



## Toprak ve Bitkilerde Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması: Bayburt İli Örneği

Sinan KUL<sup>1\*</sup> Volkan GÜL<sup>2</sup> İbrahim CENGİZ<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Bayburt Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Acil Yardım ve Afet Yönetimi Bölümü, Bayburt, Türkiye

<sup>2</sup> Bayburt Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Organik Tarım İşletmeciliği Bölümü, Bayburt, Türkiye

<sup>3</sup> Bayburt Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Acil Yardım ve Afet Yönetimi Bölümü, Bayburt, Türkiye

Geliş Tarihi: 22.12.2020

Kabul Tarihi: 31.03.2021

Basım Tarihi: 30.06.2021

Atıf yapmak için: Kul, S., Gül, V. & Cengiz, İ. (2021). Toprak ve Bitkilerde Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması: Bayburt İli Örneği. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 6(2), 195-203.

How to cite: Kul, S., Gül, V. & Cengiz, İ. (2021). Investigation of Heavy Metal Pollution in Soil and Plants: The Case of Bayburt Province. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 6(2), 195-203.

\*ID: <https://orcid.org/0000-0002-7824-756X>  
ID: <https://orcid.org/0000-0003-4899-2822>  
ID: <https://orcid.org/0000-0003-3171-6629>

**\*Sorumlu yazarın:**

Sinan KUL  
Bayburt Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler  
Fakültesi, Acil Yardım ve Afet Yönetimi  
Bölümü, Bayburt, Türkiye  
✉: [sinankul@bayburt.edu.tr](mailto:sinankul@bayburt.edu.tr)

**Öz:** Alternatif tıpta yaygın olarak kullanılan bitkilerden biri olan sarı kantron (*Hypericum perforatum* L.) karayolları güzergahlarında yaygın olarak yetişmek, ancak insanlar tarafından çevre kirliliğinin yaratabileceği olumsuz etkiler dikkate alınmadan, bilinçsiz bir şekilde toplanarak tedavi amaçlı kullanılmaktadır. Bu çalışma, Bayburt ilinde yol kenarlarında doğal olarak yetişen *Hypericum perforatum* L. ve yetiştiği toprağın çevresel faktörlere bağlı olarak ağır metal kirliliğini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Bu amaçla, *Hypericum perforatum* L. bitkisinin yoğun olarak yetiştiği ana bağlantı yolları boyunca 10 farklı noktadan bitki ve toprak örnekleri alınmış ve bu örneklerde Agilent 7800 ICP-MS marka endüktif eşleşmiş plazma kütle spektrometresi kullanılarak Mg, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Cd ve Pb ağır metallerinin analizleri yapılmıştır. Örneklerin analizleri sonucunda numune alınan bütün noktalarda en yüksek konsantrasyonlar Mg için ölçülmüştür. Bitki örneklerinin ağır metal içeriği incelendiğinde, yerleşim birimlerinin etkisinde ve Bayburt-Erzincan karayolu üzerinde bulunan A9 noktasında belirlenen Zn haricinde diğer elementlerin normal sınırlar içerisinde olduğu, toprak örneklerinin ağır metal içeriği incelendiğinde ise şehir merkezinde ve Erzurum-Trabzon karayolu üzerinde bulunan A1 ve A2 noktalarında belirlenen Ni haricinde diğer ağır metallerin sınır değerlerin altında olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen veriler sanayileşmenin olmadığı Bayburt ilinde ağır metal kirliliğinin gözardı edilmemesi ve bu tür çalışmaların belirli sıklıklarda tekrarlanarak kirlenmenin arttığı bölgelerde uygun doğal arıtma yöntemlerinin belirlenmesinde kullanılabileceğini göstermektedir.

**Anahtar kelimeler:** Ağır metaller, Bayburt, *Hypericum perforatum* L., sarı kantaron, karayolları.

## Investigation of Heavy Metal Pollution in Soil and Plants: The Case of Bayburt Province

**Abstract:** Yellow canthron (*Hypericum perforatum* L.), one of the plants widely used in alternative medicine, is widely grown on highways, but it is unconsciously collected and used for treatment by people without considering the negative effects of environmental pollution. This study was conducted to determine the heavy metal pollution of *Hypericum perforatum* L., which grows naturally on the roadside in Bayburt province, and the soil where it grows, depending on environmental factors. For this purpose, plant and soil samples were taken from 10 different points along the main connection roads where the *Hypericum perforatum* L. plant is densely grown and in these samples, using Agilent 7800 ICP-MS brand inductively coupled plasma mass spectrometer, Mg, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, The heavy metals of Cu, Zn, Cd and Pb were analyzed. As a result of the analysis of the samples, the highest concentrations were measured for Mg at all sampled points. When the heavy metal content of the plant samples was examined, it was found that other elements except Zn determined at the A9 point on the Bayburt-Erzincan highway were within normal limits, under the influence of the settlements, and when the heavy metal content of the soil samples was examined, it was determined at the A1 and A2 points on the Erzurum-Trabzon highway It has been determined that other heavy metals except Ni are below the limit values. The data obtained show that heavy metal pollution should not be ignored in the province of Bayburt, where there is no industrialization, and that such studies can be used to determine the appropriate natural treatment methods in regions where pollution is increased by repeating certain studies.

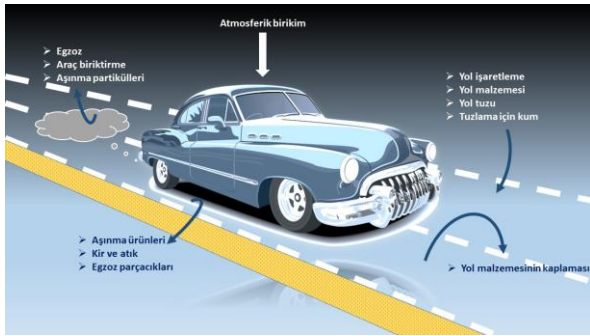
**\*Corresponding author's:**

Sinan KUL  
Bayburt University, Applied Science Faculty,  
Department of Emergency Aid and Disaster  
Management, Bayburt, Turkey  
✉: [sinankul@bayburt.edu.tr](mailto:sinankul@bayburt.edu.tr)

**Keywords:** Bayburt, heavy metals, highways, *Hypericum perforatum* L., St. John's Wort.

## GİRİŞ

Geçmişten günümüze artan nüfusa bağlı olarak klasik yaşam modelinden sanayileşmiş yaşam modeline geçiş hız kazanmıştır. Her ne kadar sanayileşme ve modern tarıma geçiş insanların işini kolaylaştırırsa da doğal kaynakların tahrip edilerek kirlenmesine ve büyük çevre sorunlarına neden olmuştur. Meydana gelen kirlenme toprakların bozulmasına, bitkilerin gelişimine bağlı olarak verimin azalmasına ve bitkilerde oluşan toksik etki nedeniyle doğada bulunan canlı ve insan varlığını ciddi anlamda tehlikeye sokmaktadır. Şekil 1’de görülebileceği üzere özellikle yol kenarlarında veya yola yakın yerlerde yetişen ve alternatif tıpta yaygın olarak kullanılan tıbbi ve aromatik bitkiler trafik kaynaklı egzoz gazları, teker ve araç aşınmaları, çevrede bulunan maden ocakları, bilinçsiz yapılan tarım faaliyetleri gibi etmenlerden dolayı bir takım kirlenmeye maruz kalmaktadırlar (Çelebi & Gök, 2018; Dawson, 2008). Ağır metale maruz kalan bitkilerin canlılar tarafından kullanımı küçük dozda bile olsa ciddi sağlık problemlerine neden olmaktadır (Arıcak vd., 2020; Kırbag Zengin, 2006; Sevik vd., 2020).



