

Ayvalık Tuzlasında Yayılış Gösteren *Suaeda prostrata* subsp. *prostrata* Pall. Alttürünün Ağır Metal Birikimi

Murat KILIÇ¹, Güngör AY¹, Fatma KOÇBAŞ¹, Fatma MUNGAN¹, İbrahim KULA², Muhammet KARABAŞ²

ÖZET: Bu çalışmada İzmir-Çanakkale karayolunun bitişiğinde yer alan Ayvalık Tuzlasında yayılış gösteren *Suaeda prostrata* subsp. *prostrata* Pall. bitkisinin Pb, Zn, Cd ve Ni düzeyleri Analizler Perkin Elmer Analyst 700 Model Alevli Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi (FAAS) cihazı ile belirlenmiştir. Bitkinin kök, gövde, yaprak ve meyve kısımları ile onun yetişme toprağı çalışmanın materyalini oluşturmuş. Örneklemeler, Tuzlayı çevreleyen toprak set üzerinde belirlenen 8 istasyonda yapılmıştır. Her istasyondan 12 ay boyunca düzenli olarak numuneler alınmıştır. Yapılan tüm analizler sonucunda bitkide; Pb <0.001-1.026 ppm, Zn 0.016-1.389 ppm, Cd <0.001-0.166 ppm ve Ni 0.006-0.809 ppm; toprakta ise Pb 0.523-1.599 ppm, Zn 0.143-1.248 ppm, Cd 0.006-0.298 ppm ve Ni 0.112-1.098 ppm arasında olduğu belirlenmiştir. Analizlerde sonuçların sınır değerlerin altında olmasının en önemli nedeni, hakim rüzgâr yönünün kuzeybatı (tuzladan karayoluna doğru) olması, tuzlanın güneyi boyunca uzanan karayolu üzerinde herhangi bir kavşak ve sinyalizasyonun bulunmaması ve yakınında kirletici özelliği olabilecek endüstri ve sanayi tesislerinin olmamasıdır.

Anahtar kelimeler: Ayvalık Tuzlası, *Suaeda prostrata* subsp. *prostrata*, Kurşun, Çinko, Kadmiyum, Nikel, Kirlilik

Heavy Metal Accumulation Of *Suaeda prostrata* subsp. *prostrata* Pall. Which Spread In Ayvalık Saltern

ABSTRACT: In this study, were determined level of Pb, Zn, Cd and Ni in *Suaeda prostrata* subsp. *prostrata* Pall. which is spread in Ayvalık Saltern is partaking İzmir-Canakkale highway. Analysis were done by using Perkin Elmer Analyst 700 Flame Atomic Absorption Spectrophotometer (FAAS) device. The root, stem, leaves and cultivation soil of plant was formed material of this study. Sampling, were done 8 station which is determined on the soil dam is surrounding saltern. Through 12 months, samples regulary receipt from every station. As a result of all analysis, we saw the level Pb <0.001-1.026 ppm, Zn 0.016-1.389 ppm, Cd <0.001-0.166 ppm and Ni 0.006-0.809 ppm in the soil Pb 0.523-1.599 ppm, Zn 0.143-1.248 ppm, Cd 0.006-0.298 ppm and Ni 0.112-1.098 ppm... The fact that the results in the analysis are below the limit values is because of the fact that the dominant diraction of the wind is North-west (through Tuzla motorway), there aren't any crossroads or signalization on the motorway on the southern part of Tuzla and there aren't any industrial plants having polluting effects.

Keywords: Ayvalık Saltern, *Suaeda prostrata* subsp. *prostrata*, Lead, Zinc, Cadmium, Nickel, Pollution

¹ Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri, Biyoloji, Manisa, Türkiye

² Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fen Bilimleri, Biyoloji, Muğla, Türkiye

Sorumlu yazar/Corresponding Author: Murat KILIÇ muratkilic04@gmail.com

GİRİŞ

Ağır metaller, çok çeşitli kaynaklarda ortaya çıkabilmeleri, yaygın kirlenme nedeni oluşturmaları, çevre koşullarına dayanıklı olmaları, daima biyolojik sistemlere yönelik etki göstermeleri ve kolaylıkla besin zincirine girerek canlılarda artan yoğunluklarda birikebilmeleri nedeniyle diğer kimyasal kirleticilerden farklı olarak ayrı bir önem taşıyor (Merlini, 1980; Engel et al. 1981).

Ağır metallerin çevreye yayılmasına neden olan etmenlerin başında endüstriyel faaliyetler, maden yatakları ve işletmeleri ile motorlu taşıtların egzozları gelmektedir (Stresty and Madhava Rao, 1999).

Motorlu taşıtlar bu kirlenmenin %50'sini meydana getirmektedirler (Seaward and Richardson, 1989). Bu kirlenmenin %60'ını benzine katılan Pb ve Ni oluşturmaktadır (Roderer, 1984). Cd araç lastiklerinin aşınmasından, yanan motor yağından ve en çok dizel yakıtlardan (Lagerwerf, 1976), Zn ise araç lastiklerinin aşınmasından havaya verilmektedir (Seaward and Richardson, 1989).

Bitkilerin ağır metal kirliliğinden etkilenmeleri, kirletici miktarına, kirletici kaynağın uzaklığına, maruz kalma süresine ve meteorolojik şartlara bağlı olarak değişir (Öztürk ve Türkan, 1993).

Ağır metaller arasında yer alan Mn, Fe, Cu, Zn ve Ni gibi elementler bitkiler için gerekli eser elementlerdir (Nedelkoska and Doran, 2000).

