

Kuzeybatı Anadolu'daki Bazı Zeytin (*Olea europaea* L.) Bahçelerinin Ağır Metal ve Doğal Radyonüklit İçerikleri

Natural Radionuclides and Heavy Metal Contents in the Olive (*Olea europaea* L.) Groves of Northwestern Anatolia

Bihter ÇOLAK ESETLİLİ¹, Tülin PEKCAN², Erol AYDOĞDU², Sevim TURAN², Dilek ANAÇ¹

Öz

Bu çalışmada, Aliğa'dan Ezine'ye uzanan karayolu çevresinde zeytin yetiştirilen alanların ağır metal (Cd, Pb, Ni, Cr, Al) ve doğal radyonüklit (²³⁸U, ²³²Th, ⁴⁰K) içeriklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Aliğa, Soma, Ayvalık, Edremit ve Ezine'den alınan toprak örneklerinin analiz sonuçları değerlendirildiğinde, genelde ağır metal miktarlarının toprağın yüzey altında daha fazla bulunduğu ve incelenen ağır metallere sadece toplam Ni miktarının Bergama hariç diğer lokasyonlarda 11-69 mg/kg arasında değiştiği ve referans değer (30 mg/kg) üzerinde ölçüldüğü bulunmuştur. Aliğa'dan alınan toprak örneklerinde en yüksek toplam Pb, Cr ve Cd içerikleri sırasıyla 44.59 mg/kg, 60 mg/kg ve 0.81 mg/kg olarak bulunmuştur. Bulunan bu değerlerin birçok araştırmacı tarafından belirtilen kritik değerlere (50, 100 and 1 mg/kg) yakın olduğu görülmektedir. Topraklarda ölçülen maksimum doğal radyoaktivite düzeyleri ise ²²⁶Ra (37 Bq/kg), ²³²Th (45 Bq/kg) ve ⁴⁰K (410 Bq/kg) bildirilen değerlerin (²²⁶Ra:35 Bq/kg, ²³²Th:30 Bq/kg ve ⁴⁰K:400 Bq/kg) üzerinde bulunmuştur. Zeytin yapraklarında yapılan analizler sonucunda, ağır metal toksitesi gözlenmediği sadece Cr'un (0.19-0.99 mg/kg) bildirilen üst sınırın (0.60 mg/kg) biraz üzerinde bulunduğu görülmüştür. Yüksek kontaminasyon potansiyeline sahip bu riskli bölgelerin, çok geç olmadan periyodik olarak çalışılması gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Zeytin, *Olea europaea* L., ağır metal, radyonüklit, kirlilik

Abstract

The aim of this study is to examine the content of heavy metal (Cd, Pb, Ni, Cr, Al) and the natural radionuclide (²³⁸U, ²³²Th, ⁴⁰K) content of the olive groves around the highway from Aliğa to Ezine. In general, findings show that total heavy metal contents are more in the subsurface soils. In this regard, total Ni contents of the soils changed between 11-69 mg/kg. It is considered the only threatening heavy metal which exceeded 30 mg/kg critical level especially in the soils of the olive groves in Aliğa Soma, Ayvalık, Edremit and Ezine. Bergama region differed in this regard. The highest of total Pb, Cr and Cd contents in the soils of Aliğa region were found 44.59 mg/kg, 60 mg/kg and 0.81 mg/kg, respectively. These findings are found very close to the reference limit values (50, 100 and 1 mg/kg) reported by different scientists. Natural radioactivities of ²²⁶Ra, ²³²Th and ⁴⁰K in the soils were also measured and found 37.45 and 410 Bq/kg respectively which were slightly above the cited limit values (²²⁶Ra:35 Bq/kg, ²³²Th:30 Bq/kg ve ⁴⁰K:400 Bq/kg). Results in relation to olive leaves indicated that trees were not threatened by the heavy metals in the soils, only in some cases Cr (0.19-0.99 mg/kg) was found over the limit value (0.60 mg/kg). It could be concluded that this risky region with high contamination potential should be studied periodically before it is too late..


Keywords: Olive, *Olea europaea* L., heavy metal, natural radionuclide, pollution

¹*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Bihter Çolak Esetlili, Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, İzmir. E-mail: bihter.colak@ege.edu.tr  OrcID: 0000-0001-5707-2011

²Tülin Pekcan, Zeytincilik Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, İzmir  OrcID: 0000-0002-5534-2548

³Erol Aydoğdu, Zeytincilik Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, İzmir  OrcID: 0000-0001-8682-4227

⁴Sevim Turan, Zeytincilik Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, İzmir  OrcID: 0000-0003-4266-7420

⁵Dilek Anaç, Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, İzmir  OrcID: 0000-0003-1211-9642

Atf/Citation: Çolak Esetlili, B., Pekcan, T., Aydoğdu, E., Turan, S. Kuzeybatı Anadolu'daki bazı zeytin (*Olea europaea* L.) bahçelerinin ağır metal ve doğal radyonüklit içerikleri. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(2), 260-269.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2019

Extendend Summary

In the north west regions of Anatolia, especially in the surroundings of the settlement areas, urbanization and industrialization are increasing day by day. Petroleum refineries, steel industry and coal mines are very common. In this region, olive plantations and olive growing are wide spread as well. In this regard, heavy metal pollution is naturally inevitable. In fact, environmental pollution is a global issue. Nowadays, olive consumption either as an oil or for table is increasing and is a preferred oil due to its significant effects on human health. Therefore with the objective of examining this above specified significant region, soils and olive trees especially the plantations from Aliğa to Ezine highway were studied for their heavy metals (Cd, Pb, Ni, Cr, Al) and radionuclides (^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K).

