

Antakya-Cilvegözü Karayolu Etrafındaki Tarım Arazilerinde ve Bitkilerdeki Ağır Metal Kirliliği

Abdullah ÖZKAN*¹

¹İskenderun Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Petrol ve Doğalgaz Mühendisliği Bölümü, Hatay

Geliş tarihi: 17.02.2017

Kabul tarihi: 25.09.2017

Öz

Bu çalışmada, Hatay İline bağlı Antakya-Cilvegözü uluslararası karayolu çevresindeki tarım arazilerinin ve bu arazilerde yetişen bitkilerin trafik ve tarımsal faaliyet kaynaklı ağır metal kirliliğini belirlemek, toprak ve bitkideki ağır metal miktarının karayoluna olan uzaklığı ile olası değişimini ortaya koymak amaçlanmıştır. Karayolunun trafik yoğunluğu dikkate alınarak 8 farklı örnekleme noktası belirlenmiştir. Karayolunun belirlenen her bir örnekleme noktasının sağ ve sol tarafından yola 25, 100, 500 m ve 1km uzaklıktan, 0-30 cm derinlikten toprak (N=64) ve alınan topraklarda yetiştirilen bitki (N=12) örnekleri alınmıştır. Alınan topraklardaki ağır metaller dietilen triamin pentaasetik asit (DTPA), bitkilerde ise yaş yakma yöntemiyle ekstrakte edilmiştir ve ölçümler induktif olarak eşleşmiş plazma optik emisyon spektrometresi (ICP-OES) cihazı kullanılarak yapılmıştır.

Çalışma sonucunda toprak örneklerinde; Pb 0,130-0,780 mg/kg, Cd 0-0,265 mg/kg, Ni 0,370-3,97 mg/kg, Cr 0-0,120 mg/kg, Co 0-1,83 mg/kg, Al 0-0,700 mg/kg, Fe 1,45-22,8 mg/kg, Cu 0,385-5,43 mg/kg, Mn 1,96-27 mg/kg Zn 0-4,26 mg/kg ve bitki örneklerinde Pb 0-0,155 mg/kg, Cd 0-0,105 mg/kg, Ni 0,100-3,53 mg/kg, Cr 0,0 mg/kg, Co 0,0 mg/kg, Al 0,0 mg/kg, Fe 5,60-25,0 mg/kg, Cu 0,121-4,48 mg/kg, Mn 2,35-15,4 mg/kg, Zn 0,554-6,75 mg/kg aralığında bulunmuştur.

Yapılan bu çalışma sonucunda elde edilen toprak numunelerine ait veriler Türkiye ve Dünyada toprakta müsaade edilen ağır metal sınır değerleri ile karşılaştırıldığında; toprakta ağır metal birikiminin kabul edilebilir sınır değeri aşmadığı görülmüştür. Bitki örneklerine ait veriler incelendiğinde ağır metal birikiminin olduğu tespit edilmiştir, ancak Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) ve Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü'nün (FAO) bitkilerde müsaade ettiği ağır metal sınır değerleri ile karşılaştırıldığında ağır metal birikiminin kabul edilebilir sınır değeri aşmamış olduğu görülmüştür. Ayrıca mesafeye bağlı olarak karayolundan uzaklaştıkça bitki ve topraktaki ağır metal seviyelerinin azaldığı tespit edilmiştir. Bu durum toprakta ve de bitkide mevcut olan ağır metallerin karayolu kaynaklı olabileceğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Toprak kirliliği, Ağır metal, DTPA yöntemi, ICP-OES

*Sorumlu yazar (Corresponding author): Abdulah ÖZKAN, abdullah.ozkan@iste.edu.tr

Heavy Metal Pollution in Agricultural Lands and Plants around Antakya– Cilvegözü Highway

Abstract

The purpose of this study is to determine heavy metal pollution of the agricultural lands and the plants growing in these lands around Antakya-Cilvegözü international highway in Hatay province based on traffic and agricultural activities and also to reveal possible changes of the heavy metal amount in soil and plants with distance to highway. 8 different sampling points are determined considering traffic intensity of the road. Soil (N=64) and plant (N=12) samples are taken from 0-30 cm depth and 25, 100, 500 m away from both right and left side of the particular sampling points of the highway. Heavy metals in the soil are extracted with diethylenetriaminepentaacetic acid (DTPA) while wet burning method is applied for heavy metal extraction from plants. Measurements are made with Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry (ICP-OES) instrument.

According to the analyses, the result of soils Pb 0.130-0.780 mg/kg, Cd 0-0.265 mg/kg, Ni 0.370-3.97 mg/kg, Cr 0-0.120 mg/kg, Co 0-1.83 mg/kg, Al 0-0.700 mg/kg, Fe 1.45-22.8 mg/kg, Cu 0.385-5.43 mg/kg, Mn 1.96-27 mg/kg Zn 0-4.26 mg/kg and the result of plants Pb 0-0.155 mg/kg, Cd 0-0.105 mg/kg, Ni 0.100-3.53 mg/kg, Cr 0.0 mg/kg, Co 0.0 mg/kg, Al 0.0 mg/kg, Fe 5.60-25.0 mg/kg, Cu 0.121-4.48 mg/kg, Mn 2.35-15.4 mg/kg, Zn 0.554-6.75 mg/kg were found.

Results of the study shows that datas obtained from soil samples are within the permissible range compared to heavy metal limitations both in Turkey and the World. Heavy metal accumulation is observed in plant samples. However, compared to World Health Organization (WHO) and United Nations Food and Agriculture Organization (FAO) limitations, it is seen that heavy metal accumulation is within the permissible range. Additionally, it is revealed that heavy metal concentration in soil and plants is decreasing depending on the distance away from highway. This shows that the heavy metal present in soil and plants should be originating from highway.