Bitkiler bu ağır metalleri kökleriyle alıp diğer organlarında depo edebildikleri gibi stomaları ile de bünyelerine katarlar (Motto et al., 1970).

Bitki gelişimi için gerekli olsun veya olmasın ağır metallerin doku ve organlardaki aşırı birikimi bitkilerin vejetatif ve generatif organlarının gelişimini olumsuz yönde etkilemektedir (Gür et al. 2004). Bu olumsuzluklar; bitkilerde transpirasyon, stoma hareketleri, su alımı, fotosentez, enzim aktivitesi, çimlenme, protein sentezi, membran stabilitesi, hormonal denge gibi birçok fizyolojik olayın bozulmasına neden olmaktadır (Kennedy and Gonsalves, 1987).

Halofitik bir bitki olan ve gümüşü veya narin deniz semizotu olarak da bilinen *Suaeda prostrata* subsp. *prostrata* Pall., tek yıllık tüysüz, sukkulent yapraklı, dik gövdeli, tuzladaki formlarının boyu 20 cm'ye kadar

uzanan ve uzun kök yapısına sahip bir bitkidir. Ayvalık Tuzlasını çevreleyen toprak set üzerinde bol miktarda yetişmektedir. Ülkemizde Ayvalık Tuzlasının kirliliği üzerine (Kılıç et al., 2011) ve bu bitkinin ağır metal içeriğiyle ilgili herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Ayvalık Tuzlası, İzmir-Çanakkale karayolunun bitişiğinde yer alan, yılda ortalama 20000 ton tuz üretilen bir deniz tuzlasıdır. Üretilen tuz başta gıda sanayi olmak üzere deri, barsak sektörü ve kar mücadelesi gibi çalışmalarda kullanılmaktadır.

Ayvalık Tuzlasında bulunan 17 adet evaporasyon ve 5 adet kristalizasyon havuzunu birbirine bağlayan toprak setlerde aşırı tuz yoğunluğu nedeniyle hemen hemen hiçbir bitki yetişmemektedir. Tuzlayı çevreleyen toprak sette ise *S. prostrata* subsp. *prostrata* Pall., *Halimione portulacoides* (L.) Aellen ve *Salicornia europaea* L. gibi halofitik bitkiler bulunmaktadır.

Bu çalışmada Ayvalık Tuzlasında doğal yayılış gösteren *S. prostrata* subsp. *prostrata* Pall. bitkisinin Pb, Zn, Cd ve Ni düzeyleri ile tuzlanın ağır metal düzeyi ve örnekleme istasyonlarının yola olan mesafelerine bağlı ağır metal değişimlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

1980'li yıllarda 930.000 m² alana kurulan Ayvalık Tuzlası, İzmir-Çanakkale karayolu üzerinde, Balıkesir'in Ayvalık İlçesine 11 km mesafededir. İzmir-Çanakkale karayolu tuzla ile deniz arasından geçmektedir. Tuzlanın etrafı yaklaşık 1 m yüksekliğinde bir toprak set ve onu sınırlayan 2-3 m genişliğinde su dolu drenaj hendeği ile çevrilidir.

Toprak set üzerinde geniş yayılış gösteren *S. prostrata* subsp. *prostrata* Pall. ve yetiştirme toprağı çalışmamızın materyalini oluşturmaktadır.

Örnekleme, Haziran 2009- Mayıs 2010 tarihleri arasında tuzlayı çevreleyen toprak set üzerinde belirlenen 8 istasyonda (Şekil 1) her ay düzenli olarak yapılmıştır. Ağır metal analizleri bitkinin kök, gövde, yaprak ve meyve gibi organlar üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bitki örnekleri metal alet kullanmadan el yardımı ile toplanarak laboratuara getirilmiştir. Örnekler gölgeli ve direk hava ile temassız odada kurutma kâğıtları üzerinde kuruyuncaya kadar bekletilmiştir. Tam kurutma olması için belli miktarda petrolere alınıp etüvde 105 °C'de 16 saat daha kurutulmuştur. Kurutulan örneklerin her biri,

porcelen havanda toz haline getirilmiş ve hassas terazide 1'er gr tartılıp 250ml' lik beherler içine konulmuştur.

Örneklerin üzerine HCl:HNO₃ (3:1) ilave edilmiştir. Daha sonra çeker ocakta ısıtıcı tabla (hot-plate) üzerinde 150-200 °C kadar 2 saat süre ile

yaklaşık 1 ml beyaz renkli bitki eriyiği kalıncaya kadar yakma işlemine tabi tutulmuştur. Eriyik mavi bant filtre kâğıdından süzildükten sonra saf su ile 50 ml' ye tamamlanmıştır (UNEP, 1984). Analizler Perkin Elmer Analyst 700 model alevli atomik absorpsiyon spektrofotometresinde (FAAS) yapılmıştır.



Şekil 1. Ayvalık Tuzlası ve örnekleme istasyonları

Toprak örnekleri de metal alet kullanmadan yaklaşık 20 cm derinlikten karot çıkarılarak 0,5 kg kadar alınmıştır. Plastik torbalara konulan topraklar buz çantasında taşınarak laboratuara getirilmiş ve analize kadar -21 °C deki derin dondurucuda saklanmıştır. Analiz öncesinde petrilere belli miktarda konulan topraklar 105 °C ayarlı etüvde 16 saat kurutulmuştur. Kurutulan örneklerin her biri, porcelen havanda toz haline getirilmiş ve homojenize edilip 160 µ luk elekten geçirilmiştir.

