

## BURSA YÖRESİNDE İÇME VE KULLANMA SULARINDA ARSENİKLE KİRLENMENİN ARAŞTIRILMASI\*

R. Serdar ERDÖL\*\*

Selahattin CEYLAN\*\*\*

### ÖZET

*Bu çalışmada Bursa şehir merkezi, ilçeler ve çevreleri, kır çeşmeleri, kuyu suları ve sığır çiftliklerinden alınan su numunelerinde spektrofotometrik yöntemle arsenik düzeyleri araştırıldı.*

*Numunelerin % 93,68'inde en düşük 0,051 ppb, en yüksek 21,423 ppb ve ortalama  $3,777 \pm 0,477$  ppb arsenik bulundu. Arsenik rastlantı oranları şehir merkezi numunelerinde % 91,66, ilçeler ve çevrelerinde % 86,95, çiftlik numunelerinde % 94,73, kır çeşmeleri ve kuyu sularında % 100 olarak saptandı.*

*Bulunan arsenik düzeylerinin W.H.O., U.S.E.P.A. ve Türkiye'nin kabul ettiği tolerans limitinden düşük olduğu ve Bursa yöresinde sulardaki arsenik kontaminasyonunun insan ve hayvan sağlığı açısından risk oluşturmayacağı kanısına varıldı.*

*Anahtar Kelimeler: Bursa yöresi, arsenik, su.*

\* Aynı adlı Yüksek Lisans tezinden özetlenmiştir.

\*\* Serbest Eczacı, Serdar Eczanesi, Mudanya, Bursa-Türkiye.

\*\*\* Prof. Dr.; U.Ü. Vet. Fak. Farmakoloji ve Toksikoloji ABD, Bursa-Türkiye.

## SUMMARY

### Determination of Arsenic Contamination in Water Samples Obtained From Bursa Region

*In this work arsenic levels were determined by spectrophotometry in the water samples of Bursa city center, nearby towns and surroundings and cattle farms.*

*In 93,68 % of the samples minimal and maximal arsenic concentrations were 0,051-21,423 ppb respectively and the mean level was  $3,777 \pm 0,477$  ppb. Arsenic residue incidences of the water samples were determined as 96,66 % in Bursa city center, 86,95 % in the nearby towns and surroundings, 94,73 % in the cattle farms and 100 % in countryside (natural spring waters) and wells.*

*Since arsenic concentrations found in all samples were low from the arsenical tolerans levels of W.H.O., U.S.E.P.A. and Turkey, it was concluded that the arsenic contamination of waters in Bursa and its surroundings do not pose any risk for human and animal health.*

*Key words: Bursa region, arsenic, water.*

## GİRİŞ

Dünyada arsenik türevlerinin yıllık üretimi 50000 tondan fazladır. Arsenik bileşiklerinden başlıca boya, deri, kağıt, seramik, cam ve lastik endüstrisinde ve tarım ilacı olarak yararlanılmaktadır<sup>1</sup>. Endüstriyel kirlilik ve tarım zararlılarına karşı uygulamadan dolayı topraktaki arsenik miktarında anormal artışlar olmaktadır. Yer kabuğunda ortalama arsenik düzeyi 0,2-40 ppm arasında iken bakır, arsenik, çinko maden kompleksi işletmeleri çevresindeki arseniğin 117-1396 ppm'e çıkabildiği saptanmıştır<sup>2</sup>. Arseniğin ekosistemlere başlıca yayılma yolu şudur. Nehir ve göl sedimentlerinde arsenik birikimi yaygındır. Yağışlar sonucunda sulardaki arsenik miktarı azalır. Alkaliden aside kayan pH ortamında sedimentlerin arsenik düzeyi azalır, su fazındaki derişiminde artış olur<sup>3</sup>.