Şekil 1. Karayollarında oluşan kirlenmeler ve kaynakları  
Figure 1. Highways pollutants and their sources

Değişik jeolojik oluşumlara bağlı olarak toprak bünyesinde belirli oranlarda değişik elementler bulunsun da insan yoğunluğu ve aktivitelerine bağlı olarak topraktaki element yoğunluğu artış gösterebilmektedir. Yoğunluğu 5 g cm<sup>-3</sup>’ten fazla olan elementlere ağır metal denilmektedir. Topraklarda oluşan başlıca ağır metaller ise Arsenik (As), Krom (Cr), Kadmiyum (Cd), Bakır (Cu), Kurşun (Pb), Mangan (Mn), Civa (Hg), Çinko (Zn), Molibden (Mo), Nikel (Ni) ve Selenyum (Se) elementleridir (Zincircioğlu, 2013).

Alternatif tıpta yaygın olarak travma, yanık, romatizma, ağrı, gastroenterik histeri, depresyon, enflamasyon, anksiyete ile bakteriyel ve viral enfeksiyonların tedavisi için geleneksel ilaç olarak kullanılan bitkilerden bir tanesi olan kantaron genellikle yol kenarları ve yola yakın bölgelerde yetişmektedir (Bouyahya vd., 2019; Božunović vd., 2018; Çakmak & Bayram, 2003). Çiçeklenme döneminde toplanan bitki saf zeytinyağı içerisinde özü çıkarılmak suretiyle kantaron yağı elde

edilmektedir. Ayrıca kurutulmuş çiçekleri çay olarak demlenip içilebilmektedir. Bu noktada toplandığı çevre kirliliğine bağlı olarak kantaron yağına ve çayına bu ağır metaller bulaşabilmektedir.

Toprak kirliliğine neden olan trafik kaynaklı etmenler günümüzde büyük önem kazanmıştır. Yapılan birçok araştırma sonuçları araç geçişinin yoğun olduğu yerlerdeki topraklarda ağır metal birikimi yüksek olurken uzaklaşmaya bağlı olarak azalmaya başlamıştır (Morse vd., 2016; Uwah & John, 2014; Varol, 2011; Zhaoyong vd., 2015). Çevresel kirliliğe bağlı olarak topraklarda yetişen bitkilerin çimlenme, fotosentez, hormonal denge gibi faaliyetleri olumsuz etkilendiğinden gelişimi ve verimi azalmakta, bu topraklardan gelen bitkisel ve hayvansal besin zinciri ile biriken ağır metaller insanlara ulaşmaktadır (Kılıç vd., 2014; Yu vd., 2012). Ağır metallere maruz kalan insanların vücut yapısına bağlı olarak kanser gibi çok ciddi sağlık problemlerine neden olabilmektedir (Guo vd., 2011). Bir takım ağır metalin insan sağlığını olumsuz etkilediği ve çevrede her geçen gün bu ağır metallerin artış gösterdiği yapılan birçok araştırma ile belirlenmiştir (Bernhoft, 2012; Wani vd., 2015). Bu tarz kirlenmiş ortamlarda yetişen tıbbi ve aromatik bitkilerin toplanarak tedavi amaçlı değişik şekillerde kullanılması ile insan vücudunda ağır metal birikiminin değişik sağlık sorunlarına neden olabileceği araştırmacıları tedirgin etmektedir (Sarma vd., 2012). Dünya Sağlık Örgütü (WHO), Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) ve ABD Çevre Koruma Ajansı’nın (US EPA) belirlemiş olduğu bitkilerde ve toprakta müsaade edilen ağır metal sınır değerleri Tablo 1’de verilmiştir (Ediene & Umoetok, 2017; Onyedikachi vd., 2018; Özkan, 2017). Ayrıca ölçümü yapılan ağır metallerden Mg, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu ve Zn bitki ve hayvanlar için gerekli iken Cr, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Cd ve Pb ise kirlenmeye değerlendirebilmektedir (Okcu vd., 2009).

Günümüzde nüfus artışına bağlı olarak trafik yoğunluğu, toprakların ve civarda bulunan bitki örtüsünün yüksek oranda ağır metal ile kirlenmesi önemli bir konu haline gelmiştir. Ülkemiz alternatif tıpta kullanılacak zengin bir tıbbi ve aromatik bitki örtüsüne sahiptir. Dolayısı ile doğadan toplanan bu tür bitkilerin güvenilir bir şekilde kullanılabilmesi için metal içeriklerinin belirlenmesi oldukça önemlidir. Bayburt gibi sanayileşmenin ve konvansiyonel tarımın yoğun olmadığı bölgelerimizde bile maden ocakları ve taşıt yoğunluğuna bağlı olarak bu tür ağır metallerinin görülebileceği göz ardı edilmemelidir. Bu bağlamda bölgesel bazda çalışmaların olmadığı dikkate alınarak Bayburt ve çevresinde bulunan yol kenarlarında doğal olarak yetişen ve tıbbi amaçlı kullanılan kantaron bitkisinden ve toplandığı yerin toprağından örnek numuneler alınarak ağır metal elementlerinin düzeylerini belirleyerek insan sağlığına olumlu veya olumsuz etkisinin belirlenmesi hususunda açıklık getirmeye çalışılmıştır.

**Tablo 1.** WHO/FAO ve US EPA'nın belirlemiş olduğu müsaade edilen ağır metal sınır değerleri.

**Table 1.** Allowed heavy metal limit values determined by WHO/FAO and US EPA.

	WHO ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )		WHO ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	US EPA ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )
	Yenilebilir Bitki	Bitki		Toprak
Mg	-	-	-	-
Cr	-	0,5	0,2	400
Mn	2	-	-	-
Fe	20	30	-	-
Co	-	-	-	-
Ni	-	5	5	-
Cu	3	5	12	200
Zn	47,4	50	60	300
Cd	0,21	0,5	0,5	400
Pb	0,43	2	10	300

## MATERYAL VE METOT

**Çalışma Alanı:** Bu çalışma için çalışma alanı olarak Bayburt ili sınırları içerisinde yer alan, komşu il ve ilçelerle bağlantıyı sağlayan karayolu güzergahları seçilmiştir. 1550 m rakım ve 3739 km<sup>2</sup> yüz ölçümüne sahip Bayburt ili 40° 37' kuzey ve 39° 52' güney enlemi ile 40° 45' doğu ve 39° 37' batı boylamları arasında yer almakta olup Şekil 2'de Bayburt ilinin konumu gösterilmiştir. Çalışmanın gerçekleştirildiği Bayburt ili, Doğu Karadeniz ile Doğu Anadolu'nun kesişme noktasına bulunmakta, karasal iklim özellikleri ağır basan geçiş iklimine sahip ve alternatif tıpta yaygın olarak kullanılan birçok tıbbi ve aromatik bitkiyi bünyesinde barındıran bakir bölgelerimizden bir tanesidir. Her ne kadar sanayileşme ve modern tarımın yaygın olmadığı bölgelerimizden bir tanesi olsa da il sınırları içerisinde Doğu Karadeniz'i Doğu Anadolu'ya bağlayan kara yolu ve çeşitli maden yatakları yer almaktadır.

