

## Adana Şehir Merkezindeki Topraklarda Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması

Mustafa AKYILDIZ<sup>\*1</sup>, Burcu KARATAŞ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Adana

Geliş tarihi: 24.04.2018

Kabul tarihi: 29.06.2018

### Öz

İnceleme alanı Adana şehir merkezi ve çevresini kapsamaktadır. Bölgeden 52 adet toprak örnekleme yapılmıştır. Alınan örnekler üzerinde Atomik Absorbsiyon Spektrometre cihazı ile Fe, Al, Mn, Cu, Zn, Hg, Ni, Cr, Pb, As, Co, Cd, elementlerine ait analizler yapılmıştır. Analiz sonuçları Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Toprak Kirliliği yönetmenliğinde belirtilen standartları ile karşılaştırılmıştır. Fe, Mn ve Pb elementleri standartların altında bulunurken, Cu, Hg, Co, Cd, elementlerinde birkaç örnek standartların üzerinde saptanmıştır. Ni, As, Cr ve Al elementlerine ait analiz sonuçlarında ise örnekler yaygın olarak standartların üzerinde yer almıştır. Kirliliğe sebep olan parametrelerin genellikle çevresel faktörlere bağlı olarak oluştuğu, Cr ve Ni element artışında ise kısmen bölgedeki jeolojik yapının da katkısı olduğu düşünülmektedir. Ayrıca toprak ve sediman numunelerinde zenginleşme faktörü, kirlilik faktörü (Cf), kirlilik derecesi (Cd) ve Jeo-birikim indeks (Igeo) değerleri de hesaplanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Adana, Ağır metal, Toprak kirliliği

### Investigation of Heavy Metal Pollution in the Soil at Adana City Center

#### Abstract

The review area covers Adana city center and its surroundings. 52 soil samples were taken from the region. Analyzes of Fe, Al, Mn, Cu, Zn, Hg, Ni, Cr, Pb, As, Co, Cd elements were made by using Atomic Absorption Spectrometry device. The analysis results were compared with the standards laid down in the Ministry of Environment and Urban Planning's Soil Pollution directive. Fe, Mn and Pb elements were found to be below the standards, while Cu, Hg, Co, Cd elements were detected above the standards in some of the samples. In the analysis results related with Ni, As, Cr and Al elements, samples were found to be widely above the standards. It is considered that the parameters causing pollution are generally related to environmental factors and in the Cr and Ni element increase, the reason is considered to be partly the contribution of the geological structure in the region. In addition, enrichment factor, pollution factor, pollution degree and geo-accumulation index values are calculated in soil and sediment samples.

**Keywords:** Adana, Heavy metal, Soil pollution

\*Sorumlu yazar (Corresponding author): Mustafa AKYILDIZ, [akyildizm@cu.edu.tr](mailto:akyildizm@cu.edu.tr)

## 1. GİRİŞ

Yüzyılın başından itibaren sanayileşmenin hızlanması ve modern tarıma geçilmesi ile birlikte hızla artan dünya nüfusunun oluşturduğu etkiyle doğal kaynaklar büyük ölçüde tahrip edilerek kirlenmiş ve bunların sonucunda toprak kirliliği de bir çevre sorunu olmaya başlamıştır. Toprak kirlenmesi yaşayan tüm canlı organizmaları etkilemekte ve besin zincirinin son halkası olan insanları da ciddi anlamda tehdit etmektedir [1].

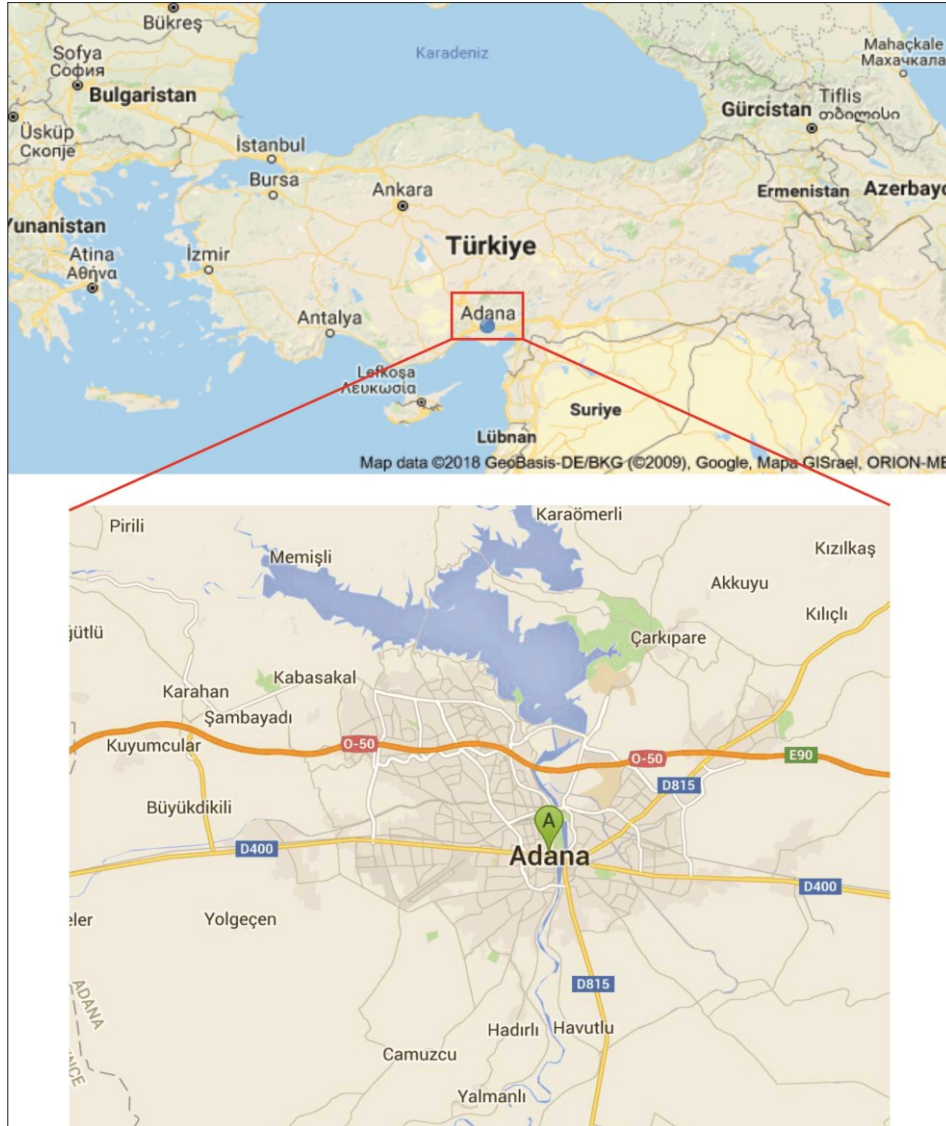
İz elementler toprak ana materyalinde oluşurken insan aktiviteleri sonucu topraklara katılma ile birlikte miktarları devamlı olarak artmaktadır. Bu katılımlar kimyasal gübreler, endüstriyel atıklar, maden kalıntıları ve otomobil emisyon gazları ile olabilmektedir. Başlıca toksik iz elementler; Arsenik (As), Krom (Cr), Kadmiyum (Cd), Bakır (Cu), Kurşun (Pb), Mangan (Mn), Cıva (Hg), Molibden (Mo), Nikel (Ni), Selenyum (Se) ve Çinko (Zn)'dir. Toprak kirliliği farklı araştırmacılar tarafından uzun yıllardır çalışılmaktadır. Bunlarda bazıları; Tasatar [2], Toprak kirlenmesiyle ilgili sorunlar daha çok nüfus artışına bağlı üretim ve tüketim taleplerindeki artışa paralel olarak süratle gelişme gösteren endüstri ve doğa ilişkilerindeki dengesizliklerden ötürü görülen sorunlar olduğunu ileri sürmüştür. Topraklara madencilik, maden ergitme, zenginleştirme, ticari gübreler, tarımsal savaşta kullanılan toksik kimyasal maddeler ve diğer antropojenik etkilerle doğrudan ve dolaylı pek çok değişik nitelikte maddelerin sürekli olarak katılmakta olduğunu belirtmiştir. Karpuzcu [3], Toprak kirliliğinin insan faaliyetleri sonucunda doğal yapısının bozulduğunu, fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin değişmesi ve toprak verimliliği bozan ya da varlığını tehlikeye düşüren her türlü doğal ve teknik etkinin toprak kirleticisi olarak adlandırıldığını öne sürmüştür. Örnektekin [4], Ağır metallerin toprak yüzeyinde biriktiği toprak derinliklerine inildikçe azaldığı gözlenmiştir. Buradan hareketle toprak alt tabakalarında önemli bir kirliliğin olmadığı sonucuna varmıştır. Yükselen [5], Toprak reaksiyonu mineral elementlerinin çözünürlüğüne ve onların bitkilere alınımına etki ettiğini belirtmiştir. Çok asitli veya çok alkali toprak koşulları bir elementin bitkilere toksik olabileceği

