

Kentsel Mekânlarda Kullanılan “*Elaeagnus angustifolia* L.” nin Yaprak Örneklerinde Ağır Metal Birikimi: Erzurum Örneği

Murat ZENGİN¹, Nesrin YILDIZ²

¹Pamukkale Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, 20200, Denizli, ²Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, 25240, Erzurum

¹<https://orcid.org/0000-0002-8528-7308>, ²<https://orcid.org/0000-0002-8179-6228>

✉: mzengin@pau.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, Erzurum kentinde yayılış gösteren *Elaeagnus angustifolia* L. bitkisinin yaprak örnekleri kullanılarak kent mekânında ağır metallerin (Pb, Cd, Ni, Fe, Cu, Zn, Mn) yoğunlukları tespit edilmiştir. Bu elementlerin kent dokusundaki mekânsal dağılımlarına yönelik sayısal haritalar üretilerek değerlendirmeler yapılmış, elde edilen bilgilerin ışığında *Elaeagnus angustifolia* L. bitkisinin elementler bazında biyomonitör olarak kullanılıp kullanılmayacağı değerlendirilerek bazı öneriler geliştirilmiştir. Bu kapsamda kent genelinde özellikle trafik yoğunluğunun fazla olduğu ana ulaşım yolları, orta refüjler ve yola yakın olan (0-20 m.) alanlarda, kent dokusunu temsil eden 4 istasyonda yaprak örnekleri toplanmıştır. Ölçüm değerlerinin istatistiksel farklılıkları ANOVA testi ile belirlenmiştir. Sonuçta, *Elaeagnus angustifolia* L.’nin yapraklarında biriken ağır metal elementlerinin mekânsal dağılımında Fe (100-275 ppm) ve Zn (37.5-82.5 ppm) Şehir merkezinde, Pb (0.16-12.66 ppm), Ni (4.29-13.21 ppm) ve Mn (244.5-278.7 ppm) Yenişehir/Yıldızkent’de, Cd (0.05-0.62 ppm) ve Cu (9.9-47,6 ppm) Dadaşkent’de en yoğun dağılıma sahip olduğu belirlenmiştir. Ni, Fe, Mn, Cu ve Zn elementleri için *Elaeagnus angustifolia* L. bitkisinin iyi bir biyomonitör olabileceği tespit edilmiştir.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihi

Geliş Tarihi : 15.02.2019

Kabul Tarihi : 28.03.2019

Anahtar Kelimeler

Ağır metaller

Kirlilik

Elaeagnus angustifolia L.

Erzurum

Heavy Metal Accumulation in Leaf Samples of "*Elaeagnus angustifolia* L.": Example of Erzurum

ABSTRACT

In this study, densities of heavy metals (Pb, Cd, Ni, Fe, Cu, Zn, Mn) were determined by using leaf samples of the plant of *Elaeagnus angustifolia* L. in the Erzurum urban areas where the plant was well spread. Numerical maps for spatial distribution of these elements in the urban fabric were produced and evaluated. Based on the information obtained, some suggestions were developed by evaluating whether the plant *Elaeagnus angustifolia* can be used as biomonitor on the basis of elements. In this context, samples were collected at 4 stations representing the city texture which were the main transportation routes, central refuge and areas close to roads (0-20 m) with especially high traffic density throughout the city. ANOVA were applied to see statistical differences among obtained data variables. As a result, the spatial distribution of heavy metal elements in urban texture of *Elaeagnus angustifolia* L. was found to have the most intense distribution in the city center for Fe (100-275 ppm) and Zn (37.5-82.5 ppm), in Yenişehir-Yıldızkent for Pb (0.16-12.66 ppm), Ni (4.29-13.21 ppm) and Mn (244.5-278.7 ppm), in Dadaşkent for Cd (0.05-0.62 ppm) and Cu (9.9-47,6 ppm). It was determined that *Elaeagnus angustifolia* L. plant can be a good biomonitor for the presence of Ni, Fe, Mn, Cu and Zn elements.

Research Article

Article History

Received : 15.02.2019

Accepted : 28.03.2019

Keywords

Heavy metals

Pollution

Elaeagnus angustifolia L.

Erzurum

GİRİŞ

Endüstri devrimi sonucu ciddi ekolojik problemlere sebep olan hava kirliliği son yıllarda önemli ölçüde artış göstermiştir (Badora, 2002). Hava kirliliği, bitki örtüsü ve birçok bahçe bitkilerinde olduğu kadar insanlar içinde gerçek bir sağlık tehlikesi olabilmektedir ayrıca estetik açıdan da rahatsız edicidir (Janick, 1986). Kirlenme, hava, kara ve su gibi temel ortamların biyolojik, fiziksel ve kimyasal özelliklerinde insan faktörünün sebep olduğu istenmeyen bir değişim olarak tanımlanmaktadır. Hava kirliliğine sebep olan maddeler, tozlar, küller, kirlenici elementler, kükürlü bileşikler, azot bileşikleri, aldehitler, hidrokarbonlar, radyoaktif maddeler ve aerosollerdir (Tuna ve Yağmur, 2004). Hava kirliliğinin temel sebeplerinin başında ise trafik kaynaklı kirlenmeler gelmektedir (Viard ve ark., 2004). Trafik yoğunluğu ve egzozla bağlı metal kirliliğinde Pb'nin yanısıra, motor yağlarında ve oto lastiklerinde katkı maddesi olarak kullanılan Cd, motor alaşımlarının aşınmasından ortaya çıkan Cu ve Ni, taşıtlardan kaynaklanan ağır metal kirliliğinin ana unsurlarıdır (Bilge ve Çimrin, 2013). Ağır metaller genel olarak endüstriyel emisyonlardan, ısıtmada kullanılan fosil yakıtlardan ve araçların egzozlarından havaya salınır (Önder ve ark., 2007). Trafikteki araçların egzozlarından çevreye yayılan kurşun (Pb), kadmiyum (Cd) ve civa (Hg) gibi ağır metaller gerek insanlar gerekse de bitki ve hayvanlar üzerinde olumsuz etkiler yapabilmektedir (Çavuşoğlu ve Çavuşoğlu, 2005). Kirlenmenin önemli bir kısmını ise ağır metaller oluşturmaktadır. Ağır metaller toprağa, ve atmosfere geçerek bitkiler, insanlar ve hayvanlar için tehlike oluştururlar (Mcgrath ve ark., 1995; Çavuşoğlu, 2002). Ağır metallerin çoğu canlı organizmalar için temel elementlerdir ancak aşırı miktarlara ulaştığında insanlar, hayvanlar ve bitkiler için oldukça zararlıdır (El-Hasan ve ark., 2002). Kentleşme ve sanayileşmenin etkisi ile atmosfere çeşitli zararlı maddeler girmektedir. Ağır metaller, hem üretim hem de tüketimle ilgili süreçlerde kullanıldıkları için kent kirliliğinde yaygın bir şekilde bulunurlar (Brown ve ark., 1990). Ağır metaller doğada normal şartlar altında düşük konsantrasyonda meydana gelen doğal bileşiklerdir. Antropojenik aktiviteler ekosistemin çeşitli parçalarında ağır metallerin seviyelerinin artmasına neden olabilirler (El-Hasan ve Jiries, 2001).