The aim of this study is to examine the north west part of Turkey (Anatolia), especially the olive plantations from Aliğa to Ezine highway for their heavy metals (Cd, Pb, Ni, Cr, Al) and radionuclides (^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K). In general, findings showed that total heavy metal contents were more in the subsurface soils. In this regard, total Ni contents of the soils changed between 11-69 mg/kg. It is considered the only threatening heavy metal which exceeded 30 mg/kg critical level especially in the soils of the olive plantations in Aliğa Soma, Ayvalık, Edremit and Ezine. Bergama region differed in this regard. Total Pb, Cr and Cd contents in the soils respectively ranged from 15.20 to 44.59 mg/kg, 59 to 60 mg/kg and 0.88 and 0.81 mg/kg. These findings are very close to the reference limit values (50; 100 and 1 mg/kg) reported by different scientists. According to the results from the analyses of soil and plant samples taken from olive gardens in Northwest Anatolia, which are under the influence of industrialization and population intensity, anthropogenic pollution reveals itself through the Ni element, while it is interesting that Pb, Cr and Cd elements are found close to the limit values. Especially in the soil and leaf samples taken from Aliğa and Some, the effect of pollution is seen. With these reasons, based on this study that is planned as a model, it is determined that it must be repeated every 3-4 years in order to provide monitoring through a regional study at a larger scale with groupings according to olive type and age. Therefore, it is suggested to study this risky region with high contamination potential periodically before it is too late.

Zeytin, Kuzey Batı Anadolu'da yoğun bir yayılım alanı göstermektedir. Bu bölgenin hızlı bir kentleşme ve sanayileşme etkisinde kaldığı bilinmektedir. Endüstri ve madencilik aktivitelerinin her geçen gün artması, atık suyla yapılan sulamaların ve arıtma çamuru uygulamalarının yaygınlaşması, çevrede ağır metal kirliliği oluşturmaktadır. Bu durum yalnızca Türkiye'de değil, global bir problem olarak karşımıza çıkmakta ve çevreyi kirleten kimyasallar, insanların ve hayvanların besin zincirine de katılmaktadır. Özellikle ağır metallerin toprakta birikerek toprak verimliliği ve ekosistem fonksiyonları üzerine önemli olumsuz etkileri olduğu bilinmektedir (Durak, 2005; Köseoğlu, 2007). Topraklardaki ağır metaller, bitkilerin hem yeşil aksamında hem de köklerinde birikebilmektedir (Başcı, 2009).

Türkiye'de çok geniş bir alanda yetiştirilen zeytin yetiştirilmektedir. Üretimin, % 53'ü Ege Bölgesinde, % 18'i Marmara Bölgesinde, % 23'ü Akdeniz Bölgesinde, % 6'sı Güneydođu Anadolu Bölgesinde ve % 0,2'si de Karadeniz Bölgesinde gerçekleştirilmektedir. Ege Bölgesinde yapılan üretimin % 55'i yağlık olarak değerlendirilmektedir. Ülkemizde tüketim genelde zeytinyağı ağırlıklı olduğu için yağlık zeytin üretimi daha fazla olmaktadır. Türkiye'de zeytinin var-yok yılları ortalamasına göre 150 bin ton zeytinyağı üretilmektedir. Bu miktar ile Türkiye, dünya zeytinyağı üretiminde İspanya, İtalya, Yunanistan ve Tunus'tan sonra beşinci sırada yer almakta ve dünya üretiminin yaklaşık %5'ini, ihracatının ise %10'nunu sağlamaktadır. Son 5 yılın zeytinyağı üretim ortalaması yaklaşık 170 bin ton ve sofralık zeytin üretim ortalaması ise 527 bin ton olarak belirlenmiştir (Anonim, 2016).

Son yıllarda tüm dünyada sağlıklı ve dengeli beslenme alışkanlıklarına olan ilginin artması ile zeytin ve zeytinyağı tüketiminin de arttığı görülmektedir. Üretici ülkeler için ekonomik ve sosyal açıdan önemli ürünlerden biri olan zeytin ve zeytinyağı aynı zamanda Akdeniz'i simgeleyen bir kültürün de parçasıdır.

Bu nedenle çalışmamızda, kentleşme ve sanayileşmenin sonucu olarak ortaya çıkan farklı kirletici materyallerin, zeytin gelişimi ve fizyolojisi üzerine etkisinin ve etki mekanizmalarının araştırılması amaçlanmıştır. Kuzeybatı Anadolu'da aynı çeşit ve yaştaki zeytin plantasyonlarında, ağır metal (Cd, Pb, Ni, Cr, Al) ve doğal radyonüklit (^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K) içerikleri ölçülerek olası kirleticilerin zeytin gelişimi üzerine etkilerinin belirlenmesi hedeflenmiştir.

Materyal ve Yöntem

Çalışma alanı, Türkiye'nin batısında yer alan Aliağa, Bergama, Soma, Ayvalık, Edremit ve Ezine çevresindeki endüstriyel kirletici etkilerinin görülebileceği beklenen arazileri kapsamaktadır. Bu bölgede, ağırlıklı olarak petrol rafinerileri, çelik sanayi ve kömür ocakları olmak üzere küçük ve orta ölçekli faaliyet gösteren pek çok işletme bulunmaktadır. Olası kirliliğin belirlenebilmesi için, Aliağa Ezine arasındaki yol güzergâhı ile yaş (verim çağında) ve çeşit (Gemlik) dikkate alınarak, 30 farklı zeytin plantasyonundan yaprak ve toprak örnekleri alınmıştır. Yaprak örnekleme, zeytin hasadından sonra ağacı temsil eden en gelişmiş yapraklar alınarak yapılmıştır. Toprak örnekleri ise iki farklı derinlikten (0-30 cm, 30-60 cm) alınmıştır.

