

## ADİYAMAN İLİ TOPRAKLARINDA AĞIR METAL KİRLİLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Harun TÜRKMENLER<sup>1\*</sup>

<sup>1\*</sup>Adiyaman Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Adiyaman, 02040, Türkiye

Geliş Tarihi/Received Date: 25.06.2022 Kabul Tarihi/Accepted Date: 09.09.2022 DOI: 10.54365/adyumbd.1135617

### ÖZET

Ekonominin ve toplumun hızla gelişmesiyle birlikte çeşitli ağır metallerle kirlenmiş topraklar çevre ve halk sağlığını tehdit etmektedir. Bu çalışmada, kuru ve yağışlı dönemlerde Adiyaman'ın değişik altı bölgesinden alınan toprak örneklerinde ağır metal kirliliğinin saptanması amaçlanmıştır. Toprak örneği alınan noktalarda ağır metal konsantrasyonunu belirlemek için 2017 yılı Ağustos (kurak dönem) ve Kasım (yağışlı dönem) aylarında, Adiyaman organize sanayi bölgesi civarından (1 ve 2 no'lu istasyon) iki adet, atıksu arıtma tesisi yakınındaki bölgeden (3 no'lu istasyon) bir adet, çimento fabrikası civarında bulunan tarım alanından (4 no'lu istasyon) bir adet, Gölbaşı Gölü yakınında bulunan tarım alanından (5 no'lu istasyon) bir adet, Çelikhhan ilçesi tütün tarlasından (6 no'lu istasyon) bir adet olmak üzere toplamda 12 adet toprak numunesi alınmıştır. Topraktaki ağır metallerin tespit edilmesi için 0-20 cm derinlikten örnekler alınmıştır. Alınan örneklerde Fe, As, Ni, Al, Mn ve Co ağır metallerinin konsantrasyonlarının ölçümü ICP-MS (İndüktif olarak eşleştirilmiş plazma spektroskopisi-kütle spektrometri) cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yapılan ölçümler sonucunda ağır metal konsantrasyonlarının bazı bölgelerde sınır değerlerini geçtiği bazı bölgelerde ise izin verilen değerlere yaklaştığı bulunmuştur. pH değerleri ise 8,14 ile 8,45 arasında ölçülmüş ve toprağın orta derecede alkali yapıya sahip olduğu görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Toprak kirliliği, Dünya sağlık örgütü, Yeraltı suyu, ICP-MS, Arsenik

## INVESTIGATION OF HEAVY METAL POLLUTION IN THE SOILS OF THE ADİYAMAN PROVINCE

### ABSTRACT

A hazard to the environment and general public health is posed by soils contaminated with various heavy metals due to the economy's and society's rapid development. In this study, it was aimed to detect heavy metal pollution in soil samples taken from different six regions of Adiyaman during dry and rainy periods. In order to determine the heavy metal concentration at the points where soil samples were taken, in August (dry period) and November (rainy season) of 2017, two units from the vicinity of Adiyaman organized industrial zone (station 1 and 2) were collected from the area near the wastewater treatment plant (station 3), one from the agricultural area (station 4) located around the cement factory, one from the agricultural area (station 5) located near Gölbaşı Lake, one from the tobacco field of Çelikhhan district (station 6). A total of 12 soil samples were taken. Samples were taken from 0-20 cm depth to detect heavy metals in the soil. The concentrations of Fe, As, Ni, Al, Mn and Co heavy metals in the samples taken were measured using ICP-MS (Inductively coupled plasma spectroscopy-mass spectrometry) device. As a result of the measurements, it was found that heavy metal concentrations exceeded the limit values in some regions and approached the permissible values in some regions. The pH values were measured between 8.14 and 8.45 and it was seen that the soil had a moderately alkaline structure.

**Keywords:** Soil pollution, World health organization, Groundwater, ICP-MS, Arsenic

\* e-posta<sup>1</sup> : [hturkmenler@adiyaman.edu.tr](mailto:hturkmenler@adiyaman.edu.tr) ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7603-7385> (Sorumlu Yazar)

