

Van Yöresinde İçme Sularında Arsenikle Kirlenme Düzeyleri*

Orhan YILMAZ¹Kamil EKİCİ²¹Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Farmakoloji ve Toksikoloji Anabilim Dalı-VAN²Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı-VAN

ÖZET

İçme sularıyla arseniğe akut ve kronik olarak maruz kalmaya dünyanın pek çok ülkesinde rastlanmaktadır. İçme sularının arsenikle kontaminasyonu, büyük bir halk sağlığı problemi olmayı sürdürmektedir. Bu çalışmada, Van Yöresinden toplanan içme suyu örneklerindeki arsenik düzeyleri spektrofotometrik yolla saptanmıştır. Elde edilen sonuçlar, ortalama arsenik içeriğinin 5.027 ±0.368 ppb (en az 0.378 ve en çok 14.210 ppb) olduğunu göstermiştir. Bu düzeyler Dünya Sağlık Örgütü'nün 1984 'de belirlediği standarttan (50 ppb) daha düşüktür.

Anahtar kelimeler : Arsenik, İçme suları, Van Yöresi

The levels of Arsenic Contamination in Drinking Water in Van Region

SUMMARY

Acute and chronic arsenic exposure via drinking water has been reported in many countries of the world. Drinking water contamination by arsenic remains a major public health problem. In this study, arsenic levels were determined in drinking water samples collected from tap-water in Van Region using spectrophotometer. Results show that the average content of arsenic is 5.027 ±0.368 ppb (min 0.378-max 14.210 ppb). These levels are lower than the drinking water standard of 50 ppb recommended by the World Health Organization in 1984.

Key words : Arsenic, drinking water, Van Region

GİRİŞ

Her yıl dünyada 50 000 tonun üzerinde üretilen arsenik türevleri yaygın kullanım alanı bulmaktadır. Arsenik trioksit (beyaz arsenik), sodyum arsenit ile birlikte mono-sodyum metanarsonat, di-sodyum metanarsonat gibi organik bileşikler, potasyum ve kurşun arsenit gibi alkali tuzları herbisit olarak sık kullanılır. Bu bileşikler, yabancı bitki tohum ve filiz öldürücü özelliklerinin yanında, pamuk ve meyve ağaçlarında defoliant olarak da kullanılırlar. Bakır asetoarsenit (Paris yeşili) ve kurşun arsenat kuvvetli insektisidlerdir. Arsenik bileşikleri ayrıca bazı deterjanların yapısında, boya pigmentlerinde (Emerald yeşili), deri ve kağıt endüstrisinde (potasyum asit arsenat), seramik, cam ve lastik imalatında da kullanılmaktadır (22).

Arseniğin çevreye başlıca yayılma ve taşınma yolu sulardır. Arseniğin su aracılığıyla ekolojik sistemde dağılımı, canlı yapılarda birikimine neden olmaktadır. Genel popülasyonda toplam günlük arsenik alımı 0.200 mg/kg' dır. Endüstriyel atıkların arıtılmadan çevreye bırakılması, insan sağlığı açısından önemli sorunlara yol açmaktadır. Güney Kalküta' da bakır asetoarsenit üreten bir fabrikanın yakınında yaşayan 17 ailenin 53 üyesinde (% 67), arsenikle kirlenmiş suyun kullanılmasına bağlı olarak kronik arsenik zehirlenmesi ortaya çıkmış; yapılan ölçümlerde yüzeysel kuyu sularındaki arsenik düzeyinin 5-58 mg/L (ppm) arasında olduğu saptanmıştır (21).

İnsanlarda kronik arsenik zehirlenmesinde görülen belirtiler arasında nazal septum perforasyonu, larinks ve kulak kanalının şiddetli irritasyonu, ellerde ve ayaklarda

simetrik hiperkeratoz, deri pigmentasyonu, palmoplantar keratoz, anemi, konjunktivit, trakeit, akrosiyanoz, periferik nöropati ve polinöyrit sayılabilir. Polinöyrit hem sensorik, hem de motorik fonksiyonlarda gözlenir. Diğer belirtiler ise anoreksi, kaşeksi, siroz ve dermatittir (28, 31).

