )	Kaynakça
Akdeniz	$1.9 \pm 1.8 - 2.0 \pm 1.8$	Topçuoğlu ve ark., 1993
Güney Baltık	0.6-1.3 (yaş ağırlık)	Bojanowskiet al., 1995
Karadeniz	12.9 – 289	Topçuoğlu ve Van Downen, 1997
Karadeniz	ND	Baskaran ve ark., 2000
Yunanistan	0.3 – 1.90 (yaş ağırlık)	Catsiki ve Florou, 2005
Ege Denizi (Didim)	$< 0.2 - 1.1$	Bu Çalışma
İzmir Körfezi	$< 0.8 - 1.3$	Bu Çalışma

## 5.6. Balık Örneklerindeki $^{137}\text{Cs}$ Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi

İnsan sağlığı açısından öncelikle geniş halk kesimi tarafından tüketilen deniz organizmaları seçilip bu organizmlardaki radyonüklid seviyelerinin düzenli olarak saptanması önemlidir. Çernobil kazasından sonra atmosfere ve dolayısıyla denizel ortama yüksek miktarda  $^{137}\text{Cs}$  yayılmıştır. Bu çalışmada Ege bölgesinde çok tüketilen ve  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonlarının da yüksek tayin edildiği Sardalya (*Sardina pilchardus*) türü balıklarda  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonları incelenmiştir.

Didim'den alınan Sardalya (*Sardina pilchardus*) türü balıklarda  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonlarının  $0.3\pm 0.02$  ile  $1.8\pm 0.3$  Bq  $\text{kg}^{-1}$  kuru ağırlık arasında, İzmir Körfezi'nden alınan Sardalya (*Sardina pilchardus*) türü balıklarda ise  $0.2\pm 0.03$  ile  $1.3\pm 0.3$  Bq  $\text{kg}^{-1}$  kuru ağırlık arasında değiştiği bulunmuştur.

Çernobil kazası sonrasında özellikle Karadeniz'in güneydoğu sahil şeridinde denizel ortamda biyota ve sedimentlerde radyoaktivite ve metal analizleri yapılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda Karadeniz bölgesinin Çernobil kazası sonrasında radyonüklidlerden ne derece etkilendiği belirlenmiştir (Ergül, 2004). Ancak çalışmamızın yapıldığı Ege Bölgesi Türkiye kıyı şeridinde sediment ve biyotada yapay ve doğal radyonüklid ile ağır metal analizlerini içeren kapsamlı bir çalışma yoktur.

Topçuoğlu ve arkadaşları tarafından (1988) yapılan bir çalışmada Çernobil sonrasında Marmara Denizi'nden toplanan balık örneklerinde radyoaktivite konsantrasyonları tayin edilmiştir. 1986-1987 yılları arasında istavrit, lüfer, sardalya, hamsi, izmarit, tuna gibi çeşitli balık türlerinde Mayıs 1986 süresince  $^{132}\text{I}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  ve  $^{103}\text{Ru}$  için toplam aktivite seviyelerini  $52\text{-}65 \text{ Bq kg}^{-1}$  yaş ağırlık arasında bulmuşlardır. Marmara Denizi balıklarındaki maksimum toplam aktivite konsantrasyonunun ilk üç ay sonunda azaldığını öne sürdükleri çalışmalarında  $^{137}\text{Cs}$  haricinde Çernobil radyonüklidlerini ölçememişlerdir. Ekim 1988'de istavrit, lüfer, camgöz türü köpek balığında  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonlarını sırası ile  $19\pm 11$ ,  $10\pm 7$  ve  $8\pm 7 \text{ Bq kg}^{-1}$  kuru ağırlık olarak tayin etmişlerdir (Topçuoğlu, 2001).

Topçuoğlu ve arkadaşları tarafından yapılan bir başka çalışmada, 1998-2004 yılları arasında Karadeniz ve Marmara'nın çeşitli istasyonlarından toplanan istavrit ve mezgit türü balıklarda  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonları tayin edilmiştir. İstavrit balığında  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonları  $1.4\pm 0.4$  ile  $7.7\pm 0.9 \text{ Bq kg}^{-1}$  kuru ağırlık, mezgit balığında ise  $1.6\pm 0.5$  ile  $14.5\pm 1.3 \text{ Bq kg}^{-1}$  kuru ağırlık arasında değiştiği bulunmuştur. Sonuçlar Didim ve İzmir Körfezi'nden alınan Sardalya (*Sardina pilchardus*) türü balıklarda tayin edilen konsantrasyonlarla karşılaştırıldığında beklenildiği gibi düşük olduğu görülmüştür.

Çernobil kazasının en önemli radyonüklidi olan  $^{137}\text{Cs}$  ile birçok biyokinetik çalışması yapılmış ve organizmalardaki sıcaklık ve tuzluluğun etkisi araştırılmıştır. İncelenen organizmalar arasında  $^{137}\text{Cs}$

için en yüksek konsantrasyon faktörü isopod (bir tür kabuklu) ve karideste bulunurken en düşük konsantrasyon faktörü ise balıkta saptanmıştır (Güven ve Öztürk, 2005).

Yapılan bir biyobirikim çalışmasında, bazı balık türlerinde  $^{137}\text{Cs}$  biyoakümüleyasyonu ile balık boyutu ve ağırlığı arasında bir ilişki olduğu öne sürülmüştür. Daha büyük organizmalarda alımın daha hızlı ve daha fazla olduğu belirtilmiştir. Ayrıca balıkların beslenme özelliklerine göre de  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonlarında değişimler olabileceği belirtilmiştir. Bentik bölgede yaşayan ve plankton ile beslenen balıklarda bulunan  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonlarının balık yiyerek beslenen türlerden daha düşük olduğu tespit edilmiştir (Oleksyk et al., 2002).

Tateta ve Koyanagi (1996), tarafından Japonya'da yapılan bir çalışmada, 1984-1990 yılları arasından toplanan balık örneklerinde  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonlarının 0.08 ile 0.44 Bq kg<sup>-1</sup> yaş ağırlık arasında değiştiğini tayin etmişlerdir. İnceledikleri tüm balık örnekleri yetişkin türlerdir ve örnekleme yaptıkları alanlar nehir akıntılarında etkilenmemiş bölgelerdir. Ayrıca  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonlarının balık türü, büyüklüğü gibi etkilere göre değişim gösterdiğini vurgulamışlardır. Çalışmalarında tuzlu ve acı su balık türlerindeki  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonlarının diğer kıyusal türlere göre daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmada elde ettiğimiz konsantrasyonlar ile paralel değerler buldukları görülmüştür.

Balıklarda  $^{137}\text{Cs}$  ile ilgili çalışmalardan elde edilen bulgular çizelge 5.6'da verilmiştir.

Çizelge 5.6. Balıklarda  $^{137}\text{Cs}$  ile ilgili çalışmalardan elde edilen bulgular

Çalışma Alanı	$^{137}\text{Cs}$ (Bq kg <sup>-1</sup> )	Kaynakça
Japonya*	0.08±0.01 – 0.44±0.01	Tateta ve Koyanagi, 1996
Marmara Denizi	8±7 – 19±11	Topçuoğlu, 2001
Ege Denizi (Didim)	0.3±0.02 – 1.8±0.3	Bu Çalışma
İzmir Körfezi	0.2±0.03 – 1.3±0.3	Bu Çalışma

Not: \* sonuç yaş ağırlık olarak verilmiştir.

### 5.7. Sediment Örneklerindeki $^{137}\text{Cs}$ Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi

Denizel ortamlarda, bir kısmı biyojenik diğer kısmı da litojenik orijinli olan suda asılı partikül materyaller radyonüklidleri adsorbe ederek dibe çökerler. Bu sebeple sedimentler birçok radyonüklidi içerirler ve incelenen bölgenin kontaminasyonu hakkında bize bilgi verirler. Ayrıca deniz dibinde yaşayan bentik organizmalar tarafından sedimentten alınan radyonüklidlerin insana kadar ulaşması söz konusudur (Topçuoğlu, 2005). Bu nedenle çalışmada sedimentte bulunan  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonu da incelenmiş ve elde edilen konsantrasyonların Didim için 0.1±0.01 ile 0.3±0.03 Bq kg<sup>-1</sup> kuru ağırlık arasında, İzmir Körfezi'nde ise 0.1±0.01 ile 1.5±0.3 Bq kg<sup>-1</sup> kuru ağırlık arasında değiştiği bulunmuştur.

Topçuoğlu ve arkadaşları (1993), Akdeniz'de yaptıkları bir çalışmada Mersin Akkuyu'dan toplanan sediment örneklerinde  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonlarının ND ile 2.5±2.1 Bq kg<sup>-1</sup> kuru ağırlık arasında

değiştirdiğini bulmuşlardır. Elde ettikleri konsantrasyonlar ile bu çalışmadaki konsantrasyonlar karşılaştırıldığında birbirine yakın olduğu görülmüştür. Her iki çalışma bölgesinde de  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonunu yükseltecek bir etki olmadığı saptanmıştır.

Bulgaristan'ın Karadeniz kıyısı boyunca yapılan bir çalışmada, dip sedimentlerinde ilkbahar, sonbahar ve yaz mevsimlerinde ölçülen  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonlarının  $3.5\pm 0.3$  ile  $36.4\pm 0.8$  Bq  $\text{kg}^{-1}$  kuru ağırlık arasında değiştiğini bulmuşlar ve radyonüklid konsantrasyonlarının dip sedimentinin yapısına çok bağlı olduğunu ileri sürmüşlerdir. Çalışmada  $^{137}\text{Cs}$ 'nin karot boyunca değişimini incelemişler ve maksimum değerlerin 2-8 cm arasındaki sedimentlerde olduğunu vurgulamışlardır. Aynı çalışmada en yüksek  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonlarını balçık türü sediment yapıları olan Bulgaristan'ın kuzey kesimlerinde tayin etmişlerdir. Bu yüksek konsantrasyonların sebebini sedimentin yapısına ve Karadeniz'e akan büyük nehirlerin etkisine (Çernobil) bağlamışlardır. Karadeniz'deki serpinti Cs'nin kaynağının Mayıs 1986'da olan karakteristik Çernobil serpintisi ( $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$  oranı yaklaşık 0.5 olan), bir diğerinin ise atmosferik silah denemeleri ( $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$  oranı sıfır olan) olduğunu belirtmişlerdir (Strezov et al., 1998).

Topçuoğlu ve Güngör, (1999), Marmara Denizi ve Boğaz sedimentlerinde  $^{137}\text{Cs}$  ve  $^{134}\text{Cs}$  konsantrasyonlarını tayin ettikleri çalışmalarında, Boğaz'dan toplanan sedimentlerde Marmara Denizi'ne oranla daha yüksek konsantrasyonlar elde etmişlerdir. En yüksek konsantrasyonları Boğaz'da Sarıyer'de tayin etmişler ve  $^{137}\text{Cs}$

konsantrasyonlarının  $11\pm 2$  ile  $80\pm 3$  Bq  $\text{kg}^{-1}$  kuru ağırlık arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Ayrıca Boğaz'ın Rumelikavağı, Anadolukavağı ve Sarayburnu bölgelerinden topladıkları sedimentlerde  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonlarını Sarıyer sedimentlerinden daha düşük olduğunu tayin etmişlerdir. Bu farklılığın Boğaz'ın su altındaki morfolojik yapısı, sediment bileşimi ve Sarıyer su sütununda askıdaki materyallerle sezyum radyonüklidlerinin benzer davranışlarına bağlı olarak da yüksek olabileceğini ileri sürmüşlerdir.

Marmara Denizi'nde yapılan bir başka çalışmada 2000 yılında toplanan sediment örneklerinde  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonlarının 2.8 ile 17.1 Bq  $\text{kg}^{-1}$  kuru ağırlık arasında değiştiği tayin edilmiştir. Bilindiği üzere Marmara Denizi çevresi, Karadeniz çevresine göre Çernobil'den daha az etkilenmiştir (Topçuoğlu vd., 2000).

Strezov ve arkadaşlarının (1998), Bulgaristan'ın kuzey ve güney sahillerinde 35 farklı noktadan topladıkları sediment örneklerinde  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonlarının 2.1 ile 9.6 Bq  $\text{kg}^{-1}$  kuru ağırlık arasında değiştiğini bulmuşlardır. Yaptıkları çalışmada kuzeyden gelen akıntıların etkisinde olan bölgelerde daha yüksek konsantrasyonlar elde ederlerken, tanecik boyutu küçük olan sedimentlerde daha çok radyonüklid konsantrasyonunun biriktiğini rapor etmişlerdir. Bu konsantrasyonların Didim ve İzmir Körfezi sedimentlerinde tayin edilen konsantrasyonlardan daha yüksek olduğu bulunmuştur.

Noskin ve arkadaşları (1998), 1981 yılında Rongelap Mercanadası'ndan (Marshall Adaları) toplanan kıyı sedimentlerinde

$^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonlarını incelemişler ve konsantrasyonların  $<0.2$  ile  $1.6$   $\text{Bq kg}^{-1}$  kuru ağırlık arasında olduğunu tayin etmişlerdir. Radyonüklidlerin 1954'de Bikini Mercanadası'nda yapılan termonükleer deneme ile meydana gelen atıklarla birleştiğini ve ortamda sadece  $^{90}\text{Sr}$  ve uranyum ötesi radyonüklidlerin kaldığını öne sürmüşlerdir. Çalışmada sedimentte  $^{60}\text{Co}$  ve  $^{137}\text{Cs}$ 'yi de içine alan diğer radyonüklidlerin olmadığını ya da her ikisinin de bozunmuş ya da deniz suyuna fazlaca geçip akıntılarla göç ettiğini öne sürmüşlerdir. Elde ettikleri konsantrasyonların bizim çalışmamızla paralel olduğu görülmüştür.

Papaefthymiou ve arkadaşları (2007), tarafından Yunanistan'da özellikle gemi trafiği ve kentsel aktivitelerden yoğun şekilde kirlenen Patras şehrinde yapılan bir çalışmada yüzey ve yüzey altı sediment örneklerinde  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  ve  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonlarını ölçülmüştür. Elde ettikleri  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonlarının dedeksiyon limitinin altında (ND) ile  $11.5 \pm 1.2$   $\text{Bq kg}^{-1}$  kuru ağırlık arasında olduğunu tayin etmişlerdir. Sedimentin tanecik boyutu, jeolojik yapısı ve bölgedeki gemi trafiğinin radyonüklid birikimi üzerinde etkisinin olduğunu söyledikleri çalışmada,  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonunun organik karbon içeriğinden de etkilendiğini öne sürmüşlerdir. Patras Harbour'da düşük kütle yoğunluğu olan sedimentlerde daha yüksek  $^{137}\text{Cs}$  ve organik karbon konsantrasyonları tayin etmişler ve yoğunluk ile  $^{137}\text{Cs}$ - $\text{C}_{\text{organik}}$  arasında negatif bir korelasyonun olduğunu belirtmişlerdir. Deniz sedimentlerinde  $^{137}\text{Cs}$ 'nin tanecik boyutu, mineral bileşimi ve organik madde içeriği ile etkilendiğini ve organik kısmın, sedimentlere  $^{137}\text{Cs}$ 'nin bağlanması ve sabitleşmesi için çok önemli olduğunu söylemişlerdir.

Sedimentte  $^{137}\text{Cs}$  ile ilgili çalışmalardan elde edilen bulgular çizelge 5.7’de verilmiştir.

Çizelge 5.7. Sedimentte  $^{137}\text{Cs}$  ile ilgili çalışmalardan elde edilen bulgular

Çalışma Alanı	$^{137}\text{Cs}$ (Bq kg <sup>-1</sup> )	Kaynakça
Akdeniz	ND – 2.5±2.1	Topçuoğlu ve ark., 1993
Bulgaristan	3.5±0.3 – 36.4±0.8	Strezov et al., 1997
Marmara Denizi	11±2 – 80±3	Topçuoğlu ve Güngör, 1999
Bulgaristan	2.1±0.2 – 9.6±0.2	Strezov et al., 1998
Marmara Denizi	10.5±1.6 – 17.1±2.9	Topçuoğlu, 2001
Yunanistan	ND – 11.5±1.2	Papaefthymiou ve ark., 2007
Ege Denizi (Didim)	0.1±0.01 – 0.3±0.03	Bu Çalışma
İzmir Körfezi	0.1±0.01 – 1.5±0.3	Bu Çalışma

## 5.8. Deniz Suyu Örneklerindeki $^{137}\text{Cs}$ Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi

Denizel ortamda  $^{137}\text{Cs}$  ve  $^{90}\text{Sr}$  gibi radyonüklidler en fazla suda bulduklarından dolayı bu radyonüklidleri uzun yıllar boyunca deniz suyunda tayin etmek mümkündür. Denizel ortamda izleme çalışmaları yapılırken bu sebeple deniz suyu örneklerinin de incelenmesinde önem vardır.

Çalışmamızda deniz suyunda bulunan  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonu da incelenmiş olup elde edilen konsantrasyonların Didim için 1.32±0.13 Bq

$m^{-3}$  ile  $2.04 \pm 0.18 \text{ Bq } m^{-3}$  arasında, İzmir Körfezi'nde ise  $2.88 \pm 0.28 \text{ Bq } m^{-3}$  ile  $4.30 \pm 0.38 \text{ Bq } m^{-3}$  arasında değiştiği bulunmuştur.

