

Büyük Menderes Nehri ve Dilek Yarımadası Büyük Menderes Deltası Sediment ve Sularında ^{137}Cs Konsantrasyonları

Serpil AKOZCAN

Kırklareli University, Faculty of Science and Literature, Department of Physics, Kavakli Campus 39160, Kırklareli-TURKIYE

*Corresponding author: serpil.akozean@kirkklareli.edu.tr

Özet

Bu çalışmada, Ege Denizi kıyı şeridinde yer alan Dilek Yarım Adası Büyük Menderes Deltası ve Büyük Menderes Nehri'nden mevsimsel olarak alınan sediment ve su örneklerinde bulunan ^{137}Cs konsantrasyonları gama spektroskopisi ile tayin edilmiştir. Sediment ve yüzey suyu örneklerinde tayin edilen ^{137}Cs konsantrasyonları sırasıyla $0,35\pm 0,03$ ve $1,30\pm 0,15$ Bq kg^{-1} , $1,10\pm 0,12$ ve $1,85\pm 0,16$ Bq m^{-3} , arasında değişmektedir.

Anahtar Kelimeler: Büyük Menderes, ^{137}Cs , sediment, su.

Concentrations of ^{137}Cs in Sediment and Waters of Buyuk Menderes River and Dilek Peninsula Buyuk Menderes Delta

Abstract

In this study were determined the concentrations of ^{137}Cs in sediment and waters collected from Buyuk Menderes River and Dilek Peninsula Buyuk Menderes Delta in coast of Aegean Sea for seasonally using by gamma spectrometry. The concentrations of ^{137}Cs in sediment and surface water samples varies between 0.35 ± 0.03 and 1.30 ± 0.15 Bq kg^{-1} , 1.10 ± 0.12 and 1.85 ± 0.16 Bq m^{-3} , respectively.

Keywords: Buyuk Menderes, ^{137}Cs , sediment, water.

Akozean S (2011) Concentrations of ^{137}Cs in Sediment and Waters of Buyuk Menderes River and Dilek Peninsula Buyuk Menderes Delta. Ekoloji 20 (81): 55-60.

GİRİŞ

Denizden, karadan ve atmosferden kirletilme potansiyeli olan akuatik ortamlar, kirlenmenin en yoğun olduğu yerlerdir. Özellikle kıyısız bölgelerde, fosfat işleme tesislerinin çoğalması, nükleer santraller, yapay gübre, deterjan, pestisit ve fosil yakıt kullanımına bağlı olarak doğal ve yapay radyonüklid ve ağır metal konsantrasyonları hızla artmaktadır. Denizel ortamda radyoaktif çevre kirliliğine neden olan en büyük yapay radyasyon kaynağı atmosferde gerçekleştirilen nükleer bomba ve silah denemeleri sonucu meydana gelen radyoaktif serpintilerdir. Ayrıca nükleer tesislerde meydana gelen kazalar ve sızıntılar, radyoaktif atık yığınları, nükleer denizaltı ve uçak kazaları da yapay radyonüklid kaynakları arasında yer almaktadır. Doğal olarak bulunan ya da çeşitli denemeler veya nükleer santral kazalarından sonra çevreye yayılan ^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{14}C , ^{65}Zn , ^{40}K gibi radyoaktif elementler akuatik ortamlarda radyasyon kirlenmesinin ortaya çıkmasına neden olurlar. Bu radyoaktif izotoplar organizmalar tarafından ortamdan yüksek düzeylerde alınarak, gıda zinciri sisteminde tehlikeli

olabilirler (Egemen 2000, Aközcan 2009).

1963 ve öncesi nükleer silah testleri ve 1986 yılındaki Çernobil kazası sonucunda geniş miktarda yapay radyonüklid kısa zamanda atmosfere yayılmıştır. 1945 yılında atmosferik nükleer silah denemelerine başlanmasından günümüze kadar geçen zamanda çevreye yayılan radyonüklidler arasında, sadece uzun yarı-ömürlü olanlar (^{14}C , ^{137}Cs , ^{90}Sr gibi) denizel ortamda ve canlıların vücudunda kalmıştır. Bu radyonüklidlerden biyolojik bakımdan en önemlileri 500 ile 1000 yıllık bir süre için potansiyel olarak tehlikeli sayılan ^{137}Cs ve ^{90}Sr 'dir (Ergül 2004). ^{137}Cs ve ^{90}Sr karşılaştırıldığında ise iç (internal) ışınlamada en etkili olanın ^{137}Cs olduğu saptanmıştır (Kılıç 2006).

