

**EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**(YÜKSEK LİSANS TEZİ)**

**VAN GÖLÜ SEDİMENTLERİNDE Cs-137 ve**  
**DOĞAL RADYONÜKLİTLERİN PROFİL**  
**DAĞILIMININ İNCELENMESİ**

Ayşe PİŞKİN

Nükleer Bilimler Anabilim Dalı

Bilim Dalı Kodu: 622.01.01

Sunuş Tarihi: 30/01/09

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Güngör YENER

Bornova – İZMİR



### III

Sayın **Ayşe PİŞKİN** tarafından yüksek lisans tezi olarak sunulan "**Van Gölü Sedimentlerinde Cs-137 ve Doğal Radyonüklitlerin Profil Dağılımının İncelenmesi**" 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 .....tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği ile başarılı bulunmuştur.

**Jüri Üyeleri:**

**İmza**

**Jüri Başkanı :**

**Üye :**

**Üye :**



**ÖZET****VAN GÖLÜ SEDİMENTLERİNDE Cs-137 ve DOĞAL  
RADYONÜKLİTLERİN PROFİL DAĞILIMININ  
İNCELENMESİ**

PİŞKİN, Ayşe

Yüksek Lisans Tezi, Nükleer Bilimler A.B.D.

Danışman: Prof. Dr. Güngör YENER

30/01/09, 79 sayfa

Bu çalışmada, Van gölünden alınan sediment korlarında radyoaktif sezyum ve doğal radyonüklitlerin profil dağılımı incelenmiştir.

İncelenen istasyonların tamamı için sedimentlerdeki  $^{137}\text{Cs}$  aktivitesinin  $0,7-128 \text{ Bqkg}^{-1}$  aralığında değiştiği gözlenmiştir. örneğinde.

Analizlerde  $^{232}\text{Th}$  ortalama aktivitesi  $36-62 \text{ Bqkg}^{-1}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  ortalama aktivitesi  $13-41 \text{ Bqkg}^{-1}$  ve  $^{40}\text{K}$  ortalama aktivitesi  $250-500 \text{ Bqkg}^{-1}$  olarak bulunmuştur. Bu değerler Unsear(2002) raporlarının sınır değerleri içindedir.

Ayrıca  $^{137}\text{Cs}$  tarihlemesi yapılarak korlardaki sedimantasyon hızı hesaplanmış ve aynı korlarda bir başka çalışmada Pb-210 tekniği ile bulunan sedimantasyon hızları ile karşılaştırılarak sonuçların uygunluk içinde olduğu gözlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:**  $^{137}\text{Cs}$ , sediment, doğal radyonüklit, göl



**ABSTRACT**

**THE PROFILE DISTRIBUTION OF Cs-137 AND NATURAL  
RADIONUCLIDE IN THE LAKE VAN SEDIMENTS**

PİŞKİN, Ayşe

PhD in Department of Nuclear Sciences ( Physics )

Supervisor : Prof. Dr. Güngör, YENER

30/01/09, 79 pages

In this study the profil distribution of fallout  $^{137}\text{Cs}$  and natural radionuclide in the Lake Van sediments were investigated.

The concentration of  $^{137}\text{Cs}$  and natural radionuclide in the Lake Van sediments samples varies between 0,7 and 128 Bq kg<sup>-1</sup>, have been found.

The average concentration of natural radionuclide, in the sediment samples were obtained as  $^{232}\text{Th}$  (36-62 Bqkg<sup>-1</sup>),  $^{226}\text{Ra}$  13-41 Bqkg<sup>-1</sup>;  $^{40}\text{K}$  250-500 Bqkg<sup>-1</sup>. These results are within the range of concentrations reported by the UNSCEAR survey.

Furthermore sedimentation rates of were calculated using  $^{137}\text{Cs}$  dating and compared with the sedimentation data measured by  $^{210}\text{Pb}$  tecnique in another work realized in the same cores, the results are in agreement in the range of error limits.

**Keywords:**  $^{137}\text{Cs}$ , sediment, , natural radionuclide, lake





## TEŞEKKÜR

Tez çalışmam süresince bilimsel desteğini esirgemeyen, değerli bilgi ve önerileri ile çalışmalarına yön veren, her türlü imkanı sağlayan çok değerli tez hocam Sayın **Prof. Dr. Güngör YENER**'e en içten teşekkürlerimi bir borç bilirim. Desteklerinden dolayı Ege Üniversitesi Nükleer Bilimler Enstitüsü Müdürü Sayın **Prof. Dr. Perihan ÜNAK**'a ve 2001-2008 dönemi Ege Üniversitesi Nükleer Bilimler Enstitüsü Müdürü Sayın **Prof. Dr. Meral ERAL**'e içtenlikle teşekkür ederim. Tez çalışmam süresince bilgisiyle beni destekleyen Sayın **Doç. Dr. Aysun UĞUR**'a içtenlikle teşekkür ederim.

Laboratuar çalışmalarında ve örnekleme konusunda yardımcı olan ayrıca tez çalışmama katkılarından dolayı Sayın **Araş. Gör. Nergiz YILDIZ**'a, sayım sistemi konusunda yardımcı olan Sayın **Araş. Gör. Filiz GÜR**'e, laboratuar çalışmalarında ve örnekleme konusunda yardımcı olan Sayın **Araş. Gör. Mutlu İÇHEDEF**'e ve tez çalışmama katkılarından dolayı Sayın **Araş. Gör. İlker SERT**'e işbölümü ve yardımlarından dolayı teşekkür ederim.

Hayatım ve Eğitimim boyunca bana destek olan, yüreklendiren, her zaman yanımda olan sevgili babam **Selim PİŞKİN**'e, sevgili annem **Zeliha PİŞKİN**'e ve kardeşlerime en içten dileklerimle teşekkür ederim.



**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>XII</b>
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ.....</b>	<b>XV</b>
<b>HARİTALAR DİZİNİ.....</b>	<b>XVI</b>
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
1.1. Nükleer Tekniklerin Tarihlemede Kullanılması.....	8

**İÇİNDEKİLER (Devam ediyor)**

	<b><u>Sayfa</u></b>
1.2 Araştırma Konusunun Dünyadaki ve Türkiye'deki Durumu .....	9
<b>2. GENEL BİLGİLER .....</b>	<b>14</b>
2.1. <sup>137</sup> Cs .....	14
2.2. Doğal Radyonüklitler .....	19
2.3. Akuatik Ortamlarda Doğal Radyonüklitler .....	25
2.4. Göllerin Genel Özellikleri .....	28
2.4.1. Göl Kirliliği .....	31
2.5. Göll Sedimentleri.....	34
2.6.4. Kozmojenik Kökenli Sedimentler .....	39
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM .....</b>	<b>37</b>
3.1. Çalışma Alanımız .....	37
3.2. Deneysel Çalışma .....	39

**İÇİNDEKİLER (Devam ediyor)**

	<b><u>Sayfa</u></b>
<b>4. SONUÇLAR .....</b>	<b>43</b>
4.1. <sup>137</sup> Cs Aktivite Konsantrasyonları .....	48
4.2. Doğal Radyonüklitlerin Aktivite Konsantrasyonları .....	51
<b>5. TARTIŞMA .....</b>	<b>59</b>
<b>6. ARAŞTIRMA KONUSUNUN ÖNEMİ VE ÖNERİLERİ .....</b>	<b>63</b>
<b>KAYNAKLAR DİZİNİ .....</b>	<b>65</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>79</b>

**ŞEKİLLER DİZİNİ**

<b><u>Şekil</u></b>	<b><u>Sayfa</u></b>
1.1. Yapay ve Doğal radyonüklitlerin çevreye dağılımı.....	7
2.1. <sup>137</sup> Cs Bozunum Şeması.....	16
2.2.1.Uranyum-238 radyoaktif bozunumu .....	22
2.2.2.Toryum-232 radyoaktif bozunumu.....	23
2.2.3.K-40 radyoaktif bozunum şeması.....	24
2.4.1. Göllerin kirlenme durumuna göre sınıflandırılması.....	33
3.2.1. Piston corer (kor alıcı sistem).....	40
3.2.2 Alınan kor örnekleri.....	40
3.2.3. HPGe spektrometre sistemi.....	42
4.1.1. Kor 1A için <sup>137</sup> Cs aktivite konsantrasyonları.....	48
4.1.2. Kor 2A için <sup>137</sup> Cs aktivite konsantrasyonları .....	49
4.1.3. Kor 3A için <sup>137</sup> Cs aktivite konsantrasyonları .....	49
4.1.4. Kor 3 için <sup>137</sup> Cs aktivite konsantrasyonları .....	50
4.1.5. Kor 7 için <sup>137</sup> Cs aktivite konsantrasyonları .....	50

**ŞEKİLLER DİZİNİ (Devam ediyor)**

<b><u>Sekil</u></b>	<b><u>Sayfa</u></b>
4.2.1. Kor 1A için $^{232}\text{Th}$ aktivite konsantrasyonları.....	51
4.2.2. Kor 2A için $^{232}\text{Th}$ aktivite konsantrasyonları .....	52
4.2.3. Kor 3A için $^{232}\text{Th}$ aktivite konsantrasyonları.....	52
4.2.4. Kor 3 için $^{232}\text{Th}$ aktivite konsantrasyonları .....	53
4.2.5. Kor 7 için $^{232}\text{Th}$ aktivite konsantrasyonları.....	53
4.2.6. Kor 1A için $^{226}\text{Ra}$ aktivite konsantrasyonları.....	54
4.2.7. Kor 2A için $^{226}\text{Ra}$ aktivite konsantrasyonları .....	54
4.2.8. Kor 3A için $^{226}\text{Ra}$ aktivite konsantrasyonları.....	55
4.2.9. Kor 3 için $^{226}\text{Ra}$ aktivite konsantrasyonları .....	55
4.2.10. Kor 7 için $^{226}\text{Ra}$ aktivite konsantrasyonları.....	56
4.2.11. Kor 1A için $^{40}\text{K}$ aktivite konsantrasyonları .....	56

**ŞEKİLLER DİZİNİ (Devam ediyor)**

<b><u>Sekil</u></b>	<b><u>Sayfa</u></b>
4.2.12. Kor 2A için $^{40}\text{K}$ aktivite konsantrasyonları .....	57
4.2.13. Kor 3A için $^{40}\text{K}$ aktivite konsantrasyonları.....	57
4.2.14. Kor 3 için $^{40}\text{K}$ aktivite konsantrasyonları .....	58
4.2.15. Kor 7 için $^{40}\text{K}$ aktivite konsantrasyonları.....	58



**ÇİZELGELER DİZİNİ**

<b><u>Cizelge</u></b>	<b><u>Sayfa</u></b>
1.1. Primordial Radyonüklitler .....	4
1.2. Kozmojenik Radyonüklitler.....	5
4.1. 1A korundaki aktivite konsantrasyonları .....	43
4.2. 2A korundaki aktivite konsantrasyonları .....	44
4.3. 3A korundaki aktivite konsantrasyonları .....	45
4.4. 3 korundaki aktivite konsantrasyonları .....	46
4.5. 7 korundaki aktivite konsantrasyonları .....	47
5.1. $^{137}\text{Cs}$ (Bu çalışma) ve $^{210}\text{Pb}$ için bulunan sedimantasyon hızlarının karşılaştırılması.....	60

## HARİTALAR DİZİNİ

<b><u>Harita</u></b>	<b><u>Sayfa</u></b>
3.1. Örnekleme Noktaları.....	39
6.1. Metsamor Nükleer Enerji Santrali .....	63

## 1.GİRİŞ

18.yüzyılda başlayıp 19. yüzyılın ortalarına kadar (1870'ler) süren sanayileşme süresince demir ve kömür asıl enerji kaynağını ve hammaddeyi oluşturmaya başladı. Makine kullanımının yaygınlaşması sonucu büyük fabrikalar kuruldu. Sanayi devriminin ikinci aşamasında (1870'ler sonrası) temel hammadde ve enerji kaynaklarında değişiklik ortaya çıktı. Kömür ve demirin yanında çelik, elektrik, petrol ve kimyasal maddeler de üretim sürecine girdi. Diğer taraftan 1896 radyoaktivitenin keşfi ile nükleer teknoloji süreci başladı. Artan nüfus, enerji, hammadde ve teknolojiye duyulan ihtiyacı arttırdı. Tüm bu gelişmeler yaşadığımız çevreyi olumsuz yönde etkiledi.

Günümüzde de sanayi atıkları, uranyum içeriği yüksek olan kömürlerle çalışan santral atıkları, sağlık ve diğer alanlarda kullanılan radyoaktif maddelerden kaynaklanan atıklar, tarımda kontrolsüz gübre ve ilaç kullanımı ve ayrıca nükleer santrallerden çıkan zehirli fisyon ürünleri atmosfere ve denizel ortamlara karışarak ekosistemde ağır metaller ve radyoaktif kirleticilerin yoğunluğunu arttırmaktadır

Denizden, karadan ve atmosferden kirletilme potansiyeli olan denizler, kirlenmenin en yoğun olduğu ortamlardır. Özellikle fosfat işleme tesislerinin çoğalması, petrol rafinerilerinin yaygınlaşması, yapay gübre, deterjan, pestisit ve fosil yakıt kullanımına paralel olarak doğal radyonüklit ve ağır metal konsantrasyonları hızla artmaktadır (Topçuoğlu, 2005). Denizlerdeki kirlenmenin önemli bir kaynağı katı atıklardır ve 1946 yılına kadar katı atıkların depolanması için denizler kullanılmıştır.

Daha sonra 1972 yılında 91 ülkenin katılımıyla katı atıkların denizel ortamlarda depolanması yasaklanmıştır (Clark,1989).

Genel olarak ağır metaller gibi bazı radyonüklitler de ( $^{210}\text{Po}$ ,  $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{234}\text{Th}$ ), düşük çözünürlüğe sahip olduklarından deniz suyunda partikül materyallere adsorblanma eğilimindedirler. Partikül materyallere adsorblanan radyonüklitler, bu partiküllerin sedimentasyonu ile sediment yüzeylerinde birikmesidir (Topçuoğlu, 2005).

İnsanlardan kaynaklanan kirliliğin en önemli kanıtı sedimentlerde iz metal ve radyonüklitlerin yoğun olarak birikimidir. Gözlenen yüksek düzeylerdeki birikimler doğal jeolojik koşullardan çok yapay etkilere dayandırılabilir (Lord ve Thompson, 1988; Davies, 1991; Baird, 2001).

Su bünyesindeki sedimentteki kirliliğin yoğunluğu; kirliliğin hareketi ve akısı, akümülyasyon hızı ve dağılımı genel olarak ekosistemde meydana gelen insan kaynaklı olaylar ile doğal etkiler hakkında bilgi sağlamak için önemli bir kaynaktır (Ayçık, 2004; İçhedef, 2006). Özellikle sedimentlerdeki radyonüklit birikimlerinin izlenmesi bir bölgedeki kirliliğin nedenlerini ve sonuçlarını yorumlayabilmek için temel oluşturur (Kumar, 1999; İçhedef, 2006).

Denizel ortamlar için tehlikeli ve insan sağlığına zarar verebilen önemli kirlitici unsurlardan biri doğal ve yapay radyonüklitlerdir. Denizlerdeki doğal radyoaktivitenin büyük kısmını uranyum, toryum bozunum serisi ürünleri,  $^{40}\text{K}$  izotopu ve kozmik ışınlar oluşturmaktadır.

Denizel ortamlarda doğal radyonüklit 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 gigawatt 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; İçhedef, 2006).

Akuatik çevrede, radyonüklitler kaynaklarına ya da oluşumlarına göre üç ana grupta incelenebilir.

1. Kıtasal kayaların hava etkisiyle olan değişiminden meydana gelen primordial( başlangıçta var olan ) radyonüklitler.
2. Kozmik radyasyondan meydana gelen kozmojenik radyonüklitler.
3. Doğada yapay olarak var olan antropojenik ya da geçici radyonüklitler ve izleyiciler.

$^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$  ve  $^{235}\text{U}$  gibi primordial radyonüklitler yeryüzünün oluşumundan itibaren olan ve pek çok kısa yarı ömürlü(radyum, radon, polonyum, bizmut ve kuşun izotoplarını içermektedirler) ürünlerinden daha uzun yarı ömre sahiptirler. Primordial radyonüklitlerin listesi Tablo1.1. de verilmektedir. ( Swarzenski, Corbett, Smoak, Mckee, 2000)

Radyonüklit	İzotopik Bolluk (%)	Yarı Ömür (yıl)
<sup>40</sup> K	0.0117	1.26x10 <sup>9</sup>
<sup>87</sup> Rb	27.83	4.88x10 <sup>10</sup>
<sup>115</sup> In	95.72	4.4x10 <sup>14</sup>
<sup>123</sup> Te	0.905	1.3x10 <sup>13</sup>
<sup>138</sup> La	0.092	1.06x10 <sup>11</sup>
<sup>174</sup> Hf	0.162	2x10 <sup>15</sup>
<sup>187</sup> Re	62.60	4.2x10 <sup>10</sup>
<sup>232</sup> Th	100	1.41x10 <sup>10</sup>
<sup>235</sup> U	0.72	7.04x10 <sup>8</sup>
<sup>238</sup> U	99.27	4.46x10 <sup>9</sup>

Tablo 1.1. Primordial Radyonüklitler

Kıtasal hava hareketlerinin sonucu oluşan bu primordial radyonüklitler nehirlerin akıntıları ile göllere, denizlere ve okyanuslara girerler.

Kozmojenik radyonüklitler atmosferde bulunan elementlerle( <sup>14</sup>N, <sup>16</sup>O ve <sup>40</sup>Ar gibi ) , öncelikli olarak güneşten gelen, kozmik ışınların etkileşimi tarafından atmosferin üst tabakalarında oluşmaktadırlar. Yarı ömürlerinin aralığı milyon yıllar ile aylar arasında değişmektedir Tablo2 de görüldüğü gibi ve atmosferde karasız kalma süreleri fizikokimyasal proseslerle kontrol edilir. Bu nüklitler akuatik ortamlara kuru ve yaş depozisyonla girer ve bu nedenle coğrafik dağılımları tahmin edilebilir.