Lee ve arkadaşlarının (2003), Akdeniz'in kuzeybatısında yaptıkları bir çalışmada aylık olarak deniz suyunda  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonlarını tayin etmişler ve  $1.3 \pm 0.1$  ile  $2.4 \pm 0.1 \text{ mBq l}^{-1}$  arasında değiştiğini bulmuşlardır. Çalışmalarında ayrıca yağmur suyu ve atmosferik partiküllerde de  $^{137}\text{Cs}$  ve diğer yapay radyonüklidleri tayin etmişler ve bu radyonüklidlerin konsantrasyonlarının zamana ve atmosferik akıya bağlı olarak nasıl değiştiğini belirlemişlerdir. En yüksek konsantrasyonları yaz mevsiminde tayin etmişler ve bu kuru dönemde topraktan gelen parçacıkların radyonüklidlere yapışması ve uzun süre böyle kalmasının da büyük etkisi olduğunu ileri sürmüşlerdir. İki dikkat çekici depozisyonu yoğun yağışların olduğu sezonlar olan ilkbahar ve son bahar sonlarında tayin etmişler ve yağış oranının en önemli etken olduğu vurgulamışlardır. Bu çalışmada da her iki istasyonda yüksek konsantrasyonlar yoğun yağışların olduğu dönemlerde bulunmuştur.

Perianez, (2008) Akdeniz'de deniz suyunda  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonlarını tayin ettiği çalışmasında su kolonunda yüzeyde en yüksek konsantrasyonu  $3.1 \pm 0.3 \text{ Bq } m^{-3}$ , derinde ise  $2.2 \pm 0.3 \text{ Bq } m^{-3}$  olarak bulmuştur. Çalışmasında  $^{137}\text{Cs}$  ile  $^{239,240}\text{Pu}$  konsantrasyonlarının atmosferik serpintiye de bağlı olarak değişebileceğini ve aynı bölgedeki sedimentlerde elde ettiği konsantrasyonlarla deniz suyundaki konsantrasyonların uyum içinde olduğunu vurgulamıştır. Bu çalışmada

tayin edilen konsantrasyonlar sonuçlarla karşılaştırıldığında yakın olduğu görülmüştür.

Cezayir’de yapılan bir çalışmada su kolonunda  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonları tayin edilmiş ve  $^{137}\text{Cs}$  değerlerinin farklı derinliklerde ve yüzeyde Ténés’de  $1.31\pm 0.08 \text{ mBq l}^{-1}$  ile  $2.20\pm 0.13 \text{ mBq l}^{-1}$ , Algiers’de ise  $2.21\pm 0.14 \text{ mBq l}^{-1}$  ile  $2.3\pm 0.15 \text{ mBq l}^{-1}$  arasında değiştiği bulunmuştur (Noureddine et al., 2007). Elde edilen değerler çalışmamızda elde ettiğimiz konsantrasyonlarla uyum içerisindedir.

Deniz suyunda  $^{137}\text{Cs}$  ile ilgili çalışmalardan elde edilen bulgular çizelge 5.8’de verilmiştir.

Çizelge 5.8. Deniz suyunda  $^{137}\text{Cs}$  ile ilgili çalışmalardan elde edilen bulgular

Çalışma Alanı	$^{137}\text{Cs}$ ( $\text{Bq m}^{-3}$ )	Kaynakça
Akdeniz	$1.3\pm 0.1 - 2.4\pm 0.1$	Lee et al., 2003
Cezayir	$1.31\pm 0.08 - 2.3\pm 0.15$	Noureddine et al., 2007
Akdeniz	$3.1\pm 0.3 - 2.2\pm 0.3$	Perianez, 2008
Ege Denizi (Didim)	$1.32\pm 0.13 - 2.04\pm 0.18$	Bu Çalışma
İzmir Körfezi	$2.88\pm 0.28 - 4.30\pm 0.38$	Bu Çalışma

## 5.9. Midye Örneklerindeki Ağır Metal Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi

Ege Bölgesi'nde özellikle son yıllarda endüstrinin hızla gelişmesi ve tarımsal verimliliğin arttırılmasına yönelik yapılan çalışmalar sonucunda ortaya çıkan kirletici maddeler çeşitli yollarla Ege Denizi'ne ulaşmakta ve denizin kirlenmesi, balık ve diğer canlı türlerin azalmasının yanında biyolojik dengenin bozulması gibi pek çok sorunu beraberinde getirmektedir.

Denizel ortamlarda yaşayan canlı organizmalarda belirli konsantrasyonların üzerinde toksik etkiye sahip ağır metallerin birikim düzeylerinin araştırılmasına yönelik ülkemizde ve dünyada yıllardır yapılan çalışmalar yoğun bir şekilde devam etmektedir.

Özellikle kıyısal alanlarda midyenin tüketimi oldukça yüksektir. Bu nedenle nüfus gruplarının bu tür deniz ürünlerini tüketerek alabilecekleri doz hesaplarının yapılmasında ağır metal konsantrasyonları önemlidir.

### 5.9.1. Didim'den Toplanan Midye Örneklerindeki Ağır Metal Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi

Çalışmada Didim'den toplanan midyelerde (*Mytilus galloprovincialis*) kuru ağırlıktaki en düşük ve yüksek ağır metal konsantrasyonları Cd için 0.5-1.5  $\mu\text{g g}^{-1}$ ; Cr için 0.6-2.7  $\mu\text{g g}^{-1}$ ; Ni için 0.3-2.5  $\mu\text{g g}^{-1}$ ; Pb için 0.4-1.3  $\mu\text{g g}^{-1}$ ; Cu için 1.4-6.6  $\mu\text{g g}^{-1}$ ; Mn için

1.1-9.1  $\mu\text{g g}^{-1}$  ; Zn için 31-114  $\mu\text{g g}^{-1}$  ; Fe için 22-541  $\mu\text{g g}^{-1}$  olarak tayin edilmiştir.

Didim'den toplanan midye örnekleri üzerinde ağır metal konsantrasyonlarının mevsim ortalamaları açısından bir fark olup olmadığı tek yönlü varyans analizi (One-way ANOVA) ile incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre mevsimsel açıdan Cr ( $p=0.049$ ) ve Cu ( $p=0.015$ ) konsantrasyonları %5 hata payı, Fe ( $p=0.052$ ), Mn ( $p=0.058$ ) ve Ni ( $p=0.095$ ) konsantrasyonları ise %10 hata payı ile istatistiksel olarak anlamlı çıkmıştır.

Uysal ve arkadaşlarının (1989), Ege Denizi kıyılarında yaptıkları bir çalışmada *Mytilus galloprovincialis* türü midyelerde Cu miktarını 1.84  $\mu\text{g g}^{-1}$ , Pb miktarını 2.61  $\mu\text{g g}^{-1}$ , Zn miktarını 27.3  $\mu\text{g g}^{-1}$ , Cd miktarını ise 0.17  $\mu\text{g g}^{-1}$  (yaş ağırlık) olarak tayin etmişlerdir. Bu çalışmada elde ettiğimiz ortalama konsantrasyonlar yaş ağırlık cinsinden Uysal ve arkadaşlarının elde ettikleri konsantrasyonlardan düşüktür.

Metallerin deniz organizmaları tarafından tutulmasına yönelik birçok çalışma vardır. Bu çalışmalarda izleyici olarak özellikle midye kullanılmıştır. Karadeniz'de midyelerdeki ağır metal konsantrasyonları üzerine yapılan bir çalışmada Fe konsantrasyonu oldukça yüksek bulunmuştur (Topçuoğlu vd., 2002).

Bu çalışmada incelediğimiz metaller arasında Didim'den toplanan midyelerde metallerin birikme sırasının  $Fe > Zn > Cu > Mn > Cr > Ni > Cd > Pb$  olduğu bulunmuştur.

Kamalı Uğur (1998), Karadeniz'de midyelerdeki ağır metal konsantrasyonlarını incelediği çalışmasında, Ordu'da Cu miktarını  $0.00-1.93 \mu\text{g g}^{-1}$ , Cd miktarını  $0.00-0.49 \mu\text{g g}^{-1}$ , Pb miktarını ise,  $0.15-3.95 \mu\text{g g}^{-1}$  (yaş ağırlık) olarak; Samsun'da ise Cu miktarını  $0.90-4.07 \mu\text{g g}^{-1}$ , Cd miktarını  $0.00-0.69 \mu\text{g g}^{-1}$ , Pb miktarını ise,  $0.15-4.61 \mu\text{g g}^{-1}$  (yaş ağırlık) olarak tayin etmiştir.

Besada ve arkadaşları (2002), 1991-1999 yılları arasında İspanya'da *Mytilus galloprovincialis* türü midyelerde Cd, Cu, Hg, Pb ve Zn konsantrasyonlarını incelemişler ve ortalama konsantrasyonları Cd için  $0.34 \mu\text{g g}^{-1}$ , Cu için  $9.54 \mu\text{g g}^{-1}$ , Pb için  $1.90 \mu\text{g g}^{-1}$  ve Zn için  $75.00 \mu\text{g g}^{-1}$  (kuru ağırlık) olarak bulmuşlardır. Çalışmada tayin ettikleri Cu, Pb ve Zn konsantrasyonlarının bu çalışmadaki konsantrasyonlardan yüksek, ortalama Cd konsantrasyonlarının ise düşük olduğu gözlenmiştir.

Topçuoğlu ve arkadaşlarının (2004), Marmara Denizi'den topladıkları *Mytilus galloprovincialis* türü midyelerde elde ettikleri konsantrasyonlar Cd için  $1.26-2.88 \mu\text{g g}^{-1}$ , Pb için  $0.1-5.2 \mu\text{g g}^{-1}$ , Cu için  $6.7-9.5 \mu\text{g g}^{-1}$ , Zn için ise  $208.3-319.9 \mu\text{g g}^{-1}$  kuru ağırlık arasında değişmekte olup, çalışmamızda Didim'den toplanan midyelerde tayin edilen konsantrasyonların daha düşük sonuçlar olduğu görülmüştür. Marmara Denizi'nin yoğun endüstri kuruluşları, gemi trafiği ve kentsel

kirletici kaynaklardan oldukça etkilenmiş olmasından dolayı Didim'e oranla daha yüksek sonuçlar çıkmış olabileceği düşünülmektedir.

Catsiki ve Florou (2005), Yunanistan'da *Mytilus galloprovincialis* türü midyelerde bazı ağır metal konsantrasyonlarının birikimini aylık olarak incelemişler ve yılın soğuk dönemlerinde özellikle Cu, Zn, Mn ve Cr gibi metallerin artış gösterdiğini bulmuşlardır. Ayrıca, midyelerin üreme dönemlerinin metalleri biriktirme miktarlarına etki ettiğini ve yumurtlama döneminden önceki periyotlarda metal konsantrasyonlarında artışın olduğuna dikkat çekmişlerdir. Çalışmamızda da kış mevsiminde tayin edilen Cu, Zn, Mn ve Cr konsantrasyonları diğer aylara göre daha yüksektir. Midyeler tarafından metallerin biyoakümüülasyonu mevsime bağlı olarak değişim göstermektedir. Mevsimsel biyoakümüülasyon, tarımsal aktiviteler, yağmur ve kar yağışı, nehirlerin denizlere boşalması gibi çevresel koşullara, süzme kapasitesi ve üreme gibi biyolojik faktörlere bağlıdır.

Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Gıda kodeksi yönetmeliğine göre kabuklular için kabul edilebilir ağır metal düzeyleri Zn için  $50 \text{ mg kg}^{-1}$ , Cu için  $20 \text{ mg kg}^{-1}$ , Cd için  $1.0 \text{ mg kg}^{-1}$  ve Pb için  $1.5 \text{ mg kg}^{-1}$  yaş ağırlık olarak verilmiştir. Bu araştırmada Didim'den toplanan midyelerde elde edilen ortalama ağır metal düzeylerinin Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı tarafından kabul edilip resmi gazetede yayınlanan değerlerin altında olduğu bulunmuştur.

### 5.9.2. İzmir Körfezi'nden Toplanan Midye Örneklerindeki Ağır Metal Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi

Çalışmada İzmir Körfezi'nden toplanan midyelerde (*Mytilus galloprovincialis*) kuru ağırlıktaki en düşük ve yüksek konsantrasyonlar Cd için 0.7-2.1  $\mu\text{g g}^{-1}$ ; Cr için 0.6-2.1  $\mu\text{g g}^{-1}$ ; Ni için 0.2-1.5  $\mu\text{g g}^{-1}$ ; Pb için 0.6-1.3  $\mu\text{g g}^{-1}$ ; Cu için 2.6-8.4  $\mu\text{g g}^{-1}$ ; Mn için 3.0-12.6  $\mu\text{g g}^{-1}$ ; Zn için 47-162  $\mu\text{g g}^{-1}$ ; Fe için 121-360  $\mu\text{g g}^{-1}$  kuru ağırlık olarak tayin edilmiştir.

İzmir Körfezi'nden toplanan midye örnekleri üzerinde yapılan tek yönlü varyans analizi (One-way ANOVA) ile elde edilen sonuçlara göre mevsimsel açıdan Cr ( $p=0.044$ ), Cu ( $p=0.038$ ) ve Ni ( $p=0.004$ ) konsantrasyonları %5 hata payı ile istatistiksel olarak anlamlı çıkmıştır.

Gey ve Mordoğan (1988), İzmir Körfezi'nde midyelerdeki ağır metal konsantrasyonlarını incelemişler ve ortalama olarak Cu miktarını 14.12  $\mu\text{g g}^{-1}$ ; Pb miktarını 19.98  $\mu\text{g g}^{-1}$ ; Zn miktarını 220.11  $\mu\text{g g}^{-1}$  (kuru ağırlık) olarak tayin etmişlerdir. İnceledikleri tüm örneklerde ağır metal konsantrasyonlarının mevsime ve istasyonlara bağlı olarak değişim gösterdiğini bulmuşlardır.

1998 yılında İzmir Orta Körfez midyelerinde Sunlu ve arkadaşları tarafından elde edilen metal konsantrasyonları Cd için 0.09-0.30  $\mu\text{g g}^{-1}$ , Pb için 0.58-0.85  $\mu\text{g g}^{-1}$ , Cu için 0.81-2.04  $\mu\text{g g}^{-1}$ , Zn için ise 9.90-30.41  $\mu\text{g g}^{-1}$  yaş ağırlık arasında değişmekte olup, çalışmamızda Orta

Körfez'den toplanan midyelerde yaş ağırlık cinsinden elde ettiğimiz konsantrasyonlarla karşılaştırıldığında Zn ve Cd için birbirine yakın sonuçlar elde edildiği görülürken Pb ve Cu değerlerimizin daha düşük, aralıkta olduğu görülmüştür.

Aydın (2004), Gümüldür-Seferihisar bölgesinde kabuklularda bazı ağır metal konsantrasyonlarını incelemiş ve ağır metal konsantrasyonlarının Fe>Zn>Mn>Ni>Pb>Cu>Cd şeklinde azaldığı tespit etmiştir. Çalışmamızda İzmir Körfezi'nden toplanan *Mytilus galloprovincialis* türü midyelerde metallerin birikme sırasının Fe > Zn > Mn > Cu > Cr =Cd > Ni >Pb şeklinde olduğu bulunmuştur.

Sunlu (2006), Ege Denizi Türkiye kıyılarından topladığı *Mytilus galloprovincialis* türü midyelerde yenilebilir kısımlarında Cd, Pb, Zn ve Cu gibi ağır metal konsantrasyonlarını Eylül 2002-Ağustos 2003 tarihleri arasında mevsimsel olarak ölçmüş, ayrıca aynı bölgelerde bazı fiziko kimyasal çevresel parametreleri de incelemiştir. Ege Denizi Türkiye kıyı sularında sıcaklığın 9.0 °C- 27.0 °C, tuzluluğun 31.93 - 40.45 psu, pH'ın 7.35 – 8.48 ve çözünmüş oksijenin 4.05 – 9.50 mg l<sup>-1</sup> arasında değiştiğini bulmuştur. Su sıcaklığının mevsime ve bölgeye göre değişim gösterdiğini söylediği çalışmasında tuzluluk değişimleri üzerinde ise yağış, buharlaşma, nehirler ve atık su boşaltımlarında etkili olduğunu belirtmiştir. Kış ve bahar aylarında yoğun yağmurlar ve buharlaşmanın az olması sebebiyle tuzluluk seviyeleri özellikle iç körfezde azalış göstermiştir. Denizel ortamlarda su sıcaklığına bağlı olarak tuzluluk seviyeleri de değişim gösterir. Düşük tuzluluğun olduğu ortamlarda

midyelerin üreme, beslenme gibi biyolojik aktivitelerini gerçekleştirmesi daha kolay olmakta ve bünyelerine ağır metalleri daha kolay alabilmektedirler. İzmir İç Körfez'in yanında diğer düşük tuzluluk seviyeleri İzmir Orta Körfez ve Çandarlı Körfezi'nde de tayin edilmiş ve Gediz ve Bakırçay nehirlerinin bu istasyonlara yakın yerde denize boşalmasının bunda etkili olduğu öne sürülmüştür. En yüksek ağır metal konsantrasyonları İzmir İç Körfez'de tayin edilmiş ve tüm istasyonlarda elde edilen ortalama metal konsantrasyonlarının  $Zn > Cu > Pb > Cd$  şeklinde azaldığı tespit edilmiştir. Ağır metal oranlarının örnekleme istasyonları arasındaki sıralaması ise İzmir İç Körfez > İzmir Orta Körfez > İzmir Dış Körfez > Çandarlı Körfezi > Sığacık Körfezi  $\geq$  Güllük Körfezi şeklinde olduğunu belirtmiştir. Çandarlı, Sığacık ve Güllük Körfezi'nde konsantrasyonların daha düşük çıkmasında bu bölgelerde İzmir Körfezi'ne oranla evsel ve endüstriyel aktivitelerin az ya da hiç olmamasının etkili olduğunu belirtilmiştir. Sunlu'nun çalışmasında İzmir Orta Körfez'de elde ettiği konsantrasyonlar Cd için  $0.45-0.50 \mu g g^{-1}$ , Pb için  $0.80-1.05 \mu g g^{-1}$ , Cu için  $1.43-1.55 \mu g g^{-1}$ , Zn için ise  $20.00- 21.87 \mu g g^{-1}$  yaş ağırlık arasında değişmektedir. Bu sonuçlar çalışmamızda Orta Körfez'den toplanan midyelerde yaş ağırlık cinsinden tayin edilen konsantrasyonlarla karşılaştırıldığında Cu için birbirine yakın sonuçlar elde edildiği görülürken Pb ve Cd'un daha düşük, Zn'nin ise daha yüksek aralıkta olduğu görülmüştür. Denizel ortamda kurşun dağılımı genellikle atmosferik depozisyona, deniz organizmalarındaki kurşun ise direkt olarak insan aktivitelerine bağlı olarak değişim gösterir. Pb konsantrasyonlarımızın daha düşük çıkmasında benzindeki kurşun miktarındaki azalışının da etkisi olabileceği düşünülmektedir. Ege Denizi

Türkiye kıyılarında trafik çok önemli bir etkidir ve kıyısularda kurşun kirliliğinin en önemli sebebi olarak düşünülmektedir.