Laboratuvara getirilen bitki örnekleri yıkandıktan sonra etüvde (60-65 °C), son iki tartım eşit oluncaya dek kurutulmuştur. Bu örneklerden 5 gr tartılarak 500 °C'lik kül fırınında yakılmıştır. Kül üzerine 1:1'lik HCl çözeltisi ilave edilerek hazırlanan örneklerin ağır metal (Cd, Pb, Ni, Cr ve Al) içerikleri, ICP-OES ile belirlenmiştir (Kacar ve İnal, 2010; Ergün vd., 2012).

Toprakların pH (1:2.5, toprak/su), kireç (Scheibler kalsimetresi), organik madde (Walkley-Black), ve bünye (hidrometre yöntemi) tayinleri standart yöntemlere göre yapılmıştır (Jackson, 1962; Bouyoucos, 1962; Hızalan ve Ünal, 1966). DTPA (Diethylenetriaminopentaacetic asit) yöntemine göre çalkalanıp süzülerek hazırlanan toprakların alınabilir ağır metal içerikleri (Cd, Pb, Ni, Cr ve Al), ICP-OES ile belirlenmiştir (Lindsay and Norvell, 1978). Toplam ağır metal içerikleri ise karışım asidi ile mikrodalga da hazırlandıktan sonra ICP-OES ile saptanmıştır.

Toprak ve bitki örneklerinde, NaI (Tl) sintilasyon gama spektroskopisi sistemi kullanılarak ^{238}U , ^{232}Th ve ^{40}K içerikleri belirlenmiştir. Örnekler, laboratuvara getirildikten sonra öğütülmüş ve tüm örnekler aynı forma getirilmiştir. 100 gr ağırlığında 57 mm çapında ve 44 mm yüksekliğindeki plastik kaplara tartılmıştır. Örneklerin zamansal dengeye gelmesi amacıyla en az 30 gün bekletildikten sonra 10.000 sn sayım süresince gama sayımları yapılmış ve net sayım değerleri belirlenmiştir (Yaprak, 1995).

Transfer faktörü; Toprakta bitkiler tarafından ağır metallerin alınması ve bitki dokularında birikim oranının belirlenmesinde kullanılan indeks "transfer faktörü" olarak ifade edilmektedir. Bitki tarafından absorplandığı belirlenen metal miktarının toprak içindeki toplam metal miktarına oranlanması ile hesaplanmaktadır. Hesaplanan transfer faktörü 1 ve üzerinde bir değer ise bitkinin yüksek absorpsiyon kapasitesine sahip olduğu, fitoremediasyon

ve fitoekstraksiyon amaçlı kullanılabileceğini göstermektedir. Transfer faktörünün 1'in altında bulunması ise bitkinin ağır metal alınımının zayıf olduğu ve tüketiminde bir sakınca olmadığını düşündürmektedir (Rangnekar ve ark., 2013). İstatistik Analiz; Toprak ve bitki örneklerine ilişkin analizler sonucu elde edilen verilerin değerlendirilmesi için veri setlerine "normallik testleri" uygulanmıştır. Bu testler sonucunda verilerin normal dağılıma sahip olmadığı ve bu nedenle "Spearman" yöntemi kullanılarak istatistiksel ilişkiler ortaya konulmuştur. Değişkenler arasındaki korelasyon katsayısını bulmak için SPSS yazılımı kullanılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Batı Anadolu, Türkiye'nin kara ve demiryolu ağı ile kaplı, endüstriyel faaliyetlerin çok yoğun olduğu önemli bölgelerinden biridir. Bu amaçla çalışmamızda, bazı ağır metallerin ve doğal radyonüklitlerin, bu bölge için en önemli tarımsal ürünlerden biri olan zeytin ağaçlarında birikim düzeyleri araştırılmıştır.

Çalışma alanından alınan yüzey toprak örneklerinin (0-30 cm) pH'ları 6.10-8.20, yüzey altı örneklerin (30-60 cm) ise 6.25-8.40 aralığında saptanmış yani hafif asit ile orta alkalın arasında değişen reaksiyon göstermişlerdir. Yüzey toprak örneklerinin kireç (%) içerikleri 1.16-23.15, yüzey altı örneklerin ise 1.16-26.23 olarak bulunmuştur. Organik madde (%) yüzeyde 1.20-4.09, yüzey altı örneklerinde ise 1.05-3.36 arasında değişmiş, bölge topraklarının organik maddece fakir ve orta sınıfına girdiği belirlenmiştir. (Çizelge 1) (Aydeniz, 1985).

Çizelge 1. Yüzey ve yüzeyaltı toprak örneklerinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Table 1. Physical and chemical characteristics of the surface and subsurface soils				
	Derinlik (cm)	pH	Kireç (%)	O.M (%)
Soma	0-30	6.10-8.20-	1.54-23.15	1.20-4.09
	30-60	6.50-8.40	1.16-26.23	1.05-3.36
Aliğa	0-30	7.40-7.90	2.31-20.06	2.45-3.18
	30-60	7.40-7.85	2.31-19.29	2.10-3.45
Bergama	0-30	7.50-8.00	1.54-1.93	2.02-2.60
	30-60	7.12-7.70	1.53-2.03	2.23-2.59
Ayvalık	0-30	7.50-7.90	4.63-17.36	2.72-3.07
	30-60	7.75-7.90	6.56-16.20	2.18-2.81
Edremit	0-30	6.10-7.70	1.16-17.75	2.62-2.91
	30-60	6.25-7.65	1.54-16.59	2.25-2.81
Ezine	0-30	7.23-7.62	1.16-6.04	1.78-3.32
	30-60	7.40-7.55	1.54-6.20	1.82-3.30
	Min.	6.10	1.16	1.05
	Mak.	8.40	26.23	4.09
	Ort.	7.45	6.13	2.69

