

## Muğla İli Yatağan Havzasında Eğimli Alanların Büyük Toprak Gruplarında <sup>137</sup>Cs'nin Dağılımı<sup>1</sup>

M. Murat SAÇ<sup>2</sup>, Aysun UĞUR<sup>3</sup>, Güngör YENER<sup>4</sup>,  
Mustafa BOLCA<sup>5</sup>, Ünal ALTINBAŞ<sup>6</sup>, Yusuf KURUCU<sup>7</sup>  
Banu ÖZDEN<sup>8</sup>

### Summary

#### Distribution of <sup>137</sup>Cs in Great Soil Groups Formed by Slope Surfaces in the Mugla-Yatagan Basin

In this study, the horizontal distribution of <sup>137</sup>Cs concentrations in great soil groups in Yatagan Basin was investigated and effective factors for <sup>137</sup>Cs adsorption were determined. Correlation coefficients between <sup>137</sup>Cs concentrations and soil characteristics were examined with respect to soil characteristics on the horizons. Soil samples were collected from five different soil taxonomic units. The results of this study were given as distributions of spatial and vertical of <sup>137</sup>Cs concentrations.

It was observed that the variation in <sup>137</sup>Cs concentrations in the soils was positively correlated with soil clay ( $r^2=+0.71-+0.99$ ) and organic matter content ( $r^2=+0.78-+0.93$ ) and negatively correlated with sand content ( $r^2=-0.53- -0.93$ ).

**Key words:** <sup>137</sup>Cs, Soil Characteristics, Soil Groups

### Giriş

Doğada doğal olarak bulunmayan ve yapay bir radyonüklid olan <sup>137</sup>Cs, yağmur suları ile birlikte yeryüzüne ulaşır ve pedosfer tabakasındaki toprak kolloidleri tarafından adsorbe edilir (Ritchie et al., 1990). Topraklardaki kil minerallerinin ayrımlı tipleri, kristalleşme dereceleri, yoğunluğu, iyon değişim özellikleri ve çevrenin katyon

<sup>1</sup> TÜBİTAK-YDABÇAG 100Y60 Nolu Projeden derlenmiştir.

<sup>2</sup> Dr., E.Ü. Nükleer Bilimler Enstitüsü, 35100 Bornova-İzmir,  
murat@nukleer.ege.edu.tr

<sup>3</sup> Yrd. Doç.Dr., E.Ü. Nükleer Bilimler Enstitüsü, 35100 Bornova-İzmir.

<sup>4</sup> Prof. Dr., E.Ü. Nükleer Bilimler Enstitüsü, 35100 Bornova-İzmir.

<sup>5</sup> Yard. Doç. Dr., E.Ü.Z.F. Toprak Bölümü, 35100 Bornova-İzmir.

<sup>6</sup> Prof.Dr., E.Ü.Z.F. Toprak Bölümü, 35100 Bornova-İzmir

<sup>7</sup> Doç.Dr., E.Ü.Z.F. Toprak Bölümü, 35100 Bornova-İzmir

<sup>8</sup> Dok.Öğr., E.Ü., Nükleer Bilimler Enstitüsü, 35100 Bornova-İzmir.

içeriği gibi doğal özellikler topraklardaki  $^{137}\text{Cs}$  adsorbsiyonuna doğrudan etkili olur. Topraklardaki  $\text{K}^+$  ve  $\text{Na}^+$  gibi katyon niceliklerinin artışı toprak kolloidleri tarafından  $^{137}\text{Cs}$ 'un adsorbsiyonunu düşürür. Topraklarda  $\text{Ca}^{+2}$  vb. iki değerlikli katyonların varlığı,  $\text{K}^+$  vb. tek değerlikli katyonlara nazaran  $^{137}\text{Cs}$ 'un adsorbsiyonunu artırır. Topraklara bulunan mika ve vermikülit mineralleri tarafından  $^{137}\text{Cs}$ 'nin daha yoğun olarak adsorbsiyona uğramasına neden olur (Saç, 2003). Genel olarak kil minerallerinin tipi, toprağın organik madde ve kil içeriği  $^{137}\text{Cs}$  adsorbsiyonunu etkileyen ve bu bağlamda katyon değişim kapasitesini belirleyen bir etki faktörü olarak konumlanır.

Sawhney (1967), vermikülit kil mineralinin nicel olarak yoğunlaşması ve buna koşut olarak KDK'nın artışıyla,  $^{137}\text{Cs}$ 'un daha fazla adsorbe olduğunu saptamıştır. Yüzey topraklarında  $^{137}\text{Cs}$ 'un yoğun dağılımı organik madde niceliği ile ilişkilidir (Öztaş, 1993). Richie ve McHenry (1978), topraktaki  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonundaki değişimi, kil ve organik madde miktarı ile pozitif, kum içeriği ile ise negatif bir korelasyon gösterdiğini belirlemişlerdir. De John ve ark. (1986), A horizonunda ve organik madde içeriğindeki değişikliklerin,  $^{137}\text{Cs}$  aktivitesinde %65 kadar değişikliğe neden olduğunu belirtmişlerdir. Bu bağlamda organik madde kimi konumlarda kil minerallerine tutunan  $^{137}\text{Cs}$ 'un artışında rol oynadığı gibi, kolloidlerden de  $^{137}\text{Cs}$ 'un serbest kalışını arttırabileceğini saptamışlardır (Öztaş, 1993).

