



Determination level of heavy metal in Ayvalık Saltern using *Halimione portulacoides* (L.) plant

Murat KILIÇ^{*1}, Güngör AY¹, Fatma KOÇBAŞ¹, Fatma MUNGAN KILIÇ²

ORCID: 0000000264089660; 0000000232924932; 0000000210533455; 0000000168583458

¹ Celal Bayar Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, 45140 Muradiye, Manisa/Türkiye

² Mardin Artuklu Üniversitesi, Kızıltepe Meslek Yüksek Okulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, 47000 Artuklu, Mardin/Türkiye

Abstract

In this study, the level of Pb, Zn, Cd of Ayvalık Saltern, determined by using *Halimione portulacoides* (L.) Aellen, analysis were done by using Perkin Elmer Analyst 700 Flame Atomic Absorption Spectrophotometer (FAAS) device. Saltern which is located adjacent to the İzmir-Çanakkale highway, heavy metals changes determined, depending on the distance to the highway. The root, stem, leaves, and cultivation soil of plant was formed material of this study. Sampling, were done 7 station which was determined on the soil dam is surrounding saltern between 2009-2010. Through 12 months, samples regularly collected from every station. As a result of all analysis, we saw the level of Pb <0.001-0.977 ppm, Zn 0.099-1.650 ppm, Cd <0.001-0.102 ppm in the soil Pb 0.523-1.599 ppm, Zn 0.143-1.248 ppm ve Cd 0.006-0.432 ppm. Accumulation of Pb and Zn increased depend on a highway, Cd accumulation couldn't be obtained clear correlation with distance highway. The fact that the results in the analysis are below the limit values is because the dominant direction 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.

Key words: Ayvalık Saltern, *Halimione portulacoides*, Pollution

----- * -----

Ayvalık tuzlasının ağır metal düzeyinin *Halimione portulacoides* (L.) bitkisi kullanılarak belirlenmesi

Özet

Bu çalışmada, Ayvalık tuzlasında yayılış gösteren *Halimione portulacoides* (L.) Aellen bitkisi kullanılarak, tuzlanın Pb, Zn ve Cd düzeyleri Perkin Elmer Analyst 700 Model Alevli Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi (FAAS) cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Tuzla İzmir-Çanakkale karayolunun bitişiğinde yer aldığından dolayı ayrıca karayoluna olan mesafeye bağlı değişimlerde belirlenmiştir. Bitkinin kök, gövde ve yaprak kısımları ile onun yetiştirme toprağı çalışmanın materyalini oluşturmuştur. Örneklemeler 2009-2010 yılları arasında, tuzlayı çevreleyen toprak set üzerinde belirlenen yedi istasyonda yapılmıştır. Her istasyondan 12 ay boyunca düzenli olarak numuneler alınmıştır. Yapılan tüm analizler sonucunda bitkide; Pb <0.001-0.977 ppm, Zn 0.099-1.650 ppm, Cd <0.001-0.102 ppm, toprakta ise Pb 0.523-1.599 ppm, Zn 0.143-1.248 ppm ve Cd 0.006-0.432 ppm arasında olduğu belirlenmiştir. Pb ve Zn birikimi yola olan mesafeye bağlı artmış, Cd birikimi ile yola olan mesafe arasında ise net bir ilişki elde edilememiştir. 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, *Halimione portulacoides*, Kirlilik

1. Giriş

* Corresponding author / Haberleşmeden sorumlu yazar: Tel.: +905062848847; Fax.: +905062848847; E-mail: fatmamungankilic@artuklu.edu.tr
© 2008 All rights reserved / Tüm hakları saklıdır BioDiCon. 791-1218
Bu makaleye lütfen şu şekilde atıf yapınız: Murat KILIÇ et al., (2019). Determination level of heavy metal in Ayvalık Saltern using *Halimione portulacoides* (L.) plant, Biological Diversity and Conservation, 12(1), 108-114. <http://dx.doi.org/10.5505/biodicon.2019.57966>

Ağır metaller, değişik kaynaklardan oluşabilmeleri, kirliliğe sebep olmaları, çevre şartlarına karşı dayanıklıları, biyolojik sistemlere etki göstermeleri ve besin zincirine girerek canlılarda yoğun artış göstererek birikmeleri sebebiyle diğer kimyasal kirleticilerden farklılık göstermektedirler [5, 11]. Endüstriyel faaliyetler, motorlu taşıtların egzoz gazları, maden yatakları ve işletmeleri, volkanik faaliyetler, tarımda kullanılan gübre ve ilaçlar ile kentsel atıklar, ağır metallerin çevreye yayılmasına neden olan etmenlerden birkaçıdır [26]. Kirlenmenin %50'sini motorlu taşıtlar oluşturmaktadır [19]. %60'ını ise benzine katılan Pb ve Ni meydana getirmektedir [18].