Çalışma alanından alınan toprakların alınabilir ağır metal içerikleri Çizelge 2' de, toplam ağır metal içeriklerinin dağılımı ise Çizelge 3'te verilmiştir. Elde edilen analiz sonuçlarının farklı araştırmacılar tarafından bildirilen değerlerle uyumlu olduğu görülmektedir. Türkiye Toprak Kirliliği Yönetmeliği (2005) sınır değerlerine göre sonuçlarımız değerlendirildiğinde ise sadece toplam Ni derişimlerinin Aliğa, Soma, Ayvalık, Edremit ve Ezine'de sınır değeri olan 30 mg/kg'ın üzerinde olduğu görülmektedir (Anonim, 2005) (Şekil 4). Toprakta Ni'in sınır değerlerin üzerinde bulunması, zeytinde kök, sürgün ve yaprakta gelişmenin gerilemesine (Seregin ve Kozhevnikova, 2006) ve verim kayıplarına (Molas, 1997; Gerendas ve ark., 1999) neden olduğu bilinmektedir. Ölçümleri yapılan diğer elementler açısından örnekler incelendiğinde, sınır değeri aşan bir bulguya rastlanılmamıştır (Çizelge 3). Ancak çalışmada, Aliğa'dan alınan toprak örneklerinin diğer alanlara göre daha yüksek oranda metal içeriğine sahip olması, bu bölgedeki yoğun sanayi tesislerinin varlığı ile ilişkilendirilmektedir. Kartal ve ark. (1993), sanayi tesislerinin yoğun olduğu alanlarda yetişen bitkilerde Pb, Cd ve Zn kirliliği tespit etmişlerdir. Ünal vd. (2011), İzmir'deki sanayi bölgelerinin çevresindeki zeytin bahçelerinden aldıkları örneklerde, Cr, Cu, Pb ve Zn kirliliği belirlemiştir.

Çizelge 2. Yüzey ve yüzeyaltı toprak örneklerinin alınabilir ağır metal içerikleri (mg/kg kuru ağırlık)

Table 2. Available (plant extractable) heavy metals in the surface and subsurface soils (mg/kg), dry matter)						
	cm	Cd	Cr	Al	Ni	Pb
Soma	0-30	0.01-0.03	iz-0.22	0.07-1.20	0.04-0.28	0.17-0.63
	30-60	0.01-0.05	iz-0.15	0.08-0.54	0.03-0.28	0.14-0.62
Aliğa	0-30	0.01-0.16	iz-0.02	0.03-0.55	0.19-0.50	0.25-5.88
	30-60	0.02-0.15	iz-0.03	0.02-0.60	0.16-0.54	0.20-5.77
Bergama	0-30	0.01-0.02		0.08-0.16	0.03-0.15	0.20-0.30
	30-60	0.01-0.03	iz	0.09-0.19	0.03-0.18	0.20-0.35
Ayvalık	0-30	0.01-0.02		0.13-0.16	0.18-0.20	0.25-0.70
	30-60	0.01-0.03	iz	0.09-0.11	0.19-0.29	0.60-0.75
Edremit	0-30	0.01-0.04	iz-0.20	0.06-1.82	0.08-0.85	0.11-2.28
	30-60	0.01-0.04	iz-0.15	0.08-1.78	0.11-0.94	0.16-2.27
Ezine	0-30	0.03-0.06		0.12-0.57	0.29-0.88	0.19-0.98
	30-60	0.02-0.06	iz	0.12-0.67	0.34-0.67	0.22-0.95
Min.		0.01	iz	0.02	0.03	0.11
Mak.		0.16	0.22	1.82	0.94	5.88
Ort.		0.03	0.02	0.38	0.28	0.78
TKKY (2005)		1	100	--	30	50

Çizelge 3. Yüzey ve yüzeyaltı toprak örneklerinin toplam ağır metal içerikleri (mg/kg kuru ağırlık)

Table 3. Total heavy metals in the surface and subsurface soils (mg/kg), dry matter)						
	cm	Cd	Cr	Al	Ni	Pb
Soma	0-30	0.20-0.88	21-55	3800-6021	23-45	4.68-15.20
	30-60	0.18-0.62	18-59	4229-5950	18-47	4.63-12.20
Aliğa	0-30	0.32-0.80	26-60	4291-6201	15-69	3.20-44.30
	30-60	0.26-0.81	19-58	4472-6300	14-66	2.95-44.59
Bergama	0-30	0.18-0.24	18-31	3689-5433	17-18	8.10-9.22
	30-60	0.18-0.23	17-30	4006-5540	16-18	7.89-8.86
Ayvalık	0-30	0.20-0.29	35-39	5278-5352	39-51	8.14-12.10
	30-60	0.21-0.27	33-39	5355-5547	39-52	8.17-12.12
Edremit	0-30	0.30-0.38	16-53	6010-6287	12-43	4.65-13.36
	30-60	0.30-0.39	12-54	6041-6320	12-46	3.96-13.65
Ezine	0-30	0.25-0.39	23-45	5025-6500	12-42	3.28-6.92
	30-60	0.20-0.38	22-41	4850-6395	11-40	3.25-6.46
Min.		0.18	12	3689	11	2.95
Mak.		0.88	60	6500	69	44.59
Ort.		0.33	36	5255	31	10.55
TKKY (2005)		1	100	--	30	50

Çalışma alanından alınan toprakların ölçülen ^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K a ait radyoaktivite konsantrasyon değerleri Çizelge 4'te verilmiştir. Dünya ortalama değerleri (UNSCEAR, 2000) dikkate alındığında, ^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K bulgularının genellikle bildirilen değerlerin altında olduğu görülmektedir. Ancak özellikle Aliğa ve Edremit'teki zeytin bahçelerinden alınan toprak örneklerinin ^{226}Ra ve ^{232}Th içeriklerinin yüksek bulunmasının jeolojik yapı ile ilişkili olduğu düşünülmektedir.