Vejetasyon bir kirlilik kaynağının etrafındaki etkinin önemli bir indikatörüdür. Çünkü çoğu bitkiler ağır metalleri biriktirme yeteneğine sahiptirler bu yüzden metal seviyeleri havadakinden çok daha yüksektir (Lau ve Luk, 2001). Bazı bitkiler farklı aksamalarında ağır metalleri biriktirerek kirlilik kaynağının belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır (Markert, 1993). Hava kirliliğinin izlenmesinde en çok kullanılan yöntemlerden biri, bitkilerde biriken

kimyasalların analiz edilmesidir. Bu durum bazı bitkilerin biyomonitör (biyoindikatör/gösterge bitki/bulunduğu çevrenin kalitesi hakkında nicel bilgi sağlayabilen canlılar) olarak tanımlanmasını sağlamıştır. Biyomonitör olarak kullanılan bazı bitkiler ve bu bitkilerde yapılan ağır metal analizlerine yönelik yapılan çalışmalar Çizelge 1'de verilmiştir.

Uğulu (2015), Türkiyede spektrometrik teknikler yardımıyla bitki örneklerinde ağır metal birikimlerinin belirlenmesi üzerine yaptığı çalışmada 47 adet çalışmayı analiz etmiştir. Elde edilen verilerin ışığında, illere göre ağır metallerin toksik seviyelerini belirleyerek Türkiye haritası üzerinde tanımlamıştır. Ayrıca illere göre en çok ölçümü yapılan ağır metal elementlerinin sırasıyla $Cu > Fe=Pb > Zn > Cr > Cd > Ni > Co > Mn > Se > Sr$ olduğunu tespit etmiştir.

Erzurum kentinde özellikle kış aylarının soğuk geçtiği dönemlerde sıcaklık terselmesi diye bilinen inversiyon tabakası (10 Ocak 2019 tarihinde saat 11:00'de kent genelindeki görüntüsü) oluşmaktadır (Şekil 1). Hafif rüzgarlı, durgun, yağışsız havalarda kuru soğukun da etkisiyle inversiyon tabakasında artışlar gözlemlenmekte ve bu dönemlerde kentte yoğun bir hava kirliliği yaşanmaktadır. Bu durum özellikle kentte yaşayanların başta nefes darlığı, astım, soğuk algınlığı, grip ve zehirlenmeler olmak üzere birçok sağlık problemleri yaşamasına neden olabilmektedir. Şehir merkezi kentin eski dokusunu içerisinde barındırması, gecekondulaşma, yapılarda ısınma amaçlı soba kullanımı, fosil yakıtların kullanımı, doğalgazın maliyetinin yüksek olması ve kömüre üstünlük kuramamış olması nedeniyle evsel ısınmalarda yoğun olarak kömür kullanımı kentte kirliliğin ana kaynaklarından. Motorlu taşıt sayısının her geçen gün daha da fazla artış göstermesi trafikteki yoğunluğun artması, araçların egzozlarından salınan gazların artışı nedeniyle, ana ulaşım yolları ve yakın çevresinde gözle görülür yoğun bir kirlilik yaşanmaktadır.

Bayar (2009) yaptığı çalışmada, Erzurum İli Şehir merkezinde trafik ve hava kirliliğinin yoğun olduğu 11 ayrı noktadan (Rektörlük, Üniversite Kavşağı, 100. Yıl Parkı, Üniversite Kavşağı-Cemal Gürsel Stadyum arası, Üniversite Kavşağı-Havuzbaşı arası, Havuzbaşı, Tebrizkapı, İstasyon (Migros), Gez, Günsazak (Yenişehir) ve Kayakyolu Kavşakları) Ağustos (2008) ayında toprak, Ocak ve Ağustos aylarında bitki (*Pinus sylvestris*) örneği alınarak ağır metal kirliliği üzerine araştırma yapmıştır. Sonuç olarak, örnekleme noktalarından alınan toprakların ve bitkilerin ağır metal içerikleri gerek noktalar arasında ve gerekse dönemler arasında önemli düzeyde ($p < 0.001$) farklılık göstermiştir. Toprak örneklerinin ağır metal içerikleri, 100. Yıl Parkında Fe, Cu ve Zn normal sınırın üzerinde bulunmuş olup, diğer kavşaklarda

bütün ağır metaller normal sınırın altında bulunmuştur. Sarıçam yüzeyine bulaşan ağır metaller dahil bitki örneklerinin ağır metal içerikleri incelendiğinde; Fe metali tüm örnekleme yerlerinde Ağustos ve Ocak ayında; Cu metali Ağustos ve Ocak ayında İstasyon (Migros) kavşağında; Zn metali Ocak ayında Havuzbaşı-Üniversite kavşağı arasında; Pb metali Ocak ayında Migros kavşağında; Ni metali Ocak ayında Günsazak (Yenişehir) kavşağında toksik düzeyde bulunmuştur. Bu çalışmanın üç temel amacı bulunmaktadır. Bunlar; (1) Erzurum kentinde yayılış gösteren *Elaeagnus angustifolia* L. bitkisinin yaprak örnekleri kullanılarak kentsel mekandaki ağır metal

kirliliğini tespit etmek, (2) Bu elementlerin kent dokusundaki dağılımını sayısal haritalarla belirlemek, (3) Elde edilen bilgilerin ışığında *Elaeagnus angustifolia* L. bitkisinin biyomonitör olarak kullanılıp kullanılmayacağını ortaya koyabilmektir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Erzurum kenti iklim ve toprak şartlarında yetişebilen *Elaeagnus angustifolia* L. bitkisine ait yaprak örnekleri kent genelinde özellikle trafik yoğunluğunun fazla olduğu ana ulaşım yolları, orta refüjler ve yola yakın (0-20 m.) alanlardan alınmıştır.