Tarım yapılmayan topraklarda  $^{137}\text{Cs}$ 'un kil minerallerine kuvvetli adsorbsiyonu yanında organik madde niceliğinden dolayı, çoğunun yüzey horizonlarda yoğunlaştığı belirlenirken, kimi araştırmacılar  $^{137}\text{Cs}$ 'un toprakların daha derinlere doğru su ile olan hareketini belirlemişlerdir (Uğur ve ark., 2003 ; Saç, 2003).

Lowrance ve ark. (1988), bozulmamış ve humusca zengin orman topraklarında  $^{137}\text{Cs}$  aktivitesini yüzeyde daha yüksek ölçmüşlerdir.  $^{137}\text{Cs}$ 'un kum dokulu topraklarda yavaş hareket ettiğini ve 20 cm'nin altına taşınmadığını açıklamışlardır. McHenry ve ark. (1977),  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonunun tarım yapılmayan alanlarda profilin en üst 5 cm'sinde daha fazla olmasına rağmen, bunun tarım alanlarında pulluk tabakasına kadar dağılım gösterdiğini belirtmişlerdir (Öztaş, 1993).

$^{137}\text{Cs}$ 'un topraklarda adsorbe olması toprak tepkimesi (pH) ile doğrudan ilişkilidir. pH'ın 2 den 4'e çıkması durumunda adsorbsiyon hızla artarken, pH=7'de maksimuma ulaşır. pH=8 ve yukarısında ise topraklar tarafından adsorbsiyon yeniden düşüşe geçer.  $^{137}\text{Cs}$ 'un toprak

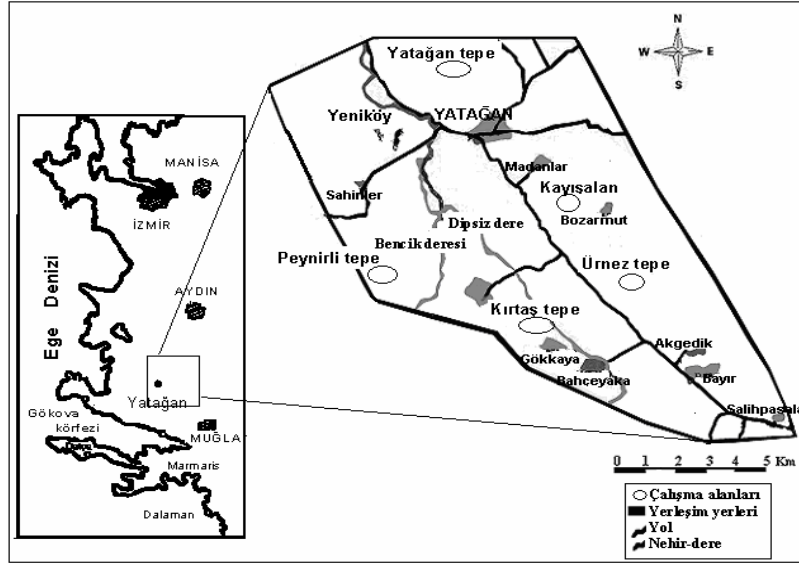
profili boyunca dikey dağılım hızı kil minerallerine kuvvetli adsorbsiyonundan dolayı düşüktür. Bir çok araştırmacı  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonunun ilk 5-10 cm üstünde yoğunlaştığını ve toprak yüzeyinden aşağı doğru exponansiyel olarak azaldığını göstermişlerdir (Walling et al., 1995; Ionita et al., 2000; Saç, 2003). McCallan ve ark. (1980),  $^{137}\text{Cs}$ 'nin toprak profilindeki yüzey azalmalarının sezyum taşımayan materyallerden kaynaklandığını belirtmişlerdir. Chappell ve ark. (1999) ise yoğun yağmurların  $^{137}\text{Cs}$  nin kil mineralleri tarafından adsorbsiyonunu azalttığını göstermişlerdir .

Bu çalışmanın amacı  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonunun toprak gruplarına göre dağılımını incelemek ve  $^{137}\text{Cs}$  birikiminin eğim ve yükseklikle olan değişimini belirlemektir. Ayrıca  $^{137}\text{Cs}$ 'nin toprak ile birlikte hareket etmesinden dolayı bir çok araştırmacı  $^{137}\text{Cs}$ 'u toprak kaybı hesaplamalarında kullanılmıştır. Bölgenin toprak kaybını belirlemeden önce bu tür bir çalışmanın yapılmasında yarar görülmektedir. Çünkü  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonlarının hangi bölgelerde azalma, hangi bölgelerde birikim gösterdiğinin belirlenmesi gerekir.

