

Investigation of Soil Pollution with Pollution Parameters (Erzurum-Moryayla)

Güllü Kırat¹

Yozgat Bozok University, Yozgat, Turkey
ORCID ID: 0000-0002-1167-0574

Abstract

Soil samples in Moryayla village located 156 km northeast of Erzurum and Cu mineralization area around it were collected randomly. In these samples, 20 samples were taken in order to investigate the metals found and the pollution limits of these metals and the sources that cause this pollution. The geochemical analyzes (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn and Fe) of the collected soil samples were made and evaluated with the pollution parameters. In the calculation of these parameters, enrichment factor (EF); geoaccumulation index (Igeo); contamination factor (CF) and pollution load indices (PLI) were used by using average shale values and crust values. Statistically obtained Cu values were calculated as minimum 25.2 ppm, maximum 79.7 ppm and average 45.2. Among the statistically analyzed elements; A high positive correlation was observed between Cd and Pb and Zn, Cr with Ni and Pb and Zn ($p < 0.01$). It has been observed that the average values of Cu, Fe and Pb metals are higher than the world average shale values, while the metal values of Cd, Cr, Ni and Zn are lower. In the work area according to the values obtained, EF values are in the medium to extremely high enrichment class of other metals except Cd; It has been calculated that Igeo values show very little contamination and CF values show little-medium contamination and PLI values of Cd, Cu, Pb and Zn metals are above 1.

Keywords: "Geochemical analysis, pollution parameters, correlation, soil samples."

1. Giriş

Ağır metaller, özgül ağırlığı 5 g/cm^3 'ten daha büyük olan ve kirletici veya toksik olan metaller veya yarı-metaller olarak tanımlanmaktadır [1, 2, 3].

Cd, Cr, Cu, Ni, Pb ve Zn gibi ağır metaller, topraktaki herhangi bir kimyasal, fiziksel veya biyolojik süreçte bozunmaya karşı dayanıklı olduklarından ve herhangi bir şekilde taşınmış olsalar da değişmeden kalabilirler ve bu metaller topraklarda çevresel anlamda çok tehlikeli kirlenme faktörlerini oluşturabilirler. Belirli eşiklerin üzerindeki konsantrasyonlarda metallerin varlığı, toprakların mikrobiyolojik dengesini etkiler ve verimliliklerini azaltabilir. Ağır metal kontaminasyonundan kaynaklanan toprak kirliliği, toksik olduğu için gıda üzerindeki etkileri açısından da çok tehlikeli bir durumdur [4].

Toprağın iz element içeriği, ana kayalarının yapısına ve toprağa giren kanalizasyon çamurlarının, endüstriyel atıkların ve gübre miktarına bağlıdır [5]. Bitki ve hayvanların sağlıklı büyümesi için yaklaşık 20 eser element gerekli olmasına rağmen, bunların fazla konsantrasyonlarda olması fitotoksik etki yapabilir ve hayvan sağlığı üzerinde olumsuz etkilere sahip olabilir [6, 7, 8, 9].

Tarihsel ve modern madencilik ve endüstriyel operasyonların bir sonucu olarak nehirlerin ve kentsel çevrelerin metallerle (örneğin; Cd, Cu, Pb ve Zn) ciddi şekilde kirlendiği genel olarak bilinmektedir [10, 11, 12]. Bu tür kirleticilerin açığa çıkması, bazı çevrelerde önemli bir çevre ve insan sağlığı tehdidi oluşturabilir [12]. Ağır metal kirliliğine bağlı toprak kirliliği ciddi bir sorundur. Çünkü toksiktir ve biyo-biriktirme kapasitesi gıda zinciri üzerindeki etkileri açısından çok tehlikelidir. Toprak ortamında, eser ($< 1000 \text{ mg / kg}$) ve nadiren toksik [13] olarak kabul edilen seviyelerde ana materyallerin ayrışmasının pedojenetik süreçlerinden doğal olarak ağır metaller oluşur. İnsan faaliyetleri nedeniyle, endüstriyel, kırsal ve kentsel çevrelerdeki toprakların çoğu, bir veya daha fazla ağır metal biriktirebilir [9].