**Bitki ve Toprak Numuneleri:** Çalışma için kullanılacak bitki ve toprak numuneleri Bayburt ilinin çevre il ve ilçelerle bağlantısını sağlayan karayolları güzergâhından temin edilmiştir. Ağır metal içeriği değerlendirilmesi düşünülen numuneler için bu bağlantı güzergâhları üzerinde Baberti yolu (A1), Sanayi mevki (A2), Maden mevki (A3), Pamuktaş mevki (A4), Demiröz yolu (A5), Nişantaşı mevki (A6), Toki Çaykara yolu (A7), Aydıntepe mevki (A8), Mutlu köyü mevki (A9) ve Eski İspir yolu (A10) olmak üzere 10 nokta belirlenmiş, belirlenen noktaların enlem boylam değerleri Tablo 2'de, harita üzerindeki konumları ise Google Earth Pro ve ArcMap 10.8 programları kullanılarak hazırlanmış olan Şekil 2'de gösterilmiştir.

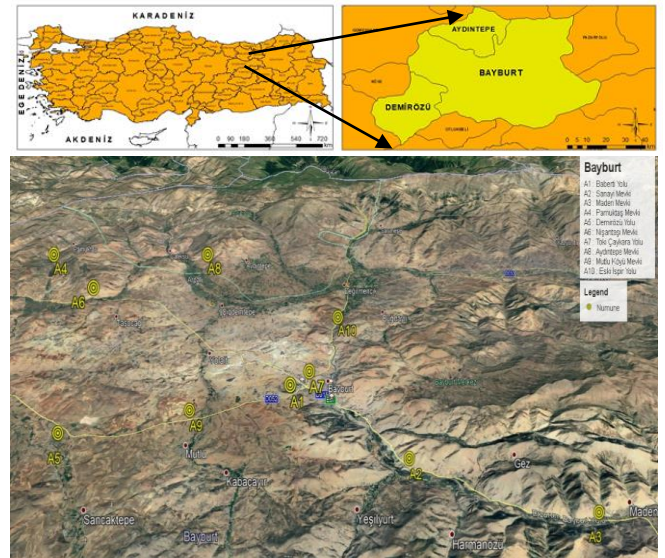
İncelenecek bitki örnekleri Bayburt ilinde bol miktarda bulunan, genellikle yol kenarlarında doğal olarak yetişen ve alternatif tıpta yaygın olarak kullanılan önemli tıbbi bitkilerden sarı kantaron olarak belirlenmiştir. Toprak numuneleri ise aynı noktalardan ve 0-30 cm derinlikten olmak üzere alınarak plastik poşetlere konulmuştur. Ölçüm için temin edilen bitki ve toprak örnekleri güneş görmeyen açık havada kurutulmuş, bitki örnekleri iyice temizlendikten

sonra bitki öğütücü değirmen makinası ile öğütülerek homojenize edilmiş ve nemini iyice kaybetmiş, toprak örnekleri ise havanda dövülerek homojen hale getirilerek analiz türüne uygun çapta çelik eleklerden geçirilerek muhafaza altına alınmıştır (Kacar vd., 2013).

**Tablo 2.** Örnekleme noktalarının coğrafi koordinatları.

**Table 2.** Geographical coordinates of the sampling points.

Gösterge	Çalışma Alanı	Örnek	Enlem (N)	Boylam (E)
A1	Baberti yolu	Bitki-Toprak	40° 15' 6,36"	40° 12' 6,60"
A2	Sanayi mevki	Bitki-Toprak	40° 12' 19,20"	40° 16' 41,49"
A3	Maden mevki	Bitki-Toprak	40° 10' 38,40"	40° 22' 43,50"
A4	Pamuktaş mevki	Bitki-Toprak	40° 23' 12,72"	39° 57' 38,64"
A5	Demiröz yolu	Bitki-Toprak	40° 13' 9,78"	40° 3' 25,14"
A6	Nişantaşı mevki	Bitki-Toprak	40° 20' 41,58"	40° 1' 9,00"
A7	TOKİ Çaykara yolu	Bitki-Toprak	40° 15' 48,30"	40° 12' 52,50"
A8	Aydıntepe mevki	Bitki-Toprak	40° 23' 21,78"	40° 6' 33,30"
A9	Mutlu köyü	Bitki-Toprak	40° 14' 4,40"	40° 8' 10,72"
A10	Eski İspir yolu	Bitki-Toprak	40° 18' 50,52"	40° 14' 8,64"



**Şekil 2.** Çalışma alanının Türkiye haritası üzerindeki konumu ve numune alınan noktalar.

**Figure 2.** The location on Turkey map of the study area and sampled points.

**Kimyasal Analizler:** Bayburt ilinde belirlenen 10 noktadan temin edilen bitki ve toprak örneklerinin ağır metal içeriği Agilent 7800 ICP-MS marka endüktif eşleşmiş plazma kütle spektrometresi kullanılarak belirlenmiştir. Toprak örneklerindeki ağır metaller, 1:2 (W:V)'lik DTPA çözeltisi ile ekstrakte edilmiş ve ICP-OES cihazı kullanılarak analiz edilmiştir. Bitki örneklerindeki ağır metaller; nitrik asit: hidrojen peroksit 8:2 (V:V)'lik HNO<sub>3</sub> ve H<sub>2</sub>O karışımı kullanılarak mikrodalga fırında yakılmış ve ICP-OES cihazıyla analiz edilmiştir.

## BULGULAR

Örnek olarak Bayburt ili ve çevresinde yol kenarlarında doğal olarak yetişen önemli bir tıbbi bitki olan kantaron bitkisi baz alınmış olup, toplamda 10 noktadan hem kantaron hem de toprak örnekleri alınarak indüktif olarak

eşleştirilmiş plazma kütle spektrometresi (ICP-MS) cihazı kullanılarak ağır metal içeriği olarak Mg, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Cd ve Pb element değerleri ölçülmüştür. Bu analiz

sonuçları elde edilen bitki ve toprak örneklerine ait bazı ağır metal içerikleri sırasıyla Tablo 3 ve Tablo 4'te verilmiştir.

**Tablo 3.** Bayburt ilinin farklı noktalarından alınan kantaron bitki örneklerine ait bazı ağır metal içerikleri (mg kg<sup>-1</sup>).

**Table 3.** Some heavy metal contents of St. John's Wort plant samples taken from different parts of Bayburt province (mg kg<sup>-1</sup>).

	Mg	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb
A1	2242,32	1,32	29,54	252,12	0,35	3,33	7,94	43,29	<0,000	1,48
A2	2601,3	0,37	31,39	115,74	0,35	2,03	6,92	18,95	<0,000	<0,000
A3	1740,85	0,78	33,52	264,24	0,31	1,50	8,28	8,41	<0,000	<0,000
A4	2160,36	0,61	31,45	241,38	0,38	2,17	8,72	<0,000	0,004	<0,000
A5	3682,21	0,26	29,72	251,57	0,23	0,61	11,46	<0,000	0,099	<0,000
A6	1913,38	0,19	35,76	113,35	0,24	0,42	7,79	<0,000	0,006	<0,000
A7	2514,94	1,76	27,72	296,48	0,28	0,75	15,38	2,85	0,098	0,84
A8	2508,35	1,21	29,04	368,02	0,27	1,06	12,29	100,98	<0,000	<0,000
A9	1951,12	<0,000	36,56	<0,000	0,29	1,49	9,11	223,82	0,011	0,34
A10	2464,19	<0,000	48,62	<0,000	0,69	2,33	12,69	54,11	0,054	0,48

**Tablo 4.** Bayburt ilinin farklı noktalarından alınan toprak örneklerine ait bazı ağır metal içerikleri (mg kg<sup>-1</sup>).