Elenmiş toprak örnekleri hassas terazide 0,5 gr tartılmış, üzerine HCl:HNO₃ (3:1) ilave edilmiştir. Daha sonra çeker ocakta ısıtıcı tabla (hot-plate) üzerinde 150-200 °C kadar 2 saat süre ile yaklaşık 1 ml beyaz renkli eriyik kalıncaya kadar yakma işlemine tabi tutulmuştur. Eriyik mavi bant filtre kâğıdından süzildükten sonra saf su ile 25 ml' ye tamamlanmıştır (UNEP 1984). Analizler Perkin Elmer Analyst 700 model alevli atomik absorpsiyon spektrofotometresinde (FAAS) yapılmıştır.

BULGULAR

Ayvalık Tuzlasından toplanan *S. prostrata* subsp. *prostrata* örnekleri kök, gövde, yaprak ve meyve kısımlarına ayrılarak analiz edildi.

Tür, yaprak döken bir bitki olduğu için 8 ay (Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül, Ekim, Mart, Nisan, Mayıs) yapraklı, 4 ay (Kasım, Aralık, Ocak, Şubat) ise meyveli formda olup örneklerde buna göre alınmıştır.

Tüm analiz sonuçları (toprak dâhil) Çizelge 1.2.3.4'te verilmiştir. Bu analiz sonuçlarına göre, *S. prostrata* subsp. *prostrata* alttü ründe tespit edilen ağır metal konsantrasyonları Pb <0.001-1.026 ppm, Zn 0.016-1.389 ppm, Cd <0.001-0.166 ppm ve Ni 0.006-0.809 ppm arasında bulundu.

Toprakta ise Pb 0.523-1.599 ppm, Zn 0.143-1.248 ppm, Cd 0.006-0.298 ppm ve Ni 0.112-1.098 ppm arasındadır.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Ayvalık Tuzlası konum olarak Ayvalık ilçesine 11 km, Altınova beldesine 9 km, sınırları içerisinde bulunduğu Küçükköy beldesine ise 8 km mesafede olup etrafında herhangi bir sanayi tesisi bulunmamaktadır. Tuzlanın doğusunda, tuzlaya ait pansiyon ve özel bir otel, kuzeyinde küçük çapta 2 besi çiftliği, batısında zeytinlik ve güneyinde

İzmir-Çanakkale karayolu ile onun bitişiğindeki Ege Denizi bulunmaktadır.

Tuzlanın güneyine bitişik olarak geçen İzmir-Çanakkale karayolu, tuzlaya yaklaşık 3-4 km uzaklıktan batıya ve daha sonra kuzeye doğru uzanmaktadır.

Bitkide ve onun yetiştirme toprağında yapılan analizlerin sonucu Pb, Zn, Cd ve Ni konsantrasyonlarının oldukça düşük seviyelerde çıkmış olduğu görülecektir (Çizelge 1,2,3,4).

Konu ile ilgili Agoramoorthy et al. (2008) halofitik bitkiler olan *Suaeda maritima* ve *S. monoica* bitkilerinde sırasıyla 11,08-10,57 ppm Pb bulunduğunu belirtmişlerdir.

Allen (1989) kirlenmemiş ortamda bulunan bitkilerde 0,05-3,0 ppm Pb konsantrasyonu bulunduğunu belirtmiştir. Başkaya ve Teksoy, (1997), Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) Pb için kabul ettiği sınır değerini kuru bitki materyalinde 10 ppm olduğunu belirtmişlerdir.

Özbek et al. (1995) topraklardaki toplam Zn konsantrasyonunun 10-300 ppm, bitkilerdeki Zn konsantrasyonunun normalde 5-100 ppm arasında bulunduğunu ancak görülen toksisitelerin genellikle 400 ppm'den sonra başladığını belirtmişlerdir. Agoramoorthy et al., (2008), halofitik bitkiler olan *Suaeda maritima* ve *S. monoica* bitkilerinde sırasıyla 71,1-19,0 ppm Zn bulunduğunu belirtmişlerdir.

Özbek et al., (1995) Cd toprakta 3 ppm, bitki kuru maddesinde ise 1 ppm'den fazla olduğunda toksik olacağını rapor etmişlerdir.

Yıldız (2001) ise Cd topraklarda 1 ppm altında bulunuyorsa bu miktarın normal seviyede olduğunu belirtmiştir.

Ekincioglu ve Demirezen (2008) Tuzla Gölü'nde (Palas-Kayseri) *S. europaea* L. bitkisi kullanılarak ağır metal kirliliğinin tespiti çalışması yapmışlar, deney sonuçlarına göre *S.europaea* L. yaprak örneklerindeki Cd konsantrasyonunun 0.022-0.117 ppm olduğunu belirtmişlerdir.

Ekincioglu ve Demirezen (2008) Tuzla Gölü'nde (Palas-Kayseri) *S. europaea* L. bitkisi kullanılarak ağır metal kirliliğinin tespiti çalışmasında, deney sonuçlarına göre *S.europaea* L. yaprak örneklerindeki Ni konsantrasyonunun 0.291-2.901 ppm arasında olduğunu rapor etmişlerdir.

Vergnano and Hunter (1952) Ni konsantrasyonlarının bitkide 5 ppm'e, toprakta ise 100 ppm'e kadar çıkmasının normal kabul edileceğini söylemişlerdir.

Bitki ve onun yetiştirme toprağındaki ağır metal düzeyleri ayrı ayrı ele alınıp yorumlanması aşağıdaki gibidir.