Radyonüklit	Yarı Ömür (yıl)	Tahmin Edilen Üretim Hızları (atom/ m <sup>2</sup> y )
<sup>3</sup> H	12.33	1.6x10 <sup>11</sup>
<sup>10</sup> Be	1.6x106	1.26x10 <sup>10</sup>
<sup>115</sup> In	269	4.2x10 <sup>10</sup>
<sup>39</sup> Ar	5730	7x10 <sup>11</sup>
<sup>14</sup> C	7.2x105	4.8x10 <sup>7</sup>
<sup>26</sup> Al	0.24	4.8x10 <sup>8</sup>
<sup>35</sup> S	3.01x105	5x10 <sup>8</sup>
<sup>36</sup> Cl	2.13x106	
<sup>81</sup> Kr		

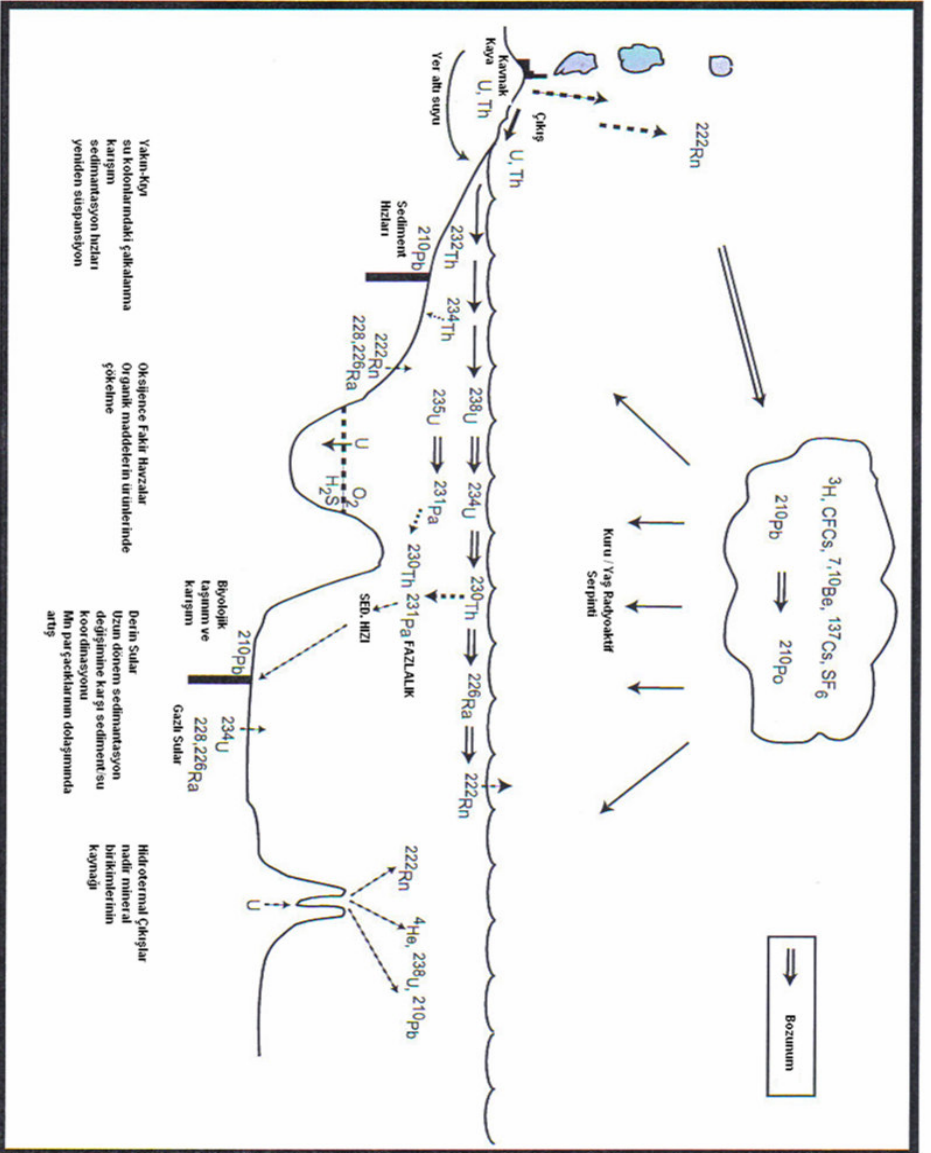
Tablo 1.2.Kozmojenik radyonüklitler

Genel olarak antropojenik radyonüklitler ve izleyiciler sanayileşme ya da nükleer reaksiyonlar sonucu ortaya çıkarlar. Nükleer reaktörlerdeki <sup>235</sup>U'in fisyonu ve nükleer silah denemeleri bu radyonüklitlerin çevreye yayılmalarında önemli kaynaklardır.

Yapay radyonüklitlerin, özellikle <sup>137</sup>Cs'nin atmosferik depozisyonunu 1950'lerin sonlarında ve 1960'ların başlarındaki nükleer silah denemeleri ve 1986'daki Çernobil kazası meydana getirmektedir. Silah denemeleri yüzünden <sup>137</sup>Cs'nin dünya çapındaki toplam depozisyonu Çernobil kazasından yüz defa daha yüksek olduğu düşünülmektedir( Muck, 1997). Serbest <sup>137</sup>Cs'nin silah denemelerinden

gelen aktivitesinin  $9,6 \times 10^2$  PBq ve Çernobil kazasından gelen aktivitesinin 85PBq olduğu bildirilmektedir( UNSCEAR, 1982; OECD, 1996 ). Atmosferik nükleer silah denemelerinden serbest hale geçen yapay radyonüklitlerin bir kısmı troposfer ve stratosfer tabakalarına taşınmaktadır. Newell ( 1971 ) muson rüzgarları bahar ve sonbahar da oluştuğunda ekvator çevresinde çok özel sirkülasyon meydana gelmesinin ve mevsimsel değışimlerin troposferdeki örnek taşınımına sebep olduğunu göstermiştir.





Şekil 1.1. Yayı ve Doğal radyonuklidlerin çevreye dağılımı

## 1.1. Nükleer Tekniklerin Tarihlemede Kullanılması

Endüstri, tarım, tıp, arkeoloji gibi pek çok alanda uygulanan nükleer teknikler tarihleme çalışmalarında da yaygın olarak kullanılmaktadır.

Tarihlemede kullanılan en önemli radyoizotoplar  $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  ve  $^7\text{Be}$  dir.

$^7\text{Be}$  oksijen ve nitrojen ile kozmik ışınların etkileşmesi sonucu atmosferde oluşur, yarı ömrü 54 gün gibi çok kısa bir süredir. Çok reaktif bir elementtir ve tanecikli materyallere çok çabuk bağlanır. Jeokimyası ve yarı ömrünün kısa olması yüzünden, yıllık zaman skalasından daha az süreler için sediment taşınımı ölçümlerinde kullanılmaktadır. En tortul sistemlerde, santimetre ile milimetre arasında sediment birikimi olur, izotop yüzeyde 1 ile 2cm de tutulur. Bu izotopların en iyi kullanımı bir alandaki akı( $\text{g}/\text{cm}^2/\text{yıl}$ ) ya da toplam envanteri belirlemektir ve alanların çevresi ile hacmini karşılaştırmaktır.( SLICS, 2008 )

Yarı ömrünün 22,3 yıl olması nedeniyle  $^{210}\text{Pb}$  sedimantasyon çalışmalarında izlenen en önemli doğal radyoaktif izotoptur. Örneklerde bulunan  $^{210}\text{Pb}$  gama veya alfa spektroskopisi kullanılarak ölçülebilmektedir.  $^{210}\text{Pb}$ 'un gama spektroskopisi ile 47keV enerji piki kullanılmaktadır ancak düşük enerji gama spektroskopisinin bazı dezavantajları vardır. Spektrumun düşük enerji tarafında Bremsstrahlung fotonlarından kaynaklanan yüksek bir gürültü gözlenir (Schlitt B.et al., 1994 ). Ayrıca, sediment gibi yoğun örneklerde self absorpsiyonun etkisinden kaynaklanan hatanın düzeltilmesi gerekir.  $^{210}\text{Pb}$ 'un alfa

spektroskopisi ile izlenmesinde beta bozunum ürünü olan  $^{210}\text{Po}$  kullanılır.  $^{210}\text{Po}$  elektrodepozisyon ve alfa spektroskopi tekniği ile  $^{210}\text{Pb}$  yöntemi kullanılarak sedimentasyon hızının tayini ve kirlilik tarihlemesi yapılır.

Yarı ömrü 30,2 yıl olan  $^{137}\text{Cs}$  de yapay bir radyonüklit olarak sedimentolojik ve tarihleme çalışmalarında kullanılan diğer bir önemli radyonüklittir.

Bu çalışmada Van Göl'ü sediment korlarında  $^{137}\text{Cs}$ 'nin profil dağılımı incelenerek tarihleme yapılmış ve bölgede  $^{210}\text{Pb}$  ile yapılan çalışmanın ( Yıldız , 2008) sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

## **1.2. Araştırma Konusunun Dünyadaki ve Türkiye'deki Durumu**

Dünyada çeşitli araştırmacılar farklı ekosistemlerdeki sedimentasyon olayını ve birikimin tarihlenmesini  $^{210}\text{Pb}$  ve  $^{137}\text{Cs}$  radyonüklitleriyle incelemişlerdir. Gerek kapalı bir ekosistem olmaları gerekse bu ekosistemdeki sediment birikimine neden olacak kaynakların (nehirler ve erozyon) belirlenmesinin kolaylığı göllerin bu çalışmalarda tercih edilir olmasını sağlamıştır.

Yan ve arkadaşları (2001), Çin'de bulunan Dailan Göl'ünün merkezinden toplanan kor örnekleri ile yaptıkları çalışmada 1963 nükleer silah denemelerinin olduğu  $^{137}\text{Cs}$  ana pik aktivitesini 25 - 30 cm derinliğinde  $39.20 \pm 2.27$  Bq/kg ve bu tarihten yararlanarak sedimentasyon hızını 0.41 cm/y olarak bulmuşlardır. .  $^{137}\text{Cs}$ 'nin ikinci

piki 1986 Çernobil kazasının olduğu ana pik aktivitesi 16 – 18 cm derinliğinde  $12.60 \pm 0.81$  Bq/kg ve bu tarihten yararlanarak sedimantasyon hızını 2.25 cm/y bulmuşlardır.

Albrecht ve arkadaşları (1998), İsviçre'nin farklı göllerinden aldıkları sediment kor örneklerinde  $^{137}\text{Cs}$  tarihleme tekniğini kullanmışlardır. Greifensee'de sedimantasyon hızını 0.5 ile 2.5 cm/y, Biel Göl'ünde 1.4 ile 3.5 cm/y, İsviçre nehirleri Aare ve Ren de sedimantasyon hızları aynı aralıkta 1.8 ile 3.4 cm/y oranında değiştiği bulmuşlardır. Sediment kor örneklerinden elde edilen grafiklerde ilk 10 ile 20 cm aralığında değişen derinliklerde 1986 Çernobil kazası ile ilgili veriler elde etmişlerdir.

Ayçık ve arkadaşları ( 2003 ), Romanya sahil şeridinde  $^{137}\text{Cs}$  ve  $^{210}\text{Pb}$  kullanarak yaptıkları tarihleme çalışmalarında, sedimantasyon hızını  $0.15 \pm 0.03$  cm/y olarak belirlemişlerdir. İlk yüksek pikin 1986 Çernobil kazasından kaynaklandığını, 4 – 5 cm derinliğindeki diğer pikin 1954 – 1964 yılları boyunca devam eden nükleer silah denemelerinden kaynaklandığını belirlemişlerdir.

Callaway ve arkadaşları (1996 ), Baltık Deniz'inde( Polonya ) ve Kuzey Deniz'i ( İngiltere ve Hollanda ) boyunca uzanan beş sulak kıyıda toplanan sediment kor örneklerinde Çernobil kazasından gelen  $^{137}\text{Cs}$  kullanarak sedimantasyon hızını belirlemişlerdir. 1963 – 1986 periyodunda 0.26 ile 0.85 cm/y, 1986 – 1991 periyodunda 0.30 ile 1.90

cm/y oranında değiştiği belirlenmişlerdir.

Literatürde birçok çalışmada (Somayajulu, 1999; Jha, 2003; Santchi, 2001, Masque, 2003; Pfitzner, 2004)  $^{137}\text{Cs}$  ile tarihleme yöntemi  $^{210}\text{Pb}$  ile birlikte ve  $^{210}\text{Pb}$  yöntemini desteklemek amacıyla kullanılmaktadır. Bu çalışmaların çoğunda her iki yöntemin birbirine yakın sonuçlar verdiği ve tutarlılık gösterdiği görülmüştür.

Krishnaswami ve arkadaşları (1971) tatlısu göl sedimentlerini tarihlemek için  $^{210}\text{Pb}$  yanı sıra diğer üç radyonükliti ( $^{32}\text{Si}$ ,  $^{55}\text{Fe}$  ve  $^{137}\text{Cs}$ ) ölçerek kullanmışlar ve  $^{210}\text{Pb}$ 'un yüzyıl veya yüzyıl kadar yaşlı göl sedimentlerini tarihlemek için ideal olduğu kararına varmışlardır. Daha sonra, Koide ve arkadaşları (1972, 1973) yöntemin yararlığını onaylamış ve bir seri gölde sedimentasyon hızlarını belirlemişlerdir. Bir başka çalışmada Robbins ve arkadaşları (1978) Ontario ve Erie gölünde kütle sedimentasyon hızını tahmin etmek için ambrosia (ragweed) polen kullanmışlar ve deneysel şüphede içinde sedimentasyon hızlarını elde etmede  $^{210}\text{Pb}$  ve  $^{137}\text{Cs}$  yöntemlerinin oldukça iyi olduğunu gözlemişlerdir.

Edgington ve arkadaşları (1991) yapay  $^{137}\text{Cs}$  ve doğal  $^{210}\text{Pb}$ 'u Baikal gölünde sedimentasyon hızlarını hesaplamakta kullanmışlardır. Sonuçları paleolimnological olguların zamanı, göldeki farklı depozisyonel bölgelerin ömrü, sediment ve kütle-denge modellerin gelişimi hakkında bilgi sağlamıştır (Von Gunten ve Moser, 1993; Uğur ve Yener, 1998; Kumar, 1999).

Ülkemizde bu konuda yapılmış ilk çalışma Erten ve arkadaşlarının 1985 yılında Marmara Denizi'nde yaptıkları çalışmadır. İstanbul Boğazi'ndan alınan iki korda  $^{210}\text{Pb}$ 'un kütle derinliğiyle değişimi incelenmiş ve sediment akümülyasyon hızları sırasıyla  $0.06 \text{ g cm}^{-2} \text{ yıl}^{-1}$ ,  $0.09 \text{ g cm}^{-2} \text{ yıl}^{-1}$  olarak belirlenmiştir.

Ülkemiz göllerinde radyonüklit dağılımı açısından yapılmış olan sistematik bir çalışma bulunmamaktadır. Ülkemiz sahillerinde  $^{210}\text{Pb}$  ile deniz sediment korlarında ilk tarihleme çalışmaları Gökova Körfezi'nde A. Uğur ve G. Yener (2001) tarafından, İzmir Körfezi'nde M. İçhedef ve arkadaşları tarafından (2006) gerçekleştirmiştir. Ayrıca Gönülalan ve arkadaşları tarafından (2006) yapılan bir çalışmada Ege Denizi'nden alınan yüzey sedimentlerinde  $^{210}\text{Po}$  ve  $^{210}\text{Pb}$  aktivite konsantrasyonları belirlenmiştir.

Lima ve arkadaşları (2004) İtalya'nın Campania bölgesinden alınan farklı nehir sedimentlerinde, doğal radyoaktivitenin sediment yapısına katılan kayaç türlerine göre değişimini göstermişlerdir.

Benzer bir çalışmayı Abdi ve arkadaşları (2008) İran körfez sedimentlerinde yaparak ortalama  $^{238}\text{U}$  konsantrasyonunu uluslar arası sınırın üstünde bulmuşlardır.  $^{232}\text{Th}$  konsantrasyonu bildirilen sınırlardan düşük bulmuşlardır (UNSCEAR, 1998).  $^{40}\text{K}$ 'ı ise sınır değerlerinin üstünde bulmuşlardır.

Powell ve arkadaşları (2007) Güney Carolina'da bulunan Reedy nehrinden aldıkları sediment örnekleri ile yaptıkları çalışmada,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  ve  $^{40}\text{K}$  konsantrasyonlarını sırası ile  $45,3\pm 4,9$ ,  $21,4 \pm 1,8$  ve  $609,3\pm 34,5$  Bqkg<sup>-1</sup> olarak bulmuşlardır.

Ülkemizde çeşitli nehir, çay ve deniz sedimentleri doğal radyoaktivite bakımından incelenmiştir. Bakaç ve arkadaşları (1992) Çine çayı sedimentlerini araştırmışlar ve Çine çayının Büyük Menderes nehrine döküldüğü noktalarda uranyum mineral yatağı bulunacağı ihtimalini göstermişlerdir.  $^{232}\text{Th}$  ve  $^{40}\text{K}$  bazı örnekleme noktalarında belirgin tepe değerleri göstermektedir.

TAEK Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi tarafından Marmara sahil şeridinde yapılan radyoaktif kirlilik çalışmasında Sediment örneklerinde doğal radyoaktivite seviyesi yosun örneklerine göre daha fazla bulunmuştur. ( Küçükcezzar ve arkadaşları, 2004)

## 2. GENEL BİLGİLER

Akuatik ortamda bulunan çok sayıdaki doğal ve yapay radyoizotoptan  $^{210}\text{Pb}$  ve  $^{137}\text{Cs}$ , çevresel radyoaktif kirliliğe katkıda bulunan en önemli iki radyonüklittir. Diğer taraftan bu radyonüklitler erozyon, sedimantasyon ve tarihlemeye uygulanan nükleer tekniklerde de yaygın olarak kullanılmaktadır.

Deniz çevresindeki yapay radyonüklitlerin önemli bir bölümü kısa yarı ömürlü iken sadece birkaçı uzun yarı ömre sahiptir. Bu radyonüklitler içinde en önemlilerinden bir tanesi  $t_{1/2}=30.17$  yıl yarı ömrü ile  $^{137}\text{Cs}$ 'dir.  $^{137}\text{Cs}$ , atmosferden havadaki partiküllerle dağılarak kuru ve yaş depozisyonla karasal ve denizel ortama yayılır (İçhedef, 2006 ).

Yapay radyonüklitler; nükleer silah denemeleri, nükleer güçle çalışan elektrik santralleri ve nükleer tıp uygulamaları gibi birçok suni aktivite sonucunda oluşmuştur. Deniz çevresindeki yapay radyonüklitlerin kaynakları arasında küresel atıklar, nükleer silah denemeleri, nükleer tesislerden sızıntı, radyoaktif atık yığınları, nükleer denizaltı ve uçak kazaları sayılabilir.

