

**KIYI EROZYONUNUN BELİRLENMESİNDE ¹³⁷Cs RADYONÜKLİDİNİN
KULLANIMI: URLA YARIMADASI KIYILARI ÖRNEĞİ***

*USING ¹³⁷Cs TO DETERMINE COASTAL EROSION: EXAMPLE OF URLA
PENINSULA COASTS*

M. Kirami ÖLGEN* Filiz GÜR FİLİZ D. Doğu YAVAŞLI***
Mehmet TARAKÇI******

*Geliş Tarihi: 20.09.2018
(Received)*

*Kabul Tarihi: 09.10.2018
(Accepted)*

ÖZ: Toprak erozyon miktarı ve hızının belirlenmesinde çeşitli radyoaktif elementler yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak kıyı erozyonu ile ilgili kullanımları yenidir. Bu çalışmada ¹³⁷Cs elementinin dağılımı kullanılarak kıyı ortamlarındaki erozyon, birikim ve kıyı dinamikleri hakkında bilgi elde etmek için ampirik bir çalışma yürütülmüştür. İlk olarak Urla yarımadasındaki plajlardan alınan 112 (21) kum ve 16(3) toprak örneği üzerinde ¹³⁷Cs elementinin radyoaktivite düzeyleri belirlenmiştir. Referans değerler ile karşılaştırılan radyoaktivite düzeylerindeki farklılık nerelerde erozyon ya da depozisyon olduğu konusunda bir fikir vermektedir. Elde edilen sonuçlar kıyı akıntı ve dalga yönleri ile plajlardaki tane boyu dağılımı ile ilişkilendirilmiştir. Ardından hangi plajlarda erozyon olduğu ve bu erozyonun miktarının ne kadar olduğu ile ilgili bir model oluşturulmuştur. Analiz sonuçları coğrafi bir veri tabanına aktarılarak haritalanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Urla Yarımadası, kıyı erozyonu, ¹³⁷Cs

ABSTRACT: Various natural and artificial radionuclides are widely used in determining the soil erosion. Applications of these techniques to coastal erosion are, however, relatively new. This study describes the use of ¹³⁷Cs radionuclide for obtaining information on coastal dynamics is subject to erosion, losses of sediments, and deposition of material that had been remobilized from near-shore sediments and also a empirical model has been created to obtain information erosion, sedimentation and other coastal dynamics. Firstly, radioactivity levels of ¹³⁷Cs element was determined on 112 (21) sand and 16 (3) soil samples taken from the beaches of Urla Peninsula. The results obtained are related to coastal current and wave directions and grain size distribution at the beaches. Then a model was created to understand the amount erosion and which beaches have sensitive to erosion. The results of the study are transferred to a geographical database and mapped.

Key Words: Urla Peninsula, coastal erosion, ¹³⁷Cs

* Bu araştırma Int. Symposium of Geomorphology (UJES 2017)'de sözlü bildiri olarak sunulmuştur.

* Doç.Dr., Ege Üniversitesi CoğrafyaBölümü, kirami.olgen@ege.edu.tr

** Dr. Arş.Gör., Ege Üniversitesi Nükleer Bilimler Enstitüsü, filiz.gur@ege.edu.tr

*** Dr. Öğr.Üyesi, Ahi Evran Üniversitesi CoğrafyaBölümü, dogukan.yavasli@ahievran.edu.tr

**** Öğr.Gör.Dr. Dokuz Eylül Üniversitesi Fizik Bölümü, mehmet.tarakci@deu.edu.tr

1.GİRİŞ

Kıyı çeşitli araştırmacılar tarafından farklı şekillerde tanımlanmaktadır. Nitekim İnandık (1971) Karaların deniz boyunca uzanan kenarını kıyı olarak kabul ederken, Turoğlu (2017) “*kendine has güncel etken ve süreçlere ait dinamikleri olan ve bu dinamiklerin etkisi altında oluşan coğrafi koşullar ve bu koşulların delilleri ile tanımlanan, bir bölümü su altında bir bölümü ise suyun dışında, ancak her iki bölümün de su ile ilgili güncel morfo-dinamik etken ve süreçlerin etkisi altında olan aktif jeomorfolojik bir ünite*” olarak tanımlamaktadır. Erinç (2001) ise jeomorfolojik olarak kıyıyı “*deniz veya göl sularının en alçak oldukları zaman çekildikleri sınır ile falezlerin tabanı arasında kalan şerit*”e karşılık geldiğini belirtmektedir.

