

Van Merkez ve Çevresindeki Sularda Bazı Ağır Metal Düzeylerinin Araştırılması*

Suat EKİN¹Ayşegül BİLDİK¹

Özet

Bu çalışmada, Van iline ait 52 istasyondan alınan içme, sulama, kuyu içme suları ile çimento fabrikası atık suyu ve yol kenarı birikinti sularında Cu, Zn, Fe, Cd ve Pb elementleri Atomik Absorpsiyon Spektrofotometre ile tayin edildi.

Analiz sonucunda içme sularının metal konsantrasyonları Fe (0.01-3 mg/l), Zn (0.005-0.220 mg/l), Pb (0.005-0.024 mg/l), Cu (0.005-0.035 mg/l); sulama sularının metal konsantrasyonları Fe (0.03-2.71 mg/l), Pb (0.005-0.050 mg/l), Cu (0.005-0.012 mg/l); Zn (0.005-0.013 mg/l); kuyu içme sularının metal konsantrasyonları aralıkları, Fe (0.03-1.30 mg/l); Zn (0.006-0.257 mg/l); Pb (0.005-0.017 mg/l); Cu (0.005-0.013 mg/l), birikinti ve atık sularda metal konsantrasyonları, Fe (0.35-2.40 mg/l), Pb (0.007-0.124 mg/l), Zn (0.006-0.034 mg/l), Cu (0.008-0.030 mg/l) arasında bulunmuştur. Cd miktarı Atomik Absorpsiyon Spektrofotometrenin tayin sınırının altında kaldı. Bu nedenle Cd değeri sadece üç istasyon için tayin edilebildi.

İçme ve kuyu içme sulama suları, bazı standartların belirlediği limit değerler ile karşılaştırıldı. Birikinti ve atık suları, çimento fabrikası atık suyu ve çimento fırın bacasından yayılan toz partikülleri ile Fe, Cd, Zn ve Cu yönünden çevreyi kirlettiği belirlendi. Yol kenarındaki birikinti sularında ise Pb miktarı yüksek olarak bulundu.

Anahtar Kelimeler : Ağır Metal, Su Kirliliği, Çimento

Summary

An Investigation of Some Metal Levels in Van and It's Surroundings in Waters

This study was carried out to determine the Cu, Zn, Fe, Cd and Pb in drinking, irrigation, well drinking, accumulate water and in wastewater of cement factory.

The water samples were taken from 52 stations in Van and it's surrounding. The elements were determined by Atomic Absorption Spectrophotometer.

At the result of analysis, the ranges of metal concentrations in drinking (fresh) water are as follows: Fe (0.01-3 mg/l), Zn (0.005-0.220 mg/l), Pb (0.005-0.024 mg/l), Cu (0.005-0.035 mg/l). The range values of metal concentrations in irrigation waters are as follows: Fe (0.03-2.71 mg/l), Pb (0.005-0.050 mg/l), Cu (0.005-0.012 mg/l), Zn (0.005-0.013 mg/l). The range values of metal concentration in well drinking (fresh) waters are as follows: Fe (0.03-1.30 mg/l); Zn (0.006-0.257 mg/l); Pb (0.005-0.017 mg/l); Cu (0.005-0.013 mg/l). In accumulate water and waste waters the range values of the metals are as follows: Fe (0.35-2.40 mg/l), Pb (0.007-0.124 mg/l), Zn (0.006-0.034 mg/l), Cu (0.008-0.030 mg/l). The Cd value was under determination limit value of the atomic absorption spectrophotometer. For this reason the Cd values were determined only for three stations.

The results of analysis for drinking (fresh) waters, well-water, irrigate waters compared to each other some standards. In accumulate and waste water of cement factory dust emitted from chimneys of cement kiln has made pollution in environment by metals of Fe, Cd, Zn, Cu. However, in accumulate waters near the roads the Pb values determined high.

Key Words : Heavy Metal, Water Pollution, Cement

Giriş

Sularda bulunabilecek her türlü madde belirli bir konsantrasyonun üzerinde sağlık için zararlıdır. Toksik maddeler, sularda düşük konsantrasyonlarda bulunmaları halinde bile insan sağlığına zarar verebilecek hastalıklara ve hatta ölüme neden olabilirler. Düşük miktarlarda bile

sakıncalı olabilen maddeler arasında en önemli grubu ağır metaller diye adlandırılan Pb, Cu, Cd, Zn, Fe gibi bazı elementler oluşturur (1).