## 1. Giriş

Toprak birçok zararlı maddenin alıcısıdır. Toprağı kirleten atıklar farklı kaynaklardan toprağa girebilir. Bunlar; kentsel, endüstriyel, tarımsal veya nükleer kaynaklı olabilir [1]. Modern tarıma geçiş ve sanayileşmenin 20. yüzyılın başlarından itibaren hızlanması ile birlikte dünya nüfusundaki hızlı artışa paralel olarak doğal kaynak ekosistemleri büyük ölçüde tahrip olmuştur. Bu nedenle toprak kirliliği de bir çevre sorunu olarak görülmeye başlanmıştır [2]. Doğal yapısı üzerinde tarımsal ve endüstriyel faaliyetler nedeniyle toprak tamamen veya kısmen yabancı maddelerle kirlenmektedir. Bu maddelerin birçoğu belirli oranlarda ve özellikle eser miktarlarda toprağın yapısında mevcuttur. Bu yüzden ağır metaller, kimyasal kirlilik düşünüldüğünde akla gelen kirleticilerdir [3]. Ağır metal kirliliğinin büyük bir kısmından motorlu taşıtlar ve bilinçsiz tarımsal faaliyetler sorumludur [4].

Orman yangınları, hava akımları ve volkanik faaliyetler vb. doğal kaynaklardan ortaya çıkan ağır metaller toprak kirliliğine neden olmaktadır. İnsan faaliyetleri sonucu oluşan fosil yakıtların yakılması, atıkların depolanması ve yakılması, dökümcülük, gübre ve pestisit kullanımları, madencilik vb. ise antropojenik kaynaklıdır [5].

Hava ve suya göre topraklar, dış faktörler için yüksek tamponlama kapasitesine sahip sistemlerdir. Toprağın yapısındaki bozulmaların sisteme eklenen kirleticilerle ortaya çıkması durumunda toprakta karşılaşılan sorunların çözülmesi de zor, karmaşık ve masraflı olmaktadır. Ağır metaller, arıtma çamurları, gübreler, katı atıklar ve atıksular toprak kirlenmesine sebep olan başlıca kirleticiler arasında yer almaktadır [6].

Termik santraller, çimento-cam üretimi, çöp ve atık çamur yakma tesisleri ve demir-çelik sanayi, ağır metallerin çevreye salınımını etkileyen en önemli endüstriyel faaliyetlerdir. Bu tesislerin faaliyetleri sonucunda havaya salınan ağır metaller nihayetinde yere ulaşır ve havadan aerosoller ya da toz şeklinde insanlar ve hayvanlar tarafından solunur [7].

Ağır metallerin endüstriyel ürünlerin üretiminde yaygın olarak kullanılması nedeniyle, insanların metallere maruziyeti son 50 yılda önemli ölçüde artmıştır. Bunun nedenleri tarımsal üretim yöntemlerindeki büyük değişiklikler, artan gübre ve pestisit kullanımı, ulaşım araçlarından çıkan egzoz emisyonları, artan üretimle artan katı atıklar, atık su ve sağlıksız depolanması ve besin maddelerine erişimi, kentsel gelişim ve stresli yaşam koşullarıdır. Ayrıca amalgam dolgu maddelerinde, boya ve musluk suyunda kurşun, işlenmiş gıdalarda, kozmetiklerde, şampuanlarda, saç bakım ürünlerinde ve diş macunlarında bulunan kimyasal kalıntılar yüzünden insanlar sürekli olarak ağır metallerle yaşamaktadırlar [8].

Ağır metallerin neden olduğu toprak kirliliği dünya çapında son yıllarda dikkatleri üzerine çekmiştir. Ağır metallerden kaynaklanan toprak kirliliği, sanayi ve madencilik faaliyetlerinin gelişmesi ve arıtılan atıksuların yeniden sulamada kullanılması ve arıtma çamur uygulamalarının yaygınlaşması ile dünya çapında bir sorun haline gelmiştir. Ekosistemin fonksiyonları ve toprak verimliliği üzerinde ağır metallerin toprakta birikmesi önemli fonksiyonlara sahiptir. Besin zinciri yoluyla topraktan bitkilere geçen ağır metaller insan ve hayvanlara kadar ulaşmaktadır [8].

Son yıllarda, toprak örtüsü üzerinde önemli bir etkiye sahip olan ve toprakların verimliliğini düşüren ağır metaller ortaya çıkmaya başlamıştır. Nükleer enerji santralleri, maden ocakları ve işleme tesisleri, kimya ve demir-çelik endüstrileri, atıkların ve fosil yakıtların yakılması, karayolundaki araç trafiği, arıtma çamuru, gübre, pestisit ve atıksu uygulamaları gibi çeşitli insan faaliyetleri sonucunda toprağın ağır metal açısından kirlenmesi kaçınılmazdır [9].