Çizelge 4. Toprak örneklerinin doğal radyonüklit içerikleri (Bq/kg, kuru ağırlık)
Table 4. Natural radionuclides in the soils (Bq/kg, dry matter)

	²²⁶ Ra	²³² Th	⁴⁰ K
Soma	14-29	17-26	152-263
Aliağa	13-37	17-45	130-410
Bergama	17-22	19-36	208-372
Ayvalık	18-22	23-30	310-400
Edremit	19-32	23-45	249-335
Ezine	10-22	14-26	176-262
Min.	10	14	130
Mak.	37	45	410
Ort.	20	24	239
*UNSCEAR (2000)	35	30	400

*: ortalama referans değerleri

Zeytin yetiştiriciliği yapılan tarım alanlarından alınan yüzey üstü (0-30 cm) toprak fiziksel özellikleri ile alınabilir ve toplam ağır metal içerikleri arasındaki ilişkiler Çizelge 5’de görülmektedir. Toprakların pH değerleri, organik madde ve CaCO₃ ile pozitif korelasyon göstermiştir. Toprakların CaCO₃ içerikleri ile alınabilir ve toplam Pb arasında pozitif, ⁴⁰K ve ²²⁶Ra arasında negatif korelasyon saptanmıştır. Metal elementlerinin toplam ve alınabilir konsantrasyonları arasında da pozitif ve negatif ilişkiler bulunmuştur. Alınabilir Al, alınabilir ve toplam Pb negatif, toplam Al ile pozitif, alınabilir Cd, alınabilir Ni ve Pb ile toplam Cd pozitif korelasyon göstermiştir. Alınabilir Pb ile toplam Pb, toplam Al ile toplam Cd, ⁴⁰K ile ²²⁶Ra ve ²³²Th arasında pozitif ilişki görülmektedir.

Çizelge 5. Yüzey üstü (0-30 cm) toprak örneklerinin bazı fiziksel özellikleri ile alınabilir ve toplam ağır metal içerikleri arasındaki ilişkiler

Table 5. Relationships between total and available (plant extractable) heavy metals of the surface soil samples and their physical properties (0-30 cm)

	pH	CaCO ₃	OM	Al	Cd	Cr	Ni	Pb	tAl	tCd	tCr	tNi	tPb	⁴⁰ K	²²⁶ Ra	²³² Th
pH	1,000															
CaCO ₃	,666*	1,000														
OM	,394*	,138	1,000													
Al	-,234	-,361	,506**	1,000												
Cd	-,244	,116	,043	-,087	1,000											
Cr	,056	,360	-,149	,051	,161	1,000										
Ni	-,195	,288	,041	-,169	,705**	,156	1,000									
Pb	,006	,404*	,422*	-,502**	,536**	,153	,341	1,000								
tAl	-,348	-,157	-,272	,491*	,381	,290	,349	-,180	1,000							
tCd	,109	,050	-,008	-,026	,645**	,291	,398*	,205	,417*	1,000						
tCr	-,207	-,135	,148	,043	-,002	-,236	,134	,049	,073	,207	1,000					
tNi	-,042	,104	,292	-,071	,055	-,131	,169	,360	-,100	,181	,793**	1,000				
tPb	,315	,455*	,362	-,430*	,211	,029	-,235	,599**	-,268	,279	-,008	,092	1,000			
⁴⁰ K	,046	-,561**	-,031	,275	-,067	-,100	-,223	-,354	,347	,154	-,073	-,200	-,164	1,000		
²²⁶ Ra	,386	-,410*	,303	,042	,118	-,227	-,132	,029	,067	,201	,046	-,109	,295	,556**	1,000	
²³² Th	,178	-,338	,123	,159	,184	,004	-,106	,105	,229	,305	,072	-,109	,346	,580**	,852**	1,000

*: P<0,05, **: P<0,01, **:Toplam

Çizelge 6. Yüzeysel altı (30-60 cm) toprak örneklerinin fiziksel özellikleri ile alınabilir ve toplam ağır metal içerikleri arasındaki ilişkiler

Table 6. Relationships between total and available (plant extractable) heavy metals of the subsurface soil samples and their physical properties (30-60 cm)

	pH	CaCO ₃	OM	Al	Cd	Cr	Ni	Pb	**tAl	tCd	tCr	tNi	tPb	⁴⁰ K	²²⁶ Ra	²³² Th
pH	1,000															
CaCO ₃ ,553**	1,000															
OM	,282	,100	1,000													
Al	-,281	-,222	-,314	1,000												
Cd	-,360	-,227	-,063	-,038	1,000											
Cr	,362*	,369*	-,133	,038	,092	1,000										
Ni	-,270	,129	,035	,119	,627**	,019	1,000									
Pb	,213	,419*	,577**	-,452*	,298	,165	,357	1,000								
tAl	-,279	-,165	-,019	,449*	,349	,235	,390*	,045	1,000							
tCd	,142	,013	,218	-,056	,334	,202	,201	,140	,152	1,000						
tCr	,031	-,164	,241	-,147	,250	-,207	,178	,140	,048	,177	1,000					
tNi	,253	-,029	,361*	-,320	,133	-,232	,104	,332	-,199	,205	,805**	1,000				
tPb	,266	,046	,417*	-,624**	-,142	,003	-,345	,376*	-,198	,236	,029	,148	1,000			
⁴⁰ K	-,163	-,493**	,087	,291	,004	-,086	-,142	-,244	,370*	,391*	-,036	-,047	-,044	1,000		
²²⁶ Ra	,026	-,297	,303	,089	-,179	-,203	-,162	,004	,035	,361	,067	,053	,377*	,520**	1,000	
²³² Th	-,039	-,255	,208	,139	-,009	,010	-,135	,111	,204	,418*	,100	,023	,320	,581**	,851**	1,000