Çizelge 1. Bazı ağır metaller için Biyomonitör olarak kullanılan bitkiler

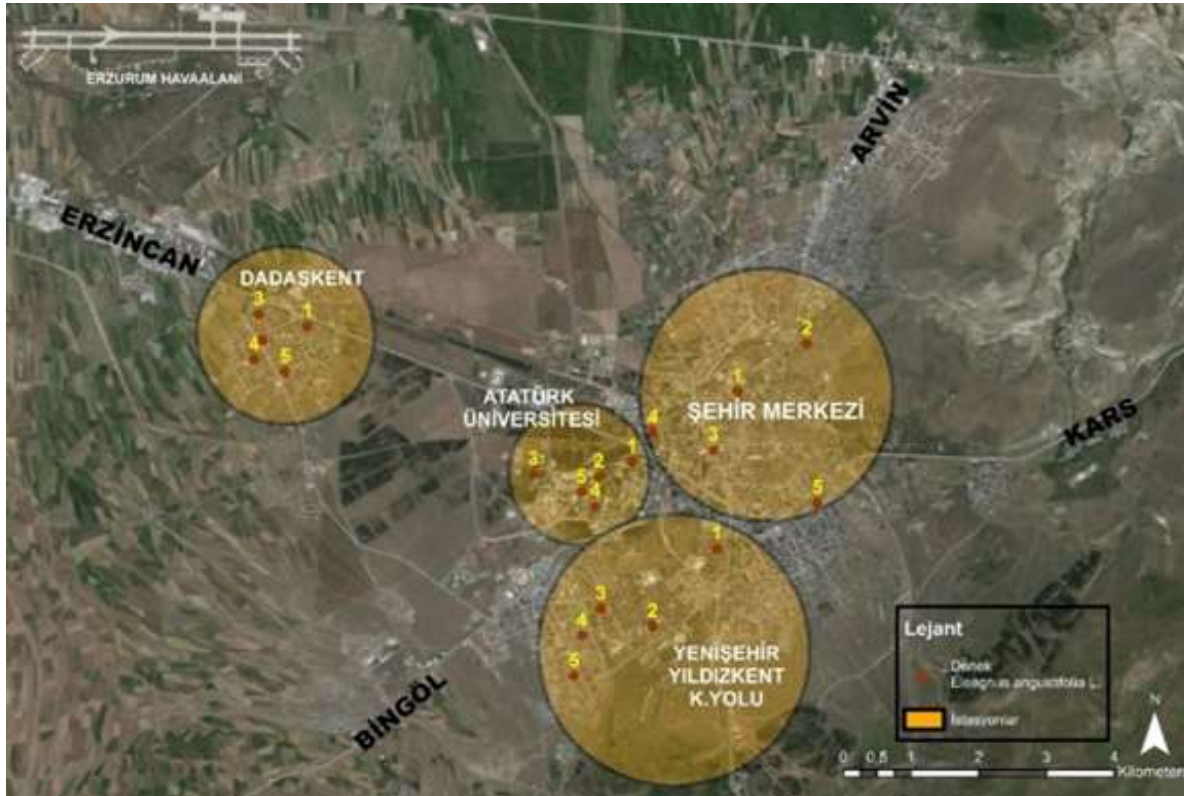
Biyomonitör Tür	Ağır Metaller	Kaynak
<i>Acer pseudoplatanus</i> L., <i>Alnus glutinosa</i> L. Gaertn., <i>Fraxinus excelsior</i> L., <i>Populus alba</i> L., <i>Robinia pseudoacacia</i> L.	Cd, Cu, Pb, Zn	Mertens ve ark., (2004)
<i>Aesculus hippocastanum</i>	Pb, Cd, Zn, Cu	Yılmaz ve ark., (2006)
<i>Butula pubescens</i>	SO ₂	Kozlov, (2005)
<i>Betula pendula</i>	Pb, Zn	Margui ve ark., (2007)
<i>Camelia sinensis</i> L.	Al, Cd, Cu, Fe, Pb, Zn	Yaylalı-Abanuz ve Tüysüz, (2009)
<i>Cercis sliquastrum</i> L.	Cr, Fe, Ni	Yaşar ve ark., (2010)
<i>Corylus avellana</i> , <i>Alopecurus myosuroides</i> H., <i>Helleborus orientalis</i>	Cu, Fe, Zn	Huseyinova ve ark., (2009)
<i>Cupressus sempervirens</i> , <i>C. libani</i>	Pb	Çavuşoğlu ve Çavuşoğlu, (2005)
<i>Cupressus arizonica</i> Greene.	Zn, Ni, Cu	Zare ve ark., (2016)
<i>Elaeagnus angustifolia</i>	Pb, Cd, Zn	Aksoy ve Sahin, (1999)
	Pb	Çavuşoğlu, (2002)
<i>Elaeagnus angustifolia</i>	Cu, Fe, Mn	Yıldırım ve ark., (2012)
<i>Pinus brutia</i> Ten		
<i>Nerium oleander</i>	Pb, Cd, Zn, Cu	Aksoy ve Öztürk, (1997)
<i>Pinus nigra</i> L., <i>Cedrus libani</i> A.Rich., <i>Cupressus arizonica</i>	Cr, Ni	Karaaslan ve Yaman, (2013)
<i>Pinus brutia</i> T., <i>Olea europaea</i> L.	Fe, Mn, Zn, Cu, Ni, Co, Pb, Cd	Tuna ve Yağmur, (2004)
<i>Pinus nigra</i> subsp. <i>nigra</i> var. <i>caramanica</i>	Pb	Çavuşoğlu ve Arıca, (2007) Çavuşoğlu ve ark., (2006)
<i>Pyracantha coccinea</i> R.	Cu, Fe, Mn, Ni	Akgüç ve ark., (2010)
	Cd, Pb, Zn	Akgüç ve ark., (2008)
<i>Pinus sylvestris</i>	Cu, Zn, Pb	Yılmaz ve Zengin, (2004)
	Cd, Cr, Ni, Pb	Wegiel ve ark., (2018)
<i>Pinus nigra</i> , <i>Pinus thunbergiana</i> , <i>Pinus densiflora</i> , <i>Pinus sylvestris</i>	Al, As, B, Ba, Ca, Cd, Co, Cu, Cr, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Pb, Se, Sr, Zn	Cindric ve ark., (2018)
<i>Populus nigra</i>	Cd, Pb, Zn	Djingoova ve ark., (1999)
<i>Robinia pseudoacacia</i>	Pb, Cd, Cu, Zn	Aksoy ve ark., (2000)
	Fe, Zn, Pb, Cu, Mn, Cd	Celik ve ark., (2005)
<i>Salix alba</i> L., <i>Populus tremula</i> L., <i>Robinia pseudoacacia</i> L., <i>Quercus infectoria</i> L., <i>Pinus nigra</i> Arn. ssp. <i>pallasiana</i>	Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Ni, Zn	Cicek ve Koparal, (2004)