Ağır metaller hava, toprak, bitki ve suyu önemli düzeyde kirlenmektedir. Böylece solunum, besin zinciri ve deri teması yoluyla insan sağlığına büyük zarar vermektedir. Bitkilerin metabolik faaliyetleri için Mn, Fe, Cu, Zn ve Ni gibi elementler önemli eser elementlerdir [14]. Bitkiler ağır metallerden, kirleticinin miktarına, kaynağından olana uzaklığa, maruz kalma süresine ve hava şartlara bağlı olarak değişiklik göstermektedir [15]. Bitkiler ağır metalleri kökleriyle alıp diğer organlarında depo edebildikleri gibi stomaları ile de bünyelerine katarlar [13]. Bitki dokularında ağır metal birikimi fazla olduğunda mineral besin alınımı, fotosentez, enzim aktivitesi, klorofil biyosentezi ve çimlenme gibi çok sayıda olay olumsuz yönde etkilenir. Bunlara membranlarda hasar, hormon dengesinin bozulması, su ilişkisinin değişmesi gibi fizyolojik olaylar da eklenebilir [25]. Ayrıca mikrobesein elementi olsun veya olmasın ağır metallerin bitkide aşırı birikimi fizyolojik strese, büyüme ve gelişmede azalmaya sebep olur [16]. Ağır metallerin etkisi, ağır metalin çeşidine ve konsantrasyonuna bağlı olarak bitkilerin enzim seviyelerini de etkilemektedir [1].

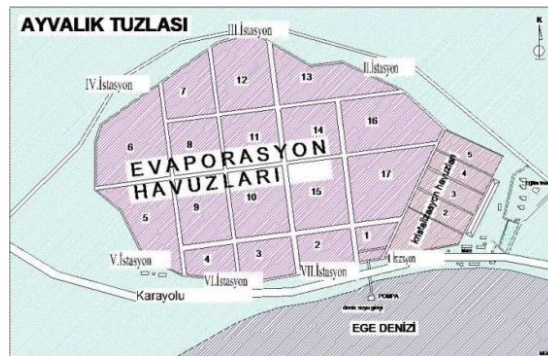
Yöresel ismi deniz semizotu olan *Halimione portulacoides* (L.) Aellen, çok yıllık, her mevsim yeşil, etli yapraklı, çalışma alanındaki örneklerin 40 cm'ye kadar boylanan ve uzun kök yapısına sahip tüketilen tuzcul bir bitkidir. Tuzlanın etrafındaki toprak set üzerinde yayılışı oldukça fazladır. *H. portulacoides* türü üzerine Portekiz'de çalışmalara rastlanmıştır [2, 17, 22], ülkemizde ise bitkinin ağır metal içeriğiyle ve Ayvalık Tuzlasının kirliliği üzerine Kılıç vd.'nin (2011) yaptığı çalışma hariç herhangi bir çalışma yapılmamıştır.

Ayvalık Tuzlası, İzmir-Çanakkale karayolunun bitişiğinde yer alan, tuz üretimi açısından Çamaltı Tuzlasından (İzmir) sonra ikinci büyük deniz tuzlasıdır. Yıllık yaklaşık 20.000 ton tuz üretilmektedir. Üretilen tuz endüstriyel ve gıda sanayilerinde ve kar temizleme çalışmalarında kullanılmaktadır. Ayvalık Tuzlasında bulunan evaporasyon ve kristalizasyon havuzlarını birbirine bağlayan toprak setlerde tuz yoğunluğun çok fazla olması nedeniyle bitki yetiştiği gözlemlenmemiştir. Tuzlayı çevreleyen toprak sette ise *H. portulacoides*, *Salicornia europaea* L. ve *Suaeda prostrata* subsp. *prostrata* Pall. gibi halofitik bitkiler bulunmaktadır.

