COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ (CBS) HARİTALAMA TEKNİĞİNİN ZONGULDAK VE ÇEVRESİNDEKİ ATMOSFERİK ARSENİK KİRLİLİK BELİRLEME ÇALIŞMALARINDA KULLANILMASI

Güray UYAR[1], Muhammet ÖREN[1]

[1] Doç. Dr., Bülent Ecevit Üniversitesi, Biyoloji Bölümü, 67100, Zonguldak, gurayuyar@hotmail.com
[1] Yrd. Doç. Dr., Bülent Ecevit Üniversitesi, Biyoloji Bölümü, 67100, Zonguldak, muhammetoren@hotmail.com

ÖZET

Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS)'nin birçok yazılımı günümüzde farklı uygulama alanlarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada MapInfo yazılımının Vertical Mapper bileşeni kullanılarak, Zonguldak şehir merkezi, Çatalağzı ve Ereğli ilçelerinde biyomonitör karayosunu (Hypnum cupressiforme Hedw.) örnekleri üzerinden elde edilen atmosferik Arsenik birikim değerleri ile kirlilik haritaları oluşturulmuştur. Analiz sonuçlarının ortalama değerleri üzerinden, Zonguldak şehir merkezi, Çatalağzı ve Ereğli ilçeleri için atmosferik Arsenik konsantrasyonlarının miktar olarak büyüklük sıralaması Zonguldak şehir merkezi (2,91µgr/gr) > Çatalağzı (1,64 µgr/gr) > Ereğli (1,29 µgr/gr) şeklindedir. Bu üç bölgenin karayosunu örnekleri üzerinden tespit edilen atmosferik arsenik konsantrasyonları Mann-Whitney U testi kullanılarak karşılaştırıldığında; Zonguldak şehir merkezinin istatistiksel anlamda Çatalağzı ve Ereğli ilçelerine benzemediği ve onlardan daha yüksek kirlilik konsantrasyonlarına sahip olduğu görülmüştür. Atmosferik Arsenik kirliliğinin bölgedeki ana kaynaklarının yoğun kömür tüketimi, madencilik faaliyetleri ve demir çelik sektörü olduğunu düşünüyoruz. Bu durumda çalışmadan elde edilen sonuçlara göre Zonguldak şehir merkezi hem Çatalağzı bölgesinden termik santraller kaynaklı kirlenmeye hem de şehir merkezinde evsel ısınma amaçlı yoğun kömür tüketimi ve madencilik faaliyetleri ile oluşan kömür tozlarının etkisinde kalarak en fazla Arsenik birikimine maruz kalan alan olmaktadır.

Anahtar Sözcükler: Arsenik, Çatalağzı, Ereğli, Haritalama, Zonguldak.

USING GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM (GIS) MAPPING TECHNIQUE TO THE INTENDED STUDIES TO DETERMINATION OF ATMOSPHERIC ARSENIC POLLUTION IN ZONGULDAK AND ITS ENVIRONS.

ABSTRACT

Many Geographic Information System (GIS) software have been widely used in different sectors in nowadays. In this study, using Vertical Mapper components of MapInfo software, arsenic pollution maps were produced by using depositions obtained on a biomonitor moss (Hypnum cupressiforme Hedw.) samples from Zonguldak city center, Çatalağzı and Ereğli districts. According to the mean values of the analysis of Zonguldak city center, Çatalağzı and Ereğli districts, atmospheric arsenic concentrations in samples of mosses was determined to be as follows: Zonguldak city center (2,91µgr/gr) > Çatalağzı (1,64 µgr/gr) > Ereğli (1,29 µgr/gr). The comparisons were made between determined arsenic concentrations on mosses of these three regions by using the Mann-Whitney U test; Zonguldak city center statistically differs from Çatalağzı and Ereğli districts. So Zonguldak city center were higher pollution concentrations than those. We believe that intensive coal consumption, mining activities and the iron and steel sector are main sources of atmospheric arsenic pollution in the region. In this case, according to the results obtained from this study; Zonguldak city center has been affected from both coal-fired power plants in Çatalağzı region and domestic coal consumption for heating and also coal dusts caused by mining activities. Because of these Zonguldak city center is the most exposed to arsenic accumulation.

Key Words: Arsenic, Çatalağzı, Ereğli, Mapping, Zonguldak.

1. GİRİŞ:

Hava kirliliği havadaki kirleticileri direkt ölçme metoduyla, kirleticilerin yayılımını gösteren bazı yapısal modeller veya biyomonitörler kullanılarak izlenebilmektedir (Markert, B.A. et al., 2003). Direkt ölçüm kirleticilerin seviyesi hakkında objektif bilgiler sağlar, fakat bunlar pahalıdır ve küçük konsantrasyonları saptamada kontaminasyon riski taşır. Modellemeler ise, geniş alanlar hakkında bilgiler sağlar ve gelecekteki hava kalitesi tahminleri hakkında bilgi üretmekte kullanılabilir. Ancak doğruluğu, modelin yapısında kullanılan verilerin kalitesine bağlıdır. Biyomonitör canlıların kullanımı durumunda ise hem kirleticilerin miktarları hakkında, hem de bu canlılar üzerine olan etkileri hakkında bilgiler sağlanabilmektedir. Biyomonitör kullanılarak yapılan çalışmalar hızlı ve ucuz olmasına karşın, kirleticilerin birikimi ve hava kalitesi hakkında yaklaşık bilgiler sağlamaktadır.