Bu araştırmada İzmir Körfezi'nden toplanan midyelerde elde edilen ortalama ağır metal düzeylerinin Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı tarafından kabul edilip resmi gazetede yayınlanan değerlerin altında olduğu bulunmuştur.

Didim ve İzmir Körfezi'nden toplanan midye örnekleri üzerinde mevsim ve bölge faktörü açısından bir fark olup olmadığı yönünde yapılan iki yönlü varyans analizi (Two-way ANOVA) ile elde edilen sonuçlara göre mevsimsel ve bölgesel açıdan Cr (mevsim için  $p=0.006$  ve bölge için  $p=0.084$ ), Cu (mevsim için  $p=0.001$  ve bölge için  $p=0.060$ ) ve Mn (mevsim için  $p=0.041$  ve bölge için  $p=0.042$ ) konsantrasyonları %5 hata payı ile istatistiksel olarak anlamlı çıkmıştır.

### **5.10. Balık Örneklerindeki Ağır Metal Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi**

Son yıllarda özellikle teknolojinin gelişmesi sonucu, endüstri ve sanayi atıkları ile evsel atıkların deşarj edildiği akuatik ortamlar kirlenmekte ve bu ortamlarda yaşayan canlı organizmaları tehdit etmektedir. Atık sulardaki ağır metaller bu ortamlarda yaşayan canlılar açısından ve dolayısıyla besin zincirinin son halkası olan insan sağlığı açısından son derece önemlidir. Denizel ortamlarda bulunan ağır metaller balıklarda beslenme ve absorpsiyon gibi çeşitli yollarla birikebilmektedir.

Ülkemizde ve dünyanın çeşitli bölgelerinde akuatik ortamlarda biyolojik döngünün bir halkasını oluşturan ve önemli bir protein kaynağı olarak tüketilen balıklardaki ağır metal birikimleri üzerine son yıllarda önemli çalışmalar yapılmıştır.

Yüksek konsantrasyonlarda Cd, Cu, Cr, Ni, Zn, Hg, Ag, Se, As ve Mn gibi ağır metaller canlı bünyelerine sudan direkt ya da besin zinciri vasıtasıyla girdiklerinde doğal biyolojik yollarla atılamadıkları zaman toksik etki yapmaktadır. Bu gibi metaller balıkların başta karaciğer ve kasları olmak üzere çeşitli dokularında bulunduğu ortamın kirliliğine bağlı olarak çeşitli konsantrasyonlarda birikirler. Bu metaller içinde Cr düşük dozlarda yaşamsal döngü için gereklidir. Bunun yanında hücrede görevi olmayan Hg, Cd ve Pb gibi bazı metallerin hücrenin normal işleyişini bozarak toksik etki gösterdiği tespit edilmiştir.

### **5.10.1. Didim'den Toplanan Balık Örneklerindeki Ağır Metal Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi**

Bu çalışmada balıkların maruz kaldığı çeşitli ağır metallerin saptanması amacıyla metal ölçümleri yapılmış ve Didim'den toplanan Sardalya (*Sardina pilchardus*) türü balıklarda kuru ağırlıktaki en düşük ve yüksek ağır metal konsantrasyonları Cd için 0.1-1.3  $\mu\text{g g}^{-1}$ ; Cr için 0.3-1.5  $\mu\text{g g}^{-1}$ ; Ni için 0.1-0.6  $\mu\text{g g}^{-1}$ ; Pb için 0.1-0.8  $\mu\text{g g}^{-1}$ ; Cu için 1.9-4.5  $\mu\text{g g}^{-1}$ ; Mn için 0.9-5.3  $\mu\text{g g}^{-1}$ ; Zn için 19.8-65.7  $\mu\text{g g}^{-1}$ ; Fe için 18.5-47.2  $\mu\text{g g}^{-1}$  olarak tayin edilmiştir.

Didim'den alınan Sardalya (*Sardina pilchardus*) türü balık örnekleri üzerinde yapılan tek yönlü varyans analizi (One-way ANOVA) ile elde edilen sonuçlara göre mevsimsel açıdan Cd ( $p=0.000$ ), Cr ( $p=0.002$ ), Fe ( $p=0.046$ ), Mn ( $p=0.039$ ), Ni ( $p=0.022$ ) ve Pb ( $p=0.022$ ) konsantrasyonları %5 hata payı ile istatistiksel olarak anlamlı çıkmıştır.

Tuncer ve Uysal (1986), Ege kıyılarında Sardalya, İstavrit, Uskumru gibi balık türlerinde ve *Mytilus galloprovincialis* gibi bazı yenilebilir kabuklularda Cd, Cu, Fe, Hg, Pb ve Zn konsantrasyonlarını tayin etmişler ve ağır metal birikimlerinin bölge, mevsim ve tür gibi çeşitli etkenlere bağlı olarak değiştiğini vurgulamışlardır.

Küçüksezgin ve arkadaşları (2001), 1994-1998 yılları arasında Ege Denizi'nin farklı noktalarından topladıkları barbun balıklarında mevsimsel olarak Pb, Hg ve Cd değişimlerini incelemiş konsantrasyonların  $Pb > Hg > Cd$  şeklinde sıralandığını bulmuştur. Cd konsantrasyonu yaş ağırlıkta  $0.57-4.5 \mu g kg^{-1}$ , Pb konsantrasyonunun ise  $40-207 \mu g kg^{-1}$  arasında değiştiğini tayin etmişlerdir. Çalışmamızda elde ettiğimiz Cd konsantrasyonları yaş ağırlık olarak karşılaştırıldığında Küçüksezgin ve arkadaşlarının bulduğu konsantrasyonlardan oldukça yüksek bulunurken, Pb konsantrasyonlarının yakın olduğu görülmüştür.

Yazgan ve arkadaşları (2002), Antalya Körfezi'nde Ocak, Şubat ve Mart 2000 tarihleri arasında Kefal, Barbunya, İstavrit, Mercan, Levrek, Dil balığı, Kupez, Çipura, Sardalya ve Kolyoz balıklarında çeşitli ağır metal konsantrasyonlarını incelemişlerdir. Araştırma sonuçlarının

balıkların kas dokusunda Cu ve Zn içeriğinin sırası ile 0.51-3.66 mg kg<sup>-1</sup> ve 3.17-11.36 mg kg<sup>-1</sup>, karaciğerlerinde ise 0.83-4.44 mg kg<sup>-1</sup> ve 3.97-15.14 mg kg<sup>-1</sup> kuru ağırlık arasında değiştiğini tayin etmişlerdir. Ağır metaller arasında insan sağlığı açısından toksisitesi yüksek metallere olan Pb ve Cd değerlerini ise balık örneklerinin kas dokusunda sırası ile 0.00-2.05 mg kg<sup>-1</sup> ve 0.00-0.13 mg kg<sup>-1</sup>, karaciğer dokusunda ise 0.00-2.25 mg kg<sup>-1</sup> ve 0.03-0.15 mg kg<sup>-1</sup> kuru ağırlık değerleri arasında bulmuşlardır. Çalışmada elde ettikleri konsantrasyonların insan sağlığı açısından tehlike yaratacak boyutta olmadığını ancak kadmiyumun limite yaklaşan metal olarak dikkat çektiğini belirtmişlerdir. Yüksek Cd konsantrasyonunun ise tarımda kullanılan gübre ve pestisit kullanıma dayalı olabileceğini öne sürmüşlerdir. Bu sonuçlar Didim'den aldığımız Sardalya (*Sardina pilchardus*) balıklarında elde ettiğimiz konsantrasyonlarla karşılaştırıldığında Zn ve Cd konsantrasyonlarımızın daha yüksek, Pb konsantrasyonlarımızın daha düşük ve Cu konsantrasyonlarımızın ise yakın sonuçlarda olduğu görülmüştür. Didim'de elde ettiğimiz yüksek Cd ve Zn konsantrasyonunun Söke ovasında yapılan tarıma dayalı yoğun gübre ve pestisit kullanımına bağlı olabileceği söylenebilir.

Uluturhan ve arkadaşları (2005), Mayıs 1996, Eylül 1997, Ocak ve Temmuz 1998 dönemlerinde Ege Denizi kıyılarından (Edremit, Aliağa, İzmir Körfezi, Çeşme, Kuşadası, Didim, Gökova, Marmaris, Göcek ve Fethiye) topladıkları Kıрма Mercan türü balıkların kas dokularında Hg, Cd, Pb ve Cr konsantrasyonlarını incelemişler ve Hg: 0.016-0.716 µg g<sup>-1</sup>; Cd: nd-0.0096 µg g<sup>-1</sup>; Pb: nd-1.397 µg g<sup>-1</sup> ve Cr: nd-

1.180  $\mu\text{g g}^{-1}$  yağ ağırlık aralığında bulmuşlardır. Çalışmalarında Cd, Hg, Cr ve Pb arasında mevsimsel değişimlerin olduğunu vurgulamışlardır. Ayrıca mevsimsel varyasyonların beslenme ile de ilgili olduğunu söylemişlerdir. Civa hariç tüm yüksek metal konsantrasyonlarını Güney Ege’de bulmuşlar ve bunun sebebini denetimsiz yatçılık faaliyetleri, nehir deşarjları, arıtılmamış pis su deşarjları ve endüstriyel atıklar olarak açıklamışlardır. Çalışmamızda Didim’den toplanan Sardalya (*Sardina pilchardus*) balıklarındaki ağır metal konsantrasyonlarında da mevsimsel değişimler olduğu görülmüştür. Uluturhan ve arkadaşları biyolojik aktivite ve metabolizma oranı soğuk mevsimde düştüğü için dokularda ağır metal derişimleri meydana gelebileceğini söylemişlerdir. Yağ akümülyasyonunda meydana gelen mevsimsel değişiklik de metal bileşiklerinin depolanmasını etkilemektedir. Çalışmamızda bahar ve yaz döneminde toplanan örneklerde kas dokusundaki yağ oranı azaldığından daha düşük ağır metal konsantrasyonları gözlenmiştir.

Uysal ve arkadaşları (2008), Antalya’da Mırmır, Kefal ve Çipura türü balıkların kas, deri ve solungaçlarında Cu, Zn, Mn, Fe, Mg, Ni, Cr Co ve B metalleri ICP-OES ile ölçmüşler ve balık dokularındaki ağır metal konsantrasyonlarının Cu: 0.28–5.11, Zn: 4.27–339.76, Mn: 0.0–12.81, Fe: 3.25–117.73, Cr: 0.0–1.40, Co: 0.0–3.29 ve Mg: 168.73–659.16  $\text{mg kg}^{-1}$  yağ ağırlık şeklinde değişim gösterdiğini bulmuşlardır. Çalışmalarında doku ve türlere göre ağır metallerin tutulmasında önemli değişimler olduğunu ve tayin ettikleri ağır metal konsantrasyonlarının Akdeniz’in kirli bölgelerindeki balıklarda bulunan değerlerden daha düşük olduğunu vurgulamışlardır. Didim’den alınan Sardalya (*Sardina*

*pilchardus*) türü balıklarda bulduğumuz ağır metal konsantrasyonları bu çalışmada elde edilen konsantrasyonlara kıyasla daha düşük bulunmuştur.

Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Gıda Kodeksi tarafından balıklar için kabul edilebilir ağır metal düzeyleri Zn için  $50 \text{ mg kg}^{-1}$ , Cu için  $20 \text{ mg kg}^{-1}$ , Cd için  $0.1 \text{ mg kg}^{-1}$  ve Pb için  $0.4 \text{ mg kg}^{-1}$  yaş ağırlık olarak verilmiştir. Bu çalışmada Didim'den alınan Sardalya (*Sardina pilchardus*) balıklarında elde edilen ortalama ağır metal düzeylerinin Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı tarafından kabul edilip resmi gazetede yayınlanan değerlerin altında olduğu bulunurken Cd konsantrasyonlarının limitin üzerinde olduğu tespit edilmiştir.

### **5.10.2. İzmir Körfezi'nden Toplanan Balık Örneklerindeki Ağır Metal Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi**

Evsel ve endüstriyel atıkların olumsuz etkileri altında olan İzmir Körfezi'nin özellikle iç kısımları bundan daha fazla etkilenmektedir. Kirliliğin etkisinin yoğun olduğu bu bölgelerde bazı türler ortamı terk ederken bazıları da bu bölgelere yerleşirler (Ataoguz, 1995).

Bu çalışmada İzmir Körfezi'nden alınan Sardalya (*Sardina pilchardus*) türü balıklarda ağır metal birikimleri aylık olarak tespit edilmiş ve kuru ağırlıktaki en düşük ve yüksek ağır metal konsantrasyonları Cd için  $0.3\text{-}2.1 \text{ } \mu\text{g g}^{-1}$ ; Cr için  $0.4\text{-}4.6 \text{ } \mu\text{g g}^{-1}$ ; Ni için  $0.4\text{-}3.2 \text{ } \mu\text{g g}^{-1}$ ; Pb için  $0.1\text{-}1.6 \text{ } \mu\text{g g}^{-1}$ ; Cu için  $2.9\text{-}17.5 \text{ } \mu\text{g g}^{-1}$ ; Mn için

1.0-11.6  $\mu\text{g g}^{-1}$ ; Zn için 30.1-106.1  $\mu\text{g g}^{-1}$ ; Fe için 26.6-163.7  $\mu\text{g g}^{-1}$  olarak tayin edilmiştir.

Çalışmamızda Sardalya (*Sardina pilchardus*) balığında Fe'nin diğer metallere oranla yüksek çıkmasının körfezde bulunan endüstri kuruluşlarının etkisinin yanında sedimentte ve deniz suyunda bazı biyokimyasal reaksiyonlar sonucunda Fe<sup>+3</sup>'ün Fe<sup>+2</sup>'ye indirgenerek CO<sub>2</sub>'li sulara kolaylıkla çözünerek ortama geçebilmeleri ile açıklanabilir. Ayrıca ortamda birden fazla metal bulunuyorsa bu metallerin toksik etkilerindeki artış ya da azalış, metallerin toksik mekanizmalarının farklı olmasıyla ve organizmaya göre değişim göstermesiyle açıklanabilir (Karadere, 1997).

İzmir körfezi biotası üzerine araştırmalar çok eski yıllara dayanmakla birlikte günümüzde bu yöndeki çalışmalar devam etmektedir.

Küçüksezgin ve arkadaşları (2001), 1996-1998 yılları arasında İzmir Körfezi'nin iç, orta ve dış kısımlarından topladıkları İsparoz, Kıрма Mercan ve Barbun türü balıklarda Hg, Cd ve Pb konsantrasyonlarını incelemişler ve Barbun balığı için yaş ağırlıkta Hg 27-345  $\mu\text{g kg}^{-1}$ , Cd 0.1-5.7  $\mu\text{g kg}^{-1}$  ve Pb'nin ise 29-943  $\mu\text{g kg}^{-1}$  arasında değiştiğini bulmuşlardır. Dış körfezde yüksek Hg ve Cd konsantrasyonlarını Kıрма Mercan türünde, yüksek Pb konsantrasyonunu ise Barbun türünde tayin etmişlerdir. Buldukları sonuçların Ege ve Akdeniz'in temiz bölgelerine göre daha yüksek olduğunu görmüşler ve İzmir Körfezi üzerinde doğal ve endüstriyel kirleticilerin etkisi olduğunu

belirtmişlerdir. Bu çalışmada tayin edilen yaş ağırlıkta Cd konsantrasyonları Küçüksezgin ve arkadaşlarının tayin ettikleri konsantrasyonlardan yüksektir. Pb konsantrasyonları ise birbirine yakın bulunmuştur.