#### **Araştırma Yeri ve Coğrafik Konumu**

Muğla ilinin yaklaşık 20 km kuzeybatısında yer alan araştırma alanı; Doğu-Kuzeybatı yöneyinde konumlanmış bir havza görünümünde olup  $37^{\circ} 15' 00''$  ve  $37^{\circ} 22' 00''$  Kuzey enlemleri ile  $28^{\circ} 05' 00''$  ve  $28^{\circ} 14' 00''$  Doğu boylamları arasında yer almaktadır. Coğrafi konum olarak, sahanın Kuzeyinde Yatağan ilçesi, Güneyinde ise Muğla ili bulunmaktadır. Havzanın Kuzeybatısında 718 m yükseltili Yatağan tepe, Batısında 507 m yükseltili Peynirli tepe ve 493 m yükseltili Kırtaş tepe, Doğusunda 408 m yükseltili Ürnez tepe ile 440 m yükselti ile Kayışalanı tepe bulunmaktadır (Şekil 1).

Araştırma alanının Batı bölümleri dik eğimli (%30+) dağlık bölgeler ile kuru dere veya yan derelerce taşınmış birikimlerden oluşmuş hafif eğimli etekler yada düz arazileri içermektedir. Doğu bölümleri ise orta ve dik eğimli (%15+) dağlık alanları içerir. Genelde havza, çevresindeki dağlık alanlardan taşınan alluvium-kolluvium özdeklerce oluşturulan kolluvial ve alluvial oluşumlar gözlenir.



Şekil 1. Yatağan Havzasında Toprak Örnekleme Yerleri

## Materyal ve Yöntem

### Materyal

Bu araştırmada Muğla ili Yatağan ilçesi havzası içinde yapılan arazi çalışmaları ile ayrımlı fizyografik konum ve eğimdeki alanlardan farklı ana özdekler üzerinde açılan pedonlardan örneklemeler yapılmıştır. Alınan örneklerde  $^{137}\text{Cs}$  birikimlerinin toprak yapısına, ana özdek ve horizonlarına bağlı değişimleri incelenmiştir. Araştırma alanı toprakları fizyografyalarına, ana özdeklerine ve pedogenetik özelliklerine göre taksonomik olarak sınıflandırılmışlardır (Altınbaş, 1996).

Araştırma yöresinde kretase kalker yada marn ana özdek üzerinde dik-orta dik eğimli topografik konumda oluşum gösteren Mollisoller, yan derelerin ve gravitasyonun etkisi ile taşınıp biriktirilen orta-kaba bünyeli alüvyal depozitler üzerindeki Entisoller, eğimli topografya üzerinde şist, kretase kalker ana özdekleri üzerinde oluşum gösteren Alfisol sırası içerisinde yer alan topraklar, çalışmaların temel materyallerini oluşturmaktadır.

Çalışma alanını çevreleyen yüksek eğim içeren (%25-40) 5 tepenin doruk, sırt, yamaç ve etek bölümleri ile düz, düze yakın alanlardan toplam 29 pedon açılmış ve ayrımlı tabaka ve horizonlardan 71 adet toprak örneği alınarak Çizelge 1 de sadece A horizonlarına ait sonuçlar verilmiştir.

## **Yöntem**

Çalışma alanında açılan pedonlardan alınan toprakların fiziksel, kimyasal özellikleri ile  $^{137}\text{Cs}$ 'nin dağılımının belirlenmesi için kimi toprak analizleri yapılmıştır.

### **Toprak analizleri için örnekleme tekniği**

Araştırma alanındaki ayrımlı her bir fizyografik arazi birimleri içeriğinde arazilerin ayrımlı doruk, sırt ve yamaçlardaki ön etüd çalışmaları yapılarak 1/25000 ölçekli topografik harita üzerinde ayrımlı pedon yerleri saptanmıştır. Açılan pedonlarda gözlenen ayrımlı tabaka veya horizonlardan toprak yüzeyinden jeolojik ana özdeğe kadar olan derinliklerden toprak örnekleri alındı.

### **Toprak Örneklerinin $^{137}\text{Cs}$ Analizleri**

Toplanan toprak örneklerinin yaş ve kuru ağırlıklarını belirlemek için önce oda sıcaklığında kurutulmuş örnekler daha sonra etüvde  $105^{\circ}\text{C}$  sıcaklıkta 6 saat kurutulmuştur. Kurutulmuş toprak örnekleri gama spektroskopik analizler için  $600\ \mu\text{m}$  (30 mesh) elekten geçirilerek 1200 ml hacimli Marinelli kaplarına 1500 g gelecek şekilde yerleştirilmiştir.

Toprak örneklerinin  $^{137}\text{Cs}$  aktivitelerinin belirlenmesinde kullanılan sayım sistemi Tennelec model 184  $\text{cm}^3$ 'lük p-tipi coaxial HPGe dedektörü, çok kanallı Analizör kartı (Nucleus Software), Tennelec model Tc. 224 Lineer Amplifikatör ve Ortec model 659 yüksek voltaj kaynağından oluşurken toplam verim 0.012 olarak bulunmuştur. Sayımlardaki hatalar %5 ve 10 arasında değişmektedir. Curie tarafından verilen matematiksel tanımlamalar kullanılarak ölçüm sisteminin algılayabileceği minimum aktivite 20000 saniye sayım süresi ve 1500 g örnek ağırlığı için 0.27 Bq olarak bulunmuştur.

