



ARAŞTIRMA MAKALESİ

Bitlis ili içme sularında ağır metal düzeyleri

Tahir Kahraman^{1*}, Süleyman Alemdar², Mustafa Alışarlı³, Sema Ağaoglu²

Özet

Kahraman T, Alemdar S, Alışarlı M, Ağaoglu S. Bitlis ili içme sularında ağır metal düzeyleri. *Eurasian J Vet Sci*, 2012, 28, 3, 164-171

Amaç: Bu çalışma, Bitlis ili içme sularının bazı ağır metal düzeylerini belirlemek amacıyla yapıldı.

Gereç ve Yöntem: Sonbahar ve ilkbahar mevsimlerinde il merkezi ve ilçelerdeki depo ve musluk sularından alınan toplam 164 örnek materyal olarak kullanıldı. Element analizleri (Fe, Mn, Cu, Zn, Cd, Ni, Pb ve Co) alevli atomik absorpsiyon spektrofotometresinde yapıldı.

Bulgular: Analiz sonuçlarına göre ortalama Fe (6.67 µg/L), Mn (3.88 µg/L), Cu (7.52 µg/L), Zn (28.2 µg/L) ve Cd (2.58 µg/L) düzeyleri içme suyu standartlarında bildirilen kriterlere uygun bulundu. Ancak, ortalama Pb (ilkbahar: 68.4 µg/L; sonbahar: 47.0 µg/L) ve Co (ilkbahar: 44.2 µg/L; sonbahar: 11.9 µg/L) düzeyleri her iki mevsimde, Ni düzeyi ise sadece ilkbahar (40.1 µg/L) mevsiminde standart değerlerin üstünde tespit edildi. İncelenen örneklerde Fe, Zn, Cd, Ni, Pb ve Co düzeyleri üzerine mevsimin etkisi istatistiksel olarak önemli bulundu (p<0.05).

Öneri: Bölgenin genel durumu ve araştırma bulguları dikkate alındığında, mevcut su kaynaklarının korunması ve içme suyu başta olmak üzere su kalite analizlerinin rutin olarak yapılması toplum sağlığı açısından önem taşımaktadır.

Abstract

Kahraman T, Alemdar S, Alışarlı M, Ağaoglu S. Heavy metal levels of drinking water in Bitlis province. *Eurasian J Vet Sci*, 2012, 28, 3, 164-171

Aim: This study was conducted to detect some heavy metal levels of drinking water in Bitlis city.

Materials and Methods: A total of 164 water samples, collected from the tank and tap water of Bitlis and its provinces in autumn and spring were used as material. Element analysis (Fe, Mn, Cu, Zn, Cd, Ni, Pb and Co) was performed by flame atomic absorption spectrophotometer.

Results: According to the results, the mean levels of Fe (6.67 µg/L), Mn (3.88 µg/L), Cu (7.52 µg/L), Zn (28.2 µg/L) and Cd (2.58 µg/L) were found to be in conformity with the drinking water standards. However, the mean levels of Pb (spring: 68.4 µg/L; autumn: 47.0 µg/L) and Co (spring: 44.2 µg/L; autumn: 11.9 µg/L) in both seasons, and Ni levels only in spring (40.1 µg/L) were higher than the related regulations. The effects of season on Fe, Zn, Cd, Ni, Pb and Co levels were found statistically significant (p<0.05).

Conclusion: Considering the overall situation of the region and research findings, it is very important to the protection of existing water sources and routinely run water quality analysis, especially in drinking water in terms of public health.

¹Pendik Veteriner Kontrol Enstitüsü, Farmakoloji-Kalıntı İzleme Laboratuvarı, 34890, Pendik, İstanbul, ²Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi, Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı, 65080, Kampüs, Van, ³Ondokuz Mayıs Üniversitesi Veteriner Fakültesi, Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı, Kurupelit Kampüsü, 55200, Samsun, Türkiye

Geliş: 11.05.2012, Kabul: 12.06.2012
*tahirkahraman@hotmail.com

Anahtar kelimeler: Bitlis, içme suyu, ağır metal

Keywords: Bitlis, drinking water, heavy metal

► Giriş

Günümüzde artan nüfus, sanayileşme, ekonomik gelişmeler, şehirlere göç ve dünyamızın en önemli sorunlarından olan küresel ısınmayla birlikte, mevcut su kaynaklarının verimli şekilde kullanımı zorunlu hale gelmiştir. Bunun yanı sıra, gelişen yaşam standartları da suya olan talebi artırmaktadır (Ceylan 2005).

Bir ülkenin su zengini sayılabilmesi için kişi başına yılda 10.000 m³ suya sahip olması gerekmektedir. Türkiye’de ise bu miktar 1.800 m³tür. Ayrıca Dünya Meteoroloji Teşkilatı (WMO)’nın 87 üye ülke arasında yapmış olduğu ankete göre, Türkiye kuraklıktan etkilenen 74 ülke arasındadır (WMO 1992). Türkiye’de, içme ve kullanma suyu ihtiyacı yüzey ve yeraltı su kaynaklarından sağlanmaktadır. Ancak, evsel ve endüstriyel atıkların yeterince arıtılmadan alıcı ortamlara verilmesi ve diğer faktörler bu kaynakların kirlenmesine, doğal niteliklerinin değişmesine neden olmaktadır (Anonim 1995a). Su kirliliği genel olarak organik, inorganik, biyolojik ve termal kirlenme şeklinde sınıflandırılmaktadır (Munsuz ve Ünver 1995). Sularda inorganik kirlenmenin en önemli kaynağını oluşturan metaller, organik kirleticilerden farklı olarak, alıcı ortamlarda değişime uğramadan gittikçe artan miktarlarda birikme özelliğine sahiptir. Metallerin bir bölümü canlılar için toksik özellikte ve kanserojen etkilidir (Egemen ve Sunlu 1999). Ağır metaller, doğal kaynaklardan ya da insan faaliyetlerine bağlı olarak su ortamlarında ve canlılarda önemli sorunlar oluşturmaktadır. Türkiye’de, sanayi bölgeleri ve maden yataklarının bulunduğu kesimlerde, sularda yoğun bir ağır metal kirliliği görülmektedir (Anonim 1995a). Evsel ve endüstriyel atıklar, tarım ilaçları (pestisit), gübreler, radyoaktif kalıntılar, fosil yakıtları, volkanik oluşumlar, madencilik ve maden işleme aktiviteleri gibi antropojenik kaynaklar kirletici özellikteki metallerin çevreye yayılmasında etkili olan unsurlardır (Atay ve Pulatsü 2000, Köleli ve Kantar 2005). Motorlu araç lastiklerinin aşınması ve ısınma amacıyla fosil yakıtların kullanılması da ağır metal kirliliğine neden olmaktadır (Egemen ve Sunlu 1999). Sağlık Bakanlığı’nın 2004 yılı verilerine göre 2000-2004 yılları arasında incelenen içme sularının %20.8-25.6’sı kimyasal yönden standartlara uygun bulunmamıştır (Anonim 2004a). Yapılan çalışmalarda (Kumbur ve Vural 1989, Yücel ve ark 1995, Kayar ve Çelik 2003, Kara ve Çömlekçioğlu 2004, Toroğlu ve ark 2006), bazı akarsularımızda da kirlenme düzeyi ve ağır metal oranları kabul edilebilir sınırların üstünde bulunmuştur. Araştırma sonuçlarına göre bu suların arıtılmadan kullanılmasının halk sağlığı açısından ciddi problemlere neden olabileceği bildirilmektedir.