Şekil 1. Erzurum kent genelinde kirlilik nedeniyle oluşan inversiyon tabakası

Örnekler; (a) ana ulaşım yolları (anayol, kaldırım ve orta refüjler), (b) anayola çok yakın (arsa, park veya bahçeler) ve (c) bitkinin anayola bakan tarafındaki yaprak örnekleri esas olacak şekilde toplanmıştır. Erzurum kent dokusu içerisinde kent genelini yansıtabilmesi açısından (1) Şehir Merkezi, (2) Üniversite Yerleşkesi, (3) Yenişehir ve Yıldızkent yerleşim alanı ve (4) Dadaşkent yerleşim alanı olmak

üzere 4 istasyon seçilmiştir. Örneklerin toplandığı noktalar Şekil 2'de verilmiştir. Her istasyonda yaklaşık olarak 5 ile 10 yaş aralığında değişen *Elaeagnus angustifolia* L. bitkisinden 5'er yaprak örneği üniform şekilde keskin bir makas yardımıyla kesilmiş, saydam poşetlere konulmuş ve numaralandırılmıştır.



Şekil 2. İstasyonlar ve örneklerin toplandığı noktalar

Yaprak örneklerinde yıkama ve silme işlemleri yapılmamıştır. Dört istasyondan toplanan yaprak örneklerinde biriken ağır metallerin (Pb, Cd, Ni, Fe, Cu, Zn, Mn) analizleri Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilim ve Bitki Besleme Bölümü Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. *Elaeagnus angustifolia* L. bitkisinden toplanan yaprak örnekleri oda koşullarında kurumaya bırakılmıştır. Kuruduktan sonra 70°C ayarlı etüvde (kurutma dolabı) sabit ağırlığa ulaşmaya kadar kurutulmuştur. Kurutulan bitki örnekleri mikserde öğütülmüştür. Bitki örnekleri yaş yakma işlemi için hassas terazide 0,5gr tartılarak, asitle ön yakma işlemi için benmaride 1 gün beklemeye bırakılmıştır. Daha sonra örnekler çeker ocak içerisinde yakmaya tabi tutulmuştur. Bitki örneklerinin bitkiye mutlak gerekli ağır metal içerikleri (Fe, Cu, Zn, Mn) ve potansiyel toksik olabilecek ağır metal içerikleri (Pb, Cd, Ni) nitrik-perklorik asit karışımı ile yaş yakmaya tabi tutulmuştur. Yakılan bitki örnekleri 50 ml'lik son hacme tamamlanıp Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresinde (SansAA) okunmak suretiyle mg/kg (ppm) olarak belirlenmiştir (Kacar ve İnal, 2008).

Okumaları yapılan ağır metal elementlerinin değerleri SPSS-24 yazılım programı aracılığıyla varyans analizi (ANOVA) yöntemi ile istatistiksel analizleri gerçekleştirilmiştir. Aritmetik ortalamaları, önem

derecesi (significant), standart sapma değerleri belirlenerek, yorumlanmıştır. Ağır metallerin mekânsal kirlilik dağılımlarının tespitinde ise Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tekniklerinden yararlanılmıştır. CBS'de kullanılan ArcGIS 10.1 yazılım programı aracılığıyla örnek alınan noktalara ait ağır metal ölçüm değerleri, öznitelik verisi olarak girilerek mekânsal kirlilik dağılım haritaları üretilmiştir.

BULGULAR ve TARTIŞMA

İstatistik Analizleri

Erzurum kentsel mekânında *Elaeagnus angustifolia* L. bitkisinin yaprak örneklerindeki ağır metal ölçüm değerlerinin istatistiksel analizleri Çizelge 2'de verilmiştir. Veriler SPSS 24.0 paket programıyla analiz edilmiştir. Ölçümü yapılan değerlerin istatistiksel olarak normal dağılım gösterip göstermedikleri Shapiro-Wilk testi ile incelenmiştir. Ağır metal ölçüm değerlerinin tümü normal dağılım gösterdiğinden Varyans Analizi yapılmıştır. İstasyon sayının ikiden fazla olması ve istasyonlar arasındaki farklılığı da tespit edebilmek için analizlerde ANOVA testi uygulanmıştır. Normal dağılım gösteren ancak varyansların homojenliği varsayımını sağlayamayan verilerde bağımsız grup farklılıklarının karşılaştırılmasında Welch Testi (ikili incelemeler için Tamhane's T2 testi) kullanılmıştır.