Ağır metal kirliliği dünyanın birçok yerinde yeraltı su kaynaklarını tehdit etmektedir. Ağır metaller, yeraltı su kaynaklarının en önemli kirleticileri arasındadır [10]. Bu ağır metallerin bazıları canlı organizmaların büyümesi, gelişmesi ve sağlığı için elzemdir, diğerleri ise yok edilemez olduklarından ve çoğu organizmalar üzerinde toksik türler olarak sınıflandırıldığından zaruri değildir [11]. Bununla birlikte, ağır metallerin toksisitesi, ortamdaki konsantrasyon seviyelerine bağlıdır.

Ortamdaki artan konsantrasyonlar ve toprakların ağır metalleri tutma kapasitesinin azalmasıyla, yeraltı suyuna ve toprak çözeltisine sızarlar. Böylece bu toksik ağır metaller canlı dokularda birikebilir ve besin zinciri boyunca konsantrasyonlanabilir.

Endüstrinin ve ekonominin hızlı gelişimi ile birlikte giderek daha fazla kirlenmiş toprağa salınmaktadır [12]. Ağır metallerin (Pb, Cr, As, Zn, Cd, Cu, Hg, Ni vb.) topraklarda aşırı birikmesi sadece toprak kirlenmesine neden olmakla kalmaz, aynı zamanda mahsuller tarafından ağır metal alımının artmasına ve dolayısıyla gıda kalitesi ve güvenliğinin etkilenmesine neden olabilir [13]. Böylece topraklardaki ağır metal kirliliği hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde önemli bir konu haline gelmiştir [14]. Ağır metaller toksisite, biyolojik olarak parçalanamazlık ve kalıcılık özelliklerine sahip olduklarından, farklı türdeki kirlenmelere göre özellikle tehlikelidirler [15]. Topraktaki ağır metaller çevre için potansiyel tehditler oluşturur ve insan sağlığına zarar verebilir. Potansiyel insan sağlığı riskleri nedeniyle, toprak-bitki sistemindeki ağır metal birikimi, artan bir kamuoyu endişesine yol açmıştır [16].

Ağır metaller tarafından toprak kirliliği kritik bir küresel çevre sorunudur. Çalışmada, ağır metalle kirlenmiş veya kirlenmemiş bölgelerin tespit edilmesi ve topraklardaki olası ağır metal kirliliği kaynaklarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, Adıyaman İlinin farklı 6 bölgesinden kuru ve yağışlı dönemlerde alınan toprak örneklerinde ağır metal analizleri ve pH ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Toprak örneklerinde elementel analizler, ICP-MS cihazı kullanılarak ölçülmüştür.

## 2. Materyal ve Metod

### 2.1. Materyal

#### 2.1.1. Çalışma Alanı

Adıyaman İli, Güneydoğu Anadolu bölgesinde 38°11'-37°25' N ve 39°14'-37°31' E boylamları arasında yer almakta olup, denizden yüksekliği 669 metredir. Komşuları; doğusunda Diyarbakır, batısında Kahramanmaraş, kuzeyinde Malatya ve güneyinde ise Şanlıurfa'dır.

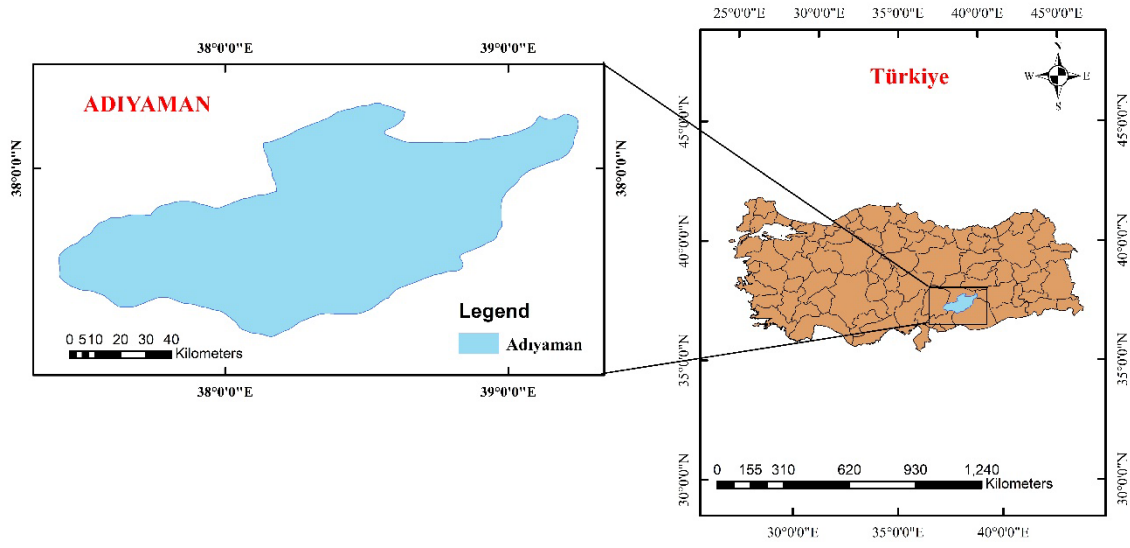
Karasal iklime sahip olan Adıyaman'da genelde yazlar sıcak ve kurak, kışlar ılık ve yağışlı geçmektedir. Doğu Anadolu-Akdeniz bölgesi arasında geçit konumuna sahiptir. Bölgedeki diğer illerden daha fazla yağış almaktadır. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) 2016 yılı nüfus sayımı sonuçları dikkate alındığında İlin toplam nüfusu 610.484 kişidir [17].