Farklı araştırmacılar kıyıyı farklı şekillerde tanımlasalar da tümü için ortak olan kıyının kara ve su kütlelerinin kesişimini oluşturan bir çizgiden ziyade her iki ortamın da karşılıklı olarak etkileşimde bulunduğu bir zon olduğudur.

Kıyılarda etkili jeomorfolojik etken ve süreçlerin bir sonucu olarak bazı yerler aşınırken, bazı yerler ise dolmakta, sonuçta kıyı jeomorfolojik açıdan kararlı bir hale gelmeye çalışmaktadır. Aşınma (erozyon) ve birikme (depozisyon) ise gerek kıyılardaki dalga ve akıntı etkinliği gerekse de karalardan taşınan malzemenin niteliğine göre belirlenmektedir. Kıyılardaki erozyon, dalga ve akıntı faaliyetlerine bağlı olarak kıyı boyunca sediman taşınımının bir sonucudur.

Erozyon genel anlamda ayrılmış ana kaya materyalinin farklı etken ve süreçlerle buldukları yerden uzaklaştırılması yani taşınması olarak tanımlanabilir.

Erozyon miktarının (hızının) belirlenmesinde birçok farklı teknik kullanılmasına rağmen, tümünü iki ana başlık altında toplam mümkündür. Bunlardan ilki USLE (Universal Soil Erosion Equation), RUSLE (Revised Universal Soil Erosion Equation), LEAM (Land Erodibility Assessment Model) vb gibi nükleer olmayan yöntemler iken, diğeri ¹³⁷Cs, ²¹⁰Pb ve ⁷Be gibi farklı doğal ve/veya yapay radyonüklidlerin kullanıldığı nükleer yöntemlerdir.

Erozyon hızının belirlenmesinde ¹³⁷Cs gibi radyonüklidler 1980’lerden beri kullanılmaktadır (Zhang vd. 2015). 1950-1960’lardaki nükleer silah denemeleri ve özellikle 1986 yılındaki Çernobil nükleer kazasından sonra atmosfere yayılan ¹³⁷Cs’nin atmosferden toprağa ve suya geçmesi ile erozyon çalışmaları için kullanılacak bir envanter de oluşturulmuş oldu. USLE (Universal Soil Loss Equation – Üiversal Toprak Kaybı Eşitliği) gibi geleneksel olarak kullanılan erozyon miktarını belirlemeye yönelik yöntemlerin sonuçları ile ¹³⁷Cs ölçümleri arasında iyi bir ilişkinin olduğunun anlaşılması üzerine (Ritchie ve McHenry, 1990) erozyon hızının belirlenmesinde söz konusu radyonüklidin kullanımı da yaygınlık kazanmaya başladı. Özellikle klasik yöntemlere göre daha hızlı, tek bir

arazi çalışması ile elde edilebilen örneklerin analizine dayanması nedeniyle de tercih edilmektedir (Walling ve Quine, 1992). Nitekim hem dünyada (Belyaev vd., 2009, Petrovic vd., 2016) hem de ülkemizde (Ertek vd., 2004, Uğur vd., 2004, Saç vd., 2008, saç ve İçhedef, 2015) erozyon hızlarının belirlenmesine yönelik olarak birçok çalışma yapılmıştır. Ancak gerek tarım alanı gerekse de doğal bitki örtüsü ile kaplı alanlarda erozyon hızının belirlenmesinde farklı tekniklerin karşılaştırılmasını içeren bazı araştırmalar ¹³⁷Cs tabanlı erozyon çalışmalarında dikkatli olunmasını da önermektedirler (Evans vd., 2017).

Radyoaktif yöntemlerle erozyon hızının belirlenmesindeki ana fikir, aşınım veya birikim alanları ile erozyona uğramamış alanlardaki (referans) radyonüklidlerin karşılaştırılmasına dayanır. Referans noktası olarak adlandırılan korunmuş alandaki ¹³⁷Cs envanteri, erozyona uğramış yerdeki ¹³⁷Cs envanterinden daha fazla olurken deposizyon bölgesindeki ise daha azdır (Saç, 2003).