**Table 4.** Some heavy metal contents (mg kg<sup>-1</sup>) of soil samples taken from different points of Bayburt province.

	Mg	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb
A1	8911,50	77,47	<0,000	2677,01	7,09	133,63	12,53	<0,000	<0,000	<0,000
A2	8024,07	87,18	<0,000	<0,000	2,19	90,47	<0,000	15,75	<0,000	0,29
A3	1737,48	<0,000	11,86	2147,40	0,35	8,33	1,41	<0,000	<0,000	<0,000
A4	<0,000	4,09	63,69	22343,57	4,87	<0,000	<0,000	<0,000	<0,000	10,19
A5	<0,000	<0,000	373,75	<0,000	<0,000	<0,000	10,84	<0,000	0,08	28,66
A6	5162,46	<0,000	55,85	5287,42	1,43	<0,000	<0,000	<0,000	0,03	32,55
A7	5199,95	<0,000	<0,000	<0,000	<0,000	4,92	0,19	<0,000	0,06	9,18
A8	336,70	<0,000	<0,000	<0,000	<0,000	<0,000	0,22	<0,000	<0,000	4,32
A9	<0,000	<0,000	<0,000	<0,000	1,63	<0,000	<0,000	<0,000	<0,000	0,88
A10	6487,17	71,96	<0,000	<0,000	1,15	65,57	<0,000	<0,000	<0,000	<0,000

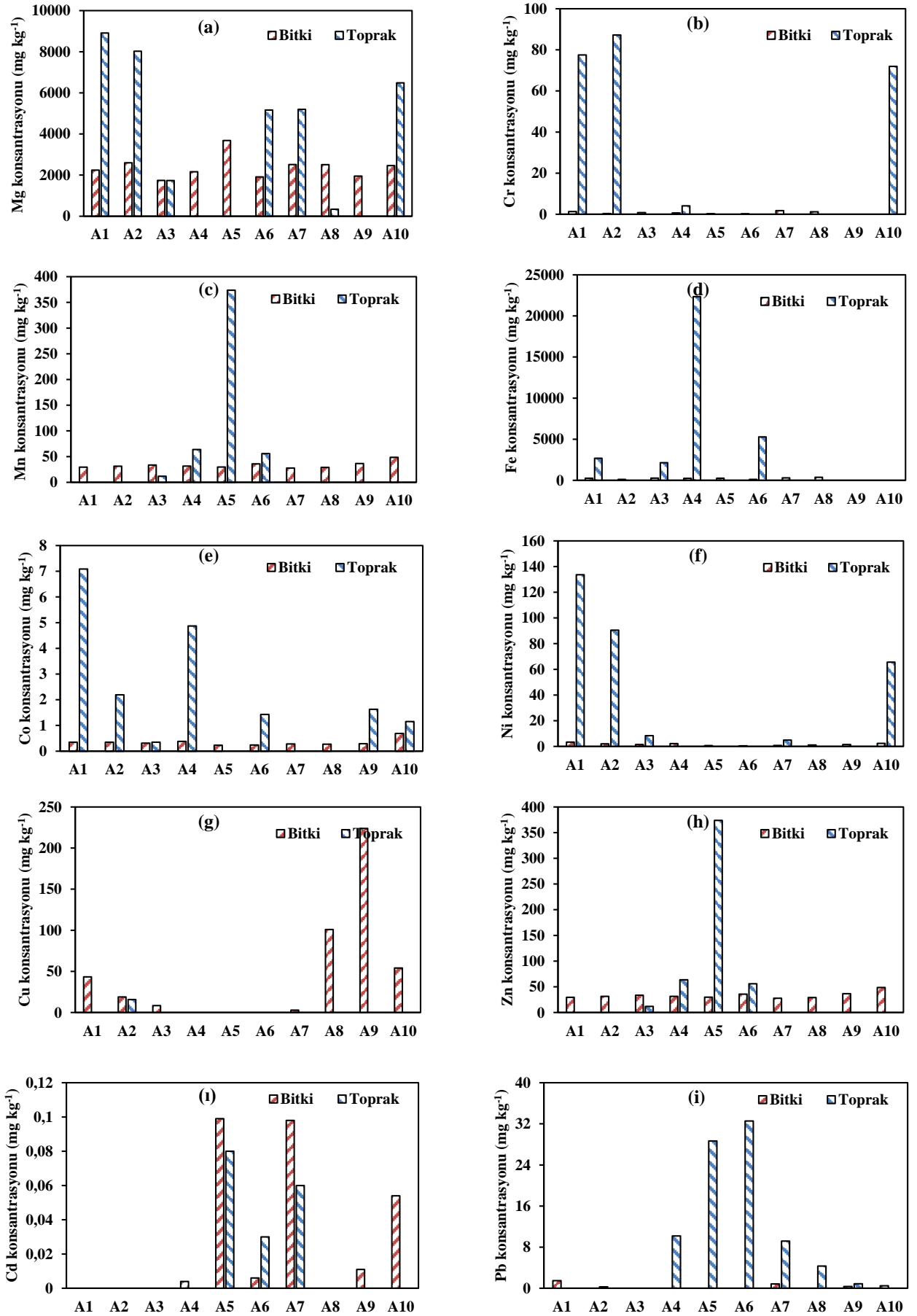
Tablo 3'ten görülebileceği üzere farklı noktalardan çiçeklenme dönemi toplanan kantaron örneklerine ait ağır metal analiz sonuçlarına göre Cr konsantrasyonları <0,000-1,76 mg kg<sup>-1</sup>, Co konsantrasyonları 0,23-0,69 mg kg<sup>-1</sup>, Ni konsantrasyonları 0,42-3,33 mg kg<sup>-1</sup>, Cd konsantrasyonları <0,000-0,099 mg kg<sup>-1</sup> ve Pb konsantrasyonları <0,000-1,48 mg kg<sup>-1</sup> aralığında bulunmuş olup, içerikleri yok denecek kadar az veya sınır değerlerin altında olduğu belirlenmiştir. Diğer ağır metaller olan Mg, Mn, Fe, Cu ve Zn sırasıyla 1740,85-3682,21 mg kg<sup>-1</sup>, 27,72-48,62 mg kg<sup>-1</sup>, <0,000-368,02 mg kg<sup>-1</sup>, 6,92-15,38 mg kg<sup>-1</sup> ve <0,000-223,82 mg kg<sup>-1</sup> aralığında olduğu gözlemlenmiştir. Farklı bölgelerden alınan kantaron örneklerinin tümünün ortalaması alındığında ağır metal konsantrasyonlarının kendi aralarındaki sıralaması Mg > Fe > Zn > Mn > Cu > Ni > Cr > Co > Pb > Cd olarak belirlenmiştir.