Hızla artan nüfus, sanayileşme, kentleşme, motorlu taşıtların egzoz gazları, fosil yakıtların aşırı kullanımı, çevreye olan duyarsızlık, maden yatakları, volkanik faaliyetler, atık sular, aşırı gübre kullanımı toprak, su ve hava kaynakları üzerinde olumsuz etkilere neden olmaktadır. Biyolojik olarak ağır metaller, çevrede kirlilik oluşturan ve toksitesi yüksek olan kirleticilerdir [1]. Ağır metaller, yüksek yoğunluklara sahip olduklarından düşük konsantrasyonlarda olsalar bile toksik ve

¹ Corresponding Author
E-mail Address: gullu.kirat@yobu.edu.tr

zehirleyicidirler. Ağır metaller çoğunlukla toprakta toprak tanecikleri şeklinde organik bileşikler oluşturur ve minerallerin yapısına bağlanarak, farklı formlarda bulunabilirler [14]. Ağır metaller çoğunlukla yer kabuğunda silikat, karbonat ve sülfür şeklinde yer alabilmektedirler [15].

Ağır metaller çevreye birçok kaynaktan yayılır. Cd, doğada maden olarak Cu, Pb ve Zn ile birlikte bulunan bir elementtir. Cd, renk pigmenti, PVC ürünlerinin stabilizasyonu, farklı alaşımların yapısında ve Ni-Cd pillerde kullanılmaktadır. Cd kirliliğini meydana getiren en önemli etken fosfatlı gübreler olduğu kabul edilmektedir. Pb, eski dönemlerde mutfak malzemelerinde kullanılırdı. Ancak son yıllarda çevremizdeki Pb kirliliğinin temel sebebi petrol ürünleridir. İnorganik Pb kirliliğinin kaynağı, madencilik ve kazı faaliyetleri olduğu düşünülmektedir [16].

Toprakta Cu miktarının artması, Mg ve Fe miktarını azalttığı ve K içeriklerini arttırdığı sonucuna varılmıştır [17]. Zn, maden sanayi, metal-alaşım, kozmetik, boya, plastik gibi değişik alanlarda kullanılmaktadır. Ayrıca Zn, endüstriyel atık sular, asit yağmurları ve kanalizasyon suları ile toprağa kolay bir şekilde taşınır [18]. Cr, boya, deri, cam, çelik, seramik gibi birçok kimya ve sanayi alanında kullanılan [19] ve bitki istenmeyen bir ağır metaldir. Ni, kil boyutunda ve minerallerce zengin topraklarda çok fazla, organik ve peat topraklarda ise az bulunur [20]. Topraklarda bulunan Ni asıl kaynağı, volkanik kökenli kayalar ve fosforlu gübrelerdir [21].

Toprakta bulunan ağır metaller topraktaki faaliyetleri engellenmekte, toprak ekosistemi üzerine olumsuz etkiler yapmakta ve bu olumsuz etkiler tüm ekosisteme kolay bir şekilde yansımaktadır. toprakta kompleks yapılar oluşturan ağır metaller, toksikliğin canlılar üzerindeki etkilerini arttırmırlar. Ağır metaller, toprak mikroorganizmasını olumsuz yönde etkileyerek, toprağın biyolojik aktivitesini bozarak toprağın nitrifikasyonunu, enzim aktivitesini, toprak solunumunu ve organik maddelerin mineralizasyonunu olumsuz yönde etkiler. Böylece toprakların verimi düşer ve tüm özellikleri değişir [21].

Ağır metaller tarafından kirlenmiş toprakların temizlenmesinde birçok yöntem söz konusudur. Bu yöntemler;

- Bu tür alanların kullanımını yasaklamak ve/vaya karantinaya almak,
- İmmobilizasyon ve izolasyon teknikleriyle daha fazla yayılımını önlemek,
- Bu tür toprakları başka bir alana götürmek ve depolamak,
- Bu toprakları bulunduğu bölgede ya da dışında bir yerde temizlemek [21].

Bu çalışmanın amacı, zenginleşme faktörü (EF), jeobirikim indeksi (Igeo), kontaminasyon faktörü (CF) ve kirlilik yük indeksleri (PLI) gibi kirlilik parametreleri kullanılarak Moryayla köyü ve çevresinde incelenen metaller açısından kirlilik boyutunu saptamaktır.