Katalay ve arkadaşları (2005), Aliğa'nın çeşitli bölgelerinden toplamış oldukları kaya balıklarının karaciğer dokularında Cd, Ni, Se, Zn, Cu ve Cr ölçmüşlerdir. En yüksek konsantrasyonun karaciğer dokusunda olması sebebiyle bu dokuyu incelemişlerdir. Çalışmalarında kullandıkları balık türünün insanlar tarafından ekonomik olarak tüketilen bir deniz ürünü olmadığı fakat ekolojik olarak bulunduğu ortamın özelliklerini yansıtması nedeniyle seçtiklerini belirtmişlerdir. Çalışmalarında en yüksek Zn konsantrasyonunu iç limanda  $0.609 \mu\text{g g}^{-1}$ , Cu konsantrasyonunu Rafineride  $0.098 \mu\text{g g}^{-1}$ , Cd konsantrasyonunu ise iç limanda  $0.036 \mu\text{g g}^{-1}$  olarak tayin etmişlerdir. Buldukları konsantrasyonların mevsimsel olarak değişim gösterdiğini söylemişler ve tayin ettikleri ağır metal konsantrasyonlarının İzmir Körfezi'nde yapılmış diğer çalışmalara kıyasla daha düşük olduğunu vurgulamışlardır. Çalışmadaki sonuçlardan İzmir Körfezi'nden aldığımız Sardalya (*Sardina pilchardus*) balıklarında yaş ağırlıkta tayin ettiğimiz konsantrasyonların daha yüksek olduğu görülmüştür.

Küçüksezgin ve arkadaşları (2006), İzmir Körfezi'nden topladıkları Barbun türü balıklarda ağır metal konsantrasyonlarını incelemişler ve konsantrasyonların Hg için 15-520, Cd için 0.10-10, Pb için 2.6-478  $\mu\text{g kg}^{-1}$  yaş ağırlık arasında değiştiğini tayin etmişlerdir. Bu sonuçlar İzmir

Körfezi'nden aldığımız Sardalya (*Sardina pilchardus*) balıklarında tayin ettiğimiz konsantrasyonlardan daha düşüktür. İzmir Körfezi'nden alınan Sardalya (*Sardina pilchardus*) balıklarında radyonüklid konsantrasyonlarının da yüksek olması dikkat çekici bir özelliktir.

Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Gıda Kodeksi tarafından balıklar için kabul edilebilir ağır metal düzeyleri Zn için  $50 \text{ mg kg}^{-1}$ , Cu için  $20 \text{ mg kg}^{-1}$ , Cd için  $0.1 \text{ mg kg}^{-1}$  ve Pb için  $0.4 \text{ mg kg}^{-1}$  yaş ağırlık olarak verilmiştir. Bu araştırmada İzmir Körfezi'nden alınan Sardalya (*Sardina pilchardus*) balıklarında elde edilen ortalama ağır metal düzeylerinin Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı tarafından kabul edilip resmi gazetede yayınlanan değerlerin altında olduğu bulunurken Cd konsantrasyonlarının limitin üzerinde olduğu tespit edilmiştir.

Didim ve İzmir Körfezi'nden alınan Sardalya (*Sardina pilchardus*) türü balık örnekleri üzerinde bölge ve mevsim faktörleri açısından fark olup olmadığını incelemek için yapılan iki yönlü varyans analizi (Two-way ANOVA) ile elde edilen sonuçlara göre bölgesel açıdan Cr ( $p=0.002$ ), Cu ( $p=0.025$ ), Fe ( $p=0.009$ ), Mn ( $p=0.040$ ), Ni ( $p=0.002$ ) ve Zn ( $p=0.008$ ) konsantrasyonları %5 hata payı ile istatistiksel olarak anlamlı çıkmıştır.

Ülkemiz denizlerinin yanı sıra dünyanın çeşitli bölgelerinde de balıklarda bulunan ağır metal konsantrasyonları rutin olarak ölçülmektedir. Çizelge 5.9'da farklı balık türlerindeki ağır metal konsantrasyonları ile elde edilen bulgular verilmiştir.

Çizelge 5.9. Dünyada farklı ülkelerde balıklardaki ağır metal konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )

Çalışma Alanı	Cu	Zn	Cd	Pb	Kaynakça
İspanya	-	-	0.002-0.01	0.01-0.08	Falcó et al., 2006
Amerika	-	-	0.0005-0.03	0.04-0.12	Burger and Gochfeld, 2005
İspanya*	1.41-433	24-231	0.01-4.24	0.32-4.52	Vicente-Martorell et al., 2009
Slovakya	-	-	0.06-0.58	0.20-5.81	Andreji et al., 2005

Not: \*Metal konsantrasyonları kuru ağırlık olarak verilmiştir.

## 5.11. Sediment Örneklerindeki Ağır Metal Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi

Kirletici maddelerin bir bölümünü oluşturan ağır metaller özellikle nehirler, erozyon, yağmur ve sel sularıyla denizel ortamlara taşınmakta ve bu ortamlarda su ve sediment tabakasındaki derişim oranları artmaktadır. Sedimentte çeşitli kirletici kaynaklar sonucu meydana gelen ağır metal birikiminin, çeşitli analizler yoluyla tespiti, denizel ortamlardaki kirliliğin anlaşılabilmesi için önemli bir göstergedir.

### 5.11.1. İzmir Körfezi'nden Toplanan Sediment Örneklerindeki Ağır Metal Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi

İzmir Körfezi'ne gelen kirletici kaynaklarını oluşturan ana bileşenler arasında evsel ve endüstriyel atıksular, tarım arazilerinden gelen drenaj suları, kent merkezine özellikle kış mevsiminde düşen ve

yüzeysel akış ile İzmir Körfezi'ne ulaşan yağmur suları, derelerin getirdiği özellikle Gediz Nehri'nden gelen kirletici maddeler ve liman trafiği sayılabilir. Körfeze özellikle çevredeki derelerle ulaşan kirletici maddeler körfezin tabanında çeşitli özellikler taşıyan sediment birikimine sebep olur (Küçükgül, 1988).

Çalışmada İzmir Körfezi'nden (Urla) toplanan sediment örneklerinde bazı ağır metal konsantrasyonları incelenmiş ve kuru ağırlıktaki en düşük ve yüksek konsantrasyonlar Cr için 9-65  $\mu\text{g g}^{-1}$ ; Ni için 5-33  $\mu\text{g g}^{-1}$ ; Pb için ND-16  $\mu\text{g g}^{-1}$ ; Cu için 9-38  $\mu\text{g g}^{-1}$ ; Mn için 76-542  $\mu\text{g g}^{-1}$ ; Zn için 17-85  $\mu\text{g g}^{-1}$ ; Fe için 4709-18470  $\mu\text{g g}^{-1}$  olarak tayin edilmiştir. Cd konsantrasyonları ise dedeksiyon limitinin altında çıkmıştır.

Sediment örneklerinde Fe miktarı yüksek konsantrasyonlarda tayin edilmiştir. Yağışların yoğun olduğu dönemlerde karasal kısımların üst katmanlarının aşınmasıyla yapılarında bulunan demir mineralleri ve demire benzer Mn, Cu, Zn gibi metallerin denizel ortama karışması ve sudaki ağır metallerin çökerek dip kısımda birikmesi yüksek Fe konsantrasyonlarının en önemli nedeni olarak düşünülmektedir. Buna ilaveten yüksek Fe konsantrasyonlarının olası nedenleri arasında bölgede yer alan demir çelik endüstrisine ait işletmeler ile gemi söküm tesislerinden kaynaklanan girdilerin yanında örnekleme yapılan yerin Urla iskele oluşunun da etkili olabileceğini de belirtmek gerekir. Ayrıca, İzmir Orta Körfezi'nde yer alan Urla, İzmir İç Körfezi'nden ve Gediz Nehri'nden gelen kirleticilerin etkisi altındadır. İzmir Körfezi ve

çevresinde dağılım gösteren başta gıda olmak üzere kimya, boya, deri, kağıt ve tekstil sanayi ile demir çelik endüstrilerinden çinko ve bakırın yoğun şekilde körfeze geldiği düşünülmektedir.

Küçükgül (1988), İzmir Körfezi yüzey sedimentlerinde bazı ağır metal konsantrasyonları incelemek için Ekim ve Haziran olmak üzere iki ayrı dönemde örnekleme yapmıştır. Ağır metal kirliliğinin dağılımında iki etken olduğunu ileri sürmüştür. Bunlardan birincisinin mevsimsel değişimler bir diğerrinin ise çalışma esnasında İç Körfezden taranan sedimentin Dış Körfeze dökülmesi olduğunu açıklamıştır.

Çalışmamızda İzmir Körfezi'nden toplanan sediment örneklerinde ağır metal konsantrasyonları aylık olarak değişim göstermektedir. Körfezde yıl içinde oluşan yerel ve mevsimsel akıntılar, yerleşim bölgelerinden ve dereler vasıtasıyla tarım alanlarından gelen kirlenici maddeler deniz suyu özelliklerine bağlı olarak ya sedimentte çökmekte ya da sedimentten çözünerek tekrar deniz suyuna karışmaktadır. Bu gibi unsurlardan dolayı ağır metal değerlerinde mevsimsel ve bölgesel farklılıklar gözlenmesi mümkündür.

Balcı ve Türkoğlu (1993), İzmir Körfezi yüzey sedimentlerinde Pb konsantrasyonlarını 23-52 mg kg<sup>-1</sup>, Zn konsantrasyonlarını 45-114 mg kg<sup>-1</sup> ve Cu konsantrasyonlarını 13-49 mg kg<sup>-1</sup> olarak tayin etmişlerdir. Sonuçlardan bu çalışmada tayin ettiğimiz konsantrasyonların daha düşük olduğu görülmüştür. Elde edilen sonuçlarda İzmir Körfezi temizleme çalışmaları kapsamında yapılan Büyük Kanal Projesi'nin etkisinin olduğu düşünülmektedir.

Ege Denizi'nde yapılan bir araştırmada Çandarlı Körfezi'nde 28  $\mu\text{g g}^{-1}$  kuru ağırlık olarak tayin edilen Cu seviyesi bu çalışmada tayin edilen maksimum konsantrasyonla (38  $\mu\text{g g}^{-1}$  kuru ağırlık) paralellik göstermektedir (Balcı ve Kksezgin, 1994). Fe konsantrasyonlarının olası nedenleri arasında bölgede yer alan demir elik endüstrisine ait işletmeler ile gemi söküm tesislerinden kaynaklanan girdilerin yanında örnekleme yapılan yerin Urla iskele oluşunun da etkili olduğu dşnlmektedir.

Kksezgin ve arkadaşları (2006), 1997-2002 yılları arasında İzmir İ, Orta ve Dış Körfez'den topladıkları sediment rneklelerinde Hg, Cd, Pb ve Cr konsantrasyonlarını incelemişler ve genellikle yüksek konsantrasyonları İ ve Orta Körfez'de bulmuşlardır. İzmir Dış Körfez'de Cd konsantrasyonlarını 0.005 ile 0.33  $\mu\text{g g}^{-1}$  olarak bulurken, İ ve Orta Körfez'de 0.02 ile 0.82  $\mu\text{g g}^{-1}$  kuru ağırlık olarak tayin etmişlerdir. Yüksek Hg ve Cd miktarlarının Gediz Nehri civarında olduğunu tespit etmişlerdir. Gediz Nehri birçok besin ve kimya endüstrisi ile üretim fabrikalarından gelen atıklar ile tarım arazilerinden gelen drenaj sularını körfeze taşıdığından dolayı İzmir Körfezi için yoğun bir kirletici kaynaktır. Kksezgin ve arkadaşları Pb konsantrasyonlarını İ ve Orta Körfez'de 44-103  $\mu\text{g g}^{-1}$  kuru ağırlık olarak oldukça yüksek bulmuşlar ve kurşunun asıl kaynağının liman trafiği olduğunu öne sürmüşlerdir. Cr konsantrasyonlarını ise İ ve Orta Körfez'de 116 ile 316  $\mu\text{g g}^{-1}$  kuru ağırlık olarak tayin etmişlerdir. 1994'e kadar deri tabaklamakta yoğun şekilde Cr kullanan deri fabrikaları atıklarını direkt İ Körfeze boşaltmaktaydılar. Fakat Kksezgin ve arkadaşları yapmış

oldukları çalışmada Cr değerlerinin 2002’de gittikçe azaldığını ortaya koymuşlardır. Bu çalışmada İzmir Körfezi Urla bölgesinden toplanan sediment örneklerinde bulduğumuz metal konsantrasyonları Küçüksezgin ve arkadaşlarının bulduğu konsantrasyonlara kıyasla düşüktür.

Bergin ve arkadaşları (2006), İzmir Körfezi’nin 16 farklı noktasından topladıkları sediment örneklerinde Hg, Cd, Pb, Cr, Zn, Cu, Ni ve Mn metallerini ölçmüşler ve en yüksek metal konsantrasyonlarının yoğun endüstri kuruluşlarının bulunması nedeniyle İç Körfez’de olduğunu görmüşlerdir. Yüksek Cd, Cr, Cu, Zn ve Ni konsantrasyonlarını Gediz Nehri ağzında tayin etmişlerdir. Cd konsantrasyonlarının 0.005-0.138  $\mu\text{g g}^{-1}$ , Pb konsantrasyonlarının 14-76  $\mu\text{g g}^{-1}$ , Cr konsantrasyonlarının 40-165  $\mu\text{g g}^{-1}$ , Zn konsantrasyonlarının 20-249  $\mu\text{g g}^{-1}$ , Cu konsantrasyonlarının 2.6-50  $\mu\text{g g}^{-1}$ , Ni konsantrasyonlarının 25-136  $\mu\text{g g}^{-1}$ , Mn konsantrasyonlarının 227-777  $\mu\text{g g}^{-1}$  kuru ağırlık arasında değiştiğini bulmuşlardır. Sonuçların İzmir Körfezi sedimentlerinde tayin ettiğimiz konsantrasyonlara kıyasla daha yüksek olduğu görülmüştür.

### **5.11.2. Didim’den Toplanan Sediment Örneklerindeki Ağır Metal Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi**

Çalışmada Didim’den toplanan sediment örneklerinde bazı ağır metal konsantrasyonları incelenmiş ve kuru ağırlıktaki en düşük ve yüksek konsantrasyonlar Cr için 9-22  $\mu\text{g g}^{-1}$ ; Ni için 3-20  $\mu\text{g g}^{-1}$ ; Cu için 3-9  $\mu\text{g g}^{-1}$ ; Mn için 42-371  $\mu\text{g g}^{-1}$ ; Zn için 3-30  $\mu\text{g g}^{-1}$ ; Fe için 1271-

11405  $\mu\text{g g}^{-1}$  olarak tayin edilmiştir. Cd ve Pb konsantrasyonları ise dedeksiyon limitinin altında çıkmıştır.

Akçay ve arkadaşları (2003), Büyük Menderes Nehri ve Gediz Nehri sedimentlerinde ağır metal konsantrasyonlarını incelemişler ve bu bölgelerdeki kirliliğin sadece evsel ve endüstriyel atıklardan değil bunun yanında bölgelerin jeokimyasal yapısına da bağlı olduğunu ileri sürmüşlerdir. Zn, Mn ve Cr konsantrasyonlarının çoğunluğunun tarımda kullanılan pestisit ve endüstri kaynaklı olduğunu belirtmişlerdir. Büyük Menderes ve Gediz'deki Fe konsantrasyonlarının demirce zengin olan metamorfolojik kayalardan oluşan Menderes kitesinin jeolojik yapısına bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Gediz nehri sedimentlerindeki Mn kirliliğinin ise bu bölgede yaygın olarak kullanılan bir çeşit pestisitten kaynaklandığını ileri sürmüşlerdir. Çalışmamızda Didim sedimentlerinde en yüksek konsantrasyonlar Fe ve Mn için bulunmuştur ve bu çalışmada elde edilen sonuçlarla paralellik göstermektedir.

Bu çalışmada ayrıca Büyük Menderes ve Dilek Yarım Adası Deltası'ndan da sediment örnekleri alınmış ve bu örneklerde ağır metal konsantrasyonları incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre Büyük Menderes'te en düşük ve en yüksek konsantrasyonlar Cr için 67-107  $\mu\text{g g}^{-1}$ , Cu için 12-23  $\mu\text{g g}^{-1}$ , Ni için 104-201  $\mu\text{g g}^{-1}$ , Zn için 27-43  $\mu\text{g g}^{-1}$ , Fe için 14200-19240  $\mu\text{g g}^{-1}$  kuru ağırlık olarak tayin edilmiştir. Akçay ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmayla karşılaştırıldığında tayin edilen konsantrasyonların birbirine yakın olduğu görülmüştür. Fe için tayin edilen yüksek konsantrasyonlar Büyük Menderes'in jeolojik yapısından

kaynaklandığının bir göstergesidir. Ayrıca elde ettiğimiz yüksek Mn konsantrasyonları Söke ovasında tarımda kullanılan yoğun gübre ve pestisit kullanımının da etkisi olduğunu desteklemektedir.

Dalman ve arkadaşları (2006), Güllük Körfezi'nin (Güney Ege Denizi) 7 farklı noktasından topladıkları sediment örneklerinde Cd, Zn, Cu ve Pb metallerini incelemiştir. Ortalama olarak Zn miktarını  $80.8 \text{ mg kg}^{-1}$ ; Cu miktarını  $25.2 \text{ mg kg}^{-1}$ ; Pb miktarını  $20.0 \text{ mg kg}^{-1}$  ve Cd miktarını  $0.56 \text{ mg kg}^{-1}$  kuru ağırlık olarak tayin etmişlerdir. Bölgede bulunan havaalanı ve tarım arazileri yakınından alınan sediment örneklerinde Zn, Cu ve Cd konsantrasyonlarını daha yüksek bulmuşlardır.