Tablo 4'te görüldüğü üzere Bayburt ilinin farklı noktalarından elde edilen toprak örneklerinin ağır metal analiz sonuçlarına göre, toprak örneklerinin ağır metal içerikleri Mg için <0,000-8911,50 mg kg<sup>-1</sup>, Cr için <0,000-87,18 mg kg<sup>-1</sup>, 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>, Cu için <0,000-12,53 mg kg<sup>-1</sup>, Zn için <0,000-15,75 mg kg<sup>-1</sup>, Cd için <0,000-0,08 mg kg<sup>-1</sup> ve Pb için <0,000-32,55 mg kg<sup>-1</sup> aralığında olduğu tespit edilmiştir. Farklı bölgelerden alınan toprak örneklerinin

tümünün ortalaması alındığında ağır metal konsantrasyonlarının kendi aralarındaki sıralaması Mg > Fe > Mn > Ni > Cr > Pb > Cu > Co > Zn > Cd olarak belirlenmiş olup Şekil 3'te bitki ve toprak numunelerinin alındığı noktalarda incelenen ağır metallerin değişimleri gösterilmiştir.

Şekil 3'te farklı bölgelerden alınan bitki ve toprak numunelerinde konsantrasyonları araştırılan ağır metallerin karşılaştırılması yapılarak değerlendirilmeye çalışılmıştır.

Bitkiler için önemli makro besin elementlerinden olan Mg elementi bitkilerin devamlılığını sağlayan anahtar elementler arasında yer almaktadır. Çoğu bitkinin gelişimi için kuru madde içeriğinin 0,1-0,4 mg kg<sup>-1</sup> aralığında olması gerekmekte iken, Mg elementinin fazlalığı diğer katyonların azlığına, iyon dengesizliğine ve verimsizliğe sebep olmaktadır (Bolat & Kara, 2017; Kacar & Katkat, 2014). Şekil 3a incelendiğinde bitki örneklerinde Mg konsantrasyonlarının 1740,85-3682,21 mg kg<sup>-1</sup> aralığında, toprak örneklerinin ise <0,000-8911,50 mg kg<sup>-1</sup> aralığında olduğu tespit edilmiştir. Bitki örneklerinde yüksek miktarda Mg bulunmasının yanısıra A4, A5 ve A9 noktaları dışında yer alan toprak örneklerinde de bulunan yüksek Mg konsantrasyonları bölgede yetişen kantaron bitkileri üzerinde verimsizliğe yol açma ihtimali yüksektir.



Şekil 3. Ağır metal konsantrasyonlarının bitki ve toprak numunelerinde karşılaştırılması.  
 Figure 3. Comparison of heavy metal concentrations in plant and soil samples.

Cr elementi bitkiler için toksik olup, bitki metabolizması için zorunlu diğer metallerin alınmasında kullanılan taşıyıcılar ile bitki bünyesine alınmaktadır (Yıldız vd., 2011). Şekil 3b incelendiğinde bitkilerde Cr konsantrasyonları A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7 ve A8 noktalarında sırasıyla 1,32, 0,37, 0,78, 0,61, 0,26, 0,19, 1,76 ve 1,21 mg kg<sup>-1</sup> olarak bulunmuş A9 ve A10 bölgelerinde yer alan bitki numunelerinde Cr'a rastlanmamıştır. A1, A2 ve A10 noktalarından alınan toprak numunelerinde sırasıyla 77,47, 87,18 ve 71,96 mg kg<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur. Bu noktalar dışında sadece A4 noktasında 4,09 mg kg<sup>-1</sup> olarak bulunmuş, diğer noktalardaki toprak numunelerinde Cr konsantrasyonlarına rastlanmamıştır.

Enzimlerin aktivasyonu için yaşamsal öneme sahip Mn elementi fotosentezde suyun parçalanmasında rol oynamakta ve bunun sonucunda da çimlenme ve meyve olgunlaşma süreçlerinin hızlanmasına katkıda bulunmaktadır. Çoğunlukla kireçli ve yüksek pH'lı topraklarda görülen Mn elementinin noksanlığında kloroplast oluşumu bozularak, hücreler küçülmekte ve hücre duvarı hakim duruma geçmekte ve sonuç olarak genç yapraklarda sarı noktalar halinde lekeler oluşmaktadır. Mn elementinin fazlalığında ise yaşlı yapraklarda mangan dioksit (MnO<sub>2</sub>) birikimi nedeniyle kahverengi benekler ve beneklerin etrafında kloroz meydana gelmektedir (Bolat & Kara, 2017; Kacar & Katkat, 2015). Şekil 3c incelendiğinde, Mn konsantrasyonları diğer noktalardan farklı olarak A5 noktasında büyük ölçüde artış göstermiş ve 373,75 mg kg<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur. Bunun dışında A3, A4 ve A6 noktalarında yer alan toprak numunelerinde Mn konsantrasyonları sırasıyla 11,86, 63,69 ve 55,85 mg kg<sup>-1</sup> olarak gerçekleşmişken, diğer noktalarda yer alan toprak numunelerinde Mn'a rastlanmamıştır. Bitkilerde ise mikro besin elementleri arasında kabul edilen Mn, en düşük A7 noktasında 27,72 mg kg<sup>-1</sup>, en yüksek A10 noktasında 48,62 mg kg<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir.

Fe elementi bitkiler, hayvanlar ve insanlar için mutlak gerekli bir element olup bütün canlılar tarafından az miktarda ihtiyaç duyulmakta, bitkide solunum ve fotosentez reaksiyonlarında rol oynamakta ve eksikliğinde klorofil üretimi azalarak bitki büyümesi yavaşlamaktadır. Uzun süreli yağışlar ve aşırı sulama gibi olaylar Fe noksanlığı oluşturmakta veya yüksek pH'lı kireçli topraklarda Fe bileşikleri çözünemediğinden bitkilerce alınamamakta ve sonuç olarak bitkilerin genç yapraklarında bulunan damarlar arasında sararmalara neden olmakta ve bitki dokularında aminoasit ve nitrat birikimi meydana gelmektedir (Bolat & Kara, 2017; Kacar & Katkat, 2015). Şekil 3d incelendiğinde toprak numunelerinde büyükten küçüğe doğru Fe konsantrasyonları A4, A6, A1 ve A3 noktalarında sırasıyla 22343,57, 5287,42, 2677,01 ve 2147,4 mg kg<sup>-1</sup> olarak

bulunmuştur. Diğer noktalardaki toprak numunelerinde Fe bulunmamıştır. Bitki numunelerinde ise A9 ve A10 noktalarında Fe bulunamamış, A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7 ve A8 noktalarında sırasıyla 252,12, 115,74, 264,24, 241,38, 251,57, 113,35, 296,48 ve 368,02 mg kg<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur.

Co elementi kültür bitkilerine toksik etki yapmakta olup toprakların çözeltiliye geçebilen kobalt içeriklerinin miktarı bitkiler için son derece önemlidir (Adiloğlu & Sağlam, 2015). Şekil 3e incelendiğinde bitkilerde ölçülen Co değerleri 0,23-0,69 mg kg<sup>-1</sup> aralığında olup, bütün noktalarda 0,09 mg kg<sup>-1</sup> üzerinde olduğu görülebilmektedir. Toprak numunelerinde ise A5, A7 ve A8 noktalarında Co elementine rastlanmamış, diğer noktalarda 0,35-7,09 mg kg<sup>-1</sup> aralığında Co konsantrasyonlarına rastlanmıştır.