düzeyde çözünürlüğüne neden olabileceğini veya elementin çözünürlüğünü sınırlayarak bitki gelişmesini ve sağlığını kısıtlayabileceğini öne sürmüştür. Vivenstova ve arkadaşları [6], Toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri gerek ana materyalden ve gerekse dış etkenlerden oluşan besin maddesi veya diğer elementlerin ortamda bulunuş ve alınabilirliğine etki yapacağını öne sürmüştür. Örneğin fazlaca organik madde içeren topraklarda ağır metal ve iz elementler kuvvetle absorbe edildiğinden organik toprakların çoğu besin sağlanması açısından zayıf ortamlar olarak değerlendirildiğini belirtmiş ve örnek olarak bakır eksikliğinin ortaya çıkabileceğini belirtmiştir.

Adana ve çevresinde yapılan bazı önceki çalışmalar ise; Yaman [7], Adana'da karayolu kenar topraklarında Pb kirlenmesinin sebeplerinin araştırmış ve yol kenarlarındaki Pb oranlarının 424 mg/kg'a kadar çıktığını tespit etmiştir. Bu değer normal değerlerden 20 kat daha fazla olduğunu belirtmiş ve yoldan uzaklaştıkça Pb değerinde azalma gözlemiş ancak 40 m'den sonra bile kirliliğin olduğunu bildirmiştir. Toprak [8], Berdan Nehri (Tarsus) su örneklerinde anyon-kasyon ve ağır metalleri incelemiş ve bu suların çeşitli kullanım alanlarına göre sınıflamasını yapmıştır. Araştırmacı, çalışmanın sonucunda Berdan Nehri'nin Pb, Cr ve SO<sub>4</sub> içeriği bakımından içilebilir su niteliği taşımadığını belirtmiştir. Aysan [9], Adana-Tarsus güneyinde yaptığı doktora tezi çalışmasında, bölgenin toprak ve sularındaki ağır metal kirliliğini tespit etmeyi amaçlamıştır. Sulardaki jeokimyasal özellikleri araştırmak amacıyla, toprak ve kil örneklerinde de ağır metal analizi gerçekleştirmiş, Ni, Pb, Cr ve Cd elementlerini, toprak ve kil örneklerinde de görülmediğini belirtmiştir. Kurt ve arkadaşları [10], Deliçay ile Berdan Çayı arasında kalan bölgede yaptıkları çalışmada Kuvaterner sedimanlarının mineralojik ve jeokimyasal özelliklerini araştırmış ve farklı lokasyonlardan ve değişen derinliklerden 120 adet örnek toplamışlardır. Elde ettikleri tüm verileri CBS veritabanına aktararak dağılım haritaları oluşturmuşlardır [11]. Seyhan Baraj Gölü'nün suyunda ve sedimentindeki bazı ağır metallerin (Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Se, Pb ve Zn)

konsantrasyonlarının mevsimsel değişiminin tespit etmişlerdir [11]. Bu araştırma ile bölgedeki toprakların ağır metal içeriklerinin saptanması ve gelecek çalışmalara temel oluşturması

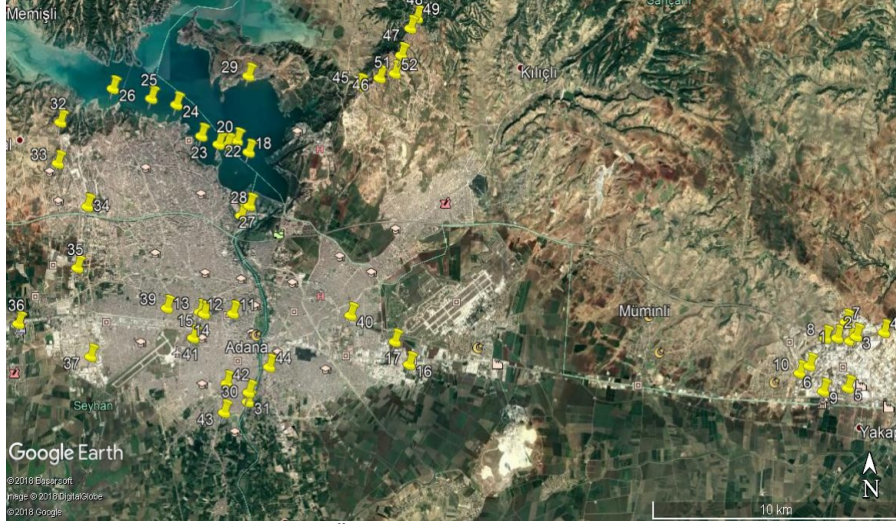
amaçlanmıştır. Çalışma alanı yaklaşık 2,300,000 kişinin yaşadığı, yoğun sanayi ve tarımsal faaliyetlerin olduğu Adana şehir merkezi ve çevresini kapsamaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma alanı yer bulduru haritası

Yerleşim merkezi, sanayii bölgeleri ve şehir merkezinden geçen Seyhan nehrindeki sedimanlar ile bunların kenarlarındaki tarımsal arazilerden toprak örneği alınmıştır (Şekil 2). Alınan örnekler Atomik Absorpsiyon cihazında yapılan ölçümler

sonucunda ağır metal (Fe, Al, Mn, Cu, Zn, Hg, Ni, Cr, Pb, As, Co, Cd ) içerikleri tespit edilmiş ve ulusal ve uluslararası standartlarla karşılaştırılarak bölgede kirlilik olup olmadığı incelenmiştir.

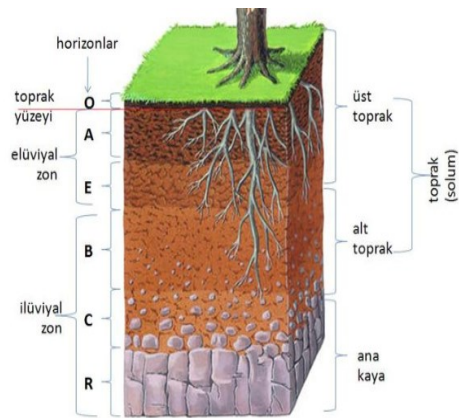


Şekil 2. Örnek alım koordinat noktaları

## 2. MATERYAL VE METOT

### 2.1. Materyal

Adana şehir merkezi, sanayi bölgelerinden ve Seyhan nehrine ait sedimanlardan 52 farklı lokasyondan örnek alımı yapılmıştır. Toprak örnekleri üstten 10-15 cm'lik kısmı kaldırılıp A zonundan (Şekil 3) alınmıştır. Örnekler yaklaşık 500 g ile 1 kg arası alınarak polietilen poşetlere konulmuştur. Örnek numaralarına göre 1-18 arası toprak örneği, 18-31 arası sediman örneği ve 32-52 arası yine toprak örneğidir.



TOPRAK HORIZONLARI

Şekil 3. Toprak zonlarını gösteren genel kesit [12]

### 2.1.1. Ağır Metaller

Ağır metaller, su ortamlarına doğal kaynaklardan ve insan faaliyetleri sonucunda karışıp, su ortamlarında ve canlılarda önemli sorunlar oluşturmaktadır. Bu kapsamda ağır metal içeren sanayi ve kent atıkları, su yardımıyla daha uzak noktalardaki büyük sulu ortamlara verilmektedir.

Metaller içerisinde yoğunluğu  $5 \text{ g/cm}^3$ 'den büyük olan grup ağır metaller olarak adlandırılır. Ağır metaller örnek olarak Cu, Fe, Zn, Pb, Hg, Co, Mn, Cr, Se, Ni, ve Cd sayılabilir. Metallerin büyük bir bölümü canlılarda birikim yapar. Birikim sonucu canlıların bünyesinde yoğunlaşan bu elementler etkili dozlarla ulaştıklarında, ciddi hastalıklara hatta ölümlere sebep olabilirler.