Martin M.H. ve Coughtrey P.J. (1982) metal birikiminin uygun biyolojik monitörleri için kriterleri şöyle açıklamışlardır:

1. Organizma ölçülebilir miktarda metal birikimi yapabilme yeteneğinde olmalıdır.
2. Organizma veya onun ilgili parçalarının hem miktarsal hem de dağılım olarak örneklenebilir düzeyde olması gerekir.
3. Yıl boyunca sağlanabilmeli ya da çalışmanın bütün periyodu için nispeten toplama kolaylığı olmalıdır.
4. Organizma, farklı seviyelerde birikim veya alım yapabilmeli ve bu seviyeler; ilgili kirleticinin havadaki konsantrasyonu ile depolanan oranları arasında miktarsal olarak birbirini destekler düzeyde olmalıdır.
5. Havadan gelen diğer kontaminasyonlara karşı, organizma bunları alacak kadar büyük ve hedef olmamalıdır.
6. Tekrarlanabilir olması mutlaka gereklidir.
7. Örneklerin toplanması ve analizlerin maliyeti kabul edilebilir düzeyde olmalıdır.

Uygun biyomonitör canlıların kriterlerinden anlaşılacağı üzere, iyi biyomonitörler; kirleticileri havadan aynı yolla ve aynı derecede farklı koşullar altında yapılarında biriktirmektedirler (Wittig, R.,1993; Conti, M.E. and Cecchetti, G., 2001).

Bu çalışmada bizler hemen hemen her türlü bileşiği zehirli olan Arseniğin Zonguldak ve çevresindeki atmosferik birikim değerlerini, uygun bir biyomonitör karayosunu türü olan *Hypnum cupressiforme* Hedw. örnekleri üzerinden belirlemeye çalıştık. Ortamdaki Arsenik kirliliği insan sağlığı açısından düşünüldüğünde en zararlı metaller arasında yer almaktadır. Ayrıca havadan alınan yüksek konsantrasyonlu Arseniğin de kanserojen etki yarattığı saptanmıştır.

Arsenik organizmalarda; karaciğerde, böbreklerde, deri, tırnak ve saçta birikir ve idrarla atılır. Sağlıklı insan idrarında 0,17 mg/lt arsenikoksit (As_2O_3) bulunur ve bu değer zehirlenme görülmeden 0,8 mg/lt'ye kadar yükselebilir. Vücutta yüksek dozlarda birikimi zehir etkisi gösterebildiği gibi, böbrek yetmezliği, deri, akciğer kanseri ve zihinsel düzensizliklere de yol açabilmektedir (Belozerova, 2002). Dünya Sağlık Örgütü Arseniğin izin verilen günlük alınabilecek limit değerini 5 µg/gün olarak önermektedir. Besinlerde As_2O_3 için maksimum limit değer 3,5 ppm dir. As_2O_3'in öldürücü dozunun 100-200 mgr/70 kg insan olduğu tahmin edilmektedir (Vural, 2005). İnorganik arsenik bileşikleri 60 ppm'in üzerindeki konsantrasyonlarda oral yolla vücuda alındığında insanlar için ölümcüldür (ATSDR, 2006; Web Elements, 2007).

Madencilik, demir-dışı metallerin ergitilmesi ve fosil yakıtların yanması gibi büyük endüstriyel işlemler, arseniğin hava, su ve toprağa yayılarak kirletmesine sebep olmaktadır. Tarımda ve kereste muhafazasında arsenik içerikli ilaçların kullanılması da diğer arsenik kirletici kaynakları arasında gösterilmektedir (Cucu-Man, S. et al., 2004; Buse, A. et al., 2003).

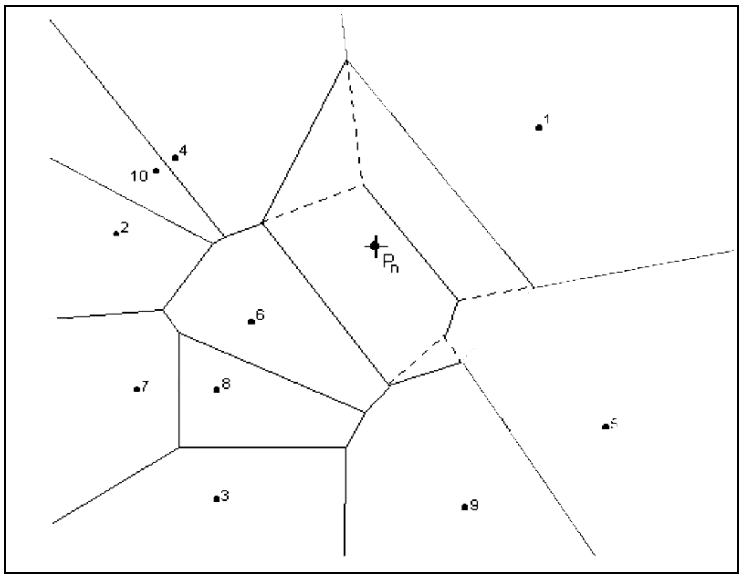
Çalışmamızın diğer ayağında ise Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) Haritalama Tekniğine bağlı MapInfo yazılımının Vertical Mapper bileşeni kullanılarak, Zonguldak şehir merkezi, Çatalağzı ve Ereğli ilçelerinden elde edilen atmosferik Arsenik birikim değerleri kullanılarak bölgenin Arsenik kirlilik haritaları oluşturuldu.