Nikel, toprakta en fazla bulunan ağır metaller arasında yer alıp, izin verilen sınır değerleri aşmadığı sürece bitkiler için mikro besin elementi olarak görev almaktadır (Wuana & Okieimen, 2011; Yerli vd. 2020). Nikel, kömür, petrol, boya, elektronik, bakır ve çelik sanayisinde, madencilikte, fosil yakıtların yanmasında karşımıza çıkan bir ağır metaldir (Seven vd., 2018; Yerli vd., 2020). Az veya çok tüm topraklarda bulunan nikelin asıl kaynağı, fosforlu gübreler ve volkanik kökenli kayalardır (Yerli vd., 2020). Bir bitki besin elementi olan nikelin, bitkiler için mutlak gerekliliği tam anlamıyla açıklanmamıştır. Fakat, nikel bitkide üreaz ve hidrogenaz gibi enzimlerin yapı maddesini oluşturduğu için nikel eksikliği söz konusu olduğunda üre formundaki gübrelerden bitkiler yararlanamamaktadır (Kacar & Katkat, 2015). Yüksek nikel miktarı toksik etki göstererek, bitki fizyolojisini ve biyokimyasal süreçleri olumsuz etkiler. Klorofil sentezi ve yağ metabolizmasının engellenmesi (Öktüren Asri & Sönmez, 2006), total pigmentlerin, karotenoidlerin, klorofil a ve b'nin azalması, besin eksikliği ve beslenme bozukluklarının ortaya çıkması nikel toksisitesinin başlıca göstergeleridir (Kırbağ Zengin & Munzuroğlu, 2005). Şekil 3f incelendiğinde bitki numunelerinde Ni konsantrasyonları 0,42-3,33 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişiyorken, toprak numunelerinde değişkenlik göstermektedir. A1 ve A2 noktalarında Ni konsantrasyonları sırasıyla 133,63 ve 90,47 mg kg<sup>-1</sup> olarak gerçekleşmiş, A3 ve A7 noktalarında azalarak sırasıyla 8,33 ve 4,92 mg kg<sup>-1</sup> olarak gerçekleşmiştir. Diğer noktalarda Ni gözlenmemiş olup, A1 ve A2 noktaları şehir merkezinde yer aldığından Bayburt ili özelinde Ni'in kömür yakılması sonucu yüksek miktarlarda oluştuğu düşünülebilmektedir.

Cu, düşük konsantrasyonlarda dahi tarımsal ürünlere, sudaki organizmalar ve insanlar için toksisiteye sebep olabilecek bir metal olmasına karşın Cu ve Zn gibi ağır metaller bitkilerin büyümesi ve gelişmesi için

gereklidir. Ancak Cu ve Zn ile Cd, Ni ve Pb'un fazlalığı bitkilerde toksik etki yapmaktadır (Okcu vd., 2009). Şekil 3g incelendiğinde Cu konsantrasyonları bitkilerde 6,92-15,38 mg kg<sup>-1</sup> aralığında yer alırken, toprak örneklerinde ise A1, A3, A5, A7 ve A8 noktalarında sırasıyla 12,53, 1,41, 10,84, 0,19, 0,22 mg kg<sup>-1</sup> olarak bulunmuşken, diğer noktalarda ise bulunmamıştır.

Suda çözünen formları bitkiler için uygun olan Zn elementinin bitkiye alımı topraktaki konsantrasyonu arttıkça artmaktadır. Bunun yanında ortamdaki kalsiyum (Ca) miktarında Zn alınımını etkilemektedir. Genellikle bitki köklerinde bulunan Zn, bitki metabolizması için çok gerekli bir elementtir. Bitkilerde, Zn eksikliğinden bahsetmek yerine Fe/Zn ve Zn/Cu oranlarından bahsetmek gerekmektedir. Muhtemelen bitki bünyesine alınım sırasındaki rekabetten dolayı bu elementlerden birinin konsantrasyonunun artması diğer elementin konsantrasyonunu azaltmaktadır. Zn zehirlenmelerinin etkisi diğer ağır metallere benzer, ancak çinko diğer metaller kadar zehirli bir metal değildir (Okcu vd., 2009). Şekil 3h incelendiğinde Zn konsantrasyonları bitkilerde A4, A5 ve A6 noktalarında bulunmamış, diğer noktalarda 2,85- 223,82 mg kg<sup>-1</sup> aralığında tespit edilmiştir. Toprakta ise A2 noktasında elde edilen 15,75 değeri dışında Zn'ya rastlanmamıştır.

Günümüzde insan faaliyetleri sonucunda oluşan, biyolojik yarı ömrü uzun ve çok düşük dozlarda bile oldukça toksik bir metal olan Cd elementi doğada saf olarak bulunmamaktadır (Çatak vd., 2000; Goyer & Clarkson, 1996; Lyons-Alcantara vd., 1996). Kömür kullanımı, endüstriyel üretim aşamalarında oluşan baca gazları, fosfatlı gübreler, deterjanlar ve rafine petrol türevlerinin yaygın kullanımı sonucunda önemli miktarlarda kadmiyum kirliliği ortaya çıkmaktadır (Kahvecioğlu vd., 2003; Okcu vd., 2009). Şekil 3i incelendiğinde Cd konsantrasyonlarına bitkilerde az miktarda yada hiç rastlanmamıştır. A1, A2, A3 ve A8 noktalarında hiç yokken, diğer noktalarda 0,004-0,099 mg kg<sup>-1</sup> aralığında tespit edilmiştir. Toprak numunelerinde ise sadece A5, A6 ve A7 noktalarında sırasıyla 0,08, 0,03 ve 0,06 mg kg<sup>-1</sup> aralığında tespit edilmiştir.

Ekolojik sisteme zarar veren en önemli element olan ve toksik bir element olan Pb insan faaliyetleri sonucunda atmosfere metal veya bileşik olarak yayılmakta çevresel kirliliğine sebep olan ağır metallerin en önemlisidir. Kurşunun toprağa, bitkilere ve atmosfere geçişi çeşitli yollarla olmakta olup, endüstri kuruluşları, taşıt egzozları, akü, boya ve petrol sanayi atıkları ile pestisitler en önemli kurşun kaynakları olarak sıralanabilmektedir. Özellikle endüstri ve şehir merkezlerine yakın yerlerde yetişen bitkisel ve hayvansal gıdaların bünyesinde normal seviyelerin üzerinde kurşun bulundurmaktadır (Kahvecioğlu vd., 2003; Marr vd., 1999;

Okcu vd., 2009). Şekil 3i incelendiğinde bitkilerde Pb konsantrasyonları A1, A6, A9 ve A10 noktalarında sırasıyla 1,48, 0,84, 0,34 ve 0,48 mg kg<sup>-1</sup>, diğer noktalarda ise tespit edilememiştir. Toprak numunelerinde ise A2, A4, A5, A6, A7, A8 ve A9 noktalarında sırasıyla 0,29, 10,19, 28,66, 32,55, 9,18, 4,32, 0,88 mg kg<sup>-1</sup>, diğer noktalarda ise tespit edilememiştir.