Sarı ve Çağatay (2001), Saros Körfezi (Ege Denizi'nin Kuzeydoğusu) yüzey sedimentlerinde Fe, Mn, Cu, Zn, Pb, Ni ve Hg metallerini incelemişler ve konsantrasyonların Pb için  $22 \text{ mg kg}^{-1}$ , Zn için  $73 \text{ mg kg}^{-1}$ , Cu için  $19 \text{ mg kg}^{-1}$ , Ni için  $60 \text{ mg kg}^{-1}$ , Mn için  $451 \text{ mg kg}^{-1}$  kuru ağırlık olarak tayin etmişlerdir. Saros Körfezi sedimentlerindeki ağır metal konsantrasyonlarını genellikle Marmara Denizi gibi komşu denizlere kıyasla düşük olduğunu görmüşlerdir. Derin kısımlardaki sedimentlerde Fe konsantrasyonu yüksek bulurken Meriç Nehri ve Kavak Deresi'nden yüksek metal içeriğinin girdiğini belirtmişlerdir. Ayrıca diğer metallere kıyasla Fe ve Mn konsantrasyonlarının yüksek çıkmasının sebebinin sediment tabakasının en üstünde ilk zamanlardan beri olan yapısal zenginleşmeden kaynaklanabileceğini öne sürmüşlerdir. Ayrıca derin çukur sedimentleri,

Karadeniz sularından Cu ve Pb girişinin olduğunu göstermektedir. Didim’de tayin ettiğimiz konsantrasyonlar çalışmayla kıyaslandığı zaman daha düşük seviyelerdedir.

Didim ve İzmir Körfezi’nden toplanan sediment örnekleri üzerinde bölge ve mevsim faktörleri açısından fark olup olmadığını incelemek için yapılan iki yönlü varyans analizi (Two-way ANOVA) ile elde edilen sonuçlara göre Cu (bölge için  $p=0.000$  ve mevsim için  $p=0.062$ ), Pb (bölge için  $p=0.000$  ve mevsim için  $p=0.042$ ) ve Zn (bölge için  $p=0.000$  ve mevsim için  $p=0.004$ ) konsantrasyonları bölgesel ve mevsimsel açıdan %5 hata payı ile istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Yapılan analizde ayrıca bölgesel olarak Fe ( $p=0.004$ ) ve Ni (0.032) konsantrasyonlarının da %5 hata payı ile istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmüştür.

### **5.12. Doz Tayini**

Halkın tükettiği deniz ürünlerinden ve denizel ortamdan doz alması olasıdır. Ülkemiz denizel ortamları açısından halkımızın deniz, nehir ya da göl sedimentlerinden dış ışınlanmaya maruz kalması söz konusu değildir. Ancak tüketilen deniz ürünleri ile iç ışınlanmaya maruz kalmaları söz konusu olabilir (Topçuoğlu, 2005). Bu nedenle Ege Denizi’nden yakalanan Sardalya balığı için alınabilecek  $^{210}\text{Po}$  doz miktarı aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır.

$$D_{Po} (\text{Sardalya}) = C_b F_c F_h F_e D_f 4.3 \times 10^{-7}$$

$D_{Po}$  = 2006 yılında sardalya tüketimi ile alınan  $^{210}\text{Po}$  için toplam yüklenmiş etkin doz,

$C_b$  = Sardalya balığının yumuşak dokusundaki  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonu 30.53 (Bq  $\text{kg}^{-1}$  yaş ağırlık) olarak hesaplanmıştır,

$F_c$  = 2006 yılında Ege Denizi'nde yakalanan Sardalya balığı miktarı ( $\text{kg y}^{-1}$ ), (Türkiye İstatistik Kurumu, TURKSTAT),

$F_h$  = Yakalanan sardalya balığının bölgesel tüketim fraksiyonu tahmini 0.7 olarak hesaplandı,

$F_e$  = Gerçekte yenilen fraksiyon 0.8 olarak hesaplandı,

$D_f$  = Yakalama ve yeme arasında geçen erteleme faktörü; taze tüketim için yaklaşık %90, 3 ay sürede tuzlu yenen sardalya için yaklaşık %10 olarak düşünüldü,

$4.3 \times 10^{-7}$  = Toplam yüklenmiş etkin doz değeri için kullanılan faktör (IAEA, 1995),

$$D_{Po}(\text{Sardalya}) = C_b F_c F_h F_e D_f 4.3 \cdot 10^{-7}$$

$$D_{Po}(\text{Sardalya}) = 30.53 \times 10208000 \times 0.7 \times 0.8 \times 0.9 \times 4.3 \times 10^{-7}$$

$$D_{Po}(\text{Sardalya}) = 67.54 \text{ [man Sv]}$$

$$D_{Po}(\text{Sardalya}) = 10.27 \mu\text{Sv} / \text{kişi}$$

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Dünya nüfusundaki hızlı artış ve buna bağlı olarak gözlenen yoğun endüstriyel gelişimin olumsuz sonuçları gün geçtikçe daha büyük bir sorun olarak yaşamı etkilemektedir. Deniz kirliliğinin dünyadaki yaygınlığının artması, deniz çevresindeki kontaminasyonun rutin olarak izlenmesini ve kontrol edilmesini gerektirmektedir. Bu sebeple Didim (Akbük) ile İzmir Orta Körfez’de bulunan Urla bölgelerinden alınan sediment, deniz suyu, balık ve midye örneklerinde  $^{210}\text{Po}$ ,  $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  ile Cd, Ni, Cu, Pb, Zn, Mn, Fe ve Cr ağır metal konsantrasyonlarının aylık olarak belirlenmesi amacıyla yapılan analizlerde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Çalışmada Didim ve İzmir Körfezi’nden alınan sediment, balık, midye ve deniz suyu örneklerinde tayin edilen radyonüklid ve ağır metal konsantrasyonlarının üzerinde tanımlayıcı istatistik analizler uygulanmıştır. İstatistik verilerle ilgili tablolar Ek’te sunulmuştur.

- Didim’de özellikle midye örneklerinde  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonunun bahar ve kış aylarında en yüksek değerlere ulaştığı tesbit edilmiştir. Büyük Menderes Nehri’nin getirmiş olduğu atıkların Didim yakınlarında denize dökülmesi  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonunun artmasında önemli bir etken olarak düşünülebilir. Midyelerde elde edilen  $^{210}\text{Po}$  ile  $^{210}\text{Pb}$  değerleri kıyaslandığında  $^{210}\text{Pb}$ ’un oldukça düşük konsantrasyonlar sergilediği görülmüştür. Bunun en önemli sebeplerinden birisinin  $^{210}\text{Po}$  daha çok

organik parçacıklarda tutunurken  $^{210}\text{Pb}$ 'un inorganik parçacıklarda tutunması olduğu düşünülmektedir.

- Didim'den alınan sedimentlerde kış aylarında  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonu diğer aylara göre daha düşüktür. Bu aylarda deniz suyu sıcaklığı düşük ve güneş ışınlarının az olması sebebiyle aydınlanma yeterli olmadığından plankton artışı olmadığı ve dolayısıyla özellikle kış aylarında planktonların sedimentlerdeki  $^{210}\text{Po}$  ve  $^{210}\text{Pb}$  konsantrasyonları üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı düşünülmektedir.

- Didim'de radyonüklid ve ağır metal konsantrasyonlarının yüksek tayin edilmesinde Büyük Menderes nehrinin etkisinin olabileceğinden söz konusu kirletici kaynakların tespiti için Büyük Menderes Nehri ve Dilek Yarımadası Deltası'ndan da sediment ve deniz suyu örnekleri alınmıştır. Büyük Menderes nehrinde konsantrasyonlar beklenildiği gibi Didim'e kıyasla yüksek çıkmıştır.

- Didim'den toplanan midyelerdeki aylık  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonları ile Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden elde edilen aynı bölgeye ait aylık yağış miktarları arasında bir ilişki olup olmadığının araştırılmasına yönelik iki değişken arasındaki sebep-sonuç ilişkisini açıklamak üzere regresyon analizi kurulmuştur. Elde edilen değerlere göre Didim'de midyelerdeki aylık  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonu ile yağış miktarı arasında anlamlı bir ilişki bulunmaktadır ( $p < 0.05$ ).

- Didim’de görülen yüksek  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonlarının tayin edilmesinin nedenlerinden birisi de, Söke ovasında yapılan tarıma bağlı olarak kullanılan yoğun gübre kullanımınıdır. Ayrıca Didim’de artan konut sayısı ve turizm aktivitelerin gün geçtikçe artmasının bölgedeki ekolojik dengenin bozulmasında olumsuz yönde etkilerinin olduğu düşünülmektedir.

- İzmir Körfezi’nden toplanan midye örneklerindeki  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonunun Didim’e kıyasla daha düşük tayin edilmesinde körfeze ulaşan evsel ve endüstriyel kökenli atıkların azot ve fosfor giderici arıtma tesislerinde bir takım mekanik ve biyolojik arıtmadan geçtikten sonra körfeze boşaltılmasını sağlayan Büyük Kanal Projesi’nin büyük etkisinin olduğu düşünülmektedir.

- İzmir Orta Körfez’de yapılan çalışmada  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonlarının aylık olarak değişim gösterdiği ve bu değişimlerde mevsimsel şartların da etkisinin olduğu belirlenmiştir.

- İki değişken arasındaki sebep-sonuç ilişkisini açıklamak üzere kurulan regresyon analizi sonuçlarına göre, İzmir Körfezi’nden toplanan midyelerdeki aylık  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonları ile Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü’nden elde edilen aynı bölgeye ait aylık yağış miktarları arasında anlamlı bir ilişki bulunmuştur ( $p < 0.05$ ).

- Araştırma bölgelerinde halk tarafından çok tüketilen bazı balık türlerinde radyonüklid ve ağır metal birikim düzeyleri araştırılmıştır. En yüksek konsantrasyonlar her iki araştırma bölgesinde de Sardalya (*Sardina pilchardus*) türü balıklarda tayin edilmiştir. Biyotada bu konsantrasyonların birikimi üzerinde su sıcaklığı ve tuzluluk miktarının da etkili olduğu düşünülmektedir.

- Didim ve İzmir Körfezi'nde (Urla) sediment, deniz suyu ve organizmada  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonları ölçülmüş ve beklenildiği gibi çok düşük seviyeler tayin edilmiştir.

- Didim ve İzmir Körfezi'nde doğal ve yapay radyonüklidlerin yanında sediment ve organizmada ağır metal konsantrasyonları da ölçülmüş ve tespit edilen ağır metallerin birikim düzeyleri, Türkiye'nin çeşitli kıyusal bölgelerinde yapılmış çalışmalarla kıyaslandığında, elde edilen sonuçların Ege Denizi'ndeki araştırmalara paralellik gösterdiği bulunmuştur. Çalışma sonucunda, Didim ve İzmir Körfezi sedimentlerinde ağır metallerin birikim düzeylerine göre sıralanması  $\text{Fe} > \text{Mn} > \text{Zn} > \text{Cr} > \text{Ni} > \text{Cu}$  şeklindedir.

- Sedimentte ağır metal konsantrasyonları için uluslararası kuruluşlarca belirlenmiş maksimum izin verilen değerler Çizelge 6.1'de verilmiştir.

Çizelge 6.1. Sedimentte bulunan bazı ağır metallerin izin verilen değerleri (Aydın, 2004)

	<b>Cd</b>	<b>Cu</b>	<b>Pb</b>	<b>Zn</b>
<b>Whitehead et al., 1985 <math>\mu\text{g g}^{-1}</math></b>	15		25	50
<b>URC, 1997 <math>\text{mg kg}^{-1}</math></b>		2-700	10-200	5-100000
<b>Sediment Quality Standarts WAC 173-204-320, 2003 <math>\mu\text{g g}^{-1}</math></b>	5.1	330	450	410
<b>Bu Çalışma, Didim <math>\mu\text{g g}^{-1}</math></b>	ND	3-9	ND	3-30
<b>Bu Çalışma, İzmir Orta Körfez <math>\mu\text{g g}^{-1}</math></b>	ND	9-38	ND-16	17-85

İzmir Körfezi'nden (Urla) ve Didim'den toplanan sediment örnekleri için tayin edilen metal konsantrasyonları izin verilen maksimum ağır metal konsantrasyonlarıyla karşılaştırılmış ve sonuç olarak kirliliğin önemli düzeyde olmadığı görülmüştür.

- İzmir Körfezi'nden alınan Sardalya (*Sardina pilchardus*) balıklarında elde edilen ortalama Cd konsantrasyonlarının Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı tarafından kabul edilip resmi gazetede yayınlanan değerlerin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Aynı zamanda bu bölgeden alınan Sardalya (*Sardina pilchardus*) balıklarındaki 210Po ve Cd

konsantrasyonları arasında pozitif bir korelasyon olduğu saptanmıştır ( $r=0.878$ ).

- Ege Denizi'nde örnekleme zamanı içerisinde yakalanan Sardalya balığı miktarı Türkiye İstatistik Kurumu'ndan elde edilmiştir. Buna göre yapılan doz hesaplamasında tayin edilen değer insan sağlığını tehdit edecek miktarda olmadığı bulunmuştur.

- Büyük Menderes Nehri'nde ağır metal ve radyonüklidlerin yüksek tayin edilmesi ile Büyük Menderes'e atıklarını boşaltan endüstri ve sanayi kuruluşlarının tespit edilmesi ve bu tür kuruluşların sağlıklı çalışıp çalışmadığının belirlenmesi için sık sık denetimden geçirilmesi gereklidir. Didim ve çevresinde daha önce hem radyonüklid hem de ağır metal konsantrasyonlarının bir arada yapıldığı mevcut bir çalışma bulunmamaktadır. Söz konusu bölgede özellikle  $^{210}\text{Po}$  konsantrasyonu arttırıcı etkilerin tespit edilmesi için Büyük Menderes Nehri'nden kaynağından başlayarak denize döküldüğü yere kadar belirli noktalardan sediment, su ve biyota örneklerinin belirli periyotlarla alınıp incelenmesinde yarar olduğu düşünülmektedir. Bu şekilde yapılacak bir çalışma ile Büyük Menderes Nehri'ne dökülen karasal girdilerin miktarı ve bunların nehir, dolayısıyla deniz ekosistemine ne denli etkilerinin olduğu belirlenebilir.

- Tayin edilen sonuçlara göre Söke'deki endüstriyel ve evsel faaliyetlerden kaynaklanan organik ve inorganik maddelerin, tarımsal alanlarda kullanılan pestisit ve gübrelerin, Büyük Menderes Nehri

üzerinde ve bölgede bulunan zeytinyağı, süt ürünleri ve deri sanayi işletmeleri atık sularının, nehir ile denize deşarj edilmesi Didim için büyük bir tehtid unsuru olduğu düşünölmektedir.

- Didim'de mevcut ekolojik dengenin korunabilmesi için, mutlaka sağlıklı ve düzenli bir yapılaşma yapılması ve turizm yönünden özellikle bölgede bulunan büyük otellerin atık sularının iyi bir arıtım sisteminden geçirildikten sonra denize boşaltılmasının sağlanması gereklidir.

- Ülkemizde bugünlerde gündemde olan reaktör kurulumu için yoğun çalışmalar yapılmaktadır. Bu sebeple <sup>137</sup>Cs gibi yapay radyonüklid ölçümlerinin sadece reaktörün kurulacağı bölgelerde değil tüm Ege Denizi Türkiye kıyı şeridinde de belirli periyotlarla yapılmasında ve devam ettirilmesinde büyük yarar olduğu düşünölmektedir. Özellikle Çernobil kazasından sonra dünyada birçok ülkede denizel ortamlarda bu tür radyonüklid ölçümlerini belirli aralıklarla yapmaktadır.

- İzmir Körfezi'nde <sup>210</sup>Pb gibi radyonüklidler ile yapılacak tarihleme çalışmaları körfezin dolum hızı ve jeolojik geçmişı ile ilgili son derece yararlı bilgiler elde edilmesini sağlayabileceği düşünölmektedir.

- Ayrıca yine alınacak sediment karot örneklerinde, <sup>210</sup>Pb tarihleme yöntemi kullanılarak, ağır metallerin incelenen alanlardaki tarihsel girişleri ağır metallerin incelenen alanlardaki tarihsel girişleri saptanıp ekosistem üzerinde etkili olan kirletici kaynaklar belirlenebilir.

- Ege Denizi ve özellikle İzmir çevresindeki yerleşim alanlarının artmasına bağlı olarak sanayi ve endüstri kuruluşları çoğalmaktadır. Ayrıca İzmir Körfezi'nde deniz trafiğinin git gide artması kıyılarımıza ulaşan çeşitli kirletici maddelerin de beraberinde artmasına yol açmaktadır. Bu sebeple bu bölgelerde düzenli olarak radyonüklid, ağır metal, azot, fosfor anyonik deterjan ve türevleri gibi parametrelerin ölçülmesinde yarar olduğu düşünülmektedir.

- Halkımızın tükettiği balık ve midyelerden alması söz konusu olan radyonüklid ve ağır metal doz oranlarının saptanması ve bu konuda halk sağlığı için yararlı verilerin elde edilebileceği düşünülmektedir.

- Sonuç olarak, bu çalışma ile elde edilen veriler ile radyonüklid ve ağır metaller gibi kirleticilerin insan sağlığı ve denizel çevre üzerindeki etkilerin saptanması ve bu konuda gerekli önlemlerin alınmasına katkıda bulunulacağı düşünülmektedir. Kirleticilerin düzeyleri risk oluşturmasa da, elde edilmiş verilerin ileride yapılacak çalışmalara ışık tutması söz konusudur.