Bazı ağır metaller canlı organizmalar için hayati oldukları halde yüksek konsantrasyonda toksiktirler. Bunlar bakır (Cu), krom ( $\text{Cr}^{+3}$  formu), demir (Fe), mangan (Mn), molibden (Mo), çinko (Zn) ve nikel (Ni)'dir. Bununla birlikte kadmiyum (Cd), krom ( $\text{Cr}^{+6}$  formu), cıva (Hg) ve kurşun (Pb) gibi ağır metaller canlılar için hayati olmayıp eser miktarları bile toksin etki gösterebilir.

Doğada bulunan bu elementler belli bir doza kadar canlı yaşamı için gereklidir. Ağır metallerden bir kısmı iz elementler veya eser elementler olarak da

adlandırılabilirler. Ağır metallerin deniz suyundaki konsantrasyonları 1 mg/kg'den düşüktür.

Ancak doğal kaynaklardan; jeolojik ve volkanik faaliyetler, erozyon, yangınlar veya insan faaliyetleri sonucunda; maden arama, işleme, evsel atıklar, tarımsal faaliyetler, endüstriyel atıklar ile derişimleri artar.

Topraklardaki ağır metallerin doğal konsantrasyonları esas olarak topraklardaki ana materyallerin tip ve kimyasına bağlıdır. Yer kabuğu, bazı sedimentler ve genellikle topraklarda bulunan bazı ağır metallerin ortalama konsantrasyonları Çizelge 1'de gösterilmiştir.

**Çizelge 1.** Türkiye ve farklı ülkelere ait topraklardaki ağır metal konsantrasyonu sınır değerleri (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı) ve Dünya Sağlık Örgütü ve Dünya Tarım Örgütü'nün kirlilik sınırları [13,14]

Elementler	Dünya Sağlık Örgütü (WHO)/Dünya Tarım Örgütü (FAO) ( $\mu\text{g/g}$ )	Türkiye topraklardaki ağır metal konsantrasyonu sınır değerleri (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı) ( $\text{mg/kg}$ )
As	20	-
Cd	3	3
Co	50	-
Cr	100	100
Cu	100	140
Fe	50000	-
Mn	2000	-
Ni	50	75
Pb	100	300
Zn	300	300
Hg	-	1,50

Kadmiyum, kalay ve cıvanın insan aktiviteleri ile toprağa bırakılan en fazla metalik kirleticiler olduğu sonucuna varabiliriz. Topraklardaki kadmiyumun ortalama konsantrasyonu, tabakadaki

ortalama konsantrasyonun altı katıdır. Kurşun, cıva ve kalayın topraklardaki konsantrasyonları, yer kabuğundaki ortalama konsantrasyonlarının iki katına erişir [1].

Fe, Mn, As gibi elementlere ait sınır değerler yönetmenlikte olmaması nedeni ile karşılaştırmalarda bulunmak için Dünya sağlık örgütü ve Dünya Tarım örgütünün standartlarının kullanıldığı [13] ait değerlerden yararlanılmıştır (Çizelge 1).

## 2.2. Metot

Araziden alınan numunelerin nemliliklerini gidermek için numuneler oda sıcaklığında bekletilerek nemi alınıp kurutulmuştur. Kurutulan numuneler 0,1 mm'lik elekten geçirilmiştir. Çözelti hazırlanması için 3 paralel 1 g'lık numunelerin üzerine 15 ml HCl ve 5 ml litre  $\text{HNO}_3$  ilave edilmiştir. Hazırlanan bu çözelti, ısıtıcı tablada  $300\text{ }^\circ\text{C}$ 'de çözündürülmüştür. Çözünen örnekler de süzme işlemi yapılarak balon jöjeler içerisine alınmıştır. Toplam hacim 250 ml oluncaya kadar ultra saf su eklenmiştir. Ağır metal analizleri Ç.Ü. Müh. Fakültesi Jeoloji Mühendisliği bölümünde yer alan Jeokimya Laboratuvarı'nda Perkin Elmer A700 Atomik Absorbsiyon spektro cihazında ile analiz edilmiştir.

## 3. BULGULAR

### 3.1. Adana Yerleşim Alanı Jeolojisi

Adana yerleşim alanı ve çevresi Adana baseninin en genç birimlerinin yer aldığı güney kesimlerinde yer alan Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı Handere formasyonuna ait kıltaşı, kumtaşı ve çakıltaşı ardalı birim ile temsil edilir. Bu birim üzerine Kuvaterner yaşlı taraça-kaliçi birimi gelmektedir. En üstte de güncel alüvyonlar gözlenmektedir. Handere Formasyonu Adana Baseninin güney kesiminde havza ölçeğinde oldukça yaygın bir yayılıma sahip bulunmaktadır. Formasyon Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı ile Adana grubunun en üst birimi olarak ayırtlanmıştır [15].

Handere Formasyonu Adana genelinde başlıca boz renkli çakıltası, çakıllı kumtaşı, silttaşı, kiltası ve yer yer alçıtaşı merceklerinden oluşmaktadır. Üzerine gelen gelip güneye doğru Adana Ovası'nın alüvyonları ile örtülü bulunan taraçaların içerisinde ve üzerinde oluşan kalıç oluşumları kalıçlaşmış taraça olarak adlandırılmıştır. Genellikle beyazımsı kahverengi ve gri renkli olan kalıçlaşmış taraçalar kökensele olarak aynı olan ve bölgede yayılım gösteren diğer taraçaların özelliklerini taşımakla beraber çakıltası ağırlıklı, yer yer kumtaşı ara katkılı bir birim olarak tanımlanabilirler. Kuvaterner yaşlı alüvyon çalışma alanı içerisinde Seyhan nehir yatağı boyunca ve düz alanlarda yayılım göstermektedir.

Köşeli çakıl, kum, mil ile dere yataklarında çökelen kum, kil, mil gibi malzemeden meydana gelmiştir. Ayrıca sahanın güney ve doğusundaki geniş düzlüklerde yer alan ve kalınlığı 1-2 m olan toprak örtü de alüvyona dahil edilmiştir.

### 3.2. Jeokimya

Adana şehir merkezi ve çevresindeki 52 noktadan farklı zamanlarda örnekler alınarak Atomik Absorbsiyon Spektrometre cihazı ile Fe, Al, Mn, Pb, Zn, Cr, Ni, Cu, Hg, As, Cd element değerleri ölçülmüştür. Bu analizlere ait sonuçlar Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Adana şehir merkezi ve çevresinden alınan 52 noktaya ait analiz sonuçları