Bayburt bölgesinden toplanarak analizi yapılan kantaron bitkisi ve toprak örneklerine ait ağır metal değerleri Tablo 1'de verilen kabul edilmiş ağır metal sınır değerleri ile karşılaştırıldığında toprak örneklerindeki ağır metal içeriği Ni hariç normal sınırlar içerisinde olduğu gözlemlenmiştir. A1 ve A2 noktalarındaki toprak örneklerinde Ni içeriğinin sınır değerlerinin biraz üstünde olması trafiğin yoğun olduğu ve sanayi bölgesinde olmasından kaynaklanabilir. Trafik yoğunluğunun az olduğu ve trafiğin yoğun olduğu karayollarının uzak mesafesindeki bölgelerde element içeriğinin azaldığı veya eser miktarda olduğu belirlenmiştir. Bitki örneklerinden elde edilen sonuçlara göre; A9 noktasından elde edilen Zn içeriği haricinde diğer elementlerin sınır değerlerinin altında olduğu belirlenmiştir. A9 noktasından elde edilen kantaron örneğindeki Zn ağır metal içeriğinin yüksek çıkmasının nedeni karayolu trafiğinin olduğu noktadan kaynaklanmış olabilir. Birtakım araştırmacıların yapmış oldukları araştırma sonucuna göre bitki ve topraktaki ağır metal içeriği karayoluna bağlı olarak değiştiğini tespit etmişlerdir (Özkan, 2017; Shi vd., 2007). Bu sonuçlar bizim sonuçlarımızla benzerlik göstermektedir. Motorlu taşıtların yoğun olduğu yerlerde araçların egzoz gazı, lastik aşınması, yağ sızıntısı gibi birçok etmene bağlı olarak çevrenin, toprağın kirlenmesi, civarda bulunan bitki örtüsünün ağır metal yoğunluğuna maruz kalmasına neden olmaktadır (Voegborlo & Chirgawi, 2007; Winther & Slentø, 2010).

## SONUÇ VE TARTIŞMA

Bayburt ili gerek düşük nüfus yoğunluğu, gerekse sanayi kuruluşlarının sayısı dikkate alındığında Türkiye'nin en son illeri arasında yer alsa da, Karadeniz'i Doğu Anadolu'ya ve iç kesimlere bağlayan geçit yolları üzerinde bulunduğu ve bölgede yer alan maden yataklarının varlığı nedeniyle karayolları güzergâhlarındaki taşıt yoğunluğuna ve maden yataklarına bağlı olarak önemli miktarda bazı ağır metallerin salınımı kaçınılmaz olmaktadır. Bayburt ili alternatif tıpta kullanılabilecek tıbbi ve aromatik bitki varlığı ile dikkat çeken önemli bölgelerimizden bir tanesidir. Birçok hastalığın tedavisinde kullanılan kantaron bitkisi bölgede yol kenarlarında yaygın olarak bulunduğu ve ağır metal seviyesine ilişkin mevcut veri olmadığından bu bölgede buna benzer araştırmaların yaygın olarak

yapılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Toprakta ağır metal birikimi üzerinde yaşayan bitkileri olumsuz etkilerken, bu bitkileri toplayıp tüketen kişilerde de ciddi sağlık problemlerine yol açtığı bilinmektedir.

Bayburt bölgesinin belirli noktalarından elde edilen kantaron bitkisi ve toprak örneklerinin genel itibari ile ağır metal kirliliği seviyesinin altında olduğu belirlenmiştir. A1 ve A2 noktalarındaki toprak örneklerinde Ni içeriğinin ve A9 noktasındaki kantaron bitki örneğindeki Zn içeriğinin sınır değerinin biraz üstünde çıkması, bu noktaların Bayburt-Erzurum ve Bayburt- Erzincan bağlantı yollarında olması nedeniyle trafiğin yoğunluğundan kaynaklanmış olabilir. Ayrıca Zn bitkiler için en fazla ihtiyaç duyulan mikrobesein elementlerinde birisi olduğu dikkate alındığında bu oran dikkate alınmayabilir.

Dünya genelinde ciddi bir problem olan toprak ve bitki kirliliği ile ilgili çalışmalar mevcut olsa da, özellikle Bayburt gibi sanayinin gelişmediği bölgelerimiz göz ardı edilmektedir. Oysaki bölgesel bazlı bu tarz çalışmalar belirli aralıklar ile yapılarak ağır metal birikiminin zaman içerisindeki değişimi belirlenerek, olası ağır metal yoğunluğunda bölge özellikleri, kirleticinin özelliği, ekonomik uygunluk gibi birtakım faktörlerde göz önüne alınarak uygun arıtma yöntemleri belirlenmelidir.

## KAYNAKLAR

- Adiloğlu, S. & Sağlam, M.T. (2015).** Karayolu kenarlarındaki tarım arazilerindeki topraklarda ekstrakte edilebilir Kobalt (Co) içerikleri. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, **15**(035403), 24-29. DOI: [10.5578/fmbd.9981](https://doi.org/10.5578/fmbd.9981)
- Aricak, B., Cetin, M., Erdem, R., Sevik, H. & Cometan, H. (2020).** The usability of scotch pine (*Pinus sylvestris*) as a biomonitor for traffic-originated heavy metal concentrations in Turkey. *Polish Journal of Environmental Studies*, **29**(2), 1-7. DOI: [10.15244/pjoes/109244](https://doi.org/10.15244/pjoes/109244)
- Bernhoft, R.A. (2012).** Mercury toxicity and treatment: a review of the literature. *Journal of Environmental & Public Health*, **2012**(460508), 1-10. DOI: [10.1155/2012/460508](https://doi.org/10.1155/2012/460508)
- Bolat, İ. & Kara, Ö. (2017).** Bitki besin elementleri: Kaynakları, işlevleri, eksik ve fazlalıkları. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, **19**(1), 218-228. DOI: [10.24011/barofd.251313](https://doi.org/10.24011/barofd.251313)
- Bouyahya, A., Belmehdi, O., El Jemli, M., Marmouzi, I., Bourais, I., Abrini, J. & Bakri, Y. (2019).** Chemical variability of *Centaureum erythraea* essential oils at three developmental stages and investigation of their in vitro antioxidant, antidiabetic, dermatoprotective and antibacterial activities. *Industrial Crops and Products*, **132**, 111-117. DOI: [10.1016/j.indcrop.2019.01.042](https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.01.042)
- Božunović, J., Živković, S., Gašić, U., Glamočlija, J., Čirić, A., Matekalo, D. & Mišić, D. (2018).** In vitro and in vivo transformations of *Centaureum erythraea* secoiridoid glucosides alternate their antioxidant and antimicrobial capacity. *Industrial Crops & Products*, **111**, 705-721. DOI: [10.1016/j.indcrop.2017.11.040](https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.11.040)
- Çakmak, H.E. & Bayram, E. (2003).** Muğla orijinli sarı kantaron (*Hypericum perforatum* L.) populasyonlarının bazı agronomik ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, **40**(1), 57-64.
- Çatak, E., Çolak, G., Tokur, S. & Bilgiç, O. (2000).** Bazı domates ve tütün genotiplerinde kadmiyum etkilerini inceleyen istatistiksel bir çalışma. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, **2**(1), 13-41.
- Çelebi, H. & Gök, G. (2018).** The Examination for pollution of the soils due to highways and traffic. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, **24**(6), 1169-1178.
- Dawson, A. (2008).** *Water in Road Structures: Movement, Drainage & Effects*, Vol. 5, Springer Science & Business Media.
- Ediene, V.F. & Umoetok, S.B.A. (2017).** Concentration of heavy metals in soils at the municipal dumpsite in Calabar Metropolis. *Asian Journal of Environment & Ecology*, **3**(2), 1-11.
- Goyer, R.A. & Clarkson, T.W. (1996).** Toxic effects of metals. *Casarett and Doull's Toxicology: The Basic Science of Poisons*, **5**, 696-698.
- Guo, P., Gong, Y., Wang, C., Liu, X. & Liu, J. (2011).** Arsenic speciation and effect of arsenate inhibition in a microcystis aeruginosa culture medium under different phosphate regimes. *Environmental Toxicology & Chemistry*, **30**(8), 1754-1759. DOI: [10.1002/etc.567](https://doi.org/10.1002/etc.567)
- Kacar, B., Katkat, A.V. & Öztürk, Ş. (2013).** *Bitki Fizyolojisi: Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Tic. Ltd. Şti.*
- Kacar, B. & Katkat, A.V. (2014).** *Gübreler ve Gübreleme Tekniği: Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Tic. Ltd. Şti.*
- Kacar, B. & Katkat, V. (2015).** *Bitki Besleme: Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Tic. Ltd. Şti.*
- Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A. & Timur, S. (2003).** Metallerin çevresel etkileri-I. *Metaller Dergisi*, **136**, 47-53.
- Kılıç, M., Ay, G., Koçbaş, F., Mungan, F., Kula, İ. & Karabaş, M. (2014).** Ayvalık Tuzlası'nda yayılış gösteren *Suaeda prostrata* subsp. *prostrata* pall. alt türünün ağır metal birikimi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, **4**(4), 9-18.