Arseniğin su aracılığıyla ekosisteme dağılışı canlılarda birikmesine yol açar. Denizlerdeki arsenik besin zinciriyle sirkülasyonun ilk halkasıdır. Balık organizmasında biyosentez sonucunda arsenobetain ve arsenokolin gibi organik bileşikler oluşur. Suda çözünebilir bu maddeler kimyasal bozulmaya daha dayanıklıdır. Köpek balıklarındaki arseniğin % 98'i suda çözünebilir şekildedir<sup>4</sup>. Deniz algleri, sudaki arsenatı uçucu olmayan metillenmiş arsenik bileşikleri (metilarsonik ve dimetilarsonik asit) haline dönüştürür. Tatlı su algleri ve su bitkileri de aynı şekilde yağda çözünen arsenik bileşiklerini sentezler<sup>5</sup>. Balıklarda 5 ppm ve su yosunlarında 19-172 ppm'e kadar arsenik bulunabilmektedir. Besinlerde doğal olarak iz miktarda bulunabilen arsenik, endüstriyel

faaliyetlerin yoğun olduğu ve arsenikli pestisit uygulamalarının yapıldığı çevrelerde artışlar gösterir. Genel popülasyonda toplam günlük arsenik alımı 0.2 ppm kadardır. Besin maddelerindeki arsenik düzeyi de genel olarak 1 ppm'den düşüktür<sup>6</sup>.

Günlük arsenik alımının 1 mg'dan fazla olduğu yerlerde yaşayan insanlarda periferik vasküler bir hastalık olan "blackfoot" hastalığı (BFD) sıkça görülmektedir<sup>7</sup>. Bu hastalığa endemik olarak rastlanan bölgelerde, örneğin Tayvan'da hastalarda aynı zamanda kanser insidensinde de önemli artışlar saptanmıştır<sup>8</sup>. Sindirim kanalından emilen arseniğin deri, karaciğer ve idrar kesesinde, inhalasyonla alındığında ise akciğerlerde kansere yol açabileceği belirtilmiştir. Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı, inorganik arsenik bileşiklerinin insandan başlıca deri, idrar kesesi ve akciğerler için kanserojen olduğunu bildirmiştir<sup>9</sup>. Arsenikle kirlenmiş içme sularının içilmesinin birçok insanda bu tür kanser olgularına neden olduğu saptanmıştır<sup>10</sup>. Yüksek miktarda (ortalama 412 µg/ml) arsenik içeren içme sularını kullanan insanlarda lenfositlerin replikasyon indekslerinde farklılıklar ve proliferasyon yeteneğinde azalmalar saptanmıştır<sup>11</sup>. Kaliforniya'da ortalama 127 ppb arsenik kirliliği bulunan Westfarmers Göleti'nde yavru avoset (*Recurvirosta americana*) kuşlarında hücresel immun cevabın ve büyümenin baskılandığı ortaya konulmuştur. Başka bir araştırmada<sup>12</sup> yumurtalardaki yüksek arsenik düzeylerinin embriyo deformasyonlarına ve ölümlerine yol açtığı anlaşılmıştır. İçme sularıyla arsenik alımına bağlı olarak kardiovasküler hastalıklardan ölüm oranında artışlar olabildiği sonucuna varılmıştır<sup>13</sup>.

Çevresel arsenik kirliliğinin önemli bir göstergesi olan sulardaki arsenik düzeyinin sürekli izlenmesi insan ve hayvan sağlığının korunması açısından önem taşımaktadır. Bu araştırmada, Bursa yöresinde değişik yerlerden örneklenen içme ve kullanma sularında arsenik düzeylerinin belirlenmesi ve elde edilen verilerin literatür bilgilerin ışığında çevre kirliliği ve sağlık yönünden irdelenmesi amaçlanmıştır.

## MATERYAL ve METOD

Kasım 1994 - Haziran 1995 tarihleri arasında Bursa şehir merkezinden 24, ilçe şebekelerinden 23, kır çeşmelerinden 23, kuyu sularından 6 ve sığır çiftliklerinden 19 olmak üzere toplam 95 su numunesi, kimyasal kirliliklerden temizlenmiş polietilen şişelere, her defasında üç kez numune su ile çalkalandıktan sonra alındı.