### 2.1. $^{137}\text{Cs}$

$^{137}\text{Cs}$  radyoizotopu, yarı ömrü 30.2 yıldır(He ve Walling 1996), belirli özelliklere sahiptir, varlığını uzun süre sürdürebilen sediment

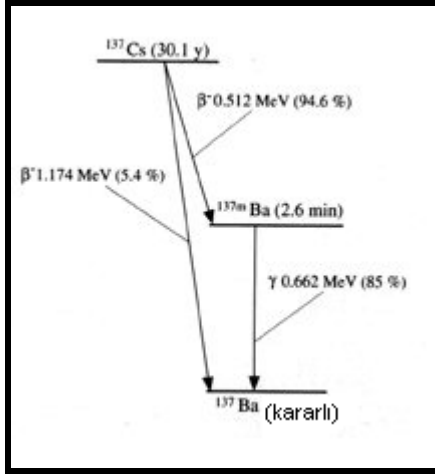


izleyicisidir. Ritchie ve McHenry' ye göre (1990) bu özellikler aşağıdaki gibidir:

- ✓  $^{137}\text{Cs}$ 'nin doğal bir kaynağı yoktur. En önemli fisyon ürünlerinden biridir, fisyon verimi yüksektir.
- ✓ Radyoaktif serpinti, enlemsel bölgelere düşen yağış miktarı ile doğrusal olarak değişen toplam radyoaktif serpinti ile yerel yağış düzenine güçlü bir şekilde bağlıdır.
- ✓ Yeryüzündeki radyoaktif serpentinin geçici ve uzamsal dağılımı kapsamlı olarak ölçülmektedir ve kaydedilmektedir.
- ✓  $^{137}\text{Cs}$  kil ve organik parçacıklar tarafından güçlü bir şekilde adsorplanır ve değişmeden kalır.
- ✓ Sediment ve toprak yüzeyindeki adsorpsiyon, toprak derinliği ile exponansiyel bir azalma gösteren hareketsiz toprak profillerindeki dağılım yanında hızlıdır.

$^{137}\text{Cs}$ 'nin Zamana Ait Girişleri;

- ✓ Dedekte edilebilen  $^{137}\text{Cs}$  1954'te bulunmuştur
- ✓ ilk pik 1958 ile 1959 da gözlenmiştir.
- ✓ ikinci pik 1962 - 1964 arasında meydana gelmiştir
- ✓ 1986 da ki Çernobil Kazası ile bazı ülkeler ek  $^{137}\text{Cs}$  yağışına maruz kalmışlardır (Yumurtacı, 2004)



Şekil 2.1.  $^{137}\text{Cs}$  Bozunum Şeması

$^{137}\text{Cs}$  suda çözünebilir ve çok az miktarı büyük ölçüde zehirlidir. Çevreye serbest olarak yayılır ve uzun yarı ömrü nedeni ile uzun yıllar kalır.  $^{137}\text{Cs}$  1,174MeV(5,4%) ve 0,512MeV(94,6%) enerjilerinde beta yayımlar, uyarılmış seviyelerden 661.6keV( $^{137\text{m}}\text{Ba}$ 'in foton enerjisi ) enerjili gama yayımlayarak taban düzeylere döner. Bu fotonlar gıda ışınlamasında ya da kanser radyoterapisinde kullanılabilir.  $^{137}\text{Cs}$  yüksek gama aktiviteli diğer izotoplar gibi endüstriyel radyografi için yaygın olarak kullanılmamaktadır. Bazı nem ve yoğunluk ölçeklerinde, akış metrelerde ve diğer alıcı ekipmanlarında bulunabilmektedirler.  $^{137}\text{Cs}$ 'nin biyolojik davranışı potasyuma benzerdir.( NCRP, 2006 ) Organizmaya girdikten sonra tüm sezyum vücutta çok ya da az bir şekilde düzgün olarak dağılır, yoğun olarak kas dokusunda ve çok az kemiklerde bulunmaktadır. Sezyumun biyolojik yarı ömrü 70 gün gibi kısa bir süredir.

1945 de, Amerika Birleşik Devletleri atmosferik nükleer testlere başladığında(Durham ve Joshi 1980; Kathren 1984) çevreye radyoaktif serpinti radyonüklitleri yayılmıştır. Radyoaktif serpinti radyonüklitleri,  $^{137}\text{Cs}$  içermektedir, bunlar atmosferde asılı kalırlar, yer yüzeyine birikirler ve çok çabuk sedimentler tarafından adsorplanırlar. Nükleer testler 1958 ve 1963 de yoğunlaşmış ve  $^{137}\text{Cs}$  aktivitesinin verdiği pikler erozyon, sedimantasyon ve tarihleme için kullanılmaya başlanmıştır.

Radyoaktif serpinti radyonüklitleri ile toprak erozyonu ve taşınımı arasındaki ilişkiyi belirlemek için araştırmalar 1960'ların başlarında başlamış(Ritchie ve McHenry 1990) 1970'lerin başlarında, kapsamlı araştırmalar sediment tarihlemesinde  $^{137}\text{Cs}$ 'nin kullanılması ile yürütülmüştür. Appleby ve Smith (1993)  $^{137}\text{Cs}$  ve  $^{210}\text{Pb}$  karşılaştırması ile ilgili çalışmalar yapmıştır.

**$^{137}\text{Cs}$ 'nin Sediment Yapısına Taşınımı;** Nükleer silah denemeleri ve reaktör kazaları ile atmosfere yayılan katyonik formdaki  $^{137}\text{Cs}$  ( $\text{Cs}^+$ ) yağış ile birlikte toprağa ulaştığında hızla toprak taneciklerine karışır ve tutunur. Topraklar tarafından tutunmasının kimyasal özelliği kil minerallerinin iyon değişim özelliklerini gösterir. Aynı zamanda katyonik çevre, topraklardaki  $^{137}\text{Cs}$  tutulmasını etkilemektedir. K ve Na gibi katyonların konsantrasyonlarının artışı kil mineralleri tarafından  $^{137}\text{Cs}$ 'nin tutulmasını azaltır. Kil mineralojisine ek olarak, toprağın organik ve kil içeriği asıl  $^{137}\text{Cs}$  tutulmasını etkileyen toprakların katyon değişim kapasitesini (KDK) belirler. Sawhney, vermiculite'nin büyümesi ve KDK'nın genişlemesiyle  $^{137}\text{Cs}$ 'nin daha fazla tutunduğunu bulmuştur.

Yüzey topraklarında  $^{137}\text{Cs}$ 'nin dağılımı organik madde miktarı ile ilişkilidir(Öztaş,1993; Saç, 2003; Yumurtaçı, 2004)

Toprakta tutunan  $^{137}\text{Cs}$  erozyon ile göllere giriş yaparak zamanla sediment üzerinde birikir ve sediment profili boyunca dikey dağılım gösterir.

**Akuatik Ortamlarda  $^{137}\text{Cs}$ ;**  $^{137}\text{Cs}$  akuatik ortama direkt olarak girdikten sonra bir kısmı çözünür bir kısmı da askıdaki organik ve inorganik parçacıklar tarafından adsorplanır. Daha sonra sediment yüzeyinde birikir. Akuatik ortamlardaki dalgalanmalar radyosezyumun tekrar hareketine sebep olabilir. Radyoaktif sezyumun hareketli kısmı akuatik sistemlerden hidrolojik yolla taşınır.

Akuatik çevrede radyoaktif sezyumun davranışı ve sedimentte radyoaktif sezyumun evrimi,  $\text{Cs}^+$  nın kimyasal davranışına, fizikokimyasal şartlara, çevreye ve biyolojik aktivite ile yönetilen etkileşimlere bağlıdır. Uzun periyotlarda göllerin karakteristik özelliklerinde ve sedimentlerdeki  $^{137}\text{Cs}$ 'nin aktivite konsantrasyonlarının etkilediği suyu çekilmiş alanların karakterinde biraz farklılıklar olur. (Kapała et al, 2007 )

## 2.2. Doğal Radyonüklitler

Primordial ya da U – Th seri radyonüklitlerinin akuatik ortamlara çok çeşitli giriş yolları vardır.

1. Nehirler pek çok radyonüklitin akuatik ortamlara girmesi için önemli kaynaklardır. Benzer taşınımlar tüm parçacık boyutlarını içermektedir. Uranyum gibi nispeten çözülmüş türler akuatik ortamlarda genellikle çözülmüş ya da koloidal boyuttadır ( $\ll 0.4\mu\text{m}$ ). Buna karşın, çok az çözülmüş toryum nehir suyunda bulunur. Tüm üçlü U – Th bozunma zincirleri nehir suyunda bulunmaktadır.

2. Son derece yüksek parçacık reaktifliği olan toryum izotopları deniz tabanında sürekli Ra – Rn izotopları üretmek için su kolonlarının dışına çöker. Geniş ölçüde hava ya da sıvı gibi ortamlarda yatay olarak hareket edebildiği ve difüzyon ile Ra ve Rn yüzey sularında sürekli bulunduğundan kıyı ve kıyıdan uzak deniz sedimentlerinde de bulunmaktadır.

3. Yeraltı suları( taze ya da geri kazanılmış deniz suyu) hidrolojik değişkenlerinin ya da gel git kuvvetinin uygun olduğu kıyı sularına giriş yapabilir. Kıyı yüzey sularında Radyum izotoplarının ve ürünlerinin yeraltı sularında bulunabilmesi ile sedimentlere birikmesi günümüzdeki bu hareketler ile mümkündür.

4. Uzun ömürlü ana çekirdeklerin radyoaktif bozunumu ile parçalanma ürünü izotoplarının kendiliğinden oluşumu akuatik ortamlar için, özellikle uzun süredir su bulduran derin havzalarda, kaynakların başında olabilir.

5. Kuru ve yaş depozisyonla yüzey sularına giren kozmojenik radyonüklitler( geçici izleyiciler) son önemli kaynaktır.( Swarzenski, Corbett, Smoak, Mckee, 2000)

Doğada bulunan radyoaktif maddeler dünyanın oluşumu sırasında yüksek enerji içeren nükleer reaksiyonlar sonucu meydana gelmişlerdir. Dünyanın oluşumundan sonra yer kabuğu ve yer yüzeyi birçok olaya maruz kaldığından, uranyum ve toryum dünyanın üst kabuğunda kütle halinde ve yüksek yoğunlukta bulunmaz.

Volkanik kayalar ve granitler genel olarak yüksek miktarlarda uranyum ve toryum içerirken daha küçük konsantreler genel olarak kireç taşı gibi çökelti ve tortularda bulunur.

Potasyum daha yaygın olup yer kabuğunun büyük bir çoğunluğunu oluşturur. Doğada, kireç taşında %0.1, bazı granitlerde ise %4' den daha fazla oranlarda bulunmaktadır.( Kathren, 1998 )

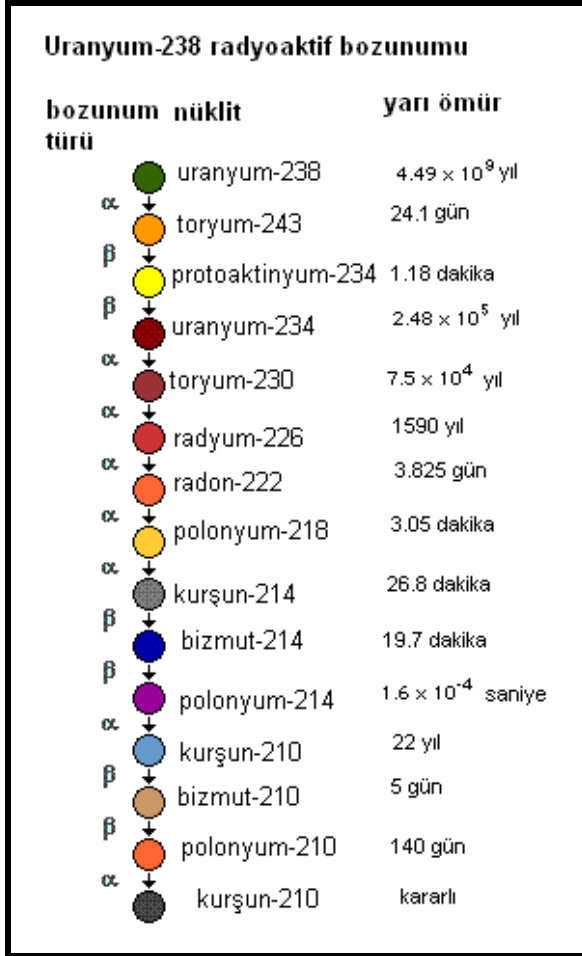
Herhangi bir doğal örnek içinde, bu üç radyonüklit ve ürünleri farklı oranlarda bir arada bulunmaktadır.

Çevresel örneklere ait gama spektrumunda  $^{238}\text{U}$  –  $^{232}\text{Th}$  serilerinin bütün bozunum ürünlerinden gelen gama enerjileri ile  $^{40}\text{K}$  enerjisine ait piklerin hepsi bir arada bulunmaktadır.

**Uranyum;** Doğada doğal olarak bulunan üç izotopa sahip olan bir elementtir. Uranyumun alfa verici bu üç izotopu,  $^{238}\text{U}$ ( $t_{1/2}= 4.5.10^9$ )

%99,27 bolluğa,  $^{235}\text{U}$ ( $t_{1/2} = 7.10^8$ ) %0,72 bolluğa ve  $^{234}\text{U}$ ( $t_{1/2}=2.5.10^5$ ) %0,0057 bolluğa sahiptir.

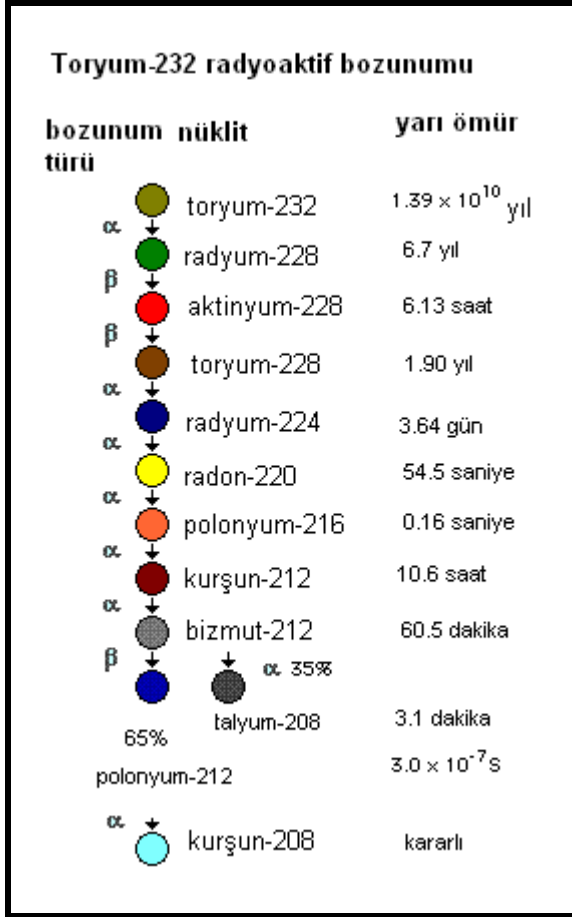
Bozunma zinciri içinde en son kararlı ürün olan  $^{206}\text{Pb}$ 'ya ulaşınca kadar 14 kademe vardır. Sekiz defa alfa parçacığı yayımı yaptıktan sonra altı defa da beta yayımı yapar. Uranyum serisi içinde en önemli gama vericiler  $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{214}\text{Pb}$  ve  $^{214}\text{Bi}$ 'tür. Bunlar uranyum tayininde en çok kullanılan izotoplardır.



Şekil 2.2.1. Uranyum – 238 radyoaktif bozunumu

**Toryum;**  $^{232}\text{Th}$ , doğal toryumun tek izotopudur ve  $t_{1/2} = 1.39 \cdot 10^{10}$  yıl yarı ömürle alfa vererek bozunur.  $^{232}\text{Th}$  zincirinde son ürün  $^{208}\text{Pb}$ 'e ulaşmadan önce ard arda 10 kademede alfa ve beta verici ürünler yer alır. Altı alfa yayımından sonra dört beta parçacığı yayımlar.

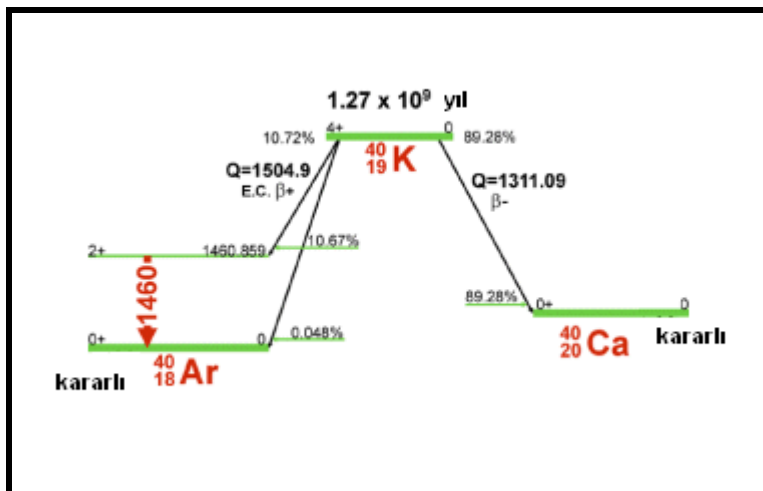




Şekil 2.2.2. Toryum – 232 radyoaktif bozunumu

$^{232}\text{Th}$  serisinde en uzun ömürlü ürün ilk bozunma ürünü olan 5.75 yıl yarı ömürle  $^{228}\text{Ra}$ 'dır ve  $^{232}\text{Th}$ 'nin ürünleri ile daimi dengeye gelmesi için 40 yıl yeterlidir. Dolayısıyla jeolojik örneklerde toryumla torondan önceki ürünlerin daimi dengede olduğu kabul edilir.

**Potasyum;** Basit bir radyoaktif bozunum şemasına sahiptir ve doğal izotoplarından sadece  $^{40}\text{K}$  radyoaktiftir.  $^{40}\text{K}$ 'ın yarı ömrü  $1,27 \cdot 10^9$  yıldır.  $^{40}\text{K}$ 'ın doğal potasyum içindeki relatif izotopik bolluğu %0,0118'dir.



Şekil 2.2.3. K – 40 radyoaktif bozunum şeması

Bozunma şemasının basit olması nedeni ile 1.46 MeV'lik tek bir gama enerjisi ile karakterize edilir ve bozunumun tek enerjili olduğu söylenebilir.