Potasyuma benzer kimyasal özelliklere sahip alkali bir metal olan sezyumun radyoaktif izotoplarından biri olan ^{137}Cs , nükleer fisyonun önemli ürünlerinden bir tanesidir. ^{137}Cs , 30,17 yıl gibi uzun bir fiziksel yarı ömre sahip olması nedeniyle ekosistemde uzun süre etkili olabilen ve biyolojik açıdan son derece önemli olan bir radyonükliddir.

^{137}Cs 'nin genel olarak atmosferik yağışlar

Geliş: 14.01.2011 / Kabul: 09.10.2011

vasıtasıyla oluşan ana kaynağı, 1954-1963 yılları süresince termonükleer silahların atmosferik denemeleridir. Daha sonra 1986'da meydana gelen Çernobil kazası ile radyolojik açıdan en önemli izotop olan ^{137}Cs 'den Avrupa ve Asya'nın karasal ve denizel olmak üzere pek çok bölümü etkilenmiştir. Tyler ve arkadaşları 1960'lı yılların ortalarına kadar nükleer denemeler sonucu oluşan toplam ^{137}Cs 'nin %90'ının yeryüzünde biriktiğini rapor etmişlerdir (Tyler ve ark. 2001).

^{137}Cs , atmosferden havadaki partiküllerle dağılarak kuru ve yaş depozisyonla karasal ve denizel ortama yayılır. ^{137}Cs 'nin denizlerdeki davranışı kimyasal yapısına ve fiziko-kimyasal karakteristiğine bağlıdır. Denizel ortamlarda serbest kalan ^{137}Cs , çözünür ya da askıdaki materyaller tarafından adsorblanır. Yapay radyonüklidlerin denizlerdeki dağılımı, değişik etkenlere bağlı olarak bölgeden bölgeye farklılık gösterir. Bu sebeple denizel ortamlarda biriken ^{137}Cs miktarı, radyonüklidin fiziksel ve kimyasal özelliklerine, kuru veya yaş birikme şekline olduğu kadar, topografik ve meteorolojik çevre koşullarına da bağlı olarak değişir (Aközcan 2009).

Deniz çevresindeki yapay radyonüklidlerin dağılım ve davranışlarını açıklamak için dünyada birçok çalışma yapılmaktadır ve bu çalışmalarda ^{90}Sr , ^{137}Cs ve $^{239+240}\text{Pu}$ izotopları kullanılmaktadır (Livingston ve Povinec 2000, Noureddine ve ark. 2006, Figueria ve ark. 2006).

Bu çalışmanın amacı, Büyük Menderes Nehri ve Dilek Yarımadası Büyük Menderes Deltası'ndan alınan sediment ve su örneklerinde bulunan ^{137}Cs konsantrasyonunu mevsimsel olarak tayin ederek sucül ortamdaki etkilerini belirlemektir. Böylece ^{137}Cs ile ilgili bir veri tabanı oluşturulması hedeflenmiştir.

MATERYAL VE METOT

Sediment ve su örnekleri Büyük Menderes Nehri ve Dilek Yarımadası Büyük Menderes Deltası'nda belirlenen yerlerden Mart 2006-Temmuz 2007 tarihleri arasında mevsimsel olarak toplanmıştır (Şekil 1). Şekil 1'de, Büyük Menderes 'A' harfi ile Dilek Yarımadası Büyük Menderes Deltası ise 'B' harfi ile belirtilmektedir.

Araştırma bölgemiz olan Büyük Menderes Nehri'nin toplam uzunluğu 529 km, debisi ise $44,32 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ 'dir. Ekolojik özellikler nedeniyle, Türkiye'nin tarımsal potansiyel bakımından önde gelen alanlarından olan Büyük Menderes Havzası

Denizli'den başlayarak Ege Denizi kıyılarına uzanan çok geniş ovaları kapsamaktadır. Nazilli, Aydın ve Söke ovalarını besleyen Büyük Menderes Nehri 24873 km^2 'lik bir alanın sularını toplayarak Söke ilçesi Dipburun mevkiinde Ege Denizi'ne dökülür.