Ayvalık Tuzlasının Pb, Zn ve Cd düzeyleri, *H. portulacoides* ve yetiştiği ortam toprağı kullanılarak belirlenmeye çalışılmış, ayrıca bu ağır metallerin karayoluna olan mesafeye göre değişimlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. 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 hendeki ile çevrilidir (Şekil 1). Toprak set üzerinde geniş yayılış gösteren *H. portulacoides* (Deniz semizotu) ve yetişme toprağı çalışmamızın materyalini oluşturmaktadır. Örneklemeler, Haziran 2009-Mayıs 2010 tarihleri arasında tuzlayı çevreleyen toprak set üzerinde belirlenen 7 istasyonda (Şekil 1) her ay düzenli olarak yapıldı. Bitkiler metal alet kullanmadan toplandı ve laboratuvara getirilerek 105 °C ayarlı etüvde 16 saat kurutuldu. Kurutulan örneklerin her biri, porselen havanda toz haline getirildi ve hassas terazide 1'er gr tartılıp 250ml' lik beherler içine konuldu. Örneklerin üzerine HCl:HNO₃ (3:1) ilave edildi. Daha sonra çeker ocakta ısıtıcı tabla (hot-plate) üzerinde 150-200°C kadar 2 saat süre ile yaklaşık 1 ml beyaz renkli bitki eriği kalıncaya kadar yakma işlemine tabi tutuldu. Eriyik mavi bant filtre kâğıdından süzöldükten sonra saf su ile 50 ml' ye tamamlandı. Analizler Perkin Elmer Analyst 700 Model Alevli Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresinde (FAAS) yapıldı.



Şekil 1. Ayvalık Tuzlası ve örneklem istasyonları

Toprak örnekleri de metal alet kullanmadan yaklaşık 20 cm derinlikten karot çıkarılarak 0,5 kg kadar alındı. Plastik torbalara konulan topraklar buz çantasında taşınarak laboratuvara getirildi ve analize kadar -21°C deki derin dondurucuda saklandı. Analiz öncesinde petrolere belli miktarda konulan topraklar 105 °C ayarlı etüvde 16 saat kurutuldu. Kurutulan örneklerin her biri, porselen havanda toz haline getirildi ve homojenize edilip 160 µ luk elekten geçirildi. Elenmiş toprak örnekleri hassas terazide 0,5 gr tartılıp, üzerine HCl:HNO₃ (3:1) ilave edildi. 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 tutuldu. Eriyik mavi bant filtre kâğıdından süzöldükten sonra saf su ile 25 ml' ye tamamlandı [21]. Analizler Perkin Elmer Analyst 700 model alevli atomik absorpsiyon spektrofotometresinde (FAAS) yapıldı.

Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden alınan verilere göre, Tablo 1'de ortalama yağış değerleri ve rüzgâr hızı aylık olarak verilmiştir.

Tablo 1. Ayvalık İlçesine ait Haziran 2009-Mayıs 2010 yılı aylık toplam yağış (mm) ve ortalama rüzgâr hızı (m/sec) verileri

Aylar	Haz. 09	Tem. 09	Ağu. 09	Eyl. 09	Eki. 09	Kas. 09	Ara. 09	Oca. 10	Şub. 10	Mar. 10	Nis. 10	May. 10
Yağış	21,6	0	0	15,6	11,0	91,8	162,9	96,5	270,1	21,7	30,9	26,0
Rüzgâr	2,1	2,7	3,4	2,4	2,1	1,4	2,0	2,4	1,9	1,9	2,3	1,6

3. Bulgular

Analiz çalışmalarında *H. portulacoides* türünün; kök, gövde ve yaprak kısımları incelenmiştir. Toprak ve bitkinin analiz sonuçları Tablo 2, 3, 4'de verilmiştir. Bu analiz sonuçlarına göre, *H. portulacoides* türünde tespit edilen ağır metal konsantrasyonları Pb <0.001-0.977 ppm, Zn 0.099-1.650 ppm ve Cd <0.001-0.102 ppm arasında bulundu. Toprakta ise Pb 0.523-1.599 ppm, Zn 0.143-1.248 ppm, Cd 0.006-0.432 ppm arasındadır.

Örnekleme istasyonlarından alınan 12 aylık ortalamalara göre Pb konsantrasyonu en düşük; toprakta 0.883±0.23 ppm (2. istasyon), kökte 0.144±0.13 ppm (4. istasyon), gövdede 0.107±0.10 ppm (4. istasyon) ve yaprakta ise 0.142±0.12 ppm (3. istasyon)'dir, en yüksek; toprakta 1.176±0.11 ppm (6. istasyon), kökte 0.283±0.16 ppm (5. istasyon), gövdede 0.189±0.08 ppm (5. istasyon) ve yaprakta ise 0.277±0.23 ppm (5. istasyon)'dir (Tablo 2, Şekil 2).