**Radyum;** Radyum, baryuma benzeyen bir radyoaktif alkali toprak metalidir. Periyodik tablonun II-A grubunda yer alır. Marie Curie tarafından 1898'de bileşimi  $\text{UO}_2$ , ve  $\text{U}_3\text{O}_8$  arasında değişen; polonyum ve

radyum oksitlerini de içeren ve Uranyum elementinin en önemli doğal kaynağı olan Uranitit (pitchblend)'ten elde edilmiştir. Radiumun bozundukça siyahlaşan beyaz renkli tuzları vardır. Bu tuzlar, radyasyon nedeni ile havanın iyonlaşmasına bağlı olarak mavimtrak bir ışıldama verir. Radium suda çözünür ve çözeltide  $Ra^{+2}$  olarak bulunur. İzotoplarından en çok bulunan  $^{226}Ra$ 'un yarı ömrü 1622 yıldır. Atom ağırlığı 226, atom numarası 88, erime ve kaynama noktası sırasıyla 700 °C ve 1140 °C'dir.

Yer kabuğunda  $^{238}U$  serisi bozunum zincirinin en önemli radyonükliti olan  $^{226}Ra$  genellikle canlılar tarafından alınarak, kabuk ve kemik dokularında depo olup kemik yapısında kalsiyumun yerini alır. Radium organizmanın yaşam süresi boyunca sabit kalır. Radiumun biyoalımını etkileyen faktörler, tuzluluk, sıcaklık, pH değerleri, ışık ve tür ile ilgili etkenlerdir.

### 2.3. Akuatik Ortamlarda Doğal Radyonüklitler

**Uranyum;** Oksijence zengin akuatik ortamlarda, uranyum termodinamik olarak altı değerlikli (+6) oksidasyon durumunda bulunabilir, fakat şartlar yeterince indirgeyici ise uranyum tetravalent U(IV) olarak da bulunabilir. Dört değerlikli (+4) oksidasyon durumundaki indirgenmiş uranyumun çözünmezliği ya da parçacık reaktifliği (tepkinliği) yüksektir. Buna karşın, U(VI) kararlı inorganik karbonat kompleksinin hızlı oluşumu yüzünden kolaylıkla çözünebilir. Termodinamik hesaplara göre, oksijence zengin düşük pH'lı sularda fosfat uranyum kompleksi önemli bir çeşit olabilir.

Bununla birlikte, yüksek pH'lı örneğin deniz suyunda, her yerde bulunan karbonat kompleksi baskındır. Günümüzde bazı sonuçlar göstermektedir ki uranyum uygun şartlar altında deniz suyunda peroksit(oksijenli su) kompleksi gibi de bulunabilir.

1. Uranil karbonat kompleksinin kararlılığından dolayı, deniz suyunda uranyum evrensel olarak parçalanma ürününün ana ürün aktivite oranı ( $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ ) 1.14 ve ortalama konsantrasyonu  $3.2\mu\text{g/L}$  dir(Swarzenski P. W. et al, 2000 ). Tanecikli yapılar ve dip sedimentler kabaca  $1.10^6$  yıllıktır, bu oran bir bütün olmalıdır( asırlarca süren denge ).

Akuatik ortamlar için çözülmüş uranyumun ana kaynağı fizikokimyasal değişimlerin kıtasal hava akımları ve nehirler ile taşınmasıdır. Oksijensiz havuzlar, zengin organik sedimentler, fosforit ve akuatik bazaltlar, metalli sedimentler, karbonatlı sedimentler ve tuzlu su bataklıkları potansiyel olarak önemli miktarda akuatik U kanalları içerir. Çözültiden uranyumun taşınımı çeşitli yollarla gerçekleşebilir. Kireçli ve silisli organizmalar çözültiden yeterli uranyumu taşıyabilirler.

Evrensel uranyum akısı hesapları tipik olarak iki varsayıma dayanmaktadır.

2. Çözülmüş uranyumun nehir kıyısının sonundaki konsantrasyonları nispeten sabittir.

3. Uranyumun taşınımı ya da önemsiz girişleri kıyı çevrelerde gerçekleşir. Akuatik ortamlar için uranyumun diğer kaynakları çekirdek kabuğundan yayılmalar, derin su sedimentlerinin gazlı sularından

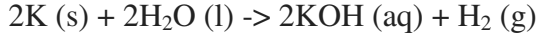
yayılma, nehirlerden taşınan sedimentlerin çözünmesidir.( Swarzenski P. W. et al, 2000 )

**Toryum;** Pek çok kimyasal türler gibi, toryum akuatik çevrelerde parçacık yüzeyleri için büyük bir ilgi göstermektedir. Bu diğer türlerin ve toryumun parçacık reaktifliğine işaret etmektedir çünkü parçacık fazından çözünmüş faza kolayca geçiş yapabilir. Toryum akuatik ortamlarda hidrolize türler gibi var olabilir,  $\text{Th}(\text{OH})^{(4-n)+}_n$ , ve böylece çok büyük ölçüde parçacık reaktifliğine sahip olur.  $^{232}\text{Toryum}$ , U/ Th bozunum serisinin yalnızca non-radyojenik toryum izotopudur. Toryum-232 çoğunlukla parçacık boyutunda kıtasal hava akımlarının etkisi ile akuatik ortamlara giriş yapar. Akuatik ortamların yüzey sularında tipik olarak Th-232'nin parçacıkları ve çözünmüş konsantrasyonları yüksektir. Yüzey sularının zenginleşmesi akuatik ortamlarda Th-232'nin önemli kaynağı olduğu düşünülen nehir akıntıları ve rüzgar nedeniyle oluşan etkilere bağlıdır. Th-232 insan yapımı kirliliklerin, iz metallerin ve radyojenik toryum izotopları arasında bir zincir gibi önerilmektedir. Radyojenik toryum izotopları çok farklı yollardan akuatik ortamlara girerken, Th-232 pek çok kirlilik ve iz metallere benzer şekilde akuatik ortamlara girer. .( Swarzenski et al, 2000; Huh C.A. et al. 1987 )

**Potasyum;** Deniz suyu yaklaşık 400ppm, nehir suları 2-3ppm potasyum içermektedir. Bu farklılık okyanus bazaltlarının potasyum konsantrasyonunun fazla olmasından kaynaklanmaktadır. Kalsiyumca zengin granit %25 potasyum içermektedir. Bu element suda  $\text{K}^+$  iyonu şeklinde bulunur.  $^{40}\text{K}$ , potasyumun doğal olarak bulunan radyoaktif

izotopudur. Deniz sularında yaklaşık  $4.5 \cdot 10^{-5}$  g/L doğal bir konsantrasyona sahiptir.( H:\Potassium (K) and water.htm).

Potasyum su ile çok çabuk ve güçlü bir şekilde reaksiyona girer. Renksiz bazik potasyum hidrooksid çözeltisi ve gaz biçimindedir.



Potasyum suda çözünmez, su ile reaksiyona girer. Potasyum bileşimleri suda çözülebilir.

**Radyum;** Radiumun deniz suyundaki ortalama konsantrasyonu sabittir. Kıyısız sularda radyum konsantrasyonu, sedimentlerin remobilizasyonuna (devinimine) bağlı olarak kıyıda uzak sulardaki konsantrasyonuna göre daha yüksektir (Yamamoto, 1994).

## 2.4. Göllerin Genel Özellikleri

Karalar üzerindeki çukur yerleri dolduran su birikimine göl denir. Kıtaların hemen her tarafına yayılmış olan ve sayıları on binleri aşan göller, büyüklükleri bakımından olduğu gibi, suların kimyasal yapısı, derinliklerinin az veya çok oluşu ve özellikle suların toplandığı göl çanağının meydana geliş biçimine göre farklılıklar gösterirler.

**Yerli Kaya Gölleri;** Bunlar yer kabuğundaki doğal çukurluklarda suların toplanmasıyla meydana gelmişlerdir. Bu doğal çukurluk çeşitli nedenlerle meydana gelmiş olabilir. Bu nedenle yerli kaya gölleri kendi içinde sınıflandırılabilir.

**Tektonik Göller;** Yer kabuğu tektonik hareketler adı verilen oynama hareketleri ile bazı çukurlaşmalara uğrar. Bu çukur yerlerde suların toplanmasıyla meydana gelen göllere tektonik göller denir.

**Krater Göller;** Sönmüş volkan kraterlerinde oluşan göllere volkanik göller ya da krater gölleri adı verilir.

Volkanizma sonucu meydana gelen bir de maar adlı çukurlar vardır. Bunlara patlama krateri adı da verilir. Kraterin etrafında yayvan bir tuf (volkan külü ) birikintisi bulunur. Bu gibi çukurlarda suların toplanmasıyla oluşan göllere maar gölleri denir.

**Buzul Göller;** Buzulların aşındırdığı çukurlarda suların toplanmasıyla meydana gelirler. Buzulların eseri olan çukurlar çeşitlidir. Bunlardan biri buzulların uç kısımlarının aşırı kazılma sonucunda fazla derinleşmesiyle meydana gelir. Alplerin kuzey ve güney eteğindeki göller bu cinsten çukurlarda oluşmuş buzul gölleridir.

Buzul göllerinin diğer bir türü fiyort gölleridir. Kuzey memleketlerinde buzulların eseri olan dar ve uzun körfezlerin(fiyortların) gerisinde görülür. Buzul göllerinin en küçükleri sirk gölleridir. Buzulların yerleşmiş oldukları eski kabul havzalarına sirk denir. Bunlar ön kısımları açık amfiteatr şeklinde dik kenarlı çukurlardır. Bu çukurların en alçak yerlerinde suların toplanmasıyla daire biçimle sirk gölleri meydana gelir.

**Karstik Göller;** Kalkerli yerlerde, kireç taşları ( $\text{CaCO}_3$ ) ile alçı taşlarının (jips) erimesiyle oluşmuş çukurlarda toplanan sular bu gölleri meydana getiriler. Karstik çukurlar çeşitli büyüklükte olduğu için, karstik göllerin de boyutları birbirinden farklıdır. Karstik çukurların en büyüklerine polye adı verilir. Polyelerin tabanında suların yükselmesiyle polye gölleri meydana gelir. Polyeden daha küçük karstik çukurlarda suların toplanması ile de dolin gölleri meydana gelir. Karstik göllerin en küçükleri obruk gölleridir. Kalkerli arazideki doğal kuyulara obruk denilmektedir. Obruk göllerinin derinlikleri fazladır.

**Doğal Set Gölleri;** Çöküntü çukurlarının veya vadilerin önünün bir set ile tıkanmasıyla meydana gelirler. Bu setlerin oluşumu çeşitlidir. Çukurun önünü tıkayan set lavlardan meydana gelmişse göle lav seti gölü denir. Eğer yer kayması sonucunda bir yıkıntı kütle vadiyi tıkarsa bu setin arkasında toplanan sular heyelan gölüne sebebiyet verir. Vadilerin alüvyonlarla tıkanması sonucunda da alüvyon seti gölleri meydana gelir. Buzul istilasına maruz kalmış bölgelerde, buzulların taşıdığı morenler gerisinde moren seti gölleri bulunur. Doğal set göllerinin bir diğer türü de lagünlerdir. Bunlar kıyı bölgelerinde denizin çok yakınında bulunurlar. Meydana gelişlerinde deniz dalgalarının sürüklediği birikintiler rol oynar. Dalgalarla sürüklenen kum ve çakıllar kıyı oku ya da kıyı kordonu adı verilen dar ve uzun şeritler meydana getirerek bir koy ağzını denizden ayırırlar. İşte bu kıyı kordonunun gerisinde meydana gelen göle lagün denir.



### 2.4.1. Göl Kirliliği

Akarsulara göre akış kısıtlanması olan göllerdeki kirliliğin boyutları daha farklıdır. Bir gölün drenaj alanındaki kaya tipi, göl suyunun anorganik bileşimini belirleyen, en önemli unsurdur. Özellikle dışarıya akışı olmayan ve yüzeysel sular arasında kirlenmeye karşı en hassas su grubunu oluşturan göller başta olmak üzere tüm havzadaki kirlilikler, örneğin ağır metaller, zor parçalanabilir pestisitler gibi bozunmayan kirleticiler kirlilik potansiyelini arttırmaktadır. Göllere taşınan besleyici tuzlar ve organik maddelerin etkisiyle zamanla dolar ve yaşlanırlar. Organik maddeler ayrıca göldeki bentik ve plaktonik organizmalar tarafından da oluşturulur. Eğer göller oligotrof ise ötrof hale dönüşür. Ötrofikasyon( ikincil kirlenme) uzun zaman alan bir evredir. Ancak tarımsal veya evsel atıkların karıştığı durgun sularda bu olay çok daha hızlıdır. Ötrofikasyon'un tam olarak tanımı "besleyici tuzların (azotlu ve fosforlu maddeler) doğal ya da yapay nedenlerle göllerde artış sonucu bu ortamlarda canlı organizmaların dolayısıyla organik maddelerin artışıdır". Nitrat ve fosfat, azot ve fosfor içeren en önemli maddeler olup, bu tuzlar ötrofikasyon olayının temel maddeleridir. Bu olayda ayrıca oligoelementler, örneğin bor, bakır, molibden, demir, potasyum, silis ve bazı vitaminler rol oynar. Suyun üstü kalın, renkli bir alg kümesiyle örtülür. Fazla sayıdaki bu bitkisel organizmalar, kuvvetli sıcak ve alçak basınçta çok çabuk ayrışarak oksijen azalmasına sebep olur. Derinlerde oksijen yokluğu nedeniyle demir ve mangan bileşikleri çözülmüş halde suda dağılır. Dibe çöken organik maddeler (Ölü, alg, bitki vb.) orada ayrışarak hidrojen sülfür gibi kötü kokulu gazların

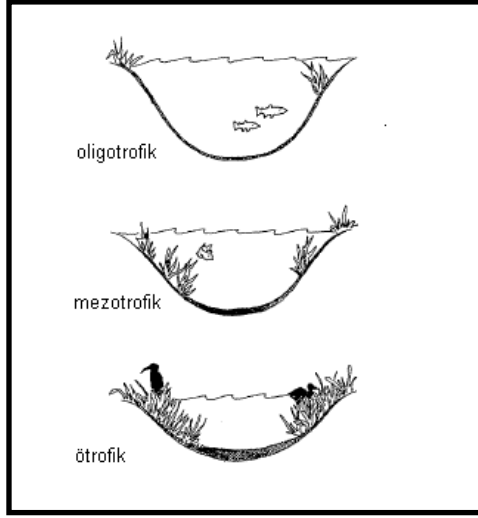
oluşmasına neden olurken metan (  $CH_4$  ) ve karbondioksit (  $CO_2$  ) gibi gazlar da çıkarak su kalitesinin bozulmasına sebep olurlar. Göller'de ötrofikasyon artışına paralel olarak sedimantasyon hızı da artar ve göl gittikçe sığlaşır. (Cirik ve ark.,1993). Gölleri kirlenme durumuna göre üç grupta incelemek mümkündür.

**Oligotrof Göller:** Bu göller besin açısından fazla zengin değildir. Normal olarak derin ve üretim azdır. Besleyici tuzlar bakımından çok zengin olmayan çok az asitli sulardır. Oksijen tüm derinliklerde ve yıl boyunca vardır. Alg oluşumu pek olmaz, buna karşın alglerin tür sayısı çok olabilir. Görünümü berrak mavidir( Cirik, 2005; )

**Mezotrofik Göller:** Oligotroftan ötrof göl yapısına bir geçiş oluşturmaktadırlar(Cirik, 2005).

**Ötrof Göller:** Besin yönünden çok zengin olan bu göllerde askıda ve dipte çok miktarda organik madde vardır. Verimlilik çok yüksektir. En alt tabakalarda bazı dönemlerde (Özellikle yaz dönemlerinde) oksijen azalması görülür. Göl çevresinde yosun ve bitki üretimi vardır. (Thienemann,1925; Cirik, 2005)

Jeolojik olarak genç tüm göller oligotrofik göl iken zamanla ötrofik göl özelliğine kayma gösterir. Bu doğal bir olgudur. Ancak doğal olarak çok yavaş ilerleyen bu olay insan etkisiyle hızlı bir gelişme dönemine girer. Sonuçta su kaynağı kullanılamaz hale gelebilmektedir.



Şekil 2.4.1. Göllerin kirlenme durumuna göre sınıflandırılması

**Göllerde Sedimentasyon Olayı;** Göllerin denizlerden farkı, kapalı sistemler olmalarından dolayı kimi zaman geçmiş kayıtları daha iyi koruyabilmeleridir. Denizlerde hareket göllere göre çok fazladır, dalgalar, akıntılar ve gelgit olayı sedimentasyon hızını etkilemektedir. Göllerde sediment yapısı, radyonüklit çökmesini sağlayan askıdaki materyaller, biyolojik aktivite, sıcaklık, kimyasal özellikler denizlerden çok farklıdır ve sedimentasyon hızını etkileyen önemli parametrelerdir.

Göllerdeki Radyonüklit Girişini ve Dağılımını Etkileyen Faktörler;

- ✓ Atmosferden gelen katkılar
- ✓ Gölde birikim noktaları oluşturan toprak erozyonu
- ✓ Hidrotermal çıkışlar

- ✓ Yerel veya küresel iklim değişimleri
- ✓ Sismik aktiviteler
- ✓ Göl tabanının oluşturan kayaç türleri
- ✓ Göldeki biyolojik çeşitlilik ve döngü
- ✓ Göl çevresindeki tarımsal, endüstriyel ve diğer katkılar

## 2.5. Göl Sedimentleri

Göllerdeki sedimentlerde iyi bir boylanma vardır. Kum ve çakıl ara katkılı çapraz tabakalar bol olarak görülür ve eğimleri göle doğrudur. Göllerde oluşan sedimentlerde gölün büyüklüğüne, çeşidine göre değişir. Akarsular boyunca oluşan küçük göllerin sedimentleri akarsu sedimentlerinden bataklık sedimentlerine doğru bir geçiş gösterir. Diğer küçük göllerde ise, durgun su tipinde ve genellikle ince tanelidirler.

Göl ortamları genellikle detritik birikintilerden az etkilenmişlerdir. Yani, göl ortamlarında genellikle kaba detritik malzeme bulunmaz. Silt boyu kumlar, biyolojik ve kimyasal olarak oluşan marn tipi sedimentler de görülebilir.

Göllerdeki tuz ve gazlar ortamda oluşacak sedimentler üzerinde büyük etki yaparlar. Biyolojik faaliyet azdır.