Doğal dengeyi bozan kirlleticiler arasında yer alan arsenik, gerek doğada serbest halde bulunabilmesi ve gerekse canlı yapıda oluşturduğu değişik toksik etkileri nedeniyle insan ve hayvan sağlığı açısından önem taşımaktadır. Bu nedenle içilebilir sularında bulunan arsenik düzeylerine belirli sınırlandırmalar getirilmiştir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO), içme ve kullanma sularında 10 µg/L (ppb)' ye kadar arsenik bulunabileceğini, 50 ppb'den daha yüksek miktarlarda arsenik içeren suların ise kesinlikle kullanılmaması gerektiğini bildirmiştir (31)

Çevresel arsenik kirliliğinin önemli bir göstergesi olan sulardaki arsenik düzeyinin sürekli izlenmesi, insan ve hayvan sağlığının korunması açısından önem taşımaktadır. Bu çalışmada, Van Yöresinde değişik yerlerden alınan içme suyu örneklerinin arsenikle kirlenme düzeylerinin belirlenmesi ve elde edilen verilerin, literatür bilgileri ışığında çevre kirliliği ve sağlık yönünden irdelenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL ve METOT

Van Şehir Merkezi ve ilçe şebekelerinden, kır çeşmelerinden, kuyulardan ve köy çeşmelerinden kimyasal kirlilikten arındırılmış polietilen şişelere 2003 yılı Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında alınan toplam 77 su örneği analiz materyali olarak kullanıldı. Şişelerin kapakları açılıp su örnekleriyle üç kez çalkalandıktan sonra analiz örnekleri alındı. Tüm örnek toplama kapları ve analizlerde kullanılan malzemeler, metallere

Bu çalışma YYÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı tarafından desteklenmiştir (Poje No:2000-VF-066)

arındırmak için nitrik asitten geçirildi. Arsenik analizleri, laboratuvar şartlarında uygulama kolaylığı sağladığı ve 1-100 µg arasındaki arsenik miktarını saptayabildiği için George ve arkadaşlarının (11) geliştirdiği spektrofotometrik metoda göre yapıldı : Taksimatlı beherglaslara alınan 500 ml su örnekleri, benmaride kaynatılarak 50 ml' ye yoğunlaştırıldı. Soğutulan örnekler, buz banyosunda 5 ml konsantre sülfürik asit eklenerek arsin jeneratörünün erlenmeyer kısmına aktarıldı. Üzerlerine 1 ml potasyum iyodür çözeltisi eklenerek 10 dk bekletildikten sonra, 5-6 damla kalay klorür çözeltisi ilave edilerek karıştırıldı. Erlenlere 4 g granül çinko, 2 mg bakır sülfat karışımının eklenmesini takiben, daha önceden boyun kısmına kurşun asetatlı cam pamuğu yerleştirilmiş adaptörün absorpsiyon bölümüne 3 ml piridindeki gümüş dietilditiyokarbamat çözeltisi konarak reaksiyon başlatıldı. Arsin gazının çıkışının tam

olması için işlem 75 dk sürdürüldü. İşlem sonunda çözelti spektrofotometrede okundu. Örneklere paralel olarak kör ve yeni hazırlanmış standartlarla aynı işlemler gerçekleştirildi. Ölçülen absorbans değerleri, hazırlanan standart eğride ordinat üzerine yerleştirilerek arsenik miktarları ppb düzeyinde saptandı.

BULGULAR

Metodun geri kazanım oranı ortalama % 104 olarak belirlendi. Alınan içme suyu örneklerinde saptanan arsenik düzeyleri Tablo-1' de gösterilmiştir. Tablo-1'de görüldüğü gibi analizi yapılan örneklerde arsenik rastlantı oranı % 96 civarındadır. Toplanan 77 örnekten üçü, analiz metodunun duyarlılık sınırlarının altında kaldığı için minimum, maksimum ve ortalama düzeyler için değerlendirmeye alınmamıştır.

Tablo-1. Van'da yerleşim alanlarına göre alınan içme suyu örneklerinde arsenik düzeyleri.