Çizelge 2. İstasyonlar bazında ağır metal elementleri (Pb, Cd, Ni, Fe, Cu, Zn, Mn) ortalamaları ve standart sapmaları ile çoklu karşılaştırma test sonuçları

	Şehir Merkezi $\bar{x} \pm S_x$	Üniversite $\bar{x} \pm S_x$	Yenişehir-Yıldızkent $\bar{x} \pm S_x$	Dadaşkent $\bar{x} \pm S_x$	P(sig.)
Pb	3.08 ± 0.92	1.05 ± 0.22	5.47 ± 4.65	2.09 ± 1.12	0.061 ^{ös}
Cd	0.12 ± 0.05	0.01 ± 0.01	0.12 ± 0.06	0.24 ± 0.23	0.068 ^{ös}
Ni	4.47 ^a ± 0.71	2.13 ^b ± 0.59	6.61 ^{ab} ± 3.75	2.83 ^{ab} ± 1.46	0.016*
Fe	237 ^a ± 76.62	30.8 ^c ± 11.84	174.4 ^{abc} ± 102.98	78 ^b ± 18.96	0.001**
Cu	15.62 ^a ± 4.22	7.26 ^b ± 1.67	4.18 ^b ± 0.49	19.42 ^{ab} ± 15.89	0.034*
Zn	58.5 ± 17.91	45.0 ± 9.19	45.0 ± 7.50	57.0 ± 15.55	0.24 ^{ös}
Mn	235.7 ± 79.03	162.35 ± 30.81	253.3 ± 14.83	229.73 ± 55.97	0.061 ^{ös}

*: P<0.05, **: P<0.01, ös: P>0.05 önemsiz (non-sig.);

a, b ve c: Aynı sütunda farklı harfle gösterilenler ortalamalar arasındaki farklar anlamlıdır, $\bar{x} \pm S_x$ ortalama ve standart sapma.

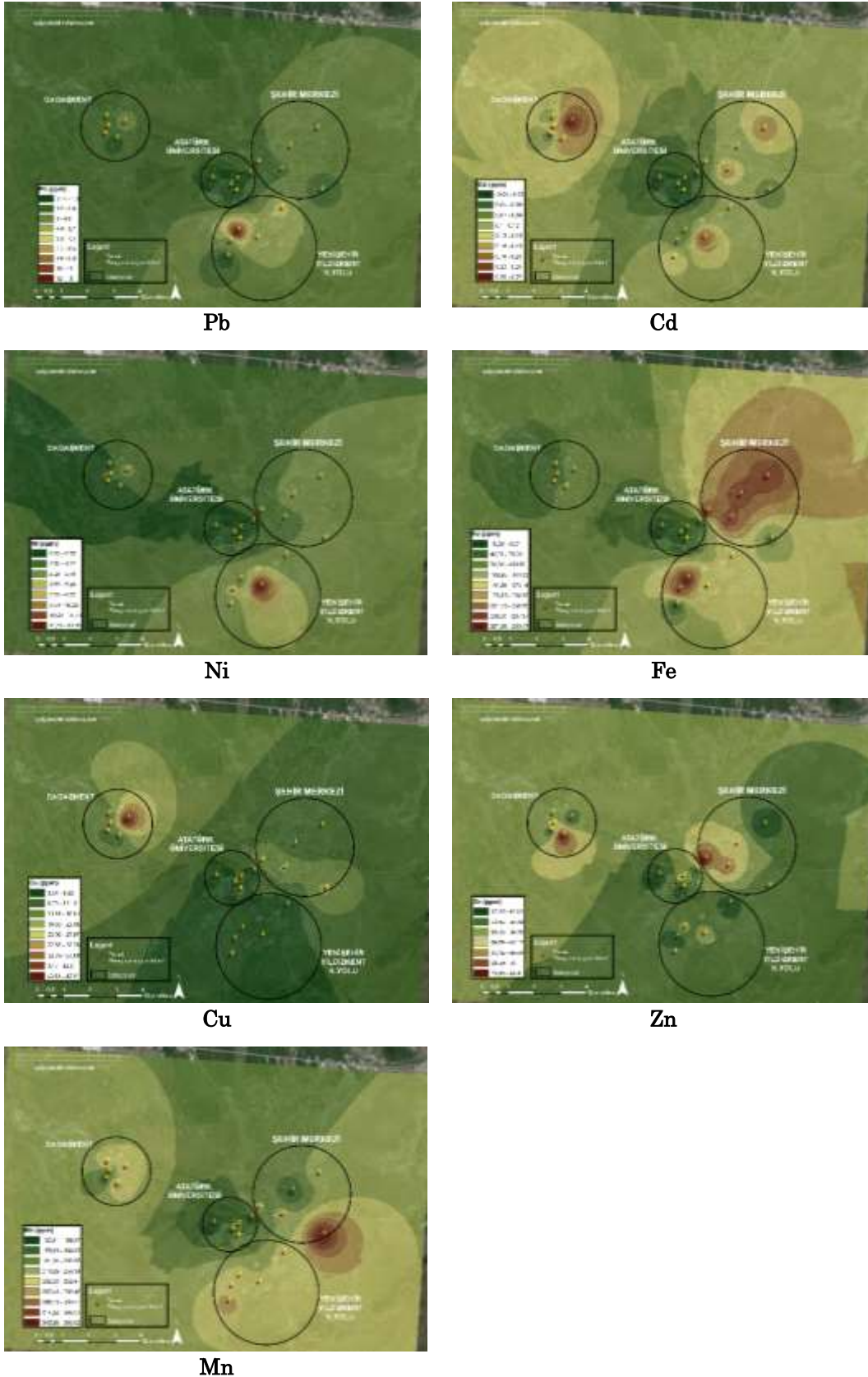
Yapılan ANOVA testine göre Fe (P=0.001) elementi P<0.01 düzeyinde, Ni (P=0.016) ve Cu (P=0.034) elementleri P<0.05 düzeyinde istatistiksel olarak istasyonlar bazında anlamlı farklılık göstermiştir. Buna göre Ni elementi değerleri için yapılan incelemelerde Şehir Merkezi ve Üniversite istasyonlarının ortalamaları arasındaki fark anlamlı bulunmuştur. Ni elementinin istatistiksel ortalama bakımından istasyonlar arasında en yüksek seviyesi Yenişehir/Yıldızkent (6.61 ppm) olurken en düşük Üniversite (2,13 ppm) olarak bulunmuştur. Fe elementi değerleri için yapılan incelemede Şehir Merkezi, Üniversite ve Dadaşkent istasyonlarının ortalamaları arasındaki fark anlamlı bulunmuştur. Fe

elementi ortalaması bakımından en yüksek seviye Şehir Merkezi (237 ppm) istasyonu olurken en düşük seviyenin ise Üniversite (30.8 ppm) istasyonu olduğu belirlenmiştir. Cu elementi değerleri için yapılan incelemede, Yenişehir/Yıldızkent istasyonu istatistik ortalamasının (4.18 ppm) Şehir Merkezi (15.62 ppm) ve Dadaşkent (19.42 ppm) istasyonu ortalamasına göre oldukça düşük seviyede olduğu, Üniversite istasyonu ortalamasına göre (7.26 ppm) ise önemli bir farklılık olmadığı görülmüştür. Pb, Cd, Zn ve Mn elementlerinde ise önemlilik seviyesi P>0.05 olarak bulunduğundan, istasyonlar bazında anlamlı bir farklılık tespit edilememiştir.