Keywords: Soil pollution, Heavy metal, DTPA method, ICP-OES

1. GİRİŞ

Tarım toprakları, ülkemizin ekonomik yönden gelişmesini ve insanlarımızın refahının sürekliliğini sağlayacak en önemli doğal kaynaklarımızdan birisidir. Tarım topraklarının bu önemi, üretilemeyen ve yenilenmesi nerdeyse mümkün olmayan tek kaynak olmasından ileri gelmektedir. Uzunca bir zamandan beri ülkemizde tarıma açılan yeni alan olmadığı göz önünde bulundurulduğunda ülkemizin tarıma açılacak yeni alanlarının artık tükenme noktasına geldiğini göstermektedir. Ayrıca nüfus artışı ve gelişen teknolojiye bağlı olarak artan insan ihtiyaçlarının karşılanabilmesi için yoğun tarımsal faaliyetler

yapılmaktadır. Bunun sonucunda tarım alanlarımızda kirlenme tehdidi başlamış ve toprak kalitesinin her geçen gün daha da kötüye gittiği tespit edilmiştir.

Toprağın üzerindeki tarımsal ve endüstriyel faaliyetler sonucunda doğal yapısı tamamen veya kısmen yabancı maddeler tarafından kirlenir. Bu maddelerin pek çoğu toprağın bünyesinde belirli oranlarda ve çoğunlukla eser miktarlarda bulunur. Bu bakımdan kimyasal kirlilik denince ilk akla gelen kirleticiler ağır metallere [1]. Motorlu taşıtlar ve bilinçsizce yapılan tarım faaliyetleri ağır metal kirliliğinin önemli bir bölümünden sorumludur [2].

Ağır metaller yoğunluğu 5 g/cm³'den büyük olan metallerdir. Bu grupta kurşun, kadmiyum, krom, demir, kobalt, bakır, nikel, civa ve çinko dâhil olmak üzere 60'tan fazla metal yer almaktadır [3]. Motorlu taşıt trafiğinden kaynaklanan ağır metallere bakıldığında; kurşun (Pb), nikel (Ni), civa (Hg), kadmiyum (Cd), krom (Cr), demir (Fe), bakır (Cu), mangan (Mn) ve çinko (Zn) görülürken, tarımsal faaliyetlerden kaynaklı ağır metaller ise; Kadmiyum (Cd), krom (Cr), bakır (Cu) ve çinko (Zn)'dur.

Kurşun (Pb) benzine katılan Tetra Etil Kurşun (TEK)'dan, nikel (Ni) dizel yakıtından ve motor yağlarından kirletici olarak açığa çıkmaktadır. Kadmiyum (Cd) ve çinko (Zn) ise araç lastikleri, yağlar ve diğer araç donanımları ve fosforlu gübrelerden kaynaklanmaktadır [4,5]. Bakır, demir, mangan ve krom kirliliğinin ise motorlu taşıtların yanı sıra çeşitli tarımsal faaliyetlerden kaynaklandığı bilinmektedir [6].

Karayolundaki yoğun araç trafiği ve çevresinde gerçekleştirilen tarımsal faaliyetler, özellikle tarımsal ürünlerle insan sağlığını tehdit edecek sorunları beraberinde getirmektedir [6]. Bu yüzden ağır metallerin toplam miktarlarının belirlenmesi oldukça büyük öneme sahiptir. Hatta bitkiler tarafından alınabilir formda bulunan ağır metal miktarlarının ölçülmesi çevre kirliliği ve metallerin toksik etkilerinin tespiti açısından çok daha fazla önem arz etmektedir.

Bu çalışmayla, Hatay İli sınırları içerisinde yer alan Antakya-Cilvegözü uluslararası karayolu etrafındaki topraklar ve bu topraklarda yetişen bitkilerdeki ağır metal seviyesi incelenmiştir. Trafik ve tarımsal faaliyet kaynaklı ağır metal kirliliği belirlenmiş ve karayoluna uzaklığı ile olası değişimi ortaya konulmuştur.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Özkan ve arkadaşları [7], Hatay havaalanı etrafındaki tarım arazilerinin ağır metal kirliliğini tespit etmek için 27 adet toprak örneğini

incelemiştir. Yapılan çalışma sonucunda herhangi bir ağır metal kirliliğine rastlanılmamıştır. Ancak havaalanından uzaklaştıkça söz konusu ağır metal miktarlarının azaldığını tespit etmişler. Dolayısıyla toprakta mevcut olan ağır metallerin sebebinin havayolu trafiği kaynaklı olabileceğini ifade etmişler. Karaçağıl [8], İstanbul'un Anadolu yakası sahil şeridi yeşil alanlarının 202 farklı noktasından 404 adet toprak örneği alarak ağır metal kirliliğini tespit etmeye çalışmıştır. Aynı zamanda bu çalışmada pH, organik madde, kireç ve fosfor analizlerini de yapmıştır. Çalışma sonucunda 7 adet örnekte krom, 2 adet örnekte nikel ve 1 adet örnekte bakır miktarlarının yüksek, diğer örneklerin ise normal sınırlar içerisinde olduğunu tespit etmiştir.