Alındığı yer	As düzeyi (ppb)	Alındığı yer	As düzeyi (ppb)
Van Merkez	-	Erciş İlçesi	4.010
Van Kalesi	-	Haydarbey Köyü	6.210
Kampüs	4.466	Deliçay Beldesi	3.280
Selimbey Mah.	2.948	Keklikova Köyü	3.700
Şabaniye Mah	1.212	Kocapınar Beldesi	2.200
Stadyum arkası (kuyu)	8.704	Ekiciler Köyü	3.000
Bostaniçi Beldesi	2.110	Kırkpınar Köyü	4.800
Kalecik Köyü	1.600	Aşağı Akçageçit Köyü	4.402
Bardakçı Köyü	4.010	Aşağı Işıklı Köyü	2.812
Çitören Köyü	1.060	Gevaş İlçesi	1.070
Mollakasım Köyü	0.874	Dokuzağaç Köyü	1.220
Arısu Köyü	1.002	Dereağzı Köyü	0.970
Tabanlı Köyü	8.050	Yuva Köyü	1.540
Gedikbulak Beldesi	3.842	Değirmitaş Köyü	3.924
Çakırbey çeşmesi	6.622	Yoldöndü Köyü	4.800
Gölyazı Köyü	2.906	Güzelkonak Köyü	1.440
Kasımoğlu Köyü	0.378	Gürpınar İlçesi	6.020
Erçek Beldesi	2.442	Kuşdağı Köyü	5.880
Baklatepe Köyü	2.738	Kırkgeçit Köyü	7.800
Başkale İlçesi	7.024	Bağrıyanık Köyü	7.540
Ortayol Köyü	8.800	Yolaşan Köyü	6.600
Öncüler Köyü	9.740	Güzelsu Beldesi	8.700
Albayrak Beldesi	8.212	Muratlı Köyü	8.970
Çaldıran İlçesi	10.288	Muradiye İlçesi	6.002
Ayrancılar Köyü	12.040	Karahan Köyü	6.214
Yassitepe Köyü	9.440	Ünseli Beldesi	5.402
Soğuksu Köyü	11.110	Köşkköy	7.800
Başgeğmez Köyü	10.980	Gönderme Köyü	14.210
Çatak İlçesi	8.620	Özalp İlçesi	3.380
Akçabük Köyü	5.020	Aşağı Mollahasan Köyü	4.108
Kayaboğaz Köyü	4.400	Boyadı Köyü	4.540
Boyunpınar Köyü	4.122	Sugeçer Köyü	4.684
Kaçıt Köyü	10.444	Gözdeğmez Köyü	3.920
Narlı Beldesi	7.820	Altınoba Köyü	4.000
Edremit İlçesi	-	Dönerdere Köyü	1.960
Elmalı Köyü	-	Dorutay Beldesi	2.080
Köşkköy	0.628	Saray İlçesi	5.012
Kıyıcak Köyü	0.510	Zincirkıran Köyü	4.114
		Çaybağı Köyü	4.296
		Keçiyakası Köyü	5.540

Tüm örnekler göre değerlendirildiğinde Van İli içme sularındaki arsenik düzeyleri minimum 0.378 ppb, maksimum 14.210 ppb olup, ortalama düzey 5.027 ± 0.368 ppb olarak saptanmıştır. Örnek toplanan yerler esas alındığında minimum, maksimum ve ortalama arsenik düzeyleri ise Van Merkez ve köylerinde $0.378 - 8.704$ ppb (3.233 ± 0.605 ppb); Başkale İlçesi ve köylerinde $7.024 - 9.740$ ppb (8.444 ± 0.568 ppb), Çaldıran İlçesi ve köylerinde $9.440 - 12.040$ ppb (10.772 ± 0.434 ppb), Çatak İlçesi ve köylerinde $4.122 - 10.444$ ppb (6.738 ± 1.06 ppb), Edremit İlçesi ve köylerinde $0.510 - 0.628$ ppb (0.569 ± 0.005 ppb), Erciş İlçesi ve köylerinde $2.200 - 6.210$ ppb (3.824 ± 0.403 ppb), Gevaş İlçesi ve köylerinde $0.970 - 4.800$ ppb (1.995 ± 0.639 ppb), Gürpınar İlçesi ve köylerinde $5.880 - 8.970$ ppb (7.359 ± 0.467 ppb), Muradiye İlçesi ve köylerinde $5.402 - 14.210$ ppb (7.926 ± 1.62 ppb), Özalp İlçesi ve köylerinde $1.960 - 4.684$ ppb (3.584 ± 0.369 ppb) ve Saray İlçesi ile köylerinde $4.114 - 5.540$ ppb (4.741 ± 0.33 ppb) olarak bulunmuştur