Arsenik analizinde George ve arkadaşlarının geliştirdiği spektrofotometrik metod<sup>14</sup> kullanıldı. Bu yöntem, laboratuvar şartlarımızda uygulama kolaylığı ve 1-100 µg arsenik miktarlarını tespit edebildiği için tercih edildi. Metodun temeli, asit ortamda açığa çıkan arsin gazının gümüş dietilditiyokarbamat ile oluşturduğu kırmızı-mor renkli çözeltinin 540 nm'de spektrofotometrede okunmasına dayanmaktadır.

Analizlerde orjinal yöntemde tanımlanan arsin jeneratörü ve LKB Labospec Spektrofotometre kullanıldı.

## BULGULAR

Bursa yöresindeki içme ve kullanma suyu numunelerinde bulunan arsenik düzeyleri Tablo I-V'te görülmektedir. Tablolardaki bulguların değerlendirilmesiyle şu numunelerinin % 93,68'inde ortalama  $3,777 \pm 0,477$  ppb arsenik bulunduğu; minimal ve maksimal arsenik düzeylerinin şehir merkezinde 0.302-9.500 ppb., ilçeler ve çevresinde 0.148 - 16.785 ppb., kır çeşmelerinde 0,051 - 8,928 ppb, sığır çiftliklerinde 0.354 - 21.423 ppb ve kuyu sularında 0.451-20.357 ppb arasında olduğu belirlendi.

Gruplara göre ortalama arsenik düzeyleri ise şehir merkezinde  $3.401 \pm 0.676$  ppb., ilçelerde  $2.705 \pm 0.924$  ppb., kır çeşmelerinde  $2.413 \pm 0.579$  ppb., sığır çiftliklerinde  $5.16 \pm 1.24$ , kuyu sularında  $9.82 \pm 3.10$  ppb olarak hesaplandı. Su numunelerinde arsenik rastlantı oranlarının ilçeler ve çevrelerinde alınan numunelerde % 86.95, şehir merkezinde % 91.66, çiftliklerde % 94.73, kır çeşmeleri ve kuyu sularında ise % 100 düzeyinde olduğu saptandı.

**Tablo: I**  
**Kuyu Sularındaki Arsenik Düzeyleri**

Alındığı Yer	Arsenik Miktarı (ppb)	Alındığı Yer	Arsenik Miktarı (ppb)
Zeytinbağı	0.451	Şehitler Köyü	3.714
Karapınar	7.000	Harmancık	10.950
Görükle	16.428	M. Kemalpaşa	20.357

**Tablo: II**  
**Şehir Merkezinden Alınan Su Numunelerindeki Arsenik Düzeyleri**

Alındığı Yer	Arsenik Miktarı (ppb)	Alındığı Yer	Arsenik Miktarı (ppb)
Karaman Mahallesi	0.302	Ertuğrulgazi Deposu	0.354
D-1/D-2 Depoları	0.354	Gökdere Deposu	0.502
Fidyekızık Deposu	0.948	Akçağlayan Deposu	0.948
Karapınar Deposu	0.948	Demirtaş Şebeke	1.194
Teferrüç Deposu	1.245	İsabey Pompası	1.302
Kuştepe Deposu	2.097	Süleyman Çelebi Dep.	2.500
Cumalıkızık Deposu	2.857	Karaman Deposu	2.928
Hidoprum Şebeke	3.428	Doburca Deposu	5.142
D-11 Deposu	5.571	Alaşar Deposu	6.857
K. Sanayii Şebeke	8.214	Panayırköy Deposu	8.357
Beşevler Şebeke	9.285	Cephanelik Deposu	9.500

**Tablo: III**  
**İlçeler ve Çevrelerinden Sağlanan Su Numunelerindeki Arsenik Düzeyleri**

Alındığı Yer	Arsenik Miktarı (ppb)	Alındığı Yer	Arsenik Miktarı (ppb)
Sinanbey (İnegöl) Şeb.	0.148	Organgazi Şebeke	0.302
Zeytinbağı Şebeke	0.304	İznik Belediye Şebeke	0.348
Gemlik Şebeke	0.400	Elbeyli (İznik) Şebeke	0.497
Tahtalı Köyü Şebeke	0.548	İnegöl Şebeke	0.697
Elbeyli Belediye Şbk.	0.742	Orhaneli Şebeke	1.200
Hotanlı Köyü Şebeke	1.251	İsmetiye Şebeke	1.600
Şehitler Köyü Şebeke	1.897	Armutköy Şebeke	1.897
Çalı Şebeke	2.285	Karacabey Şebeke	2.900
Görülceler Şebeke	3.250	Yeni Karaağaç Şebeke	7.000
Harmancık Şebeke	10.055	Eymir Göleti (İnegöl)	16.785