Knezeviç ve arkadaşları [9], Polonya'nın farklı bölgelerinden almış oldukları toprak ve bitki örneklerini inceleyerek olası ağır metal kirliliğini tespit etmeye çalışmıştır. Çalışma sonucunda karayoluna yakın bölgelerden alınan örneklerdeki Pb, Ni, Zn ve Mn gibi ağır metal miktarlarının, karayoluna nispeten daha uzak bölgelerden alınan örneklerdekinden daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca Tao ve arkadaşları [10], Çin'in Shanghai ağır metal kirliliğini belirlemek için toprak örnekleri alarak Pb, Zn, Cu, Cr, Cd ve Ni analizleri yapmış ve sonuçların oldukça yüksek seviyede olduğunu tespit etmişlerdir. Yapmış oldukları çalışmayla topraklardaki ağır metal kirliliğinin nedeninin trafik ve sanayi olduğunu belirtmişlerdir. Möller ve arkadaşları [11], Damascus Ghouta şehrinde trafiğin yoğun olduğu 22 farklı bölgeden 51 adet toprak örneği alarak Pb, Cu ve Zn analizleri yapmış ve bahsi geçen elementlerin miktarlarının çok yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Bunun yanı sıra Sezgin ve arkadaşları [12], İstanbul'un Topkapı-Avcılar güzergâhı üzerindeki E-5 karayolunun 18 km' lik bölümünden 22 farklı noktadan almış oldukları toprak örneklerinde; Pb, Cu ve Zn seviyelerinin sınır değerlerinin çok üzerinde olduğunu tespit etmişlerdir. Benzer olarak Haktanır ve arkadaşları [13], Etimesgut-Ankara karayolunda Pb, Cd ve Cu ağır metallerinin kirliliği araştırılmışlardır. Yol boyunca uzanan toprakların üst 0-5 cm toprak

katında yüksek düzeyde Pb olduğunu bulmuşlardır. Ağır metal kirliliğinin yol kenarından uzaklaştıkça azaldığı 40 m'den sonra normal değerlere indiğini tespit etmişlerdir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Çalışma Alanı

Türkiye'nin Ortadoğu'ya açılan en önemli uluslararası taşımacılık yolu olan Antakya-Cilvegözü uluslararası karayolu Hatay İli sınırları içerisinde yer almaktadır. 48,5 km uzunluğunda, rakımı (deniz seviyesinden yüksekliği) 301 metre, $36^{\circ} 14' 8,9808''$ ve $36^{\circ} 39' 47,6856''$ GPS koordinatlarına sahiptir.

3.2. Örnek Toplama

Antakya-Cilvegözü karayolunun belirlenen 8 farklı noktasının sağ ve sol tarafından yola 25, 100, 500 m ve 1 km uzaklıkta olacak şekilde, 0-30 cm derinlikten toplam 64 toprak ve 4 pamuk, 4 mısır ve 4 ayçiçeği bitkisi örneği alınmış ve plastik poşetlere konularak laboratuvara getirilmiştir.

3.3. Örneklerin Hazırlanması

Toprak örnekleri, açık havada kurutulduktan sonra, havanda dövülerek homojen hale getirilmiştir. Daha sonra analiz türüne uygun çaptaki paslanmaz çelik elekten geçirilmiştir.

Bitki örnekleri ise; iyice temizlendikten sonra etüv kullanılarak kurutulmuştur. Ardından öğütülerek homojenize edilmiştir [14].

3.4. Metot

Toprak örneklerindeki ağır metaller, DTPA çözeltisi [(1:2); (G:V)] ile ekstrakte edilmiş ve ICP-OES cihazı kullanılarak analiz edilmiştir [15]. Bitki örneklerindeki ağır metaller; nitrik asit: hidrojen peroksit ($\text{HNO}_3:\text{H}_2\text{O}$) karışımı [(8:2) (V:V)] kullanılarak mikrodalga fırında yakılmış ve ICP-OES cihazıyla analiz edilmiştir.

Ayrıca toprak örneklerinde; kalsimetre yöntemiyle volümetrik olarak % kireç [16], modifiye edilmiş Walkley-Black metoduyla % organik madde [17], 1:2,5 (w/v) toprak: su süspansiyonunda kombine elektrotlu pH metre ile pH [18] ve Bouyoucos Hidrometre yöntemi ile bünye analizleri [19] gibi rutin fizikokimyasal analizler de yapılmıştır.

3.4. ICP-OES Optimizasyonu

Ağır metal analizleri ICP-OES cihazıyla yapılmıştır. Her bir ağır metal elementine ait korelasyon katsayısı (R^2), dedeksiyon limiti (LOD) ve tayin sınırı (LOQ) değerleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Ağır metallerin R^2 , LOD ve LOQ değerleri

| Ağır Metal | Korelasyon Katsayısı (R^2) | LOD (mg/kg) | LOQ (mg/kg) |
|------------|--------------------------------|-------------|-------------|
| Fe | 0,999 | 0,343 | 1,142 |
| Zn | 0,996 | 0,705 | 2,348 |
| Cd | 0,997 | 0,115 | 0,382 |
| Cu | 0,999 | 0,256 | 0,852 |
| Co | 0,999 | 0,202 | 0,673 |
| Ni | 0,999 | 0,118 | 0,393 |
| Al | 0,999 | 0,013 | 0,041 |
| Mn | 0,999 | 0,059 | 0,196 |
| Pb | 0,999 | 0,088 | 0,293 |
| Cr | 0,999 | 0,010 | 0,034 |