#### 2.1.2. Çalışmada Kullanılan Toprak Örnekleri

Adıyaman'daki toprakların ağır metal içeriklerini belirlemek amacıyla, Adıyaman organize sanayi bölgesi altından, organize sanayi bölgesi civarından, arıtma tesisi çıkışından, çimento fabrikası civarında bulunan zeytin bahçesinden, Gölbaşı ilçesinde Gölbaşı Gölü civarında bulunan elma bahçesinden ve Çelikhan ilçesinde bulunan tütün tarlasından olmak üzere toplam 6 istasyondan toprak örnekleri alınmıştır.

### 2.2. Metod

Çalışma kapsamında, Adıyaman'daki kirliliğin derecesini belirlemek için farklı kullanım alanlarından Ağustos-Kasım 2017'de toprak örnekleri alındı. Topraktaki ağır metal konsantrasyonunu temsil edebilmesi için altı farklı örnekleme istasyonu belirlenerek kurak ve yağışlı dönem olmak üzere toplamda 12 adet toprak numunesi alındı. Şekil 1'de çalışma alanının konumu ve numunelerin alındığı istasyonlar görülmektedir.



Şekil 1. Çalışma alanının konumu ve numunelerin alındığı istasyonlar

### 2.2.1. Toprak Örneklerinin Alınması ve Korunması

Numuneler alınmadan önce toprağın yüzeyindeki bitki örtüsü, taş, çakıl vb. temizlendi. Daha sonra topraktaki ağır metallere tespit edilmesi için 0-20 cm arasındaki toprak tabakasını temsil eden her 1 kg'lık toprak numunesi alınarak kavanozlara yerleştirildi [18].

### 2.2.2. Toprak Örneklerinin Analize Hazırlanması

Laboratuvara getirilen numuneler havada kurutma işlemi sonrasında, iri parçacıklar elle ezilip ufalanarak homojen hale getirilmiş ve daha sonra da ICP-MS cihazında ölçümlere hazır hale getirilmiştir [19]. Toprak numuneleri kurutulduktan sonra 5 mm çaplı bir elekten geçirilmiştir [20].

### 2.2.3. Toprak Örneklerinde Yapılan Analizler

#### Mikrodalga ekstraksiyonu

ICP-MS kullanılarak toprak numunelerindeki ağır metallerin belirlenmesi için yapılan bir ön işlemdir. EPA 3051A yöntemine göre yapılan bu ön hazırlık işleminde Berghof marka speedwave mikrodalga fırın kullanılmıştır [20].

#### *ICP-MS cihazı ile ağır metal konsantrasyonunun tayini*

Topraklarda ağır metal konsantrasyonunun belirlenmesinde Perkin Elmer marka, Optima NexION 350X ICP-MS cihazı kullanılmış ve ölçümler EPA 6010C metoduna göre belirlenmiştir [19]. ICP-MS cihazında ikili olarak incelenen numunelerin tamamından üç ölçüm yapılmıştır. Ölçümler sonucunda bulunan değerlerin ortalamaları alınmış ve ağır metal konsantrasyonları belirlenmiştir.

### 3. Bulgular ve Tartışma

#### 3.1. pH Değerleri

Değişik kullanım alanlarına göre, organize sanayi bölgesi civarından, arıtma tesisi çıkışı civarından, çimento fabrikası civarından, Gölbaşı ilçesi Gölbaşı Gölü civarından ve Çelikhan ilçesi tütün tarlasından 0-20 cm derinlikten alınan toprak örneklerindeki pH değerleri 8,14-8,45 arasında bulunmuştur (Çizelge 1). Elde edilen pH değerlerine göre toprağın orta alkali bir sınıflandırma içinde olduğu görülmüştür [21].