Bitlis ili Doğu Anadolu Bölgesi’nin Yukarı Fırat ve Yukarı Murat-Van bölümünde yer almaktadır. Yeryüzü şekillerini Van Gölü’nün kuzey ve güneyinde bulunan, genellikle volkanik bir yapı gösteren dağlar ve düzlükler belirlemektedir. Potansiyel su kaynakları yıl- da 2512.3 hm³ hacme sahiptir. Bunun 2507.8 hm³ü

yeraltı suyudur. Doğal göller (191.080 ha), baraj ve rezervuarlar (2.251 ha), gölet ve bentler (82 ha) ve nehirler (368 ha) olmak üzere toplam 193.781 ha yüzey suyu bulunmaktadır (Anonim 2008).

Bu çalışmada, Bitlis ili içme sularının bazı ağır metal kirlilik düzeyleri ve standartlara uygunluğu belirlenerek halk sağlığı açısından değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

► Gereç ve Yöntem

Bitlis ili içme sularından (depo ve musluk) alınan toplam 164 örnek materyal olarak kullanıldı. Su örnekleri, Kasım (2006) ve Mayıs (2007) dönemlerinde il merkezi ve ilçelerden (Adilcevaz, Ahlat, Güroymak, Hizan ve Tatvan) periyodik olarak toplandı. Örneklerde demir (Fe), mangan (Mn), bakır (Cu), çinko (Zn), kadmiyum (Cd), nikel (Ni), kurşun (Pb) ve kobalt (Co) düzeyleri Alevli Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi (Solaar, AA Series Spectrometer, Thermo Electron Corporation, İngiltere) ile belirlendi (Anonim 1995b, Anonim 2000). Bütün metaller için farklı konsantrasyonlarda standart çözeltiler hazırlanarak okumalar yapıldı. Örnekler, analizler sonuçlanıncaya kadar +4 °C’de muhafaza edildi.

Araştırmada elde edilen veriler iki ve üç yönlü varyans analizi ile değerlendirildi. Grup ortalamaları arasındaki farklılığın önemini belirlemek için Duncan testi, kaynaklar arası farklılığı ve mevsimler arası farklılığı belirlemek için ise Student’s t-testi kullanıldı (SAS 1998). İstatistiki açıdan p<0.05 değeri önemli kabul edildi.

► Bulgular

Bitlis ili içme sularında ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde tespit edilen ağır metal düzeyleri Tablo 1’de ve ağır metallerin ortalama düzeyleri Tablo 2’de sunuldu. Demir, çinko, kadmiyum, nikel, kurşun ve kobalt düzeyleri ilkbahar mevsiminde daha yüksek bulundu (Tablo 1 ve Tablo 2). Kurşun ve kobalt düzeyleri ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde, nikel düzeyi ise sadece ilkbahar mevsiminde standart değerlerin üstünde tespit edildi (Tablo 2).

► Tartışma

Ağır metaller, yerkabuğunda doğal olarak bulunan bileşiklerdir. Metallerin bir bölümü organizma için esansiyel olmasına karşın, bir kısım metaller toksik özelliktedir (Egemen ve Sunlu 1999, Atay ve Pulatsü 2000). Esansiyel elementler arasında yer alan demir, hemoglobinin yapısında bulunur ve oksijen taşınmasında rol oynar (Saldamlı ve Sağlam 1998). Sularda az miktarda bulunması sağlık açısından sakınca oluşturmaz. Ancak, fazla miktarları (>0.3 mg/L) renk ve lezzet değişimine, buhar kazanlarında tortu oluşumu ve su dağıtım sisteminde tıkanmalara neden olur. Bu özellikteki sular içme amaçlı ve endüstriyel kullanıma uygun değildir (Demirer 1992). Bu çalışmada, incelenen örneklerde ortalama demir düzeyi 6.67 µg/L

Tablo 1. Bitlis ili içme sularında ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde tespit edilen ağır metal düzeyleri ($X \pm SX$, $\mu\text{g/L}$).