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Avrupa ülkeleri ağır metal sınır değerleri Çizelge 2, Türkiye Çevre ve Orman Genel Müdürlüğü'nün toprakta müsaade edilen ağır metal sınır değerleri Çizelge 3 ve WHO/FAO'nun bitkilerde müsaade ettiği ağır metal sınır değerleri Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 2. Avrupa ülkeleri ağır metal sınır değerleri (mg/kg) [20]

| Ülke | Ülke Kalite Std. | Cd | Cr | Cu | Ni | Pb | Zn |
|-----------|-----------------------|-----|-----|-----|----|-----|-----|
| Belçika | Tarım Bak. 'lığı | 1,5 | 70 | 90 | 20 | 120 | 300 |
| Almanya | Biyotik Yönet. Tip II | 1,5 | 100 | 100 | 50 | 150 | 400 |
| İrlanda | Taslak | 1,5 | 100 | 100 | 50 | 150 | 350 |
| Hollanda | İkinci Sınıf Kompost | 1 | 50 | 60 | 20 | 100 | 200 |
| İspanya | A sınıfı | 2 | 100 | 100 | 60 | 150 | 400 |
| İsveç | Kalite Güvence Org. | 1 | 100 | 100 | 50 | 100 | 300 |
| İngiltere | TCA Kalite Etiketi | 1,5 | 100 | 200 | 50 | 150 | 400 |

Çizelge 3. Türkiye ağır metal sınır değerleri (mg/kg) [21].

| Ağır Metal | pH 5-6 (mg/kg kuru toprak) | pH>6 (mg/kg kuru toprak) |
|------------|----------------------------|--------------------------|
| Pb | 50 | 300 |
| Cd | 1 | 3 |
| Ni | 30 | 75 |
| Cr | 100 | 100 |
| Co | 80 | 80 |
| Cu | 50 | 140 |
| Fe | 4,5 | 4,5 |
| Zn | 150 | 300 |
| Mn | 70 | 70 |

Çizelge 4. FAO/WHO'nun bitkilerde kabul ettiği ağır metal sınır değerleri (mg/kg) [22]

| Ağır Metal | Sınır Değer (mg/kg) |
|------------|---------------------|
| Pb | 2 |
| Cd | 0,5 |
| Ni | 5 |
| Cr | 0,5 |
| Cu | 5 |
| Fe | 30 |
| Zn | 50 |

4.1. Toprak Örneklerinin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Toplanan toprak örneklerinin fiziksel ve kimyasal analizlerinin sonuçlarına göre; pH 7,5 ile 8,6 arasında; kireç %15,0 ile %35,8 arasında ve organik madde %1,50 ile %4,31 arasında değişmektedir. Araştırmada kullanılan toprak örneklerinin çoğunluğu nötr ve hafif alkalin reaksiyonlu, büyük bir bölümü ise az kireçlidir.

Organik madde içerikleri genellikle yetersizdir. Toprak örneklerinin tekstürleri Kumlu Killi Tın'dan, Kumlu Kil'e kadar geniş bir varyasyona sahiptir.

4.2. Toprak Örneklerinin Ağır Metal İçerikleri

Analizi yapılan toprak ve bitki örneklerinin ağır metal içerikleri Çizelge 5 (a ve b) ve 6'da (standart sapmalarıyla) verilmiştir.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Çalışma sonucunda; toprak örneklerinin ağır metal içerikleri

Pb 0,130-0,780 mg/kg, Cd 0-0,265 mg/kg, Ni 0,370-3,97 mg/kg, Cr 0-0,120 mg/kg, Co 0-1,83 mg/kg, Al 0-0,700 mg/kg, Fe 1,45-22,8 mg/kg, Cu 0,385-5,43 mg/kg, Mn 1,96-27 mg/kg ve Zn 0-4,26 mg/kg, bitki örneklerinin ağır metal içerikleri de Pb 0-0,155 mg/kg, Cd 0-0,105 mg/kg, Ni 0,100-3,53 mg/kg, Cr 0,0 mg/kg, Co 0,0 mg/kg, Al 0,0 mg/kg, Fe 5,60-25,0 mg/kg, Cu 0,121-4,48 mg/kg, Mn 2,35-15,4 mg/kg, Zn 0,554-6,75 mg/kg olarak bulunmuştur.

Analizi yapılan toprak ve bitki örneklerinin ağır metal değerleri, müsaade edilen ağır metal sınır değerleri (Çizelge 2, 3 ve 4) ile karşılaştırıldığında genel olarak normal sınırlar içerisinde olduğu tespit edilmiştir. Sadece topraktaki Fe elementinin sınır değerlerin üzerinde olduğu görülmektedir. Ayrıca Fe elementi dışındaki diğer tüm elementlerin karayolundan uzaklaştıkça miktarlarında düşüş olduğu gözlemlenmiştir.

Fakat bitki örneklerinde; Fe, Cu, Mn ve Zn değerlerinin rastgele değişkenlik gösterdiği, Pb, Cd ve Ni değerlerinin tıpkı toprak örneklerinde olduğu gibi karayolundan uzaklaştıkça azaldığı, Cr, Co ve Al'un ise hiç olmadığı tespit edilmiştir.

Yapılan bu çalışma topraktaki Fe, bitkideki Fe, Cu, Mn ve Zn varlığının tarımsal faaliyetler ve geriye kalan Pb, Cd, Ni gibi ağır metallerin var olma sebebinin karayolu trafiği olduğunu ortaya koymuştur.