2. Analitik Yöntemler

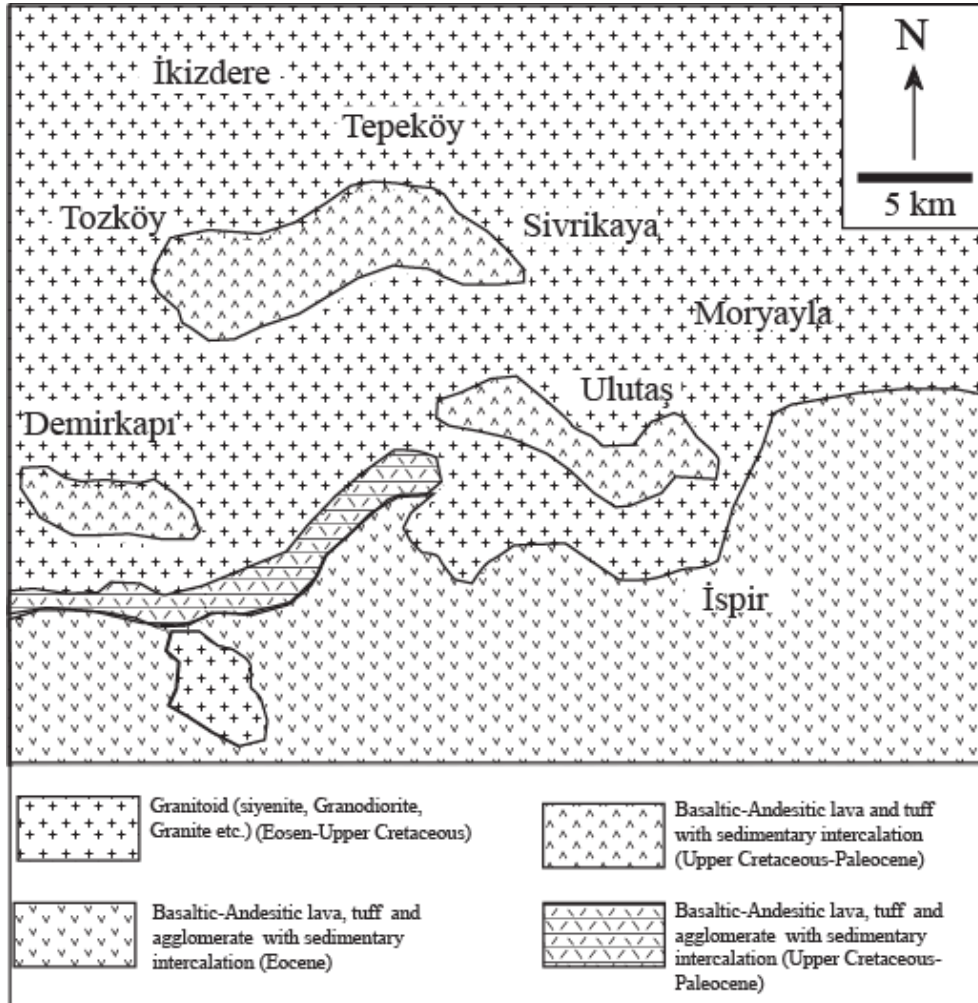
Çalışma alanının toprak yapısı dikkate alınarak örnekleme alanı seçilerek GPS ile 20 adet toprak örneği alınmıştır (Tablo 1). Seçilen lokasyondan 0.5 ile 1 kg arasında alınan örnekler oda sıcaklığında kurutuldu. Daha sonra alınan bu örnekler, < 2 mm gözenekliğe sahip bir elek yardımıyla elendi. Elementlerin analizleri, ICP-MS (Endüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektrometresi) kullanılarak gerçekleştirildi. Analiz sonuçlarının (RSD) doğruluğu için kalite güvence / kalite kontrol (QA / QC) çalışmanın her aşamasında öncelik almıştır. Bu sonuçların doğruluğu, < % 5 sapma ile ikili numunelerde jeokimyasal referans numuneleri kullanılarak kontrol edilmiştir.

3. Tartışma ve Sonuçlar

Moryayla köyü Erzurum'un 156 km kuzeydoğusunda yer almaktadır (Şekil 1). Porfiri Cu mineralizasyonu, Eosen yaşlı kuvars monzonitler içerisinde bulunur. Çalışma alanındaki volkanik ve tortul kayalar, mermer ve şistten oluşan metamorfik temeli uyumsuz olarak örtmektedir. Volkanik ve tortul kayalar, alt ve üst Eosen yaşlı volkanik-tortul kayalar olarak ayırt edilmiştir ve bu kayalar granodiyorit ve kuvars-monzonitler tarafından kesilmiştir. Kalkopirit ve molibdenit cevherleşmesi, kuvars-monzonit içinde KD doğrultulu altere zon boyunca yer almıştır. Cevherleşmiş zonun kenarlarında sfalerit ve galen bulunmaktadır (Şekil 2).