## KAYNAKLAR DİZİNİ

**Akgün, M.**, 2006, Sakarya Nehri Çeltikçi Çayındaki tatlı su kefallerinin (*Leuciscus cephalus* L., 1758) dokularındaki ağır metal birikiminin incelenmesi, Gazi Üniv., Fen Bil. Ens., Çevre Bilimleri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans tezi.

**Aközcan, S., Uğur, A., Özden, B., Çatal, E.**, 2004, Ege Denizi'nde tüketilen kara midyelerin (*Mytilus galloprovincialis* L.1758) yumuşak dokularındaki <sup>210</sup>Po konsantrasyonları, V. Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi, Bildiri Özet Kitabı, sayfa: 166.

**Aközcan, S., Uğur, A., Yener, G., Sunlu, U.**, 2004, Ege Denizi kıyılarında kara midye (*Mytilus galloprovincialis* L.1758)'de <sup>210</sup>Po birikiminin alfa spektrometresi ile tayini, Türk Fizik Derneği 22. Fizik Kongresi, Bildiri özet kitabı, sayfa: 367.

**Aközcan, S., Uğur, A., Yener, G., Özden, B., İçedef, M.**, 2005, Bodrum midyelerinde (*Mytilus galloprovincialis*) <sup>210</sup>Po konsantrasyonlarının boyutlara ve mevsime bağlı değişiminin incelenmesi, IX. Ulusal Nükleer Bilimler ve Teknolojileri Kongresi, Bildiri kitabı, Sayfa 121.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

**Aközcan, S., Uğur, A., Yener, G., Özden, B.,** 2005, The effect of size and season on  $^{210}\text{Po}$  concentration in mussels (*Mytilus galloprovincialis*) from south western Anatolia, X. European Ecological Congress, Bildiri kitabı, Sayfa: 307.

**Aközcan, S., Uğur, A., Yener, G., Özden, B., İçhedef, M.,** 2007,  $^{210}\text{Po}$  and heavy metal (Zn, Cu, Fe, Cd, Mn, Ni, Pb, Cr) concentrations in mussels (*Mytilus galloprovincialis*) and sediments in Didim, 38th CIESM Congress-İstanbul, Turkey.

**Akçay, H., Oğuz, A. ve Karapire, C.,** 2003, Study of heavy metal pollution and speciation in Büyük Menderes and Gediz river sediments, Water Research, 37, 813–822.

**Alam, M. N., Chowdhury, M. I., Kamal, M., Ghose, S., Matin, A. K. M. A., Ferdousi, G. S. M.,** 1999, “Radionuclide concentrations in mussels collected from the southern coast of Bangladesh”, Journal of Environmental Radioactivity, 47, 201-212.

**Alkan, I. ve Başsarı, A.,** 1987, X-ışını Floresans Spektrometrisi, Türkiye Atom Enerjisi Kurumu, Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi, Enstrümental Analiz Yöntemleri Kursu, Teknik Rapor No:41.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

- Al-Masri, M. S., Aba, A., Khalil, H., Al-Hares, Z.,** 2002, Sedimentation rates and pollution history of a dried lake: Al-Oteibeh Lake, *The Science of the Total Environment*, 293 (1-3), 177-189.
- Al-Masri, M. S., Byrakdar, M. E., Mamish, S., Al-Haleem, M. A.,** 2004, Determination of natural radioactivity in Euphrates river, *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 261 (2), 349-355.
- Andreji, J., Stránai, I., Massàyi, P., Valent, M.,** 2006, Accumulation of some metals in muscles of five fish species from Lower Nitra River, *J. Environ. Sci. Health Part A*, 41, 2607–2622.
- Arslan, F. D.,** 2005, Ege denizinin farklı bölgelerindeki plankton örneklerinde <sup>210</sup>Po birikiminin incelenmesi, *Ege Üniv., Fen Bil. Ens., Nükleer Bilimler Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.*
- Ataoguz, M. İ.,** 1995, İzmir İç Körfezi'nde çeşitli balık türlerinde ağır metal birikiminin incelenmesi, *Dokuz Eylül Üniv., Fen Bil. Ens., Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Anabilim Dalı, Canlı Deniz Kaynakları Bölümü, Yüksek Lisans Tezi.*

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

- Atayeter, S.**, 1991, Anadolu Kavağı yöresi midye türünde (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819) bazı ağır metal birikimlerinin belirlenmesi, Ankara Üniv., Fen Bilimleri Ens., Su Ürünleri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Balcı, A. ve Türkoğlu, M.**, 1993, Heavy metals in sediments from İzmir, Turkey, *Marine Pollution Bulletin*, 26, 106-107.
- Balcı, A. ve Küçüksezgin, F.**, 1994, Trace metal concentrations in surficial sediments from eastern Aegean continental shelf, *Chimica Acta Turcica*, 22 (1), 97-101.
- Baskaran, M., Asbill, S., Schwantes, J., Santschi, P., Champs, M. A., Brooks, J. M., Adkinson, D., Makeyev, M.**, 2000, Concentrations of  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{239;240}\text{Pu}$  and  $^{210}\text{Pb}$  in Sediment Samples from the Pechora Sea and Biological Samples from the Ob, Yenisey Rivers and Kara Sea, *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 40, No.10, 830-838.
- Batki, H.**, 1995, Ege Denizi kıyılarındaki sediment ve organizmada (*Mullus barbatus*) ağır metal dağılımı, Dokuz Eylül Üniv., Fen Bil. Ens, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Anabilim Dalı, Canlı Deniz Kaynakları Böl., Yüksek Lisans Tezi.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

- Baxter, M.S.**, 1993, Environmental radioactivity: A perspective on industrial contributions, IAEA Bulletin 2.
- Benli, H. A., Cihangir, B., Bizsel, K. C., Bilecik, N., Buhan, E.**, 2000, Ege Denizi'nin Demersal Balıkçılık Kaynakları Üzerine Araştırma, Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Seri B, Yayın No:6.
- Bergin, F., Küçüksezgin, F., Uluturhan, E., Barut, I. F., Meriç, E., Avşar, N., Nazik, A.**, 2006, The response of benthic foraminifera and ostracodato heavy metal pollution in Gulf of İzmir (Eastern Aegean Sea), Estuarine, Coastal and Shelf Science, 66, 368-386.
- Besada, V., Fumega, J., Vaamonde, A.**, 2002, Temporal trends of Cd, Cu, Hg, Pb and Zn in mussel (*Mytilus galloprovincialis*) from the Spanish North-Atlantic coast 1991-1999, The Science of the Total Environment, 288, 239-253.
- Beyazıt, T.**, 2003, İzmir Körfezi'nin kirliliği, kaynakları ve giderilme tekniklerinin değerlendirilmesi, Gazi Üniv., Fen Bil. Ens., Çevre Bilimleri, Yüksek Lisans Tezi.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

- Bojanowski, R., Radecki, Z., Knapinska-Skiba, D.,** 1995, The distribution of  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{239+240}\text{Pu}$  and  $^{210}\text{Po}$  in the Pomeranian Bay (Southern Baltic) ecosystem, Bulletin of the Sea Fisheries Institute, 3 (136), 17-24.
- Boisson, F., Cotret, O., Fowler, S. W.,** 1998, Bioaccumulation and retention of lead in mussel *Mytilus galloprovincialis* following uptake from seawater, The Science of the Total Environment, 222, 55-61.
- Boisson, F., Miquel, J. -C., Cotret, O., Fowler, S. W.,** 2001,  $^{210}\text{Po}$  and  $^{210}\text{Pb}$  cycling in a hydrothermal vent zone in the coastal Aegean Sea, The Science of the Total Environment, 281, 111-119.
- Burger, J. And Gochfeld, M.,** 2005, Heavy metals in commercial fish in New Jersey, Environ.Res., 99, 403–413.
- Bustamante, P., Germain, P., Leclerc, G., Miramand, P.,** 2002, Concentrations and distribution of  $^{210}\text{Po}$  in the tissues of the scallop *Chlamys varia* and the mussel *Mytilus edulis* from the coasts of Charente-Maritime (France), Marine Pollution Bulletin, 44, 997-1002.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

**Carvalho, F. P., Fowler, S. W.,** 1993, An Experimental Study on the Bioaccumulation and Turnover of Polonium-210 and Lead-210 in Marine Shrimp, Marine Ecology Progress Series, 102, 125-133.

**Carvalho, F. P.,** 1995,  $^{210}\text{Po}$  and  $^{210}\text{Pb}$  intake by the Portuguese population: The concentration of seafood in the dietary intake of  $^{210}\text{Po}$  and  $^{210}\text{Pb}$ , Health Physics, 69, 469-480.

**Catsiki, V. A., Florou, H.,** 2005, Study on the behavior of the heavy metals Cu, Cr, Ni, Zn, Fe, Mn and  $^{137}\text{Cs}$  in an estuarine ecosystem using *Mytilus galloprovincialis* as a bioindicator species: the case of Thermaikos gulf, Greece, Journal of Environmental Radioactivity, 86 (1), 31-44.

**Charmasson, S., Radakovitch, O., Arnaud, M., Bouisset, P., Pruchon, A-S.,** 1998, Long-core profiles of  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{60}\text{Co}$  and  $^{210}\text{Pb}$  in sediment near the Rhone River (Northwestern Mediterranean Sea), Estuaries, 21 (3), 367-378.

**Connan, O., Germain, P., Solier, R., Gouret, G.,** 2007, Variations of  $^{210}\text{Po}$  and  $^{210}\text{Pb}$  in various marine organisms from Western English Channel: contribution of  $^{210}\text{Po}$  to the radiation dose, Journal of Environmental Radioactivity, 97, 168-188.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

**Currie, L. A.**, 1968, Limits for qualitative detection and quantitative determination, *Anal. Chem.*, 40(3), 586-593.

**Dahlgaard, H.**, 1996, Polonium-210 in mussel and fish from the Baltic-North Sea Estuary, *Journal of Environment Radioactivity*, 32, 91-96.

**Dalman, Ö., Demirak, A. ve Balcı, A.**, 2006, Determination of heavy metals (Cd, Pb) and trace elements (Cu, Zn) in sediments and fish of the Southeastern Aegean Sea (Turkey) by atomic absorption spectrometry, *Food Chemistry*, 95, 157–162.

**Dizman, S.**, 2006, Rize ili ve ilçelerindeki doğal gamma radyoaktivite seviyesinin belirlenmesi, *Karadeniz Teknik Üniv., Fen Bil. Ens, Fizik Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.*

**Duman, F.**, 2005, Sapanca ve Abant Gölü su sediment ve sucul bitki örneklerinde ağır metal konsantrasyonlarının karşılaştırmalı olarak incelenmesi, *Ankara Üniv., Fen Bil. Ens., Biyoloji Anabilim Dalı, Doktora Tezi.*

**Egemen, Ö.**, 2000, Çevre ve su kirliliği, *Ege Üniversitesi Yayınları, Su Ürünleri Fak., Yayın No:42.*

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

**Egemen, Ö.**, 2006, Su kalitesi, Ege Üniversitesi Yayınları, Su Ürünleri Fak., Yayın No:14.

**Ergül, H. A.**, 1999, Pazar (Rize) yöresi litoral zonundaki radyoaktivite ve ağır metal düzeylerinin belirlenmesi, Karadeniz Teknik Üniv., Fen Bil. Ens., Biyoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.

**Ergül, H. A.**, 2004, Karadeniz'in Trabzon yöresinde Oksik Zon'da sedimentasyon yapan materyalin bazı ağır metal, radyonüklid, organik karbon ve klorofil-a düzeylerinin araştırılması, Karadeniz Teknik Üniv., Fen Bil. Ens., Biyoloji Anabilim Dalı, Doktora Tezi.

**Ergül, H.A., Topçuoğlu, S., Ölmez, E., Kırbaşoğlu, Ç.**, 2008, Heavy metals in sinking particles and bottom sediments from the eastern Turkish coast of the Black Sea, Estuarine, Coastal and Shelf Science, 78 396-402.

**Falcó, G., Llobet, J.M., Bocio, A., Domingo, J.L.**, 2006, Daily intake of arsenic, camdium, mercury, and lead by consumption of edible marine species, J. Agric. Food Chem., 54, 6106–6112.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

**Figueria, Rubens C.L., Tessler, Moyses G., Maniques, Michel M., Cunha, Ieda I.L.,** 2006, Distribution of  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{238}\text{Pu}$  and  $^{239} + ^{240}\text{Pu}$  in sediments of the southeastern Brazilian shelf–SW Atlantic margin, *Science of the Total Environment*, 357, 146–159.

**Flynn, W.W.,** 1968, The Determination of low levels of Polonium-210 in environmental materials, *Anal. Chim. Acta.*, 43, 221-227.

**Gasco, C., Anton, M. P., Delfanti, R., Gonzalez, A. M., Meral, J., Papucci, C.,** 2002, Variation of the activity concentrations and fluxes of natural ( $^{210}\text{Po}$ ,  $^{210}\text{Pb}$ ) and anthropogenic ( $^{239,240}\text{Pu}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ) radionuclides in the Strait of Gibraltar (Spain), *Journal of Environmental Radioactivity*, 62 (3), 241-262.

**Geldiay, R. ve Kocataş, A. ,** 2001, *Deniz Biyolojisine Giriş*, Ege Üniv., Fen Fakültesi Kitaplar Serisi, No: 31.

**Germain, P., Leclerc, G., Simon, S.,** 1995, Transfer of polonium-210 into *Mytilus edulis* (L.) and *Fucus vesiculosus* (L.) from the Baie de Seine (Channel coast of France), *The Science the Total Environment*, 164, 109-123.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

- Gey, H. ve Mordoğan, H.,** 1988, İzmir Körfezi'ndeki bazı deniz organizmalarında ve İç Körfezi'n sahil kenarı sedimentlerinde çeşitli ağır metallerin derişimi, Doğa Zooloji Dergisi, 12(3), 216-224.
- Gökdemir, Y.,** 2006, Ergene nehrindeki ağır metallerin ekstraksiyon metodu ile tayini, Trakya Ün., Fen Bil. Ens., Kimya Bölümü, Yüksek Lisans Tezi.
- Gönülalan, F.,** 2006, Ege Denizi kıyı sedimentlerinde denge üstü radyoaktif kurşun birikiminin alfa ve gama spektroskopisi ile incelenmesi, Ege Ün., Fen Bil. Ens., Nükleer Bilimler Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Güngör, N.,** 1999, <sup>134</sup>Cs ve <sup>241</sup>Am biyokinetiğinin üç farklı organizma için incelenmesi ve kesikli zaman modeli ile yeni bir değerlendirme, İstanbul Teknik Ün., Nükleer Enerji Ens., Nükleer Uygulamalar Anabilim Dalı, Doktora Tezi.
- Güven, G.,** 2004, Büyük Menderes Nehri, Aydın yöresi yüzey sularında bazı kirleticilerin düzeylerinin araştırılması, Adnan Menderes Ün., Fen Bil. Ens., Yüksek Lisans Tezi.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

**Güven, K. C. ve Öztürk, B.**, 2005, Deniz Kirliliği, Tüдав yayımları, No:21, İstanbul.

**Halldorsson H.P., Svavarsson, J. and Granmo, A.**, 2005, The effect of pollution on scope for growth of the mussel (*Mytilus edulis L.*) in Iceland, Marine Environmental Research, 59, 47-64.

**Hassona, R. K., Sam, A. K., Osman, O. I., Sirelkhatim, D.A., LaRosa, J.**, 2008, Assessment of Committed Effective Dose due to consumption of Red Sea coral reef fishes collected from the local market (Sudan), Science of the Total Environment, 393, 214-218.

**Hernandez, C.A., Asencio, M. D., Caravaca, A. M., Morell, E. S., Claro, R. M.**, 1998, Levels of radioactivity in the Cuban marine environment, Radiation Protection Dosimetry, 75(1), 69-70.

**<http://www.artuz.com/Artuz/IlhamSamime/Ilham/Akademik/Yazilar/CumhuriyetBilimTeknik/ötrofikasyon.jpg>**.

**<http://www.kimyaevi.org/elementler>**.

**[http://www.yesilkutu.net/dyn\\_files/news/25.pdf](http://www.yesilkutu.net/dyn_files/news/25.pdf)**.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

**IAEA**, 1995, Sources of radioactivity in the marine environment and their relative contributions to overall dose assessment from marine radioactivity (MRA DOS). IAEA-TECDOC-838. International Atomic Energy Agency.

**IAEA**, 2006,  $^{210}\text{Po}$  and  $^{210}\text{Pb}$  in marine ecosystem of Aegean Sea Turkish Coast, IAEA- Research Contract No: 302-K4.00.24-TUR-12641, B5-TUR-31834.

**Ito, T., Aramaki, T., Kitamura, T., Otsuka, S., Suzuki, T., Towaga, O., Kobayashi, T., Senju, T., Chaykovskaya, E. L., Karasev, E.V., Lishavskaya, T.S., Novichkov, V.P., Tkalin, A.V., Shcherbinin, A.F., Volkov, Y.N.**, 2003, Anthropogenic radionuclides in the Japan Sea: their distributions and transport processes, *Journal of Environmental Radioactivity*, 68, 249–267.

**İçhedef, M.**, 2006, İzmir Körfezi'nde sedimentasyon hızının radyometrik yöntemlerle tayini, Ege Üniv., Fen Bil. Ens. Nükleer Bilimler Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.