**Çizelge 1.** Toprak numunelerinin pH değerleri

İstasyon No	Numune Alma Bölgeleri	pH Değeri
1	Orgazine sanayi bölgesi altı	8,30
2	Organize sanayi bölgesi civarı	8,32
3	Arıtma tesisi çıkışı	8,14
4	Çimento fabrikası civarında bulunan zeytin bahçesi	8,45
5	Gölbaşı Gölü civarında bulunan elma bahçesi	8,36
6	Çelikhan ilçesi civarında bulunan tütün tarlası	8,18

#### 3.2. Ağır Metal Değerleri

Numuneler ikili çalışılmış ve tüm numuneler üç kez tekrarlı olarak ICP-MS cihazı ile ölçülmüştür. Ölçüm değerlerinin hesaplanmasında üç ölçüm sonucunda bulunan değerlerin ortalamaları alınmıştır. Toprakta müsaade edilen ağır metal sınır değerleri Çizelge 2’de verilmiştir [22-25]. Kurak (Ağustos) ve yağışlı (Kasım) dönemde alınan toprak örneklerinin ağır metal değerlerinin ortalamaları sırasıyla Çizelge 3 ve Çizelge 4 ’te verilmiştir.

**Çizelge 2.** Toprakta müsaade edilen ağır metal sınır değerleri

Ağır Metaller	Dünya Sağlık Örgütü	ABD Çevre	Dünya ortalama değerleri (mg kg <sup>-1</sup> )
	(WHO)/Dünya Tarım Örgütü (FAO) (mg kg <sup>-1</sup> )	Koruma Ajansı (US EPA) (mg kg <sup>-1</sup> )	
Fe	50000	-	40000
As	20	8,172	6
Ni	50	-	50
Al	-	-	-
Mn	2000	-	1000
Co	50	-	8

**Çizelge 3.** Toprak örneklerinin ortalama ağır metal değerleri kurak dönem (mg/kg)

İstasyon No	Al	As	Fe	Mn	Ni	Co
1	32509,443	6,514	41447,426	10741,304	883,542	59,895
2	60630,086	8,172	52601,675	13079,896	1091,162	73,613
3	22607,551	5,457	17175,600	4252,496	262,506	21,447
4	19293,865	5,460	27493,650	7199,821	118,647	17,205
5	7950,492	7,781	31189,471	8249,713	77,248	15,741
6	12753,646	5,900	27307,049	6489,176	44,575	11,698

**Çizelge 4.** Toprak örneklerinin ortalama ağır metal değerleri yağışlı dönem (mg/kg)

İstasyon No	Al	As	Fe	Mn	Ni	Co
1	29865,265	5,582	27135,417	6344,350	949,504	59,181
2	41099,959	8,227	38163,125	9442,822	926,570	60,930
3	23332,342	6,153	18513,719	4397,681	261,378	20,659
4	16021,161	5,819	23196,730	5807,895	106,778	14,887
5	6297,253	9,091	24922,606	6319,457	75,337	14,718
6	10544,693	6,997	22180,796	4931,270	39,886	9,459

Ölçümü yapılan numunelerdeki ortalama ağır metal konsantrasyonları dikkate alındığında, kurak dönemde Al için 7950-60630 mg/kg, As için 5,457-8,172 mg/kg, Fe için 17175,6-52601,6 mg/kg, Mn için 4252,4-13079,8 mg/kg, Ni için 44,575-1091,162 mg/kg ve Co için 11,698-73,613 mg/kg arasında değişen değerler elde edilmiştir. Tüm istasyonlardaki ortalama değerler ise Al için 25957,51 mg/kg, As için 6,54 mg/kg, Fe için 32869,15 mg/kg, Mn için 8335,401 mg/kg, Ni için 412,9467 mg/kg, Co için 33,2665 mg/kg olarak bulunmuştur.

Yağışlı dönemde alınan örneklerde ise, Al için 6297-41100 mg/kg, As için 5,582-9,091 mg/kg, Fe için 18514-38163 mg/kg, Mn için 4398-9443 mg/kg, Ni için 39,886-949,504 mg/kg ve Co için 9,459-60,930 mg/kg arasında değişen değerler elde edilmiştir. Tüm istasyonlardaki ortalama değerler ise Al için 21193,45 mg/kg, As için 6,978167 mg/kg, Fe için 25685,4 mg/kg, Mn için 6207,246 mg/kg, Ni için 393,2422 mg/kg, Co için 29,97233 mg/kg olarak bulunmuştur.