- Kırbağ Zengin, F. (2006).** Fasulye fidelerin (*Phaseolus vulgaris* L. cv. *Strike*) kök, gövde ve yaprak büyümesi üzerine nikel ( $Ni^{+2}$ ) ve kromun ( $Cr^{+3}$ ) etkileri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, **16**(1), 49-56.
- Kırbağ Zengin, F. & Munzuroglu, O. (2005).** Effects of some heavy metals on content of chlorophyll, proline and some antioxidant chemicals in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seedlings. *Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica*, **47**(2), 157-164.
- Lyons-Alcantara, M., Tarazona, J.V. & Mothersill, C. (1996).** The differential effects of cadmium exposure on the growth and survival of primary and established cells from fish and mammals. *Cell Biology & Toxicology*, **12**(1), 29-38.
- Marr, K., Fyles, H. & Hendershot, W. (1999).** Trace metals in Montreal urban soils and the leaves of taraxacum officinale. *Canadian Journal of Soil Science*, **79**(2), 385-387.
- Morse, N., Walter, M.T., Osmond, D. & Hunt, W. (2016).** Roadside soils show low plant available zinc and copper concentrations. *Environmental Pollution*, **209**, 30-37. DOI: [10.1016/j.envpol.2015.11.011](https://doi.org/10.1016/j.envpol.2015.11.011)
- Okcu, M., Tozlu, E., Kumlay, A.M. & Pehlivan, M. (2009).** Ağır metallerin bitkiler üzerine etkileri. *Alinteri Zirai Bilimler Dergisi*, **17**(2), 14-26.
- Öktüren Asri, F. & Sönmez, S. (2006).** The effect of heavy metal toxicity on plant metabolism. *Derim* **23**(2), 36-45.
- Onyedikachi, U.B., Belonwu, D.C. & Wegwu, M.O. (2018).** 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](https://doi.org/10.2478/auoc-2018-0002)
- Özkan, A. (2017).** Antakya-Cilvegözü karayolu etrafındaki tarım arazilerinde ve bitkilerdeki ağır metal kirliliği. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik & Mimarlık Fakültesi Dergisi*, **32**(3), 9-18.
- Sarma, H., Deka, S., Deka, H. & Saikia, R.R. (2012).** Accumulation of heavy metals in selected medicinal plants. *In Reviews of Environmental Contamination & Toxicology*, 63-86, Springer.
- Seven, T., Can, B., Darende, B.N. & Ocak, S. (2018).** Hava ve toprakta ağır metal kirliliği. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, **1**(2), 91-103.
- Sevik, H., Cetin, M., Ozel, H.U., Ozel, H.B., Mossi, M.M.M. & Cetin, I.Z. (2020).** Determination of Pb and Mg accumulation in some of the landscape plants in shrub forms. *Environmental Science & Pollution Research*, **27**(2), 2423-2431.
- Shi, G.T., Chen, Z.L., Xu, S.Y., Wang, L., Zhang, J., Li, H.W. & Li, L.N. (2007).** Characteristics of heavy metal pollution in soil and dust of urban parks in Shanghai. *Huanjing Kexue*, **28**(2), 238-242.
- Uwah, E.I. & John, K.O. (2014).** Heavy metal levels in roadside soils of some major roads in Maiduguri, Nigeria. *IOSR Journal of Applied Chemistry*, **6**(6), 74-78.
- Varol, M. (2011).** Assessment of heavy metal contamination in sediments of the Tigris River (Turkey) using pollution indices and multivariate statistical techniques. *Journal of Hazardous Materials*, **195**, 355-364. DOI: [10.1016/j.jhazmat.2011.08.051](https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2011.08.051)
- Voegborlo, R.B. & Chirgawi, M.B. (2007).** Heavy metals accumulation in roadside soil and vegetation along a major highway in Libya. *Journal of Science & Technology (Ghana)*, **27**(3), 86-97. DOI: [10.4314/just.v27i3.33061](https://doi.org/10.4314/just.v27i3.33061)
- Wani, A.L., Ara, A. & Usmani, J.A. (2015).** Lead toxicity: a review. *Interdisciplinary Toxicology*, **8**(2), 55-64. DOI: [10.1515/intox-2015-0009](https://doi.org/10.1515/intox-2015-0009)
- Winther, M. & Slentø, E. (2010).** Heavy metal emissions for Danish road transport: *National Environmental Research Institute Roskilde*, Denmark.
- Wuana, R.A. & Okieimen, F.E. (2011).** Heavy metals in contaminated soils: a review of sources, chemistry, risks and best available strategies for remediation. *ISRN Ecology* **2011**(402647), 1-20. DOI: [10.5402/2011/402647](https://doi.org/10.5402/2011/402647)
- Yerli, C., Çakmakçı, T., Şahin, Ü. & Tüfenkçi, Ş. (2020).** Ağır metallerin toprak, bitki, su ve insan sağlığına etkileri. *Türk Doğa & Fen Dergisi*, **9**(Özel Sayı), 103-114. DOI: [10.46810/tdfd.718449](https://doi.org/10.46810/tdfd.718449)
- Yıldız, M., Terzi, H. & Uruşak, B. (2011).** Bitkilerde krom toksisitesi ve hücresel cevaplar. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi*, **27**(2), 163-176.
- Yu, Q., Wu, W., Yang, P., Li, Z., Xiong, W. & Tang, H. (2012).** Proposing an interdisciplinary and cross-scale framework for global change and food security researches. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, **156**, 57-71. DOI: [10.1016/j.agee.2012.04.026](https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.04.026)
- Zhaoyong, Z., Abuduwaili, J. & Fengqing, J. (2015).** Heavy metal contamination, sources, and pollution assessment of surface water in the Tianshan Mountains of China. *Environmental Monitoring & Assessment*, **187**, 33. DOI: [10.1007/s10661-014-4191-x](https://doi.org/10.1007/s10661-014-4191-x)
- Zincircioğlu, 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.