Büyük Menderes Nehri, yerleşim yerlerinden kaynaklanan evsel atık sular, sanayi kuruluşlarında oluşan endüstriyel atık sular, aşırı, zamansız ve yanlış gübre-pestisit kullanımı etkileriyle kirletilmektedir. Atık alıcı ve taşıyıcı ortamı olarak işlevini sürdüren Büyük Menderes Nehri'ne, teknolojik, evsel ve kentsel atıkların deşarj edilmesi, milyonlarca yılda oluşan ekolojik dengelerin son yıllarda bozulması sonucunu getirmiştir (Aközcan 2009). Tüm bu sebeplerle artan toprak ve su kirliliği çevresel bir problem olarak ülkemizde ve tüm dünyada incelenmektedir (Camgoz ve Yaprak 2009).

Ege Bölgesi'nde bulunan Dilek Yarımadası yaklaşık 20 km uzunluğunda ve 6 km genişliğinde olup, Aydın İli sınırları içinde yer almaktadır. Söke ve Kuşadası ilçelerinin sınırları içinde yer alan 10985 hektarlık bir alana sahip olan yarımada'nın güneyine bitişik olan Büyük Menderes Deltası'nın en önemli su kaynağı Büyük Menderes Nehridir (Koç ve Yağmur 2007).

Belirlenen noktalardan toplanan sediment örnekleri laboratuara getirilmiş ve yaş ağırlıkları belirlenip uygun sıcaklıklarda etüvde kurutulmuştur. Kuru ağırlıkları belirlendikten sonra havanda öğütülen örneklerdeki ^{137}Cs aktivitesi, belirlenen geometride (sediment örnekleri Marinelli kaplarda) gama spektrometresi kullanılarak 662 keV enerjili gamalardan tayin edilmiştir. Örneklerdeki ^{137}Cs konsantrasyonlarının belirlenmesinde kullanılan gama spektrometre sistemi Ortec GEM 150P4 HPGe (1,33 MeV'de FWHM: 2,3 keV, relatif verim %150 ve pik/compton= 90/1 dir.) dedektör, zırh, Dspec jr, gammavision ve Genie 2000 yazılım programını içeren bilgisayardan oluşmaktadır.

Deniz suyunda ^{137}Cs tayini için belirlenen istasyonlardan 40 litre örnek alınmıştır. Örnekler pH 1 olacak şekilde asitlendirildikten sonra AMP (Ammonium Phosphomolybdate) ilavesiyle ^{137}Cs 'nin çökmesi sağlanmış ve bir takım kimyasal ayırma işleminden sonra uygun geometriye getirilen örnekler gama spektrometresi ile sayılmıştır. Su örnekleri HPGe dedektörde sayıldıktan sonra donduruculu kurutucuda kurutulmuş ve enerji dağılımlı X-ışını floresans'da (EDXRF) kimyasal

Şekil 1. Örnekleme istasyonları.

verim tayinleri yapılmıştır.

Örneklerin enerji ve verim kalibrasyonları için uygun geometrilere sahip epoksi matrisi içerisinde multineklid bulunan standart kaynaklar kullanılmıştır. Kullanılan standartlar "California Isotope Product Laboratories" tarafından hazırlanmıştır.