Değişik bölgelerden temin edilen toprak numunelerinin tamamının ağır metal konsantrasyonlarının ortalaması alındığında her iki dönem için kıyaslandığında aynı sıralamaya sahip olduğu görülmüştür. Bu sıralama ise; Fe > Al > Mn > Ni > Co > As olarak bulunmuştur. Elde edilen ağır metal konsantrasyonlarının ortalama değerleri incelendiğinde Ni ve Mn için WHO/FAO tarafından belirlenen toprakta müsaade edilen ağır metal sınır değerlerini aştığı, Fe, As ve Co için ise sınır değerlerinin altında olduğu görülmüştür (Çizelge 2). En yüksek değer ise kurak dönemde 2 nolu istasyonda (Organize sanayi bölgesi civarı) Al konsantrasyonu 60630 mg/kg olarak tespit edilmiştir (Çizelge 3). Ni ve Mn için sınır değerlerini aşan en yüksek konsantrasyonlar 1 ve 2 nolu (Organize sanayi bölgesi civarı) istasyondan alınan örneklerde görülmüştür.

Akyıldız ve Karataş yaptıkları çalışmada, Ni değerini en yüksek 366,9 mg/kg ortalamasını ise 94,51 mg/kg, Fe için en yüksek 33000 mg/kg, Mn için 5,09-1135 mg/kg arasında, As için ortalama 3 mg/kg, Co için ortalama 26,6 mg/kg olarak bulmuştur [26].

Kul vd. Bayburt ilinin farklı noktalarından elde edilen toprak örneklerinin ağır metal analiz sonuçlarına göre, toprak örneklerinin ağır metal içerikleri Mn için <0,000-373,75 mg kg<sup>-1</sup>, Fe için

<0,000-22343,57 mg kg<sup>-1</sup>, Co için <0,000-7,09 mg kg<sup>-1</sup>, Ni için <0,000-133,63 mg kg<sup>-1</sup>, aralığında olduğunu tespit etmişlerdir [27].

Suyun yağışla seyrelmesi, seyreltilmiş sulama suyundan ağır metallerin daha düşük emilmesi ve düşük konsantrasyonlu sulama suyu ve/veya topraktan ağır metal emilimi nedeniyle tüm ağır metal konsantrasyonları yağışlı dönemde kuru döneme göre daha düşük olarak bulunmuştur. Dudal vd. [28], ağır metallerin çözünür organik madde ile birlikte hareketliliğinin yoğun yağış olaylarından etkilenebileceğini belirtmişlerdir. Öte yandan, toprağın kimyasal ve fiziksel özellikleri, sadece ağır metal konsantrasyonuna değil, aynı zamanda çevresel faktörlere, toprağın adsorpsiyon-desorpsiyon özelliklerine, çökeltme reaksiyonlarına ve toksik metal özelliklerine de bağlı olan ağır metallerin biyoyararlılığını ve hareketini etkiler [29, 30].

#### 4. Sonuçlar

Metal atıklar su ve toprak yüzeyini kirleterek insan sağlığı üzerinde zararlı etkilere neden olur. Ağır metal kirliliği, besin zinciri yoluyla potansiyel birikim riski nedeniyle organizmaların ve insanların sağlığı ve esenliği için büyük bir tehdit oluşturmaktadır. Toprakta bulunan ağır metal, bitkilerde kolaylıkla birikir ve daha sonra besin zinciri yoluyla taşınır ve böylece insan sağlığı için büyük bir tehdit haline gelir. Ayrıca yüzeysel sulara ve daha sonra da yeraltı sularına ulaşarak ekolojik dengeye zarar verir. Bu çalışmada Adıyaman İli'nin farklı bölgelerdeki altı noktasından alınan toprak örneklerinde pH ve ağır metal analizleri yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda pH değerinin 8,14 ile 8,45 arasında olduğu ve bu sonuca göre de toprağın yapısının orta alkali bir yapıda olduğu görülmüştür. Kurak ve yağışlı dönemlerde alınan numunelerde yapılan analizler sonucunda ortalama ağır metal konsantrasyonları ise, Al için 6297-60630 mg/kg, As için 5,457-9,091 mg/kg, Fe için 18514-52601,6 mg/kg, Mn için 4252,4-13079,8 mg/kg, Ni için 39,886-1091,162 mg/kg ve Co için 9,459-73,613 mg/kg arasında değişen değerlerde bulunmuştur.