Ağır metal iyonları; gıdanın yapısında tabii olarak bulunmaz, çevreden (topraktan, sudan, havadan) gıdalara bulaşır. Ağır metallerin su ve organizmadaki dağılımının incelenmesi, çevresel kirliliği gösteren

* Bu çalışma Y.Y.Ü.Araştırma Fonu tarafından desteklenmiş olup Yüksek Lisans Tezinden özetlenmiştir.

¹ Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Biyokimya Anabilim dalı, VAN.

kriterlerden biridir. Kentsel ve endüstriyel atıkların sulara karışması, bu toksik maddelerin ekosisteme girmesine neden olmaktadır (2)

Ağır metallerin ters etkilerine karşı koruyucu bir yol olarak çeşitli standartların içme suları için tavsiye ettiği ve izin verdiği maksimum değerler göz önünde bulundurulur (3).

İçme sularındaki ağır metal miktarlarının toksik düzeylerinin tesbitinde, JECFA, EPA, ECD, WHO ve TS-266 standartlarının izin verdiği maksimum değerler kriter olarak alınmaktadır (1,3,4,5,6).

Çeşitli içme suyu standartlarına (JECFA, EPA, ECD, WHO, TS-266) göre sulara tavsiye edilen ve izin verilebilecek maksimum ağır metal değerleri aşağıdaki Tablo 1'de verilmiştir (3,4,5,6,7,8).

Tablo 1: İçme suyu standartları

Element Adı	JECFA-1993	EPA-1979	ECD-1984	WHO-1986	TS-266-1984	
	Maks. değer (mg/l)	Maks. değer (mg/l)	Maks. değer (mg/l)	Maks. değer (mg/l)	Tavsiye edilen (mg/l)	Maks. değer (mg/l)
Bakır (Cu)	2	0.1	0.1	1	1	1,5
Çinko (Zn)	3	0.1	0.1	5	5	15
Demir(Fe)	2	0.3	0.2	0.3	0.3	1.0
Kadmiyum (Cd)	0.003	0.01	0.005	0,005	bulunmamalı	0,005
Kurşun (Pb)	0.01	0.05	0.05	0,05	bulunmamalı	0,05

Ağır metallerin sulama sularında izin verilebilir maksimum değerler Tablo 2'de verilmiştir (1,4)

Tablo 2: Sulama sularında iz elementlerin izin verilebilir maksimum değerleri

Parametre mg/l	Sürekli Kullanım	Kısa Süreli Kullanım
Bakır (Cu)	0,2	5,0
Çinko (Zn)	5,0	5,0
Demir (Fe)	5.0	20.0
Kadmiyum (Cd)	0,005	0,05
Kurşun (Pb)	5,0	20,0

Kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre ağır metal yönünden kalite kriterleri Tablo 3'de verilmiştir (1,4).

Tablo 3 :Kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre ağır metal yönünden kalite kriterleri

Parametre	Su kalite sınıfları			
	I	II	III	IV
Bakır (µg/l)	20	50	200	>200
Çinko (µg/l)	200	500	2000	>2000
Demir (µg/l)	300	1000	5000	>5000
Kadmiyum (µg/l)	3	5	10	>10
Kurşun (µg/l)	10	20	50	>50

Bu çalışmada Van Bölgesi sanayi çevresindeki bazı içme ve sulama suları ile kaynak suları, birikinti suların Pb, Cu, Cd, Zn ve Fe elementleri yönünden incelenmesi, bu metallerle bir kirliliğin söz konusu olup olmadığı araştırılması amaçlanmıştır.

Materyal ve Metot

Bu çalışmada , 1995 yılı Temmuz-Ağustos aylarında 52 ayrı istasyondan (Tablo 4) alınan su numuneleri kullanıldı. Numuneler, belirli bir su kitlesini temsil edecek şekilde usulüne uygun olarak alındı. Su örnekleri 1 litrelik plastik kaplar içerisine alındı. Plastik numune kaplarının hazırlanması için önce saf su ile yıkandıktan sonra % 20'lik nitrik asit ile bir gün bekletildi daha sonra bidistile su ile birkaç kez çalkalanarak numune alınacak duruma getirildi (9,10,11,12,13,14).