TARTIŞMA ve SONUÇ

Yer kabuğunun içerdiği ortalama arsenik düzeyi $1.5 - 2$ ppm arasındadır. Kontamine toprak örneklerindeki arsenik miktarı $0.2 - 40$ ppm iken, bu miktar farklı jeolojik yapılardan oluşan kumtaşı ve dolomit kabuk örneklerinde 67 ppm'e ve çeşitli maden kömürlerinde ise 100 ppm'e kadar çıkabilmektedir (15, 16, 31, 34). Sulardaki arsenik düzeylerinin çeşitliliği arazinin coğrafi yapısına, artezyen ve kuyu sularının derinliklerine ve kirlenici kaynaklarının durumuna bağlıdır. Ortalama $100-300$ m derinliğindeki artezyen sularındaki arsenik düzeyi $0.35 - 1.14$ ppm arasında iken, yüzeysel kuyu sularında $0.00 - 0.30$ ppm olarak bulunmuştur (3).

Arsenik ve arsenikli bileşiklerin insanlarda karsinogen olması nedeniyle içme sularının arsenikle kontaminasyonu, büyük bir halk sağlığı sorunu yaratır. Arseniğe maruz kalmanın insan sağlığı üzerine genel olumsuz etkileri arasında kardiyovasküler ve periferik vasküler hastalıklar, gelişme anomalileri, nörolojik ve davranış bozuklukları, diabet, işitme kayıpları, portal fibrozis, hematolojik bozukluklar (anemi, lökopeni ve eozinofili) ve multipl kanserler, deri, akciğer, karaciğer, idrar kesesi, böbrek ve kolon kanserleri sonucu ölüm oranlarında artış gösterilmektedir (28). Hopenhayn ve arkadaşlarının (14) yaptığı bir çalışmada, gebelik boyunca içme sularıyla 50 ppb den daha az düzeyde arseniğe maruz kalmanın düşük doğum ağırlığına neden olduğu ortaya çıkmıştır. İçme suyuyla arseniğin kronik alımının periferik kan lenfositlerinde, ağız mukozası ve idrar yolları hücrelerinde karsinogen etkinin göstergesi olarak mikronükleusların oluştuğu kanıtlanmıştır (2). Arsenikten kaynaklanan sağlık problemlerinin kötü beslenme ile arttığı; akciğer kanserinin oluşumunda arsenik ve sigaranın sinerjik olarak etki ettiği de ortaya çıkarılmıştır (26). Yüksek miktarda arsenik içeren (ortalama 412 ppb) içme sularını kullanan bir kasaba halkında yapılan çalışmada (12), lenfositlerdeki replikasyon indekslerinde

anamlı farklılıklar ve proliferasyon yeteneğinde azalma saptanmıştır. Güney Tayvan'da 1988 yılında 891 yetişkin üzerinde yapılan bir çalışmada (20), arseniğin alımına bağlı olarak diabetes mellitus prevalansının arttığı belirlenmiştir. Japonya'da 382 erkek ve 516 kadın üzerinde uzun süreli inorganik arsenik alımının kardiyovasküler sistem üzerindeki etkilerinin incelenmesi amacıyla yapılan bir çalışmada (4), hipertansiyon prevalansının 1.5 kat arttığı bildirilmiştir. ABD'nde 30 eyaletin içme sularındaki arseniğe bağlı olarak vasküler hastalıklardan ölüm oranları araştırılmış ve arter, arteriol ve kapiller hastalıklarından standart ölüm oranları (SMR) kadınlarda 1.9 , erkeklerde 1.6 olarak bulunmuştur (8). 50 ppb düzeyinde arsenik içeren suyun günde 1 litre ömür boyu içilmesinden kaynaklanan karaciğer, akciğer, idrar kesesi kanserinden ölüm riski 1000 kişide 13 olarak hesaplanmıştır (25).