Ağır Metal Elementlerinin Mekânsal Dağılım Analizleri

Ağır metallerin ölçüm değerleri ArcGIS 10.1 yazılım programı aracılığıyla Universal Koordinat Sistemi

(WGS_1984_UTM_Zone_37)'de bitki örneklerinin alındığı koordinatlara göre sayısal nokta verisi olarak oluşturulmuştur. Ağır metal elementlerin mekânsal dağılım haritaları Şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 3. Ağır metal elementlerinin mekânsal dağılım haritaları.

Ağır metal türüne göre her bir örneğin ölçüm değeri öznitelik verisi olarak sayısal veri tabanına işlenmiştir. Mekansal dağılım haritalarının üretilmesinde ArcGIS yazılım programının ArcToolbox →Spatial Analyst →Interpolation → Inverse Distance Weighted (IDW) komutları kullanılmıştır. IDW ağır metalin ölçüm değerlerini mekânsal olarak noktalar arasındaki mesafeleri (örneklerin birbirlerine olan mesafeleri) dikkate alarak enterpolasyon tekniği ile haritalar üretmektedir. IDW; mekansal olarak istasyonlar ve bu istasyonlara yakın olan noktaların tahmin hesaplamasında daha ağırlıklı rol alması ve daha uzak noktaların ise daha az etkili olması ilkesine dayalı olan enterpolasyon tekniğidir. Kirlilik haritaları, iklim haritaları vb. birçok haritanın üretilmesinde sıklıkla kullanılan yöntemlerden birisidir. Sayısal haritalar üretilerek elementler bazında mekânsal dağılımlar anlamlandırılmıştır.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Ağır metal elementlerinin kent dokusundaki mekânsal dağılımı incelendiğinde; Fe (100-275 ppm) ve Zn (37.5-82.5 ppm) Şehir merkezinde, Pb (0.16-12.66 ppm), Ni (4.29-13.21 ppm) ve Mn (244.5-278.7 ppm) Yenişehir/Yıldızkent'de, Cd (0.05-0.62 ppm) ve Cu (9.9-47.6 ppm) Dadaşkent'de en yoğun dağılıma sahip olduğu belirlenmiştir. Üniversite yerleşkesi ve çevresinin ise tüm elementler bazında en düşük yoğunluğa sahip bir mekân olduğu tespit edilmiştir. Nitekim, Kopar ve Zengin (2009), SO₂ ve PM (partikül madde) konsantrasyonu bakımından bütün yıllar için havası en temiz kesimin Üniversite Kampüs alanı ve çevresi, havası en kirli alan Şehir Merkezi (Yakutiye belediyesi, İstasyon, Gürcükapı Gez Mahalleleri) ve çevresi olarak tespit etmişlerdir.

Bitkiye gerekli ağır metallere olan mikro element (Fe, Cu, Zn ve Mn) ve potansiyel toksik ağır metal (Pb, Cd ve Ni) içeriklerinin kritik seviye değerleri Fe için sınır değer 98 ppm, Cu için 9 ppm, Mn için ortalama 200 ppm, Zn için 59 ppm, Pb için sınır değer 0.2- 20 ppm, Cd için sınır değer 0.01- 2.4 ppm, Ni için sınır değer 0.1- 5 ppm olarak kabul edilmektedir (Jones ve ark., 1991; Kabata-Pendias ve Pendias,1992). Bu değerler göz önüne alındığında, *Elaeagnus angustifolia* L. bitkisinin yaprak örneklerindeki potansiyel toksik ağır metallere olan Pb ve Cd alımlarının sınır değeri aşmadığı, ancak Ni elementinin Yenişehir ve Yıldızkent'de; Fe elementinin Şehir Merkezi ve Yenişehir-Yıldızkent'de; Cu elementinin Şehir Merkezi ve Dadaşkent'de; Zn elementinin Şehir Merkezinde; Mn elementinin Üniversite haricindeki tüm ölçüm istasyonlarında belirtilen bu kritik seviyeleri aşmış olduğu tespit edilmiştir. Bu kapsamda *Elaeagnus angustifolia* L. bitkisinin Ni, Fe, Mn, Cu ve Zn elementleri için iyi bir biyomonitör olabileceği sonucuna varılmıştır.