Her ne kadar toprak erozyonunun belirlenmesinde radyoaktif yöntemler kullanılmaktaysa da, kıyılardaki erozyonun miktarını belirleme ile ilgili kullanımı son derece sınırlıdır. Bu çalışmalar daha çok kıyılardaki sediment jeokronolojisine (Kirchner ve Ehlers, 1998), veya plaj ve ön kıyı sedimanlarındaki antropojenik radyonüklidlerin birikimine (Fahmi vd., 2010, Al-Mur vd., 2017, Matisoff 2017, Woszczyk vd., 2017) yöneliktir. Kıyı boyunca sediment taşınımı ile ilgili diğer bir grup çalışma da 11 Mart 2011 tarihinde Japonya açıklarında meydana gelen deprem sonrası oluşan tsunaminin etkilediği Fukushima Daiichi Nükleer Santrali'ndeki sızıntının izlenmesidir (Koibuchi, 2013, Fukuda vd., 2017). Erozyonla ilişkisi açısından bu her iki çalışmadan da elde edilen sonuç daha önce kıyı süreçleri içinde izlenmesi en zor olan ince taneli kohezif sedimanların taşınımına yöneliktir.

Kıyı erozyonu, kıyıda sediment taşınımı ve birikiminin belirlenmesinde nükleer yöntemlerin kullanılması ile ilgili olarak literatürde bir boşluk olması bizi böyle bir çalışmaya yönlendirmiştir. Ancak bu çalışma nükleer yöntemlerin kullanıldığı diğer araştırmalardan farklı olarak envanter oluşturmadan ziyade, karşılaştırmalara dayanan ampirik bir yaklaşıma sahiptir.

Çalışma alanını oluşturan Urla Yarımadası Ege Bölgesi'ndeki yarımadalardan en büyüğüdür ve kabaca Urla ilçe sınırlarından batıya doğru uzanan ve içinde Karaburun ile Çeşme yarımadalarını da kapsayan kesimi oluşturmaktadır (Şekil 1).

2. MALZEME VE YÖNTEM

Çeşme yarımadası ve Urla sahil şeridi boyunca yürütülen çalışmada, örnekleme yapılması mümkün olan her bir bölgeden plaj kumları ve toprak örnekleri alınmıştır. Çeşme ilçesinin Alaçatı, Ovacık, Altinkum, Pırlanta, Çiftlik, Teke, Dalyan, Boyalık, İlica, Paşalimanı, Şifne, Reisdere ve Ildır plajlarından 64

adet plaj kumu ve 8 adet yüzey toprağı, Urla ilçesinin Çeşmealtı, Özbek, İçmeler, Gülbahçe, Balıklıova, Demircili plajlarından 48 adet plaj kumu ve 8 adet yüzey toprağı olmak üzere toplamda 112 adet plaj kumu ve 16 adet yüzey toprağı alınmıştır. Örnekleme yapılan alanlarda, tüm sahil boyunca ve örnek alınan noktalarda taşınabilir Scintrex-BGS-4 gama ölçüm cihazı ile yer yüzeyinden 1 m yükseklikte cps (count per second) olarak saniyedeki gama sayım ölçümleri yapılmıştır. Örnekler yaklaşık 2-3 kg olacak şekilde yüzeyden 10 cm derinlikten, 1m X 1m kare alanı boyunca alınmıştır. Alınan örneklerin koordinatları GPS ile kaydedilmiştir.

Alınan örnekler laboratuvara getirildikten sonra, yabancı maddeler (izmarit, çöp, plastik, cam vb.) uzaklaştırılıp etüvde 105°C'de sabit ağırlığa ulaşmaya kadar kurutulmuştur. Kurutulan örnekler homojen hale getirilmek için < 2 mm'lik eleklerden geçirilerek 1 L'lik marinelli kaplara yerleştirilerek kapatılmıştır. Örneklerin ¹³⁷Cs aktivite konsantrasyonları 184 cc p tipi koaksial HPGe dedektör (verimi % 25, ⁶⁰Co'nun 1,33 MeV gama enerjisi için FWHM: 1,83 keV ve pik/compton oranı: 57:1), Ortec Model-671 spektroskopi amplifikatörü ve Canberra PC bazlı MCA (8 K) Wilkinson ADC'den oluşan gama spektrometre sistemi ile ölçülmüştür. Dedektörün içinde bulunduğu kurşun zırhın kalınlığı 100 mm'dir. ¹³⁷Cs aktivite konsantrasyonları 661.6 keV gama enerjili kendi piki kullanılarak ölçülmüştür. Gama spektrometre sisteminin analitik kalite kontrolü, örneklerle benzer matris ve geometride IAEA ve Amersham kaynaklı standart referans materyaller kullanılarak yapılmıştır.