Tablo 2. *H. portulacoides* ve yetişme toprağında her bir istasyona ait 12 aylık ortalama Pb değerleri (kuru ağırlık)

İstasyon no	Pb ppm	Toprak	Kök	Gövde	Yaprak
1	Ort /SD	0.934±0.23	0.164±0.19	0.126±0.11	0.175±0.15
	Min-Max	0.523-1.400	0.013-0.657	n.d-0.240	n.d-0.503
2	Ort /SD	0.883±0.23	0.165±0.12	0.111±0.07	0.192±0.14
	Min-Max	0.602-1.276	n.d-0.436	0.010-0.272	0.039-0.519
3	Ort /SD	0.949±0.31	0.206±0.15	0.146±0.19	0.142±0.12
	Min-Max	0.552-1.599	0.022-0.464	n.d-0.671	0.020-0.443
4	Ort /SD	1.106±0.15	0.144±0.13	0.107±0.10	0.148±0.12
	Min-Max	0.959-1.385	0.029-0.451	0.013-0.268	0.017-0.437
5	Ort /SD	1.142±0.19	0.283±0.16	0.189±0.08	0.277±0.23
	Min-Max	0.903-1.440	0.079-0.549	0.062-0.345	0.106-0.977
6	Ort /SD	1.176±0.11	0.244±0.22	0.134±0.11	0.215±0.14
	Min-Max	0.980-1.352	0.047-0.471	0.024-0.358	0.032-0.453
7	Ort /SD	0.917±0.14	0.193±0.18	0.183±0.17	0.163±0.13
	Min-Max	0.725-1.119	n.d-0.625	0.013-0.549	0.014-0.330

n.d: < 0, 001

Örnekleme istasyonlarından alınan 12 aylık ortalamalara göre Zn konsantrasyonu en düşük; toprakta 0.383±0.12 ppm (3. istasyon), kökte 0.331±0.10 ppm (4. istasyon), gövdede 0.256±0.09 ppm (1.istasyon) ve yaprakta ise 0.315±0.09 ppm (2. istasyon)'dir, en yüksek; toprakta 0.640±0.25 ppm (6. istasyon), kökte 0.642±0.30 ppm (5. istasyon), gövdede 0.346±0.16 ppm (5. istasyon) ve yaprakta ise 0.521±0.29 ppm (5. istasyon)'dir (Tablo 3, Şekil 3).

Tablo 3. *H. portulacoides* ve yetiştirme toprağında her bir istasyona ait 12 aylık ortalama Zn değerleri (kuru ağırlık)

İstasyon no	Zn ppm	Toprak	Kök	Gövde	Yaprak
1	Ort /SD	0.406±0.13	0.451±0.15	0.256±0.09	0.350±0.11
	Min-Max	0.241-0.651	0.311-0.773	0.118-0.397	0.147-0.601
2	Ort /SD	0.507±0.15	0.438±0.39	0.261±0.11	0.315±0.09
	Min-Max	0.278-0.668	0.194-1.650	0.105-0.491	0.216-0.500
3	Ort /SD	0.383±0.12	0.354±0.18	0.305±0.27	0.327±0.12
	Min-Max	0.229-0.614	0.164-0.823	0.105-1.093	0.116-0.527
4	Ort /SD	0.452±0.11	0.331±0.10	0.272±0.12	0.420±0.20
	Min-Max	0.225-0.584	0.198-0.526	0.120-0.429	0.225-0.847
5	Ort /SD	0.633±0.27	0.642±0.30	0.346±0.16	0.521±0.29
	Min-Max	0.391-1.236	0.256-1.291	0.151-0.616	0.236-1.273
6	Ort /SD	0.640±0.25	0.397±0.18	0.257±0.15	0.356±0.18
	Min-Max	0.327-1.248	0.131-0.710	0.099-0.535	0.164-0.753
7	Ort /SD	0.564±0.27	0.367±0.12	0.271±0.12	0.516±0.37
	Min-Max	0.143-1.182	0.196-0.541	0.120-0.438	0.161-1.501

Örnekleme istasyonlarından alınan 12 aylık ortalamalara göre Cd konsantrasyonu en düşük; toprakta 0.070±0.040 ppm (4. istasyon), kökte 0.024±0.022 ppm (1.istasyon), gövdede 0.027±0.021 ppm (1.istasyon) ve yaprakta ise 0.035±0.015 ppm (4. istasyon)'dir, en yüksek; toprakta 0.099±0.110 ppm (7. istasyon), kökte 0.042±0.021 ppm (6.istasyon), gövdede 0.039±0.032 ppm (6. istasyon) ve yaprakta ise 0.050±0.022 ppm (3. istasyon)'dir (Tablo 4, Şekil 4).