Bilindiği gibi Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS); coğrafi bilgiyi tutan, saklayan, analiz eden ve sergileyen bir donanım ve yazılım kurulumudur (ESRI, 1996). Dünya üzerindeki karmaşık sosyal, ekonomik, çevresel vb. sorunların çözümüne yönelik mekana/konuma dayalı karar verme süreçlerinde kullanıcılara yardımcı olmak üzere, büyük hacimli coğrafi verilerin; toplanması, depolanması, işlenmesi, yönetimi, mekansal analizi, sorgulaması ve sunulması fonksiyonlarını yerine getiren donanım, yazılım, personel, coğrafi veri ve yöntemler ile bu verilerin kullanıma sunulması işlevlerini bütünlük içerisinde gerçekleştiren bir bilgi sistemidir.

Elektrik / gaz işletimi, ticaret, telekomünikasyon, taşımacılık, maden / petrol arama su ve atık su, tıp / sağlık, jeoloji / yer bilimleri, askeri/ istihbarat, harita yapımı, arazi kullanımı, çevre yönetimi vb. alanlarda sıklıkla kullanılmaktadır.

Ayrıca CBS modelleme yöntemi bilinen gözlem noktaları arasındaki değerlerin matematiksel olarak hesaplanmasında ve nümerik grid sonuçlarının saklanmasında kullanılır. Bu çalışmada araziden elde edilen verilere CBS modelleme tekniklerini uygulamak amacı ile MapInfo® Professional 4.1 ve Vertical Mapper® Version 1.51 paket programları kullandı. Vertical Mapper, MapInfo üzerinde noktasal nesnelerdeki yükseklik bilgilerini kullanarak grid oluşturan ve bu veriler üzerinde üç boyutlu modelleme ve analiz yapan bir programdır. Vertical Mapper arazi modeli oluşturmak için ölçülmüş yükseklik değerlerini kullanır ve diğer noktaların yüksekliğini hesaplar, yani interpole eder. Vertical Mapper programı ile arazi modeli oluşturmak için noktasal veya XYZ verilerine ihtiyaç vardır. Bu çalışmada verilerin işlenmesi amacıyla Doğal Komşuluk İnterpolasyon metodu kullanılmıştır (Watson, D.F., 1992).

Ağırlıklı ortalamaya göre çalışan Doğal Komşuluk İnterpolasyon metodu "Ters Mesafe Ağırlıklı (IDW) interpolasyon tekniğine" çok benzemektedir. İnterpole edilecek noktaları araştırırken örneklem noktalarında mesafeye bağlı ağırlıkları kullanır. Bu teknikte ilk olarak Delaunay Üçgenlemesi ile her örnekleme noktasının üçgen köşe noktası olduğu bir üçgenleme yapılır. Ardından her bir nokta için minimum sayıda üçgen kenarı olacak şekilde dışbükey alanlar tanımlanır. Her komşu noktanın ağırlığı, "Thiessen/Voronoi Tekniği" ile belirlenen bu alanlarda tayin edilir. Yani Doğal Komşuluk İnterpolasyon Tekniği "Thiessen Poligon Ağı" na dayalı olarak çalışan bir yöntemdir. Thiessen poligon ağı örneklem noktalarından elde edilen delaunay üçgenlemesi üzerine kurulabilir. Thiessen poligon ağında her bir örneklem noktası için tek bir "Thiessen poligonu" vardır. Şekil 1.'de örnekleme noktaları için oluşturulan Thiessen poligonları ile interpole edilecek herhangi bir Pn noktası için oluşturulan Thiessen poligonu görülmektedir. Burada interpole edilecek Pn noktasına en yakın 1, 4, 5, 6 ve 8 örnekleme noktalarından interpolasyonla değer verilmektedir (Arslanoğlu, M. ve Özçelik, M., 2005).