*: P<0,05, **: P<0,01, ***:Toplam

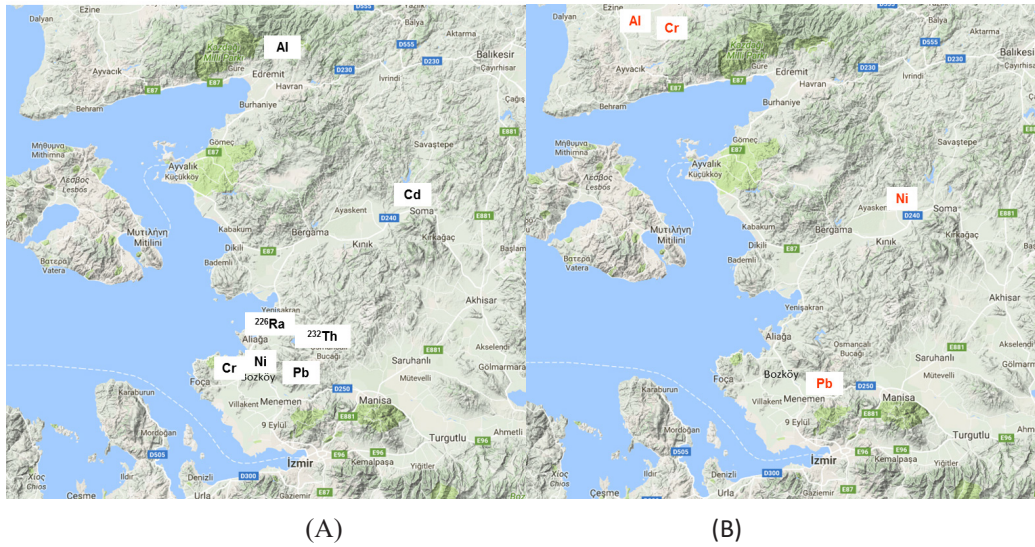
Zeytin yetiştiriciliği yapılan tarım alanlarından alınan yüzeysel altı (30-60 cm) toprak fiziksel özellikleri ile alınabilir ve toplam ağır metal içerikleri arasındaki ilişkiler Çizelge 6'da görülmektedir. Toprakların pH değerleri, CaCO₃ ve alınabilir Cr değeri ile pozitif korelasyon göstermiştir. Toprakların CaCO₃ içerikleri ile alınabilir Cr ve Pb arasında pozitif, ⁴⁰K ile negatif korelasyon saptanmıştır. Organik madde ile alınabilir ve toplam Pb değerleri ile toplam Ni değeri arasında pozitif korelasyon bulunmuştur. Metal elementlerinin toplam ve alınabilir konsantrasyonları arasında da pozitif ve negatif ilişkiler saptanmıştır. Alınabilir Al, alınabilir ve toplam Pb negatif, toplam Al ile pozitif; Alınabilir Cd, alınabilir Ni ile pozitif; alınabilir Ni toplam Al ile pozitif; alınabilir Pb toplam Pb ile pozitif korelasyon göstermiştir. Toplam Al ve ⁴⁰K; toplam Cd ve ⁴⁰K ile ²³²Th; toplam Cr ve toplam Ni; toplam Pb ve ²²⁶Ra; ⁴⁰K ile ²²⁶Ra ve ²³²Th arasında pozitif ilişki görülmektedir. Bulgulara göre toprak fiziksel özelliklerinden pH, organik madde ve CaCO₃'ün alınabilir ve toplam metal konsantrasyonu üzerine önemli etki yaptığı açıkça görülmektedir. Ayrıca genel anlamda alınabilir metal ve toplam metal konsantrasyonu arasında önemli ilişki olduğu, alınabilir formdaki metal konsantrasyonunun toplam metal konsantrasyonundan etkilendiği anlaşılmaktadır.

Zeytin yaprağı örneklerinin ağır metal içerikleri Çizelge 7'de verilmiştir. Yaprak metallere özellikle Al, Ni ve Pb'nun topraktaki toplam metal içeriklerine paralel olarak artma eğiliminde olduğu görülmektedir. Ayrıca yaprak metal içerikleri, örnekleme yapılıdığı yere göre değişmektedir (Şekil 1). Özellikle karayolu ve çevresinden alınan yaprak örneklerinin Pb içeriği daha yüksek bulunmuştur. Kartal ve ark. (1992) Kayseri ili ve çevresindeki trafik akışının yoğun olduğu alanlardan aldıkları örneklerde de Pb, Ni ve Zn kirliliği belirlemişlerdir. Alloway (1990) normal Ni değerini 0.02-5.00 ppm, Kabata Pendias-Pendias (1984) ise 0.10-5.00 ppm aralıklarında bildirmektedirler. Scheffer ve Schachtschabel (1989)'e göre ise bitkilerde 0.10-3.00 ppm Ni normal kabul edilmektedir. Genel olarak zeytin yaprak örneklerinin Ni içeriklerinin bildirilen sınır değerlerinin altında olduğu görülmektedir. Ancak Soma'dan alınan örneklerde sınır değerlere çok yakın Ni içeriklerine rastlanması dikkat çekicidir. Farklı literatürlerde bitkilerin Cr içerikleri çok geniş aralıklarda değişebilmektedir. Lepp (1987) ise Cr içeriği bakımından tüm ağaçlar için 0.20 ile 0.60 ppm aralığını bildirmektedir. Çalışmamızda yaprak örneği Cr içeriklerinin bildirilen üst sınıra yakın yada biraz üzerinde bulunmuştur. Toksik seviyelerde Cr'a maruz kalan bitkilerde, fotosentez ve solunum gibi önemli metabolik olayların olumsuz etkilenmesinden dolayı bitki büyümesinde azalma görülmektedir. Ayrıca yaprak büyümesi (yaprak yüzey alanı gelişimi ve toplam yaprak sayısını) üzerine etki ederek daha küçük yaprak oluşumuna neden olmaktadır (Yıldız vd., 2011). Kabata Pendias and Pendias (1984) bitkilerde doğal olarak 0.1-10 ppm arasında Pb bulunabileceğini bildirmiştir. Kurşun içeriği yüksek olan alanlarda yetişen bitkilerde kök uzaması ve biyokütlede azalma, klorofil biyosentezinde engellenme, bazı enzim aktivitelerinde tetiklenme veya gerilemeler (Fargasova, 1994; Miranda ve Ilangovan, 1996) görülmüştür.