Tablo 4. *H. portulacoides* ve yetiştirme toprağında her bir istasyona ait 12 aylık ortalama Cd değerleri (kuru ağırlık)

İstasyon no	Cd ppm	Toprak	Kök	Gövde	Yaprak
1	Ort /SD	0.077±0.040	0.024±0.022	0.027±0.021	0.037±0.024
	Min-Max	0.017-0.148	n.d-0.078	0.004-0.060	0.016-0.077
2	Ort /SD	0.092±0.071	0.026±0.023	0.030±0.014	0.038±0.025
	Min-Max	0.006-0.298	0.008-0.077	0.004-0.052	0.018-0.101
3	Ort /SD	0.078±0.032	0.033±0.016	0.029±0.014	0.050±0.022
	Min-Max	0.017-0.129	0.010-0.058	0.013-0.062	0.018-0.091
4	Ort /SD	0.070±0.040	0.025±0.013	0.027±0.017	0.035±0.015
	Min-Max	0.012-0.132	0.006-0.065	0.005-0.061	0.008-0.057
5	Ort /SD	0.076±0.034	0.033±0.026	0.031±0.018	0.042±0.024
	Min-Max	0.029-0.130	0.007-0.075	0.006-0.058	0.012-0.078
6	Ort /SD	0.072±0.042	0.042±0.021	0.039±0.032	0.042±0.024
	Min-Max	0.016-0.143	0.009-0.097	0.017-0.098	0.018-0.089
7	Ort /SD	0.099±0.110	0.030±0.020	0.030±0.011	0.043±0.021
	Min-Max	0.018-0.432	0.006-0.095	0.017-0.060	0.021-0.102

n.d: < 0, 001

4. Sonuçlar ve tartışma

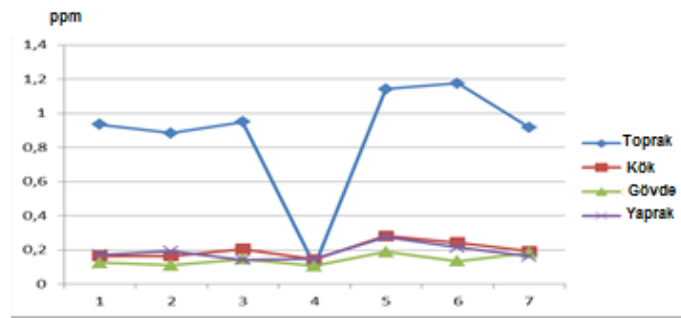
Ayvalık ilçesine 11 km, Altınova beldesine 9 km uzaklıkta olan Ayvalık Tuzlası, Küçükköy beldesi sınırları içerisinde olup yakınında herhangi bir sanayi tesisi bulunmamaktadır. Tuzlanın doğusunda, tuzlaya ait pansiyon ve özel bir otel, kuzeyinde küçük çapta 2 besi çiftliği, batısında zeytinlik ve güneyinde 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 ve Cd konsantrasyonlarının oldukça düşük seviyelerde olduğu tespit edilmiştir (Tablo 2.3.4).

Konu ile ilgili Jaradat ve Momani [10] yol kenarı bitki ve topraklarında ağır metal birikimi çalışmalarında karayolun 1,5 m doğusundaki topraklarda ortalama Pb konsantrasyonların, 188,8 ppm, karayolun 60 m doğusundaki topraklarda ise 6,9 ppm olduğunu rapor etmişlerdir. Howari vd., (2004) ağır metal birikiminin yoğun olduğu yerler bilhassa karayolu trafiğinin olduğu yerlerdir. Bu bölgelerde yapılan bazı çalışmalarda topraklarda Pb 79 ppm bulunmuşlar ve bu değerlerin taşıt yollarından uzak olan bölgelere göre çok yüksek değerler ihtiva ettiğini belirtmişlerdir. Bizim çalışmada da, Tablo 2 ve Şekil 2'deki verilere bakıldığında istasyonlara ait 12 aylık ortalama değerlere göre, toprakta en yüksek Pb konsantrasyonunun 1.176±0.11 ppm (6. İstasyon, yola uzaklığı 20 m), en düşüğünün ise 0.883±0.23ppm (2. İstasyon, yola uzaklığı 750 m) olduğu kaydedilmiş ve diğer çalışmalar ile paralellik göstermiştir.