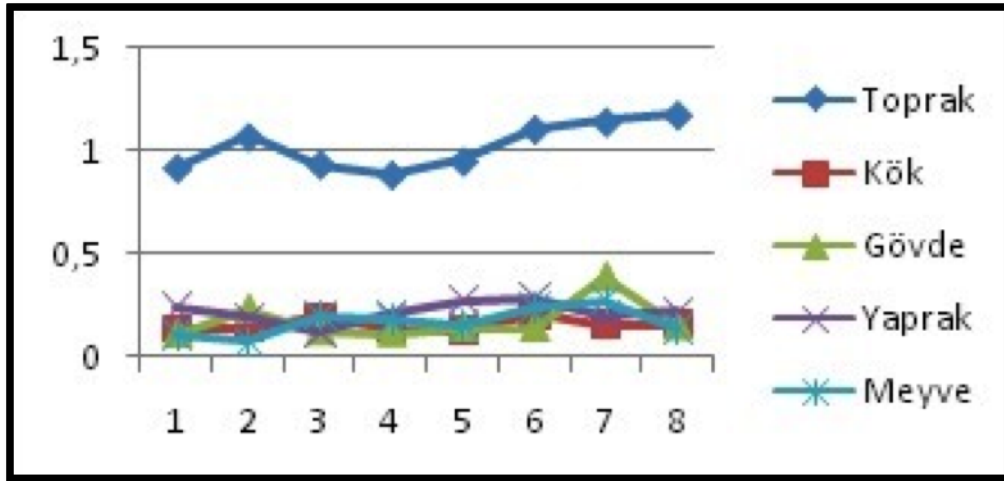
Kurşunun bitki kısımlarında birikmesi sırasıyla; Yaprak>meyve>gövde>kök şeklindedir.

Çizelge 1 ve Şekil 2'de verilen her bir istasyona ait 12 aylık ortalama değerlere bakıldığında, yaprakta en yüksek Pb konsantrasyonunun 0.284±0.20 ppm (6. istasyon), en düşüğün ise 0.118±0.09 ppm (3. istasyon) olduğu görülecektir.

Türkan (1986), Yassoglou et al. (1987), Gündüz (1994), Haktanır et al. (1995), Çavuşoğlu et al. (2006), çalışmalarında yoldan uzaklaştıkça Pb konsantrasyonunun düşeceğini belirtmektedirler.

Çizelge 1. Kurşun (Pb)'un *S. prostrata* subsp. *prostrata* ve yetiştirme toprağında her bir istasyona ait 12 aylık ortalama değerleri ppm (kuru ağırlık)

İstasyon Pb No (ppm)	Toprak	Kök	Gövde	Yaprak	Meyve
Ort /SD 1 Min-Max	0.917±0.14 0.725-1.119	0.136±0.10 0.020-0.396	0.115±0.11 0.013-0.048	0.238±0.22 0.046-0.732	0.110±0.04 0.060-0.168
Ort /SD 2 Min-Max	1.069±0.15 0.818-1.278	0.142±0.12 0.020-0.412	0.233±0.29 0.042-1.026	0.189±0.12 0.056-0.361	0.077±0.08 0.013-0.198
Ort /SD 3 Min-Max	0.934±0.23 0.523-1.400	0.199±0.17 n.d-0.535	0.127±0.10 0.020-0.361	0.118±0.09 0.036-0.279	0.201±0.12 0.038-0.353
Ort /SD 4 Min-Max	0.883±0.23 0.602-1.276	0.138±0.12 0.020-0.475	0.122±0.11 0.018-0.415	0.202±0.15 0.056-0.496	0.182±0.10 0.041-0.302
Ort /SD 5 Min-Max	0.949±0.31 0.552-1.599	0.127±0.11 n.d-0.456	0.146±0.09 0.042-0.358	0.274±0.15 0.112-0.522	0.150±0.07 0.095-0.255
Ort /SD 6 Min-Max	1.106±0.15 0.959-1.385	0.209±0.17 0.021-0.497	0.146±0.16 0.023-0.509	0.284±0.20 0.042-0.602	0.242±0.09 0.138-0.332
Ort /SD 7 Min-Max	1.142±0.19 0.903-1.440	0.157±0.09 0.025-0.356	0.139±0.10 0.040-0.345	0.194±0.12 0.028-0.316	0.272±0.10 0.177-0.422
Ort /SD 8 Min-Max	1.176±0.11 0.980-1.352	0.157±0.14 0.030-0.545	0.154±0.14 0.050-0.468	0.217±0.15 0.047-0.512	0.141±0.09 0.051-0.272

**Şekil 2.** Kurşun (Pb)'un *S. prostrata* subsp. *prostrata* ve yetiştirme toprağında her bir istasyona ait 12 aylık ortalama değerlerinin grafiği ppm (kuru ağırlık)

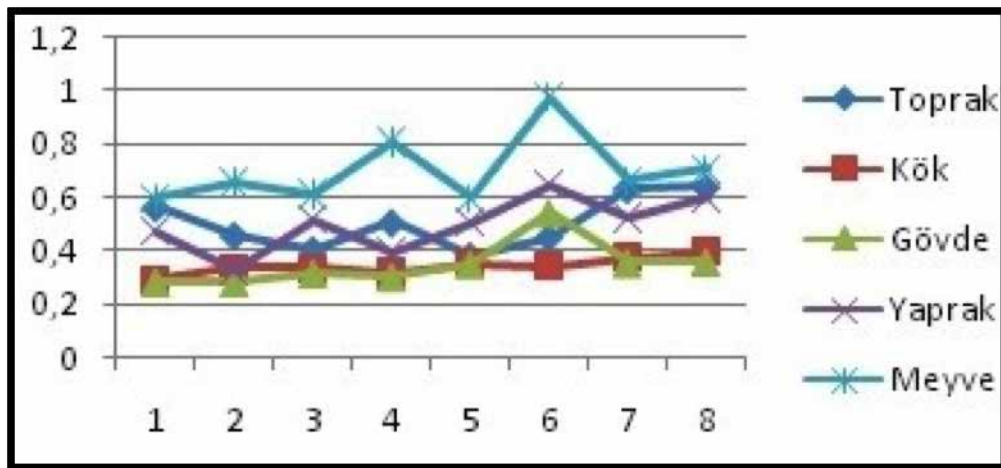
Çinkonun bitki kısımlarında birikmesi sırasıyla; Meyve>yaprak>gövde>kök şeklindedir.