Şekil 1. Erzurum - Moryayla yer buldurur haritası



Şekil 2. Çalışma alanı jeoloji haritası [22]

Bu çalışmada, 20 adet toprak örneğindeki (ppm) Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn ve Fe (%) metal değerlerinin minimum, maksimum aralık, ortalama, medyan, standart sapma değerleri hesaplanmış ve ortalama şeyl ve yerkağıu değerleri ile birlikte Tablo 1'de verilmiştir. Bu örneklerde tüm elementlerin standart sapma değerleri, ortalama değerlerinden düşük olduğu gözlenmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. İncelenen elementlerin istatistiksel değerleri ile ortalama şeyl ve yerkağıu değerleri

	Minimum	Maximum	Aralık	Ortalama	Medyan	Std. Sapma	Şeyl	Yerkağıu
Cd	0.11	0.53	0.42	0.2	0.205	0.1	0.3	0.1
Cr	10	53	43	19.1	16	11.1	90	100
Cu	25.2	79.7	54.5	45.2	41.1	13.5	44	55
Ni	9.3	74.2	64.9	17.4	13.9	13.8	70	75
Pb	10.7	41.2	30.5	24.1	21.5	9.5	20	13
Zn	50	98	48	75.1	75.5	12.7	95	70
Fe (%)	0.64	4.58	3.94	23.6	25.1	134.9	4.7	5

Çalışma alanında incelenen metaller arasındaki Sperman korelasyon katsayılarına bakıldığında Cd-Zn, Cr-Ni ve Pb-Zn arasında güçlü bir pozitif korelasyon ($p > 0.01$), Cd-Pb arasında ise pozitif korelasyon gözlenmiştir ($p > 0.05$) (Tablo 2).

Tablo 2. İncelenen elementlerin sperman korelasyon değerleri (* $p > 0.05$, ** $p > 0.01$)

	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Cd	1					
Cr	-0.18	1				
Cu	0.085	0.003	1			
Ni	0.249	0.639(**)	0.134	1		
Pb	0.546(*)	-0.245	0.056	0.031	1	
Zn	0.715(**)	-0.428	0.321	-0.057	0.773(**)	1

Metal zenginleştirme faktörü (EF), Buat-Menard ve Chesselet [23] tarafından her bir toprak örneğindeki kirlilik derecesini belirlemek için kullanılmıştır [24]. Metal zenginleştirme faktörü, ilgili çalışmalarda belirtilen metal miktarı aynı örnekteki Fe veya Al miktarlarıyla normalize edilerek hesaplanır [25, 26,27, 28]. Metal konsantrasyonları yerine EF değerlerini kullanmanın amacı, demir (Fe) 'yi referans element olarak almaktır; tane boyutu, karbonat seyreltme ve mineral içeriği gibi büyük farklılıkların etkisini ortadan kaldırarak normalleşmeyi sağlar. Ortalama şeyl metal konsantrasyonları (Tablo 1), antropojenik kirlenmelerin bulunmadığı yerkağıunun üst kısmını temsil ettikleri için deniz dibi çökeltilerinin metal içeriklerinin değerlendirilmesine dayanmaktadır [29, 30, 31]. Böylece toprak analizi sonuçlarının değerlendirilmesinde metal değerleri ortalama şeyl değerleri ile karşılaştırılmıştır [22, 31]. Bu çalışmada zenginleştirme faktörü hesaplanırken normalleştirme faktörü olarak Fe kullanılmıştır. EF aşağıdaki eşitlikle hesaplanabilir:

$$EF = (C_n / C_{ref})_{örnek} / (B_n / B_{ref})_{referans}$$

Cn: Analizi yapılan örnekteki değer,

Cref: Referans metalin örnekteki değeri,

Bn: metalin yerkağıundaki ortalama değeri [32, 33]

Bref: Referans metalin yerkağıunda ortalama değeri [32, 33]

EF değeri 5 ayrı zenginleşme sınıfında incelenmektedir:

EF < 2 Az, 2 ≤ EF ≤ 5 Orta miktarda, 5 ≤ EF ≤ 20 Yüksek miktarda, 20 ≤ EF ≤ 40 Çok yüksek miktarda, EF > 40 Aşırı miktarda zenginleşme şeklindedir [33, 34].

İnceleme alanındaki elde edilen Cd'un minimum zenginleşme ve Cr, Cu, Ni, Pb ve Zn'nun EF değerlerinde orta, yüksek, çok yüksek ve aşırı zenginleşme olduğu gözlenmiştir (Tablo 3).