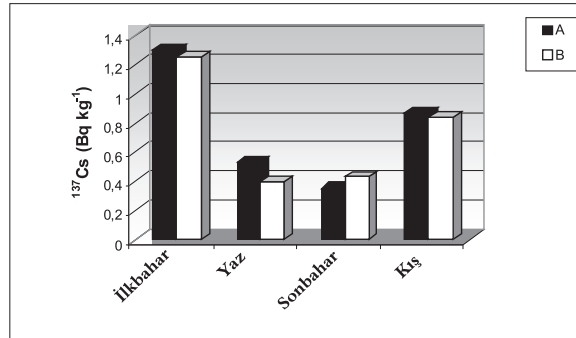
BULGULAR

Denizel ortamlarda, bir kısmı biyogenik diğer kısmı da litojenik orijinli olan suda asılı partikül materyaller radyonüklidleri adsorbe ederek dibe çökerler. Bu sebeple sedimentler birçok radyonüklidi içerirler ve incelenen bölgenin kontaminasyonu hakkında bize bilgi verirler. Ayrıca deniz dibinde yaşayan bentik organizmalar tarafından sedimentten alınan radyonüklidlerin insana kadar ulaşması söz konusudur (Topçuoğlu 2005). Bu nedenle çalışmada sedimentte bulunan ^{137}Cs konsantrasyonu da incelenmiştir. Elde edilen konsantrasyonlar Tablo 1'de verilmiştir. Alınan sediment örneklerindeki en yüksek ^{137}Cs konsantrasyonu $1,30 \pm 0,15 \text{ Bq kg}^{-1}$ ile ilkbahar mevsiminde, en düşük konsantrasyonu ise $0,35 \pm 0,03 \text{ Bq kg}^{-1}$ ile yaz mevsiminde tayin edilmiştir (Şekil 2). Araştırma sonucunda alınan sediment örneklerinde ortalama ^{137}Cs konsantrasyonunun $0,73 \pm 0,14 \text{ Bq kg}^{-1}$ olduğu tespit edilmiştir.

Denizel ortamda ^{137}Cs ve ^{90}Sr gibi radyonüklidler en fazla suda bulduklarından dolayı bu radyonüklidleri uzun yıllar boyunca deniz suyunda tayin etmek mümkündür. Akutik ortamda izleme

Tablo 1. Sediment örneklerinde ^{137}Cs konsantrasyonunun mevsimsel değişimi.

Çalışma Alanı	^{137}Cs (Bq kg^{-1})	Mevsim
Büyük Menderes	$1,30 \pm 0,15$	İlkbahar
Büyük Menderes	$0,35 \pm 0,03$	Yaz
Büyük Menderes	$0,38 \pm 0,03$	Sonbahar
Büyük Menderes	$0,87 \pm 0,10$	Kış
Dilek Yarımadası Büyük Menderes Deltası	$1,25 \pm 0,15$	İlkbahar
Dilek Yarımadası Büyük Menderes Deltası	$0,40 \pm 0,03$	Yaz
Dilek Yarımadası Büyük Menderes Deltası	$0,43 \pm 0,04$	Sonbahar
Dilek Yarımadası Büyük Menderes Deltası	$0,84 \pm 0,10$	Kış

Şekil 2. Sediment örneklerinde ^{137}Cs konsantrasyonunun mevsimsel değişimi.

çalışmaları yapılırken bu sebeple su örneklerinin de incelenmesinde önem vardır. Çalışmamızda deniz ve göl suyunda bulunan ^{137}Cs konsantrasyonu da incelenmiş olup elde edilen en yüksek ^{137}Cs konsantrasyonu $1,85 \pm 0,16 \text{ Bq m}^{-3}$ ile ilkbahar mevsiminde, en düşük konsantrasyonu ise $1,10 \pm 0,12 \text{ Bq m}^{-3}$ ile yaz mevsiminde tayin edilmiştir (Tablo 2).

Araştırma sonucunda alınan su örneklerinde ortalama ^{137}Cs konsantrasyonunun $1,58 \pm 0,12 \text{ Bq m}^{-3}$ olduğu tespit edilmiştir.

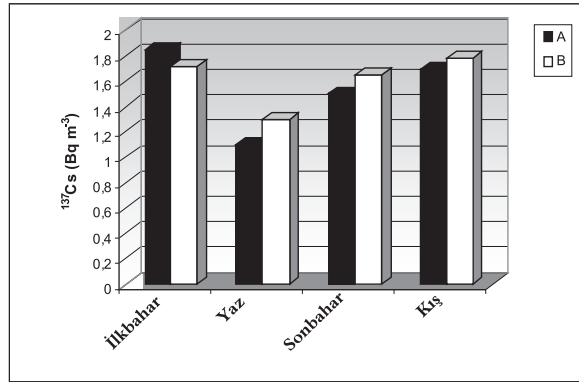
TARTIŞMA

Bu çalışmada 2 farklı bölgeden (Büyük Menderes Nehri ve Dilek Yarımadası Büyük Menderes Deltası) mevsimsel olarak toplanan sediment ve su örneklerinde ^{137}Cs konsantrasyonlarının değişimi incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre radyonüklid konsantrasyonlarında mevsime bağlı farklar olduğu ve yağışların radyonüklid birikimi üzerinde etkili olduğu bulunmuştur.