Su örneklerindeki element konsantrasyonları PYE UNICAM SP 2900 marka Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresinde deriştirme metodu kullanılarak yapıldı.

Tablo 4: Van ve Çevresinden Numunelerin Alındığı İstasyonlar

İst.	Numunenin Alındığı İstasyon	Van'dan uzaklığı(km)	Kullanım Amacı
1	Abalı köyü	29 km	içme suyu
2	Akû fabrikası çevresi	12 km	sulama suyu
3	Akû fabrikası çevresi	11 km	birikinti suyu
4	Aladüz köyü	28.5 km	içme suyu
5	Andaş köyü	26 km	içme suyu
6	Arkboyu	21 km	içme suyu
7	Atalan köyü	28.5 km	içme suyu
8	Otbiçer köyü	20.5 km	sulama suyu
9	Aşağı Kaymaz büyük sorçu	21 km	sulama suyu
10	Aşağı kaymaz küçük şorsu	20.5 km	sulama suyu
11	Bakımlı köyü	23 km	içme suyu
12	Bakımlı köyü(yol kenarı)	22 km	birikinti suyu
13	Bakımlı köyü	21 km	sulama suyu
14	Bostaniçi köyü	6.25 km	içme suyu
15	Çavuştepe köyü	16.5 km	içme suyu
16	Çimento fabrikası	14 km	atık suyu
17	Çimento fabrikası(yol kenarı)	13.5 km	birikinti su
18	Çimento fabrikası yanı(Edremit)	13.25 km	sulama suyu
19	Edremit	12 km	içme suyu
20	Elmalı köyü	11 km	içme suyu
21	Elmalı köyü	11.5 km	sulama suyu
22	Elmalı köyü	11 km	kuyu içme suyu
23	Engil köprüsü	23.5 km	sulama suyu
24	Faruk suyu(büyük kaynak)	9 km	içme suyu(şifalı su)
25	Faruk suyu(küçük kaynak)	9 km	içme suyu(şifalı su)
26	Gevaş içme suyu kaynağı	30 km	içme suyu
27	Gevaş Merkez ilçe	33 km	içme suyu
28	Gevaş Regülatörü	39 km	sulama suyu
29	Gölkası	21 km	içme suyu
30	Gündoğan köyü	23.5 km	kuyu içme suyu
31	Gürpınar Kızı	19.5 km	içme suyu
32	Karasu	18.5 km	sulama suyu
33	Karpuzalan köyü(Zernebat suyu)	7 km	içme suyu
34	Köklü köyü	21.5 km	içme suyu
35	Köprüler köyü(Van-et yanı)	19.5 km	sulama suyu
36	Köprüler köyü	19 km	kuyu içme suyu
37	Köprüler köyü	19 km	içme suyu
38	Kurubaş Gedik	6 km	içme suyu
39	Kızıtaş köyü	24.5 km	kuyu içme suyu
40	Kızıtaş köyü	24.5 km	içme suyu
41	Mülk köyü	24 km	içme suyu
42	Parmakçarı köyü	22 km	içme suyu
43	Sakalar köyü	24 km	içme suyu
44	Sakalar köyü	24 km	kuyu içme suyu
45	Sakalar köyü	24 km	içme suyu
46	Sakalar köyü	24 km	kuyu içme suyu
47	Van Merkez içme suyu	0	içme suyu
48	Yukarı Gündüz(Arkboyunun yanı)	19 km	içme suyu
49	Yukarı Kaymaz Başbulak Van içme S.K.	23 km	içme suyu
50	Zerne barajı Sulama Kanalı 1	22 km	sulama suyu
51	Zerne Barajı sulama kanalı 2	17.5 km	Sulama suyu
52	Zerne Barajı	30 km	Sulama suyu

Bulgular

İçme suları, sulama suları, kuyu içme suları, birikinti ve atık sularda bulunan ağır metal konsantrasyonları sırasıyla Tablo 5,6,7 ve 8'de özetlenmiştir.