En yüksek konsantrasyon Al için 60630 mg/kg olarak 2 nolu istasyonda, As için 9,091 mg/kg olarak 5 nolu istasyonda, Fe için 52601,6 mg/kg olarak 2 nolu istasyonda, Mn için 13079,8 mg/kg olarak 2 nolu istasyonda, Ni için 1091,162 mg/kg olarak 2 nolu istasyonda ve Co için 73,613 mg/kg olarak yine 2 nolu istasyonda ölçülmüştür.

Toprak numunelerinin tamamının ağır metal konsantrasyonlarının ortalaması gözönünde bulundurulduğunda hem kurak ve hem de yağışlı dönem için kıyaslandığında sıralamanın değişmediği tespit edilmiştir (Fe > Al > Mn > Ni > Co > As). Bu sonuçlara göre Ni ve Mn ortalama değerlerinin WHO/FAO tarafından belirlenen toprakta müsaade edilen ağır metal sınır değerlerini aştığı, Fe, As ve Co için ise sınır değerlerinin altında kaldığı belirlenmiştir. Ni ve Mn ortalama değerlerinin sınır değerlerini aşan en yüksek konsantrasyonları 1 ve 2 nolu (Organize sanayi bölgesi civarı) istasyondan alınan örneklerde görülmüştür. Bunun nedeninin endüstriyel ve yükseltiden kaynaklı olabileceği düşünülmektedir. Sonuç olarak numune alınan bölgelerde toprakta bazı ağır metaller (Ni ve Mn) açısından kirlenmenin başladığını göstermektedir. Elde edilen bu sonuçlar toprak kalitesinin değerlendirilmesinde ve metalle kirlenmiş toprakların geri kazanılmasına yönelik çabaların desteklenmesinde faydalı olabilir.

#### Teşekkür

Bu çalışma; Adıyaman Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi birimi tarafından MÜFLAP/2017-0007 nolu proje kapsamında desteklenmiştir.

#### Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları herhangi bir kurum, kuruluş, kişi ile kişisel ve finansal çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedirler.

## Kaynaklar

- [1] Altınbaş, Ü., Çengel, M., Uysal, H., Okur, B., Okur, N., Kurucu, Y., Delibacak, S., “Toprak Bilimi”, Üçüncü Baskı, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No.557, Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir, (2008).
- [2] Türkoğlu, B., “Toprak Kirlenmesi ve Kirlenmiş Toprakların Islahı”, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, (2006).
- [3] Mater, B., “Toprak Coğrafyası”, İstanbul: Çantay Kitabevi, (1998).
- [4] İlkılıç, C., Behcet, R., “Hava Kirliliğinin İnsan Sağlığı ve Çevre Üzerindeki Etkisi”, Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları, 5(1): 66–72, (2006).
- [5] Lombi, E., Wenzel, W. W., Adriano, D. C., “Soil Contamination, Risk Reduction and Remediation”, *Land Contamination & Reclamation*, 6 (4), 183-197, (1998).
- [6] Başcı, N., “Cr (VI) İyonunun Süs Bitkileri Kullanılarak Toprakta Gideriminin Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, (2009).
- [7] Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A., Timur, S., “Metallerin Çevresel Etkileri”, TMMOB Metalurji Mühendisleri Odası Dergisi, 136, 47-53, (2003).
- [8] Durak, Z., “Adana Sofulu Düzensiz Çöp Depolama Alanında Oluşan Çöp Sızıntı Sularının Bitki Yetiştirilmesinde Kullanılması”, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, (2005).
- [9] Çelik, A., Kartal, A. A., Akdoğan, A., Kaska, Y., “Determining the Heavy Metal Pollution in Denizli (Turkey) By Using Robinio Pseudo-Acacia L.”, *Environment International*, 31, 105-112, (2005).
- [10] Marcovecchio, J.E., Botte, S.E., Freije, R.H., “Heavy metals, major metals, trace elements”, In: Nollet LM, editor. *Handbook of Water Analysis*, 2nd ed. London: CRC Press; (2007).
- [11] Underwood, E.J., “Trace Elements in Humans and Animals” Nutrition. 3rd ed. New York: Academic Press; (1956).
- [12] Yang, P., Mao, R., Shao, H., & Gao Y., “The Spatial Variability of Heavy Metal Distribution in the Suburban Farmland of Taihang Piedmont Plain, China”, *Comptes Rendus Biologies*, 332, 558-566, <https://doi.org/10.1016/j.crv.2009.01.004>, (2009).
- [13] Lu, Y., Yin, W., Huang, L. B., Zhang, G. L., & Zhao, Y. G., “Assessment of Bioaccessibility and Exposure Risk of Arsenic and Lead in Urban Soils of Guangzhou City, China”, *Environmental Geochemistry and Health*, 33, 93-102, <https://doi.org/10.1007/s10653-010-9324-8>, (2011).
- [14] Nicholson, F. A., Smith, S. R., Alloway Carlton-Smith, C., & Chambers, B. J., “An Inventory of Heavy Metals Inputs to Agricultural Soils in England and Wales” *Science of the Total Environment*, 311, 205-219, (2003).
- [15] Yan, X., Gao, D., Zhang, F., Zeng, C., Xiang, W., & Zhang, M., “Relationships between Heavy Metal Concentrations in Roadside Topsoil and Distance to Road Edge Based on Field Observations in the Qinghai-Tibet Plateau, China”, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 10, 762-775, <https://doi.org/10.3390/ijerph10030762>, (2013).