Çizelge 2 ve Şekil 3'de verilen her bir istasyona ait 12 aylık ortalama değerlere bakıldığında, yaprakta

en yüksek Zn konsantrasyonunun 0.650 ± 0.36 ppm (6. istasyon), en düşükün ise 0.328 ± 0.16 ppm (2. istasyon) olduğu görülecektir. Nitekim Ward et al. (1977), Kakulu (2003) çalışmalarında yoldan uzaklaştıkça Zn konsantrasyonunun düşeceğini belirtmektedirler.

Çizelge 2. Çinko (Zn)'nun *S. prostrata* subsp. *prostrata* ve yetiştirme toprağında her bir istasyona ait 12 aylık ortalama değerleri ppm (kuru ağırlık)

İstasyon Zn No (ppm)	Toprak	Kök	Gövde	Yaprak	Meyve
Ort /SD 1 Min-Max	0.564±0.27 0.143-1.182	0.291±0.17 0.016-0.604	0.283±0.12 0.093-0.512	0.447±0.32 0.112-0.989	0.600±0.07 0.490-0.660
Ort /SD 2 Min-Max	0.459±0.21 0.249-0.959	0.333±0.20 0.152-0.930	0.281±0.15 0.101-0.628	0.328±0.16 0.112-0.615	0.657±0.38 0.422-1.237
Ort /SD 3 Min-Max	0.406±0.13 0.241-0.651	0.333±0.14 0.155-0.690	0.316±0.09 0.214-0.515	0.519±0.20 0.296-0.875	0.613±0.07 0.543-0.703
Ort /SD 4 Min-Max	0.507±0.15 0.278-0.668	0.315±0.12 0.191-0.539	0.303±0.12 0.080-0.495	0.396±0.16 0.256-0.755	0.810±0.22 0.508-1.055
Ort /SD 5 Min-Max	0.383±0.12 0.229-0.614	0.354±0.20 0.159-0.939	0.351±0.09 0.193-0.584	0.511±0.19 0.256-0.880	0.600±0.10 0.500-0.732
Ort /SD 6 Min-Max	0.452±0.11 0.225-0.584	0.342±0.15 0.141-0.594	0.545±0.23 0.212-0.975	0.650±0.36 0.256-1.272	0.979±0.42 0.489-1.389
Ort /SD 7 Min-Max	0.633±0.27 0.391-1.236	0.378±0.15 0.258-0.656	0.355±0.12 0.209-0.616	0.525±0.15 0.356-0.793	0.662±0.23 0.372-0.923
Ort /SD 8 Min-Max	0.640±0.25 0.327-1.248	0.397±0.19 0.186-0.675	0.361±0.15 0.168-0.689	0.604±0.20 0.286-0.846	0.709±0.17 0.502-0.901



Şekil 3. Çinko (Zn)'nun *S. prostrata* subsp. *prostrata* ve yetiştirme toprağında her bir istasyona ait 12 aylık ortalama değerlerinin grafiği ppm (kuru ağırlık)

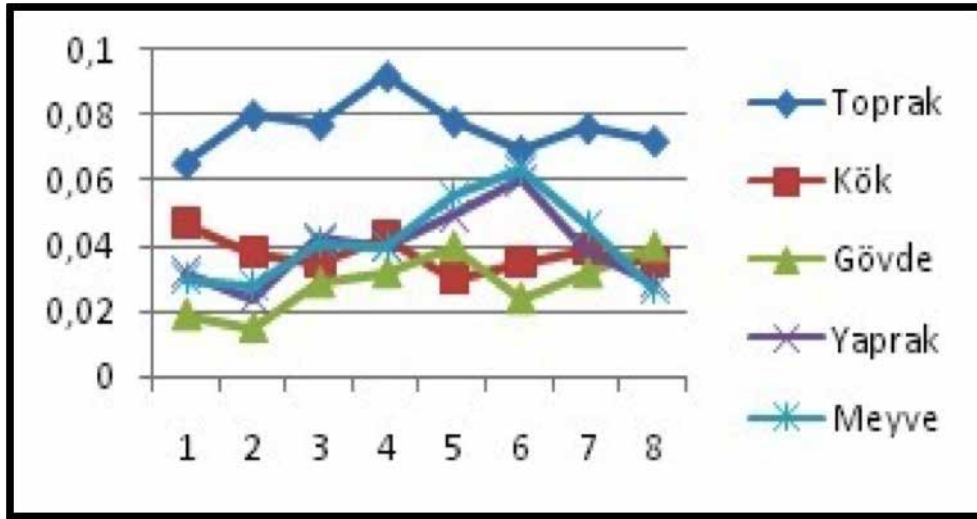
Cd bitki kısımlarında birikmesi ise sırasıyla, Meyve>yaprak>kök>gövde şeklindedir.