Örnek No	Fe %	Al %	Mn mg/kg	Cu mg/kg	Zn mg/kg	Hg mg/kg	Ni mg/kg	Cr mg/kg	Pb mg/kg	As mg/kg	Cd mg/kg	Co mg/kg
1	1,2	6,7	384,9	12,95	44,67	0,007	37,62	<0	<0	3,35	<0	61,1
2	2,7	1,0	858,4	21,26	46,53	0,000	63,72	36,6	<0	0,21	<0	66,9
3	0,8	8,3	354	11,09	28,91	0,027	47,44	<0	<0	5	<0	48,3
4	2,7	9,7	689,4	19,94	52,62	0,848	47,71	11,7	<0	3,19	<0	75,2
5	0,6	3,6	154,3	5,7	20,3	3,670	4,38	<0	<0	4,02	<0	65,4
6	2,0	9,1	558,7	15,01	51,05	0,142	43,45	30,1	<0	7,16	<0	66,0
7	0,7	3,8	391,6	10,64	27,57	0,821	45,15	<0	<0	2,93	<0	65,2
8	1,1	3,4	354,7	20,32	53,79	0,026	58,84	<0	<0	4,49	<0	61,5
9	1,9	9,7	635	17,78	54,93	0,001	67,28	<0	<0	5,59	<0	72,7
10	0,7	3,6	187,1	5,59	19,19	0,000	11,51	<0	<0	3,11	<0	74,5
11	1,4	1,3	626,8	244,1	366,3	0,363	283,8	99,1	192,1	2,15	<0	3,55
12	1,3	1,3	544,3	25,03	58,23	0,012	349,3	67,1	109,1	2,7	<0	9,64
13	1,3	1,5	594,8	50,87	114,8	0,152	358,6	69,7	166,1	3,56	<0	8,51
14	1,6	0,9	606,1	16,96	51,98	0,022	358,5	62,4	142,1	2,62	<0	12,2
15	1,4	1,5	565,5	17,48	51,27	0,025	366,9	58,4	123,1	3,26	<0	12,5
16	1,1	1,2	563,5	23,91	73,65	0,011	357,7	59,5	131,1	3,35	<0	4,16
17	1,0	1,2	557,9	29,75	76,63	0,019	214,2	50,1	134,1	4,79	<0	<0
18	2,4	2,0	1135	4,33	38,5	0,001	<0	229,7	65,51	0,002	<0	<0
19	1,1	1,0	211,4	<0	34,2	0,001	<0	172,7	70,3	0,001	<0	<0
20	1,0	1,4	143,7	<0	23,1	0,001	<0	157,9	75,29	0,003	<0	<0
21	1,6	1,0	193,2	<0	33,7	0,001	<0	168,9	68,85	0,001	<0	<0
22	2,3	1,7	391,2	3,49	65,8	0,002	<0	229,7	73,25	0,002	<0	<0
23	1,1	1,0	131,2	<0	33,3	0,001	<0	141,1	54,66	0,002	<0	<0
24	1,6	1,4	287,9	<0	34,02	0,001	<0	161,5	37,65	0,002	<0	<0
25	2,8	2,3	727,6	13,83	59,8	0,001	<0	212,9	63,23	0,01	<0	<0
26	3,3	2,6	672,5	18,49	62,5	0,001	<0	267,2	62,45	0,003	<0	<0
27	2,5	1,4	368,8	28,86	67,51	0,001	<0	88,06	151,6	0,006	<0	18,1
28	3,3	0,9	189,5	15,46	59,36	0,001	<0	99,78	189,5	0,004	<0	25,9
29	0,2	3,4	43,03	2,69	8,52	0,000	<0	25,21	36,51	0,0004	<0	1,13
30	2,3	1,1	433,4	544,5	185,6	0,001	<0	128,3	454,1	0,004	<0	12,8
31	2,9	1,3	497,9	20,63	56,12	0,000	<0	144,8	262,5	0,007	<0	23,9
32	1,8	5,1	333,7	21,19	55,34	0,032	141,6	<0	<0	10,57	<0	57,2
33	2,06	8,04	415	23,97	50,3	0,056	148,7	<0	<0	2,32	<0	70,1
34	1,65	6,39	345,4	20,59	43	0,066	130,7	<0	<0	7,46	<0	60,2
35	1,6	8,86	379	16,22	44,6	0,019	104,6	<0	<0	7	<0	49,9

Çizelge 2 (devamı)

36	2,58	1,26	609,6	42,44	65,48	0,016	141,4	<0	<0	0,18	<0	48,4
37	2,2	9,2	511,3	22,07	49,15	0,018	216,4	<0	<0	5,48	<0	68,4
38	0,93	6,33	408,8	14,89	38,12	0,000	207,8	<0	<0	3,36	<0	61,6
39	2,16	6,38	440,8	31,92	66,19	0,000	180	<0	<0	7,09	<0	73,4
40	2,5	1,23	638,9	21,5	58,37	0,000	121,1	<0	<0	9,86	<0	63,9
41	2,52	7,46	533,4	78,5	123,7	0,495	200,8	<0	<0	16,02	<0	61,8
42	2,13	7,7	531,8	75,66	116,3	0,452	202	<0	<0	1,1	<0	65,4
43	2,42	7,79	585,6	29,71	57,38	0,009	190	<0	<0	5,5	<0	79,5
44	2,2	7,75	512,1	26,02	116,9	0,004	183,4	<0	<0	1,08	<0	67,4
45	<0	1,62	481,8	3,64	85,06	0,103	6,82	129	<0	4,5	0,4	0,4
46	<0	5,63	5,09	5,72	20,16	0,119	1,74	<0	<0	0,385	4,9	4,93
47	<0	1,43	39,03	13,26	22,91	0,113	1,93	4,23	<0	2,61	4,3	4,33
48	<0	2,34	99,38	118,3	28,11	0,109	1,73	12,8	<0	2,93	3,8	3,84
49	<0	4,5	566,9	24,44	39,9	0,131	10,23	101	<0	1,53	2,3	2,3
50	<0	1,2	79,56	4,89	24,24	0,092	2,2	9,98	<0	1,02	4,4	4,44
51	<0	3,3	252,3	14,78	31,03	0,082	2,96	28,1	<0	1,68	2,8	2,84
52	<0	4,3	236,3	16,96	35,43	0,084	2,49	35,9	<0	3,06	1,1	1,16
Ort.	1,5	3,8	424,2	35,14	60,11	0,157	94,51	59,48	51,21	3	0,46	26,6

### 3.2.1. Demir (Fe)

52 örnek içerisinde demir değeri en yüksek % 3,3 ve ortalaması %1,5'dir. Çevre şehircilik Bakanlığının Topraklardaki kirliliğe ait yönetmelikte Fe ile ilgili bir standart değer bulunmamaktadır. Ancak topraklardaki genel Fe oranının %1-10 arasında değiştiği [16] bilinmekte olup WHO ve FAO verilerine göre de ortalama %5'dir [13]. Sonuçlar bu standartlarla karşılaştırıldığında, Fe ortalamasının %1,5 civarında olması, demir kaynaklı bir kirlilik olmadığını göstermektedir (Şekil 4).

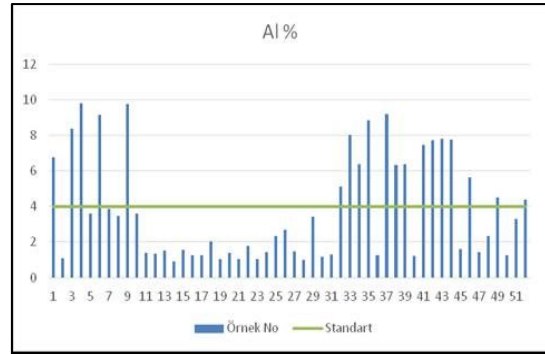


Şekil 4. Örneklerdeki Fe element miktarı (%)

### 3.2.2. Alüminyum (Al)

Alınan örnekler içerisinde en yüksek Al değeri %9,7 en düşük değeri %0,9 ve ortalama değeri de

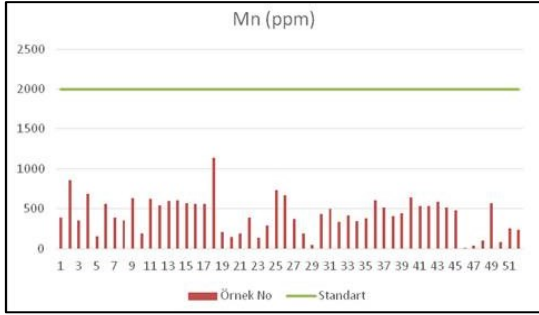
%3,8 olarak tespit edilen Al için literatürde topraklar ile ilgili herhangi bir standart değere rastlanmamıştır. Ancak dünya genelindeki toprakların Al içeriğinin %1 ile %5 arasında değiştiği kabul edildiğinden, çalışma alanı ve civarındaki bazı bölgelerde Al kaynaklı bir kirlilikten söz edilebilir (Şekil 5).



Şekil 5. Örneklerdeki Al element miktarı (%)

### 3.2.3. Manganez (Mn)

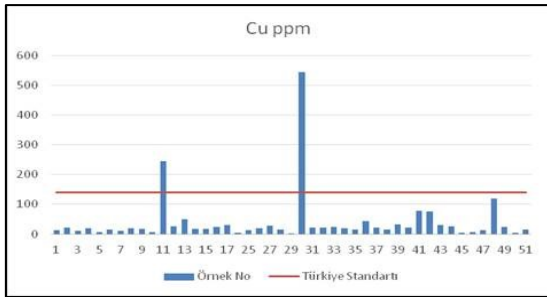
Manganez (Mn) elementinin analiz sonuç değerleri, mg/kg cinsinden saptanmıştır. Alınan örnekler içerisinde en yüksek değeri 1135 mg/kg, en düşük değeri 5,09 mg/kg ortanca değeri de 424,2 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçlar toprakta Mn değeri WHO, FAO'nun belirttiği değer olan 2000 mg/kg'ın altındadır [13]. Bu nedenle Mn değerleri sınırlar içerisinde bulunmaktadır (Şekil 6).



Şekil 6. Mn element miktarını gösteren diyagram

### 3.2.4. Bakır (Cu)

Alınan örnekler de bakır değeri en yüksek 544,5 mg/kg ortalama değer ise 35,14 mg/kg'dır. Bazı örnekler AAS cihazının dedeksiyon limitlerinin altında kalması nedeni ile sonuçlarda <0 olarak belirtilmiştir. Çevre ve Şehircilik Bakanlığının Cu için belirttiği Türkiye kirlilik sınırı 140 mg/kg'dır [14]. 2 örnek Türkiye standartlarının üzerinde çıkmıştır. Bu örneklerden 30 numaralı örnek Seyhan Nehri'ndeki çökellerden, 11 nolu örnek ise E5 karayolu yakınından alınmıştır (Şekil 7).