Çizelge 5.a. Toprak örneklerinin ağır metal analiz sonuçları (mg/kg)

| Örnek Bölgesi | Karayoluna Uzaklık | Pb | Cd | Ni | Cr | Co | Al | Fe | Cu | Mn | Zn |
|-------------------------------|--------------------|------------|------------|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|------------|
| Bölge 1 (Karayolu sağ tarafı) | 25 m | 0,770±0,04 | 0,265±0,04 | 3,57±0,13 | 0,095±0,05 | 1,83±0,08 | 0,700±0,05 | 16,2±1,18 | 5,23±0,12 | 27,0±0,34 | 4,26±0,15 |
| | 100 m | 0,740±0,01 | 0,250±0,03 | 3,50±0,15 | - | 1,76±0,11 | 0,652±0,06 | 17,3±0,48 | 5,20±0,21 | 25,2±0,77 | 4,03±0,11 |
| | 500 m | 0,550±0,01 | 0,221±0,01 | 3,01±0,16 | - | 1,65±0,13 | 0,641±0,07 | 15,3±1,10 | 3,46±0,16 | 24,9±0,34 | 3,95±0,08 |
| | 1 km | 0,480±0,03 | 0,192±0,05 | 3,05±0,11 | - | 1,60±0,11 | 0,603±0,11 | 15,6±0,19 | 4,05±0,19 | 23,5±0,17 | 4,01±0,13 |
| Bölge 1 (Karayolu sol tarafı) | 25 m | 0,780±0,06 | 0,260±0,03 | 3,97±0,11 | 0,100±0,05 | 1,75±0,09 | 0,700±0,06 | 16,0±0,50 | 5,43±0,31 | 27,0±0,51 | 4,26±0,16 |
| | 100 m | 0,750±0,01 | 0,240±0,05 | 3,65±0,09 | - | 1,71±0,13 | 0,695±0,05 | 18,5±0,38 | 5,10±0,18 | 25,2±0,64 | 4,11±0,06 |
| | 500 m | 0,630±0,03 | 0,180±0,02 | 3,60±0,16 | - | 1,65±0,15 | 0,690±0,08 | 15,1±1,12 | 5,00±0,11 | 24,9±0,71 | 4,05±0,05 |
| | 1 km | 0,550±0,02 | 0,180±0,03 | 3,59±0,13 | - | 1,58±0,16 | 0,700±0,08 | 13,6±0,35 | 4,45±0,21 | 23,0±0,65 | 3,96±0,08 |
| Bölge 2 (Karayolu sağ tarafı) | 25 m | 0,552±0,01 | 0,030±0,01 | 0,600±0,05 | - | - | - | 5,47±0,11 | 1,88±0,02 | 2,87±0,18 | 0,148±0,03 |
| | 100 m | 0,550±0,03 | - | 0,660±0,03 | - | - | - | 4,34±0,17 | 1,88±0,06 | 2,38±0,12 | 0,111±0,06 |
| | 500 m | 0,451±0,05 | - | 0,530±0,05 | - | - | - | 5,38±0,25 | 1,57±0,09 | 2,01±0,16 | 0,101±0,05 |
| | 1 km | 0,490±0,03 | - | 0,500±0,15 | - | - | - | 1,45±0,11 | 1,53±0,04 | 1,96±0,21 | 0,101±0,01 |
| Bölge 2 (Karayolu sol tarafı) | 25 m | 0,581±0,01 | 0,220±0,01 | 1,30±0,16 | - | 0,780±0,08 | 0,450±0,09 | 9,15±0,16 | 3,14±0,21 | 16,1±0,13 | 3,01±0,07 |
| | 100 m | 0,551±0,03 | 0,200±0,02 | 1,23±0,13 | - | 0,650±0,14 | 0,410±0,08 | 8,71±0,25 | 2,99±0,16 | 16,0±0,21 | 3,00±0,13 |
| | 500 m | 0,500±0,02 | 0,175±0,05 | 1,15±0,13 | - | 0,640±0,09 | 0,350±0,01 | 10,1±0,13 | 3,05±0,21 | 15,5±0,16 | 2,91±0,11 |
| | 1 km | 0,450±0,01 | 0,150±0,03 | 1,00±0,10 | - | 0,650±0,13 | 0,305±0,15 | 6,55±0,35 | 2,85±0,19 | 14,5±0,09 | 2,85±0,16 |
| Bölge 3 (Karayolu sağ tarafı) | 25 m | 0,450±0,01 | 0,155±0,04 | 0,511±0,06 | 0,010±0,005 | 0,25±0,08 | - | 6,32±0,18 | 2,01±0,16 | 8,58±0,16 | - |
| | 100 m | 0,510±0,01 | 0,150±0,06 | 0,505±0,05 | - | 0,21±0,05 | - | 3,83±0,08 | 1,50±0,15 | 7,92±0,27 | - |
| | 500 m | 0,420±0,04 | 0,121±0,01 | 0,414±0,07 | - | - | - | 7,24±0,16 | 1,26±0,21 | 7,89±0,14 | - |
| | 1 km | 0,380±0,03 | 0,112±0,03 | 0,370±0,11 | - | - | - | 5,61±0,19 | 1,25±0,19 | 7,51±0,17 | - |
| Bölge 3 (Karayolu sol tarafı) | 25 m | 0,562±0,04 | 0,100±0,03 | 0,630±0,16 | - | - | - | 3,62±0,15 | 1,93±0,04 | 6,10±0,17 | 0,190±0,05 |
| | 100 m | 0,560±0,02 | 0,080±0,01 | 0,600±0,06 | - | - | - | 3,43±0,25 | 1,86±0,03 | 4,51±0,13 | 0,160±0,03 |
| | 500 m | 0,551±0,06 | - | 0,560±0,05 | 0,120±0,01 | - | - | 4,09±0,16 | 1,61±0,07 | 4,05±0,21 | 0,160±0,03 |
| | 1 km | 0,510±0,03 | - | 0,510±0,13 | 0,116±0,05 | - | - | 3,29±0,21 | 1,56±0,05 | 3,86±0,18 | 0,110±0,01 |
| Bölge 4 (Karayolu sağ tarafı) | 25 m | 0,182±0,03 | 0,085±0,01 | 1,23±0,15 | - | - | 0,080±0,03 | 5,47±0,21 | 1,87±0,09 | 13,5±0,10 | - |
| | 100 m | 0,150±0,05 | 0,055±0,03 | 1,21±0,10 | - | - | 0,065±0,02 | 3,34±0,18 | 1,81±0,11 | 13,4±0,12 | - |
| | 500 m | 0,131±0,01 | 0,065±0,01 | 1,15±0,05 | - | - | 0,060±0,01 | 5,68±0,25 | 1,65±0,08 | 13,1±0,16 | - |
| | 1 km | 0,130±0,04 | 0,035±0,01 | 1,13±0,05 | - | - | 0,051±0,01 | 4,47±0,21 | 1,50±0,13 | 12,8±0,21 | - |
| Bölge 4 (Karayolu sol tarafı) | 25 m | 0,411±0,03 | - | 1,21±0,15 | - | - | - | 5,03±0,10 | 1,15±0,03 | 13,8±0,13 | 0,750±0,06 |
| | 100 m | 0,400±0,01 | - | 1,15±0,03 | - | - | - | 3,96±0,29 | 1,10±0,05 | 14,4±0,16 | 0,510±0,01 |
| | 500 m | 0,300±0,02 | - | 1,14±0,01 | - | - | - | 4,42±0,36 | 1,03±0,04 | 12,1±0,11 | 0,440±0,03 |
| | 1 km | 0,260±0,01 | - | 1,05±0,06 | - | - | - | 4,56±0,26 | 1,01±0,05 | 13,1±0,09 | 0,415±0,05 |