Halk sağlığına olumsuz etkileri nedeniyle içme sularında bulunan arsenik düzeylerine belirli sınırlamalar getirilmiştir. WHO (31), içme sularında 10 ppb'ye kadar arsenik bulunabileceğini 50 ppb'den yüksek miktarları içeren suların ise kesinlikle kullanılmaması gerektiğini bildirmiştir. Çocuklarda ($0-6$ yaş), akut ve subkronik maruz kalmalar için olası referans değerler 0.015 ve 0.005 mg/kg-gün olarak bildirilmiştir (29). Ülkemizde 1970 tarihli Gıda Maddeleri ve Umumi Sağlığı İlgilendiren Eşya ve Levazımın Hususi Vasıflarını Gösteren Tüzük'teki 425.Maddede (1) sulardaki en yüksek arsenik düzeyi 50 ppb olarak kabul edilmiştir. TSE'nün 1984 tarih ve TS 266 No'lu yayınında (30) da içme ve kullanma sularında izin verilen arsenik miktarı 50 ppb olarak bildirilmiştir.

Bu araştırmanın sonuçlarına göre Van Yöresinden alınan içme suyu örneklerinin % 96 'sında $0.378-14.210$ ppb arasında (ortalama 5.027 ± 0.368 ppb) arsenik bulunmaktadır. Belirlenen arsenik düzeyleri WHO' nun bildirdiği (31) ve Türkiye'de kabul edilen içme suyu arsenik tolerans limitlerinin ($1, 30$) altındadır.

ABD'nin 11 eyaletinde $5.4-91.5$ ppb arasında arsenik bulunduğu bildirilmiştir (8). Yunanistan'ın Selanik Şehrinden alınan 52 çeşme suyunun % 13.5 ' unda 10 ppb'nin biraz üstünde arsenik bulunmuştur (10). Çin'de, kronik arsenik zehirlenmesi tanısı konan 10000 kişinin yaşadığı bölgedeki içme suyu arsenik düzeyinin $0.05-2$ ppm arasında olduğu saptanmıştır (32). Ankara ve çevresindeki bazı içme suyu örneklerinde yapılan bir çalışmada (13), şehir merkezinden alınan çeşme suyu örneklerinde 14 ppb, Etimesgut'taki 1 nolu Derekuyu suyunda 120 ppb, anadepo suyunda 140 ppb, Kazan Köyünde ana depoya giriş suyunda 200 ppb düzeyinde arseniğe rastlanmıştır. Bursa'da şebeke suyu, kır çeşmeleri ve diğer içme sularının arsenikle kirlenme düzeylerini belirlemek için yapılan bir çalışmada (9), $0.051-9.285$ ppb arasında arsenik ölçülmüştür. Yine Bursa Yöresinde yapılan başka bir çalışmada (27), tavuk çiftliklerinin içme sularında $0.2-77.6$ ppb düzeyinde arsenik belirlenmiştir.

Günümüzde arsenik kirliliğinin yüksek olduğu yerlerde, çok yüksek maliyetleri olmasına rağmen,

sulardan arseniğin uzaklaştırılması için değişik yöntemler ve pratikte kullanılabilecek ozmoz üniteleri üzerine çalışmalar yapılmaktadır (5, 7, 17-19, 24, 33).

Van İli'nin Muradiye ve Çaldıran İlçelerinde fluorozis yaygın olarak görülmektedir. Del Razo ve arkadaşlarının (6) Kuzey Meksika'da 129 kuyu suyunda yaptıkları çalışmada, arsenik ve florun linear regresyon analizinde çok yüksek pozitif korelasyon olduğu belirlenmiş; yüksek düzeyde arseniğe maruz kalan insanların aynı zamanda içme suyu standartlarının üzerinde fluora da maruz kaldığı ortaya çıkmıştır. Xia ve arkadaşları (32) da kronik arsenik zehirlenmesi ile fluorozis arasında bir ilişki olabileceğini ileri sürmüşlerdir. Muradiye ve Çaldıran İlçelerindeki suların fluor içeriğini belirlemek için yapılan çalışma (23) ile bu araştırmada numune alınan sadece bir köy aynıdır. Muradiye İlçesi Gönderme Köyü en yüksek fluor içeren suya (1.235 ppm) sahip köy olmasının yanı sıra, Van Yöresindeki en yüksek arsenik içeren su örneği (14.210 ppb) yine bu köyden alınmıştır. Tek bir örneğin arsenik ve fluor arasındaki pozitif korelasyonun varlığını kanıtlamak için yeterli olamayacağı düşüncesiyle, ileride bu bölge sularının her iki element yönünden analizinin yapılmasının uygun olacağı kanısına varılmıştır.