Kaynak	n	Demir	Mangan	Bakır	Çinko	Kadmiyum	Nikel	Kurşun	Kobalt	
İlkbahar	Bitlis	6	15.0±6.90	1.82±1.09	2.30±1.42	4.90±4.05	1.97±0.67	35.8±11.5	54.0±24.0	28.1±7.45
	Musluk	15	22.5±11.8	1.98±0.48	1.25±0.68	38.6±12.1	2.82±0.73	21.5±5.10	47.1±13.7	31.9±5.40
	Adilcevaz	3	BLM	1.60±1.14	0.87±0.87	2.20±2.20	0.83±0.83	2.93±1.54	88.8±23.2	42.4±12.4
	Musluk	9	2.42±1.81	2.07±0.87	2.79±1.60	1.66±1.16	1.27±1.08	34.2±5.52	43.2±15.1	48.3±7.47
	Depo	3	4.23±4.23	2.50±1.29	3.30±1.87	BLM	5.83±2.52	76.9±17.8	69.2±35.4	52.0±14.2
	Musluk	8	4.18±2.43	1.43±0.50	3.76±1.97	53.7±20.5	6.33±1.72	54.8±3.52	47.6±17.7	33.4±9.73
	Depo	4	4.25±2.74	3.80±1.39	0.85±0.85	BLM	5.85±0.14	41.6±10.9	69.6±16.7	34.8±12.4
	Musluk	6	13.9±6.70	8.03±5.52	9.20±2.81	156±145	4.38±1.60	30.7±5.03	161±118	52.5±4.28
	Hizan	3	17.9±17.9	1.37±0.55	BLM	0.07±0.07	2.63±1.41	75.2±18.1	80.6±13.5	56.4±8.88
	Musluk	5	10.4±10.4	1.20±0.68	5.64±1.88	41.8±21.3	5.70±1.92	60.5±4.72	34.6±10.6	50.1±7.96
	Depo	6	17.6±10.8	4.47±1.69	7.96±2.91	BLM	8.05±2.37	43.4±5.57	69.6±14.1	65.9±14.2
	Musluk	14	3.18±1.41	3.10±1.48	9.09±1.38	12.2±7.93	6.43±0.99	44.5±8.78	89.6±10.1	51.4±5.85
	Toplam	82	10.4±2.64	2.76±0.53	4.41±0.60	29.0±11.2	4.40±0.45	40.1±2.91	68.4±9.78	44.2±2.63
	Sonbahar	Bitlis	7	8.29±7.19	1.14±0.55	5.79±1.79	4.04±1.44	0.41±0.33	1.91±1.65	18.0±5.16
Musluk		14	4.50±2.59	1.01±0.42	5.77±2.08	53.7±28.3	0.76±0.44	1.91±1.04	17.5±4.93	3.38±1.63
Adilcevaz		4	7.88±6.55	0.75±0.75	5.73±2.18	2.08±0.86	BLM	BLM	34.7±13.8	2.33±2.33
Musluk		8	BLM	2.08±0.84	12.5±4.73	2.38±1.23	BLM	9.37±3.63	50.6±8.89	5.80±4.96
Ahlat		3	BLM	2.03±1.84	26.7±5.59	2.00±0.80	0.87±0.32	8.73±8.73	66.5±5.91	28.0±12.8
Musluk		8	5.43±2.27	4.89±1.36	11.4±3.13	58.5±23.0	0.50±0.50	10.5±5.26	50.2±8.54	21.2±6.39
Depo		4	2.53±1.84	5.35±2.05	9.90±4.25	0.05±0.05	0.55±0.55	22.5±9.51	57.1±5.66	16.2±4.45
Musluk		6	3.38±2.16	9.08±3.14	13.4±3.35	87.3±66.0	0.50±0.50	14.1±11.6	52.7±7.71	17.7±8.63
Hizan		3	BLM	5.10±1.85	10.2±5.02	2.90±2.15	0.03±0.03	17.3±8.86	36.1±4.30	BLM
Musluk		5	2.54±2.54	3.70±1.55	13.0±6.72	22.0±12.5	1.08±0.98	7.52±6.37	54.2±7.48	11.4±6.11
Depo		5	0.40±0.40	13.6±2.62	13.6±7.88	0.48±0.48	2.82±1.83	39.8±12.6	77.3±10.1	13.7±4.99
Musluk		15	BLM	9.69±1.17	11.6±2.75	20.9±11.7	0.99±0.54	18.3±5.50	68.5±5.78	17.6±4.30
Toplam		82	2.94±0.88	5.00±0.60	10.6±1.15	27.3±7.77	0.73±0.19	11.7±2.02	47.0±3.05	11.9±1.67
G. Toplam		164	6.67±1.41	3.88±0.41	7.52±0.69	28.2±6.83	2.58±0.28	26.0±2.08	57.7±5.18	28.0±2.00

BLM; belirlenemedi.

olarak tespit edildi (Tablo 2). Mevsimsel değişim incelendiğinde ortalama değerler ilkbahar mevsiminde 10.4 µg/L, sonbahar mevsiminde ise 2.94 µg/L olarak saptandı (Tablo 1). Örneklerde en yüksek demir düzeyi merkezdeki musluk sularında (22.5 µg/L, ilkbahar), en düşük değer Tatvan ilçesindeki depo sularında (0.40 µg/L, sonbahar) belirlendi. Mevsimin demir üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli ($p < 0.05$) bulundu (Tablo 1 ve 2). Alemdar ve ark (2007) Van ili merkez ve ilçelerdeki depo, musluk, kaynak/çeşme ve kuyu sularında demir düzeyini sırasıyla 0.06-0.11, 0.12-0.19, 0.12-0.14 ve 0.06-0.16 mg/L olarak tespit etmişlerdir. Ekin ve Bildik (1997) Van ve çevresi içme sularında demir düzeyini 0.01-3.00 mg/L, Tekin ve Aydın (1998) Zonguldak ve Bartın yöresi içme sularında 0-0.17 mg/L olarak belirlemişlerdir. Ayrıca demir düzeyi akarsularda 0-18.29 mg/L (Kumbur ve Vural 1989, Taş 2006, Güneş ve Ünver 2008), göl sularında 0.2-1.24 mg/L (Monsour ve Sidky 2002, Kır ve ark 2007) ve tuzlu sularda 0.014-2.55 mg/L (Kılıç 2003, Kimiran ve ark 2004) arasında değiştiği bildirilmiştir. Bitlis ili içme sularında belirlenen ortalama demir düzeyi bu araştırma sonuçlarından içme suları ile ilgili değerlerden farklı bulunmuştur. Ulusal ve uluslararası standartlarda, içme sularında demir düzeyinin en fazla 0.2 mg/L (EC 1998, Anonim 2005, Anonim 2006) ve 0.3 mg/L (EPA 2003) olması istenmektedir. İncelenen örnekler, demir yönünden standartlara uygunluk göstermiştir.