Geo-akümülyasyon indeksi, toprak örneğinin kirlilik durumunu belirlemek ve kirlilik sınıflarına ayırmak için kullanılır [22, 31]. Bu indeks değerini elde etmek için aşağıdaki denklem kullanılır.

$$I_{geo} = \log_2 (C_n / 1.5 \times B_n)$$

Cn: Topraktaki metal değeri,

Bn: n metalinin yer kabuğundaki ortalama değeri [32, 33]

1.5: Temel değer matrisi korelasyon faktör değeri (çok küçük antropojenik etkilerden dolayı).

Jeobirikim indeksi Müller [35, 36] tarafından hazırlanan kirlilik sınıfı dereceleri;

Igeo < 0 Kirlilik yok 0 < Igeo < 1 Kirlilik yok-az kirlilik 1 < Igeo < 2 Orta derecede kirlilik 2 < Igeo < 3 Orta-çok kirlilik 3 < Igeo < 4 Çok kirlilik 4 < Igeo < 5 Çok-aşırı kirlilik Igeo > 5 Aşırı kirlilik [33].

Çalışma alanında hesaplanan Igeo değerleri 0 - 1 arasında olduğundan kirlilik yok-az kirlilik olarak sınıflandırılmıştır (Tablo 4).

Tablo 3. Toprak örneklerindeki metallerin Zenginleşme Faktör (EF) değerleri

EF	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
1	0.06	15.2	35.8	15.8	9.3	74.5
2	0.11	17.4	60.2	17.1	25.3	111.1
3	0.02	5	20.8	4.2	4.9	29.9
4	0.03	2.8	13.2	3.9	6	24.2
5	0.07	5.2	24	7.5	8.4	42.2
6	0.11	17.3	49.4	14.3	27.1	127
7	0.03	16.9	60.5	12.3	6.8	59.3
8	0.08	41.8	86.5	31.5	13.3	88.9
9	0.06	47.1	32.2	66	12.1	55.1
10	0.02	6.9	12.2	4.9	2.4	18.7
11	0.09	27.8	65.8	22.9	20.4	126.7
12	0.01	3.7	23.1	4.5	3.6	26.6
13	0.02	15.3	15	5.9	2.7	19.2
14	0.02	4.9	17.8	4.6	4.5	26.2
15	0.01	4.6	10	3.7	2.8	16.7
16	0.03	13	32.1	12.7	16.5	53.6
17	0.03	6.4	29.4	5.6	5.2	31.1
18	0.02	5.9	26.4	4.7	4.4	25
19	0.06	8.4	29.8	9.2	16.1	61.1
20	0.02	4.8	18.3	3.1	7.3	25.5
Minimum	0.01	2.8	10	3.1	2.4	16.7
Maksimum	0.11	47.1	86.5	66	27.1	127

Tablo 4. Toprak örneklerindeki metallerin Jeo-akümülayon (Igeo) değerleri

Igeo	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
1	-6.08	0.03	0.07	0.03	0.12	0.04
2	-4.20	0.03	0.08	0.04	0.17	0.04
3	-5.68	0.03	0.08	0.03	0.14	0.04
4	-3.37	0.02	0.08	0.04	0.17	0.04
5	-2.04	0.03	0.09	0.04	0.17	0.05
6	-4.44	0.03	0.07	0.03	0.17	0.05
7	-7.08	0.03	0.09	0.03	0.11	0.04
8	-5.16	0.04	0.09	0.04	0.14	0.04
9	-4.71	0.04	0.08	0.06	0.15	0.04
10	-3.65	0.04	0.08	0.04	0.14	0.04
11	-5.68	0.03	0.08	0.04	0.14	0.04
12	-6.08	0.03	0.09	0.04	0.14	0.04
13	-6.30	0.04	0.08	0.04	0.12	0.04
14	-6.08	0.03	0.08	0.04	0.15	0.04
15	-5.68	0.03	0.08	0.04	0.14	0.04
16	-6.30	0.03	0.08	0.04	0.17	0.04
17	-4.85	0.03	0.09	0.04	0.15	0.04
18	-4.85	0.03	0.10	0.04	0.15	0.04
19	-3.97	0.03	0.08	0.04	0.18	0.05
20	-5.00	0.03	0.09	0.03	0.18	0.05
Minimum	-7.08	0.02	0.07	0.03	0.11	0.04
Maksimum	-2.04	0.04	0.10	0.06	0.18	0.05

Kontaminasyon Faktörü (Cf), ağır metallerin toprak örnekleri üzerindeki antropojenik etkilerini değerlendirmek ve çevre kirliliğinin kapsamını açıklamak için birçok araştırmacı tarafından yaygın olarak kullanılan bir faktördür [22, 25, 31, 37, 38].

$$CF = C_{metal} / C_0$$

C_{metal}: Topraktaki metalin konsatrasyonu

C₀: İncelenen metalin yerkabuğundaki ortalama değeri [32, 33]

CF<1 Az kirlilik, 1<CF<3 Orta derecede kirlilik, 3<CF<6 Yüksek derecede kirlilik, CF>6 Aşırı yüksek derecede kirlilik [33]. Tüm lokasyonlarda incelenen metaller az ve orta arasında kontaminasyon dereceleri gözlenmiştir (Tablo 5).