Nükleer yöntemlerle toprak erozyon hızının belirlenmesindeki ana fikir yukarıda da belirtildiği gibi radyonüklid envanterindeki değişimin belirlenmesine yöneliktir. Temel yöntem envanter verilerinin referans verileri ile karşılaştırılmasına dayanmaktadır. ¹³⁷Cs envanter ölçümlerine dayanan yöntemler arasında ikisi yaygın olarak kullanılmaktadır (Zapata vd., 2002). Bunlar Ampirik, Doğrusal Olmayan Model ve Doğrusal Modeldir. Doğrusal Olmayan Model 1960 ve 1970 li yıllarda USLE metoduyla ¹³⁷Cs envanterinin karşılaştırılmasına dayanmaktadır (Matisoff ve Whiting, 2011). Buna göre erozyon:

$$E = 0.0087P^{1.18} \quad (1)$$

olarak gösterilmektedir. Burada E erozyon oranı (g cm⁻² yıl⁻¹) ve P ise çalışma alanındaki ¹³⁷Cs envanterinden olan kaybın yüzdesidir. Envanter kayıp yüzdesi ise şu şekilde tanımlanmaktadır:

$$P = (I_{ref} - I_{site}) / I_{ref} * 100 \quad (2)$$

I_{ref} referans alanında ölçülen ¹³⁷Cs envanteri (Bq m⁻² cinsinden), I_{site} ise çalışma alanındaki ¹³⁷Cs envanteridir.

Doğrusal ya da Doğrusal Kutu Model (Matisoff ve Whiting, 2011) ise iki alt modelden oluşmaktadır. Bunlar Doğrusal 1 Kutu Model ve Doğrusal 2 Kutu

Model'dir. İkinci model sürülmüş topraklardaki envanterden olan erozyonu hesaplamak için daha uygunken, birinci model sürme derinliğini dikkate almaz. İkinci model ¹³⁷Cs penterasyon derinliği sürme derinliğinden daha fazla ise kullanılmaktadır. Plaj kumlarının sürekli bir karışım içinde olması nedeniyle bu çalışmada Doğrusal 2 Kutu Model kullanılmıştır. Buna göre erozyon:

$$E = DP_{\text{till}}K / T \quad (3)$$

burada D ortalama sürme derinliği (cm), K toprağın kuru kütle yoğunluğu (g cm⁻³), T ise ¹³⁷Cs depolanmasından bu yana geçen zamandır. P_{till} ise:

$$P_{\text{till}} = (I_{\text{ref}} - I_{\text{site}}) / I_{\text{ref}} \quad (4)$$

şeklinde hesaplanmaktadır.

3. BULGULAR

Bu çalışmada biri birikim ağırlıklı (Örnek Alan 1) ve diğeri de aşınım ağırlıklı (Örnek Alan 2) olmak üzere iki test alanı seçilmiştir (Şekil 2). Bu alanlardan ilkinde 6 kum ve 2 toprak örneği, ikincisinde ise 15 kum ve 1 toprak örneği erozyon hızı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Örneklerin ¹³⁷Cs açısından sahip oldukları radyoaktivite değerlerinin dağılışı her iki örnek alan için farklılık göstermektedir (Şekil 2). Nitekim Örnek Alan 1'deki örneklerde ölçülen değerler, Örnek Alan 2'dekilerden bariz olarak yüksektir. Örneklerin radyoaktivite düzeyleri Örnek Alan 1'de kendi içinde farklılıklar göstermekte ve doğuya doğru tedrici olarak artmaktadır. Bu alanda gerek kıydan alınan örneklerde gerekse de kıyı gerisinden alınan örnekte ölçülen değerler birbirlerine çok yakındır. Bu durum tane boyu dağılımının benzer olması ile açıklanabilir. Nitekim kıyıdaki malzeme ince kum ve silt boyutundadır. İkinci alandan alınan örneklerde ölçülen değerler ise birbirlerine çok yakın değerlerdedir. Ancak burada kıyının gerisinden alınan toprakta ölçülen radyoaktivite düzeyi kumlara göre bariz miktarda yüksektir (5, 19 Bq/kg). Örnek alan 2'deki kıyı kumları tane boyu açısından oldukça homojen ve iyi boylanmışlardır. Bu durum kıyıdaki dalga ve akıntı nedeniyle yıkanmanın çok fazla olması ile açıklanabilir.