Göl ve Deniz ortamlarını birbirinden ayıran özellikler;

Göller denizlere göre daha az derindir, daha az alan kapsar, sedimentleri daha incedir, daha kısa jeolojik tarihe sahiptir, ekinoid, brakyapod, mercan, bryozoa ve cephalopodları bulunmaz. Bunlar tatlı sularda yaşayamazlar bu nedenle denizleri karakterize ederler.

**Sediment Kayaçların Sınıflandırılması;** Yer kabuğundaki kayaçlardan özellikle sedimenter kayaçlar, yer yüzünde meydana gelmiş olayların kayıtlarını barındırırlar. Kısacası sedimentler çoğu özelliğini depolanma ortamında işleyen fiziksel, kimyasal ve biyolojik süreçlerin sonucunda kazanmıştır(Monroe, 2007; Dirik, 2007). Sedimenter kayaçlar fiziksel, kimyasal ve biyolojik olaylara bağlı oluşmaktadırlar. Akvatik ortamlarda bulunan sedimentlerin çok çeşitli kaynakları vardır, deniz suyunda bulunan biota içerikleri, deniz suyundan direk olarak oluşan kimyasal tortular ve volkanlardan gelen kül, rüzgar ya da nehirlerle taşınan topraklar ( Monroe J.S. et al, 20007). Dolayısıyla, sedimenter kayaçlar kayacın oluşumu sırasında rol oynayan etkilere bağlı olarak dört ana sınıfa ayrılırlar. Bunlar Litojenik, Biyojenik, Hidrojenik ve Kozmojenik Kökenli Sedimentlerdir.

**Litojenik Kökenli Sedimentler;** Bu tür sedimentler kayaların aşınması sonucunda ve volkanik olaylar sonucu meydana gelen ürünlerdir. Nehirler, buzullar ve rüzgârlarla taşınırlar. Deniz sedimentlerinin büyük çoğunluğunu (~ %70) litojenik kökenli sedimentler oluşturur. (Uğur, 1998; Gönülalan, 2006; İçhedef, 2006). Litojenik kökenli sedimentlerin tipik örnekleri;

- ✓ Organik içeriği zengin killi kumlar (Bataklıklar)
- ✓ İnce tabakalanmış, küçük kabuklar içeren kumlu killer
- ✓ Bünyesinde kuartz bulunan kumlar (Kumsallar)
- ✓ Zeytuni yeşil renginde homojen ve tek hücreli deniz algleri çöküntülerini bünyesinde bulunduran çamurlar

✓ İnce taneli karasal sedimentler olarak verilebilir (Anıkouchina and Sternberg, 1973; Uğur, 1998; Gönülalan, 2006).

**Biyojenik Kökenli Sedimentler;** Bu sediment türleri organizma kalıntılarını, karbonat, opal ve kalsiyum fosfat bileşiklerini içerir. Organik sedimentler su kolonlarıyla dibe çökerler ve bağımsız hareket ederler. Dalgalar ve akıntılarla yeniden dağılımları, sediment yüzeyinde ve içinde yeniden çözünmeleri söz konusu olabilir. Bu tip sedimentlerin üçü kalkerli, ikisi silisli olmak üzere beş kaynağa sahiptir.

- ✓ Biyolojik kökenli sedimentleri en genel tipleri;
- ✓ İstridye kümeleri (Lagoon)
- ✓ Kabuklu kumlar (Tropikal kumsallar)
- ✓ Deniz yüzeyine çok yakın mercanlı yapıdaki kayalar
- ✓ Birbirinden iyi ayrılmış kumlu kireç taşları (Bahamalar)
- ✓ Biyolojik karışımla meydana gelmiş gri kalkerli sulu çamurlar(Derin deniz zeminleri)
- ✓ Yeşilimsi silisli sulu çamur (Derin deniz zeminleri) şeklinde sıralanabilir (Uğur, 1998).

**Hidrojenik Kökenli Sedimentler;** Deniz sularında veya karasal sularda meydana gelen çöküntülerdir. Ayrıca yeni depozitlerin çökerken meydana getirdiği kimyasal tepkimelerle oluşan ürünlerde bu türe girer. Denizlerde çeşitli yollarla taşınan çözülmüş haldeki tuzlar, bu ortamın fiziko-kimyasal etkisi sonucu çözülmüş durumlarını devam ettiremezler ve

zamanla katı madde haline dönüşerek tabanda birikirler. Çökelen bu maddeler deniz dibi sedimentlerinin hidrojenik kökenli kısmını oluştururlar. Metalce zengin manganez nodülleri bunlara örnek gösterilebilir (Uğur, 1998; Gönülalan, 2006).

**Kozmojenik Kökenli Sedimentler;** Bu sediment tipi mikro-meteoritlerden oluşur. Gökteşi, kozmik toz ve meteoritlerin yeryüzüne sürekli bir yağışı olmasına karşın sedimentlerin çok küçük bir kısmını (~%1) oluştururlar. Okyanuslara düşen bu kozmik materyal çapları bir mikrondan 0.5 mm'ye kadar tayin edilmiştir (Gönülalan, 2006).

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Çalışma Alanı ve Örnekleme Noktaları

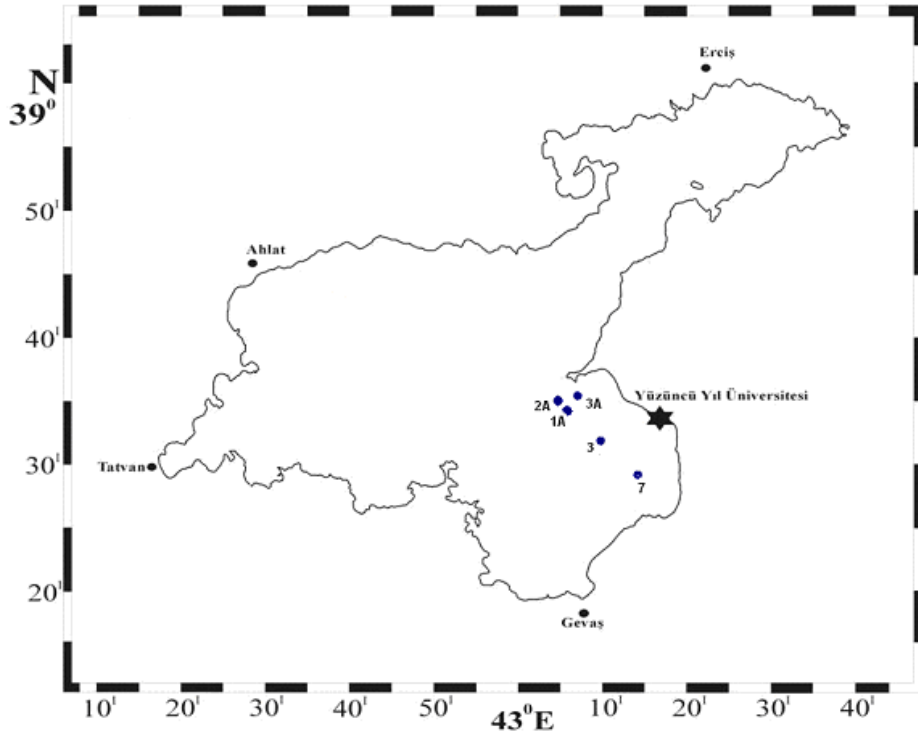
Ülkemizin en büyük gölü olan Van Gölü'nün yüzölçümü 3713 km<sup>2</sup> ve denizden yüksekliği 1646 m'dir. Van Gölü veya yöresel adıyla Van Denizi, Tatvan ilçesi sınırları içinde bulunan Nemrut volkanik dağının patlaması sonucu oluşan kraterde biriken suların oluşturduğu varsayılan volkanik bir göldür. Su seviyesi iklime bağlı olarak değişen gölün ortalama derinliği 171 m, en derin yeri ise 451 metredir. Çok sayıda koyu bulunan Van Gölü hem tatlı su hem de deniz ekosistemlerinden farklı bir sucul ekosistemdir. Suları tuzlu ve sodalıdır. Gölün sularının bu özelliği biyolojik çeşitliliği sınırlamaktadır. Göl suyu tuzluluk oranı %0.19, pH'ı ise 9.8 dir.

Van Göl'ünün doğu kısmındaki noktalardan alınan sediment korlarından koordinatları 1A (38° 31' 23" N - 43° 12' 15" E), 2A (38° 31' 48" N - 43° 12' 4" E), 3A (38° 31' 30" N - 43° 14' 20" E), 3 (38° 30' 33" N - 43° 12' 43" E) ve 7 (38° 29' 31" N - 43° 14' 90" E) olan 5 kor seçildi Şekil 3.1..

1A, 2A ve 3A korları, çalışma alanının coğrafi olarak Çernobil ve Metsamor santrallerinden etkilenme olasılığı daha yüksek olması düşünülen noktalarından seçildi.



Çalışma alanının orta kısmını 3 nolu kor güneyinde 7 nolu kor temsil edecek şekilde örnekleme yapıldı.



Harita 3.1. Örnekleme noktaları

### 3.2. Deneysel Çalışma

Van Göl'ünün 5 farklı noktasından sediment örnekleri bir karışıma uğramamasına özen gösterilerek şekilde görülen "piston corer" yardımı ile alındı. Her bir kor 0.5, 1.0, 2.0 cm katmanlara ayrılarak analizlere başlandı.



Şekil 3.2.1. Piston corer ( kor alıcı sistem )

Her bir katmanın yaş ağırlığı belirlendikten sonra etüvde  $80^{\circ}\text{C}$  de kurularak, tane yarıçapları küçültüldü ve 250 mikrometre elekten geçirildi.



Şekil 3.2.2. Alınan kor örnekleri

Örneklerde kor boyunca  $^{137}\text{Cs}$  ve doğal radyonüklitlerde Ra, eTh ve K aktivite konsantrasyonlarının dağılımları HPGe  $\gamma$  - spektrometresi kullanılarak ölçüldü.

$^{226}\text{Ra}$  ölçümlerinde örnek miktarları çok küçük olduğundan radyumun 186 keV piki yerine bozunma zincirindeki  $^{222}\text{Rn}$ ' nun ürünlerinden gelen farklı enerjilerdeki gamaları kullanıldı. Örnekler,  $^{222}\text{Rn}$  ve ürünleri arasındaki radyoaktif dengenin sağlanması için en az üç hafta süreyle kapatılarak bekletildi. Analizlerde gama spektrumundaki  $^{214}\text{Bi}$ 'e ait 1.76 MeV,  $^{214}\text{Pb}$ 'e ait 295,207 keV ve 351,925 keV enerjili fotopikler ile  $^{214}\text{Bi}$  ait 609,318 keV, 1120,285, 1764,515 keV enerjili fotopikler kullanıldı.

$^{232}\text{Th}$  konsantrasyonunu ölçmek için bozunma zinciri içindeki en önemli ışınım olan 2,61 MeV'lik  $^{208}\text{Tl}$  piki kullanıldı.

$^{40}\text{K}$  konsantrasyonu 1.46 MeV gama ışınından tayin edildi.

**Gama Spektrometre Sistemi;** Sediment örneklerinin  $^{137}\text{Cs}$  ve doğal radyonüklit aktivitelerinin belirlenmesinde kullanılan sayım sisteminin görünümü şekilde verilmektedir. Kullanılan dedektör Tennelec model 184cm<sup>3</sup> 'lük p-tipi coaxial HPGe( 122keV'de FWHM: 850 eV, 1.33MeV'de FWHM: 1.85 keV, relatif verim %25 ve pik/compton =57/1'dir) kristalidir. Germanyum kristali 59.4mm, uzunluğu 67.7mm, dedektör-pencere uzaklığı 5mm'dir ve pencere alüminyum olup 1 mm kalınlığındadır. Bu sistemde Tennelec model Tc.224 Lineer Amplifikatör ve Ortec model 659 yüksek voltaj kaynağı kullanılmıştır.



Şekil 3.2.3. HPGe spektrometre sistemi

## 4.SONUÇLAR

Çalışmada Van Gölü'nden alınan sediment korlarında  $^{137}\text{Cs}$  ve doğal radyonüklitlerin profil dağılımı incelenmiştir. Bu profiller sedimentasyon hızı açısından da değerlendirilmiştir. Çizelge 4.1., 4.2., 4.3., 4.4., 4.5.'de analiz edilen sediment kor örnekleri için aktivite konsantrasyonları verilmektedir.

Çizelge 4.1. 1A korundaki aktivite konsantrasyonları.

<i>Kor 1A</i>				
<i>Derinlik(cm)</i>	$^{137}\text{Cs}$ (Bq/kg)	$^{232}\text{Th}$ (Bq/kg)	$^{226}\text{Ra}$ (Bq/kg)	$^{40}\text{K}$ (Bq/kg)
1,5	57,1±2,1	56,7±14,8	57,8±4,9	481,5±48,5
3,5	75,2±2,0	90,8±11,1	33,8±3,4	519,9±36,5
4,5	94,6±3,1	69,1±19,6	97,0±6,8	620,6±63,7
6	48,3±2,0	56,7±16,5	46,3±5,0	454,1±52,2
7,5	56,8±1,3	50,3±18,4	78,1±6,2	528,1±60,1
9	28,8±1,7	72,4±19,8	21,6±5,6	453,8±64,0
10,5	9,9±0,9	99,7±17,3	46,4±5,3	289,5±54,4
12,5	6,6±0,6	61,5±10,7	49,4±3,7	330,1±35,1
14,5	7,4±0,7	81,4±12,2	37,9±3,9	408,2±40,4
16,5	4,1±0,4	43,7±9,2	26,0±2,8	422,8±30,4
18,5	4,1±0,3	54,4±6,6	23,8±2,0	275,3±21,2
20,5	2,8±1,5	112,6±7,9	20,3±2,2	410,9±24,5
22,5	ND	69,8±9,3	38,5±3,0	326,0±30,0
24,5	2,8±2,1	30,6±9,8	44,8±3,3	317,4±32,3
27,5	2,3±1,1	49,7±5,8	29,9±1,9	306,5±18,5
30,5	2,2±0,8	36,2±4,4	35,3±1,6	259,2±14,5
33,5	0,9±0,7	24,5±3,6	16,0±0,6	265,2±12,6
<i>Ortalama</i>		62.4±11.6	41,3 ±3,7	392.3±37.6
<i>Unscear Ortalama</i>		35	40	370
<i>Unscear Aralık</i>		4 – 130	8 – 160	100 – 700

Çizelge 4.2. 2A korundaki aktivite konsantrasyonları.

<i>Kor 2A</i>	$^{137}\text{Cs}$	$^{232}\text{Th}$	$^{226}\text{Ra}$	$^{40}\text{K}$
<i>Derinlik(cm)</i>	(Bq/kg)	(Bq/kg)	(Bq/kg)	(Bq/kg)
1,5	124,0±2,2	102,1±6,0	15,3±0,5	1307,7±32,8
2,5	65,1±2,	39,7±9,7	11,4±0,8	432,2±53,2
3,5	50,9±1,9	30,3±8,0	9,4±0,7	521,3±45,6
4,5	68,7±2,2	42,4±8,6	8,8±0,7	457,9±46,9
5,5	54,1±2,2	31,4±10,3	11,0±0,8	444,7±57,6
6,5	31,3±1,8	44,5±11,1	18,4±1,1	382,3±65,2
7,5	28,8±2,3	40,2±19,9	12,9±1,6	486,5±112,3
8,5	7,7±5,8	39,5±15,5	14,6±1,3	507,4±86,5
9,5	ND	23,2±13,1	23,6±1,3	436,0±77,0
10,5	12,6±6,3	66,9±17,2	24,5±1,5	501,3±92,0
11,5	8,3±3,3	82,8±18,1	37,9±1,8	445,3±41,8
12,5	ND	19,6±7,8	4,3±0,6	479,2±45,9
13,5	7,7±0,7	30,2±8,5	11,0±0,7	582,8±49,0
14,5	7,7±0,8	38,6±10,4	16,6±0,9	603,3±58,8
15,5	ND	28,3±8,6	4,6±0,6	543,0±49,9
16,5	3,7±2,9	23,9±4,7	7,6±0,6	475,4±46,2
17,5	ND	43,1±9,8	8,1±0,7	513,6±54,2
18,5	ND	24,7±3,9	8,1±0,8	288,3±31,2
19,5	ND	31,2±5,5	10,4±0,8	229,9±27,4
20,5	ND	18,6±6,8	18,5±1,1	267,1±36,0
21,5	ND	22,8±4,8	9,4±0,7	243,0±25,2
22,5	ND	22,2±6,5	8,9±0,8	291,0±29,1
23,5	ND	36,7±8,8	9,0±0,7	256,7±26,0
24,5	ND	43,8±8,2	3,7±0,5	257,7±23,6
<i>Ortalama</i>		37,8±9,6	12,8±0,9	456,4±50,6
<i>Unscear</i>		35	40	370
<i>Ortalama</i>				
<i>Unscear</i>		4 – 130	8 – 160	100 – 700
<i>Aralık</i>				

Çizelge 4.3. 3A korundaki aktivite konsantrasyonları.