İz elementlerden mangan, organizmada enzim aktivasyonunda rol oynar (Tayar ve Korkmaz 2007). Jeolojik oluşumlar ya da mangan içeren gübrelerden yeraltı sularına karışabilir. İçme sularında fazla miktarda (> 0.1 mg/L) bulunması lezzet bozukluğuna yol açar (Demirer 1992). İncelenen örneklerde ortalama mangan düzeyi 3.88 µg/L olarak belirlendi. Mevsimin mangan üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli ($p < 0.05$) bulundu (Tablo 1 ve 2). Mangan düzeyi içme sularında 0.01-0.47 mg/L (Alaş ve Çil 2002, Alemdar ve ark 2007), akarsularda 0-3.57 mg/L (Kumbur ve Vural 1989, Güneş ve Ünver 2008), göl sularında 0-0.78 mg/L (Monsour ve Sidky 2002, Kır ve ark 2007) ve tuzlu sularda 0.15-0.17 mg/L (Kılıç 2003) arasında tespit edilmiştir. Bitlis ili içme sularında tespit edilen mangan düzeyi bu araştırmacıların içme sularında bildirdikleri değerlerden daha düşük bulunmuştur. İçme suyu standartlarında mangan için limit değer 0.05 mg/L (EC 1998, EPA 2003, Anonim 2005, Anonim 2006) ve 0.4 mg/L (WHO 2006a) olarak bildirilmiştir. Örneklerde tespit edilen mangan düzeyi bu standartlara uygunluk göstermiştir.

Esansiyel element olan bakır, organizmada demirin kullanımında ve enzim aktivatörü olarak rol oynar (Baysal 1999). Çeşitli endüstri dalları, insan ve hayvan hekimliği, göl ve rezervuarlarda alglerin kontrolü ve tarım ilaçlarında yaygın olarak kullanılır (Şanlı 1995). Doğal sularda ender rastlanan bir elementtir. Bakır içerikli boruların korozyonuyla içme sularına

karışabilir. Fazla miktarları (> 1 mg/L) metalik lezzete neden olur (Demirer 1992). İncelenen örneklerde ortalama bakır düzeyi 7.52 µg/L olarak tespit edildi (Tablo 2). İlkbahar ve sonbahar mevsimi ortalama bakır düzeyleri sırasıyla 4.41 ve 10.6 µg/L olarak saptanmıştır. Bakır yönünden en yüksek değer 26.7 µg/L ile Ahlat ilçesindeki depo sularında (sonbahar) belirlendi. Adilcevaz ve Güroymak ilçelerindeki depo sularında (ilkbahar) bakır düzeyi düşük bulundu. İlkbahar mevsiminde Hizan ilçesindeki depo sularında bakır tespit edilemedi (Tablo 1). Mevsim ve yerleşim yerlerinin bakır üzerine etkisi önemli ($p < 0.05$) bulundu (Tablo 2). Bakır düzeyi farklı su kaynaklarından akarsularda 0-3.75 mg/L (Kumbur ve Vural 1989, Kayar ve Çelik 2003, Bulut ve Tüfekçi 2005), göl sularında 0-0.043 mg/L (Monsour ve Sidky 2002, Kır ve ark 2007) ve tuzlu sularda 0.11-0.20 mg/L (Kılıç 2003) arasında saptanmıştır. Ancak Bitlis ili içme sularında belirlenen ortalama bakır düzeyleri Ekin ve Bildik (1997)'in Van ve çevresi içme sularında (0.005-0.035 mg/L), Alemdar ve ark (2007)'nin Van ili içme suyu kaynaklarında tespit ettikleri değerlerden (0.05-0.07 mg/L) düşük bulunmuştur. Ulusal ve uluslararası standartlarda içme sularında bakır için limit değer 1.0 mg/L (EPA 2003) ve 2.0 mg/L (EC 1998, Anonim 2005, Anonim 2006, WHO 2006a) olarak bildirilmiştir. İncelenen örnekler bakır yönünden standartlara uygunluk göstermiştir.

Esansiyel elementlerden çinko, organizmada hücre çoğalması, bağışıklık sistemi, enzim aktivitesi ve yara iyileşmesinde rol oynar (Tayar ve Korkmaz 2007). Galvanize kaplar çinko bulaşışında etkilidir. Endüstri atıkları ve su borularının korozyonuyla içme sularına karışabilir (Demirer 1992). Fazla çinko alımı zehirlenmelere neden olur. Ancak bu durum sık rastlanan bir olgu değildir (Saldamlı ve Sağlam 1998). İncelenen içme sularında ortalama çinko düzeyi 28.2 µg/L olarak belirlendi (Tablo 2). Genel ortalama değerler ilkbahar mevsiminde 29.0 µg/L, sonbahar mevsiminde ise 27.3 µg/L olarak saptandı. En yüksek çinko düzeyi 156 µg/L ile Güroymak ilçesindeki musluk sularında (ilkbahar) tespit edildi (Tablo 1). Ahlat, Güroymak ve Tatvan ilçelerindeki depo sularında ilkbahar mevsimi çinko düzeyleri saptama sınırı altında belirlendi (Tablo 1). Mevsimin çinko düzeyi üzerine etkisi önemsiz ($p > 0.05$), ancak kaynaklar (depo, musluk) arasındaki fark istatistiksel olarak önemli ($p < 0.05$) bulundu. Depo sularında 1.77 µg/L, musluk sularında ise 40.1 µg/L çinko tespit edildi (Tablo 2). Musluk sularındaki bu artışa muhtemelen su borularının korozyonu sebep olmuş olabilir. Çinko düzeyi akarsularda 0-4.51 mg/L (Kumbur ve Vural 1989, Çelebi ve ark 1997, Toroğlu ve ark 2006), göl sularında 0-0.27 mg/L (Monsour ve Sidky 2002, Kır ve ark 2007), tuzlu sularda 0.02-0.1 mg/L (Kılıç 2003, Kimiran ve ark 2004) ve içme sularında ise 0.005-0.14 mg/L (Ekin ve Bildik 1997, Alemdar ve ark 2007) arasında bildirilmiştir. Bitlis ili içme sularında tespit edilen ortalama çinko düzeyi bu araştırmacıların içme sularında tespit ettik-

leri değerlerden daha düşük bulunmuştur. Standart (EPA 2003)'ta, içme sularında çinko için limit değer 5.0 mg/L olarak belirtilmiştir. İncelenen örnekler çinko yönünden standarda uygunluk göstermiştir.