Çizelge 5.b. Toprak örneklerinin ağır metal analiz sonuçları (mg/kg)

| Örnek Bölgesi | Karayoluna Uzaklık | Pb | Cd | Ni | Cr | Co | Al | Fe | Cu | Mn | Zn |
|----------------------------------|--------------------|------------|------------|------------|-------------|------------|------------|-----------|------------|-----------|-----------|
| Bölge 5 (Karayolu sağ tarafı) | 25 m | 0,450±0,01 | 0,155±0,04 | 0,511±0,06 | 0,010±0,005 | 0,25±0,08 | - | 6,32±0,18 | 2,01±0,16 | 8,58±0,16 | - |
| | 100 m | 0,510±0,01 | 0,150±0,06 | 0,505±0,05 | - | 0,21±0,05 | - | 3,83±0,08 | 1,50±0,15 | 7,92±0,27 | - |
| | 500 m | 0,420±0,04 | 0,121±0,01 | 0,414±0,07 | - | - | - | 7,24±0,16 | 1,26±0,21 | 7,89±0,14 | - |
| | 1 km | 0,380±0,03 | 0,112±0,03 | 0,370±0,11 | - | - | - | 5,61±0,19 | 1,25±0,19 | 7,51±0,17 | - |
| Bölge 5 (Karayolu sol tarafı) | 25 m | 0,480±0,02 | 0,155±0,04 | 0,485±0,06 | - | 0,21±0,05 | - | 4,56±0,31 | 2,10±0,19 | 8,16±0,15 | - |
| | 100 m | 0,400±0,06 | 0,150±0,06 | 0,415±0,10 | - | 0,20±0,08 | - | 3,76±0,16 | 1,85±0,13 | 8,00±0,13 | - |
| | 500 m | 0,350±0,01 | 0,121±0,01 | 0,385±0,03 | - | 0,06±0,01 | - | 5,21±0,33 | 1,35±0,10 | 7,91±0,16 | - |
| | 1 km | 0,400±0,02 | 0,112±0,03 | 0,370±0,05 | - | - | - | 4,76±0,16 | 1,30±0,12 | 7,65±0,08 | - |
| Bölge 6 (Karayolu sağ tarafı) | 25 m | 0,261±0,03 | - | 1,75±0,15 | - | - | - | 15,3±0,30 | 0,730±0,06 | 5,65±0,10 | - |
| | 100 m | 0,255±0,01 | - | 1,73±0,10 | - | - | - | 16,2±0,26 | 0,640±0,11 | 5,16±0,15 | - |
| | 500 m | 0,232±0,03 | - | 1,65±0,15 | - | - | - | 16,3±0,21 | 0,460±0,11 | 5,16±0,11 | - |
| | 1 km | 0,201±0,05 | - | 1,63±0,19 | - | - | - | 17,6±0,43 | 0,385±0,10 | 5,05±0,05 | - |
| Bölge 6 (Karayolu sol tarafı) | 25 m | 0,301±0,03 | - | 1,65±0,15 | - | - | - | 13,6±0,61 | 0,390±0,05 | 6,35±0,15 | - |
| | 100 m | 0,250±0,06 | - | 1,76±0,11 | - | - | - | 13,3±0,45 | 0,650±0,09 | 5,15±0,21 | - |
| | 500 m | 0,212±0,03 | - | 1,70±0,16 | - | - | - | 12,5±0,36 | 0,510±0,07 | 5,00±0,16 | - |
| | 1 km | 0,181±0,04 | - | 1,65±0,09 | - | - | - | 13,5±0,35 | 0,430±0,04 | 5,00±0,11 | - |
| Bölge 7 (Karayolu sağ tarafı) | 25 m | 0,182±0,03 | 0,085±0,01 | 1,23±0,15 | - | - | 0,080±0,03 | 5,47±0,21 | 1,87±0,09 | 13,5±0,10 | - |
| | 100 m | 0,150±0,05 | 0,055±0,03 | 1,21±0,10 | - | - | 0,065±0,02 | 3,34±0,18 | 1,81±0,11 | 13,4±0,12 | - |
| | 500 m | 0,131±0,01 | 0,065±0,01 | 1,15±0,05 | - | - | 0,060±0,01 | 5,68±0,25 | 1,65±0,08 | 13,1±0,16 | - |
| | 1 km | 0,130±0,04 | 0,035±0,01 | 1,13±0,05 | - | - | 0,051±0,01 | 4,47±0,21 | 1,50±0,13 | 12,8±0,21 | - |
| Bölge 7 (Karayolu sol tarafı) | 25 m | 0,202±0,02 | 0,090±0,01 | 1,30±0,18 | - | - | 0,110±0,03 | 3,06±0,18 | 1,50±0,13 | 15,6±0,41 | - |
| | 100 m | 0,190±0,02 | 0,060±0,03 | 1,25±0,15 | - | - | 0,100±0,03 | 2,51±0,17 | 1,94±0,14 | 14,5±0,35 | - |
| | 500 m | 0,151±0,06 | - | 1,05±0,13 | - | - | 0,080±0,03 | 2,34±0,13 | 1,84±0,11 | 13,2±0,91 | - |
| | 1 km | 0,130±0,05 | - | 1,08±0,01 | - | - | 0,050±0,01 | 3,48±0,21 | 1,61±0,08 | 12,9±0,61 | - |
| Bölge 8 (Karayolu sağ tarafı) | 25 m | 0,751±0,05 | 0,161±0,01 | 2,83±0,25 | 0,010±0,001 | 0,681±0,07 | 0,651±0,01 | 22,8±0,61 | 4,14±0,08 | 17,3±0,11 | 1,40±0,01 |
| | 100 m | 0,732±0,06 | 0,153±0,03 | 2,80±0,11 | 0,010±0,005 | 0,655±0,05 | 0,645±0,03 | 19,8±0,44 | 4,10±0,05 | 17,0±0,10 | 1,35±0,03 |
| | 500 m | 0,685±0,03 | 0,150±0,01 | 2,75±0,23 | - | 0,650±0,05 | 0,640±0,03 | 18,4±0,53 | 3,95±0,03 | 17,0±0,13 | 1,33±0,03 |
| | 1 km | 0,655±0,03 | 0,149±0,01 | 2,75±0,13 | - | 0,556±0,05 | 0,640±0,01 | 17,6±0,49 | 3,94±0,04 | 16,9±0,11 | 1,25±0,01 |
| Bölge 8 (Karayolu sol tarafı) | 25 m | 0,651±0,03 | 0,150±0,01 | 2,83±0,25 | - | 0,680±0,07 | 0,680±0,05 | 20,1±0,65 | 4,23±0,07 | 17,3±0,29 | 1,35±0,06 |
| | 100 m | 0,640±0,06 | 0,140±0,03 | 2,80±0,11 | - | 0,650±0,05 | 0,610±0,05 | 19,2±0,53 | 4,01±0,21 | 16,5±0,18 | 1,21±0,11 |
| | 500 m | 0,600±0,04 | 0,150±0,01 | 2,75±0,23 | - | 0,640±0,06 | 0,510±0,08 | 18,8±0,73 | 3,93±0,18 | 15,4±0,31 | 1,20±0,05 |
| | 1 km | 0,555±0,05 | 0,100±0,05 | 2,75±0,13 | - | 0,560±0,05 | 0,500±0,09 | 17,7±0,65 | 3,85±0,16 | 14,0±0,43 | 1,05±0,08 |