### **Araştırma Bulguları ve Sonuç**

Arazi çalışmaları ile ayrımlı fizyografik konum ve eğimdeki alanlardan ayrımlı ana özdekler üzerinde açılan pedonlardan yapılan örneklemelede  $^{137}\text{Cs}$  birikimlerinin toprak yapısına, ana özdek ve horizonlarına bağlı değişimleri incelenmiş ve  $^{137}\text{Cs}$  birikiminin daha en fazla üst horizonlarda olduğu görülmüştür. Toprak özellikleri ile  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonları sonuçları Çizelge 1 de verilmiştir. Toprağın A horizonuna bağlı olarak toprak özellikleri ile  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonları arasındaki korelasyon katsayıları ( $R^2$ ) belirlenerek ikili ilişkiler ortaya konulmuştur (Çizelge 2).

Kretase kalker ana özdekler üzerinde oluşum gösteren Yatağan, Peynirli ve Kırtaş tepelerinin sırt ve yamaç arazilerinde alfisol sırasının

Lithic Rhodoxeralf'lerin, bitki örtüsünün daha seyrek olduğu bölümlerde ise zayıf A horizonlu Entisol sırasının Lithic Xerorthent'lerinin oluştuğu belirlenmiştir. Çok dik-dik iç bükey eğimin belirlendiği ve mevsimsel su erozyonu altında kalan küçük vadi rölyef yapısına sahip alanlarda ise Entisollerden Typic Xerorthent oluştuğu saptanmıştır. Bitki örtüsünün yoğun olduğu bölümlerde lithic kontağa sahip olmayan, 10 cm'den daha derin Ochric epipedon içeren Alfisollerden Typic Rhodoxeralf oluşurken, bitki örtüsünün daha seyrek olduğu bölümlerde ise lithic kontağa sahip, 10 cm'den daha az derinliklerde, zayıf A horizonlu Lithic Rhodoxeralflerin oluştuğu saptanmıştır.

Yatağan, Peynirli ve Kırtaş tepelerinin üzerindeki topraklar, kil birikim horizonu içerirler ve pedon boyunca seyreltik HCI ile tepkime göstermezler veya çok zayıf bir tepkime verirler. Ana özdeklerini oluşturan kalker kayası kireç içermesine karşın toprak pedonu boyunca kireç içeriği çok düşüktür. Toprak yapısı kuvvetli, küçük, granülerdir. Tepenin sırt bölümleri Akdeniz iklim tipine özgü olan orman yada yoğun maki-funda doğal bitki örtüsü ile örtülüdür. Bu bitkisel yoğunluk toprakları önemli derecede doğal aşınımından korumaktadır. Ünez tepe ve Kayışalanı tepeleri, marn-marnlı kalker ana özdekleri içerirler. Bu ana özdek üzerindeki topraklar seyreltik HCL ile kuvvetli köpürürlerken, A/C pedon yapısı gösterirler. Organik madde niceliği toprak yüzeyinden toprak derinliğine doğru azalarak devam eder. Pedon boyunca artan CaCO<sub>3</sub> niceliğine sahiptirler. Dağlık arazi tipi yamaç rölyefi içerirken, eğimleri % 10-20 arası değişir.

Tepenin sırt rölyefli, eğimi fazla olan bölümü yoğun maki funda ile örtülü iken yamaç ve etek bölümleri tarım arazisi olarak kullanılmaktadır. Ünez tepe ve kayış alanı tepe toprakları Typic Rendoll olarak sınıflandırılmıştır Ünez tepe ve kayış alanı tepe topraklarında açılan pedonlarda ayrımlı büyüklükte değişen, yarı ayrılmış veya ayrılmamış marn ve marnlı kalker parçaları gözlenmiştir. A horizonu siyah, grimsi siyah veya grimsi kahverengidir. Bu renk ayrımı organik madde içeriğine bağlıdır. A horizonu altında karbonatlarca çok zengin kireçli ana özdeklerden oluşan C horizonu ve kimi pedonlarda ise AC geçit horizonuna rastlanılmıştır.

Toprağın ayrımlı horizonlarındaki <sup>137</sup>Cs konsantrasyonları ile kimi toprak özelliklerinin pozitif yönde ilişki gösterdikleri saptanırken, bazı özelliklerde ise bu ilişki negatif olarak bulunmuştur (Çizelge 2).