Organizma için toksik olan kadmiyum, doğada serbest şekilde ya da bazı maden filizleriyle (Zn, Ni, Ag, Pb vs) birlikte bulunur. Plastik üretimi, otomobil yağı, pil, boya, kauçuk sanayi, galvanizleme ve lak yapımında yaygın olarak kullanılır (Şanlı 1995). Endüstri atıkları, yağmur ve sel suları, çinko galvanize boruların korozyonu ya da atmosferden presipitasyonla su ortamına karışır. Doğal sularda dip tortusunda ve asılı partiküller olarak bulunur (Egemen ve Sunlu 1999). Karaciğer ve böbrek başta olmak üzere dokularda birikme özelliğinde ve kanserojen etkilidir (Saldamlı ve Sağlam 1998, Tayar ve Korkmaz 2007). Bu çalışmada örneklerde ortalama kadmiyum düzeyi 2.58 µg/L olarak belirlendi (Tablo 2). İlkbahar ve sonbahar mevsimi ortalama değerleri sırasıyla 4.40 ve 0.73 µg/L olarak saptandı. Kadmiyum yönünden en yüksek değerler Tatvan ilçesindeki depo (8.05 µg/L) ve musluk (6.43 µg/L) sularında (ilkbahar) belirlendi, en düşük kadmiyum değeri sonbahar mevsiminde Hizan ilçesindeki depo sularında (0.03 µg/L) tespit edildi. Adilcevaz ilçesinden alınan örneklerde (depo, musluk) sonbahar mevsimi kadmiyum düzeyi saptama sınırı altında bulundu (Tablo 1). Bu çalışmada, mevsim ve yerleşim yerlerinin kadmiyum üzerine etkisi önemli ($p<0.05$) olmuştur (Tablo 2). Kadmiyum düzeyi akarsularda 0.3-1.340 µg/L (Kumbur ve Vural 1989, Bakaç ve Kumru 2000, Kayar ve Çelik 2003, Güneş ve Ünver 2008), göl sularında 0-0.202 mg/L (Monsour ve Sidky 2002, Kır ve ark 2007) ve tuzlu sularda 0.2-0.5 µg/L (Kimiran ve ark 2004) arasında tespit edilmiştir. Alemdar ve ark (2007) Van ili depo, musluk, kaynak/çeşme ve kuyu sularında ortalama kadmiyum düzeylerini sırasıyla 0.08, 0.07, 0.08 ve 0.09 mg/L olarak saptamışlardır. İncelenen içme sularında belirlenen değerler yukarıdaki çalışma sonuçlarından daha düşük bulundu. Ulusal ve uluslararası standartlarda içme sularında kadmiyum düzeyi 0.003 mg/L (WHO 2006a) ve 0.005 mg/L (EC 1998, Anonim 2005, Anonim 2006) olarak bildirilmiştir. Bitlis ili içme sularında belirlenen kadmiyum düzeyleri standartlara uygunluk göstermiştir.

İz elementlerden nikel, doğal çevrede az miktarlarda bulunur. Organizmada enzim aktivatörü olarak rol oynar (Baysal 1999). Elektrik kaplama, paslanmaz çelik ve diğer metal ürünlerinin yapımında yaygın olarak kullanılır. Su dağıtım sistemindeki borulardan içme sularına karışabilir (Demirer 1992). Fazla miktarda alımı astım, kronik bronşit, solunum yetersizliği, zatürre, kalp rahatsızlıkları, doğum anomalileri ve alerjik deri reaksiyonlarına neden olur. Nikel ve bazı bileşenlerinin kanserojen etkisinin olduğu bildirilmiştir (Saldamlı ve Sağlam 1998, Anonim 2009). İncelenen içme sularında ortalama nikel düzeyi 26.0 µg/L olarak saptandı. Ortalama değerler ilkbahar ve sonba-

har mevsimlerinde sırasıyla 40.1 ve 11.7 µg/L olarak belirlendi (Tablo 1 ve 2). Nikel yönünden en yüksek değer Ahlat (76.9 µg/L) ve Hizan (75.2 µg/L) ilçesindeki depo sularında (ilkbahar) tespit edildi. Adilcevaz ilçesinden alınan depo sularında nikel düzeyi (sonbahar) saptama sınırı altında belirlendi (Tablo 1). Mevsim ve yerleşim yerlerinin nikel üzerine etkisi önemli ($p<0.05$) bulundu (Tablo 2). Nikel düzeyi akarsularda 0.05-4.16 ppm (Tekin ve Aydın 1998) ve göl sularında 0-0.355 ppm (Monsour ve Sidky 2002, Kır ve ark 2007) arasında tespit edilmiştir. Bu çalışmada, incelenen örneklerde tespit edilen nikel düzeyleri, Van ili merkez ve ilçelerdeki depo (0.01-0.04 mg/L), musluk (0.03-0.04 mg/L), kaynak/çeşme (0.04 mg/L) ve kuyu sularında (0.04 mg/L) belirlenen değerlerle (Alemdar ve ark 2007) benzerlik göstermiştir. Standartlarda, içme sularına ait nikel limit değeri 0.02 mg/L (EC 1998, Anonim 2005, Anonim 2006) ve 0.07 mg/L (WHO 2006a) olarak bildirilmiştir. İncelenen örnekler nikel yönünden içme suyu standartlarına genelde uygunluk göstermiş, ancak sadece ilkbahar döneminde (40.1 µg/L) standart değerlerin üstünde bulunmuştur (Tablo 2).