Çizelge 6. Bitki örneklerinin ağır metal analiz sonuçları (mg/kg)

| Örnek Adı | Karayoluna Uzaklık | Pb | Cd | Ni | Cr | Co | Al | Fe | Cu | Mn | Zn |
|-----------|--------------------|------------|------------|------------|----|----|----|-----------|-----------|------------|------------|
| Pamuk | 25 m | 0,155±0,10 | 0,105±0,01 | 3,53±0,15 | - | - | - | 25,0±0,42 | 4,03±0,20 | 15,35±0,20 | 0,554±0,05 |
| | 100 m | 0,155±0,08 | 0,095±0,04 | 2,73±0,10 | - | - | - | 16,4±0,34 | 3,93±0,15 | 13,55±0,15 | 0,680±0,07 |
| | 500 m | 0,141±0,07 | 0,065±0,01 | 2,85±0,13 | - | - | - | 18,2±0,35 | 3,85±0,13 | 15,40±0,31 | 0,645±0,03 |
| | 1 km | 0,132±0,13 | 0,055±0,01 | 1,77±0,05 | - | - | - | 19,4±0,49 | 3,77±0,15 | 14,00±0,43 | 0,570±0,05 |
| Mısır | 25 m | 0,150±0,07 | 0,085±0,01 | 1,75±0,15 | - | - | - | 22,1±0,45 | 3,53±0,15 | 15,30±0,20 | 6,75±0,25 |
| | 100 m | 0,145±0,05 | 0,055±0,05 | 1,73±0,10 | - | - | - | 17,2±0,30 | 2,73±0,10 | 11,35±0,15 | 6,45±0,23 |
| | 500 m | 0,131±0,04 | 0,065±0,05 | 2,01±0,15 | - | - | - | 18,8±0,73 | 2,45±0,13 | 14,40±0,31 | 6,65±0,20 |
| | 1 km | 0,115±0,06 | 0,045±0,09 | 1,70±0,10 | - | - | - | 17,0±0,50 | 2,77±0,05 | 13,05±0,23 | 6,70±0,15 |
| Ayçiçeği | 25 m | 0,155±0,04 | 0,095±0,01 | 0,850±0,03 | - | - | - | 14,8±0,41 | 4,48±0,13 | 2,35±0,20 | 4,35±0,03 |
| | 100 m | 0,150±0,06 | 0,095±0,03 | 0,870±0,05 | - | - | - | 10,8±0,44 | 4,33±0,10 | 3,15±0,10 | 5,68±0,25 |
| | 500 m | 0,121±0,01 | 0,085±0,06 | 0,950±0,15 | - | - | - | 11,4±0,53 | 3,85±0,13 | 5,10±0,30 | 3,45±0,20 |
| | 1 km | 0,112±0,03 | 0,080±0,04 | 0,830±0,10 | - | - | - | 5,60±0,49 | 3,82±0,15 | 4,00±0,23 | 3,90±0,14 |