Çizelge 1. Toprak Özellikleri ve <sup>137</sup>Cs Konsantrasyonları Sonuçları

Bölge	Örnekleme Noktası	<sup>137</sup> Cs (Bq kg <sup>-1</sup> )	Kum (%)	Mil (%)	Kil (%)	pH	Kireç (%)	Org. Mad. (%)	Değişebilir Katyonlar (me/100g)			KDK (me/100g)
									Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup> +Mg <sup>++</sup>	
Yatağan Tepe	N1	133.23	42.88	30.09	26.96	7.32	13.26	2.31	0.17	1.35	25.00	26.56
	N2	113.18	44.88	36.16	18.96	7.53	12.02	2.12	0.21	1.87	17.12	22.08
	N3	80.85	64.88	30.16	4.96	7.63	7.21	2.02	0.39	1.71	20.20	19.20
	N4	101.68	64.80	30.11	4.96	7.68	10.36	2.06	0.21	0.84	20.85	22.08
Peynirli Tepe	N5	162.28	50.88	30.88	18.24	7.69	4.31	2.15	0.13	0.64	17.11	14.72
	N6	76.93	58.88	32.88	8.24	7.80	23.62	1.67	0.10	0.53	14.06	10.24
	N7	91.58	58.88	30.88	10.24	7.76	20.22	1.97	0.10	0.43	9.71	10.24
	N8	180.12	40.88	36.88	22.24	7.79	29.67	2.31	0.17	0.35	9.79	17.92
Kırtaş Tepe	N9	70.06	30.88	34.88	34.24	6.56	8.29	2.15	0.17	1.00	13.23	19.52
	N10	25.86	34.88	38.88	26.24	7.91	3.32	1.97	0.21	0.76	18.23	14.40
	N11	45.37	32.88	38.88	28.24	7.14	1.57	2.03	0.21	0.48	18.51	19.20
	N12	54.50	30.88	36.16	32.96	7.70	1.66	2.17	0.19	0.56	18.77	19.20
Ürnez Tepe	N13	35.90	33.44	34.00	32.56	7.59	18.40	2.38	0.26	1.23	17.07	18.56
	N14	35.61	29.44	18.00	52.56	7.68	7.04	2.46	0.21	1.46	14.65	16.32
	N15	21.13	63.68	22.08	14.24	7.73	6.08	2.13	0.19	1.51	11.42	13.12
Kayışalan Tepe	N16	30.31	47.28	26.56	26.16	7.84	21.73	2.21	0.19	1.35	17.02	21.76
	N17	23.41	46.40	31.28	22.32	7.65	14.26	2.18	0.26	1.94	19.56	21.12
	N18	32.85	44.40	29.28	26.32	7.81	7.13	2.26	0.34	3.53	25.89	29.76
	N19	21.20	67.28	18.56	14.16	7.69	8.85	2.11	0.26	1.38	19.48	18.56

Çizelge 2. A Horizonuna göre Toprak Özellikleri ve  $^{137}\text{Cs}$  Arasındaki Korelasyon Katsayıları ( $R^2$ )

	Yatağan	Peynirli	Kırtaş	Ürnez	Kayışalan
Kum	-0.75	-0.87	-0.88	-0.98	-0.53
Mil	+0.033	+0.24	-0.80	+0.08	+0.24
Kil	+0.84	+0.99	+0.90	+0.71	+0.78
pH	-0.73	-0.14	-0.64	-0.61	+0.79
Kireç	+0.96	-0.018	+0.34	+0.33	+0.02
Org. Mad.	+0.88	+0.87	+0.78	+0.93	+0.88
$\text{Na}^+$	-0.80	-0.83	-0.81	+0.54	+0.05
$\text{K}^+$	-0.014	-0.011	+0.15	-0.42	+0.39
$\text{Ca}^{++}\text{Mg}^{++}$	+0.23	+0.01	-0.50	+0.83	+0.22
KDK	+0.93	+0.94	+0.75	+0.84	+0.71

Nükleer silah denemeleri ve reaktör kazaları sonucunda atmosfere dağılan  $^{137}\text{Cs}$ , yağış ile birlikte yeryüzüne düştüğünde katyon özelliği gösteren bu radyonüklid ( $\text{Cs}^+$ ) toprakta negatif elektrik yükü taşıyan kil kolloidleri ve humus (organik madde) tarafından tutulurlar. Bu nedenle topraktaki kil ve organik madde niceliğinin artışına bağlı olarak  $^{137}\text{Cs}$ 'un tutulması da artmaktadır. Maki ve orman bitki örtüsü altında bulunan ve kretase kalker ana özdekler üzerine oluşum gösteren Yatağan, Kırtaş ve Peynirli tepede üst horizontan alınan toprak örneklerinde bu pozitif ilişki belirlenmiştir. Ancak kireç içeriğince çok zengin marn ana özdekler üzerinde oluşum gösteren Ürnez ve Kayışalanı tepe topraklarının alt horizonlarında bu ilişki negatif olarak saptanmıştır. Yüksek  $\text{CaCO}_3$  içeriğine sahip olan alt toprak horizonlarında  $\text{Ca}^{+2}$  katyonunun başatlığından dolayı  $^{137}\text{Cs}$  adsorpsiyonu düşüktür.  $\text{Ca}^{+2}$  katyonu, kil minerallerinin  $^{137}\text{Cs}$ 'nin topraktaki tutulmalarını da engellemektedir. Çizelge1'de görüldüğü gibi Ürnez tepenin alt horizonunda da kireç niceliğinin fazlalığından dolayı negatif ilişki belirlenmiştir.