<i>Kor 3A</i>				
<i>Derinlik(cm)</i>	<sup>137</sup> Cs (Bq/kg)	<sup>232</sup> Th (Bq/kg)	<sup>226</sup> Ra (Bq/kg)	<sup>40</sup> K (Bq/kg)
1,5	91,8±5,5	19,4±21,9	20,4±8,2	1469,4±162,0
2,5	70,7±2,4,	55,8±2,9	4,0±0,6	596,5±21,9
3,5	128,5±3,2	52,9±2,8	11,2±0,7	545,0±20,8
4,5	44,5±2,9	16,7±6,0	29,5±1,9	578,4±46,9
5,5	54,9±2,3	70,0±3,3	8,4±0,8	378,0±23,7
6,5	46,9±1,7	32,7±2,2	5,0±0,5	432,7±16,8
7,5	85,5±4,1	104,3±6,8	47,1±2,2	429,1±48,5
8,5	34,6±2,3	25,4±3,3	71,8±2,2	498,8±37,5
9,5	25,1±1,9	35,8±4,6	4,6±1,1	359,2±35,1
10,5	29,2±2,2	24,0±5,3	14,6±1,5	467,1±41,0
11,5	7,7±0,7	70,1±4,3	39,2±1,5	268,3±30,8
12,5	9,8±1,0	23,6±3,7	8,0±0,9	395,5±28,2
13,5	ND	29,2±4,1	24,5±1,3	342,3±31,3
14,5	ND	43,5±4,2	9,8±1,1	646,5±32,1
15,5	ND	58,9±3,4	17,5±1,0	405,3±2,7
16,5	ND	23,1±1,4	5,6±0,6	476,3±2,1
17,5	3,4±0,2	33,4±0,5	8,5±0,5	371,2±36,2
18,5	11,7±0,9	32,6±1,2	5,8±0,6	264,8±23,7
19,5	3,8±0,2	35,9±5,5	4,1±0,4	218,1±17,6
20,5	3,7±3,0	38,8±6,7	6,2±0,6	251,9±24,7
21,5	3,2±2,7	46,0±7,3	7,2±0,6	257,3±22,4
22,5	ND	38,3±6,6	12,8±0,6	219,9±20,8
23,5	ND	49,9±3,7	4,2±0,5	260,4±21,6
24,5	ND	31,7±8,0	1,0±0,4	270,9±21,0
25,5	ND	37,0±1,0	1,5±0,2	219,8±15,8
26,5	ND	26,6±4,9	3,1±0,2	198,0±14,6
27,5	ND	23,0±9,9	2,7±0,3	203,5±15,8
28,5	ND	29,3±6,7	2,1±0,3	215,4±18,6
29,5	ND	ND	2,8±0,2	210,6±14,2
30,5	ND	ND	4,3±0,2	207,2±13,4

<i>Ortalama</i>	39,5± 4,6	13,0±1,1	388,6±28,7
<i>Unscear Ortalama</i>	35	40	370
<i>Unscear Aralık</i>	4 – 130	8 – 160	100 – 700

Çizelge 4.4. 3 korundaki aktivite konsantrasyonları

<i>Kor 3</i>				
<i>Derinlik(cm)</i>	<sup>137</sup> Cs (Bq/kg)	<sup>232</sup> Th (Bq/kg)	<sup>226</sup> Ra (Bq/kg)	<sup>40</sup> K (Bq/kg)
2	45,2±0,7	49,4±7,2	27,3±2,3	318,6±23,6
4	10,1±0,3	29,7±6,6	22,7±2,2	295,4±23,0
6	7,5±0,4	33,4±5,7	24,1±1,9	294,0±19,4
8	ND	36,9±5,7	20,4±1,8	329,6±19,4
10	ND	45,6±6,3	28,5±2,1	375,8±21,4
12,5	3,1±0,2	36,4±5,0	29,3±1,7	274,0±16,4
15,5	1,6±0,9	32,3±4,4	29,2±1,6	241,1±14,9
18,5	1,1±0,8	29,8±4,3	28,3±1,5	231,1±14,3
21,5	ND	38,6±4,7	20,7±1,4	241,1±14,8
24,5	ND	19,7±2,6	12,1±1,1	49,7±10,5
<i>Ortalama</i>		36,9±5,2	24,3±1,7	265,0±17,8
<i>Unscear Ortalama</i>		35	40	370
<i>Unscear Aralık</i>		4 – 130	8 – 160	100 – 700

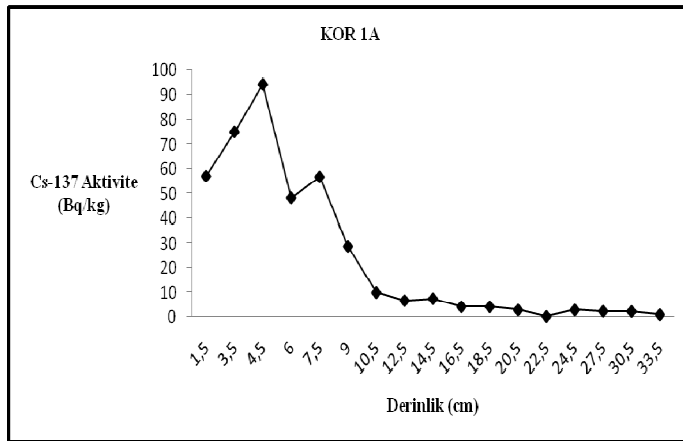


Çizelge 4.5. 7 korundaki aktivite konsantrasyonları

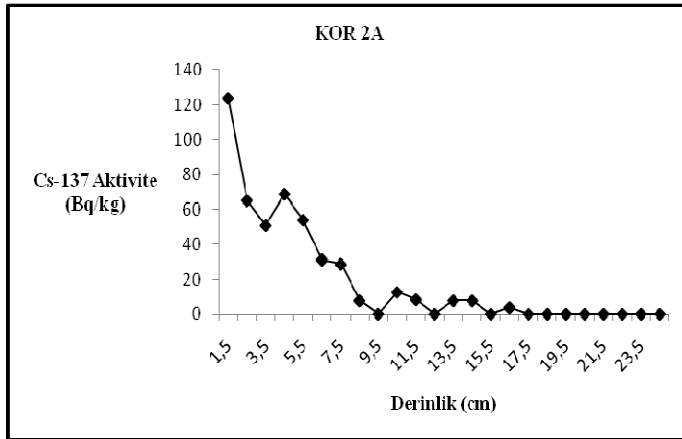
<i>Kor 7</i>				
<i>Derinlik(cm)</i>	$^{137}\text{Cs}$	$^{232}\text{Th}$	$^{226}\text{Ra}$	$^{40}\text{K}$
2	44,9±1,2	56,3±6,8	32,3±2,2	644,1±40,7
4	71,3±1,5	56,3±6,8	57,8±2,6	675,2±40,8
6	38,1±1,3	48,5±8,5	32,9±2,8	668,8±52,4
8	45,9±1,3	58,7±8,0	31,9±2,5	643,3±47,7
10	65,1±1,7	63,1±8,9	27,8±2,7	621,1±52,4
12,5	27,0±1,0	21,7±7,0	17,5±2,3	502,2±46,2
15,5	4,6±0,3	44,2±6,2	21,4±1,9	475,7±36,9
18,5	2,7±1,3	36,1±6,3	28,1±2,1	503,6±39,3
21,5	1,7±1,1	35,0±5,6	21,7±1,8	422,5±34,2
24,5	1,4±0,1	72,2±4,5	20,6±0,8	449,1±15,1
27,5	2,8±0,7	27,5±4,7	17,0±1,4	451,1±30,1
30,5	2,0±1,3	36,1±4,9	18,9±1,5	427,6±29,4
33,5	0,9±0,8	27,9±3,9	15,4±1,2	430,7±24,5
36,5	0,7±0,7	39,9±4,2	18,6±1,3	450,0±24,5
39,5	2,3±1,0	35,1±4,9	23,3±1,6	370,6±29,0
<i>Ortalama</i>		43.9±6.1	25.7±1,9	515±36.2
<i>Unscear Ortalama</i>		35	40	370
<i>Unscear Aralık</i>		4 – 130	8 – 160	100 – 700

#### 4.1. $^{137}\text{Cs}$ Aktivite Konsantrasyonları

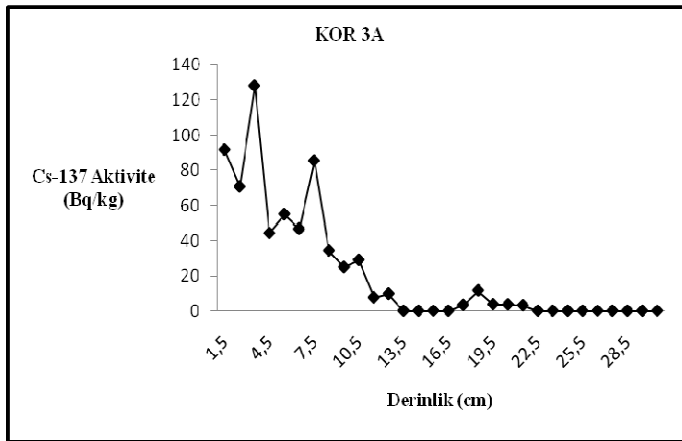
Sediment kor örneklerinin her bir katmanındaki  $^{137}\text{Cs}$  aktivite konsantrasyonları Bölüm 3.2.'de açıklandığı şekilde tayin edilmiştir. Her bir kor örneği için çizilen  $^{137}\text{Cs}$ -derinlik eğrilerinde  $^{137}\text{Cs}$  aktivitesinin artış gösterdiği tarihlerin, bir başka çalışmada 0,237, 0,241 ve 0,336 cm/yıl bulunan sedimantasyon hızlarından faydalanarak 1986 Çernobil ve 1950–1960 yılları arasındaki nükleer silah denemelerine ait olduğu bulunmuştur. Çizelgelerde verilen derinliklere karşılık gelen  $^{137}\text{Cs}$  aktivite konsantrasyonlarının grafikleri çizilmiştir.



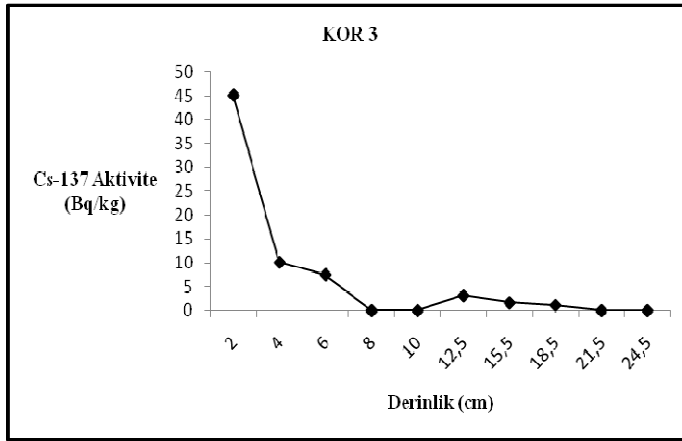
Şekil 4.1.1. Kor 1A için  $^{137}\text{Cs}$  aktivite konsantrasyonları



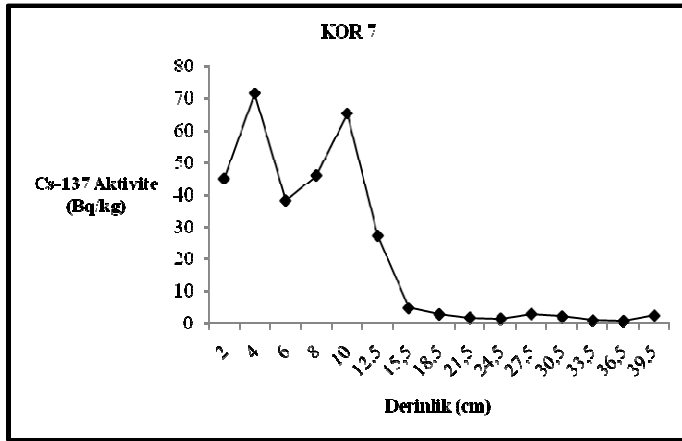
Şekil 4.1.2. Kor 2A için  $^{137}\text{Cs}$  aktivite konsantrasyonları



Şekil 4.1.3. Kor 3A için  $^{137}\text{Cs}$  aktivite konsantrasyonları



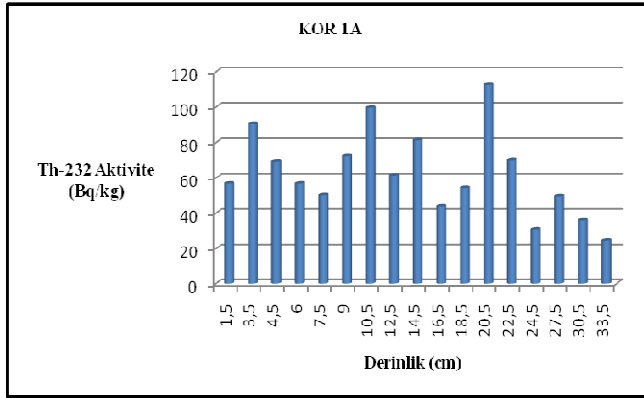
Şekil 4.1.4. Kor 3 için  $^{137}\text{Cs}$  aktivite konsantrasyonları



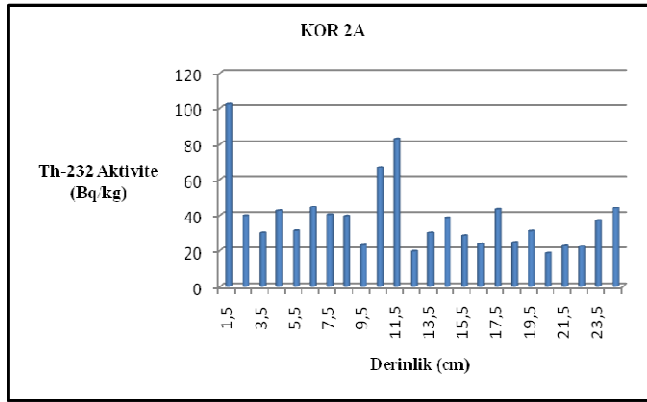
Şekil 4.1.5. Kor 7 için  $^{137}\text{Cs}$  aktivite konsantrasyonları

## 4.2. Doğal Radyonüklitlerin Aktivite Konsantrasyonları

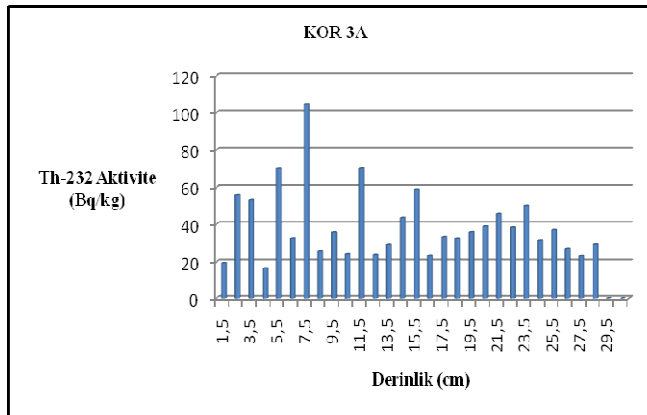
Sediment kor örneklerinin her bir katmanındaki  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  ve  $^{226}\text{Ra}$  aktivite konsantrasyonları Bölüm 3.1.1.'de açıklandığı şekilde tayin edilmiştir. Çizelgelerde verilen derinliklere karşılık gelen  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  ve  $^{226}\text{Ra}$  aktivite konsantrasyonlarının grafikleri çizilmiştir. Farklı korların  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  ve  $^{226}\text{Ra}$  grafikleri karşılaştırıldığında Uyumlu oldukları gözlenmiştir.



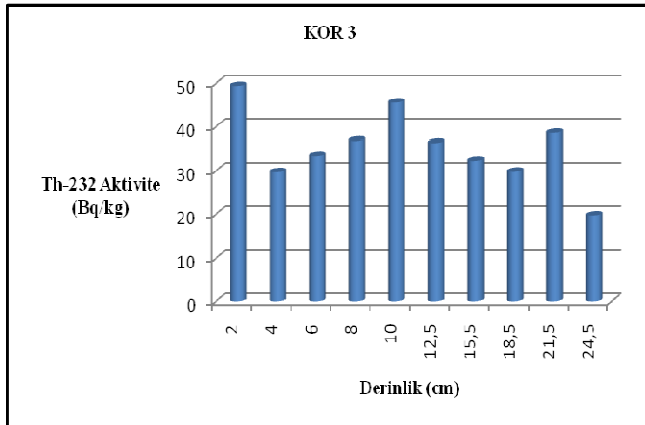
Şekil 4.2.1. Kor 1A için  $^{232}\text{Th}$  aktivite konsantrasyonları



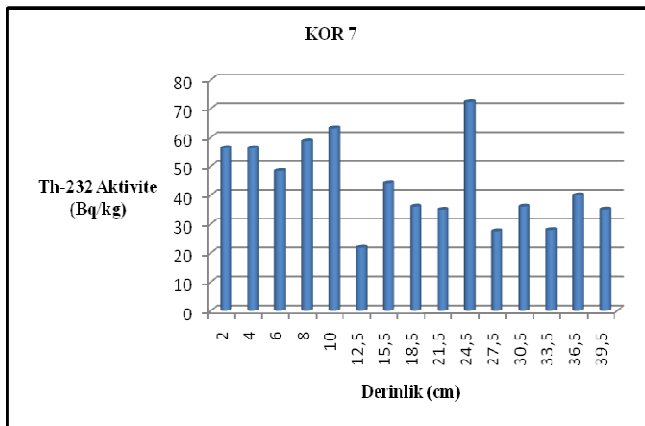
Şekil 4.2.2. Kor 2A için  $^{232}\text{Th}$  aktivite konsantrasyonları



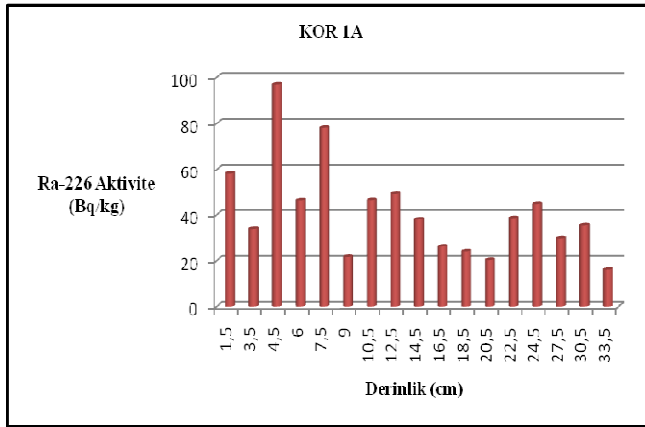
Şekil 4.2.3. Kor 3A için  $^{232}\text{Th}$  aktivite konsantrasyonları



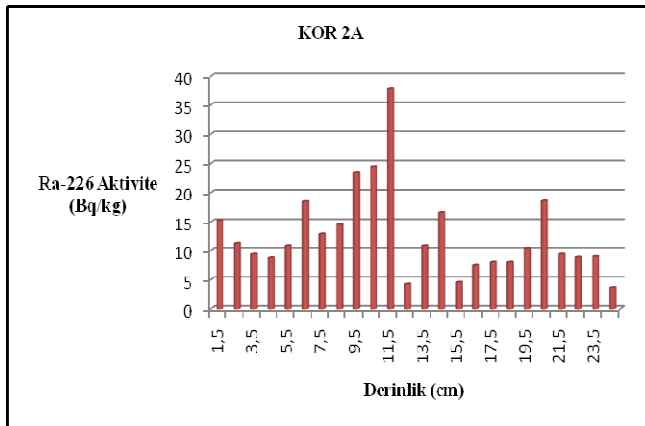
Şekil 4.2.4. Kor 3 için  $^{232}\text{Th}$  aktivite konsantrasyonları