Şekil 1. Thiessen poligonu

2. MATERYAL-METOT

Zonguldak il merkezi ve çevresindeki atmosferik arsenik kirliliğinin saptanması amacıyla yerel örnekleme metodu ile araziden bir biyomonitör karayosunu türü olan *Hypnum cupressiforme* Hedw. örnekleri GPS koordinatları alınarak toplanmıştır. Örnekler toplanırken büyük ağaçların altından 5 m, anayollardan 300 m, diğer yollardan 100 m uzakta olacak şekilde 50X50 m'lik alanlardan toplanmışlardır. Toplanan örnekler üzerlerindeki toprak gibi partiküllerden arındırılarak 40 °C'de etüvde 48 saat kurutulmuşlardır. Daha sonra bu örneklerin özellikle yeşil uç sürgünleri ayıklanan 1 gram karayosunu 6 ml HNO3 (65%; Merck, analytical grade) ve 2 ml H_2O_2(%30) mikrodalga fırında digest edildi ve en sonunda örnekler 10 ml deiyonize su ile sulandırıldı. Çözeltideki arsenik sürekli akış hidrür oluşturma sistemi kullanılarak tayin edildi. Örnekler içerisinde bulunan arsenik +5 formundan +3 formuna %5'lik KI ve askorbik asit çözeltisi kullanılarak indirgendi. Standartlar ve örnekler %10 HCl içerisinde hazırlanarak % 0,3 sodyum borohidrür çözeltisi kullanılarak hidrür oluşumu sağlandı. Akabinde tüm örnekler ve benzer yöntemlerle hazırlanmış standart referans materyaller Endüktif Eşleşmiş Plazma Kütle Spektrometresi (ICP-MS) cihazında okutuldu.

3. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

2005-2008 yıllarında Zonguldak ve çevresinden araziden toplanan karayosunu örnekleri üzerinden tespit edilen atmosferik arsenik birikim değerleri GPS koordinatları ile altta verilmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Zonguldak ve çevresindeki atmosferik arsenik birikim değerleri.

ÇATALAĞZI				ZONGULDAK				EREĞLİ			
Lok.	E	N	Sonuç (µg/gr)	Lok.	N	E	Sonuç (µg/gr)	Lok.	N	E	Sonuç (µg/gr)
1	41,5091	31,9000	1,16	**1**	41,27908	31,47995	6,68	1	41,16344	31,25271	2,15
2	41,4966	31,8879	1,5	**2**	41,27514	31,47829	4,30	2	41,14532	31,25353	0,15
3	41,4994	31,9000	0,96	**3**	41,27256	31,48144	3,90	3	41,14175	31,26015	1,31
4	41,4984	31,9132	1,8	**4**	41,27033	31,48553	4,79	4	41,14546	31,26427	1,18
5	41,4868	31,8745	1,79	**5**	41,26440	31,50251	1,58	5	41,1454	31,26509	0,84
6	41,4849	31,8888	1,42	**6**	41,26960	31,48033	5,30	6	41,15036	31,26349	1,86
7	41,4898	31,8990	3,41	**7**	41,26323	31,48341	1,68	7	41,15059	31,26022	1,46
8	41,4913	31,9148	1,89	**8**	41,26011	31,48417	4,80	8	41,15192	31,26243	1,96
9	41,4938	31,9179	1,75	**9**	41,26070	31,47986	3,13	9	41,15384	31,27159	1,73
10	41,4740	31,8631	1,44	**10**	41,26251	31,46261	6,15	10	41,15379	31,27555	1,28
11	41,4767	31,8730	1,19	**11**	41,26350	31,45351	1,69	11	41,1541	31,28288	0,57
12	41,4758	31,8918	1,89	**12**	41,26171	31,45066	2,51	12	41,15237	31,28501	1,28
13	41,4787	31,8990	6,90	**13**	41,25177	31,45048	1,31	13	41,16318	31,2748	1,26
14	41,4813	31,9216	0,67	**14**	41,25330	31,43715	1,97	14	41,16227	31,28253	0,94
15	41,4759	31,9293	0,78	**15**	41,25183	31,43026	1,59	15	41,16429	31,28098	1,34
16	41,4768	31,9388	3,74	**16**	41,24184	31,42693	3,14	16	41,17054	31,27119	3,19
17	41,4654	31,8572	2,46	**K1**	41,28187	31,49616	0,82	17	41,17019	31,28408	1,21
18	41,4679	31,8702	0,68	**K2**	41,26480	31,51132	2,42	18	41,1838	31,2726	0,83
19	41,4678	31,8759	1,48	**K3**	41,25653	31,57131	0,63	19	41,20015	31,2726	0,15
20	41,4684	31,8927	0,56	**K4**	41,24392	31,49569	1,15	20	41,18553	31,30377	0,15
21	41,4706	31,9005	1,17	**K5**	41,23614	31,49979	2,18	21	41,19306	31,33419	0,32
22	41,4648	31,9158	1,10	**K6**	41,22036	31,40113	2,85				
23	41,4694	31,9250	1,06	**K7**	41,21420	31,38327	2,81				
24	41,4708	31,9423	0,91	**K8**	41,20518	31,33869	2,43				
25	41,4716	31,9518	0,93								
K1	41,4643	31,9340	1,4								
K2	41,4543	31,9290	1,33								
K3	41,4345	31,9229	1,41								
K4	41,4265	31,9507	0,72								

Kirlilik haritalarında kontrol noktaları çalışılan alanlardan çok uzak noktalarda olduğu için görülmemektedir.