Çizelge 3 ve Şekil 4'de verilen her bir istasyona ait 12 aylık ortalama değerlere bakıldığında, yaprakta en yüksek Cd konsantrasyonunun 0.060 ± 0.022 ppm

(6. istasyon), en düşüğün ise 0.024 ± 0.019 ppm (2. istasyon) olduğu görülecektir. Nitekim Türkan, (1986), Yassoglou et al. (1987); Haktanır et al. (1995) çalışmalarında yoldan uzaklaştıkça Cd konsantrasyonunun düşeceğini belirtmektedirler.

Çizelge 3. Kadmiyum (Cd)'un *S. prostrata* subsp. *prostrata* ve yetiştirme toprağında her bir istasyona ait 12 aylık ortalama değerleri ppm (kuru ağırlık)

İstasyon Cd No (ppm)	Toprak	Kök	Gövde	Yaprak	Meyve
Ort /SD 1 Min-Max	0.065±0.036 0.018-0.138	0.047±0.026 0.009-0.084	0.019±0.008 0.007-0.036	0.032±0.015 0.008-0.053	0.030±0.011 0.017-0.042
Ort /SD 2 Min-Max	0.080±0.043 0.013-0.151	0.038±0.043 0.004-0.166	0.015±0.014 0.002-0.056	0.024±0.019 0.006-0.054	0.028±0.006 0.022-0.036
Ort /SD 3 Min-Max	0.077±0.045 0.017-0.148	0.035±0.020 0.010-0.072	0.029±0.018 0.009-0.056	0.042±0.021 0.022-0.059	0.041±0.022 0.016-0.063
Ort /SD 4 Min-Max	0.092±0.076 0.006-0.298	0.043±0.023 0.004-0.072	0.032±0.021 0.004-0.068	0.040±0.023 0.010-0.086	0.040±0.008 0.033-0.052
Ort /SD 5 Min-Max	0.078±0.037 0.018-0.129	0.030±0.016 0.005-0.062	0.040±0.020 0.015-0.071	0.049±0.028 0.018-0.104	0.055±0.011 0.042-0.066
Ort /SD 6 Min-Max	0.069±0.041 0.012-0.132	0.035±0.024 0.010-0.088	0.024±0.020 n.d-0.067	0.060±0.022 0.032-0.096	0.063±0.013 0.051-0.075
Ort /SD 7 Min-Max	0.076±0.030 0.029-0.115	0.039±0.026 0.004-0.097	0.032±0.012 0.007-0.046	0.039±0.026 0.009-0.079	0.046±0.015 0.025-0.059
Ort /SD 8 Min-Max	0.072±0.042 0.016-0.143	0.035±0.025 n.d-0.090	0.040±0.031 0.012-0.056	0.029±0.020 0.009-0.075	0.027±0.014 0.010-0.040



Şekil 4. Kadmiyum (Cd)'un *S. prostrata* subsp. *prostrata* ve yetiştirme toprağında her bir istasyona ait 12 aylık ortalama değerlerinin grafiği ppm (kuru ağırlık)

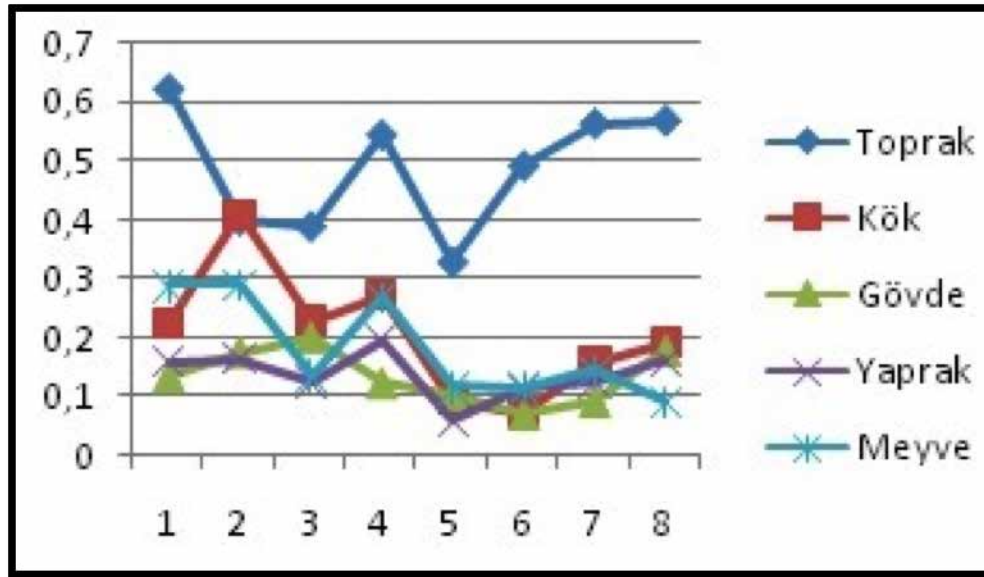
Ni bitki kısımlarında birikmesi ise sırasıyla, Meyve>kök>gövde>yaprak şeklindedir.

Çizelge 4 ve Şekil 5'de verilen her bir İstasyona ait 12 aylık ortalama değerlere bakıldığında, yaprakta

en yüksek Ni konsantrasyonunun 0.195±0.10 ppm (4. istasyon), en düşükün ise 0.057±0.03 ppm (5. istasyon) olduğu görülecektir. Yola uzaklığın Ni konsantrasyonu üzerinde net bir etkisi belirlenmemiştir.