Tablo 5 : İçme Sularında Ağır Metal Konsantrasyonları

İst.	Pb (mg/l)	Zn (mg/l)	Fe (mg/l)	Cu (mg/l)	Cd (mg/l)
1	0.014	0.008	0.07	0.005	< 0.005
4	0.016	0.017	0.14	0.008	< 0.005
5	0.016	0.007	0.08	0.005	< 0.005
6	0.009	0.009	0.73	0.005	< 0.005
7	0.006	0.02	0.06	0.008	< 0.005
11	0.007	0.021	0.15	0.007	< 0.005
15	0.005	0.005	0.11	0.010	< 0.005
14	0.005	0.007	0.05	0.005	< 0.005
19	0.005	0.005	0.02	0.005	< 0.005
20	0.005	0.011	0.02	0.007	< 0.005
24	0.019	0.013	2.50	0.009	< 0.005
25	0.024	0.013	3.00	0.011	0.005
26	0.005	0.005	0.04	0.005	< 0.005
27	0.008	0.064	0.12	0.006	< 0.005
29	0.008	0.005	0.03	0.005	< 0.005
31	0.005	0.005	0.01	0.009	< 0.005
33	0.005	0.032	0.11	0.014	< 0.005
34	0.016	0.007	0.11	0.005	< 0.005
37	0.008	0.145	0.02	0.010	< 0.005
38	0.005	0.006	0.12	0.009	< 0.005
40	0.005	0.005	0.03	0.005	< 0.005
41	0.014	0.009	0.41	0.007	< 0.005
42	0.005	0.005	0.30	0.009	< 0.005
43	0.005	0.173	1.15	0.035	< 0.005
45	0.005	0.005	0.01	0.007	< 0.005
47	0.014	0.220	0.04	0.014	< 0.005
48	0.008	0.005	0.05	0.005	< 0.005
49	0.008	0.008	0.37	0.005	< 0.005

Tablo 6: Sulama Sularında Ağır Metal Konsantrasyonları

İst.	Pb (mg/l)	Zn (mg/l)	Fe (mg/l)	Cu (mg/l)	Cd (mg/l)
2	0.005	0.013	1.10	0.012	< 0.005
8	0.005	0.005	0.89	0.007	< 0.005
9	0.005	0.006	2.71	0.012	< 0.005
10	0.017	0.009	0.62	0.008	< 0.005
13	0.009	0.010	1.20	0.011	< 0.005
18	0.009	0.006	1.12	0.009	< 0.005
21	0.05	0.008	0.90	0.008	< 0.005
23	0.012	0.007	0.62	0.007	< 0.005
28	0.007	0.008	0.08	0.005	< 0.005
32	0.011	0.011	0.52	0.008	< 0.005
35	0.013	0.008	0.03	0.007	< 0.005
50	0.018	0.008	0.39	0.005	< 0.005
51	0.005	0.005	1.86	0.010	< 0.005
52	0.010	0.008	0.14	0.007	< 0.005

Tablo 7: Kuyu İçme Sularında Ağır Metal Konsantrasyonları

İst.	Pb (mg/l)	Zn (mg/l)	Fe (mg/l)	Cu (mg/l)	Cd (mg/l)
22	0.005	0.010	0.61	0.008	< 0.005
30	0.005	0.006	0.03	0.013	< 0.005
36	0.016	0.010	0.75	0.006	< 0.005
39	0.013	0.034	0.11	0.005	< 0.005
44	0.017	0.257	1.30	0.012	0.006
46	0.010	0.213	0.11	0.006	< 0.005

Tablo 8: Birikinti ve Atık Sularda Ağır Metal Konsantrasyonları

İst.	Pb (mg/l)	Zn (mg/l)	Fe (mg/l)	Cu (mg/l)	Cd (mg/l)
3	0.011	0.012	1.40	0.008	< 0.005
12	0.124	0.006	0.39	0.009	< 0.005
16	0.035	0.034	2.40	0.030	< 0.005
17	0.007	0.011	0.35	0.009	0.006

Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada coğrafi konumu, jeolojik yapısı ve iklim koşulları özellik arz eden Van ilinin muhtelif yerlerinden alınan içme, sulama, kuyu içme ile birikinti ve atık sularındaki Cu, Zn, Fe, Cd ve Pb elementleri ve bu elementler arasındaki korelasyonlar incelenmiştir.

İçme Sularında Bakır, Çinko, Demir, Kadmiyum, Kurşun Miktarları: Tablo 5 incelendiğinde, bakır için bildirilen değerlerin JECFA, EPA, ECD, WHO, TS-266 tarafından belirlenen maksimum miktarlardan daha düşük olduğu görüldü.