**Tablo: IV**  
**Sığır Çiftliklerinin Sularındaki Arsenik Düzeyleri**

Alındığı Yer	Arsenik Miktarı (ppb)	Alındığı Yer	Arsenik Miktarı (ppb)
Burger Çiftliği	0.354	Tahtalıköyü Sığır Çift.	0.548
İnegöl Sığır Çiftliği	0.697	Recai Ustacı Sığır Çift.	1.000
Mithat Yurtoğlu Çift.	1.200	Şehitler Köyü Çift. (1)	1.879
Çalı Sığır Çiftliği	2.285	Mustafa Aydın Çiftliği	2.850
Şehitler Köyü Çift. (2)	3.714	Mahmut Karlı Çiftliği	4.001
Ziraat Sığır Çift.	5.142	Kuruş Çeşmesi (Hara)	5.300
C.P. Çiftliği	5.785	Yeni Karaağaç Çiftliği	7.000
Çatal Çeşme (Hara)	7.450	Hüseyin Gaga Çiftliği	11.029
Hara Anadepo (1)	11.150	Hara Anadepo (2)	21.423

**Tablo: V**  
**Kır Çeşmelerinden Alınan Su Numunelerindeki Arsenik Düzeyleri**

Alındığı Yer	Arsenik Miktarı (ppb)	Alındığı Yer	Arsenik Miktarı (ppb)
Yalı Çeşmesi	0.051	Sultan Su Çeşmesi	0.102
Soğuksu Çeşmesi	0.148	Erikli Çeşmesi	0.154
Göynüklü Çeşmesi	0.200	Yaylacık Çeşmesi	0.548
Tahtaköprü Çeşmesi	0.600	Tahtalı Köyü Çeş. (1)	0.697
Zeytinbağı Çeşmesi	1.000	Orhaneli Çeşmesi	1.050
Armutköy Çeşmesi	1.074	Üçbeyli Çeşmesi	1.194
Kayapa Çeşmesi	1.200	Gemlik Çeşmesi	1.394
Tahtalı Köyü Çeş. (2)	2.142	E. Mudanya Yolu Çeş.	2.857
M. Bursaç Çeşmesi	2.928	Uludağ Çeşmesi	3.100
Mudanya Çeşmesi	3.714	Babasultan Çeşmesi	6.285
Beşevler Çeşmesi	7.928	Görükle Köyü Çeşmesi	8.214
Dikkaldırım Çeşmesi	8.928		