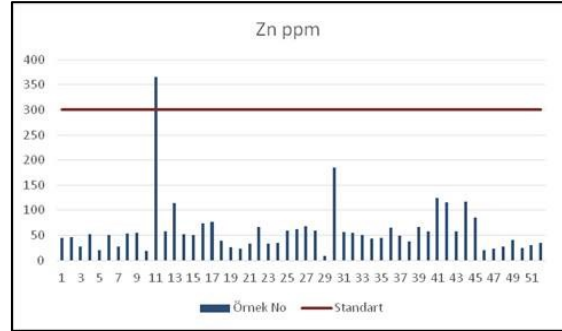


Şekil 7. Cu element miktarını gösteren diyagram. Sonuçlar mg/kg olarak verilmiştir

### 3.2.5. Çinko (Zn)

Çinko (Zn) elementinin analiz sonuçları mg/kg cinsinden tespit edilmiştir: Alınan örnek içerisinde en yüksek değeri 366,3 mg/kg, en düşük değeri 8,52 mg/kg ve ortalama değeri de 60,11 mg/kg olarak saptanmıştır. 11 numaralı örnek Çevre Yönetmenliği'ne göre belirlenen Türkiye kirlilik standardı olan 300 mg/kg'ın üzerinde çıkmıştır [14]. 11 numaralı örnek E5 karayolu yakınından

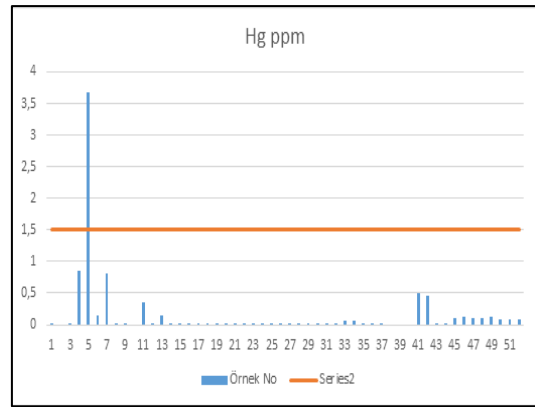
alınmıştır. Diğer örnekler kirlilik sınırının altında kalmıştır (Şekil 8).



Şekil 8. Zn element miktarını gösteren diyagram

### 3.2.6. Cıva (Hg)

Cıva değeri en yüksek 3,67 mg/kg ortalaması ise 0,157 mg/kg'dır. En düşük değer 0 olarak saptanmıştır. 5 nolu örnek dışındaki tüm örnek Türkiye standartları olan 1,5 mg/kg'ın altında bulunmaktadır (Şekil 9).



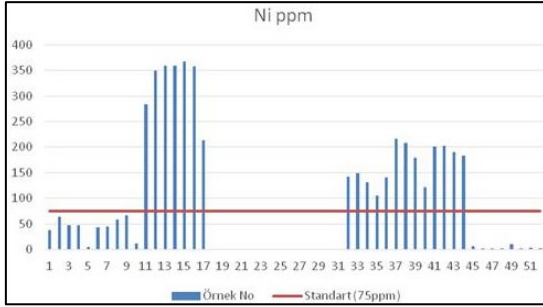
Şekil 9. Hg element miktarını gösteren diyagram. Sonuçlar mg/kg olarak verilmiştir

### 3.2.7. Nikel (Ni)

Toprak örneklerinden yapılan analizler sonucunda Ni değeri en yüksek 366,9 mg/kg ortalaması ise 94,51 mg/kg'dır. Türkiye kirlilik standardı 75 mg/kg'dır. Seyhan nehrine ait sediman örneklerinde Ni değeri dedeksiyon limitlerinin altında çıkması nedeni ile <0 kabul edilmiştir. Alınan örneklerin büyük kısmı Türkiye kirlilik



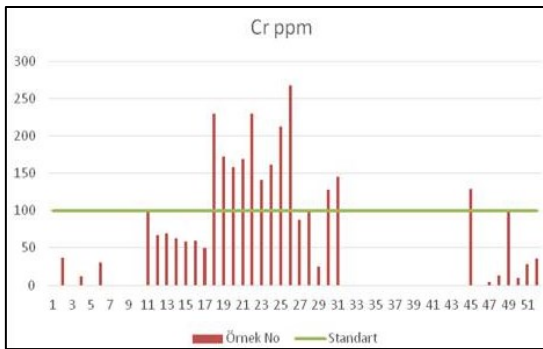
sınırı olan 75 mg/kg'ın üzerinde bulunmaktadır (Şekil 10).



Şekil 10. Ni element miktarını gösteren diyagram. Sonuçlar mg/kg olarak verilmiştir

### 3.2.8. Krom (Cr)

Krom elementinin analiz sonuçlarına mg/kg cinsinden şu şekilde tespit edilmiştir: Alınan 52 örnek içerisinde en yüksek değeri 267,2 mg/kg ve ortalama değeri de 59,48 mg/kg olarak saptanmıştır. Bazı örnekler dedeksiyon limitlerinin altında kalması nedeni ile sonuçlarda <0 olarak belirtilmiştir. Örneklerden Özellikle Seyhan nehrine ait sediman örneklerinde Cr değerleri Türkiye Standartlarının üzerinde çıkmıştır. Bu çevresel kirliliğin yanında nehri besleyen noktaların yakınında bulunan krom cevherleşmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir (Şekil 11).

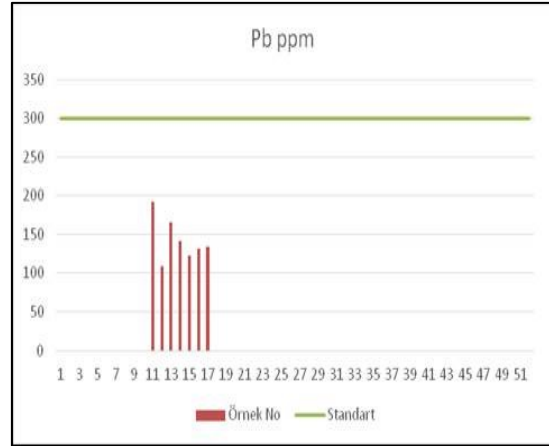


Şekil 11. Cu element miktarını gösteren diyagram

### 3.2.9. Kurşun (Pb)

Araziden alınan 52 adet örnek üzerinde sadece 20 örnek üzerinde sonuç alınmış diğer örnekler

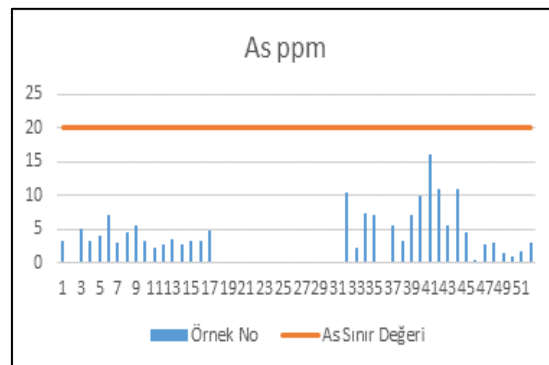
dedeksiyon limitin altında kalmıştır. En yüksek değer 454,1 mg/kg, ortalama değeri ise 51,21 mg/kg gelmektedir. Türkiye standardı 300 mg/kg olup, tek bir örnek dışında örnekler sınırın altında kalmaktadır (Şekil 12).



Şekil 12. Pb element miktarını gösteren diyagram

### 3.2.10. Arsenik (As)

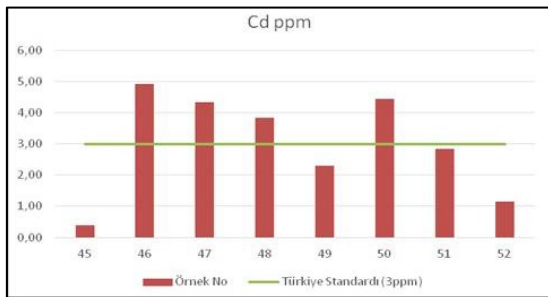
Arsenik elementine ait analiz sonuçlarına göre en yüksek değer 16,02 mg/kg, ortalama 3 mg/kg minimum değer ise 0,0004 mg/kg saptanmıştır. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Toprak Kirlilik yönetmenliğinde Arsenik elementine ait standart bulunmamakta olup, WHO ve FAO değerlerini baz alarak 20 mg/kg olarak belirtilmiştir [13]. Arsenik değeri örneklerin tamamında standartın altında kalmıştır (Şekil 13).