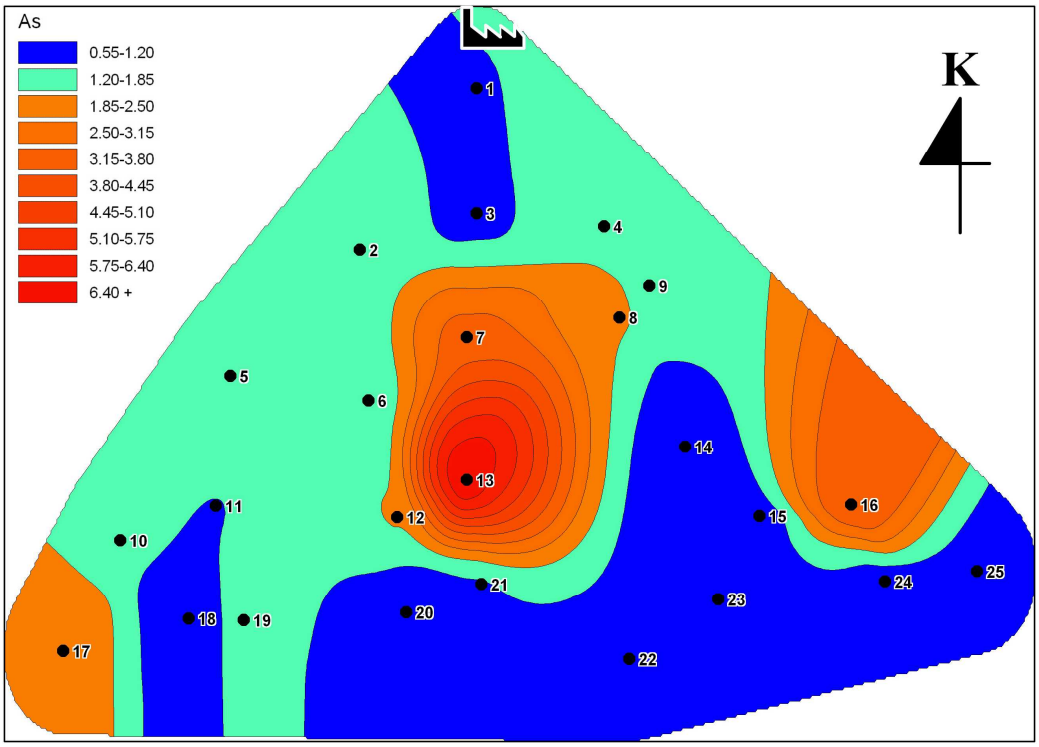
Zonguldak şehir merkezi, Çatalağzı ve Ereğli bölgelerinde bir biyomonitör karayosunu *Hypnum cupressiforme* Hedw. üzerinden elde edilen atmosferik arsenik birikim değerleri Çizelge 2'de Mann-Whitney U testi kullanılarak karşılaştırıldığında; Zonguldak şehir merkezinin istatistiksel anlamda Çatalağzı ve Ereğli ilçelerine benzemediği ve onlardan daha yüksek kirlilik konsantrasyonlarına sahip olduğu görülmüştür. Minimum arsenik birikim değeri 0,15 µg/gr ile Ereğli'de (2., 19. ve 20. noktalar) ölçülürken, maksimum arsenik birikim değeri 6,90 µg/gr ile Çatalağzı'nda (13. nokta) ölçülmüştür. Analiz sonuçlarının ortalama değerleri üzerinden, Zonguldak şehir merkezi, Çatalağzı ve Ereğli ilçeleri için atmosferik Arsenik konsantrasyonlarının miktar olarak büyüklük sıralaması Zonguldak şehir merkezi (2,91µgr/gr) > Çatalağzı (1,64 µgr/gr) > Ereğli (1,29 µgr/gr) şeklindedir.

Çizelge 2. Çalışılan üç bölgeden elde edilen sonuçların (µg/gr) temel istatistiği.

	Ortalama	Minimum	Maksimum	Std Sapma	Ortanca
Çatalağzı n:29	1,64	0,56	6,90	1,25	1,40
Zonguldak [a] n:24	2,91	0,63	6,68	1,67	2,47
Ereğli n:21	1,20	0,15	3,19	0,74	1,26