Dünyada ve Türkiye'de sediment ve suda ^{137}Cs ile ilgili yapılan birçok çalışma bulunmaktadır. Bu

Tablo 2. Su örneklerinde ^{137}Cs konsantrasyonunun mevsimsel değişimi.

Çalışma Alanı	^{137}Cs (Bq kg^{-1})	Mevsim
Büyük Menderes	$1,85 \pm 0,16$	İlkbahar
Büyük Menderes	$1,10 \pm 0,12$	Yaz
Büyük Menderes	$1,50 \pm 0,14$	Sonbahar
Büyük Menderes	$1,70 \pm 0,15$	Kış
Dilek Yarımadası Büyük Menderes Deltası	$1,72 \pm 0,15$	İlkbahar
Dilek Yarımadası Büyük Menderes Deltası	$1,30 \pm 0,13$	Yaz
Dilek Yarımadası Büyük Menderes Deltası	$1,65 \pm 0,15$	Sonbahar
Dilek Yarımadası Büyük Menderes Deltası	$1,78 \pm 0,16$	Kış

Şekil 3. Su örneklerinde ^{137}Cs konsantrasyonunun mevsimsel değişimi.

çalışmalardan bazılarında elde edilen veriler Tablo 3, Tablo 4, Şekil 4 ve Şekil 5'de verilmiştir.

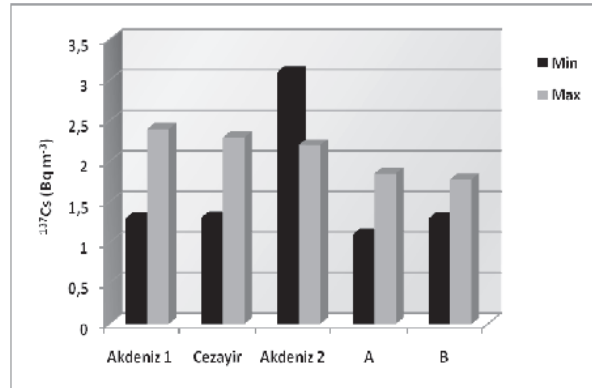
Akdeniz'de yapılan bir çalışmada aylık olarak deniz suyunda ^{137}Cs konsantrasyonları tayin edilmiş ve en dikkat çekici depozisyonun yoğun yağışların olduğu sezonlar olan ilkbahar ve son bahar sonlarında olduğu görülmüştür (Lee ve ark. 2003). Bu çalışmada da her iki istasyonda yüksek konsantrasyonlar yoğun yağışların olduğu dönemlerde bulunmuştur.

Deniz ve göl sularındaki ^{137}Cs konsantrasyonları derinliğe ve su hareketlerine bağlı olarak değişebilir (Yıldız ve Yener 2010). ^{137}Cs 'nin deniz suyunda dikey dağılımı üzerine yapılan bir çalışmada, yüzeyden derine inildikçe ^{137}Cs konsantrasyonunun azaldığı görülmüştür (Molero ve ark. 1995).

Deniz ve göl yüzeyinde biriken ^{137}Cs gibi yapay radyonüklidler, çok büyük su hacmi içinde hızlı bir şekilde seyrediklerinden oldukça düşük seviyelerde doza neden olmaktadır. ^{137}Cs su ürünlerinde düşük

Tablo 3. Suda ^{137}Cs ile ilgili çalışmalar.

Çalışma Alanı	^{137}Cs (Bq m^{-3})	Kaynakça
Akdeniz	$1,3 \pm 0,1 - 2,4 \pm 0,1$	Lee ve ark. 2003
Cezayir	$1,31 \pm 0,08 - 2,3 \pm 0,15$	Noureddine ve ark. 2007
Akdeniz	$3,1 \pm 0,3 - 2,2 \pm 0,3$	Perianez 2008
Büyük Menderes	$1,10 \pm 0,12 - 1,85 \pm 0,16$	Bu Çalışma
Dilek Yarımadası Büyük Menderes Deltası	$1,30 \pm 0,13 - 1,78 \pm 0,16$	Bu Çalışma

Şekil 4. Su örneklerinde ^{137}Cs konsantrasyonu ile ilgili çalışmalar.

konsantrasyonlarda tutulduğundan bu tür ürünlerin tüketilmesi sonucu alınacak dozlar da düşük olmaktadır (Anonymous 2007).