Şekil 13. As element miktarını gösteren diyagram

### 3.2.11. Kadmiyum (Cd)

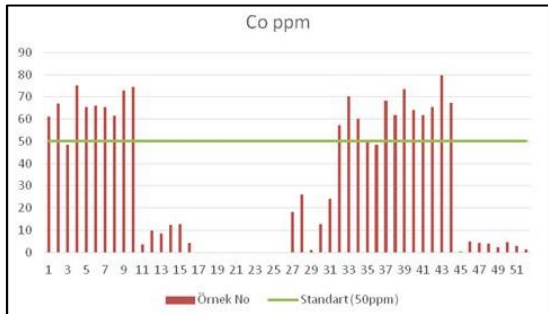
Kadmiyum elementi için 8 lokasyondan değer alınmıştır. Diğer noktalarda dedeksiyon limitlerinin altında kalması sebebi ile sonuçlar <0 olarak belirtilmiştir. Cd için en yüksek değer 4,9 mg/kg, ortalama değer ise 0,46 mg/kg olarak bulunmuştur. 46, 47, 48 ve 50 nolu örnekler Türkiye kirlilik sınırlarının üzerinde bulunmuştur (Şekil 14).



Şekil 14. Cd element miktarını gösteren diyagram. Sonuçlar mg/kg olarak verilmiştir

### 3.2.12. Kobalt (Co)

Kobalt elementine ait analiz sonuçlarında en yüksek değer 79,5 mg/kg, ortalama değer 26,6 mg/kg dır. Bazı örneklerde AAS okumaları dedeksiyon limitlerinin altında olması nedeni ile <0 olarak alınmıştır. Şekil 15'de görüleceği üzere Seyhan nehrine ait sedimanların dışındaki bölgelerde Co kirlilik standartı olarak belirlenen 50mg/kg'lık değer üzerinde çıkmaktadır (Şekil 15).



Şekil 15. Co element miktarını gösteren diyagram. Sonuçlar mg/kg olarak verilmiştir

### 3.3. Ef (Zenginleşme faktörü)

Zenginleşme faktörü farklı çevresel ortamların değerlendirilmesinde ve metal kirliliğinde antropojenik katkının hesaplanmasında da çok sık kullanılan bir değerdir. İlk kez Buat-Menard ve Chesselet [17] tarafından ortaya atılan bu faktörün hesaplanmasında, bir referans element seçilerek normalleştirme yapılmaktadır. Normalleştirmede kullanılacak elementin seçimi konusunda kesin bir kabul olmamakla birlikte, genellikle alüminyum, demir, lityum, zirkon ve titanyum gibi jeokimyasal olarak aktif olmayan elementler kullanılır [18-26] Bu çalışmada ise normalleştirme işlemi Al'a göre hesaplanmıştır.

Ef:  $\frac{(C \text{ Metal Örnek}) / C_{\text{Ref}} (\text{Örnek})}{(C_{\text{Metal}} (\text{Kabuk}) / C_{\text{Ref}} (\text{Kabuk}))}$ . Çıkan sonuçların değerlendirilmesi ise şu şekildedir: <1 zenginleşme yok, 1-3 az zenginleşme, 3-5 orta zenginleşme, 5-10 ortaca aşırı zenginleşme, 10-25 aşırı zenginleşme, 25-50 çok aşırı zenginleşme, >50 max. Zenginleşme [27]. Formüldeki EF: Zenginleşme faktörü, C Metal (Örnek): İlgili elementin konsantrasyonunu, C<sub>Ref</sub> (Örnek): referans olarak alınan elementin ölçülen konsantrasyonunu, C<sub>Metal</sub> (Kabuk): İlgili elementin kabuktaki ardaalan (background) değerini, C<sub>Ref</sub> (Kabuk): referans olarak alınan elementin kabuktaki ardaalan (background) değerini tanımlamaktadır [28]. Bu formüle göre hesaplanan Ef sonuçları değerlendirildiğinde; 1-10 arasındaki toprak örneklerinde sadece Mn değeri 1-3 arasında olup az zenginleşme göstermektedir. 11-17 toprak örneklerinde Fe, Cr, Mn değerleri 1-3 arasında az zenginleşme;

Cu, Zn değerleri 3-5 arasında orta zenginleşme; Ni, Co değerleri ise 5-10 arası olup ortaca aşırı zenginleşme göstermektedir. 18-31 arası sediman örneklerinde Fe, Mn 1-3 arası az zenginleşme; zenginleşme; Co, Cu 3-5 arasında ortaca zenginleşme; Zn, Cr değerleri ise 5-10 arası olup ortaca aşırı zenginleşme göstermektedir. 32-44 arası toprak örneklerinde Zn, Ni, Co değerleri 1-3 arasında az zenginleşme göstermektedir. 45- 52 arasında toprak örneklerinde ise Mn, Ni, Cr, Co,

Fe 1-3 arasında az zenginleşme; Zn 5-10 arasında aşırı zenginleşme göstermektedir ortaca aşırı zenginleşme; Cd değerleri 10-25 (Çizelge 3).

**Çizelge 3.** Zenginleşme Faktörü sonuçları

	1-10 (toprak)	11-17 (toprak)	18-31 (sediman)	32-44 (toprak)	45- 52 (toprak)
<1 (zenginleşme yok)	Cu, Zn, Cr, Fe, Hg, As, Mn	Hg, As	Hg, As	Hg, As, Fe, Mn, Cu, Cr, Cd	Hg, As
1-3 (az zenginleşme)	Mn	Fe, Cr, Mn	Fe, Mn	Zn, Ni, Co	Mn, Ni, Cr, Co, Fe
3-5 (orta zenginleşme)	-	Cu, Zn	Co, Cu	-	-
5-10 (ortaca aşırı zenginleşme)	-	Ni, Co	Zn, Cr	-	Zn
10-25 (aşırı zenginleşme)	-	-	-	-	Cd
25-50 (ortaca aşırı zenginleşme)	-	-	-	-	-

### 3.4. Kirlilik Faktörü (Cf) ve Kirlilik Derecesi (Cd)

Ağır metallerin çevreye olan etkileri sinerjik ve antogenistik olmak üzere iki tiptir. Kirlilik seviyesi “Kirlilik Faktörü (Cf)” olarak ifade edilmektedir [29]. Kirlilik faktörünün hesaplanması için “Ortalama eşik değerleri” [30] veya “Ortalama yer kabuk değerleri” kullanılır [31]. Kirlilik faktörü (Cf)=Sedimentteki metal konsantrasyonu/Metalin ortalama eşik değeri olarak hesap edilir. Kirlilik faktörü 4 grupta sınıflandırılır [32] Cf < 1: düşük; 1 ≤ Cf < 3: orta; 3 ≤ Cf < 6: önemli ve Cf ≥ 6: çok yüksek kirlilik faktörü. Kirlilik faktörü örnekler üzerinde hesaplandığında; 1-10 (8,635) ve 32-44 nolu örnekler (10-135) arasında Al çok yüksek kirliliğe, 32-44 nolu örneklerde Co 3,459 mg/kg ile önemli derecede kirliliğe sahiptir. Ni, As, Hg, Zn, Cu, Fe elementleri ise düşük derecede kirliliğe sahiptir (Çizelge 4). “Kirlilik Derecesi (Cd)” belirli bir basenin tüm kirlilik faktörlerinin toplamıdır. Bu çalışmada, Sedimentteki Hg, Cd, Pb, Cr, Cu, Mn, Ni, Zn, Fe ve Al için Cf hesaplandığında, kirlilik derecesi aşağıda ki gibi 4

grupta değerlendirilir: Cd < 10: düşük; 10 ≤ Cd < 20: orta; 20 ≤ Cd < 40: önemli ve Cd ≥ 40: çok yüksek dereceli kirlilik [32]. Buna göre (Cd) göre 11-17 ve 18-31 arası örnekler düşük, 1-10 (15,088) ile 45-52 arasındaki örnekler (15,195) orta dereceli kirlidir.