## TARTIŞMA ve SONUÇ

Dünya Sağlık Örgütü (WHO), A.B.D. Halk Sağlığı Servisi (U.S. Public Health Service) ve A.B.D. Çevre Koruma Ajansı (U.S.E.P.A.)'nın ilkelerine göre içme ve kullanma sularında 10 µg/L (ppb) arsenik bulunabilir; 50 µg/L (ppb)'den fazla arsenik içeren suların kesinlikle kullanılmaması gerekir. A.B.D.'nde bölgesel olarak 21 eyalet kendine özgü arsenik standartları koymuştur<sup>16,15</sup>. Türkiye'de 28 Temmuz 1970 tarihli Tüzüğün 425. maddesi sulardaki en yüksek arsenik miktarını litrede 0.05 µg (50 ppb) olarak sınırlandırmıştır<sup>16</sup>. T.S.E.'nin Haziran 1984 tarih ve TS 266 No'lu yayınında da içme ve kullanma sularında izin verilen en fazla arsenik düzeyi 50 ppb olarak belirtilmiştir<sup>17</sup>. Araştırmadan elde ettiğimiz bulgulara göre Bursa ve yöresinden alınan su numunelerindeki arsenik düzeyleri W.H.O., U.S.E.P.A. ve Türkiye'de içme ve kullanma suları için kabul edilen arsenik tolerans limitlerinden düşüktür. Ayrıca kuyu sularında saptanan arsenik düzeyleri, şehir merkezi, ilçeler, kır çeşmeleri ve sığır çiftliklerinin su numunelerindeki ortalama miktarlardan yüksek görünmekle birlikte, değişik ülkelerde yapılan araştırmalarda<sup>10,18,19</sup>, kuyu sularında bulunan miktarlardan düşük ve tolerans limitleri içindedir. Kuyu sularında arsenikle kontaminasyonun daha fazla oluşu derinlik, coğrafik yapı, toprak tabakasının arsenik yükü ve kirlenici kaynakların durumuna bağlıdır. Çevresel özellikler ve endüstriyel kirlilik sulardaki arsenik miktarını belirleyen en önemli iki faktördür. A.B.D.'nde Virginia Eyaletinin doğu sahilinde toprak tabakalarındaki arseniğin çevredeki çiftliklerin kuyu sularına difüzyonu sonucunda zehirlenmelere yol açtığı saptanmış, yapılan analizlerde toprakta 5.070 ppm, içme sularında 108 ppm. arsenik bulunduğu anlaşılmıştır<sup>20</sup>. "Blackfoot" hastalığının görüldüğü bölgelerde halkın yararlandığı artezyen kuyularında 100-300 m derinlikte ortalama 0.78 ppm., yüzeysel kuyu sularında 0.04 ppm. arsenik bulunmuştur; en yüksek kirlilik 2.5 ppm olarak saptanmıştır<sup>19</sup>.

Ankara ve yöresinde yapılan bir araştırmada<sup>21</sup> şehir merkezinin musluk suyu numunelerinde 0.014 mg/L, Etimesgut'ta 1 No'lu derekuyu suyunda 0.12 mg/L, ana depo suyunda 0.14 mg/L ve Kazan Köyü ana depoya giriş suyunda 0.20 mg/L arseniğe rastlanmıştır. Bursa D.S.İ. su kalite arşivinden alınan verilere<sup>22</sup> göre Uluabat Gölü'nü besleyen Orhaneli, Emet çayları ve birleşerek oluşturdukları M. Kemalpaşa çayı güzergahında beş ayrı yerden alınan numunelerdeki arsenik düzeyi 0.022 - 0.048 mg/L arasındadır. Bursa ve yöresiyle ilgili olarak arsenikle su kirlenmesi konusunda D.S.İ. Bursa Bölge Müdürlüğü'nden sağlanan sınırlı bilgiler ile SONAL ve arkadaşlarının yaptığı bir araştırma<sup>23</sup> dışında bulgulara rastlanmadığı için sonuçları bu yönüyle karşılaştırma olanağı bulunamamıştır. Bursa yöresindeki tavuk çiftliklerinin içme ve kullanma sularında yapılan bu araştırmada<sup>23</sup> numunelerin % 93'ünde 0.200 - 77.66 ppb arseniğe rastlanmıştır. Macaristan'da yapılan bir araştırmada<sup>24</sup> sığır çiftliklerinin içme sularında 0.1 - 0.18 ppm arsenik bulunmuştur.

Araştırmamızda sığır çiftliklerinin su numunelerinde saptanan arsenik düzeyleri bu miktarların çok altındadır.

İnsan ve evcil hayvanlarda vücutta arseniğe bağlı olarak saptanan kronik toksik etkiler yönünden içme suları önemli rol oynar. A.B.D.'de 350.000'den fazla kişinin 50 µg/L, 2.500.000'den fazla kişinin 25 µg/L arsenik içeren suları kullandığı tahmin edilmektedir. 50 µg/L düzeyinde arsenikli suyun ömür boyu günde bir litre içilmesinden kaynaklanabilecek karaciğer, akciğer ve idrar kesesi kanserinden ölüm riski 1000 kişide 13 olarak hesaplanmıştır<sup>25</sup>. Bu oranın yüksekliği nedeniyle W.H.O. ve U.S.E.P.A.'nın gelecekte içme sularındaki arsenik tolerans düzeyini 5 µg/L'ye düşürmesi olasılığına göre çalışmalar yapılmaktadır<sup>26-29</sup>.