Doğan [4]; Haşımoğlu vd., [8], Pb egzoz gazlarından atmosfere salındığını belirtmeleri göz önüne alındığında, İzmir-Çanakkale karayoluna yakın olan istasyonlarda (5. ve 6. istasyon) Pb konsantrasyonunun yaprakta yüksek çıkmış olması (Tablo 2) bu durumu desteklemektedir. Tablo 2 ve Şekil 2'deki verilere bakıldığında istasyonlara ait 12 aylık ortalama değerlere göre, yaprakta en yüksek Pb konsantrasyonu 0.277±0.23 ppm (5. İstasyon, yola uzaklığı 110 m), en düşüğün ise 0.142±0.12 ppm (3. İstasyon, yola uzaklığı 920 m) olduğu görülecektir. Yapılan bazı çalışmalarda yoldan uzaklaştıkça Pb konsantrasyonunun azaldığı belirlenmiştir [6, 7, 20, 24].

Bitki kısımlarında Pb birikimi; yaprak>kök>gövde

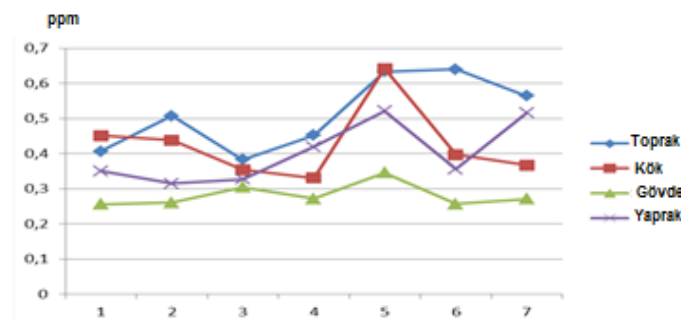


Şekil 2. *H. portulacoides* ve yetiştirme toprağında her bir istasyona ait 12 aylık ortalama Pb değerleri (kuru ağırlık).

Doğan [4]; Haşımoğlu vd., [8], Zn egzoz gazlarından ve araba lastiklerinden atmosfere salındığını belirtmeleri göz önüne alındığında, İzmir-Çanakkale karayoluna yakın olan 7. İstasyonda (yola uzaklığı 10 m) Zn konsantrasyonunun yaprakta en yüksek çıkmış olması (Tablo 3) bu durumu desteklemektedir.

Tablo 3 ve Şekil 3'deki verilere bakıldığında istasyonlara ait 12 aylık ortalama değerlere göre, yaprakta en yüksek Zn konsantrasyonunun 0.521±0.29 ppm (5. istasyon), en düşüğün ise 0.315±0.09 ppm (2. İstasyon,) olduğu görülecektir. Yapılan bazı çalışmalarda, Zn konsantrasyonunun yoldan uzaklaştıkça azaldığı tespit edilmiştir [3, 20, 23, 24].

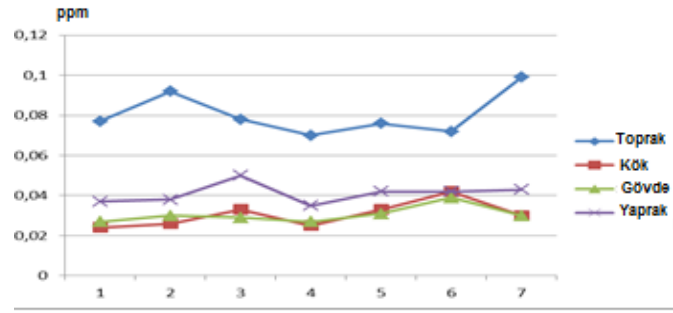
Bitki kısımlarında Zn birikimi; kök>yaprak>gövde



Şekil 3. *H. portulacoides* ve yetiştirme toprağında her bir istasyona ait 12 aylık ortalama Zn değerleri (kuru ağırlık)

Tablo 4 ve Şekil 4'de verilen her biri istasyona ait 12 aylık ortalama değerlere bakıldığında, yaprakta en yüksek Cd konsantrasyonunun yola olan mesafenin Cd konsantrasyonu üzerinde net bir etkisi belirlenmemiştir.

Bitki kısımlarında Cd birikimi; yaprak>kök>gövde

Şekil 4. *H. portulacoides* ve yetiştirme toprağında her bir istasyona ait 12 aylık ortalama Cd değerleri (kuru ağırlık).