Şekil 4.2.5. Kor 7 için  $^{232}\text{Th}$  aktivite konsantrasyonları

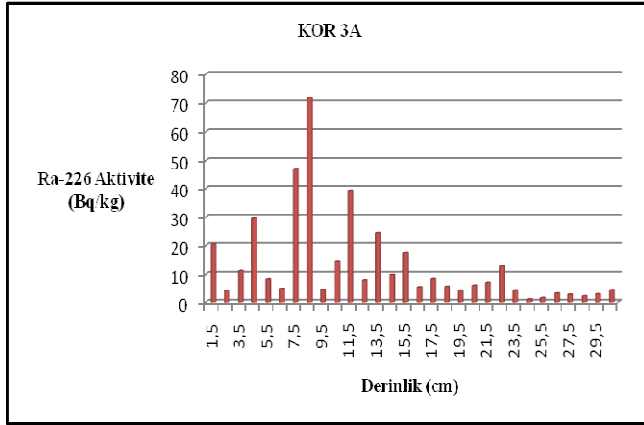


Şekil 4.2.6. Kor 1A için  $^{226}\text{Ra}$  aktivite konsantrasyonları

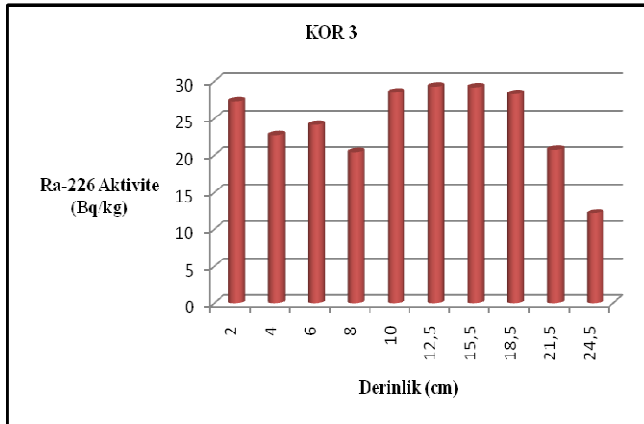


Şekil 4.2.7. Kor 2A için  $^{226}\text{Ra}$  aktivite konsantrasyonları

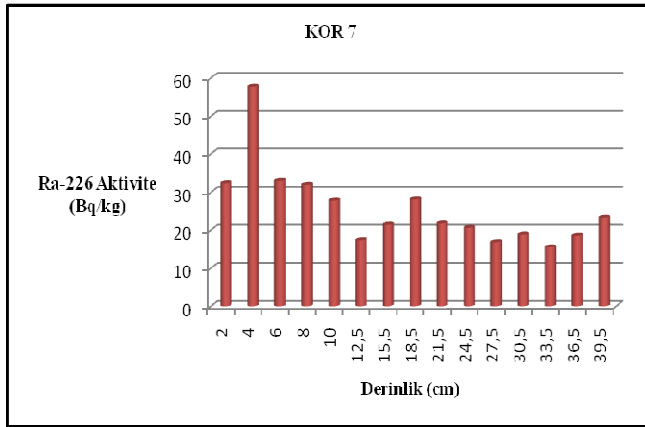




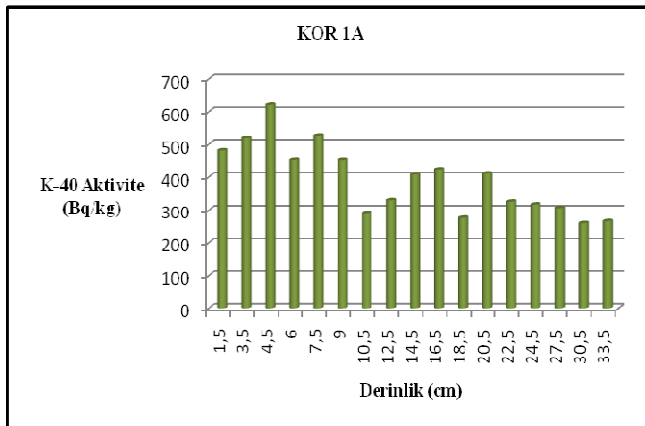
Şekil 4.2.8. Kor 3A için  $^{226}\text{Ra}$  aktivite konsantrasyonları



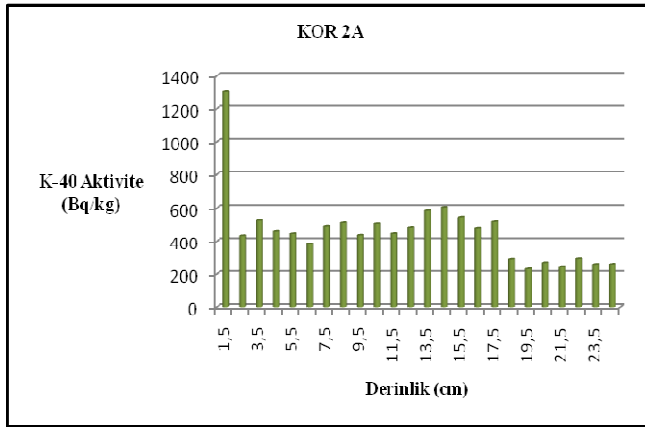
Şekil 4.2.9. Kor 3 için  $^{226}\text{Ra}$  aktivite konsantrasyonları



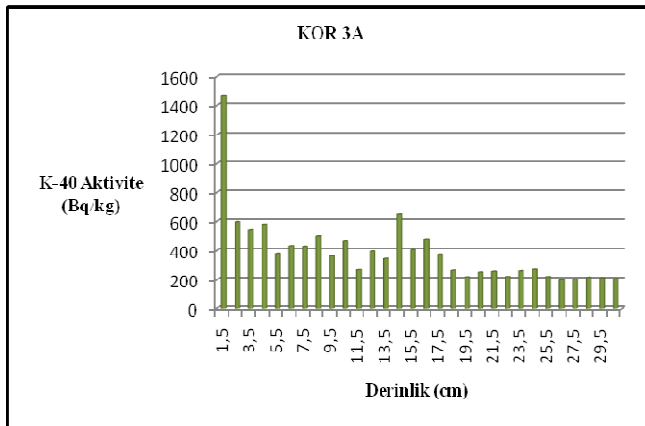
Şekil 4.2.10. Kor 7 için  $^{226}\text{Ra}$  aktivite konsantrasyonları



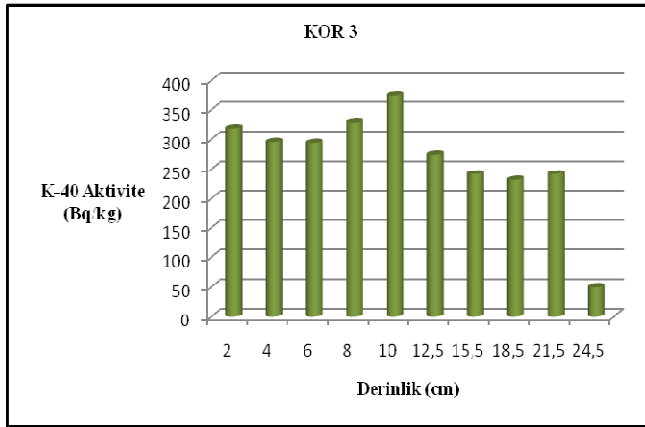
Şekil 4.2.11. Kor 1A için  $^{40}\text{K}$  aktivite konsantrasyonları



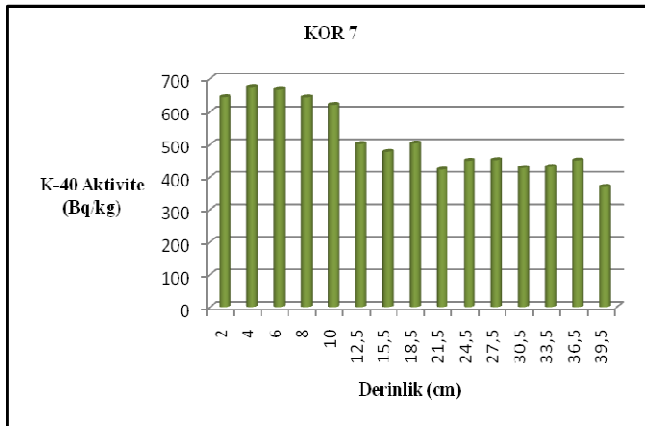
Şekil 4.2.11. Kor 2A için  $^{40}\text{K}$  aktivite konsantrasyonları



Şekil 4.2.13. Kor 3A için  $^{40}\text{K}$  aktivite konsantrasyonları



Şekil 4.2.14. Kor 3 için  $^{40}\text{K}$  aktivite konsantrasyonları



Şekil 4.2.15. Kor 7 için  $^{137}\text{Cs}$  aktivite konsantrasyonları

## 5.TARTIŞMA

Çalışmada Van gölünden alınan sediment korlarında radyoaktif sezyum ve doğal radyonüklitlerin dağılımı incelenmiştir, ayrıca  $^{137}\text{Cs}$  ile tarihleme yapılmıştır.

**$^{137}\text{Cs}$  Sonuçları;** İncelenen istasyonların tamamı için sedimentlerdeki  $^{137}\text{Cs}$  aktivitesinin 0,7-128 Bqkg<sup>-1</sup> aralığında değiştiği gözlenmiştir. İlk artışın 1986 Çernobil kazasına, ikinci artışın ise 1950-1960 yılları arasındaki, özellikle 1963 yılındaki nükleer silah denemelerinden kaynaklandığı tespit edilmiştir. 1A istasyonunda  $^{137}\text{Cs}$  aktivite konsantrasyonunun 3.5 cm de 94,6±3,1 Bqkg<sup>-1</sup> ve 8 cm de 56,8±1,3 Bqkg<sup>-1</sup> artışı gözlenmiştir. 2A istasyonunda  $^{137}\text{Cs}$  aktivite konsantrasyonunun beklendiği gibi yüzeyde fazla olduğu 124,0±2,2 Bqkg<sup>-1</sup>, 4,5cm de 68,7±2,2 Bqkg<sup>-1</sup> ve 10,5cm de 12,6±6,3 Bqkg<sup>-1</sup> artışı gözlenmiştir. 3A istasyonunda  $^{137}\text{Cs}$  aktivite konsantrasyonunun beklendiği gibi yüzeyde fazla olduğu 91,8±5,5Bqkg<sup>-1</sup>, 3,5cm de 128,5±3,2 Bqkg<sup>-1</sup> ve 7,5cm de 85,5±4,1 Bqkg<sup>-1</sup> artış gösterdiği ölçülmüştür. 3 istasyonunda  $^{137}\text{Cs}$  aktivite konsantrasyonunun beklendiği gibi yüzeyde fazla olduğu 45,2±0,7 Bqkg<sup>-1</sup> ve 12,5cm de 3,1±0,2 Bqkg<sup>-1</sup> artış gösterdiği ölçülmüştür ancak bu istasyondan alınan kor örneğinde aktiviteler diğer kor örneklerinden düşük çıkmıştır ve grafikte yükselmeler fazla belirgin değildir. Bunu sebebi 3 istasyonunundan alınan kor örneğinin karışıma uğraması olabilir. 7 istasyonunda  $^{137}\text{Cs}$  aktivite konsantrasyonunun 4cm de 71,3±1,5 Bqkg<sup>-1</sup> ve 10cm de 65,1±1,7 Bqkg<sup>-1</sup> artış gösterdiği ölçülmüştür.

$^{137}\text{Cs}$  piklerinin olduğu tarihleri 1963 ve 1986 kabul ederek yapılan hesaplamalardan, çalışmada sedimantasyon hızları 0,18±0,06

(1A),  $0,24\pm0,03$  (2A),  $0,28\pm0,02$  (3A) ve  $0,24\pm0,02$  (7) cm/yıl olarak bulunmuştur.

Aynı korlarda diğerk bir çalışmada ( Yıldız, 2008)  $^{210}\text{Pb}$  ile yapılan tarihlemede bulunan sedimantasyon hızı sonuçları ile karşılaştırıldığında, sonuçların hata sınırları içinde uyumlu olduğu gözlenmiştir.

Çizelge 5.1.  $^{137}\text{Cs}$  (Bu çalışma) ve  $^{210}\text{Pb}$  için bulunan sedimantasyon hızlarının karşılaştırılması.

KOR	cm/yıl	
	$^{210}\text{Pb}$ (Yıldız, 2008)	$^{137}\text{Cs}$ (Bu Çalışma)
1A		$0,18\pm0,06$
2A	0,237	$0,24\pm0,03$
3A	0,241	$0,28\pm0,02$
3	0,336	
7		$0,24\pm0,02$

**Doğal Radyonüklit Sonuçları;** Çalışmada doğal radyonüklitler de ölçülmüştür,  $^{232}\text{Th}$  ortalama aktivitesi 36-62  $\text{Bqkg}^{-1}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  ortalama aktivitesi 13-41  $\text{Bqkg}^{-1}$  ve  $^{40}\text{K}$  ortalama aktivitesi 250-500  $\text{Bqkg}^{-1}$  değer aralıklarında değişmektedir. Bu değerler Unscear(2002) raporlarının sınırları içindedir. 1A istasyonunda ortalama  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  ve  $^{40}\text{K}$  aktivite konsantrasyonları sırasıyla  $62,4\pm11,6$   $\text{Bqkg}^{-1}$ ,  $41,3 \pm 3,7$   $\text{Bqkg}^{-1}$  ve  $392,3\pm37,6$   $\text{Bqkg}^{-1}$  olarak bulunmuştur. İstasyon 1A'dan alınan kor örneklerinde  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  ve  $^{40}\text{K}$  aktivite konsantrasyonlarının ortalaması Unscear(2002) raporlarının ortalama değerlerinden fazladır. Bunun sebebi Van Göl'ünün volkanik kökenli bir göl olması, çevredeki tarımsal faaliyetlerde fosforlu gübre kullanımı sonucu erozyon ile toprağın

göle taşınımı ve bölgedeki sanayi kuruluşlarının atıkları olabilir. 2A istasyonunda ortalama  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  ve  $^{40}\text{K}$  aktivite konsantrasyonları sırasıyla  $37,8\pm 9,6 \text{ Bqkg}^{-1}$ ,  $12,8\pm 0,9 \text{ Bqkg}^{-1}$  ve  $456,4\pm 50,6 \text{ Bqkg}^{-1}$  bulunmuştur. Bu sonuçlar Unscear(2002) raporlarının sınır değerleri içindedir. 3A istasyonunda ortalama  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  ve  $^{40}\text{K}$  aktivite konsantrasyonları sırasıyla  $39,5\pm 4,6 \text{ Bqkg}^{-1}$ ,  $13,0\pm 1,1 \text{ Bqkg}^{-1}$  ve  $388,6\pm 28,7 \text{ Bqkg}^{-1}$  bulunmuştur. Bu sonuçlarda 2A da olduğu gibi Unscear(2002) raporlarının sınır değerleri içindedir. 3 istasyonunda ortalama  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  ve  $^{40}\text{K}$  aktivite konsantrasyonları sırasıyla  $36,9\pm 5,2 \text{ Bqkg}^{-1}$ ,  $24,3\pm 1,7 \text{ Bqkg}^{-1}$  ve  $265,0\pm 17,8 \text{ Bqkg}^{-1}$  bulunmuştur. Bu sonuçlarda 2A ve 3A da olduğu gibi Unscear(2002) raporlarının sınır değerleri içindedir. 7 istasyonunda ortalama  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  ve  $^{40}\text{K}$  aktivite konsantrasyonları sırasıyla  $43,9\pm 6,1 \text{ Bqkg}^{-1}$ ,  $25,7\pm 1,9 \text{ Bqkg}^{-1}$  ve  $515\pm 36,2 \text{ Bqkg}^{-1}$  bulunmuştur. Bu sonuçlarda 2A, 3A ve 3 de olduğu gibi Unscear(2002) raporlarının sınır değerleri içindedir.

5 istasyondan aldığımız kor örnekleri karşılaştırıldığında 1A istasyonunun  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  ve  $^{40}\text{K}$  aktivite konsantrasyonlarının yüksek olduğu görülmektedir o halde bu istasyonun iyi korunduğunu söyleyebiliriz. Sonuçlara baktığımızda genel olarak her istasyonda  $^{40}\text{K}$ 'ın aktivite konsantrasyonları daha yüksektir bunun sebebi Potasyum'un yerkabuğunun ağırlıkça %1,5'ni oluşturması ve bu oranıyla en çok bulunan yedinci element olması olabilir.

Yıldız ve arkadaşlarının (2008) aynı kor örnekleri ile elde ettikleri  $^{210}\text{Pb}$  grafiklerindeki değişimler bu çalışmadaki  $^{137}\text{Cs}$  ve doğal radyonüklitlerin grafiklerindeki değişimlere benzemektedir. Örneğin 3 koru diğer korlardan çok daha erken  $22\pm 2 \text{ Bqkg}^{-1}$  değerinde dengeye

gelmiştir. Bu çalışmada da 3 koru  $^{137}\text{Cs}$  ve doğal radyonüklitlerin profil dağılımı bakımından kendi içinde tutarlılık gösterirken diğer korulara göre aktivite ortalamaları bakımından daha düşüktür. Bunun sebebi ise korun bir karışıma uğraması ya da örnekleme noktasından kaynaklan bir özellik olabilir.



## 6.ARAŞTIRMA KONUSUNUN ÖNEMİ VE ÖNERİLER

Yapay bir radyonüklit olan  $^{137}\text{Cs}$  1954-1963 yılları arasında yapılan nükleer silah denemeleri ve 1986 yılındaki Çernobil kazası ile çevreye önemli miktarda yayılmıştır.

Birleşmiş Milletler Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA) ve Avrupa Birliği (AB) verilerine göre Ermenistan'daki Metsamor Nükleer Santrali dünyadaki en tehlikeli nükleer santral olarak kabul edilmektedir. (Kındap, 2005)

Türkiye'ye 16 kilometre uzakta bulunan Ermenistan'daki Metsamor Nükleer Enerji Santrali'nin Türkiye sınırına bu kadar yakın olması(Kındap, 2005), ayrıca Çernobil kazasından etkilenmiş bir bölge olması Van gölünün yapay radyoaktivite açısından incelenmesini önemli kılmaktadır.

Ayrıca olası bir kaza durumunda Doğu Anadolu Bölgesi mutlaka çok ciddi şekilde etkilenecektir. Bu etki, atmosferik koşullara göre (yağmur veya rüzgâr yön ve şiddeti gibi) Türkiye'nin iç kısımlarına doğru yayılacaktır. Van Göl'üne de bu nükleer santralden gelen bir fisyon ürünü olan  $^{137}\text{Cs}$  izotopunun katkısı çok fazla olacaktır. Dolayısıyla bu bölge ve benzer bölgeler için sürekli olarak izleme ve envanter çalışmaları yapılması önemlidir.