Ayrıca, çalışma kapsamında tespit edilen kirliliğin derecesini yorumlayabilmek için Jeo-birikim indeks değerleri (Igeo) hesaplanmıştır (Çizelge 5). 0 < Igeo Kirlenmemiş, 0-1 Kirlenmemiş-orta derecede kirliliğe, 1-2 orta derecede kirliliğe, 2-3 orta kuvvette kirliliğe, 2-4 Aşırı kirliliğe, 4-5 aşırı-çok aşırı kirliliğe, Igeo > 5 çok aşırı kirliliğe [33-35]. 1-10 arasında ki örneklerde Co değeri Jeo birikim indeksine göre 1-10, 32-44 arasındaki örneklerde Co (1,19) Kirlenmemiş-Orta derecede kirliliğe, 11-31, 45-52 arasındaki örneklerde Kirlenmemiş sınıfta yer almaktadır. Ni değerleri jeo birikim değerlerine göre Ortalama 0-0,478 arasında olup, Kirlenmemiş-Orta derecede kirlidir.

Igeo As, Cr, Cu, Fe ve Al değerleri kirlenmemiş sınıfta yer almaktadır.

**Çizelge 4.** Kirlilik faktörü ve kirlilik derecesi değerleri

		Co	Ni	As	Hg	Cr	Zn	Mn	Cu	Fe	Al	Cd
1-10	Cf	3,45	0,62	0,3	0,39	0,08	0,42	0,53	0,31	0,31	8,63	
	Cd	15,08										
11-17	Cf	0,38	4,8	0,24	0,06	0,74	1,19	0,68	0,29	0,28	0,16	
	Cd	9,86										
18-31	Cf	0,3	0,001	0,001	1,76	3,1	0,45	1,03	0,43	0,2	0,01	
	Cd	7,32										
32-44	Cf	3,35	2,45	0,57	0,06	0,001	0,71	0,56	0,72	0,43	10,1	
	Cd	19,02										
45-52	Cf	0,15	0,05	0,17	0,07	0,44	0,37	0,25	0,56	0,001	2,99	10,0
	Cd	15,19										

**Çizelge 5.** Toprak ve sediman numunelerinin Jeo-Birikim İndeks Değerleri (Igeo)

	Igeo (Co)	Igeo (Ni)	Igeo (As)	Igeo (Hg)	Igeo (Zn)	Igeo (Cr)	Igeo (Mn)	Igeo (Cu)	Igeo (Fe)	Igeo (Al)
1-10	1,20	0,48	-2,73	0,26	-0,76	-1,94	-1,66	-2,41	-2,47	2,38
1-17	-1,64	0,00	-4,05	0,04	-1,05	-0,72	-1,14	-0,94	-2,39	-3,21
18-31	-0,49	0,00	-12,06	0,00	0,07	-1,22	-2,13	-1,36	-2,02	-2,96
32-44	1,15	0,35	-1,95	0,04	0,00	-1,18	-1,44	-1,25	-1,82	2,71
45-52	-3,57	0,00	-3,18	0,05	-2,10	-2,14	-3,50	-2,34	0,00	0,72

#### 4. SONUÇ

Araştırma kapsamında 52 adet örnek alınmıştır. Bu örnekler Adana şehir merkezi ve çevresinden toprak örnekleri ile şehir merkezinden geçen Seyhan nehrine ait sediman örneklerinden oluşmaktadır. Örnekler üzerinde, Atomik Absorbsiyon Spektrometre cihazı ile Fe, Al, Mn, Pb, Zn, Cr, Co, Ni, Cr, Cu, Hg, As, Cd element analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçları Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Kirlilik yönetmenliğine ait standartlar ve bu standartlarda bulunmayan elementler için ise Uluslararası (WHO-FAO) standartlarla karşılaştırılarak kirlilik oluşturup oluşturmadığı ve element birikimleri hakkında bilgi edinilmiştir. Bu sonuçlara göre: Adana şehir merkezi ve çevresinde Fe ortalaması %1,5'tir. Fe için standardın %5 olması sebebiyle, demir kaynaklı bir kirlilik bulunmamaktadır.

Topraklarda Al içeriğinin %1 ile %5 arasında değiştiği kabul edilmektedir. Alınan örneklerin büyük kısmı yüksek çıkmaktadır. Ancak Seyhan nehrinden alınan örnekler standardın oldukça altında görülmektedir. Kirlilik faktörü (Cf) göre çok kirli. Kirlilik derecesine (Cd) göre orta derece kirli, jeo birikim indeksine göre orta kuvvetli kirli sınıfta çıkmaktadır. Bu nedenle şehir merkezi ve sanayi bölgelerinde Al kaynaklı bir kirlilikten söz edilebilir. İnceleme alanında Fe, Mn, As ve Zn element içerikleri standartların altında bulunmaktadır.

Toprak örneklerinden yapılan analizler sonucunda Ni değeri en yüksek 366,9 mg/kg ortalaması ise 94,51 mg/kg'dır. Türkiye kirlilik standardı 75 mg/kg'dır. Alınan örneklerin büyük kısmı Türkiye kirlilik sınırı olan 75 mg/kg'ın üzerinde bulunmaktadır. Kirlilik faktörü (Cf) 11-10,18-31 ve 45-52 nolu örnekler arasında göre düşük kirli. 11-17 arasında önemli kirli, 32-44 arasındaki

örneklerde orta kirli sınıftadır. Kirlilik derecesine (Cd) göre orta derece kirli, jeo birikim indeksine göre kirlenmemiş-az kirli orta çıkmaktadır. Bu kirliliğin çevresel etkenlerin sonucu ile birlikte kısmen de bölgenin üst kesimlerde bulunan ofiyolitik istiflerden de kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Cıva değeri en yüksek 3,67 mg/kg ortalaması ise 0,157 mg/kg'dır. 5 nolu örnek dışındaki tüm örnek Türkiye standartları olan 1,5 mg/kg'ın altında bulunmaktadır. Kirlilik faktörü (Cf) göre düşük. Kirlilik derecesine, jeo birikim indeksine göre de kirlenmemiş sınıfta çıkmaktadır.

Güldiren ve Tekin [11], farklı mevsimlerde Seyhan baraj gölündeki sedimanlar üzerinde yaptıkları çalışmaları ile bu çalışmadaki sonuçlar karşılaştırmıştır. Buna göre; Fe içeriği Güldiren ve Tekin [11]'a göre 1635,07 mg/kg ile 32568,98 mg/kg arasında değişiklik göstermekte iken bu çalışmada ise en yüksek 33000 mg/kg'dır. Adana şehir merkezi ve çevresinde Fe ortalaması %15000 mg/kg'dır. Fe için standardın 50000 mg/kg olması sebebiyle, demir kaynaklı bir kirlilik bulunmamaktadır.

Seyhan Göl sedimanlarında Pb değeri 1,70-24,87 mg/kg arasında değişiklik gösterdiği belirtilirken seyhan nehri sedimentlerinde en yüksek değer 454,1 mg/kg'dır. Kurşun için Türkiye standardı 300 mg/kg olup, bir örnek dışında örnekler bu sınırın altında kalmaktadır.

Mn değeri ise Güldiren ve Tekin [11] çalışmasında 23,88-926,73 mg/kg arasında değişiklik gösterirken bu çalışmada 5,09-1135 mg/kg arasında değişmektedir. Mn değerleri standartta belirtilen 2000 mg/kg'lık kirlilik sınırının altındadır.

Güldiren ve Tekin [11] çalışmasında Cu düzeyi 3,96-34,78 mg/kg arasında değişirken bu araştırmada Seyhan Nehri sedimentlerinde de ortalama 0-544,5 mg/kg arasında değişmektedir. Bakır Türkiye kirlilik sınırı 140 mg/kg'dır. 2 örnek Türkiye Standartları'nın üzerinde çıkmıştır. Bu örneklerden 30 numaralı örnek Seyhan nehriindeki çökellerden 11 nolu örnek ise E5 karayolu yakınından alınmıştır.

Zn değerlerine bakıldığında Güldiren ve Tekin [11] Zn düzeyinin 50,65-338,80 mg/kg arasında değişiklik gösterdiği belirtilirken bu araştırmada Seyhan Nehri sedimentlerinde 8,52-366,3 mg/kg arasında değiştiği görülmektedir. 11 numaralı örnek Çevre yönetmenliğine göre belirlenen Türkiye kirlilik standardı olan 300 mg/kg'ın üzerinde çıkmıştır.