Bu çalışmanın sonuçlarına göre, Van Yöresi içme sularında insan ve hayvan sağlığı açısından risk oluşturacak miktarlarda arsenik bulunmamakla birlikte, çevre kirliliğinin ülkemizde günden güne artması nedeniyle içme sularının arsenik yönünden sürekli takip edilmesinin gerekli olduğu sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

1. Anonim (1970): Gıda Maddelerinin ve Umumi Sağlığı İlgilendiren Eşya ve Levazımın Hususi Vasıflarını Gösteren Tüzüğüün Bazı Maddelerinin Değiştirilmesi ve Bu Tüzüğe Bir Madde Eklenmesine Dair Tüzük. Başbakanlık Basımevi, Ankara.

2. Basu A, Ghosh P, Das JK, Banerjee A, Ray K, Giri AK (2004) : Micronuclei as biomarkers of carcinogen exposure in populations exposed to arsenic through drinking water in West Bengal, India: a comparative study in three cell types. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 13(5): 820-827.

3. Chen CJ, Wu MM, Lee SS, Wang JD, Cheng SH, Wu HY (1988) : Arterogenicity and carcinogenicity of high-arsenic artesian well water. *Arteriosclerosis* 8(5) : 452-460

4. Chen CJ, Hsueh YM, Lai MS, Shyu MP, Chen SY, Wu MM, Kuo TL, Tai TY (1995) : Increased prevalence of hypertension and long-term arsenic exposure. *Hypertension* 25: 53-60.

5. Clifford D, Lin CC (1991) : Arsenic (III) and arsenic (V) removal from drinking water in San Ysidro, New Mexico. NTIS, Springfield, VA(USA), 119.

6. Del Razo LM, Corona JC, Garcia-Vargas G, Albores A, Cebrian ME, (1993) : Fluoride levels in well-water from a chronic arsenicism area of Northern Mexico. *Environ Pollut* 80(1): 91-94.

7. Diamadopoulos E, Ioannidis S, Sakellaropoulos GP (1993) : Arsenic (V) removal from aqueous solutions by fly ash. *Wat Res* 27(12): 1773-1777.

8. Engel RR, Smith AH (1994) : Arsenic in drinking water and mortality from vascular disease: an ecologic analysis in 30 countries in the United States. *Arch Environ Health* 49: 418-427.

9. Erdöl RS (1996): Bursa Yöresi İçme ve Kullanma Sularında Arsenikle Kirlenmenin Araştırılması. YL Tezi, UÜ Sađl. Bil Enst, Bursa.

10. Fytianos K, Christophoridis C (2004) : Nitrate, arsenic and chloride pollution of drinking water in Northern Greece. Elaboration by applying GIS. *Environ Monit Assess* 93(1-3): 55-67.

11. George GM, Fraham LJ, McDonnel JP (1973) : Dry ashing method for the determination of total arsenic in animal tissues : collaborative study. *JAOAC* 56 : 793-797.

12. Gensebatt ME, Vega L, Montero R, Garcia-Vargas G, Del Razo LM, Albores A, Cebrian ME, Ostrosky-Wegman P (1994) : Lymphocyte replicating ability in individuals exposed to arsenic via drinking water, *Mutat Res* 313: 293- 299.

13. Gürtunca Ş, Ceylan S, Şanlı Y (1973) : Ankara ve yöresindeki bazı içme ve kullanma suları örneklerinin arsenik yönünden araştırılması. *AÜ Vet Fak Derg* 22(1) : 84-95.