Tablo 5. Toprak örneklerindeki metallerin Kontaminasyon Faktör (CF) değerleri

CF	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
1	0.50	0.13	0.57	0.18	0.62	0.62
2	0.90	0.14	0.91	0.18	1.58	0.87
3	0.57	0.12	0.93	0.13	0.90	0.69
4	1.17	0.11	0.94	0.19	1.76	0.89
5	1.77	0.13	1.13	0.25	1.62	1.03
6	0.83	0.13	0.69	0.14	1.57	0.93
7	0.37	0.18	1.15	0.17	0.54	0.59
8	0.67	0.36	1.34	0.34	0.85	0.72
9	0.77	0.59	0.73	1.06	1.13	0.65
10	1.07	0.31	1.00	0.29	0.83	0.80
11	0.57	0.18	0.77	0.19	0.98	0.77
12	0.50	0.12	1.40	0.19	0.91	0.84
13	0.47	0.44	0.79	0.22	0.59	0.53
14	0.50	0.16	1.03	0.19	1.07	0.79
15	0.57	0.21	0.83	0.22	0.97	0.73
16	0.47	0.19	0.85	0.24	1.79	0.74
17	0.73	0.18	1.49	0.20	1.08	0.82
18	0.73	0.22	1.81	0.23	1.24	0.89
19	0.97	0.14	0.93	0.20	2.06	0.99
20	0.70	0.18	1.24	0.15	2.05	0.91
Minimum	0.37	0.11	0.57	0.13	0.54	0.53
Maksimum	1.77	0.59	1.81	1.06	2.06	1.03

PLI, her bir örnek lokasyonundaki toprak ağır metal kirlilik boyutunun değerlendirilmesinde kullanılmıştır [33, 39].

$$PLI = \sqrt[n]{(n \times CF_1 \times CF_2 \times \dots \times CF_n)}$$

CF: Kirliliği gösteren faktör

n: Metal sayısını gösterir.

Hesaplanan PLI değerleri >1 ise kirlilik görülmektedir, PLI değerleri <1 ise kirlilik görülmemektedir [40] (Tablo 6).

Tablo 6. Toprak örneklerindeki metallerin Kirlilik Yük İndeksi (PLI) değerleri

	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
PLI	1.0	0.9	1.2	0.9	1.0	1.0

4. Sonuç

Moryayla köyü ve çevresindeki topraklarda Zenginleşme Faktörüne (EF) göre; Cr, Cu, Ni, Pb ve Zn değerlerinde orta, yüksek, çok yüksek ve aşırı zenginleşme olduğu gözlenmiştir. Jeobirikim İndeksi (Igeo) parametresine göre; incelenen metallerde kirlilik yok-az kirlilik tespit edilmiştir. Kontaminasyon Faktörü (CF) göre, tüm lokasyonlarda az ve orta arasında kontaminasyon dereceleri bulunmuştur. Ayrıca, inceleme alanının her bir lokasyonundan elde edilen kirlilik yük indeksi (PLI) değerlerine göre çalışma konusunu oluşturan Cd, Cr, Cu, Ni, Pb ve Zn metallerinin bütünü için bir değerlendirme yapılmıştır. Bu değerlendirme kapsamında inceleme alanı Cd, Cu, Pb ve Zn metalleri bakımından kirletildiği tespit edilmiştir.

Teşekkür

Bu çalışma esnasında desteklerini esirgemeyen GRC Madencilik Ltd. Şirketi'ne teşekkür ederim.