Yukarıdaki bilgiler ışığında analizi yapılan Antakya-Cilvegözü Karayolu etrafındaki tarım arazilerinin ve bu topraklarda yetişen bitkilerin şuan için önlem gerektiren herhangi bir ağır metal kirliliğine sahip olmadığı görülmektedir. Fe elementi miktarının sınır değerinin biraz üzerinde olması, bitkiler için gerekli bir besin elementi olduğu göz önünde bulundurulduğunda herhangi bir sorun teşkil etmediği kabul edilmektedir. Ancak belirli zaman aralıklarında bu tarz çalışmaların tekrar edilerek ağır metal birikiminin zamanla olası değişimi incelenmeli ve gerektiğinde önlemler alınmalıdır.

5. KAYNAKLAR

1. Mater, B., 1998. Toprak Coğrafyası. İstanbul: Çantay Kitabevi.
2. İlkılıç, C., Behcet, R., 2006. Hava Kirliliğinin İnsan Sağlığı ve Çevre Üzerindeki Etkisi. Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları, 5(1): 66-72.
3. Haktanır, K., Arcak, S., 1998. Çevre Kirliliği. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, Ankara. Yayın No: 1503.
4. Li, X., Liu, P.S., 2001. Heavy Metal Contamination of Urban Soils and Street Dusts in Hong Kong. Applied Geochemistry 16: 1361-1368.
5. Karataş, M., Güler, E., Dursun, Ş., Özdemir, C., Argun, M.E., 2007. Konya Ana Tahliye Kanalının Çengilli Bölgesi Tarım Topraklarında ve Buğdayda Cu, Cr, Ni ve Pb

Derişimlerinin Belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Dergisi, Sayı 29, 91- 99.

6. Zincirlioğlu, N., 2013. Investigation of the Heavy Metal Contents of Some Agricultural Lands in the Region of Manisa-Akhisar. Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi, 50 (3), 333-339.
7. Özkan, A., Sungur, Ş., Özkan, V., Birses, H., 2017. Heavy Metal Pollution Around International Hatay Airport. Natural and Engineering Sciences an International Journal. Volume 2, No 1, 18-24.
8. Karaçağıl, D., 2013. İstanbul'da Belirlenmiş Sahil Şeritlerinde Toprak Kalitesi ve Ağır Metal Kirliliği, adlı Yüksek Lisans Tezi. Bahçeşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi Programı, İstanbul.
9. Knezevic, M., Stankovic, D., Krstic, B., Nikolic, M. S., Dragica, V., 2009. Concentrations of Heavy Metals in Soil and Leaves of Plant Species Paulownia Elongata S.Y.Hu and Paulownia Fortunei Hemsl. African Journal of Biotechnology. 8 (20): 5422-5429.
10. Tao, S.G., Lou, C.Z., Yuan, X.S., Li, W., Ju, Z., Wen, H.L., 2007. Characteristics of Heavy Metal Pollution in Soil and Dust of Urban Parks in Shanghai. Environmental Science, 53: 250-330.
11. Möller, A., Müler, H.W., Abdullah, A., Abdelgawad, G., Uterman, J., 2004. Urban Soil

- Pollution in Damascus Ghovta. *Geoderma*, 124: 63-71.
12. Sezgin, N., Ozcan, H.K., Demir, G., Nemlioglu, S., Bayat, C., 2003. Determination of Heavy Metal Concentrations in Street Dusts in Istanbul E-5 Highway. *Environment International*, 29: 973-985.
 13. Haktanır, K., Arcak, S., Erpul, G., 1995. Yol Kenarlarındaki Topraklarda Trafikten Kaynaklanan Ağır Metallerin Birikimi. *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences*, 19: 423-431.
 14. Kacar, B., Katkat, V., Öztürk, Ş., 2013. *Vegetable Physiology*. Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim ve Danışmanlık Ltd. Şti. Ankara. Türkiye.
 15. Lindsay, W.L., Norwell, W.A., 1978. Development of DTPA Soil Test Zinc Iron, Manganese and Copper. *Soil Science Society of American Journal*, 42, 421-428.
 16. Loeppert, R.H., Hallmark, C.T., Koshy, M.M., 1996. Routine Procedure for Rapid Determination of Soil Carbonates. *Soil Science Society of American Journal*, 48, 1030-1033.
 17. Nelson, D.W., Sommers, L.E., 1982. Total carbon, Organic Carbon, and Organic Matter. In *Methods of Soil Analysis*, 2nd edn, Edited by: Page, A.L. 539-579. Madison, Wisconsin: American Society of Agronomy. Part 2.
 18. Demiralay, İ., 1993. Toprak Fiziksel Analizleri. Atatürk Üniversitesi. Yayın. No: 143. Erzurum. 90-95.
 19. Gee, G.W., Hortage, K.H., 1986. Particle- Size Analysis. *Methods of Soil Analysis*. Part 1. Physical and Mineralogical Methods Second Edition. Agronomy No: 9, 383-441.
 20. Öztürk, M., Bildik, B., 2005. Hayvan Çiftliklerinde Kompost Üretimi. Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara.
 21. Anonim, 2005. Resmi Gazete. Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği. Sayı: 25831, Tarih: 31.05.2005.
 22. FAO/WHO Codex Alimentarius International Food Standards Codex Stan-179, 2003. Codex Alimentarius commission.