Toksik elementlerden kurşun, doğal çevrede kurşun sülfür (PbS) şeklinde ya da Ag, Cu, Zn, Sb ve Fe metalleriyle birleşmiş halde bulunur. Metal ürünleri, boya, boru, pil, seramik, porselen, kauçuk, ambalaj materyali ve oyuncak yapımında, otomobil benzini, tarım ilaçları, insan ve hayvan hekimliğinde yaygın olarak kullanılır. Otomobil egzoz gazları önemli bir kontaminasyon kaynağıdır. Kurşun bileşiklerinden zengin topraklarda yetişen bitkilerde ve bu bölgelerden geçen akarsularda kurşun düzeyi yüksektir (Şanlı 1995, Anonim 2009). Endüstriyel atıklar, topraktan yıkanma ya da kurşun boruların korozyonuyla içme sularına karışabilir. Asit reaksiyonlu sularda bu olasılık daha yüksektir (Demirer 1992). Organizmaya alınan kurşunun önemli bir kısmı (%94) kemiklerde depolanır. Kurşunla yoğun teması olan meslek grupları ve bebekler toksisiteye daha duyarlıdır. Yüksek miktarda kurşun alımı böbrek, sinir ve beyin hasarı ile kemik tümörleri, anemi, kan basıncında artış ve çocuklarda kalıcı mental bozukluklara neden olur (Anonim 2009). Analizi yapılan örneklerde ortalama kurşun düzeyi 57.7 µg/L olarak saptandı (Tablo 2). Ortalama değerler ilkbahar mevsiminde daha yüksek (68.4 µg/L) bulundu. En yüksek kurşun düzeyi 161 µg/L ile Güroymak ilçesindeki musluk sularında (ilkbahar), en düşük değer merkezden alınan depo (18.0 µg/L) ve musluk (17.5 µg/L) sularında (sonbahar) belirlendi (Tablo 1). Kurşun düzeyi üzerine mevsimin etkisi önemli ($p<0.05$) bulundu. Mevsimler arası farkın da istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$) olduğu belirlendi (Tablo 2). Kurşun düzeyi içme sularında 0-0.37 mg/L (Ekin ve Bildik 1997, Tekin ve Aydın 1998), göl sularında 0-0.053 ppm (Monsour ve Sidky 2002, Kır ve ark 2007), tuzlu sularda 0.003-0.67 ppm (Kılıç 2003, Kimiran ve ark 2004) ve akarsularda 0.01-4.75 mg/L (Kumbur ve Vural 1989, Bakaç ve Kumru 2000, To-

Tablo 2. Bitlis ili içme sularında tespit edilen ağır metallerin ortalama düzeyleri ($\bar{X} \pm SX$, $\mu\text{g/L}$).

Kaynak	Mevsim	Demir	Mangan	Bakır	Çinko	Kadmiyum	Nikel	Kurşun	Kobalt
Depo	İlkbahar	11.2±3.72	2.77±0.58	3.10±0.96	1.45±1.02	4.52±0.82	44.4±6.05	69.4±8.32	46.2±5.40
	Sonbahar	3.91±2.18	4.68±1.12	10.7±2.14	2.07±0.54	0.84±0.39	14.7±4.11	45.7±5.42	11.1±2.73
Musluk	İlkbahar	10.1±3.45	2.76±0.72	4.99±0.74	41.1±16.0	4.39±0.54	38.3±3.24	67.9±13.6	43.3±2.97
	Sonbahar	2.49±0.81	5.15±0.70	10.6±1.38	39.0±11.0	0.68±0.22	10.5±2.27	47.6±3.72	12.3±2.11
Toplam depo		7.47±2.17	3.74±0.64	6.98±1.29	1.77±0.57 ^b	2.64±0.52	29.2±4.16	57.3±5.16	28.3±3.86
Toplam musluk		6.31±1.81	3.94±0.51	7.76±0.82	40.1±9.71 ^a	2.55±0.34	24.5±2.37	57.9±7.16	27.9±2.33
İlkbahar (depo+musluk)		10.4±2.64 ^a	2.76±0.53 ^b	4.41±0.60 ^b	29.0±11.2	4.40±0.45 ^a	40.1±2.91 ^a	68.4±9.78 ^a	44.2±2.63 ^a
Sonbahar (depo+musluk)		2.94±0.88 ^b	5.00±0.60 ^a	10.6±1.15 ^a	27.3±7.77	0.73±0.19 ^b	11.7±2.02 ^b	47.0±3.05 ^b	11.9±1.67 ^b
Genel toplam		6.67±1.42	3.88±0.40	7.52±0.69	28.2±6.83	2.58±0.28	26.0±2.08	57.7±5.18	28.0±2.00

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen fark istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0.05$).

roğlu ve ark 2006) arasında bildirilmiştir. Ulusal ve uluslararası standartlarda içme sularında kurşun limit değeri 0.01 mg/L (EC 1998, Anonim 2005, WHO 2006a) ve 0.02 mg/L (Anonim 2006) olarak belirlenmiştir. Yapılan çalışmada, örneklerde belirlenen kurşun düzeyleri standartlara uygunluk göstermemiştir. Ortalama kurşun düzeyi, her iki mevsimde de standart değerlerin üstünde bulunmuştur (Tablo 2). İncelenen depo ve musluk sularında kurşun düzeyinin yüksek olması halk sağlığı açısından önemli bir bulgudur. İçme sularında kurşun düzeyi arttıkça guatrli hasta sayısının da arttığı bildirilmiştir (Tekin ve Aydın 1998). Örneklerin çoğunda nikel düzeyi de yüksek bulunmuştur. Bölgede üretimi yapılabilecek maden türlerinin sınırlı olması ve aktif sanayi kuruluşlarının olmaması, bu durumun su dağıtım sistemindeki borulardan kaynaklanabileceğini düşündürmektedir.

İz elementlerden kobalt, B12 vitamininin yapısında bulunur. Organizmada, demirin kullanımı ve tiroid hormonlarının sentezinde rol oynar. Endüstriyel atıklarla su ortamına karışır. Fazla kobalt alımı toksisiteye neden olur (Demirer 1992, Baysal 1999). Tarım ve madencilik alanlarında birkaç yüz mg/L düzeyine kadar ulaşabilmektedir. İnsanlar için en önemli maruz kalma kaynağı gıdalardır. Bu yolla 5-40 $\mu\text{g/gün}$ düzeyinde bir alımın olduğu tahmin edilmektedir (WHO 2006b). İncelenen örneklerde ortalama kobalt düzeyi 28.0 $\mu\text{g/L}$ olarak belirlendi. Mevsimsel ortalamalar 44.2 (ilkbahar) ve 11.9 $\mu\text{g/L}$ (sonbahar) olarak saptandı (Tablo 1 ve 2). Kobalt yönünden en yüksek değer (65.9 $\mu\text{g/L}$) ilkbahar mevsiminde Tatvan ilçesindeki depo sularında, en düşük kobalt düzeyi sonbahar mevsiminde Adilcevaz ilçesi depo suları (2.33 $\mu\text{g/L}$) ile merkezdeki musluk sularında (3.38 $\mu\text{g/L}$) tespit edildi. Hizan ilçesindeki depo sularında (sonbahar) kobalt düzeyi saptama sınırı altında belirlendi (Tablo 1). İncelenen örneklerde, mevsim ve yerleşim yerlerinin kobalt üzerine etkisi önemli ($p < 0.05$) bulundu (Tablo 2). Alemdar ve ark (2007), Van ili depo, musluk, kaynak/çeşme ve kuyu sularında ortalama kobalt değerlerini sırasıyla 0.05, 0.12, 0.08 ve 0.10 mg/L olarak belirlemişlerdir. ABD'nin 35 farklı coğrafi bölgedeki ev musluklarından alınan örneklerde kobalt