Sonuç olarak, Bursa ve yöresinde içme ve kullanma sularındaki arsenik miktarları doğal arsenik düzeylerinin yansıması gibi görünmektedir. Bursa'da çevresel nedenlere ve faaliyetlere bağlı olarak arsenikle bir kirlenme bulunmadığı söylenebilir. Bu düzeylerdeki arsenik, bugünkü bilimsel verilere göre insan ve hayvan sağlığı açısından risk oluşturabilecek miktarların altındadır. Ancak yurdumuzda çevre kirliliği artışının devam etitği ve arsenikle kontaminasyona neden olan çeşitli faktörler göz önüne alınırsa içme ve kullanma sularındaki arsenik düzeylerinin düzenli olarak izlenmesinin zorunlu olduğu kanısındayız.

## KAYNAKLAR

1. OSWEILER, G.D., CARSON, T.L., BUCK, W.B., VANGELDER, G.A.: Clinical and Diagnostic Veterinary Toxicology. Third Edition, Kendall-Hunt Publishing Company, USA (1985).
2. BARRIGA, F.D., SANTOS, M.A., MEJIA, J.J., BATRES, L., YANEZ, L., CARRIZALE, L., VERA, E., DEL RAZO, L.M., CEBRIAN, M.E.: Arsenic and cadmium exposure in children living near a smelter complex in San Luis, Mexico. Environ. Res., 62 (2), 242-250 (1993).
3. REUTHER, R.: Geochemical mobility of arsenic in a flowthrough water-sediment system. Environ. Technol., 13 (9), 813-823 (1992).
4. HANAOKA, K., KOBAYASHI, H., TAGAWA, S., KAISE, T.: Identification of arsenobetaine as a major water - soluble arsenic compound in the liver of two demersal sharks, shortnose dogfish *Squalus brevirostris* and starspotted shark *Mustelus manazo*. Comp. Biochem. Physiol., 83C, 189-195 (1987).
5. TAMAKI, S., FRANKENBERGER, W.T.: Environmental biochemistry of arsenic. Rev. Environ. Contam. Toxicol., 124, 79-110 (1992).
6. WHO: Arsenic, Environmental Health Criteria. 18 World Health Organization, Genova, 1-174 (1981).

7. CHEN, G.S., ASAI, T., SUZUKI, Y., NISHIOKA, K., NISHIYIMA, S.: A possible pathogenesis for blackfoot disease - Effects trivalent arsenic on cultured human umbilical vein endothelial cells. *J. Dermatol.*, 17 (10), 599-608 (1990).
8. CHIOU, H.Y., HSUEH, Y.M., LIAW, K.F., HORNG, S.F., CHIANG, M.H., PU, Y.S., LIN, J.S., HUANG, C.H., CHEN, C.J.: Incidence of internal cancers and ingested inorganic arsenic: A seven-year follow-up study in Taiwan. *Cancer Res.*, 55 (6), 1296-1300 (1995).
9. FAROON, O.M., WILLIAMS, M., O'CONNER, R.: A review of the carcinogenicity of chemicals most frequently found at National Priorities List sites. *Toxicol. Indus. Health*, 25 (1), 53-60 (1995).
10. CHEN, C.J., CHEN, C.W., WU, M.M., KUO, T.L.: Cancer potential in liver, lung bladder and kidney due to ingested inorganic arsenic in drinking water. *Br. J. Cancer*, 66 (5), 888-892 (1992).
11. GONSEBATT, M.E., VEGA, L., MONTERO, R., GARCIA-VARGAS, G., DEL RAZO, L.M., ALBORES, A., CEBRIAN, M.E., OSTROSKY-WEGMAN, P.: Lymphocyte replicating ability in individuals exposed to arsenic via drinking water. *Mutat. Re.*, 313 (2-3), 293-299 (1994).
12. HOTHEM, R.L., WELSH, D.: Contaminants in eggs of aquatic birds from the grassland of Central California. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 27 (2), 180-188 (1994).
13. ENGEL, R.R., SMITH, A.H.: Arsenic in drinking water and mortality from vascular disease: an ecologic analysis in 30 counties in the United States. *Arch. Environ. Health*, 49 (5), 418-427 (1994).
14. GEORGE, G.M., FRAHAM, L.J., Mc DONNEL, J.P.: Dry ashing method for the determination of total arsenic in animal tissues: Collaborative study. *J. AOAC*, 56(4), 793-797 (1973).
15. STOHRE, G.: Arsenic: Opportunity for risk assesment *Arch. Toxicol.*, 65(7), 525-531 (1991).
16. Gıda Maddelerinin ve Umumi Sağlığı İlgilendiren Eşya ve Levazımın Hususi Vasıflarını Gösteren Tüzüğün Bazı Maddelerinin Değiştirilmesi ve Bu Tüzüğe Bir Madde Eklenmesine Dair Tüzük. Başbakanlık Basımevi, Ankara (1970).
17. Türk Standartları Enstitüsü, UDK 662.6: 543, Ankara, Haziran (1984).
18. CHEN, C.J., WANG, C.J.: Ecological correlation between arsenic levels in well water and age-adjusted mortality from malignant neoplasms. *Cancer Res.*, 50 (17), 5470-5474 (1990).
19. CHEN, C.J., WU, M.M., LEE, S.S., WANG, J.D., CHENG, S.H., WU, H.Y.: Artherogenicity and carcinogenicity of high-arsenic artesian well water. *Arteriosclerosis*, 8 (5), 452-460 (1988).