Çalışmanın gerçekleştirildiği, 5 tepenin ayrımlı horizonları incelendiğinde kil içeriğindeki artışa bağlı olarak  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonunun arttığı saptanmıştır. Kretase kalker ana özdekleri üzerinde oluşum gösteren Yatağan Tepe, Peynirli Tepe, Kırtaş Tepelerde oluşan toprakların kil artışına bağlı olarak Bt horizonunda  $^{137}\text{Cs}$  konsantrasyonunun da arttığı saptanmıştır. Ancak yüksek kireç içerikli marn ana özdekler üzerinde oluşum gösteren ve üst hoizonları organik maddece zengin Ürnez ve Kayışalan tepe topraklarının üst horizonlarında bu ilişki pozitif olarak saptanırken, alt horizonlarında kil niceliğinin yüksek olmasına rağmen bu ilişki negatif olarak



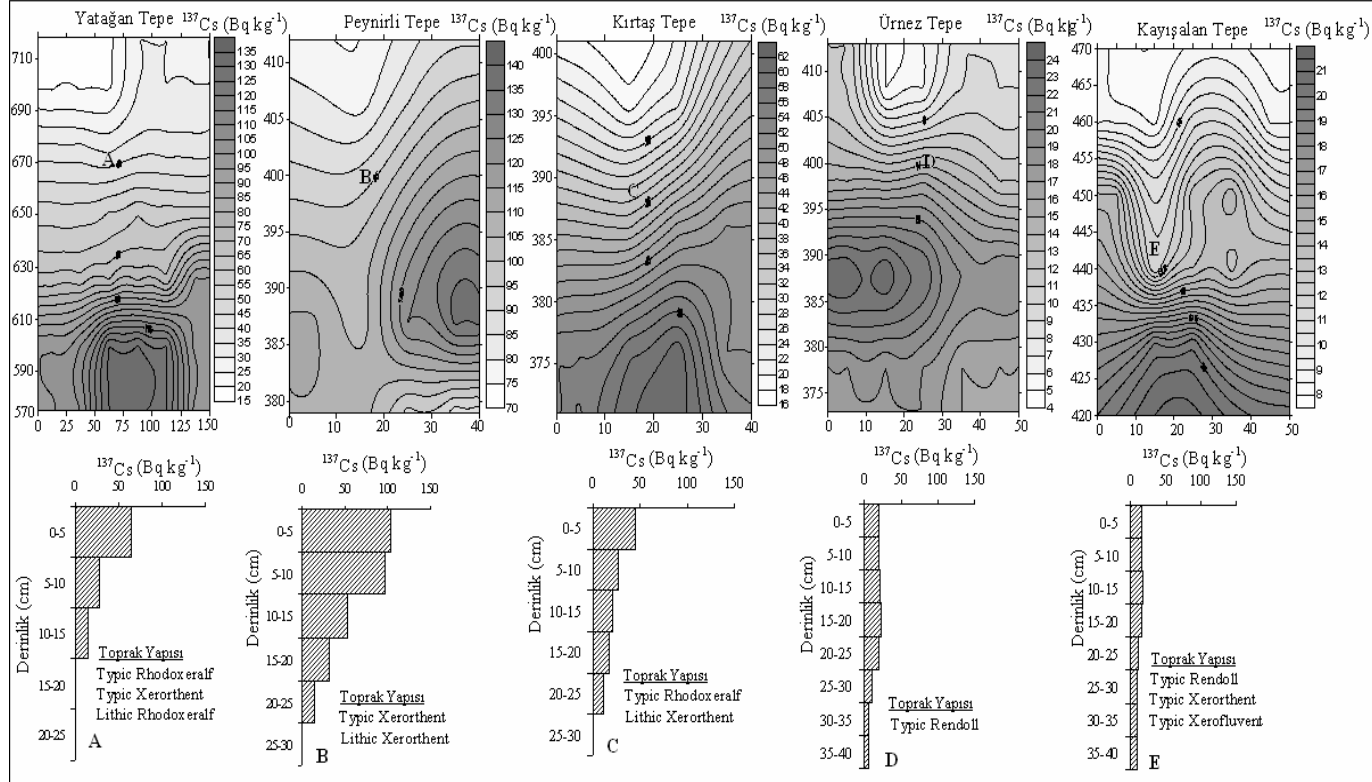
saptanmıştır. Ürnez ve Kayışalan tepe topraklarının alt horizonlarında  $Ca^{+2}$  kasyonu niceliğinin yumuşak, parçalanabilir marn ana özdeğindeki fazlalığı kil minerallerinin yoğunluğuna rağmen,  $^{137}Cs$ 'un adsorbsiyonunun azalttığı istatistiki olarak belirlenmiştir. Bu ilişki, toprakta  $Na^+$ ,  $K^+$  ve  $Ca^{++}$  iyonu niceliğinin artışı kil mineralleri tarafından  $^{137}Cs$ 'un tutunumunu azaltması, mika mineralleri ve vermikülit kil mineralleri  $Ca^{++}$  ve benzer çift değerlikli kasyonların varlığı,  $K^+$  ve benzeri tek değerlikli kasyonlardan daha fazla  $^{137}Cs$  tutmasından kaynaklanmaktadır.