konsantrasyonu 2.6-107 $\mu\text{g/L}$ arasında tespit edilmiştir (Greathouse ve Craun 1978). Ayrıca kobalt düzeyi göl sularında ortalama 0.018 ppm (Monsour ve Sidky 2002), deniz sularında 0.0004-0.002 ppm arasında (Kimiran ve ark 2004) ve akarsularda ise ortalama 0.1 ppm (Güneş ve Ünver 2008) olarak bildirilmiştir. İçme sularında kobalt konsantrasyonu genelde 0.1-5 $\mu\text{g/L}$ arasında değişkenlik gösterir (WHO 2006b). Bu çalışmada, tespit edilen ortalama kobalt değeri Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (Anonim 2004b)'ne göre kirli sular sınıfına girmektedir. Sonuçlar arasındaki farklılık toprağın kimyasal yapısı, mevsim, yağmur çeşidi ve miktarı, değişen basınç ve sıcaklık şartları, analiz yöntem ve süresi ile deneysel hata oranı gibi çeşitli faktörlerden kaynaklandığı düşünülmektedir.

İlçe ortalamaları dikkate alındığında Ahlat ve Tatvan ilçelerindeki depo ve musluk suları, Güroymak ilçesindeki depo suları ve Hizan ilçesindeki musluk sularında (ilkbahar) Cd; merkezdeki musluk suları ile Adilcevaz ilçesindeki depo suları dışında tüm örneklerde (ilkbahar) ve Tatvan ilçesindeki depo sularında (sonbahar) Ni; örneklerin tamamında (2 mevsim) ise ortalama Pb düzeyleri içme suyu standartlarına uygun bulunmadı. Ayrıca, Ahlat ve Hizan ilçelerindeki depo sularında (ilkbahar) Ni; Ahlat, Güroymak ve Tatvan ilçelerindeki depo ve musluk suları ile Hizan ilçesindeki musluk sularında (ilkbahar) Cd; örneklerin tamamında (2 mevsim) ortalama Pb düzeyleri Dünya Sağlık Örgütü'nün kriterlerine uygunluk göstermedi. İncelenen örneklerde Fe, Zn, Cd, Ni, Pb ve Co ortalama değerleri ilkbahar mevsiminde, Mn ve Cu ise sonbahar mevsiminde daha yüksek bulundu. Mevsim ve yerleşim yerlerindeki farklılık sulardaki ağır metal düzeyleri üzerine genelde etkili olmuştur. Çalışmada, mevsimler arasındaki fark Zn değeri hariç istatistiksel olarak önemli ($p < 0.05$), kaynaklar (depo-musluk) arasındaki fark ise yalnız Zn değerinde anlamlı bulundu.

► Öneriler

Tüketiciye ulaştırılan suyun kalitesi; su kaynağının kalitesine, arıtmadan dağıtıma kadar olan her aşamaya gereken hassasiyetin gösterilmesinin yanı sıra

İçme suyu standartlarının dikkate alınarak uygun su kalitesinin sağlanmasına bağlıdır. Bölgenin genel durumu ve araştırma bulguları dikkate alındığında, mevcut su kaynaklarının korunması ve içme suyu başta olmak üzere su kalite analizlerinin rutin olarak yapılması toplum sağlığı açısından önem taşımaktadır. Ayrıca çevre bilincinin oluşturulması, arıtma tesisi ve bu tesislerin ciddi bir şekilde denetlenmesi, gereksiz gübre ve tarım ilaçlarından sakınma gibi önlemler gerekmektedir.

► Teşekkür

Bu çalışmaya maddi destek sağlayan YYÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı'na teşekkür ederiz (Proje No: 2006-MYO-B032). Çalışmanın özeti, V. Ulusal Veteriner Biyokimya ve Klinik Biyokimya Kongresi'nde poster sunusu yapıldı.

► Kaynaklar

- Alaş A, Çil OHŞ, 2002. Aksaray iline içme suyu sağlayan bazı kaynaklarda su kalite parametrelerinin incelenmesi. *Ekoloji*, 11, 40-44.
- Alemdar S, Ağaoğlu S, Alişarlı M, Dede S, 2007. Van bölgesi su kaynaklarında ağır metal kirlilik düzeyleri. *Eurasian J Vet Sci*, 23,19-29.
- Anonim 1995a. Türkiye'nin Çevre Sorunları'95. Türkiye Çevre Vakfı Yayını, Önder Matbaası, Ankara.
- Anonim 1995b. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 19th edition, American Public Health Association, APHA AWWAQWEF, Washington.
- Anonim 2000. Official Methods of Analysis of AOAC International. Ed; Horwitz W, 17th edition, AOAC International, Gaithersburg, MD, USA.
- Anonim 2004a. Araştırma, Planlama ve Koordinasyon Kurulu Başkanlığı Sağlık İstatistikleri. Sağlık Bakanlığı, Ankara.
- Anonim 2004b. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği. TC Çevre ve Orman Bakanlığı, Resmi Gazete, Tarih: 31.12.2004, Sayı: 25687, Ankara.
- Anonim 2005. Sular-İnsani Tüketim Amaçlı Sular. TS 266/ Nisan 2005, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim 2006. İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik. TC Sağlık Bakanlığı, Resmi Gazete, Tarih: 15.09.2006, Sayı: 26290, Ankara.
- Anonim 2008. Bitlis İli Tarım Master Planı. http://sgb.tarim.gov.tr/Proje_Yonetimi/Master_planlari/master_planlari.htm, Erişim Tarihi: 06.05.2008.
- Anonim 2009. Ağır Metaller. <http://www.food-info.net/tr/metal/intro.htm>, Erişim Tarihi: 16.04.2009.
- Atay D, Pulatsü S, 2000. Su Kirlenmesi ve Kontrolü. Ankara Üniv Zir Fak, Su Ürünleri Yayın No. 1513, Ankara.
- Bakaç M, Kumru MN, 2000. Menemen (İzmir) ovası su ve topraklarında radyoaktivite araştırması ve ağır metal kirliliği. *Ekoloji*, 9, 26-30.
- Baysal A, 1999. Beslenme. 8. Baskı, Hatiboğlu Yayınevi, Ankara.
- Bulut VN, Tüfekçi M, 2005. Trabzon (Maçka) Kalyan akarsuyunun su kalitesinin incelenmesi, in: Ulusal Su Günleri Sempozyumu, 28-30 Eylül 2005, Trabzon, s: 377-384.
- Ceylan A, 2005. İklim etkisi ve su kaynaklarından verim-

li yararlanma yöntemleri, in: 22 Mart Dünya Su Günü Paneli-İklim Değişikliğinin Su ve Enerji Kaynaklarımıza Etkisi, Ed; Şen Z, Su Vakfı, İstanbul, s: 84-94.