Örneklerden elde edilen analiz sonuçları yardımıyla hem Doğrusal Olmayan Model hem de Doğrusal Kutu Modeli kullanılarak her iki örnek alan için de erozyon hızları hesaplanmıştır. Modellerden elde edilen sonuçlar Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1: Erozyon hızını belirlemek için kullanılan modellerden elde edilen sonuçlar.

Yöntem	Örnek alan #1 (gr cm ⁻² yıl ⁻¹)	Örnek alan #2 (gr cm ⁻² yıl ⁻¹)
Doğrusal olmayan model	0,0755 – 0,8265	1,9035
Doğrusal kutu modeli	0,0435 – 0,5213	1,7812

Tablo 1’de ¹³⁷Cs ölçümlerine dayanan Doğrusal Olmayan ve Doğrusal Kutu Modeli kullanılarak Örnek Alan 1 ve Örnek Alan 2’den elde edilen sonuçlar yardımıyla hesaplanmış erozyon hızları verilmiştir. Tabloda ilk dikkati çeken her iki model sonucunda da Örnek Alan 1’deki erozyon hızının Örnek Alan 2’ye oranla çok düşük olduğu hatta neredeyse hiç erozyon olmadığıdır. Bu durum örnek alanlarının kıyı jeomorfolojisi açısından birbirlerinden oldukça farklı olmalarının bir sonucudur. Nitekim bu çalışmada da Örnek Alan 1 erozyonun çok az olduğu veya olmadığı bir alan, Örnek Alan 2 ise erozyonun, en azından kıyıdaki yıkanmanın, olduğu bir alan olarak seçilmiştir.

Örnek Alan 1, İzmir ve Kuşadası körfezleri arasında bir eşik oluşturan Urla kıstağının hemen kuzeybatısında İskele düzlüğü olarak adlandırılan, İzmir dış körfez çöküntüsünün güneyinde, onun girintisi içinde yer almaktadır (Şekil 1). Bu alan Karantina Adası’nın hemen doğusundan itibaren başlamakta ve doğuya doğru yaklaşık 2,5 km kadar uzanmaktadır.

Örnek Alan 2 ise Urla Yarımadası’nın en batı ucunda Çeşme İlçe merkezi ve Çiftlikköy’ün güneyinde, Altınkum mahallesine 2 km uzaklıkta ve kabaca 3 km boyunca uzanan son derece iyi elenmiş kumlardan oluşan bir plaj alanıdır (Şekil 2).

Her iki alanın kıyı özellikleri birbirlerinden farklılık göstermektedir. Örnek Alan 1 için genel kıyı dinamiği İzmir Körfezi’nin kıyı dinamiğinin bir sonucudur. Nitekim İç körfezin sıcaklığı dış körfeze göre daha yüksekken, buna karşın dış körfezin tuzluluğu daha fazladır. Bu durum Ege Denizinden gelen suların Körfezin batısından içeriye doğru ilerlemesine, Körfezin içindeki suların da doğu tarafından dışarıya doğru akmasına yol açmaktadır. Böylece bu dağılım Körfez içinde saat yönünün tersi istikamette bir akıntı döngüsü oluşturmaktadır (Beşiktepe vd., 2011). Örnek alanının batı sınırını oluşturan Karantina adası antik çağlardan beri bir yolla karaya bağlıdır. Ada ve bunu karaya bağlayan yol örnek alanının morfolojisini etkilemesi bakımından önemlidir. Nitekim ada yolunun kıyıya bağlandığı yerde, bağlantının doğusunda etkin dalga ve kıyı akıntıları nedeniyle birikme, sığlaşma ve dalga enerjisinin azalmasına yol açmaktadır. Bu durum örnek alanında aşınmadan çok birikmeye yol açmaktadır.