Analiz sonuçlarının tümünde değerlerin sınır değeri altında olmasının en önemli sebeplerinden biri, Ayvalık Tuzlasında hakim rüzgâr yönünün tuzladan karayoluna doğru (kuzeybatı yönünde) olmasıdır. Ayrıca tuzlanın güneyi bulanan karayolu üzerinde herhangi bir kavşak ve sinyalizasyonun bulunmaması da araçlardan kaynaklanan kirliliğin artmasını engellemektedir. Zeytinyağı fabrikalarının genel itibarıyla Ayvalık İlçesine yakın yerde bulunmaları ve kirlitici faktör olabilecek diğer endüstri ve sanayi tesislerinin tuzla civarında bulunmaması, düşük seviyede çıkan sonuçlar da etkili olmuştur. Ayrıca yağış ve rüzgârın, gerek topraktaki gerekse bitki kısımlarındaki (kök, gövde, yaprak) ağır metal düzeyleri arasında net bir korelasyonun olmadığı belirlenmiştir.

Sonuç olarak; tüm ağır metal düzeylerin sınır değerlerin altında bulunması, Ayvalık Tuzlasının oldukça temiz bir alana kurulu olduğunu göstermektedir. Daha çok gıda sanayisinde kullanılan tuzun ve bu alanda yetişen *S. europaea* ve *H. portulacoides* gibi bitkileri gıda olarak tüketen yöre halkı düşünüldüğünde, tuzlanın bu temiz konumunun korunması gerektiği düşünülmektedir. Dolayısıyla tuzla çevresinde kirlilik oluşturabilecek yapıların ve sanayileşmeye izin verilmemesi ve bölgede yapılacak tesislere ÇED raporu hazırlanmasında oldukça titiz davranılmasının gerekliliği önemli görülmektedir. Bu çalışma, aynı zamanda bölgede *Halimione portulacoides* bitkisi üzerine yapılmış daha geniş bir ağır metal çalışması olması açısından da literatüre önemli bir katkı sağlayacaktır.

Teşekkür

Bu araştırma, Celal Bayar Üniversitesi Rektörlük BAP (Bilimsel Araştırma Projeleri) Koordinatörlüğü tarafından FEF 2009-035 no'lu proje ile desteklenmiştir.

Kaynaklar

- [1] Ak, A., Yücel, E. (2011). Ecotoxicological effects of heavy metal stress on antioxidant enzyme levels of *Triticum aestivum* cv Alpu. *Biological Diversity and Conservation*, 4(3), 19-24.
- [2] Almedia, R. M. C., Dias, C. A., Mucha, P. A., Bordalo, A. A., Vasconcelos, S.D.T.M. (2009). Study of the influence of different organic pollutants on Cu accumulation by *Halimione portulacoides*. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 627-632. <https://doi:10.1016/j.ecss.2009.10.007>
- [3] Dierkes, C., & Geiger, W. F. (1999). Pollution retention capabilities of roadside soils. *Water Science and Technology*, 39(2), 201-208. doi:10.2166/wst.1999.0119
- [4] Doğan, L. (1991). Adana'da Ulaşım Kaynaklı Hava Kirliliğinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Müh. Böl., Adana, 89 s.
- [5] Engel, D. W., Sunda, W. G., & Fowler, B. A. (1981). Factors Affecting Trace Metal Uptake And Toxicity To Estuarine Organisms. I. Environmental Parameters. *Biological Monitoring of Marine Pollutants*, 127-144. <https://doi:10.1016/b978-0-12-718450-0.50011-0>
- [6] Gündüz, T. (1994). Çevre Sorunları. A.Ü Fen Fakültesi Kimya Bölümü, Ankara, 145-148.
- [7] 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*, 19 (6): 423-431.
- [8] Haşımoğlu, C., İçingür, Y., Ögüt, Y. (2002). Dizel Motorlarında Egzoz Gazları Resirkülasyonunun Motor Performansı ve Egzoz Emisyonlarına Etkisinin Deneysel Analizi. *Turkish J. Eng. Env. Sci.*, 26: 127-135.
- [9] Howari, F., Abu-Rukah, Y., & Goodell, P. (2004). Heavy metal pollution of soils along North Shuna-Aqaba Highway, Jordan. *International Journal of Environment and Pollution*, 22(5), 597. <https://doi:10.1504/ijep.2004.005913>
- [10] Jaradat, M.Q., Momani, A.K. (1999). Contamination of Roadside Soil, Plants, and Air With Heavy Metals in Jordan, a Comparative Study. *Turk J Chem*, 23, 209-220.