^{137}Cs 'nin yüksek çözünürlüğüne bağlı olarak sedimentteki konsantrasyonunun az olduğu gözlenmiştir. ^{137}Cs 'nin su kolonlarından sedimente geçişini etkileyen pek çok parametreden başlıcaları, radyonüklidin suda kalış süresi, su derinliği, suda bulunan askıdaki materyallerin çökme hızı ve radyonüklidin çözünürlüğüdür (Uğur 1998). Deniz sedimentlerinde ^{137}Cs 'nin konsantrasyonu sedimentin taneçik boyutu, mineral bileşimi ve organik madde içeriğine bağlı olarak da değişim gösterir (Papafthymiou ve ark. 2007).

Topçuoğlu ve ark. (1993) Akdeniz'de yaptıkları bir çalışmada Mersin Akkuyu'dan toplanan sediment örneklerinde ^{137}Cs konsantrasyonlarının ND ile $2,5 \pm 2,1 \text{ Bq kg}^{-1}$ kuru ağırlık arasında değiştiğini bulmuşlar ve elde edilen konsantrasyonlar ile bu çalışmadaki konsantrasyonlar karşılaştırıldığında birbirine yakın olduğu görülmüştür. Her iki çalışma bölgesinde de ^{137}Cs konsantrasyonunu yükseltecek bir etki olmadığı saptanmıştır.

Bulgaristan'ın Karadeniz kıyısı boyunca yapılan bir çalışmada, dip sedimentlerinde ilkbahar, sonbahar ve yaz mevsimlerinde ölçülen ^{137}Cs konsan-

trasyonlarının dip sedimentinin yapısına çok bağlı olduğunu ve yüksek konsantrasyonların sebebinin sedimentin yapısına ve Karadeniz'e akan büyük nehirlerin etkisine bağlı olduğunu ileri sürmüşlerdir. Karadeniz'deki serpinti ^{137}Cs 'nin kaynağının Mayıs 1986'da olan karakteristik Çernobil serpintisi, bir diğerinin ise atmosferik silah denemeleri olduğunu belirtmişlerdir (Strezov ve ark. 1998).

Ülkemizde bugünlerde gündemde olan reaktör kurulumu için yoğun çalışmalar yapılmaktadır. Bu sebeple ^{137}Cs gibi yapay radyonüklid ölçümlerinin sadece reaktörün kurulacağı bölgelerde değil tüm Ege Denizi Türkiye kıyı şeridinde de belirli periyotlarla yapılmasında ve devam ettirilmesinde büyük yarar vardır. Özellikle Çernobil kazasından sonra dünyada birçok ülkede denizel ortamlarda bu tür radyonüklid ölçümlerini belirli aralıklarla yapmaktadır.

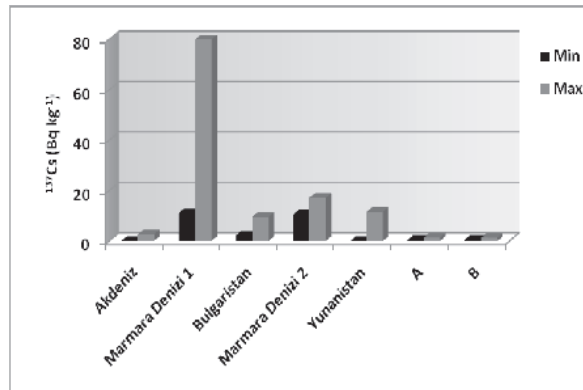
Ülke genelinde radyasyon dozu hesaplamaları Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK) tarafından Çernobil kazası sonrasında meteorolojik koşullara bağlı olarak radyasyondan etkilenme derecelerine göre Marmara, Doğu Karadeniz, Batı Karadeniz ve diğer bölgeler olmak üzere 4 coğrafik bölge için yapılmıştır. Radyoaktif bulutun geçişi sırasında ülke geneline göre daha fazla yağış alan Marmara ve Doğu Karadeniz bölgelerinin daha fazla radyoaktif kirlenmeye maruz kaldıkları tespit edilmiştir. TAEK'in belirlediği kırsal ve kentsel yerleşimler için topraktaki ^{137}Cs kirliliği nedeniyle dış ışınlanma dozlarına bakıldığı zaman çalışmada belirtilen araştırma bölgemiz olan Söke'de (Ege Bölgesi), kentsel olarak yıllık doz miktarının 0,037 mSv olduğu bulunmuş ve örnekleme yapılan bölgenin bir risk teşkil etmediği görülmüştür (Anonymous 2007).