Çizelge 4. Nikel (Ni)'in *S. prostrata* subsp. *prostrata* ve yetiştirme toprağında her bir istasyona ait 12 aylık ortalama değerleri ppm (kuru ağırlık)

İstasyon No (ppm)	Toprak	Kök	Gövde	Yaprak	Meyve
Ort /SD 1	0.620±0.29	0.224±0.08	0.133±0.06	0.157±0.08	0.287±0.11
Min-Max	0.132-1.057	0.101-0.385	0.030-0.264	0.056-0.296	0.188-0.427
Ort /SD 2	0.399±0.13	0.408±0.19	0.174±0.08	0.164±0.04	0.289±0.15
Min-Max	0.043-1.098	0.022-0.809	0.084-0.353	0.096-0.226	0.136-0.466
Ort /SD 3	0.389±0.27	0.229±0.10	0.200±0.09	0.123±0.05	0.137±0.09
Min-Max	0.129-0.788	0.044-0.387	0.036-0.328	0.056-0.205	0.056-0.273
Ort /SD 4	0.543±0.27	0.271±0.22	0.123±0.09	0.195±0.10	0.268±0.12
Min-Max	0.145-1.094	0.036-0.605	0.052-0.332	0.064-0.312	0.152-0.440
Ort /SD 5	0.329±0.22	0.095±0.06	0.103±0.09	0.057±0.03	0.116±0.05
Min-Max	0.112-0.764	0.026-0.233	0.022-0.286	0.016-0.112	0.056-0.181
Ort /SD 6	0.491±0.23	0.072±0.06	0.071±0.05	0.111±0.04	0.115±0.04
Min-Max	0.167-0.816	0.010-0.187	0.006-0.185	0.062-0.196	0.056-0.136
Ort /SD 7	0.562±0.05	0.155±0.06	0.093±0.03	0.122±0.03	0.144±0.03
Min-Max	0.425-0.639	0.037-0.256	0.036-0.170	0.068-0.185	0.096-0.188



Şekil 5. Nikel (Ni)'in *S. prostrata* subsp. *prostrata* ve yetiştirme toprağında her bir istasyona ait 12 aylık ortalama değerlerinin grafiği ppm (kuru ağırlık).

S. prostrata subsp. *prostrata* için; ağır metal analizleri ilk defa tarafımızdan yapılmıştır. Bitkideki tüm analiz sonuçlarının sınır değerlerin altında olmasının en önemli sebebi, Ayvalık Tuzlasında hâkim rüzgâr yönünün kuzeybatı (tuzladan karayoluna doğru) olması nedeniyledir.

Bunun yanında tuzlanın güneyi boyunca uzanan karayolu üzerinde herhangi bir kavşak ve sinyalizasyonun

bulunmaması da araçlardan kaynaklanan kirliliğin artmasını engellemektedir. Ayrıca, kirletici özelliği olabilecek zeytinyağı fabrikalarının genelde Ayvalık İlçesine yakın bulunmaları ile başka etkili endüstri ve sanayi tesislerinin tuzla civarında bulunmaması da analiz sonuçlarının düşük seviyede çıkmasında önemli etkenlerdendir. Ayrıca yağış ve rüzgârın gerek toprak gerekse kök, gövde ve yaprak ağır metal düzeyleri arasında net bir ilişkinin bulunmadığı da belirlenmiştir (Çizelge 5).

Çizelge 5. Ayvalık İlçesine ait Haziran 2009 – Mayıs 2010 yılı aylık toplam yağış (mm), aylık ortalama rüzgâr hızı (m/sec), aylık ortalama sıcaklık (°C), aylık ortalama nispi nem (%) verileri

Ay/Par	Haz.09	Tem.09	Ağu.09	Eyl.09	Eki.09	Kas.09	Ara.09	Oca.09	Şub.09	Mar.09	Nis.09	May.09
Yağış	21.6	0	0	15.6	11.0	91.8	162.9	96.5	270.1	21.7	30.9	26.0
Rüzgar	2.1	2.7	3.4	2.4	2.1	1.4	2.0	2.4	1.9	1.9	2.3	1.6
Sıcaklık	24.5	27.4	26.2	22.0	19.4	13.5	11.9	8.9	10.9	11.7	15.6	20.3
Nem	54.3	51.3	48.2	60.0	64.7	76.0	75.3	71.7	75.6	67.0	61.0	61.0

Par:Parametre

Sonuç olarak; tüm ağır metal düzeylerin sınır değerlerin altında bulunması, Ayvalık Tuzlasının oldukça temiz bir alana kurulu olduğu ve tuzlanın bu kirlenmemiş konumunun muhafaza edilmesinin çok önemli olduğu görülmektedir. Bu nedenle tuzla çevresinde sekonder yapılaşmaya ve sanayileşmeye izin verilmemesi ve bölgede yapılacak tesislere ÇED raporu hazırlanmasının da oldukça önemli olduğu görülmektedir.