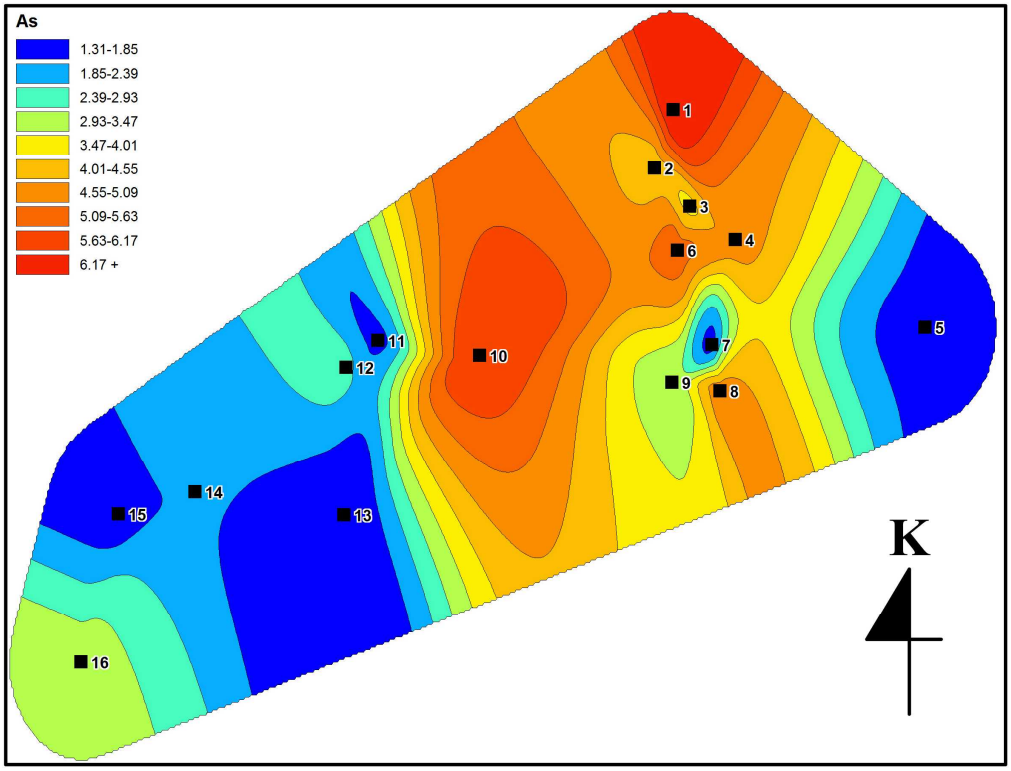
[a] Mann-Whitney U testine göre karşılaştırılan alanlardan farklı ($p<0.05$).

Şekil 2'de Çatalağzı bölgesinden elde edilen arsenik birikim değerlerine göre çizilen kirlilik haritası görülmektedir. Bu haritaya bakıldığında 13. noktada en yüksek arsenik birikim değeri 6,90 µgr/gr olarak ölçülmüştür. Diğer yüksek sonuçlar bu noktaya yakın olan 7, 8, 12. İstasyonlardan ölçülmüştür.



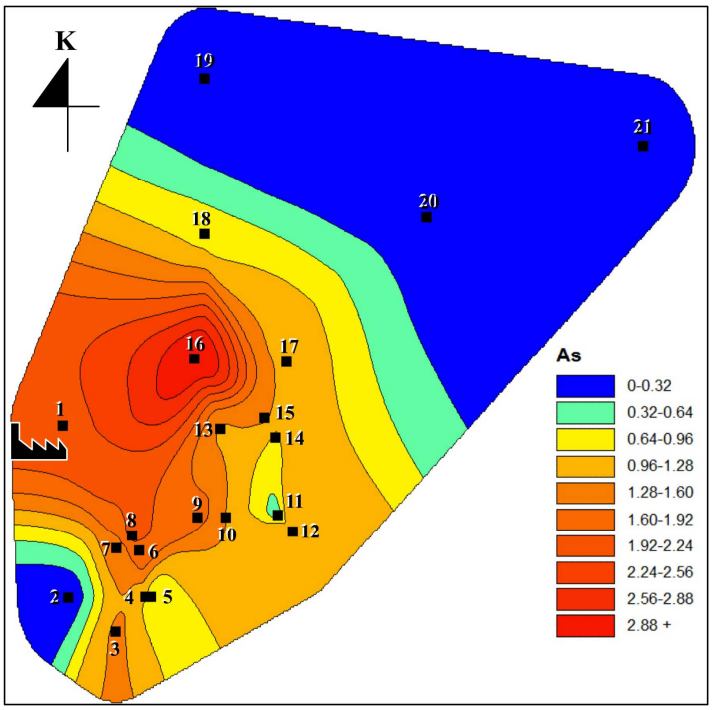
Şekil 2. Çatalağzı bölgesi arsenik birikim değerleri haritası.

Şekil 3'de Zonguldak şehir merkezine ait arsenik birikim değerlerini gösteren harita bulunmaktadır. Bu haritaya bakıldığında en yüksek değerler sırası ile 1. (6,68 µgr/gr), 10. (6,15 µgr/gr) ve 6. (5,30 µgr/gr) noktalardır. Şehrin doğu kesimlerindeki kirliliğin batı kısımdakinden daha fazla olduğu görülmektedir.



Şekil 3. Zonguldak şehir merkezi arsenik birikim değerleri haritası.

Ereğli bölgesinde arsenik birikim değerleri açısından en kirli nokta 3,19 µgr/gr ile 16. noktadır. Bunu 2,15 µgr/gr ile 1. nokta takip etmektedir. Ereğli'nin kuzey-kuzeydoğu kesimlerinde arsenik kirlenmesinden diğer yerlere oranla daha az etkilendiği görülmektedir (Şekil 4).



Şekil 4. Ereğli bölgesi arsenik birikim değerleri haritası.

Kontrol noktası olarak belirlenen alanlardan toplanan örnekler üzerinden tespit edilen arsenik birikim değerlerine bakıldığında en temiz kontrol noktasının Zonguldak bölgesindeki K3 noktası (0,63 µgr/gr) olduğu görülmektedir. Diğer kontrol noktaları ise nispeten kirlidir. K3 kontrol noktası değeri baz alındığında, Zonguldak şehir merkezinde tespit edilen ortalama arsenik değeri (3,41 µgr/gr) bu değerin 5,41 katıdır. Aynı şekilde Çatalağzı bölgesinde tespit

edilen ortalama arsenik değerleri (1,71 µgr/gr) ise bu temiz noktanın 2,71 katı ve Ereğli ilçesinde tespit edilen ortalama arsenik değeri (1,19 µgr/gr) ise bu kontrol noktası değerinin 1,89 katı üzerindedir.