$^{137}Cs$ 'un toprak tarafından adsorbsiyonunu kil içeriğinden başka organik maddenin varlığı da sağlamaktadır. Organik madde yüksek tamponlama gücü ve kasyon değişim kapasitesine sahip olduğundan  $^{137}Cs$  tutunumunu pozitif yönde etkilemektedir. Bu nedenle Ürnez ve Kayışalan tepelerinin yoğun organik madde içeren üst horizonlarında kasyon değişim kapasiteleri ve  $^{137}Cs$  arasında pozitif bir ilişki gözlenirken, organik madde niceliğinin düşük ancak kireç içeriğinin yüksek olduğu ve  $Ca^{+2}$  kasyonunun başatlığından dolayı alt horizonlarında negatif bir ilişki saptanmıştır. Ayrımlı horizonlardaki  $^{137}Cs$  dağılımı tüm örnekleme alanlarındaki pedonlarda kil ve organik madde miktarı ile pozitif, kum içeriği ile negatif bir korelasyon göstermiştir.

Ayrımlı örnekleme noktaları ve bunların ayrımlı fizyografik konumları incelendiğinde toprağın en üst horizonu olan A horizonlarındaki organik madde içeriklerindeki değişikliklerin  $^{137}Cs$  aktivitesindeki artış ve azalışlara koşut olduğu saptanmıştır. Topraktaki kum ve mil tanecik boyutuna sahip ögelerin herhangi bir kasyon tutma özelliğine sahip olmamasından dolayı kum ve mil niceliklerinin pedon boyunca dağılımlarında negatif bir ilişki saptanmıştır.

Araştırma alanında toprak tepkimeleri pH 6-8 arasında bir özellik göstermektedir. Küçük kabul edilebilecek bu değişimin  $^{137}Cs$ 'un tutulması açısından incelendiğinde örneklerin %40'ında önemli ölçüde bir ilişki saptanmıştır. Diğer örneklerde ise düzensiz bir şekilde ve negatif-pozitif yönlerde önemsiz ilişkiler belirlenmiştir. Bu nedenle araştırma yöresinde  $^{137}Cs$ 'un adsorbsiyonunda toprak tepkimesinden çok, organik maddenin ayrışma derecesi ve kil içeriğinin etkili olduğu sonucuna varılmıştır.

$^{137}Cs$  elementinin toprağın, kil ve organik maddenin değişen düzeylerine bağlı olarak yüzey horizonunda tutulduğu ancak toprak profili derinliğine bağlı olarak azaldığı belirlenmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Ayrımlı Alt Toprak Gruplarında  $^{137}\text{Cs}$ 'nin Profil Boyuncaki Değişimi

Yatağan, Peynirli ve Kırtaş tepede toprak işlemeli herhangi bir tarımsal işlev gözlenmezken, Ürnez ve Kayışalan tepede toprak işlemeli tarım yapılmaktadır. Tarım yapılmayan alanlarda genelde yüzey toprak tabakasında birikim gösteren <sup>137</sup>Cs toprak işlemeli tarım yapılan alanlarda toprağın pulluk vb toprak işleme ekipmanları ile altüst edilerek işlenmesi sonucu toprağın pedogenetiksel dizilim özelliklerinin bozulmasıyla tüm toprak profiline derinlik boyunca tek düze bir şekilde dağılmıştır. Şekil 2' de ayrımlı toprak gruplarında <sup>137</sup>Cs konsantrasyonlarının yüksekliğe bağlı olarak yüzeysel ve yamaç ortasındaki bir toprak pedonunun dikey verilmiştir. Bu verilere göre <sup>137</sup>Cs konsantrasyonunun yamaç altlarında biriktiği ve yükseklik ile konsantrasyonun azaldığı görülmektedir. Ayrıca Yatağan, Peynirli ve Kırtaş tepe topraklarının <sup>137</sup>Cs tutunumunda daha fazla etkili olduğu gözlenmiştir. <sup>137</sup>Cs'nin toprak ile birlikte hareketi sonucu erozyon hızı yada depozisyon hızı hesaplanabilmektedir (Uğur et al., 2004). Bundan dolayı <sup>137</sup>Cs'un topraktaki yüzeye ve derinliğe bağlı birikimi incelenmelidir. Bu çalışma sonuçları <sup>137</sup>Cs tekniği kullanılarak hesaplanan toprak hareketlerinin belirlenmesinde temel teşkil etmektedir.