**Jha, S. K., Chavan, B., Pandit, G. G., Sadasivan, S.**, 2003, Geochronology of Pb and Hg pollution in a coastal marine environment using global fallout  $^{137}\text{Cs}$ , *Journal of Environmental Radioactivity*, 69 (1-2), 145-157.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

**Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A., Timur, S.,** 1999, Metallerin Çevresel Etkileri –I, Metalurji dergisi, Cilt 23, Sayı 121, 47-53.

**Kamalı Uğur, A.,** 1999, Samsun-Ordu kıyı şeridinde deniz kirliliğinin incelenmesi ve kirlilik birikiminin midye örneğinde araştırılması, Ondokuz Mayıs Ün. Fen Bil. Ens, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.

**Karadere, H.,** 1997, Atatürk baraj gölünde su, sediment ve balık türlerinde ağır metal birikiminin araştırılması, Dicle Ün., Fen Bil. Ens., Biyoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.

**Katalay, S., Parlak, H. ve Arslan, Ö. Ç.,** 2005, Ege Denizinde Yaşayan Kaya Balıklarının (*Gobius niger L., 1758*) Karaciğer Dokusunda Bazı Ağır Metallerin Birikimi, Ege Ün., Su Ürünleri Dergisi, 22(3-4), 385-388.

**Kılıç, Ö.,** 2006, Sezyum-137'nin (Cs-137) Güney Marmara'daki dağılımı, İstanbul Ün., Yüksek Lisans Tezi.

**Kim, Y. H., Narita, H., Noriki, S., Tsunogai, S.,** 1997, Export of particulate matter from Tokyo Bay studied with radiochemical tracer, <sup>210</sup>Po and <sup>210</sup>Pb, Journal of Oceanography, 53, 517-527.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

**Kocataş, A. ve Bilecik, N.**, 1992, Ege Denizi ve Canlı Kaynakları, Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Bodrum.

**Küçükgil, O.**, 1988, İzmir Körfezi dip sedimentlerinde kirlilik dağılımı, Dokuz Eylül Üniv., Fen Bil. Ens., Çevre Teknolojisi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.

**Küçüksezgin, F., Altay, O., Uluturhan, H., Konaş, A.**, 2001, Trace metal and organochlorine residue levels in Red Mullet (*Mullus Barbatulus*) from the Eastern Aegean , Turkey, Wat. Res., Vol. 35, No. 9, pp. 2327–2332.

**Küçüksezgin, F., Uluturhan, H., Konaş, A., Altay, O.**, 2002, Trace metal concentrations in edible fishes from İzmir Bay, Eastern Aegean, Marine Pollution Bulletin, 44, 816-832.

**Küçüksezgin, F., Konaş, A., Altay, O., Uluturhan, H., Darılmaz, E.**, 2006, Assessment of marine pollution in Izmir Bay: Nutrient, heavy metal and total hydrocarbon concentrations, Environment International, 32, 41 – 51.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

- Lee, S-H., La Rosa, J. J., Levy-Paloma, I., Oregioni, B., Pham, M. K., Povinec, P. P., Wyse, E.,** 2003, Recent inputs and budgets of  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{239,240}\text{Pu}$  and  $^{241}\text{Am}$  in the northwest Mediterranean Sea, Deep-Sea Research II, 50, 2817–2834.
- Licata, P., Trombetta, D., Cristani, M., Martino, D., Naccari, F.,** 2004, Organochlorine compounds and heavy metals in the soft tissue of the mussel *Mytilus galloprovincialis* collected from Lake Faro (Sicily, Italy), Environment International, 30 (6), 805-810.
- Livingston, H.D. and Povinech, P. P.,** 2000, Antropogenic marine radioactivity, Ocean&Coastal Management, 43, 689-712.
- Livingston, H.D. and Povinech, P. P.,** 2002, Millenium perspective on the contribution of global fallout radionuclides to ocean science, Health Physics, 82, 656–668.
- Lök, A.,** 2001, İskele-Urla'da (İzmir Körfezi) kültüre alınan farklı boy gruplarındaki midyelerin (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819) büyüme oranları, Ege Üniv., Su Ürünleri Dergisi, Cilt 18, Sayı 1-2, 141-147.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

- Luengen, A.C., Friedman, C. S., Raimondi, P. T., Russell Flegal, A.,** 2004, Evaluation of mussel immune responses as indicators of contamination in San Francisco Bay, *Marine Environmental Research*, 57 (3), 197-212.
- Magni, P., De Falco, G., Falugi, C., Franzoni, M., Monteverde, M., Perrone, E., Sgro, M., Bolognesi, C.,** 2006, Genotoxicity biomarkers and acetylcholinesterase activity in natural populations of *Mytilus galloprovincialis* along a pollution gradient in the Gulf of Oristano (Sardinia, western Mediterranean), *Environmental Pollution*, 142 (1), 65-72.
- Masque, P., Fabres, J., Canals, M., Sanchez-Cabeza, J. A., Sanchez-Vidal, A., Cacho, I., Calafat, A. M., Bruach, J. M.,** 2003, Accumulation rates of major constituents of hemipelagic sediments in deep Alboran Sea: a centennial perspective of sedimentary Dynamics, *Marine Geology*, 193, 207-233.
- Mat Çatal, E.,** 2006, Ege Bölgesi'nde en çok tüketilen balık türlerinde radyoaktif polonyum düzeyinin ve yıllık gıda dozuna katkısının araştırılması, *Ege Üniv., Fen Bil. Ens., Nükleer Bilimler Anabilim Dalı*, Yüksek Lisans Tezi.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

**Mater, S., Kaya, M. ve Bilecenoğlu, M.,** 2003, Türkiye Deniz Balıkları Atlası, Ege Üniversitesi Su ürünleri Fakültesi Yayınları No:68, Yardımcı Ders Kitapları Dizini No:11.

**McDonald, P., Baxter, M. S. and Scott, E. M.,** 1996. Technological enhancement of natural radionuclides in the marine environment. J.Environ. Radioactivity, 32 (1-2), 67-90.

**Molero, J., Sanchez-Cabeza, J. A., Merino, J., Pujol, L. L., Mitchell, P. I., Vidal-Quadras, A.,** 1995, Vertical Distribution of Radiocaesium, Plutonium and Americium in the Catalan Sea (Northwestern Mediterranean), J. Environ. Radioactivity, 26, 205-216.

**Navada, S. V., Kumar, S.U., Rao, S.M., Nachiappan, P. R., Kumar, B., Krishnamoorthy, T. M., Jha, S. K., Shukla, V. K.,** 1998, Determination of recent sedimentation rates and pattern in Lake Naini, India by  $^{210}\text{Pb}$  and  $^{137}\text{Cs}$  dating techniques, Applied Radiation and Isotopes, 51, 97-105.

**Noshkin, V. E., Robison, W. L., Eagle, R. J., Brunk, J. L.,** 1998, Radionuclides in sediments and seawater at Rongelap Atoll, Lawrence Livermore National Lab., University of California, UCRL-LR-130250, 1-13.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

**Noureddine, A., Benkrid, M., Maoui, R., Menacer, M. and Boudjenoun, R.,** 2007, Distribution of natural radioactivity,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ , and Plutonium isotopes in a water column and sediment core along the Algerian Coast, Hindawi Publishing Corporation Science and Technology of Nuclear Installations, Article ID 48598, 6 pages, Project Report.

**Noureddine, A., Benkrid, M., Maoui, R., Menacer, M., Boudjenoun, R., Kadi-hanifi, M., Lee, S.-H., Povinec, P.P.,** 2008, Radionuclide tracing of water masses and processes in the water column and sediment in the Algerian Basin, Journal of Environmental Radioactivity, 1–9, Article in press.

**Okumuş, E.,** 2007, Küçükçekmece Gölü sedimentinde ağır metal ( $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ) adsorpsiyonu, Yıldız Teknik Üniv., Fen Bil. Ens., Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.

**Oleksyk, T. K., Gashchak, S. P., Glenn, T. C., Jagoe, C. H., Peles, J. D., Purdue, J. R., Tsyusko, O. V., Zalisky, O. O., Smith, M. H.,** 2002, Frequency distributions of  $^{137}\text{Cs}$  in fish and mammal populations, Journal of Environmental Radioactivity, 61, 55–74.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

- Özger, A. G.**, 2005, Ceyhan, Yumurtalık ve Pozantı bölgelerinin doğal radyoaktivite seviyelerinin belirlenmesi, Çukurova Üniv., Fen Bil. Ens., Fizik Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Özkaya, A.**, 1992, İzmir Körfezi balıklarında radyoaktivite ve ağır metal tayini, Ege Üniv., Fen Bil. Ens., Yüksek Lisans Tezi.
- Palanques, A., Sanchez-Cabeza, J. A., Masque, P., Leon, L.**, 1998, Historical record of heavy metals in a highly contaminated Mediterranean deposit: The Besos prodelta, Marine Chemistry, 61 (3-4), 209-217.
- Papaefthymiou, H., Papatheodorou, G., Moustakli, A., Christodoulou, D., Geraga, M.**, 2007, Natural radionuclides and  $^{137}\text{Cs}$  distributions and their relationship with sedimentological processes in Patras Harbour, Greece, Journal of Environmental Radioactivity, 94, 55-74.
- Perianez, R.**, 2008, A modelling study on  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{239,240}\text{Pu}$  behaviour in the Alboran Sea, western Mediterranean, Journal of Environmental Radioactivity, 99, 694-715.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

- Radjaci, A.**, 2006, Kuzey Marmara Denizi'ndeki Karagöz İstavrit balığında (*Trachurus trachurus* L., 1758) bazı ağır metal birikimleri, Marmara Üniv., Fen Bil. Ens., Su Ürünleri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Ruiz-Fernandez, A. C., Pérez-Osuna, F., Machain-Castillo, M. L., Arellano-Torres, E.**, 2004,  $^{210}\text{Pb}$  geochronology and trace metal fluxes (Cd, Cu, and Pb) in the Gulf of Tehuantepec, South Pacific of Mexico, *Journal of Environmental Radioactivity*, 76 (1-2), 161-175.
- Ryan, T. P., Dowdall, A. M., McGarry, A. T., Pollard, D., Cunningham, J. D.**, 1999,  $^{210}\text{Po}$  in *Mytilus edulis* in the Irish marine environment, *Journal of Environment Radioactivity*, 43 (3), 325-342.
- Saçan, S.**, 2004, İzmir Körfezi yüzey sedimentlerinde ve kara midye (*Mytilus galloprovincialis* L.1758)'de  $^{210}\text{Pb}$  ve  $^{210}\text{Po}$  birikiminin periyodik araştırılması, Ege Üniv., Fen Bil. Ens., Nükleer Bilimler Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Saito, R. T. and Cunha, I. I. L.**, 1997, Analysis of  $^{210}\text{Po}$  in marine samples, *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, Vol. 220, No. 1, 117-119.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

**Sarı, E. ve Çağatay, M. N.**, 2001, Distributions of heavy metals in the surface sediments of the Gulf of Saros, NE Aegean Sea, Environment International, 26, 169-173.

**Sekkin, F.**, 2000, Ege Denizi'ndeki midyelerde polonyum düzeyinin elektrokimyasal depozisyon yöntemiyle ölçülmesi, Ege Üniv., Fen Bil. Ens., Yüksek Lisans Tezi.

**Shahul Hameed, P., Shahul Hameed, M. M., Ravikumar, S., Masilamani, V.**, 2001, A comparative study on the distribution of polonium-210 in the ecosystem of Athangarai estuary (Palk Strait) and Punnaikayal estuary (Gulf Mannar), Proc. Nat. Sem. Atom. Energ. Ecol. Environ., Jamal Ohamed College, Trichy, 135-142.

**Stepnowski, P., Skwarzec, B.**, 2000, A comparison of  $^{210}\text{Po}$  accumulation in mollusks from the southern Baltic, the coast of Spitsbergen and Sasek Wielki Lake in Poland', Journal of Environmental Radioactivity, 49, 201-208.

**Stien, X., Percic, P., Barelli, M. G., Romeo, M., Lafaurie, M.**, 1998, Evaluation of biomarkers in caged fishes and mussels to assess the quality of waters in a bay of the NW Mediterranean Sea, Environmental Pollution, 99, 339-345.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Strezov, A., Milanov, M., Mishev, P., Stoilova, T.,** 1998, Radionuclide accumulation in near-shore sediments along the Bulgarian Black Sea Coast, Appl. Radiat. Isot., Vol. 49, No. 12, 1721-1728.
- Strezov, A., Stoilova, T., Jordanova, A., Ayranov, M., Petkov, N.,** 1999, Determination of Caesium and natural radionuclide concentrations in sediments, algae and water at Bulgarian Black Sea Coast, Wat. Sci. Tech., 39 (8), 21-26.
- Su, C. -C. and Huh, C. -A,** 2002, Atmospheric <sup>210</sup>Pb anomaly as a precursor of volcano eruptions, Geophysical Research Letters, 29 (5), 1070.
- Sunlu, U.,** 1994, S.Ü.F.A. (Homa) Dalyanı ve Ege Denizi'nin farklı bölgelerindeki kirlenme durumu ile bazı ekonomik balık türlerinde ağır metal düzeylerinin araştırılması, Ege Üniv., Fen Bil. Ens., Su Ürünleri Anabilim Dalı, Doktora tezi.
- Sunlu, U., Egemen, O. ve Kaymakçı, A.,** 1998, Trace Metals in Mediterranean Mussel *Mytilus galloprovincialis* (L. 1758) and in Surficial Sediments from Urla-İskele, Izmir- Turkey, International Symposium on Marine Pollution Extended Synopsis, 5-9 October – Monaco, 645-646.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

- Sunlu, U.**, 2006, Trace metal levels in mussels (*Mytilus Galloprovincialis* L. 1758) from Turkish Aegean Sea Coast, Environmental Monitoring and Assessment, 114, 273 – 286.
- TAEK**, 2007, Türkiye için doz değerlendirmeleri, Çernobil serisi, No:7, 2.basım.
- Talip, Z.**, 2007, Toryumun sulu çözeltilerden perlit üzerine adsorpsiyonu, Ege Üniv., Fen Bil. Ens., Yüksek Lisans Tezi.
- Tatar, E.**, 2007, İzmir Orta Körfezdeki planktonik organizmalarda Pb-210 ve Po-210 düzeylerinin aylık değişimlerinin incelenmesi, Ege Üniv., Fen Bil. Ens., Yüksek Lisans Tezi.
- Tateta, Y., Koyanagi, T.**, 1996, Concentration factors for <sup>137</sup>Cs in Japanese coastal fish (1984-1990), Journal Radiat. Res., 37, 71-79.
- Tateta, Y., Carvalho, F. P., Fowler, S. W., Miquel, J.-C.**, 2003, Fractionation of <sup>210</sup>Po and <sup>210</sup>Pb in coastal waters of the NW Mediterranean continental margin, Continental Shelf Research, 23, 295–316.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

**Tateda, Y. And Iwao, K.,** 2008, High <sup>210</sup>Po atmospheric deposition flux in the subtropical coastal area of Japan, Journal of Environmental Radioactivity, 99, 98-108.

**Taygun, G. T. ve Balanlı, A.,** 2005, Yaşam döngüsü süreçlerinde yapı ürünü-çevre etkileşimi, YTU Mimarlık Fak., e-dergisi, Cilt1, Sayı 1.

**Thébault H., Rodriguez y Baena, A.M., Andral, B., Barisic, D., Benedicto Albaladejo, J., Bologna, A.S., Boudjenoun, R., Delfanti, R., Egorov, V. N., El Khoukhi, T., Florou, H., Kniewald, G., Noureddine, A., Patrascu, V., Pham, M.K., Scarpato, A., Stokozov, N.A., Topcuoglu, S., Warnau, M.,** 2008, <sup>137</sup>Cs baseline levels in the Mediterranean and Black Sea: a cross-basin survey of the CIESM Mediterranean Mussel Watch program, Mar. Pol. Bull., 57, 801-806.

**Tomruk A.,** 2004, Bazı petrol bileşenlerinin midyedeki biyodönüşümü ve ağır metal birikiminin incelenmesi, İstanbul Üniv, Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Ens., Yüksek Lisans Tezi.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

**Tosyalı C.**, 2005, *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819) midyesinde pişirmenin çeşitli ağır metal düzeylerine etkisi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniv., Fen Bil. Ens., Biyoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.

**Topçuoğlu, S., Bulut, A. M., Kıbrıslı, N., Küçükçezzar, R., Köse, N.**, 1988, Radioecological investigation in fish collected from the Black Sea after the Chernobly accident, I. National Medical Phys. Congress Book, 264-268.

**Topçuoğlu, S., Kut, D., Esen, N., Güven, K. C., Cevher, E.**, 1993, The effect of the Chernobyl on the marine radioactivity level in Akkuyu and İskenderun Bay of Turkey, Turkish Journal of Nuclear Sciences, 20 (2), 37-42.

**Topçuoğlu, S. and Van Doven, M.**, 1997, A study on the elimination of <sup>137</sup>Cs in mussels under contaminated fields and laboratory conditions, Toxicological and Environmental Chemistry, 58, 217-222.