Bu çalışma, aynı zamanda bölgede *S. prostrata* subsp. *prostrata* bitkisi üzerine yapılmış daha geniş bir ağır metal çalışması olması açısından da literatüre önemli bir katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- Allen, S.E., 1989. Chemical Analysis of Ecological Materials. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Agoramoorthy, G., Chen, F.A., Hsu, J.M., 2008. Threat of heavy metal pollution in halophytic and mangrove plants of Tamil Nadu, India, Science Direct Environmental Pollution 155, 320-326.
- Başkaya, H.S., Teksoy, A., 1997. Topraklarda ağır metaller ve ağır metal kirliliği. I.Uludağ Çevre Mühendisliği Sempozyumu Bildiri Kitabı, Uludağ Üniversitesi Basımevi, Bursa, s.763-771.
- Çavuşoğlu, K., Çakır, Ş., Kırındı, T., 2006. Kırıkkale ilinin çeşitli bölgelerinde yol kenarlarında toplanan *Pinus nigra* (J.F. ARNOLD) subsp. *nigra* var. *car. amanica* (LOUDON) Rehder türündeki kurşun (Pb) kirliliğinin araştırılması. Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi sayı:11, 12-26.
- Engel, D. W., Sunda, W., Fowler, B. A., 1981. Factors affecting trace metal uptake and toxicity to estuarine organisms. I. Environmental Parameters. In Wernberg, F.J. (ed.) Biological Monitoring of Marine Pollutants. Academic Press. New York-Toronto-London-Sydney. Pp 127-144.
- Ekincioglu, Ü., Demirezen Yılmaz, D., 2008. Tuzla Gölünde (*Palas-Kayseri*) *Salicornia europaea* L. bitkisi kullanılarak ağır metal kirliliğinin tespiti 19.Ulusal Biyoloji Kongresi, 23-27 Haziran, 401-402, Trabzon.
- Gür, N., Topdemir, A., Munzuroğlu, Ö., Çobanoğlu, D., 2004. ağır metal iyonlarının (Cu+2, Pb+2, Hg+2, Cd+2) *Clivia* sp. bitkisi polenlerinin çimlenmesi ve tüp büyümesi üzerine etkileri. F.Ü. Fen ve Matematik Bilimleri Dergisi, 16(2), 177-182.
- Gündüz, T., 1994. Çevre Sorunları, A.Ü Fen Fakültesi Kimya Bölümü, Ankara. 145-148.
- Haktanır, K., Arcak, S., Erpul, G., Tan, A., 1995. Accumulation of The vehicle-generated heavy metals on the roadside soils. Turkish Journal of Engineering & Environmental Sciences, Volume 19 (6): 423-431.
- Kakulu, S.E., 2003. Trace metal concentration in roadside surface soil and tree bark: a measurement of local atmospheric pollution in Abuja, Nigeria. Environ Monit Assessment, Volume 89 (3): 233-242.
- Kennedy, C.D., Gonsalves, F.A.N., 1987. The action of divalent zinc, cadmium, mercury, copper and lead on the trans-root potential and efflux of excised roots, J.Exp. Bot., 38, 800-817.
- Kılıç, M., Ay, G., Koçbaş, F., Mungan, F., Karabaş, M., Dikicioğlu, R., Kardaş, T., 2011. Ayvalık Tuzlasında *Halimione portulacoides* (L.) Aellen Bitkisi Kullanılarak Nikel Düzeyinin Belirlenmesi. Anadolu Doğa Bilimleri Dergisi 2(2): 16-23.
- Lagerwerf, J.W., 1976. In agriculture and quality of our environment (N.C. Brady, Ed.) 85, 343-364, Amere. Assoc. Avdan. Sci. Washington.
- Merlini, M., 1980. Some considerations on heavy metals in the marine hydrosphere and biosphere. Thallasia Jugoslavica 16(2-4), pp 367-376.
- Motto, H.L., Danies, R.P., Motto, C.K., 1970. Lead in soils and plants; its relationship so traffic volume and proximity so highways. Environ. Sci. And Technol, 4, 231-237.
- Nedelkoska, T.V., Doran, P.M., 2000. Characteristics of heavy metal uptake by plant species with potential for phytoremediation and phytomining. Mineral Eng., 13: 549-61.
- Özbek, H., Kaya, Z., Gök, M., Kaptan, H., 1995. Toprak Bilimi. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fak. Genel Yayın No: 73 Ders Kitapları Yayın No:16, ADANA.
- Öztürk, M., Türkan, İ., 1993. Heavy metal accumulation by plants alongside the motor roads. A case Study from Turkey (Ed; B.Markert). Plants as biomonitors, VCH Publisher, Weinheim, pp: 640-650.

- Roderer, G., 1984. On the toxic effects of tetraethyl lead and its derivatives on the chrysophyte *Potamochochromonas molhamensis*. *Environ. Exp. Bot.*, 24, 17.
- Seaward, M.R.D., Richardson, D.H.S., 1989. Atmospheric sources of metal pollution and effects on vegetation, pp. 75-92. In: SHAW A.J. (ed.) *Heavy metal tolerance in plants*:
- Stresty, T.V.S., Madhava Rao, K.V., 1999. Ultrastructural alterations in response to zinc and nickel stress in the root cell of pigeonpea, *Environ Exp Bot.*, 41, 3-13.
- Türkan, İ., 1986. İzmir il merkezi ve çevre yolları kenarında yetişen bitkilerde Kurşun (Pb), Çinko (Zn) ve Kadmiyum (Cd) kirlenmesinin araştırılması. *Doğa Türk Biyoloji Dergisi*, Cilt 10 (1): 116-120.
- UNEP, 1984. Sampling of selected marine organisms and sample preparation for trace metal analysis. *Reference Methods for Marine Pollution Studies No. 7 Rev. 2.* (15 pages).
- Vergnano, O., Hunter, J.G., 1952. Nickel and cobalt toxicities in oat plants. *Annals of Botany* 17, 317-328
- Yassoglou, N., Kosmas, C., Asimakopoulos, J., Kallianou, C., 1987. Heavy metal contamination of roadside in the greater athens area. *Environmental Pollution*, Volume 47 (4): 293-304.
- Yıldız, N. 2001. Toprak kirlenici bazı ağır metallerin (Zn, Cu, Cd, Pb, Co ve Ni) belirlenmesinde kullanılan yöntemler. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 32(2): 207-213 Erzurum.
- Ward, N.I., Brooks, R.R., Roberts, E., Boswell, C.R., 1977. Heavy-metal pollution from automotive emissions and its effect on roadside soils and pasture species in New Zealand. *Environ. Science Technol.*, 11 (9): 917-920.