Şekil 6.1. Metsamor Nükleer Enerji Santrali (Kındap, 2006)

Volkanik kökenli bir göl olması nedeni ile doğal radyonüklitlerin gerek yatay gerekse profil dağılımı Göl ekosisteminin incelenmesinde önemli bir yer tutmaktadır.

Göl çevresindeki başlıca yerleşim birimleri olan Van Merkez, Erciş ve Tatvan ilçelerinin kanalizasyon sistemleri mevcut olmasına rağmen atık su arıtma tesisleri yoktur veya yetersizdir ve göle gelen kirliliğin kaynağını oluşturmaktadır. Özellikle göl çevresindeki tarımsal aktivitelerde fosforlu gübre kullanımının göl ekosistemindeki doğal radyonüklit dağılımını olumsuz yönde etkilemesi olası görülmektedir. Ayrıca tarımsal alanlardaki erozyon için gölün brikim alanları oluşturmasının bu etkiyi arttıracığı düşünülmektedir. Yapılan tarihleme çalışmaları Van Göl'ünde  $^{137}\text{Cs}$  tarihlemesinin yanında ağır metal ve diğer girdilerin de kronolojisine ışık tutacaktır. Ayrıca bu çalışma, gelecekte yapılacak erozyon ile ilgili araştırmalara yön verecektir.

## KAYNAKLAR DİZİNİ

- Abdi M. R. , Kamali M. and Vaezifar S., 2008,** Distribution of radioactive pollution of  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  and  $^{137}\text{Cs}$  in northwestern coasts of Persian Gulf, Iran, Marine Pollution Bulletin
- Albrecht A., Reiser R. , Lück A., Stoll J .M. A ., and Giger W.,** Radiocesium Dating of Sediments from Lakes and Reservoirs of Different Hydrological Regimes, 1998, Environ. Sci. Technol, 32, 1882-1887
- Ankouchine, W.A. ve Sternberg, R.W., 1973,** The World Ocean, Prentice Hall, New Jersey, 338p.
- Appleby, P.G., and J.T. Smith, 1993.** The transport of radionuclides in lake-catchment systems, pp. 264-275. *In:* Hydrological considerations in relation to nuclear power plants, Proceeding of an International Workshop, UNESCO, Paris.
- Atgin, R.S., El-Agha, O. Zararsız, A., Kocataş, A., Parlak, H. ve Tuncel, G., 2000,** Investigation of sediment pollution in Izmir Bay:trace elements, Spectrochimica Acta Part B 55:1151-1164
- Ayçık, G.A., Çetaku, D., Erten, H.N., Salihoğlu, İ., 2004,** Dating of Black Sea sediments from Romanian coast using natural  $^{210}\text{Pb}$  and fallout  $^{137}\text{Cs}$ , Journal of Radioanalytical Nuclear Chemistry, Vol. 259, No. 1, 177-180

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)**

**Bakaç M., Kınacı S. R.,** 1992, Çine çayı sularında sedimentlerinde ve havzasında uranyum araştırması ve doğal radyoaktivitenin belirlenmesi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Nükleer Bilimler ABD, Yüksek Lisans Tezi

**Callaway J. C., DeLaune R. D. and Patrick W. H.,** 1996, Chernobyl <sup>137</sup>Cs used to determine sediment accretion rates at selected northern European coastal wetlands, the American Society of Limnology and Oceanography, Inc. 41(3), 444-450

**Cambray, R. S., Playford K., and Lewis N. J.,** 1983. Radioactive fallout in air and rain: Results to the end of 1982. United Kingdom Atomic Energy Authority Report AERE-R-10859. Harwell: United Kingdom.

**Cirik S., Cirik Ş.,** Limnoloji Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları No: 21 2005

**Clark, R.B.,** 1989, Marine Pollution, Second Edition, Oxford Science publications, Oxford, 148p

**Corcoran M. K. and Kelley J. R.,** 2006, Sediment-Tracing Technology: An Overview, ERDC TN-SWWRP-06-10

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)**

- Durham R. W., and Joshi S. R.**, 1980, The  $^{210}\text{Pb}$  and  $^{137}\text{Cs}$  profiles in sediment cores from Lakes Matagami and Quevillon northwest Quebec, Canada. Canadian Journal of Earth Science 17: 1746-1750.
- Edgington D. N., Klump J. V., Robbins J. A., Kusner Y. S., Pampura V. D. And Sandimirov I. V.**, 1991, Sedimentation rates, residence times and radionuclide inventories in Lake Baikal from  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{210}\text{Pb}$  in sediment cores, Nature 350, 601 - 604
- Erten, H.N.**, 2001, Sedimentlerde Radyoizotopik Yöntemlerle Yaş Tayini, Turkish J. Eng. Env. Sci., TÜBİTAK, 25, 237-242.
- FaO**, 1981, Manual of methods in aquatic environment research, Part 8 Ecological Assesment of Pollution Effects, Fao Fisheries Tecnical Paper No:209, 50-52pp.
- Geldiay, R. ve Kocataş, A.**, 2002, Deniz Biyolojisine Giriş, Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Kitaplar Serisi No:31.
- Gönülalan, F., Yener, G.**, 2006, Ege Denizi Kıyı Sedimentlerinde Denge Üstü Radyoaktif Kurşun Birikiminin Alfa ve Gama Spektroskopisi ile İncelenmesi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Nükleer Bilimler ABD, Yüksek Lisans Tezi

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)**

- He, Q. and Walling,D.E.**, 1997, The distribution of fallout  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{210}\text{Pb}$  in undisturbed and cultivated soils, *Appl.Rad.Isot.*, 48/5, 677-690
- Huh, C.A. ve Su, C.C.**, 1999, Sedimentation dynamics in the East china elucidated from  $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{239,240}\text{Pu}$  *Marine geology*, 160: 183-196.
- Hung, J.J. ve Hsu, C.L.**, 2004, “Present state and historical changes of trace metal pollution in kaoping coastal sediments, southwestern Taiwan”, *Marine Pollution Bulletin*, 49, 986-998.
- 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.
- Ivanovich, M. ve Harmon, R.S.**, 1992, Uranium Series Disequilibrium, Application to Earth, Marine and Environmental Sciences, Oxford Science Publications, 910 p.
- İçhedef M., Yener G.**, 2006, İzmir Körfezi'nde sedimentasyon hızının radyometrik yöntemlerle tayini, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Nükleer Bilimler ABD, Yüksek Lisans Tezi

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)**

**Jauhari, P. ve Hashmi, N.M.**, 1994, On the surfical sediments of the fresh water Naini Lake, Himaun Himalaya, Indian Proc., Indian Natl. Sci. Acad., 60A(5), 675-682

**Kapala, J., Karpńska M., Mnich Z., Szpak A., Milewski R. and Cítko D.**, 2008, The changes in the contents of  $^{137}\text{Cs}$  in bottom sediments of some masurian lakes during 10–15 y observation (Poland), Radiation Protection Dosimetry Advance Access published

**Kathren, R. L.**, 1998, NORM Sources and Their Origins *Appl. Radiat. Isot.* Vol. 49, No. 3, pp. 149-168

**Kındap, T., Chen, S-H.**, 2005, “Threat to Turkey from Potential Accidents at the Soviet-Designed Metsamor Nuclear Power Plant, Armenia : Tracer and Trajectory Analyses and Episode Studies”, Proceedings of the 10<sup>th</sup> Int. Conf. on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Mdelling for Regulatory Purposes

**Krishnaswami, S. ve Lal, D.**, 1978, Radionuclide limnchronology, In: Lerman, A., (Ed.), Lakes: Chemistry, Geology, Physics, Springer, pp. 153-173

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)**

**Koide, M., Bruland, K. W. and Goldberg, E. D.,** 1973, Th-228/Th-232 and Pb-210 geochronologies in marine and lake sediments, Geochimica et Cosmochimica Acta, 1973, v ol. 37, pp. 1171 to 1187

**Köseoğlu, K.,** 1992, Eskişehir Toryum Yataklarına Yakın Yerleşim Bölgelerinde Üretilen Tahıllardaki Toryum Ve Ürünleri Konsantrasyonunun Belirlenmesi, E.Ü. Fen Bilimleri Nükleer Bil. ABD, Yüksek Lisans Tezi, Bornova, İzmir

**Kumar, S.U., Navada, S.V., Rao, S.M., Nachiappan, P.R., Kumar, B., Krishnamoorthy, T.M., Jha, S.K., Shukla, V.K.,** 1998, Determination of recent sedimentation rate and pattern in Lake Naini, India by  $^{210}\text{Pb}$  and  $^{137}\text{Cs}$  dating techniques, Applied Radiation and Isotopes, 51, 97-105

**Küçükcezzar R., Varinlioğlu A. ve Köse A.,** 2004, Marmara Denizi Sahil Şeridinin Radyoaktif Kirliliğinin Seviyesinin Belirlenmesi, TAEK Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi

**Lesueur, P., Jouanneau, J.-M., Boust, D., Tastet, J.-P., Weber, O.,** 2001, Sedimentation rates and fluxes in the continental shelf mud fields in the Bay of Biscay (France), Continental Shelf Research 21, 1383-1401



**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)**

- Lewis, R.C., Coale, K.H., Edwards, B.D., Marot, M., Douglas, J.N., Burton, E.J.,** 2002, Accumulation rate and mixing of shelf sediments in the Monterey Bay National Marine Sanctuary, *Marine Geology* 181, 157-169
- Lima A., Albanese S., Cicchella D.,** 2004, Geochemical baselines for the radioelements K, U, and Th in the Campania region, Italy: a comparison of stream-sediment geochemistry and gamma-ray surveys, *Applied Geochemistry* 20 (2005) 611–625
- Livingston, H.D. ve Povinech, P.,** 2000, Antropogenic marine radioactivity, *Ocean&Coastal Management*, 43, 689-712
- Lord, D.A. ve Thompson, G.A.,** 1988, The Swartkops estuary: Pollution status. In: Baird D, Marais JFK and Martin AP (eds.) *Proc. Symp.* Held on the 14 and 15 September 1988 at the Univ. of Port Elizabeth. S. Afr. Natl. Sci. Programmes Rep. No 156 16-24.
- Lu, X.,** 2004, Application of the Weibull extrapolation to <sup>137</sup>Cs geochronology in Tokyo Bay and Ise Bay, Japan, *Journal of Environmental Radioactivity* 73, 169-181

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)**

**Lundquist, D.P., Jansen, D.J., Christiansen, C., Jensen, Balstrom, T.,Kunzendorf, H,** 2002, <sup>210</sup>Pb based deposition rates in the North Sea-Baltic Sea transition, Danish Journal of Geograpy, 103(2), 99-109

**McHenry, J. R., and Ritchie J. C.,** 1977, Estimating field erosion losses from fallout cesium-137 measurements.IAHS-AISH Publication 122. Wallingford: IAHS Press

**Monroe, J. S., Wicander R., Dirik K., Şener M.,** 2007, Fiziksel Jeoloji Yeryuvarı'nın Araştırılması TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Çeviri Serisi No: 1

**Muck, K,** 1997. Long term effective decrease of cesium concentration in foodstuffs after nuclear fallout. *Health Phys* **72**, pp. 659–673 [View Record in Scopus](#) | [Cited By in Scopus](#)

**Newell, RE,** 1971. The global circulation of atmospheric pollutants. *Sci Am* **224**, pp. 32–42 [View Record in Scopus](#) | [Cited By in Scopus](#) (4)

**NCRP Report No. 154, Cesium-137 in the Environment: Radioecology and Approaches to Assessment and Management National Council on Radiation Protection and Measurements (2006)**

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)**

**NUCLEAR ENERGY AGENCY OF THE OECD**, Coordinated Research and Environmental Surveillance Programme Related to Sea Disposal of Radioactive Waste, CRESF Final Report 1991-1995, OECD, Paris (1996).

**Palanques, A., Sanchez-Cabeza, J.A., Masque, P. ve Leon, L.,** 1998, Historical record of heavy metals in a highly contaminated Mediterranean deposit: The Besos prodelta, *Marine Chemistry*, 61, 209-217.

**Pasternack, G.B., Brown, K.J.,** 2006, Natural and anthropogenic geochemical signatures of floodplain and deltaic sedimentary strata, Sacramento san Joaquin delta, California, USA, *Environmental Pollution*, 141, 295-309.

**Powell, B. A., Hughes, L. D., Soreefan, A.M., Falt, D., Wall, M. and DeVol, T. A.,** 2007, Elevated concentrations of primordial radionuclides in sediments from the Reedy River and surrounding creeks in Simpsonville, South Carolina, *Journal of Environmental Radioactivity* 94 (2007) 121e128

**Ritchie, J. C., and McHenry, R.,** 1990, Application of radioactive fallout Cesium-137 for measuring soil erosion and sediment accumulation rates and patterns: A review. *Journal of Environmental Quality* 19: 215-233.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)**

**Robbins, J. A., Edgington, D. N., Kemp, A. L. W.,** 1978, Comparative  $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ , and pollen geochronologies of sediments from Lakes Ontario and Erie, *Quaternary Research* 10(2): 256-278

**Rubio, L., Linares-Rueda, A., Duenas, C., Fernandez, M.C., Clavero, V., Niell, F.X., Fernandez, J.A.,** 2003, Sediment accumulation rate and radiological characterization of the sediment of Palmones River estuary (southern of Spain), *Journal of Environmental Radioactivity* 65, 267-280

**Sanada, Y., Sato, F., Kumata, H., Takada, H., Yamamoto, A., Kato, Y., Ueno, T.,** 1999, Estimation of sedimentation processes in Tokyo Bay using radionuclides and anthropogenic molecular markers, *Chikyukagaku (Geochemistry)* 33,123-138, (in Japanese)

**Schlitt B.,** 1994, A sectored Ge-Compton polarimeter for parity assignments in photon scattering experiments, *Nucl. Instr. and Meth. A* 337, 416

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)**

**Sombrito, E.Z., Bulos, A.dM., Sta Maria, E.J., Honrado, E.C.V., Azanza, R.V., Furio, E.F.,** Application of <sup>210</sup>Pb-derived sedimentation rates and dinoflagellate cyst analyses in understanding Pyrodinium bahamense harmful algal blooms in Manila Bay and Malampaya Sound, Philippines, Journal of Environmental Radioactivity, 76, 177-194

**Swarzenski P. W., Corbett D. R., Smoak J. M. and Mckee B. A.,** 2000, The Use of U—Th Series Radionuclides and Transient Tracers in Oceanography, Issues in Environmental Science and Technology No. 13

**Tuncel M.,** Eylül 1975, Göllerimiz, Redhouse yayınevi

**Topçuoğlu, S.,** 2005, Denizlerin Radyoaktif Kirliliği (VI. Bölüm), Deniz Kirliliği, Tüdev Yayınları, İstanbul, No: 21, 512 s.

**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, E.Ü. Fen Bilimleri Nükleer Bil. ABD, Doktora Tezi.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)**

**Uğur (Tanbay) A. ve 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. ve 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 total environment 307: 203-214

**UNSCEAR, 2000.** United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation Report to the General Assembly, Report vol. I. Sources and Effects of Ionizing Radiation

**UNSCEAR, 1982,** Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation (Report to the General Assembly, with Scientific Annexes), UN, New York (1982).

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)**

**Üşenmez Ş.**, 1985, Sedimantoloji ve Sedimenter kayaçlar, Ankara Gazi Üniversitesi yayın no :57

**Walling, D. E.**, 2003, Using environmental radionuclides as tracers in sediment budget investigations, erosion and sediment transport measurement in rivers. In Technological and Methodological Advances, Proceedings of the Oslo Workshop, 57-78.

**Wildgust, M. A. ve McDonald, P.**, 2000, Assimilation of  $^{210}\text{Po}$  by the *Mytilus edulis* from the alga *Isochrysis galbana*, Marine Biology, 136: 49-53.

**Yan P., Shi P., Gao S., Chen L., Zhang X and Bai L.**, 2001,  $^{137}\text{Cs}$  dating of lacustrine sediments and human impacts on Dalian Lake, Qinghai Province, China, Catena 47 (2002) 91–99

**Yener, G. ve Uysal, İ.**, 1995, Low Energy Scintillation Spectrometry for Direct Determination of  $^{238}\text{U}$  and  $^{210}\text{Pb}$  in Coal and Ash Samples, Applied Radiation Isotopes, 47(1): 93-96.

**Yıldız, N., Yener, G., Uğur, A., İçhedef, M., Orcen S.ve Göktepe, A.F.**, 2008, Dating in Lake Van Sediments Using  $^{210}\text{Pb}$ ( $^{210}\text{Po}$ ) Technique, INSUME

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)**

**Yumurtacı E.**, 2004, Radyoaktif izleyici kullanarak Gediz havzası tarım alanlarında erozyon hızının saptanması, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Nükleer Bilimler ABD, Yüksek Lisans Tezi

**Yamamoto, M.**, 1994, Polonium-210 and lead-210 in marine organisms: intake level for Japanese, Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 178(1): 81-90.

<http://en.wikipedia.org/wiki/Caesium-137>

<http://tr.wikipedia.org/wiki/Potasyum>

<http://www.michiganlakeinfo.com/CategoryView,category,Lake%20Water%20Quality.aspx> 6/20/2007

E:\INTERNET\SLIC- Short Lived Isotope Counting, Beryllium-7, Cesium-137.htm



## ÖZGEÇMİŞ

3 kasım 1982'de İzmir'de doğdu. İlköğrenimini 1993 yılında Karşıyaka Şair Eşref İlkokulu'nda, ortaöğrenimini ve lise öğrenimini 1999 yılında Karşıyaka Behçet Uz Lisesi'nde tamamladı. 2005'de Ege Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik Bölümü'nden mezun oldu. Aynı yıl Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Tezsiz Yüksek Lisansa ve Nükleer Bilimler Enstitüsü'nde özel öğrenci statüsünde lisansüstü eğitim yapmaya hak kazandı. 2006 yılında Tezsiz Yüksek Lisans eğitimini tamamladı ve Nükleer Bilimler Enstitüsü'nün kayıtlı öğrencisi oldu. 2008 yılında Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi'nde Fizikçi olarak göreve başladı. Halen, Nükleer Bilimler Enstitüsü, Nükleer Bilimler Anabilim Dalı'nda yüksek lisans öğrencisidir ve Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi'nde çalışmaya devam etmektedir.