TAEK tarafından Çernobil kazasından sonra tüm Türkiye'de 1986 yılına yansıtılmış değerler ile çizilmiş Şekil 6'deki haritaya bakılarak bir karşılaştırma yapılmıştır (Anonymous 2007). Bu çalışma ile elde edilen ^{137}Cs konsantrasyonları risk oluşturmasa da, elde edilmiş verilerin ileride yapılacak çalışmalara ışık tutması söz konusudur.

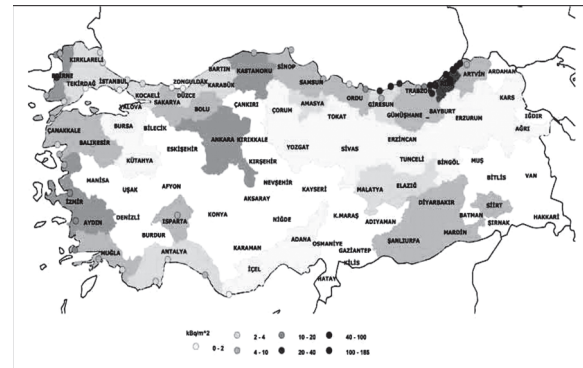
Tablo 4. Sedimentte ^{137}Cs ile ilgili çalışmalar .

Çalışma Alanı	^{137}Cs (Bq kg ⁻¹)	Kaynakça
Akdeniz	ND – 2,5±2,1	Topçuoğlu ve ark. 1993
Marmara Denizi	11±2 – 80±3	Topçuoğlu ve Güngör 1999
Bulgaristan	2,1±0,2 – 9,6±0,2	Strezov ve ark. 1998
Marmara Denizi	10,5±1,6 – 17,1±2,9	Topçuoğlu 2001
Yunanistan	BD – 11,5±1,2	Papaefthymiou ve ark 2007
Büyük Menderes	0,35±0,03 – 1,30±0,15	Bu Çalışma
Dilek Yarımadası Büyük Menderes Deltası	0,40±0,04 – 1,25±0,13	Bu Çalışma

Şekil 5. Sediment örneklerinde ^{137}Cs konsantrasyonu ile ilgili çalışmalar.



Şekil 6. Türkiye, ^{137}Cs Kirlilik Haritası (Anonymous 2007).



Çalışmalarımızın Ege Denizi için sürekli daha kapsamlı bir şekilde yapılması planlanmaktadır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada gama spektroskopisi ölçümlerimi yapmama olanak sağlayan Türkiye Atom Enerjisi Kurumu'na teşekkürü bir borç bilirim.

KAYNAKLAR

Aközcan S (2009) Didim ve İzmir Körfezi Sediment, Deniz Suyu ve Farklı Deniz Organizmalarında Bazı Radyonüklid ve Ağır Metal Düzeylerinin İzlenmesi. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Nükleer Bilimler Anabilim Dalı, İzmir.

Anonymous (2007) Çernobil Kazasının ülkeler üzerindeki etkileri. Çernobil serisi No: 5, Türkiye Atom Enerjisi Kurumu, Ankara.