- [16] Fu, S., & Wei, C. Y., “Multivariate and Spatial Analysis of Heavy Metal Sources and Variations in a Large Old Antimony Mine, China”, *Journal of Soils and Sediments*, 13, 106-116. <https://doi.org/10.1007/s11368-012-0587-9>, (2013).
- [17] Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), 24638 sayı ve 31 Ocak 2017 Yayın Tarihli Haber Bülteni.
- [18] Loughran, R.J., Wallbrink, P.J., Walling, D.E., Appleby, P.G., “Sampling Methods. In: Zapata, F. (eds) Handbook for the Assessment of Soil Erosion and Sedimentation Using Environmental Radionuclides”, Springer, Dordrecht. [https://doi.org/10.1007/0-306-48054-9\\_3](https://doi.org/10.1007/0-306-48054-9_3), (2002).
- [19] EPA, 2007a, Method 6010C, “Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry”, Revision 3, February (2007).
- [20] EPA, 2007b, Method 3051A, “Microwave Assisted Acid Digestion of Sediments, Sludges, Soils, and Oils”, Revision 1, February (2007).
- [21] Dağdeviren, Ş., “Çorlu ve Civarındaki Topraklarda Ağır Metal Konsantrasyonunun Belirlenmesi ve Sonuçlarının Yapay Sınır Ağları ile Değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne, (2007).
- [22] Onyedikachi, U.B., Belonwu, D.C. & Wegwu, M.O., “Human health risk assessment of heavy metals in soils and commonly consumed food crops from quarry sites located at Isiagwu, Ebonyi State”, *Ovidius University Annals of Chemistry*, 29(1), 8-24. DOI: 10.2478/auoc-2018-0002, (2018).
- [23] Özkan, A., “Antakya-Cilvegözü karayolu etrafındaki tarım arazilerinde ve bitkilerdeki ağır metal kirliliği” *Çukurova Üniversitesi Mühendislik & Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 32(3), 9-18, (2017).
- [24] Chiroma, T. M., Ebewe, R. O., Hymore, F.K., “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, (2014).
- [25] Bowen, H.J.M., “Elements in lithosphere and biosphere”, *Environmental Chemistry of the Element*, Academic Press, Beijing, pp. 174-208, (1979).
- [26] Akyıldız, M., Karataş, B., “Adana Şehir Merkezindeki Topraklarda Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması”, *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 33(2), ss. 199-214, (2018).
- [27] Kul, S., Gül, V., Cengiz, İ., “Toprak ve Bitkilerde Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması: Bayburt İli Örneği”, *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, Yıl: 6, Sayı: 2, (195-203), (2021).
- [28] Dudal, Y., Sévenier, G., Dupont, L., Guillon, E., “Fate of the metal-binding soluble organic matter throughout a soil profile”, *Soil Sci.*, 170, 707–715, (2005).
- [29] Cuevas, G., Walter, I., “Metales pesados en maíz (*Zea mays* L.) cultivado en un suelo enmendado con diferentes dosis de compost de lodo residual”, *Rev. Int. Contam. Ambient*, 20, 59–68, (2004).
- [30] Li, J., Rate, A.W., Gilkes, R. J., “Fractionation of trace elements in some non-agricultural Australian soils”, *Aust. J. Soil Res*, 41, 1389–1402 (2003).