Erzurum kenti hava kirliliği problemleri ile sürekli karşı karşıya kalan kentlerden biridir. Topoğrafik yapısı ve iklimsel özelliklerinin yanında, ısınmada kullanılan fosil yakıtlar, nüfus artışı, gecekondulaşma, motorlu taşıt sayısındaki artış, düzensiz kentleşme, yanlış alan kullanımları hava kalitesi üzerine olumsuz etkiler oluşturmaktadır. Her ne kadar kentte doğalgaz bulursa da kömür kullanımının etkisi maalesef azalmamıştır. Özellikle ısınma amaçlı kullanımda doğalgaz maliyetinin fazlalığı nedeni ile soğuk kış aylarında doğalgaz dönüşümü yapmalarına rağmen aboneler kömür kullanımına devam etmektedir. İklimsel etkiler nedeni ile ısınma problemi çok yüksek illerde doğalgaz politikalarının belirlenmesi yöre halkı ve kirlilik açısından son derece önemlidir. Motorlu taşıt sayısındaki artışlar ve taşıtların egzozlarından doğaya bıraktıkları zehirli gazlar hava kalitesini önemli ölçüde etkilemektedir. Kentte anayol, sokak, cadde genişliklerinin yetersiz olması, ışıklandırılmalarının senkronize olmaması, trafikte uzun kuyrukların oluşmasına, buda bekleme süresinin uzamasına ve daha fazla yakıt kullanımına; dolayısıyla trafik kaynaklı doğaya salınan zehirli gaz miktarının da fazla olmasına neden olmaktadır. Kentsel planlamada toplu taşımacılığa yönelim trafik kaynaklı kirliliğin önlenmesinde büyük katkıları olacaktır. Özellikle iklimsel açıdan kışın soğuk geçen aylarda aşırı yakıt kullanımı nedeniyle kirliliğin maksimum seviyeye ulaşmaktadır. Bu dönemlerde doğalgaz kullanımının teşvik edilmesi evsel yakıt olarak fosil yakıtın kullanılmasının yasaklanması, taşıtların egzoz emisyon kontrollerinin sıkı bir şekilde denetimi, izleme ve kontrol çalışmalarının yapılması kirliliğin azaltılmasında önemli katkılar sunacaktır. Planlama açısından nüfus yoğunluğu, taşıt yoğunluğu ve bina yoğunluğu nedeniyle kümelenmelerin olduğu Şehir Merkezi kirliliği içine hapsederek hava kirliliğinin etkilerinin en fazla hissedildiği alan niteliğindedir. Bu tip alanlarda kirliliğin dağılımı ancak iklimsel parametrelerden özellikle yağış ve rüzgâr faktörü ile mümkün olabilmektedir. Yağış ve rüzgâr olmadığı dönemlerde kirlilik mekânsal çöküntüye uğrayarak insanlar, bitkiler ve hayvanlar üzerinde ciddi sağlık problemlerine yol açmaktadır. Havada asılı duran gazları ve ağır metalleri üzerinde biriktiren ağaçlar ve yeşil alanlar kirliliğin ve zararlarının azaltılmasında büyük katkılar sunmaktadır. Dolayısıyla, Erzurum gibi hava kirliliğinin yoğun olduğu kentsel mekânlarda ağaçlardan oluşturulmuş yeşil alanlar ve yeşil dokuların tesisi oldukça önem arz etmektedir. Erzurum kentinde kentsel ağaçlandırma ve peyzaj çalışmalarında başta yaz-kış yeşil kalabilen bitkiler olmak üzere iklim ve toprak şartlarına uygun ve kirliliğe toleranslı bitkilerin tercih edilmesi gerekir.

KAYNAKLAR

- Akgüç N, Özyiğit İİ, Yarcı C, 2008. *Pyracantha coccinea* Roem. (Rosaceae) as a biomonitor for Cd, Pb and Zn in Mugla province (Turkey). *Pakistan J. of Botany* 40(3):1767-1776.
- Akgüç N, Özyiğit İİ, Yasar U, Leblebici Z, Yarcı C 2010. Use of *Pyracantha coccinea* Roem. as a possible biomonitor for the selected heavy metals. *Int. J. Environ. Sci. Tech.*, 7(3):427-434.
- Aksoy A, Öztürk A 1997. *Nerium oleander* L. as a biomonitor of lead and other heavy metal pollution in Mediterranean environments. *Sci. of the Tot. Environ.*, 205(2-3):145-150.
- Aksoy A, Şahin U 1999. *Elaeagnus angustifolia* L. as a Biomonitor of Heavy Metal Pollution. *Türk J. of Botany*, 23(2): 83-87
- Aksoy A, Şahin U, Duman F 2000. *Robinia pseudoacacia* L. as a Possible Biomonitor of Heavy Metal Pollution in Kayseri. *Türk J. Botany*, 24(5): 279-284.
- Badora A 2002. Bioaccumulation of Al, Mn, Zn and Cd in Pea Plants (*Pisum sativum* L.) against a background of Unconventional binding agents. *Polish J. Environ. Stud.*, 11(2):109-116.
- Bayar E 2009. Erzurum şehir merkezindeki bazı kavşaklarda bitki (*Pinus sylvestris*) ve toprakların ağır metal (Fe, Cu, Zn, Mn, Cd, Pb ve Ni) kontaminasyon durumunun belirlenmesi, Atatürk Üniversitesi. Fen Bil. Enst., Toprak Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, s.66, Erzurum
- Bilge U, Çimrin KM 2013. Viranşehir-Kızıltepe Karayolu Kenarındaki Topraklarda Motorlu Taşıtlardan Kaynaklanan Ağır Metal Kirliliği. *J. of Agri.Sci.*,19(4): 323-329.
- Brown HS, Kaspertan RE, Raymonds S 1990. Trace Pollutants. In: Turner B.L., Clarke W.C., Yates, R.W., Richards, J.F., Mathews, J.T., Meyer, W.B. (Eds.), *The Earth as Transformed by Human Action*. Cambridge University Press, Clarke University, Cambridge, 437-455.
- Celik A, Aslıhan A, Kartal AA, Kaska Y 2005. Determining the heavy metal pollution in Denizli (Turkey) by using *Robinia pseudoacacia* L. *Environ. Intern.*, 31(1):105-112.
- Cicek A, Koparal AS 2004. Accumulation of sulfur and heavy metals in soil and tree leaves sampled from the surroundings of Tuncbilek Thermal Power Plant. *Chemosphere*, 57(8):1031-1036.
- Cindric IJ, Zeiner M, Starcevic A, Stinger G 2018. Metals in pine needles: characterisation of bio-indicators depending on species. *Inter. J. of Environ. Sci. and Tech.*, 1-8.
- Çavuşoğlu K 2002. İğde (*Elaeagnus angustifolia* L.) yapraklarında kurşun (Pb) yoğunluğunun araştırılması S.D.Ü. Fen Bil. Enst. Derg., 6(3): 191-196.
- Çavuşoğlu K, Arica ŞÇ, 2007. *Pinus nigra* (Arnold) subsp. *nigra* var. *caramanica* (Loudon) Rehder Türünün Yapraklarında Kurşun Birikiminin Araştırılması, S.A.Ü. Fen Bil.Enst.Derg., 11(1): 42-46.
- Çavuşoğlu K, Çakır Ş, Kırındı T, 2006. Investigation of Lead (Pb) Pollution in *P. Nigra* (J.F. Arnold) Subsp. *Nigra* Var. *Caramanica* (Loudon) Rehder Collected Road Sides in Some Regions of Kırıkkale City. *Dumlupınar Üniv. Fen Bil.Enst.Derg.*, 11: 11-26.
- Çavuşoğlu K, Çavuşoğlu K 2005. *Cupressus sempervirens* L. ve *Cedrus Libani* A. Rich. Yapraklarında Taşıtların Sebep Olduğu Kurşun (Pb) Kirliliğinin Araştırılması. BAÜ Fen Bil.Enst.Derg.,7(2): 37-56.
- Dijingova Wagner G, Peshev D 1999. Heavy metal distribution in Bulgaria using *Populus nigra* 'Italica' as a biomonitor. *Sci. of the Tot. Environ.*, 172 (2-3):151-158.
- El-Hasan T, Al-Omaria H, Jiriesb A, Al-Nasirc F 2002. Cypress tree (*Cupressus sempervirens* L.) bark as an indicator for heavy metal pollution in the atmosphere of Amman city. *Jordan. Environ. Inter.*, 28(6):513-519.
- El-Hasan T, Jiries T 2001. Heavy Metal Distribution in Valley Sediments in Wadi Al-Karak Catchment Area, South Jordan. *Environ. Geo. and Health* 23(2):105-116.
- Huseyinova R, Kutbay HG, Bilgin A, Kılıç D, Horuz A, Kirmanoğlu C 2009. Sulphur and some heavy metal contents in foliage of *Corylus avellana* and some roadside native plants in Ordu Province, Turkey. *Ekoloji* 18 (70): 10-16.
- Janick J 1986. *Horticultural science*, 4th ed. Perdue University: W. H. Freeman and Company; p.746, Printed in the United States of America, New York.
- Jones Jr JB, Wolf B, Mills HA 1991. *Plant Analysis Handbook: A Practical Sampling, Preparation, Analysis, and Interpretation Guide*. Micro-Macro Publishing, 213, Athens.
- Kabata-Pendias A, Pendias H 1992. *Trace Elements in Soils and Plants*, 2nd Edition, CRC Press, CRC. Pres. Boca Raton, Florida, 315.
- Kacar B, İnal A 2008. Bitki Analizleri. Ankara Üniversitesi. Nobel Yayınevi, ISBN:978-605-395-036-3, Ankara.
- Karaaslan NM, Yaman M 2013. Determination of nickel and chromium in *Pinus nigra* L., *Cedrus libani*, and *Cupressus arizonica* leaves to monitor the effects of pollution in Elazığ, (Turkey). *Instrum. Sci. Technol.*, 41(3): 335-348
- Kopar İ, Zengin M 2009. Coğrafi Faktörlere Bağlı Olarak Erzurum Kentinde Hava Kalitesinin Zamansal ve Mekansal Değişiminin Belirlenmesi, *Türk Coğr. Derg.*, 53: 51-68.
- Kozlov MV 2005. Pollution resistance of mountain birch, *Betula pubescens* subsp. *czerepanovii*, near the copper-nickel smelter: natural selection or phenotypic acclimation, *Chemosphere*, 59(2): 189-197.