20. CARL, W., ARMSTRONG, M.D., EUGENE, A., SIUDYLA, M.S., ROBERT, B., STROUBE, M.D., GRAYSON, B., MILLER, M.D., THOMAS, M.D.: Outbreak of fatal arsenic poisoning caused by contaminated drinking water. *Arch. Environ. Health*, 39 (4), 276-279 (1984).
21. GÜRTUNCA, Ş., CEYLAN, S., ŞANLI, Y.: Ankara yöresindeki bazı içme ve kullanma suları örneklerinin arsenik yönünden araştırılması. *A.Ü. Vet. Fak. Derg.*, 22 (1), 84-95 (1973).
22. DSİ, Su Kalite Arşivi, Bursa (1995).
23. SONAL, S., YILMAZ, O., CEYLAN, S.: Bursa yöresi tavuk çiftliklerinin içme sularında arsenikle kirlenme düzeyleri. *U.Ü. Vet. Fak. Derg.* 1-2-3, 14, 97-102 (1985).
24. BOKORI, J., GYORI-DEMENDI, Z.: Content of mineral elements in drinking water in large-scale animal farms and some Hungarian fresh water (rivers). *Magyar Allatovasok Lapja*, 44 (1), 43-49 (1989).
25. SMITH, A.H., HOPENHAYN-RICH, C., BATES, M.N., GOEDEN, H.M., HERTZ-PICCIOTTO, I., DUGGAN, H.M., WOOD, R., KOSNETT, M.J., SMITH, M.T.: Cancer risks from arsenic in drinking water. *Environ. Health Perspect.*, 97, 259-267 (1992).
26. HUYSMANS, K.D., FRANKENBERGER, W.T.: Arsenic resistant microorganisms isolated from agricultural drainage water and evaporation pond sediments. *Water, Air Soil Pollut.*, 53 (1-2), 159-168 (1990).
27. DIAMADOPOULOS, E., IOANNIDIS, S., SAKELLAROPOULOS, G.P.: Arsenic (V) removal from aqueous solutions by fly ash. *Wat. Res.*, 227 (12), 1773-1777 (1993).
28. RAJAKOVIC, L.J., MITROVICM, M.: Arsenic removal from water by chemisorption filters. *Environ. Pollut.*, 75 (3), 279-287 (1992).
29. CLIFFORD, D., LIN, C.C.: Arsenic (III) and arsenic (V) removal from drinking water in San Ysidro, New Mexico. *NTIS; Springfield, VA (USA)*, 119 (1991).