Genel olarak haritalardan da görüleceği üzere Zonguldak ve çevresindeki Arsenik birikimi kömürün yoğun kullanıldığı, şehirleşme ve trafiğin daha yoğun olduğu ana yolların yakınlarında ve ayrıca ÇATES ve ERDEMİR'den hakim rüzgarlarla taşınıma açık olan tepelerdeki örnekleme noktalarında yüksek bulundu.

Çalışma alanından elde sonuçlar alana yakın çalışmalar ve Avrupa'da yapılmış çalışmalar ile karşılaştırıldığında ise Zonguldak şehir merkezindeki arsenik birikim değerleri büyüklük bakımından Trakya bölgesinden sonra ikinci sırada yer almaktadır. Zonguldak ve çevresindeki birikim değerleri İtalya değerleri hariç diğer Avrupa ülkelerinden yüksektir. Düzce sonuçları dışında Türkiye'de yapılan çalışmalarda elde edilen arsenik birikim değerleri Avrupa ortalamasının üzerindedir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Çalışma alanlarından elde edilen ortalama değerlerin, yakın bölgelerdeki ve Avrupa'da yapılan diğer çalışmalar ile karşılaştırılması.

Karayosunu Örnekleri Üzerinden Yapılan Çalışmalar	**As (µg/g)**
Zonguldak (Uyar et al., 2009)	2,91
Çatalağzı (Uyar et al., 2007)	1,64
Ereğli (Uyar et al., 2008)	1,20
Sakarya (yayınlanmamış veri 2009)	1,62
Düzce (Uyar, et al., 2007)	0,27
Trakya (Eğilli, et al., 2003)	5,80
İtalya (Bargagli et al., 2002)	1,43
Çek Cumhuriyeti (Suchara & Sucharova,2004)	0,32
Romanya (Cucu-man et al., 2004)	0,78
Finlandiya (Poikolainen et al., 2004)	0,19
Polonya (Berg and Steinnes, 1997)	0,28

Sonuç olarak; karayosunu örneklerindeki Arsenik birikimlerindeki artışın nedenlerini maddeler halinde sıralamak istersek: i) Çatalağzı Termik Santrali (ÇATES), ii) Ereğli Demir-Çelik Fabrikası (ERDEMİR), iii) ısınma amaçlı kömür kullanımı ve iv) trafik ile ilgili emisyonlardır.

Avrupa'da 1975-1995 yılları arasında yapılan ağır metal kirliliği çalışmaları verilerinin 2000-2004 yılları verileri ile kıyaslanması sonucu, ağır metal kirliliğinin Avrupa'da giderek azaldığını görülmektedir (Fıalkowski & Newman, 1998). Fakat bu değerlerin doğuya doğru gidildikçe zaman içerisinde yükselme eğiliminde olması (Herpin et al., 1996; Ötvös et al., 2003; Poikolainen et al., 2004) ise bize Avrupa'nın artık daha yeni ve temiz teknolojileri tercih ettiğini, eskiyen teknolojilerini de gelişmekte olan ülkelere ihraç ettikleri gerçeğini doğrular niteliktedir. Bu durumda her şeye rağmen sanayileşmek mi? Yoksa çevreye ve halk sağlığına karşı daha duyarlı bir sanayileşme mi? Sorusuyla karşı karşıya kalınır. Bizce sanayileşme çabaları engellenmeden, daha çevreci ve temiz teknolojileri geliştirme ve ivedilikle uygulamaya sokmalıyız. Aksi takdirde geri dönüşü olmayan çevre ve halk sağlığı sorunları ile karşı karşıya kalınabilir. Ayrıca çalışılan alanlarda bu veriler envanter kabul edilerek, beşer yıllık periyotlarla alandaki atmosferik arsenik birikim değerlerinin biyomonitör bitkiler olan karayosunları ve likenler üzerinden takibinin yapılmasının gerekliliğine de inanılmaktadır. Bununla birlikte, bundan sonra planlanan ağır sanayi tesislerinin ve termik santrallerin mümkün olduğunca yerleşimden uzak alanlara, endüstri bölgelerinde yoğunlaştırılmasının daha doğru olacağını düşünüyoruz. Bu şekilde tesislerin kontrolü daha kolay olabileceği gibi, bazı fabrika atıkları, bazı tesislerde birkaç işlemden geçirilerek hammadde olarak bile kullanılabilir.

KAYNAKLAR:

Arslanoğlu, M., Özçelik, M,. 2005, Sayısal Arazi Yükseklik Verilerinin İyileştirilmesi, *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, 28 Mart-1 Nisan 2005, Ankara.

ATSDR, 2006, Agency for toxic substances and disease registry, http://atsdr1.atsdr.cdc.gov/ (17.09.2006).