Zeytin yaprağı Pb içeriklerinin bildirilen değerlerin altında olduğu görülmektedir. Kabata Pendias and Pendias (1984) kuru maddede 0.1-2.4 mg kg⁻¹ Cd değerlerini normal, 5-30 mg kg⁻¹'in ise kritik olduğunu bildirmiştir. Zeytin yaprak Cd içeriklerinin bildirilen değerlerin altında olduğu görülmektedir (Çizelge 7).

Çizelge 7. Zeytin yaprak örneklerinin ağır metal içerikleri (mg/kg kuru ağırlık)

	Cd	Cr	Al	Ni	Pb
Soma	0.01-0.03	0.19-0.90	58-360	0.66-2.96	0.17-0.90
Aliğa	0.01-0.09	0.29-0.92	46-108	0.67-1.71	0.22-5.93
Bergama	0.01-0.03	0.43-0.61	39-149	0.46-0.98	0.15-0.90
Ayvalık	iz-0.03	0.50-0.60	55-166	0.80-1.19	0.12-0.47
Edremit	iz-0.02	0.36-0.59	55-94	0.32-2.36	0.23-0.39
Ezine	0.01-0.02	0.56-0.99	45-382	0.73-1.76	0.57-0.78
Min.	iz	0.19	39	0.32	0.12
Mak.	0.09	0.99	382	2.96	5.93
Ort.	0.02	0.61	112	1.21	0.82



Şekil 1. Yüksek miktarda ağır metal ve doğal radyonüklit içeren alanlar

(A:Toprak, B:Bitki)

Figure 1. High concentrations of heavy metals and natural radionuclides in the study area (A: Soil, B:Plants)

Zeytin yaprağında yapılan metal analizlerinin sonucunda transfer faktörü de hesaplanmış ve bitkinin yüksek absorpsiyon kapasitesine sahip olmadığı anlaşılmıştır. Transfer faktörünün 1'in altında bulunması bitkinin ağır metal alınımının zayıf olduğunu göstermektedir. Ayrıca yapılan istatistiki belirlemelerde, toprak toplam metal konsantrasyonları ile bitki metal içerikleri arasında çoğunlukla düşük ilişki bulunurken, toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ile yaprak metal konsantrasyonları arasında önemli ilişkiler olduğu görülmektedir (Çizelge 8).

Çizelge 8. Yaprak örneklerinin ağır metal içerikleri ile toprakların kimi fiziksel ve kimyasal özellikleri arasındaki ilişkiler

Table 8. Relationships between the heavy metals of leaves and soil physical-chemical properties

Topraklarının Fiziksel ve Kimyasal özellikleri	Zeytin Yaprak				
	Al	Cd	Cr	Ni	Pb
pH (0-30 cm)	-,394*				
pH (30-60 cm)		-,394*			
CaCO ₃ (0-30 cm)					-,505*
CaCO ₃ (30-60 cm)					
OM (0-30 cm)				-,457*	
OM (30-60 cm)				-,487**	

Sonuç ve Öneriler

Kuzey Batı Anadolu'daki endüstrileşmenin ve nüfus yoğunluğunun etkisi altında olan zeytin bahçelerinden alınan toprak ve bitki örneklerinin analiz sonuçlarına göre antropojenik kirlenme toprakta Ni elementi ile kendini göstermekle birlikte, Pb, Cr ve Cd elementlerinin sınır değerlere yakın değerlerde bulunması dikkat çekicidir. Özellikle Aliğa ve Soma'dan alınan toprak ve yaprak örneklerinde kirlenmenin etkisi görülmektedir. Bu yörelerde gerekli önlemler alınmadığı takdirde kısa bir zaman sürecinde bu kirlilik yaygınlaşabilir ve yoğunluğu artabilir. Tüm bu nedenlerle, model olarak planlanan bu çalışma baz alınarak, zeytin çeşit ve yaş gruplamaları ile daha geniş boyutlarda bölgesel bir çalışma yapılmalı ve kontrolün sağlanması amacıyla her 3-4 yılda bir tekrarlanmalıdır. Yaşamsal önem taşıyan doğal varlıklarımızın bütüncül düşünülerek korunmasının önemli bir diğer konu olduğu dikkate alınmalıdır.