Genellikle Neojen yaşlı marn, kil ve grelerden oluşan Karaabdullah burnu ile Azmak burnu arasındaki Örnek Alan 2, güneybatı rüzgarlarının etkisiyle oldukça aşınmış ve deniz içinde sığ bir platform oluşmuştur (Mater, 1982). Bu platform açık deniz etkisine oldukça açık olup, kıyıda kumlar bu nedenle iyi yıkanmaktadır. Bu yıkanmanın sonucu olarak ta sediment taşınımı akıntı yönünün yanı sıra dalga dinamiğine de bağlıdır. Dalga dinamiğine bağlı sediment taşınımı kıyının ön ve yakın kesimlerinde farklılıklar gösterir. Nitekim yakın kıyıda daha çok sürüntü halinde taşınım görülürken, ön kıyıda sürüntü ve askı hareketi biçiminde olmaktadır (Kırkgöz, 2002).

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Her ne kadar ¹³⁷Cs ve diğer radyonüklidler erozyon hızının belirlenmesi amacıyla son yirmi otuz yıldır yaygın olarak kullanılıyorsa da kıyı erozyonunun belirlenmesi amacıyla kullanımı çok sınırlıdır. Bu araştırma ¹³⁷Cs kullanılarak kıyı erozyon hızını belirlemeye yönelik olarak yapılmış ampirik bir çalışmadır. Şöyle ki radyoaktif yöntemlerle erozyon hızının ölçümündeki izlenen yöntemlerden farklı olarak, kıyıda denizel yıkanmanın etkisini yansıtan ölçüm sonuçları esas alınmıştır. Ancak yine de birikim ve aşınım alanlarındaki farklılık dikkate değer bir ölçüde belirlenebilmiştir.

Radyoaktif yöntemlerle erozyon hızı belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan iki farklı yöntem (doğrusal ve doğrusal olmayan) kullanılarak kıyı jeomorfolojisi açısından birbirlerinden farklı niteliklere sahip iki örnek alanda erozyon hızları belirlenmeye çalışılmıştır. Buna göre jeomorfolojik olarak ayrımı yapılabilen aşınım egemen bir alan ile birikim egemen bir alan hem farklı bir yöntemle belirlenebilmiş, hem de nicel olarak değerlendirilmiştir. Ancak yine de kıyı jeomorfolojisini de dikkate alan daha detaylı bir çalışmaya ihtiyaç vardır. Bu amaçla üç ayrı ek çalışmaya daha gereksinim olduğu kanısındayız. Bunlardan ilki kıyının açığını yakın kıyıyı da içerecek daha geniş bir alandan sistematik bir şekilde örnek alınması, ikincisi alınan bu örneklerin mekânsal dağılımının belirlenmesidir. Böylece kıyı boyunca litoral driftin daha iyi belirlenebilmesi sağlanır. Üçüncü bir çalışma olarak ta kıyıya yakın alanlardan belirli derinliğe kadar inecek şekilde alınacak ve referans amacıyla kullanılacak örneklerden elde edilecek ¹³⁷Cs envanteridir.