**Topçuoğlu, S., Esen, N., Eğilli, E., Güngör, N., Kut, D.**, 1998, Trace elements and <sup>137</sup>Cs in macroalgae and mussel from the Kilyos in Black Sea, International Symposium on Marine Pollution, Monaco, Extended Synopses, 283-284.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

- Topçuoğlu, S. and Güngör, N.,** 1999, Radionuclide concentrations in macroalgae and sediment samples from the Bosphorus, Turkish J. Marine Sciences, 5, 19-24.
- Topçuoğlu, S., Güngör, N., Kırbaşoğlu, Ç.,** 2000, Marmara Denizi'nin radyoaktif kirlilik boyutu, Marmara Denizi 2000 Sempozyumu yayını, 556-561.
- Topçuoğlu, S.,** 2000, Black Sea ecology pollution research in Turkey of the marine environment, IAEA Bulletin, 42/4, 12-14.
- Topçuoğlu, S.,** 2001, Sources and distribution of anthropogenic radionuclides in Marmara Sea environment, Turkish J. Marine Sciences, 7, 143-152.
- Topçuoğlu, S., Kırbaşoğlu, Ç. and Güngör, N.,** 2002, Heavy metals in organisms and sediments from Turkish Coast of the Black Sea, 1997-1998, Environment International, 27, 521-526.
- Topçuoğlu, S., Kırbaşoğlu, Ç. and Yılmaz, Y. Z.,** 2004, Heavy metal levels in biota and sediments in the northern coast of the Marmara Sea, Environ. Monit. Assess., 96, 183–189.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

- Topçuoğlu, S.**, 2005, Denizlerin Radyoaktif Kirliliği (VI. Bölüm), Deniz Kirliliği, Tüdev Yayınları, İstanbul, No: 21, 512 s.
- Tyler, A. T., Carter, S., Davidson, D. A., Long, D. J., Tipping, R.**, 2001, The extend and significance of bioturbation on  $^{137}\text{Cs}$  distributions in upland soils, *Catena*, 43, 81-99.
- Uğur, A.**, 1998, Gökova Körfezi deniz sediment korlarında radyoaktif Pb, Po, Ra, Cs, Am ve Pu izotoplarının dağılımının incelenmesi, sedimentasyon hızı ve tarihleme çalışmalarında kullanılması, Ege Üniv., Fen Bil. Ens., Nükleer Bilimler, Anabilim Dalı, Doktora Tezi.
- Uğur (Tanbay) A. and Yener, G.**, 2001, Accumulation rates and sediment deposition in the Gökova Bay in Aegean Sea Turkish Coast, *Applied Radiation and Isotopes*, 55, 581-588.
- Uğur, A., Yener, G. and Başsarı, A.**, 2002, Trace metals and  $^{210}\text{Po}$  ( $^{210}\text{Pb}$ ) concentrations in mussels (*Mytilus galloprovincialis*) consumed at western Anatolia, *Applied Radiation and Isotopes*, 57(4), 565-571.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

- Uğur, A. and Yener, G.**, 2002, Plutonium isotopes, Am-241 and Cs-137 activity concentrations in marine sediments of Gökova Bay Aegean Turkish Coast, Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 252 (1), 47-51.
- Uğur, A., Miquel, J.C., Fowler, S.W., Appleby, P.**, 2003, Radiometric dating of sediment cores from a hydrothermal vent zone off Milos Island in the Aegean Sea, The Science of the Total Environment, 307, 203-214.
- Uğur, A., Yener, G., Aközcan, S., Sunlu, U.**, 2004,  $^{210}\text{Po}$  in mussels (*Mytilus galloprovincialis* L.1758) and sediments at Aegean Sea Turkish coast using alpha spectroscopy, International Conference on Isotopes in Environmental Studies-Aquatic Forum, Monte-Carlo, Monaco, IAEA-CN-118/13.
- Uğur, A., Yener, G., Aközcan, S., Özden, B., İçhedef, M., Gönülalan, F., Mat Çatal, E.**, 2006,  $^{210}\text{Po}$  in The Turkish Coast of The Aegean Sea Ecosystem, The Fourth Eurasian Conference "Nuclear Science and its Application" 31 October-03November, Baku/Azerbaijan.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

**Uğur, A., Yener, G., Aközcan, S., Mat Çatal, E., Gönülalan, F., Özden, B., İçhedef, M.,** 2007,  $^{210}\text{Po}$  and  $^{210}\text{Pb}$  in The Turkish Coast of The Aegean Sea Ecosystem, 38th CIESM Congress-Istanbul, Turkey.

**Uğur, A. ve Yener, G.,** 2008, Determination of Lead-210 and Polonium-210 in Marine Environment, New Techniques for the Detection of Nuclear and Radioactive Agents, “NATO Advanced Training Course”, Muğla, Turkey, May 26-30, Program and Abstracts.

**Ulutaş, O. K.,** 2007, Aliğa Körfezi’ndeki deniz kirliliğinin bölge Kefal balıklarında kirliliğin biyogöstergesi olan karaciğer Erod enzim aktivitesi ve balıktaki çeşitli metal düzeyleri ile belirlenmesi, Gazi Üniv., Sağlık Bilimleri Ens., Farmasötik Toksikoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.

**Uluturhan, E., Küçüksezgin, F. and Cihangir, B.,** 2005, Ege Denizi kıyılarında Kıрма Mercan’da (*Pagellus erythrinus*) ağır metal birikimi, Turkish Journal of Aquatic Life, 3(4), 240-244.

**Uluturhan, E., Küçüksezgin, F.,** 2007, Heavy metal contaminants in Red Pandora (*Pagellus erythrinus*) tissues from the Eastern Aegean Sea, Turkey, Water Research, 41, 1185-1192.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

- Uysal, H., Tunçer, S. and Yaramaz, Ö.,** 1986, A comparative study of some heavy metals in common edible organisms from Aegean coast of Turkey, Rapp. Comm. Int. Mer. Médit., 30 (2), L-IV12, 124.
- Uysal, H., Yaramaz , Ö., Tunçer, S. ve Parlak, H.,** 1989, Ege Denizi kıyılarında pollusyon durumu, organizma ve ekosistem üzerindeki etkileriyle ilgili araştırmalar, Ege Ün.v., Su Ürünleri Dergisi, 6(21), 144-159.
- Uysal, K., Emre, Y. and Köse, E.,** 2008, The determination of heavy metal accumulation ratios in muscle, skin and gills of some migratory fish species by inductively coupled plasma-optical emission spectrometry (ICP-OES) in Beymelek Lagoon (Antalya/Turkey), Microchemical Journal, Article in press.
- Vicente-Martorell, J. J., Galindo-Riano M. D., García-Vargas, M.,Granado-Castro, M. D.,** 2009, Bioavailability of heavy metals monitoring water, sediments and fish species from a polluted estuary, Journal of Hazardous Materials, 162, 823–836.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

- Waska, H., Kim, S., Kim, G., Kang, M. R., Kim, G. B., 2008,** Distribution patterns of chalcogens (S, Se, Te, and  $^{210}\text{Po}$ ) in various tissues of a squid, *Todarodes pacificus*, *Science of Total Environment*, 392, 218-224.
- Whitehead, P. J. P., Bauchot, M. -L., Hureau, J. -C., Nielsen, J., Tortonese, E.,** Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean, Vol I, Vol II, Vol III, Unesco, 1984.
- Wildgust, M. A., McDonald, P. and White, K. N., 1998,** Temporal changes of  $^{210}\text{Po}$  in temperate coastal waters, *The Science of the Total Env.*, 214, 1-10.
- Wildgust, M. A. and McDonald, P., 2000,** Assimilation of  $^{210}\text{Po}$  by the *Mytilus edulis* from the alga *Isochrysis galbana*, *Marine Biology*, 136, 49-53.
- Yazgan, M., Özdemir, F. ve Gölükçü, M., 2002,** Antalya Körfezi'nde avlanan bazı balık türlerinde Cu, Zn, Pb ve Cd içeriği, *Turk J Vet. Anim. Sci*, 26, 1309-1313.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

- Yılmaz, N.**, 1989, Doğu Karadeniz Midyelerinin (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck) bazı biyo-ekolojik özellikleri ve biyokimyasal yönden araştırılması, Karadeniz Teknik Üniv., Fen Bil. Ens., Biyoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Young, D.R. and Folsom, T.R.**, 1972, Mussels and Barnacles as indicators of the variation of  $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{60}\text{Co}$  and  $^{65}\text{Zn}$  in the marine environment, IAEA-SM-158/42, Radioactive Contamination of the marine environment proceeding of a Symposium, Seattle.
- Yusof, A.M., Yanta, N. F. and Wood, A. K. E.**, 2004, The use of bivalves as bio-indicators in the assessment of marine pollution along a coastal area, Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 259 (1), 119-127.
- Zorer, Ö.**, 2006, Bendimahi çayında ve çayın van gölüne döküldüğü noktada doğal radyoaktivite seviyesinin belirlenmesi, Yüzüncü Yıl Üniv. Fen Bil. Ens., Kimya Anabilim Dalı, Doktora Tezi.

## EKLER

### Didim Sediment

Radyonüklid ve ağır metal	Ortalama	Standart Sapma	En Küçük	Orta	En Büyük
$^{210}\text{Po}$ (Bq kg <sup>-1</sup> )	58.10	37.40	24.00	42.50	126.00
$^{210}\text{Pb}$ (Bq kg <sup>-1</sup> )	26.00	3.72	20.00	26.50	30.00
Cr (µg g <sup>-1</sup> )	17.42	3.92	9.00	17.50	22.00
Cu (µg g <sup>-1</sup> )	5.00	1.81	3.00	5.00	9.00
Fe (µg g <sup>-1</sup> )	4496	3227	1271	4050	11405
Mn (µg g <sup>-1</sup> )	149.80	105.20	42.00	122.00	371.00
Ni (µg g <sup>-1</sup> )	6.75	4.59	3.00	4.50	18.00
Zn (µg g <sup>-1</sup> )	14.00	7.93	3.00	13.00	30.00

### İzmir Körfezi Sediment

Radyonüklid ve ağır metal	Ortalama	Standart Sapma	En Küçük	Orta	En Büyük
$^{210}\text{Po}$ (Bq kg <sup>-1</sup> )	75.67	24.14	36.00	75.00	109.00
$^{210}\text{Pb}$ (Bq kg <sup>-1</sup> )	35.58	11.21	17.00	41.00	49.00
Cr (µg g <sup>-1</sup> )	25.92	17.22	9.00	20.00	65.00
Cu (µg g <sup>-1</sup> )	23.50	11.52	9.00	25.50	38.00
Fe (µg g <sup>-1</sup> )	9491	3941	4709	8881	18470
Mn (µg g <sup>-1</sup> )	224.2	174.8	76.00	121.00	542.00
Ni (µg g <sup>-1</sup> )	13.33	8.22	5.00	10.50	33.00
Pb (µg g <sup>-1</sup> )	7.08	6.68	0.00	8.00	16.00
Zn (µg g <sup>-1</sup> )	45.83	26.44	17.00	50.50	85.00

**EKLER (devam ediyor)****Didim Sardalya (*Sardina pilchardus*)**

Radyonüklid ve ağır metal	Ortalama	Standart Sapma	En Küçük	Orta	En Büyük
<sup>210</sup> Po (Bq kg <sup>-1</sup> )	132.6	122.5	21.0	85.0	373.0
<sup>210</sup> Pb (Bq kg <sup>-1</sup> )	2.083	1.564	0.000	2.000	5.000
Cd (µg g <sup>-1</sup> )	0.650	0.394	0.100	0.650	1.300
Cr (µg g <sup>-1</sup> )	0.7833	0.3326	0.3000	0.7000	1.5000
Cu (µg g <sup>-1</sup> )	3.658	0.865	1.900	3.950	4.500
Fe (µg g <sup>-1</sup> )	30.51	8.48	18.50	32.35	47.20
Mn (µg g <sup>-1</sup> )	2.608	1.586	0.900	2.300	5.300
Ni (µg g <sup>-1</sup> )	0.3000	0.2045	0.1000	0.2000	0.6000
Pb (µg g <sup>-1</sup> )	0.4917	0.2539	0.1000	0.5500	0.8000
Zn (µg g <sup>-1</sup> )	36.88	14.18	19.80	31.50	65.70

**İzmir Körfezi Sardalya (*Sardina pilchardus*)**

Radyonüklid ve ağır metal	Ortalama	Standart Sapma	En Küçük	Orta	En Büyük
<sup>210</sup> Po (Bq kg <sup>-1</sup> )	91.3	104.7	14.0	54.5	400.0
<sup>210</sup> Pb (Bq kg <sup>-1</sup> )	2.917	2.151	0.000	2.500	9.000
Cd (µg g <sup>-1</sup> )	0.800	0.475	0.300	0.700	2.100
Cr (µg g <sup>-1</sup> )	2.258	1.680	0.400	1.550	4.600
Cu (µg g <sup>-1</sup> )	7.08	5.07	2.90	4.70	17.50
Fe (µg g <sup>-1</sup> )	70.5	48.8	26.6	52.5	163.7
Mn (µg g <sup>-1</sup> )	4.93	3.62	1.00	3.55	11.60
Ni (µg g <sup>-1</sup> )	1.483	1.092	0.400	1.000	3.200
Pb (µg g <sup>-1</sup> )	0.492	0.408	0.100	0.450	1.600
Zn (µg g <sup>-1</sup> )	58.29	25.76	30.10	49.55	106.10

**EKLER (devam ediyor)****Didim Midye**

Radyonüklid ve ağır metal	Ortalama	Standart Sapma	En Küçük	Orta	En Büyük
$^{210}\text{Po}$ (Bq kg <sup>-1</sup> )	885	478	345	693	1648
$^{210}\text{Pb}$ (Bq kg <sup>-1</sup> )	19.83	7.95	11.00	18.00	35.00
Cd (µg g <sup>-1</sup> )	1.0500	0.3261	0.5000	1.0500	1.6000
Cr (µg g <sup>-1</sup> )	1.492	0.742	0.600	1.350	2.700
Cu (µg g <sup>-1</sup> )	4.558	1.771	1.400	5.100	6.600
Fe (µg g <sup>-1</sup> )	199.9	179.3	22.0	122.0	541.0
Mn (µg g <sup>-1</sup> )	4.175	2.176	1.100	4.000	9.100
Ni (µg g <sup>-1</sup> )	1.092	0.563	0.300	0.950	2.500
Pb (µg g <sup>-1</sup> )	0.7250	0.3194	0.4000	0.6000	1.3000
Zn (µg g <sup>-1</sup> )	73.17	28.35	31.00	76.00	114.00

**İzmir Körfezi Midye**

Radyonüklid ve ağır metal	Ortalama	Standart Sapma	En Küçük	Orta	En Büyük
$^{210}\text{Po}$ (Bq kg <sup>-1</sup> )	73.92	28.00	40.00	67.50	133.00
$^{210}\text{Pb}$ (Bq kg <sup>-1</sup> )	12.33	7.64	2.00	10.50	25.00
Cd (µg g <sup>-1</sup> )	1.183	0.422	0.400	1.200	2.100
Cr (µg g <sup>-1</sup> )	1.167	0.380	0.600	1.200	2.100
Cu (µg g <sup>-1</sup> )	5.600	1.952	2.600	5.900	8.400
Fe (µg g <sup>-1</sup> )	204.8	86.1	121.0	182.0	360.0
Mn (µg g <sup>-1</sup> )	6.092	2.515	3.000	5.300	12.600
Ni (µg g <sup>-1</sup> )	0.850	0.417	0.200	0.850	1.500
Pb (µg g <sup>-1</sup> )	0.9083	0.2314	0.6000	0.8000	1.3000
Zn (µg g <sup>-1</sup> )	92.42	30.15	47.00	85.00	162.00

**EKLER (devam ediyor)****Didim Deniz Suyu**

Radyonüklid	Ortalama	Standart Sapma	En Küçük	Orta	En Büyük
$^{210}\text{Po}$ (mBq l <sup>-1</sup> )	6.50	5.45	1.00	5.50	14.00
$^{210}\text{Pb}$ (mBq l <sup>-1</sup> )	5.50	2.89	2.00	5.50	9.00
$^{137}\text{Cs}$ (Bq m <sup>-3</sup> )	1.675	0.363	1.320	1.670	2.040

**İzmir Körfezi Deniz Suyu**

Radyonüklid	Ortalama	Standart Sapma	En Küçük	Orta	En Büyük
$^{210}\text{Po}$ (mBq l <sup>-1</sup> )	3.75	2.36	2.00	3.00	7.00
$^{210}\text{Pb}$ (mBq l <sup>-1</sup> )	3.25	2.63	1.00	2.50	7.00
$^{137}\text{Cs}$ (Bq m <sup>-3</sup> )	3.448	0.619	2.880	3.305	4.300

**ÖZGEÇMİŞ :**

7 Ekim 1978'de İzmir'de doğdu. İlköğrenimini 1989 yılında Mustafa Urcan İlkokulu'nda, ortaöğrenimini 1992 yılında Fevzi Çakmak Ortaokulu'nda ve lise öğrenimini 1995 yılında Selma Yiğitalp Lisesi'nde tamamladı. 1999'da Celal Bayar Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü'nden mezun oldu. Aynı yıl Celal Bayar, Fen-Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü'nde lisansüstü eğitim yapmaya hak kazandı. 2002 yılında yüksek lisans eğitimini tamamladı ve aynı yıl, Ege Üniversitesi Nükleer Bilimler Enstitüsü, Nükleer Bilimler Anabilim Dalı'nda Doktora eğitimine başladı. 2008 yılında Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Çekmece Nükleer Araştırma Merkezi'nde Radyoaktivite Analiz ve Ölçüm Birimi'nde işe başladı. Halen ÇNAEM'de çalışmaktadır.