### Özet

Bu çalışmada Yatağan Havzasındaki ayrımlı toprak gruplarında <sup>137</sup>Cs konsantrasyonlarının horizonlara göre dağılımlarının incelenmesi yanında ayrımlı horizon özelliklerine göre toprak profili boyunca <sup>137</sup>Cs adsorpsiyonunu etkileyen kimi toprak faktörleri saptanmıştır. Ayrımlı horizonlardaki toprak özelliklerine bağlı olarak <sup>137</sup>Cs konsantrasyonları ile toprak özellikleri arasındaki korelasyon katsayıları belirlenmiştir. Toprak örnekleme pedon bazında beş toprak alt grubunda yapılmıştır. Bu araştırmanın sonuçları <sup>137</sup>Cs konsantrasyonlarının yüzeysel ve dikeysel dağılımı olarak verilmiştir.

Topraklardaki <sup>137</sup>Cs konsantrasyonundaki değişimin kil ( $r^2=+0.71-+0.99$ ) ve organik madde ( $r^2= +0.78-+0.93$ ) niceliği ile pozitif, kum içeriği ( $r^2=-0.53- -0.93$ ) ile negatif ilişkili olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar Sözcükler:** <sup>137</sup>Cs, Toprak Özellikleri, Toprak Grupları

### Teşekkür

Bu projenin gerçekleşmesinde finansal kaynak sağlayan Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) Yer Deniz Atmosfer ve Çevre Araştırma Grubu (YDABÇAG) Yürütme Kuruluna teşekkür ederiz. Ayrıca bu projeye ek destek sağlayan Ege Üniversitesi Bilgi ve İletişim Teknolojileri Araştırma ve Uygulama Merkezine (EBİLTEM), kullandığımız bazı standartları sağlayan Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi Sayın Dr. Güler Köksal'a teşekkürü bir borç biliriz.

## Kaynaklar

- Altınbaş, Ü. 1996. Toprak Etüd ve Haritalama (Ders Kitabı) E.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları No:521, Bornova-İzmir.
- De John, E., C. Wang and H.W. Rees. 1986. Soil Redistribution on Three Cultivated New Brunswick Hillslopes Calculated from <sup>137</sup>Cs Measurements, Solum Data, and the USLE, Can. J. Soil Sci. 66: 721-730.
- Chappell, A., 1999. The Limitations of Using <sup>137</sup>Cs for Estimating Soil Redistribution in Semi-arid Environments Geomorphology, 29: 135-152.
- Ionita I, R.M. Margineanu and C. Hurjui. 2000. Assessment of the Reservoir Sedimentation Rates from <sup>137</sup>Cs Measurements in the Moldavian Plateau, Acta Geologica Hispanica, 35 (3-4): 357-367.
- Lowrance, R., S. McIntyre and C. Lance. 1988. Erosion and Deposition in a Field/Forest System Estimated Using <sup>137</sup>Cs Activity, J. Soil Water Conserv., 43:195-199.
- McCallan, M.E., B.M. O'Leary and C.W. Rose. 1980. Redistribution of <sup>137</sup>Cs by Erosion and Deposition on an Australian Soil, Aust. J. Soil Res., 18:119-128.
- McHenry, J.R. and J.C. Ritchie. 1977. Physical and Chemical Parameters Affecting Transport of <sup>137</sup>Cs in Arid Watersheds, Water Resour. Res., 13: 923-927.
- Öztaş, T., 1993, Assessment of Erosion Rates and Patterns from Spatial Variability of Cesium-137, A Dissertation Presented to the Faculty of The Graduate College at the University of Nebraska In Partial Fulfillment of Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy, Lincoln, Nebraska.
- Richie, J.C. and J.R. McHenry. 1978. Fallout Cesium-137 in Cultivated and Noncultivated North Central United States Watersheds, J. Environ. Qual. (7): 40-41.
- Ritchie, J.C. and J.R. McHenry. 1990. Application of Radioactive Fallout Cesium-137 for Measuring Soil Erosion and Sediment Accumulation Rates and Patterns: A Review, Journal of Environment, 19: 215-233.
- Saç, M.M., 2003. Yatağan Havzasında Radyoaktif Sezyum Tekniği kullanılarak Erozyon Hızının Ölçülmesi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Nükleer Bilimler Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Bornova-İzmir.
- Sawhney, B.L., 1967. Cesium sorption in relation to lattice spacing and cation exchange capacity of biotite, Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 31: 181-183.
- Uğur, A., G. Yener, M. M. Saç, U. Altınbaş, Y. Kurucu, M. Bolca. 2003. Ayrımlı Yamaç Yüzeyleri ve % Eğimlerden Oluşmuş Yatağan Havzası Tarım Topraklarında Radyoaktif Kurşun ve Sezyum Profilleri Kullanılarak Toprak Hareketlerinin Belirlenmesi, TÜBİTAK projesi, Proje No: YDABCAG 100Y60.
- Uğur, A., G. Yener, M. M. Saç, U. Altınbaş, Y. Kurucu, M. Bolca, B. Özden. 2004. Vertical Distribution of the Natural and Artificial Radionuclides in Different Soil Profiles to Investigate Soil Erosion, Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 259 (2): 265-270.
- Walling D.E., Q. He and T.A. Quine. 1995. Use of Caesium-137 and Lead-210 as Tracers in Soil Erosion Investigations, Tacer Technologies for Hydrological Systems (Proceedings of a Boulder symposium), IAHS Publ. No.229.