- Çelebi H, Utlu F, Peker İ, 1997. Murat nehrinin hidrojeokimyasal özellikleri. *Ekoloji*, 28, 14-20.
- Demirer MA, 1992. Su Hijyeni. Ankara Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Besin Hijyeni ve Teknolojisi AD, Ankara.
- EC (European Communities) 1998. Directive on the Quality of Water Intended for Human Consumption (98/83/EC), EEC Directive, Official Journal of European Communities, No. L330/32 (November 1998) Commission of the European Communities, Brussels.
- Egemen Ö, Sunlu U, 1999. Su Kalitesi. Ege Üniv Su Ürünleri Fak, Yayın No. 14, İzmir.
- Ekin S, Bildik A, 1997. Van merkez ve çevresindeki sularda bazı ağır metal düzeylerinin araştırılması. *Yüzüncü Yıl Üniv Sağ Bil Derg*, 3, 58-63.
- EPA (Environmental Protection Agency) 2003. National Primary Drinking Water Standards. EPA 816-F-03-016, Washington, USA.
- Greathouse DG, Craun GF, 1978. Cardiovascular disease study - occurrence of inorganics in household tap water and relationships to cardiovascular mortality rates, in: Proceedings of the 12th Annual Conference on Trace Substances in Environmental Health, Ed; Hemphill DD, MO, University of Missouri, Columbia, pp: 31-39.
- Güneş K, Ünver İ, 2008. Quality parameters of surface waters in Sakarya delta. *Su Ürünleri Müh Der Derg*, 32, 17-21.
- Kara C, Çömlekçioğlu U, 2004. Karaçay (Kahramanmaraş)'ın kirliliğinin biyolojik ve fiziko-kimyasal parametrelerle incelenmesi. *KSÜ Fen ve Müh Derg*, 7, 1-7.
- Kayar VN, Çelik A, 2003. Gediz nehri kimi kirlilik parametrelerinin tayini ve su kalitesinin belirlenmesi. *Ekoloji*, 12, 17-22.
- Kılıç AM, 2003. Tuz Gölü'nde ortaya çıkan kirlenme ve kimyasal açıdan göl suyunun incelenmesi, in: V. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, 01-04 Ekim 2003, Ankara, s: 584-592.
- Kır İ, Özcan ST, Tuncay Y, 2007. Kovada Gölü'nün su ve sedimentlerindeki bazı ağır metallerin mevsimsel değişimi. *EÜ Su Ürünleri Derg*, 24, 155-158.
- Kimiran A, Çotuk A, Çotuk Y, 2004. İstanbul kıyı sularında eser element konsantrasyonu ile indikatör bakteri üremesi arasındaki ilişki. *Orlab On-Line Mikrobiyoloji Derg*, 2, 10.
- Köleli N, Kantar Ç, 2005. Fosfat kayası, fosforik asit ve fosforlu gübrelerdeki toksik ağır metal (Cd, Pb, Ni, As) konsantrasyonu. *Ekoloji*, 14, 1-5.
- Kumbur H, Vural N, 1989. Berdan çayının metal ve deterjan kirliliğinin araştırılması. *Gazi Üniv Müh Mim Fak Derg*, 4, 25-41.
- Monsour SA, Sidky MM, 2002. Ecotoxicological studies. 3. Heavy metals contaminating water and fish from fayoum governorate, Egypt. *Food Chemistry*, 78, 15-22.
- Munsuz N, Ünver İ, 1995. Su Kalitesi. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Yayın No. 1389, Ankara.
- Saldamlı İ, Sağlam F, 1998. Vitaminler ve mineraller, in: Gıda Kimyası, Ed; Saldamlı İ, Hacettepe Üniversitesi Basımevi, Ankara, s: 337-398.
- SAS 1998. User's Guide Statistics. Ed; Carry NC, SAS Institute Inc, USA.

- Şanlı Y, 1995. Metaller ve diğer inorganik maddeler, in: Veteriner Klinik Toksikoloji, Ed; Kaya S, Medisan Yayınevi, Ankara, s: 61-128.
- Taş B, 2006. Derbent baraj gölü (Samsun) su kalitesinin incelenmesi. Ekoloji, 15, 6-15.
- Tayar M, Korkmaz NH, 2007. Beslenme & Sağlıklı Yaşam. 2. Baskı, Nobel Yayın Dağıtım Ltd, Ankara.
- Tekin AO, Aydın A, 1998. İçme suları ile taşınan ağır metal kirliliği ve guatrla ilişkisinin belirlenmesi. Ekoloji, 7, 10-13.
- Toroğlu E, Toroğlu S, Alaeddinoğlu F, 2006. Aksu çayında (Kahramanmaraş) akarsu kirliliği. Coğrafi Bil Derg, 4, 93-103.
- WHO (World Health Organization) 2006a. Guidelines for Drinking-water Quality. 3rd edition, volume 1, Incorporating First Addendum, Recommendations, World Health Organization, Switzerland.
- WHO (World Health Organization) 2006b. Cobalt and Inorganic Cobalt Compounds. Concise International Chemical Assessment Document, No 69, World Health Organization, Switzerland.
- WMO (World Meteorological Organization) 1992. Monitoring, Assessment and Combat of Drought and Desertification, WMO/TD-No.505, Geneva.
- Yücel E, Doğan F, Öztürk M, 1995. Porsuk çayında ağır metal kirlilik düzeyleri ve halk sağlığı ilişkisi. Ekoloji, 17, 29-32.