Kaynaklar/References

- Alloway, B. J., 1990, Heavy Metals in Soils, Blackie and Sou Ltd., Glasgow and London.
- Anonim, 2005. Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği. Resmi Gazete, sayı: 25831 Ankara (Erişim tarihi: 24.09.2018).
- Anonim, 2016. T.C. Gümrük ve Ticaret Bakanlığı Kooperatifçilik Genel Müdürlüğü 2015 Yılı Zeytin ve Zeytinyağı Raporu, (Erişim tarihi: 24.09.2018). <http://koop.gtb.gov.tr/data/56e95c1a1a79f5b210d91772/2015%20Zeytinya%C4%9F%C4%B1%20Raporu.pdf>
- Başçı, N. 2009. Cr (VI) İyonunun Süs Bitkileri Kullanılarak Toprakta Gideriminin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Bouyoucos, G. 1962. Hidrometer Method Improved for Making Particle Size Analysis of Soil. *Agronomy Journal*, 54:464-465.
- Durak, Z. 2005, Adana Sofulu Düzensiz Çöp Depolama Alanında Oluşan Çöp Sızıntı Sularının Bitki Yetiştirilmesinde Kullanılması, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Fargasova, A., 1994. Effect of Pb, Cd, Hg, As and Cr on germination and root growth of *Sinapis alba* seeds. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 52, 452-456
- Gerendas, J., Polacco, J.C., Freyermuth, S.K., Sattelmacher, B. 1999. Significance of Nickel for Plant Growth and Metabolism. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 162: 241-256.
- Hızalan, E. ve H. Ünal 1966. Topraklarda Önemli Kimyasal Analizler. A. Ü. Ziraat Fakültesi, Ankara.
- Jackson, M. L. 1962. Soil Chemical Analysis. Prentice Hall Inc. Eng. Cliffs. N. I., USA.
- Kabata Pendias, A., Pendias, H., 1984. Trace elements in soils and plants. Book, Boca Raton, Florida, CRC Press, Inc., (1984), p. 31, 315.
- Kartal, S., Elçi, L. Dogan, M. 1992. Investigation of Lead, Nickel, Cadmium and Zinc Pollution of Traffic in Kayseri. *Fresenius Environ. Bull.*, 1: 28-35.
- Kartal, S., Elçi, L., Kiliçel, F. 1993. Investigation of Soil Pollution Levels for Zinc, Copper, Lead, Nickel, Cadmium and Manganese at around of Çinkur Plant in Kayseri. *Fresenius Environ. Bull.*, 2: 614-619.
- Köseoğlu, C. 2007. Atık Çamurun İyileştirilebilmesi için Bitkisel Arıtımın (Fitoremediyasyon) Kullanım Olanaklarının Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Lepp, N.M., 1987. Heavy Metals in Soils. Edited by B.J. Alloway. John Wiley & Sons. New York.
- Lindsay, W. L. and Norvell, W. A. 1978. Development of a DTPA Soil Test for Zinc, Iron, Manganese, and Copper. *Soil Science*.
- Miranda, M.G., Ilangovan, K., 1996. Uptake of lead by *Lemna gibba* L. influence on specific growth rate and basic biochemical changes. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 56, 1000-1007
- Molas, J. 1997. Changes in Morphological and Anatomical Structure of Cabbage (*Brassica oleracea* L.) Outer Leaves and in Ultrastructure of their Chloroplasts Caused by an in Vitro Excess of Nickel. *Photosynthetica* 34 (4): 513-522.
- Pekcan, T., H. S. Turan, N. Alper, M. Ozaltas, and Cokuysal, B. 2008. Effects of Organomineral, Mineral and Farmyard Manures on the Yield and Quality of Olive Trees. Izmir, Turkey: Olive Research Institute.
- Rangnekar S. S., Sahu S. K., Pandit G.G. and Gaikwad, V. B. 2013. Accumulation and Translocation of Nickel and Cobalt in Nutritionally Important Indian Vegetables Grown in Artificially Contaminated Soil of Mumbai, India, *Research Journal of Agriculture and Forestry Sciences*. Vol. 1(10).
- Seregin, Kozhevnikova A.D. 2006. Physiological Role of Nickel and its Toxic Effects on Higher Plants. *Russian Journal of Plant Physiology* 53 (2): 257-277.
- Scheffer, F. and Schachtschabel, P., 1989. *Lehrbuch Der Bodenkunde*. 12 Aufl.. Ferdinand Enke Verlag. Stuttgart. 442 P.
- TSI, 2010. Crop production statistics database. Available at <http://tuik.gov.tr>
- Ünal, D., Sert, Ş., Işık, N.O., Kaya, Ü. 2011. İzmir-Kemalpaşa Sanayi Bölgesinde Ağır Metal Kirliliğinin Biyoindikatör Olarak Zeytin (*Olea europaea*) Bitkisi Kullanılarak Belirlenmesi. *Zeytin Bilimi* 2 (2), 59-64.
- UNSCEAR Report, 2000. Sources, Effects and Risks of Ionizing.
- Yaprak G. 2008. Natural Radioactivity (I ve II).
- Yaprak, G. 1995. Radyoaktif Mineral İçeren Örneklerin Gama Spektroskopik Analizlerde Matris Etkisi ve Self Adsorpsiyon için bir Düzeltme Yönteminin Geliştirilmesi, (Doktora Tezi), Ege Üniversitesi Nükleer Bilimler Enstitüsü, Bornova, İzmir.
- Yıldız, M., Terzi, H., ve Uruşak, B., 2011. Bitkilerde krom toksisitesi ve hücresel cevaplar. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 27(2): 163-176.
- Zarcinas, B. A., Cartwright, B. and Spauncer, L. P. 1987. Nitric Acid Digestion and Multielement Analysis of Plant Material by Inductively Coupled Plasma Spectrometry. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 18: 131-147. Science Society of American Journal, 42: 421-428.