KAYNAKÇA

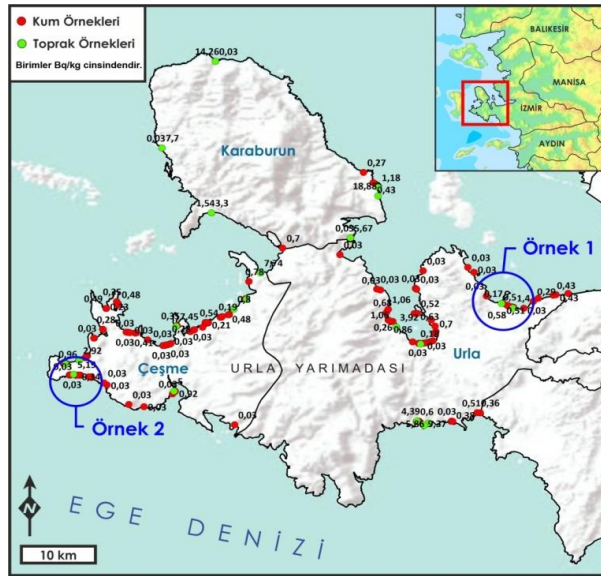
- Al-Mur, B., Quicksall, A.N., ve Kaste, J.M. (2017), "Determination of Sedimentation, Diffusion, and Mixing Rates in Coastal Sediments of the Eastern Red Sea via Natural and Anthropogenic Fallout Radionuclides", *Marine Pollution Bulletin*, 122:456-463.
- Belyaev, V.R., Golosov, V.N., Kuznetsova, J.S., ve Markelov, M.V. (2009), "Quantitative Assessment of Effectiveness of Soil Conservation Measures Using a Combination of ¹³⁷Cs Radioactive tracer and Conventional Techniques", *Catena*, 79:214-227.
- Beşiktepe, Ş.T., Sayın, E., İlhan, T., ve Tokat, E. (2011), "İzmir Körfezi Akıntı Dinamiğinin Model ve Gözlem Yardımıyla İncelenmesi", 7. Kıyı Mühendisliği Sempozyumu, Bildiri Kitabı, 427-437, 20-23 Kasım, Trabzon.
- Erinç, S. (2001), *Jeomorfoloji II* (13. Basım), Der Yayınları, İstanbul.

- Ertek, T.A., Hacıyakupoğlu, S., Walling, D.E., Karahan, G., Erginal, A.E., Çelebi, N., ve Saygın, H. (2004), “Sezyum-137 Radyonüklidinin Erozyon Araştırmalarında Kullanımı ve Türkiye’den Örnekler”, İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Coğrafya Dergisi, 12:47-62.
- Evans, R., Collins, A.L., Zhang, Y., Foster, I.D.L., Boardman, J., Sint, H., ve Lee, M.R.F. (2017), “A Comparison of Conventional and ¹³⁷Cs-based Estimates of Soil Erosion Rates on Arable and Grassland Across Lowland England and Wales”, Earth Science Reviews, 173:49-64.
- Fahmi, N.M., El-Khatib, A., Abd El-Salam, Y.M., Shalaby, M.H., El-Gally, M.M., ve Naim M.A. (2010), “Study of the Environmental Impacts of the Natural Radioactivity Presents in Beach Sand and Lake Sediment samples Idku, Bahara, Egypt”, Tenth Radiation Physics and Protection Conference, 27-30 November, Nasr City, Cairo, Egypt.
- Fukuda, M., Aono, T., Yamazaki, S., Nishikawa, J., Otosaka, S., Ishimaru, T., ve Kanda, J. (2017), “Dissolved Radiocaesium in Seawater off the Coast of Fukushima During 2013-2015”, Journal of Radiational Nuclear Chemistry, 311:1479-1484.
- İnandık, H. (1971), Deniz ve Kıyı Coğrafyası (İkinci Baskı), İstanbul Üniversitesi Yayınları: 1219, Coğrafya Enstitüsü Yayınları: 47, İstanbul.
- Kırkgöz, M.S. (2002), “Kıyı Erozyonunun Boyutları”, TMH- Türkiye Mühendislik Haberleri, 420-421-422, 4-6.
- Kirchner, G., ve Ehlers, H. (1998), “Sediment Geochronology in Changing Coastal Environments: Potentials and Limitations of the ¹³⁷Cs and ²¹⁰Pb Methods”, Journal of Coastal Research, 14(2):483-492.
- Koibuchi, Y. (2013), “Tracing Fine-grained Sediment Transport Around Tokyo Bay Using Cesium-134 and Cesium-137 Originating From Fukushima Daiichi Power Plant”, Coastal Processes III, WIT Transactions on Ecology and the Environment, Vol 169.
- Mater, B. (1982), Urla Yarımadasında Arazinin Sınıflandırılması ile Kullanılışı Arasındaki ilişkiler, İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayınları: 2863, İstanbul.