- Lau OW, Luk SF 2001. Leaves of *Bauhinia blakeana* as indicators of atmospheric pollution in Hong Kong. *Atmosp. Environ.*, 35: 3113-3120.
- Margui E, Queralt I, Carvalho ML, Hidalgo M 2007. Assessment of metal availability to vegetation (*Betula pendula*) in Pb-Zn ore concentrate residues with different features. *Environ. Poll.*, 145(1): 179-184.
- Markert B 1993. *Plants as Biomonitors, Indicators for heavy metals in the terrestrial environment*, 644 p, ISBN: 1560812729 :3527300015, Weinheim, New York.
- Mcgrath SP, Chaudri AM, Giller KE 1995. Longterm Effects of Metals in Sewage Sludge on Soils, Microorganisms and Plants. *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.*, 14(2): 94-104.
- Mertens J, Vervaeke P, De Schrijver A, Luysaert S 2004. Metal uptake by young trees from dredged brackish sediment: limitations and possibilities for phytoextraction and phytostabilisation. *The Sci. of the Tot. Environ.*, 326: 209-215.
- Önder S, Dursun S, Gezgin S, Demirbaş A 2007. Determination of Heavy Metal Pollution in Grass and Soil of City Centre Green Areas (Konya, Turkey), *Polish J. of Environ. Stud.*, 16(1): 145-154.
- Tuna AL, Yağmur B 2004. Muğla-Marmaris Otoyolu Kenarlarında Trafik Kaynaklı Kirlenmenin Araştırılması. *S.D.Ü. Fen Bil.Enst.Derg.*, 8(1):114-120.
- Uğulu İ 2015. Determination of Heavy Metal Accumulation in Plant Samples by Spectrometric Techniques in Turkey. *App. Spectro. Rev.*, 50(2): 113-151.
- Wegiel A, Bielinis E, Polowy K 2018. Heavy metals accumulation in Scots pine stands of different densities growing on not contaminated forest area (northwestern Poland). *Austr.J. of For. Sci.*, 135(3):259-281.
- Viard B, Pihan F, Promeprat S, Pihan JC 2004. Integrated assessment of heavy metal (Pb, Zn, Cd) highway pollution: bioaccumulation in soil, Gramineae and land snails. *Chemosphere*. 55(10):1349-59.
- Yasar U, Ozyigit I.I, Serin M 2010. Judas tree (*Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum*) as a possible biomonitor for Cr, Fe and Ni in Istanbul (Turkey). *Rom. Biotech. Lett.*, 15(1): 4983-4992.
- Yaylılı Abanuz G, Tüysüz N 2009. Heavy metal contamination of soils and tea plants in the eastern Black Sea region, NE Turkey. *Environ. Earth Sci.* 59(1): 131- 144.
- Yıldırım C, Karavin K, Cansaran A 2012. Amasya İli Şehir Merkezinde Bulunan *Elaeagnus angustifolia* L. ve *Pinus brutia* Ten. Türlerinde Bazı Ağır Metallerin İçeriklerinin Belirlenmesi. *Biyoloji Bil. Araş. Derg.*, 5(2): 7-11.
- Yılmaz R, Sakcalı S, Yarcı C, Aksoy A 2006. Use of *Aesculus hippocastanum* L. as a biomonitor of heavy metal pollution. *Pakistan J. of Botany*, 38(5):1519-1527.
- Yılmaz S, Zengin M 2004. Monitoring Environmental Pollution in Erzurum by Chemical Analysis of Scots Pine (*Pinus Sylvestris* L.) Needles, *Environ. Int.*, 29(8):1041-1047.
- Zare M, Sanatgar M, Fatemitalab R 2016. Cypress Tree (*Cupressus arizonica* Greene.) as a Biomonitor of Heavy Metal Pollution in the Atmosphere of Isfahan. *J. of Orna. Plant*, 6(2): 101-106.