Referanslar

- [1] Duffus, J.H. "Heavy metals a meaningless term? (IUPAC Technical Report)". *Pure and Applied Chemistry*. 745:793-807, 2002.
- [2] Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A. ve Timur, S. "Metallerin çevresel etkileri". *Metaller Dergisi*, 136: 47-53, 2009.
- [3] Özkul, C., Acar, R. U., Köprübaşı, N., Er, A. E., Kızılkaya, H. İ., Metin, M. ve Şenel, M. N. "Altıntaş (Kütahya-Türkiye) Ovası Tarım Topraklarında Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması, Öncel Çalışma". *Uygulamalı Yerbilimleri Dergisi Cilt: 17, No: 1 (13-26)*, 2018. DOI: 10.30706/uybd.426408
- [4] Barbieri, M., Nigro, A. and Sappa, G. "Soil contamination evaluation by Enrichment Factor (EF) and Geoaccumulation Index (Igeo)". *Senses Sci*; 23:94-97, 2015. doi: 10.14616/sands-2015-3-9497
- [5] Williams, C. H. and David, J. "The accumulation of Cadmium from Phosphorus Fertilisers and their effect on the Cadmium Content of Plants". *Soil Sci* 121: 86-93, 1976.
- [6] Mitchell, R. L. and Burridge, S. C. "Trace Element in soils and crops". *Phil Trans Royal Soc London B* 288: 15-24, 1979.
- [7] Dickshroon, W, Van Broekhoven, L. W. and Lampe, J. E. M. 1979. "Photo toxicity of Zn, Ni, Cd, Cu and Cr in three pasture plant species supplied with graduated amount from the soil". *Nz Agric Sci* 27: 241-253. 4.
- [8] Underwood, E. J. "Trace Elements in human and animal nutrition", New York. Academic Press 461-477, 1971.
- [9] Barbieri, M. "The Importance of Enrichment Factor (EF) and Geoaccumulation Index (Igeo) to Evaluate the Soil Contamination". *J. Geol Geophys* 5: 237, 2016. doi:10.4172/2381-8719.1000237
- [10] Hudson-Edwards, K.A., Macklin, M. G., Miller, J. R. and Lechler, P. J. "Sources Distribution and Storage of heavy metals in the Rio Pilcomayo, Bolivia". *J Geochem Explor* 72: 229-250, 2001.
- [11] Miller, J. R., Hudson-Edwards, K. A., Lechler, P. I., Preston, D. and Macklin, M. G. "Heavy Metal Contamination of water soil and produce within riverine communities of the Rio Pilcomayo Basin, Bolivia". *Sci Total Environ* 320: 189-209, 2004.
- [12] Taylor, M. P., Mackay, A. K., Hudson-Edwards, K. A. and Holz, E. "Soil Cd, Cu, Pb and Zn Contaminant, around Isa City, Queensland, Australia: Potential Sources and risks to human health". *Appl Geochem* 25: 841-855, 2010.
- [13] Wuana, R. A. and Okieimen, F. E. "Heavy Metals in Contaminated Soils: A Review of Sources, Chemistry, Risks and Best Available Strategies for Remediation". *ISRN Ecology International Scholarly Research Network* 402647: 20, 2011.
- [14] Kafadar, F. ve Saygıdeğer, S. "Gaziantep İlinde Organize Sanayi Bölgesi Atık Suları İle Sulanan Bazı Tarım Bitkilerinde Kurşun Miktarlarının Belirlenmesi". *Ekoloji*.75:41-48, 2010.
- [15] Okcu, M., Tozlu, E., Kumlay, A. M. ve Pehlivan, M. "Ağır Metallerin Bitkiler Üzerine Etkileri". *Alınları Zirai Bilimler Dergisi*. 17(2): 14-26, 2009.
- [16] Yavuz, O. ve Sarigül, N. "Toprak ve Sucul Ortamlardaki Ağır Metal Kirliliği ve Ağır Metal Dirençli Mikroorganizmalar". *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 71: 44-51, 2016.
- [17] Sönmez, S., Kaplan, M., Sönmez, N. K., Kaya, H. and Uz, İ. "High level of copper application to soil and leaves reduce the growth and yield of tomato plants". *Sci. Agric. Piracicaba, Braz.* 63(3):213-218, 2006.
- [18] Vaillant, N., Monnet, F., Hitmi, A., Sallanon, H. and Coudret, A. "Comparative study of responses in four *Datura* species to a zinc stress". *Chemosphere*. 59:1005-1013, 2005.
- [19] Shanker, A. K., Cervantes, C., Loza-Tavera, H. and Avudainayagam, S. "Chromium toxicity in plants". *Environment International*. 31(5):739-753, 2005.
- [20] Kacar, B. "Toprak Analizleri". 2. Baskı. Nobel Yayınları No:1387, Ankara, 2009.
- [21] Yerli, C., Çakmakçı, T., Şahin, Ü. ve Tüfenkçi, Ş. "Ağır Metallerin Toprak, Bitki, Su ve İnsan Sağlığına Etkileri". *Türk Doğa ve Fen Derg.* Cilt 9, Özel Sayı, Sayfa 103-114, 2020.
- [22] Kirat, G. and Aydın, N. "Investigation of Metal Pollution in Moryayla Erzurum and Surrounding Stream Sediments, Turkey". *Inter J of Environ Sci and Tech.* Volume 15, Issue 10, pp 2229–2240, 2018. DOI: 10.1007/s13762-017-1611-9
- [23] Buat-Menard, P. and Chesselet, R. "Variable influence of the atmospheric flux on the trace metal chemistry of oceanic suspended matter". *Earth Planet Sci Lett* 42:399–411, 1979.
- [24] Vaezi, A. R., Karbassi, A. R., Valavi, S. H. and Ganjali, M. R. "Ecological risk assessment of metals contamination in the sediment of the Bamdezh wetland, Iran". *Int J Environ Sci Technol* 12:951–958, 2015.
- [25] Abraham, G. M. S and Parker, R.J. "Assessment of heavy metal enrichment factors and the degree of contamination in marine sediments from Tamaki Estuary, Auckland", New Zealand. *Environ Monit Assess* 136(1–3):227–238, 2008.
- [26] Bresline, V. T. and Sanudo-Wilhelmy, S. A. "High spatial resolution sampling of metals in the sediment and water column in port Jefferson Harbour", New York. *Estuaries* 22:669–680, 1999.
- [27] Windom, H. L., Schropp, S. J., Calder, F.D., Ryan, D. J., Smith, R. G., Burney, L. C., Lewis, F. G. and Rawlinson, C. H. "Natural trace metal concentrations in estuarine and coastal marine sediments of the southeastern United State". *Environ Sci Technol* 23:314–320, 1989.