- [11] Kılıç, M., Ay, G., Koçbaşı, 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.
- [12] Merlini, M. (1980). Some Considerations on Heavy Metals in the Marine Hydrosphere and Biosphere. *Thalassia Jugoslavica*, 16(2-4), 367-376.
- [13] 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.
- [14] Nedelkoska, T., & Doran, P. (2000). Characteristics of heavy metal uptake by plant species with potential for phytoremediation and phytomining. *Minerals Engineering*, 13(5), 549-561. [https://doi:10.1016/s0892-6875\(00\)00035-2](https://doi:10.1016/s0892-6875(00)00035-2).
- [15] 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*, 640-650. Weinheim: VCH Publisher,
- [16] Phalsson, A. B. (1989). Toxicity of heavy metals (Zn, Cu, Cd, Pb) to vascular plants. *Water, Air, and Soil Pollution*, 47(3-4), 287-319. <https://doi:10.1007/bf00279329>
- [17] Reboreda, R., & Caçador, I. (2007). Copper, zinc and lead speciation in salt marsh sediments colonised by *Halimione portulacoides* and *Spartina maritima*. *Chemosphere*, 69(10), 1655-1661. <https://doi:10.1016/j.chemosphere.2007.05.034>
- [18] Röderer, G. (1984). On the toxic effects of tetraethyl lead and its derivatives on the chrysophyte *Poteroochromonas malhamensis*—V. Electron microscopical studies. *Environmental and Experimental Botany*, 24(1), 17-30. [https://doi:10.1016/0098-8472\(84\)90056-x](https://doi:10.1016/0098-8472(84)90056-x)
- [19] Seaward, M. R. D. and D. H. S. Richardson. (1990) Atmospheric sources of metal pollution and effects on vegetation. In: Heavy metal tolerance in plants: Evolutionary aspects (Ed.: A. Jonathan Shaw), CRC Press, Boca Raton, FL. pp. 75-92.
- [20] Türkan, İ. (1986). İzmir İl Merkezi ve Çevre Yolları Kenarında Yetişen Bitkilerde Kurşun (Pb), Çinko (Zn) ve Kadmiyum (Cd) Kirlenmesinin Araştırılması. *Doğa Türk Biyoloji Dergisi*, 10 (1), 116-120.
- [21] UNEP, (1984). Sampling of selected marine organisms and sample preparation for trace metal analysis. Reference Methods for Marine Pollution Studies, 7(2), 15.
- [22] Válega, M., Lillebø, A., Pereira, M., Caçador, I., Duarte, A., & Pardal, M. (2008). Mercury in salt marshes ecosystems: *Halimione portulacoides* as biomonitor. *Chemosphere*, 73(8), 1224-1229. <https://doi:10.1016/j.chemosphere.2008.07.053>
- [23] Viard, B., Pihan, F., Promeyrat, S., & Pihan, J. (2004). Integrated assessment of heavy metal (Pb, Zn, Cd) highway pollution: Bioaccumulation in soil, Graminaceae and land snails. *Chemosphere*, 55(10), 1349-1359. <https://doi:10.1016/j.chemosphere.2004.01.003>
- [24] Yassoglou, N., Kosmas, C., Asimakopoulos, J., & Kallianou, C. (1987). Heavy metal contamination of roadside soils in the Greater Athens area. *Environmental Pollution*, 47(4), 293-304. [https://doi:10.1016/0269-7491\(87\)90149-7](https://doi:10.1016/0269-7491(87)90149-7)
- [25] Zengin, F.K., Munzuroğlu, Ö. (2004). Fasulye Fidelerinin (*Phaseolus vulgaris* L.) Kök, Gövde ve Yaprak Büyümesi Üzerine Kurşun (Pb⁺⁺) ve bakır (Cu⁺⁺)'ın Etkileri. *G.Ü. Fen Bilimleri Dergisi*, 17, 1-10.
- [26] Zengin, F.K., Munzuroğlu, Ö. (2005). Fasulye Fidelerinin (*Phaseolus vulgaris* L. Strike) klorofil ve karotenoid miktarı üzerine bazı ağır metallerin (Ni⁺², Co⁺², Cr⁺³, Zn⁺²) etkileri. *F.Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 17, 164-172.

(Received for publication 13 December 2018 of publication 15 April 2019)