Belozerova, E. (2002) Methodical aspects of potential health risk assessment related to accumilated waste, *International Symposium on Childeren's Health and Environment*, İstanbul, pp. 52-70.

Bargagli, R., Monaci, F., Borghini, F., Bravi, F., Agnorelli, C., 2002, Mosses and lichens as biomonitors of trace metals. A comparison study on Hypnum cupressiforme and Parmelia caperata in a former mining district in Italy. *Environmental Pollution*, 116: 279-287.

Berg, T., Steinnes, E., 1997, Use of mosses (Hylocomium splendens and Pleurozium schreberi) as Biomonitors of Heavy Metal Deposition From relative to absolute deposition values, *Environmental Pollution*, 98: 61-71.

Buse, A., Norris, D., Harmens, H., Buker, P., Ashenden, T., Mills, G., 2003, *Heavy metal in Europe Mosses 2000/2001 Survey.* Centre for Ecology & Hydrology.pp. 1-46.

Conti, M.E., Cecchetti, G., 2001, Biological monitoring: lichens as bioindicators of air pollution assessment – a review. *Environmental Pollution*, 114: 471-492.

Cucu-Man, S., Mocanu, R., Culıcov, O., Steınnes, E., Frontasyeva, M., 2004, Atmospheric Deposition of Metals in Romania Studied by Biomonitoring Using the Epiphytic Moss Hypnum cupressiforme. Intern. J. Anal. Chem., 84 (11): 845- 854.

Eğilli, E., Topçuoğlu, S., Kut, D., Kirbaşoğlu, Ç., Esen, N., 2003, Heavy Metals and Radionuclides in Lichens and Mosses in Thrace, Turkey. *Bull Environ.Contam.Toxicol.* 70: 502-508.

ESRI, 1996, Introduction to map design, © Environmental Systems Research Institute, Inc. p: 1-19.

Fıalkowski, W. and Newman, W.A. (1998) Pilot Study of Heavy Metal Accumulations in a Barnacle from the Salton Sea, Southern California. *Mar. Poll. Bull.,* Vol. 36(2). Pp. 138-143.

Herpin, U., Berlekamp, J., Markert, B., Wolterbeek, B., Grodzinska, K., Siewers, U., Lieth, H. and Weckert, V. (1996) The distribution of heavy metals in a transect of the three states the Netherlands, Germany and Poland, determined with the aid of moss monitoring, *The Science of the Total Environment*, Vol. 187, pp. 185-198.

Markert, B.A., Breure, A.M., Zechmeister, H.G., 2003, *Definitions, strategies and principles for bioindication/biomonitoring of the environment*, In: Markert BA, Breure AM & Zechmeister HG (eds), Bioindicators and biomonitors. Elsevier, Oxford, pp. 3-39.

Martin, M.H., Coughtrey, P.J., 1982, *Biological Monitoring of Heavy Metal Pollution*, Applied Science Publishers, London.

Ötvös , E., Pazmandi, T. and Tuba, Z. (2003) First national survey of atmospheric heavy metal deposition in Hungary by the analysis of mosses**.** *The Science of the Total Environment,* Vol. 309, pp. 151–160.

Poikolainen, J., Kubin, E., Pispanen, J., Karhu, J., 2004, Atmospheric heavy metal deposition in Finland during 1985-2000 using mosses as bioindicators, *The Science of the Total Environment,* 318: 171-185.

Suchara, I., Sucharova, J., 2004, Current Atmospheric Deposition Loads and Their Trends in the Czech Repuclic Determined by Mapping the Distribution of Moss Element Contents. *Journal of Atmospheric Chemistry,* 49: 503-519.

Uyar, G., Ören, M., İnce, M., 2007, Atmospheric Heavy Metal Deposition in Düzce Province by Using Mosses as Biomonitors, *Fresenius Environmental Bulletin*, 16: 145-153.

Uyar, G., Ören, M., Yildirim, Y. & İnce, M., 2007, Mosses as Indicators of Atmospheric Heavy Metal Deposition around A Coal-Fired Power Plant in Turkey, *Fresenius Environmental Bulletin*, 16: 182-192

Uyar, G., Ören, M., Yildirim, Y. & Öncel, S., 2008, Biomonitoring of Metal Deposition in the Vicinity of Ereğli Steel Plant in Turkey, *Environmental Forensics* 9: 350-363**.**

Uyar, G., Avcil, E., Karaca, F. & Öncel, M.S., 2009, Determination of Heavy Metal Pollution in Zonguldak (Turkey) by Moss Analysis (*Hypnum cupressiforme*), *Environmental Engineering Science* 26(1): 183-194.

Vural, N. (2005) *Toksikoloji,* Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Yayınları No:73, Ankara, 659 s.

Watson, D.F., 1992, *Contouring a guide to the analysis and display of spatial data*, Elsevier Science Inc., Tarrytown, New York, pp: 321.

Web Elements, 2007, WebElements™ periodic table www.webelements.com (12.05.2007).

Wittig, R., 1993, *General aspects of biomonitoring heavy metals by plants.* In: Markert B (ed) Plants as biomonitors-Indicators for heavy metals in the terrestrial environment, VHC, Weinheim, pp. 3-27.