Cr değerleri Güldiren ve Tekin [11] çalışmasına göre 5,20-114,81 mg/kg arasında değişiklik gösterdiği belirtirken bu araştırmada en yüksek 267,2 mg/kg, ortalama ise 59,48 mg/kg'dır. Türkiye standartı olan 100 mg/kg üzerinde 13 örnek saptanmıştır. Bu örneklerde Seyhan nehriine ait sedimanlardan gelmektedir. Bu sedimanların Kirlilik faktörü (Cf) 3,1 orta- yüksek kirliliğe sahiptir. Kirlilik derecesine (Cd) göre düşük kirliliğe sahiptir. Jeo birikim indeksine göre kirlenmemiş-az kirliliğe sahiptir. Cr elementinin yüksek çıkması çevresel kirliliğin yanında Seyhan nehriini besleyen kaynakların yakınında bulunan krom cevherleşmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

## 5. TEŞEKKÜR

Bu çalışma FBA-2015-4466 proje no'lu Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon birimi tarafından desteklenmiştir.

## 6. KAYNAKLAR

1. Türkoğlu, B., 2006. Toprak Kirlenmesi ve Kirlenmiş Toprakların Islahı, Yüksek Lisans Tezi, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı.

2. Tasatar, B., 1995. Topraklarımız ve Toprak Kirliliği, T.C. Çevre Bakanlığı, Çevre Yazıları, 3,72.
3. Karpuzcu, M., 1996. Çevre Kirlenmesi ve kontrolü. Gebze İleri Teknoloji Enstitüsü. Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul.
4. Örnektekin, S., 1997. A Study of Heavy Metal Pollution from Motor Vehicle Emissions and its Effect on Soil in İskenderun, North-east Editerranean. Turkish J Eng Env Sci, 21, 45-49.
5. Yükselen, M.A., 2002. Characterization Of Heavy Metal Contaminated Soils in Northern Cyprus, Environmental Geology, 42, 597-603.
6. Vivenstova, E., Kumpiene, J., Gunneriusson, L., Holmgren, A., 2004. Change in Soil Organic Matter Composition and Quantity with Distance to a Nicel Smelter-a Case Study on the Kola Peninsula, Nw Russia, Geoderma, 11.
7. Yaman, S., 1994. Karayolu Kenar Topraklarında Kurşun Kirlenmesi (Ceyhan-Adana), Jour. of Eng. Env. Sci., No: 19, 303-306.
8. Topak, Y., 1997. Berdan Gölü (Tarsus) Keşbükü-Kulaklı Köyleri Arası Ağır Metal Analizleri ve Mevsimsel Hidrojeokimyasal Değişimleri. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, FBE, 95-72.
9. Aysan, H., 1999. Adana-Tarsus Güneyinde Kalan Bölgenin Serbest Akiferlerde ve Topraklardaki Ağır Metal Kirliliğinin Saptanması. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi.
10. Kurt, M.A., Alpaslan, M., Temel, A., Güler, C., 2014. Deliçay ile Tarsus (Berdan) Çayı Arasındaki Bölgede Yer Alan Kuvaterner Sedimanlarının Mineralojikve Jeokimyasal Özellikleri. Türkiye Jeoloji Bülteni, Cilt 57, Sayı 1.
11. Güldiren, O., Tekin, S., 2017. Seyhan Baraj Gölü (Adana)'nın Suyunda ve Sedimentindeki Bazı Ağır Metallerin Mevsimsel Değişimi. Süleyman Demirel Üniversitesi Yalvaç Akademi Dergisi 2 (1) : 99-111,
12. İnternet: <https://www.beyince.net>
13. Chiroma T. M., Ebewe R. O., Hymore F.K., 2014. Comparative Assessment of Heavy

- Metal Levels in Soil, Vegetables and Urban Grey Waste Water used for Irrigation in Yola and Kano. *International Refereed Journal of Engineering and Science*, 3(2), 01-09.
14. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, 2001.
  15. Schmidt, G.C., 1961. Stratigraphic Nomenclature for the Adana Region Petroleum District VII. *Petroleum Administration Bulletin*, 6, 47-63.
  16. Kabata-Pendias, A., Pendias, H., 2001. Trace Elements in Soils and Plants, 3<sup>rd</sup> Ed., Crc Press, Boca Raton, Fl.
  17. Buat-Menard, P., Chesselet, R., 1979. Variable Influence of the Atmospheric Flux on the Trace Metal Chemistry of Oceanic Suspended Matter. *Earth and Planetary Science Letters*, 42 (3), 399-411.
  18. Riemann, L., Steward, G. F., Azam, F., 2000. Dynamics of Bacterial Community Composition and Activity During a Mesocosm Diatom Bloom. *Applied and Environmental Microbiology*, 66(2), 578-587.
  19. Schiff, K.C., Weisberg, S.B., 1999. Iron as a Reference Element for Determining Trace Metal Enrichment in Southern California Coastal Shelvesediments. *Marine Environmental Research*, 48(2), 161-176.
  20. Sutherland, B.R., 2000. Internal Wave Reflection in Uniform Shear. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 126(570), 3255-3286.
  21. Ray, A.K., Tripathy, S.C., Patra, S., Sarma, V.V., 2006. Assessment of Godavari Estuarine Mangrove Ecosystem Through Trace Metal Studies. *Environment International*, 32(2), 219-223.
  22. Huerta-Diaz, M.A., Delgadillo-Hinojosa, F., Hernández-Ayón, M., Segovia-Zavala, J.A., García-Esquivel, Z., López-Zárate, H., Siqueiros-Valencia, A., Galindo-Bect, S., 2008. Diagnosis of Trace Metal Contamination in Sediments: the Example of Ensenada and El Sauzal, Two Harbors in Baja California, Mexico. *Marine Environmental Research*, 66(3), 345-358.
  23. Essien, J.P., Antai, S.P., Olajire, A.A., 2009. Distribution, Seasonal Variations and Ecotoxicological Significance of Heavy Metals in Sediments of Cross River Estuary Mangrove Swamp. *Water, Air, and Soil Pollution*, 197(1-4), 91-105.
  24. Mohiuddin, K.M., Zakir, H.M., Otomo, K., Sharmin, S., Shikazono, N., 2010. Geochemical Distribution of Trace Metal Pollutants in Water and Sediments of Downstream of an Urban River. *International Journal of Environmental Science ve Technology*, 7(1), 17-28.
  25. Zhang, C., Qiao, Q., Piper, J.D., Huang, B., 2011. Assessment of Heavy Metal Pollution from a Fe-smelting Plant in Urban River Sediments using Environmental Magnetic and Geochemical Methods. *Environmental Pollution*, 159(10), 3057-3070.
  26. Galuszka, A., Migaszewski, Z.M., Zalasiewicz, J., 2014. Assessing the Anthropocene with Geochemical Methods. *Geological Society, London, Special Publications*, 395(1), 221-238.
  27. Birth, G., 2003. A Scheme, For Assessing Human Impacts on Coastal Aquatic Environments using Sediments. In: Woodcoffe, C.D., Furness, R.A., (Eds), *Coastal Gis*.
  28. Alak, A., Sümer, Ö., 2017. Marmara ve Karadeniz Kıyılarındaki Güncel Sedimanlar İçinde Antroposen'in Varlığına Ait Yeni Bulgular. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 60, 145-168.
  29. Muthu, S.R., Jayaprakash, M., 2008. Distribution and Enrichment of Trace Metals in Marine Sediments of Bay of Bengal, off Ennore, South-east Coast of India. *Environmental Geology*, 5(1), 207-217.
  30. Turekian, K.K., Wedepohl, K.H., 1961. Distribution of the Elements in Some Major Units of the Earth's Crust. *Geological Society of American Bulletin*, 72, 175-192.
  31. Taylor, S.R., 1972. Abundance of Chemical Elements in the Continental Crust; a New Table. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 28, 1273.
  32. Hakanson, L., 1980. An Ecological Risk Index for Aquatic Pollution Control-a Sedimentological Approach. *Water Research*, 14, 975-1001.
  33. Müller G., 1961. Index of Geoaccumulation in Sediments of the Rhine River, *Geojournal*, 2, 108-118.

34. Chen Y.C., Chen, M.H., 2001. Heavy Metal Concentrations in Nine Species of Fishes Caught in Coastal Waters of Ann-Ping, *Journal of Food and Drug Analysis*, 9(2), 107- 114.
35. Kırmızıgül, O., 2013. Gökçekaya Baraj Gölü Dip Sedimentinin Ağır Metal Düzeylerinin Belirlenmesi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.