- Anonymous (2007) Türkiye için doz değerlendirmeleri. Çernobil serisi No:7, Türkiye Atom Enerjisi Kurumu, Ankara.
- Egemen Ö (2000) Çevre ve su kirliliği. Ege Üniversitesi Yayınları, Su Ürünleri Fakültesi Yayın No: 42, İzmir.
- Ergül HA (2004) Karadeniz'in Trabzon yöresinde Oksik Zon'da sedimentasyon yapan materyalin bazı ağır metal, radyonüklid, organik karbon ve klorofil-a düzeylerinin araştırılması. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Trabzon.
- Figueira RCL, Tessler MG, Mahiques MM, Cunha LIL (2006) Distribution of ^{137}Cs , ^{238}Pu and $^{239+240}\text{Pu}$ in sediments of the southeastern Brazilian shelf-SW Atlantic margin. *Science of the Total Environment* 357 (1-3): 146-159.
- Camgoz YI, Yaprak G (2009) Determination Natural Radioactivity Levels Agricultural Soils Kucuk Menderes Basin. *Ekoloji* 18 (70): 74-80.
- Kılıç Ö (2006) Sezyum-137'nin (Cs-137) Güney Marmara'daki dağılımı. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- Koc H, Yagmur EA (2007) The Scorpiofauna (Scorpiones) of Dilek Peninsula National Park (Soke-Kusadasi, Aydin). *Ekoloji* 17 (65): 52-59.
- Lee SH, La Rosa JJ, Levy-Paloma I, Oregoni B, Pham MK, Povinec PP, Wyse E (2003) Recent inputs and budgets of ^{90}Sr , ^{137}Cs , $^{239,240}\text{Pu}$ and ^{241}Am in the northwest Mediterranean Sea. *Deep-Sea Research II* 50: 2817-2834.
- Livingston HD, Povinec PP (2000) Antropogenic marine radioactivity. *Ocean and Coastal Management* 43: 689-712.
- Molero J, Sanchez-Cabeza JA, Merino J, Pujol LL, Mitchell PI, Vidal-Quadras A (1995) Vertical Distribution of Radiocaesium, Plutonium and Americium in the Catalan Sea (Northwestern Mediterranean). *Journal of Environmental Radioactivity* 26: 205-216.
- Noureddine A, Menacer M, Boudjenoun R, Benkrid M, Boulahdid M, Kadi-hanifi M, Lee S-H, Povinec PP (2006) ^{137}Cs in seawater and sediment along the Algerian coast. *Radioactivity in the Environment* 8: 156-164.
- Noureddine A, Benkrid M, Maoui R, Menacer M, Boudjenoun R (2007) Distribution of Natural Radioactivity, ^{137}Cs , ^{90}Sr , and Plutonium isotopes in a water column and sediment core along the Algerian Coast. *Science and Technology of Nuclear Installations*, Article ID 48598, doi:10.1155/2007/48598
- Papaefthymiou H, Papatheodorou G, Moustakli A, Christodoulou D, Geraga M (2007) Natural radionuclides and ^{137}Cs distributions and their relationship with sedimentological processes in Patras Harbour, Greece. *Journal of Environmental Radioactivity* 94: 55-74.
- Perianez R (2008) A modelling study on ^{137}Cs and $^{239,240}\text{Pu}$ behaviour in the Alboran Sea, western Mediterranean. *Journal of Environmental Radioactivity* 99: 694-715.
- Strezov A, Milanov M, Mishev P, Stoilova T (1998) Radionuclide accumulation in near-shore sediments along the Bulgarian Black Sea Coast. *Applied Radiation and Isotopes* 49 (12): 1721-1728.
- Topçuoğlu S, Kut D, Esen N, Güven KC, Cevher E (1993) The effect of the Chernobyl on the marine radioactivity level in Akkuyu and İskenderun Bay of Turkey. *Turkish Journal of Nuclear Sciences* 20 (2): 37-42.
- Topçuoğlu S, Güngör N (1999) Radionuclide concentrations in macroalgae and sediment samples from the Bosphorus. *Turkish Journal of Marine Sciences* 5: 19-24.
- Topçuoğlu S (2001) Sources and distribution of anthropogenic radionuclides in Marmara Sea environment. *Turkish Journal of Marine Sciences* 7: 143-152.
- Güven KC, Öztürk B (2005) Deniz Kirliliği. In: Topçuoğlu S (2005), *Denizlerin Radyoaktif Kirliliği* (VI. Bölüm). Tüdev Yayınları No: 21, İstanbul,
- Tyler AT, Carter S, Davidson DA, Long DJ, Tipping R (2001) The extend and significance of bioturbation on ^{137}Cs distributions in upland soils. *Catena* 43: 81-99.
- Uğur A (1998) Gökova Körfezi deniz sediment korlarında radyoaktif Pb, Po, Ra, Cs, Am ve Pu izotoplarının dağılımının incelenmesi, sedimentasyon hızı ve tarihlendirme çalışmalarında kullanılması. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Nükleer Bilimler Anabilim Dalı, İzmir.
- Yildiz N, Yener G (2010) Dating of the Sediment Accumulation Rate, Radioactive and Heavy Metal Pollution in the Van Lake. *Ekoloji* 19 (77): 80-87.