14. Hopenhayn C, Ferreccio C, Browning SR, Huang B, Peralta C, Gibb H, Hertz-Picciotto I (2003): Arsenic exposure from drinking water and birth weight. *Epidemiology* 14(5): 593-602.

15. Hunt LE, Howard AG (1994) : Arsenic speciation and distribution in the carnion estuary following the acute discharge of contaminated water from a dissed mine. *Mar J Bull* 28(1) : 33-38.

16. Huysman KD, Frankenberger WT (1990): Arsenic resistant microorganisms isolated from agricultural drainage water and evaporation pond sediments. *Water Air Soil Pollut* 53(1-2): 159-168.

17. Katsoyiannis IA, Zouboulis AI (2004) : Application of biological processes for the removal of arsenic from groundwaters. *Water Res* 38(1): 17-26.

18. Kim J, Benjamin MM, (2004): Modeling a novel ion exchange process for arsenic and nitrate removal. *Water Res* 38(8): 2053-2062.

19. Kim Y, Kim C, Choi I, Rengaraj S, Yi J, (2004) : Arsenic removal using mesoporous alumina prepared via a templating method. *Environ Sci Technol* 38(3): 924-931.

20. Lai MS, Hsueh YM, Chen CJ, Shyu MP, Chen SY, Kuo TL, Wu MM, Tai TY (1994) : Ingested inorganic arsenic and prevalence of diabetes mellitus. *Am J Epidemiol* 139: 484-492.

21. Mazumder DN, Das Gupta J, Chakraborty AK, Chatterjee A, Das D, Chakraborty D (1992) : Environmental pollution and chronic arsenicosis in South Calcutta. *Bull WHO* 70(4) : 481-485.

22. Osweiler GD, Carson TL, Buck WB, VanGelder GA (1985) : Clinical and Diagnostic Veterinary Toxicology. 3rd Edit., Kendall-Hunt Publishing Comp, USA.

23. Oto G (2001) : Van'ın Muradiye ve Çaldıran İlçelerine Bağlı Köylerinde Mevsimsel Değişimlerin Sularda ve Koyunların Kan Plazmasında Bulunan Fluor Düzeyine Etkisi. YL Tezi, YYÜ Sağıl Bil Enst, Van.

24. Rajakovic LJ, Mitrovicm M (1992) : Arsenic removal from water by chemisorption filters. Environ Pollut 75(3): 279-287.

25. Smith AH, Hopenhayn C, Bates MN, Goeden HM, Hertz-Picciotto I, Duggan HM, Wood R, Kosnett, MJ, Smith MT (1992) : Cancer risks from arsenic in drinking water. Environ Health Perspect 97: 259-267.

26. Smith AH, Smith MM (2004) : Arsenic drinking water regulations in developing countries with extensive exposure. Toxicology 198(1-3): 39-44.

27. Sonal S, Yılmaz O, Ceylan S (1995) : Bursa Yöresi tavuk çiftliklerinin içme sularında arsenikle kirlenme düzeyleri. UÜ Vet Fak Derg 14 (1-2-3):97-102.

28. Tchounwou PB, Patlolla AK, Centeno JA (2003) : Carcinogenic and systemic health effects associated with arsenic exposure : a critical review. Toxicol Pathol 31(6) : 575-588.

29. Tsuji JS, Benson R, Schoof RA, Hook GC (2004) : Health effect levels for risk assessment of childhood exposure to arsenic. Regul Toxicol Pharmacol 39(2): 99-110.

30. Türk Standartları Enstitüsü (1984) : UDK 662. 6:543, Ankara.

31. WHO (1990) : Arsenic. Environmental Health Criteria. 18. World Health Organization, Genova, 1-174.

32. Xia Y, Liu J (2004) : An overview on chronic arsenism via drinking water in PR China. Toxicology 198(1-3): 25-29.

33. Yuan T, Luo QF, Hu JY, Ong SL, Ng WJ, (2003) : A study on arsenic removal from household drinking water, J Environ Sci Health Part A Tox hazard Subst Environ Eng 38(9): 1731-1744.

34. Zhou DX (1993) : Investigation of chronic arsenic poisoning caused by high arsenic coal pollution. Chinese J Prevent Med 27(3): 147-150