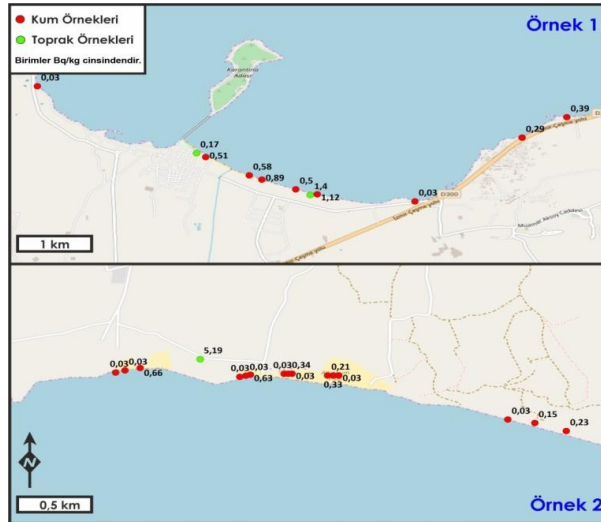
- Matisoff, G. (2017), "Activities and Geochronology of ^{137}Cs in Lake Sediments resulting From Sediment Resuspension", *Journal of Environmental Radioactivity*, 167:222-234.
- Matisoff, G., ve Whiting, P.J. (2011), "Measuring Soil Erosion Rates Using Natural (^7Be , ^{210}Pb) and Anthropogenic (^{137}Cs , $^{239,240}\text{Pu}$) Radionuclides", *Handbook of Environmental Isotope Geochemistry* (Ed: Baskaran, M.), Springer, 487-519.
- Petrovic, J., Dragovic, S., Dragovic, R., Dordevic, M., Dokic, M., Zlatkovic, B., ve Walling, D. (2016), "Using ^{137}Cs Measurements to Estimate Soil Erosion Rates in the Pcinja and South Morava River Basins, southern Serbia", *Journal of Environmental Radioactivity*, 158-159:71-80.
- Ritchie, J.C., ve 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.
- Saç, M. (2003), *Yatağan Havzasında Toprak Erozyonu Hızının Radyoaktif Sezyum Tekniği Kullanılarak Ölçülmesi*, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Nükleer Bilimler Anabilim Dalı, Yayınlanmamış Doktora Tezi.
- Saç, M.M., Uğur, A., Yener, G., ve Özden, B. (2008), "Estimates of Soil Erosion Using Cesium-137 Tracer Models", *Environmental Monitoring Assessment*, 136:461-467.
- Saç, M.M., ve İçhedef, M. (2015), "Application of ^{137}Cs Technique for Evaluation of Erosion and Deposition Rates Within Cultivated Fields of Salihli region, Western Turkey", *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 8:477-482.
- Turoğlu, H. (2017), "Deniz ve Göllerde Kıyı", *Yasal ve Bilimsel Boyutlarıyla Kıyı* (Ed: Turoğlu, H., ve Yiğitbaşoğlu, H.), *Jeomorfoloji Derneği Yayınları*: 1, İstanbul.
- Uğur, A., Saç, M.M., Yener, G., Altınbaş, Ü., Kurucu, Y., Bolca, M., ve Özden, B. (2004), "Vertical distribution of the Natural and Artificial Radionuclides in Various Soil Profiles to Investigate Soil Erosion", *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 259(2):265-270.
- Walling, D.E., ve Quine, T.A. (1992), "The use of caesium-137 measurements in soil erosion surveys", *Erosion and sediment*

monitoring programmes in river basins, Proceedings of International Symposium, Oslo.

- Woszczyk, M., Poreba, G., ve Malinowski, L. (2017), “ ^{210}Pb , ^{137}Cs and ^7Be in the Sediments of Coastal Lakes on the Polish Coast: Implications for Sedimentary Processes”, *Journal of Environmental Radioactivity*, 169-170:174-185.
- Zapata, F., Garcia-Agudo, E., Ritchie, J.C., ve Appleby, P.G. (2002), “Introduction”, *Handbook for the Assessment of Soil Erosion and Sedimentation Using Environmental Radionuclides* (Ed: Zapata, F.), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1-14.
- Zhang, X.C., Zhang, G.H., ve Wei, X. (2015), “How to make ^{137}Cs erosion estimation more useful: An uncertainty perspective”, *Geoderma*, 239-240: 186-194.



Şekil 1: Çalışma alanının lokasyon haritası ve örnek alınan noktalar.



Şekil 2: Örnek Alan 1 ve Örnek Alan 2'de ölçülen ^{137}Cs radyoaktivite düzeyleri.