- [28] Bruland, K. W., Bertine, K., Koide, M. and Goldberg, E. D. "History of metal pollution in southern California coastal zone". *Environ Sci Technol* 8:425–432, 1974.
- [29] Algan, O., Balkis, N., Çağatay, M. N. and Sarı, E. "The sources of metal in the shelf sediments of the Marmara Sea, Turkey". *Environ Geol.* 46:932–950, 2004.
- [30] Pekey, H., Karakas, D., Ayberk, S., Tolun, L. and Bakoğlu, M. "Ecological risk assesment using trace elements from surface sediments of Izmit (Gulf Northeastern Marmara Sea) Turkey". *Mar Pollut Bull* 48:946–953, 2004.
- [31] Pehlivan, H. "Investigation of heavy metal pollution in sediments of Southern Marmara Sea (The Kocasu Delta)". Master Degree Thesis, Hacettepe University, Department of Environmental Engineering. Fen bilimleri Enstitüsü, 151, Ankara, 2017.
- [32] Mason, B. *Principals of geochemistry*. New York: Wiley, 1966.
- [33] Özkul, C. "Kütahya Şehir Merkezinde Yer Alan Çocuk Parklarındaki Toprakların Ağır Metal Kirliliğinin Belirlenmesi". *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 19, 015803: 226-240, 2019. Doi: 10.35414/akufemubid.408653
- [34] Sutherland, R. A. "Bed sediment-associated trace metals in an urban stream, Oahu, Hawaii". *Environ. Geol.* 39: 611–27, 2000.
- [35] Müller, G. "Index of geo-accumulation in sediments of the Rhine River". *Geo J*, 2:108–118, 1969.
- [36] Müller, G. "Die Schwermetallbelastung der Sedimenten des Neckars und Seiner Nebenflüsse", *Chemiker-Zeitung*, 6:157, 1981.
- [37] Esen, E, Kucuksezgim, F. and Uluturhan, E. "Assessment of trace metal pollution in surface sediments of Nemrut Bay, Aegean Sea". *Environ Monit Assess* 160(1–4):257, 2010.
- [38] Uluturhan, E. "Heavy metal concentrations in surface sediments from two regions Saros and Gokova Gulfs of the Eastern Aegean Sea". *Environ Monit Assess* 165(1–4):675, 2010.
- [39] Thomlinson, I. "Exploration geochemistry: design and interpretation of soil surveys", *Rev Econ Geol*, 3:1–18, 1986.
- [40] Chakravarty, I. M. and Patgiri, A. D. "Metal Pollution Assessment in Sediments of the Dikrong River, N.E." *India Journal of Human Ecology*, 27:63-67, 2009.