Çinko için en yüksek değerler 47, 43, 37. istasyonlarda yüksek olarak bulundu. Bu değerler, Tablo 1'de görüldüğü gibi TS-266, WHO, JECFA ve TS-266'nın belirlediği tavsiye edilen değerden daha düşük, EPA ve ECD değerlerinden ise yüksek olarak bulundu. 47, 43, 37. istasyonlarındaki suların EPA ve ECD standartlarındaki izin verilen maksimum değerden yüksek çıkması nedeniyle tüketilmesi sağlık yönünden bir sakınca oluşturabilir. Bu istasyonlarda yüksek değerlerin çıkmasının nedeni, musluk suyu için kullanılan borularda çinkonun erimesi sonucu olduğu, galvanizli bakırlı ve plastik borulardan kaynaklanabileceği bildirilmiştir (6).

Demir için en yüksek değerleri sırasıyla 25, 24, 43, 6, 41, 49. ve 42. istasyonlarda yüksek olarak bulundu. Bulunan bu değerler, Tablo 1'de görüldüğü gibi çeşitli standartların WHO, EPA, ECD belirlediği maksimum değerler ve TS-266'nın belirlediği, tavsiye edilen değerden daha yüksek bulundu. TS-266'nın belirlediği maksimum değer üzerinde 25, 24, 43. istasyonlarda, JECFA'nın belirlediği maksimum değer üzerinde olan değerler 25, 24. istasyonlarda bulundu. 24 ve 25. istasyonlardan alınan içme suyunun diğerlerinden farkı,

doğal olarak bulunduğu yerdir. Bu istasyonlardaki içme suyu halk tarafından şifalı su olarak bilinmekte ve bu amaçla tüketilmektedir. Bu su kaynağı, yukarıda belirtilen değerleri aştığından dolayı sürekli tüketildiği takdirde, sağlık yönünden demir aşırı yüklenimi söz konusu olacağından, sağlık yönünden sakıncalı olabilir (15).

Kadmiyum konsantrasyonlarından en yüksek değer 25.istasyonda bulundu. Bu değer Tablo 1'de görüldüğü gibi çeşitli standartların (ECD, WHO, TS-266) belirlediği maksimum değerlere eşit olarak, EPA ve JECFA'ya göre daha yüksek bulundu. Diğer değerler Atomik Absorpsiyon Spektrofotometre'nin kadmiyum için tayin sınırının altında kalmıştır. 25. istasyonda bulunan değer, değişik standartların belirlediği maksimum değerine eşit ve yüksek bulunduğundan içme suyu olarak tüketilmesi çevredeki insan ve hayvan sağlığını tehdit edebilir (3,7,12).

Kurşun için en yüksek değerler sırasıyla 25, 24, 4,5,34, 1,41 ve 47 istasyonlarda bulundu. Bu değerler, Tablo 1'de görüldüğü gibi çeşitli standartların (TS-266, WHO, EPA, ECD) belirlediği maksimum değerlerden daha düşük, JECFA tarafından belirlenen değerden yüksek olarak bulundu. Yüksek değerleri yönünden 24 ve 25. istasyonlardaki yüksek Pb miktarı, doğal kaynaklı maddelerin çözünmesi sonucu kaynaklanabilir. İçme suyu olarak değerlendirilen bu istasyonlar şifalı su olarak bilinir. bu kaynaklar yukarıda belirtilen sağlığa bağlı değerlerin üstünde olduğundan, sürekli tüketilmesi sakınca doğurabilir. Diğer istasyonlardaki Pb miktarının yüksek çıkmasının sebebi ise, su tesisat sistemleri, borular, lehim kurşunu içeriklerinden olabileceği düşünülmektedir (6).

İçme Suyunda Elementler Arası Korelasyon ve Regresyon: Analiz sonucunda önemli korelasyonu bulunan metallere en yüksek ilişki Zn-Cu arasında ($r = 0.67$, $P < 0.01$) olduğu görüldü. Bunu Fe-Pb arasında ($r = 0.63$, $P < 0.01$), Fe-Cu arasında ($r = 0.30$, $P < 0.05$) ilişki düzeyleri takip etti.

Bu sonuçlar metallerin aynı kaynaktan etkilenmiş olabildiklerini gösterir. Bu kaynaklar Fe, Pb, Zn ve Cu'nun en çok etkilendikleri kullanılan su tesisatları ve doğal kaynaklı maddelerin çözünmesi sonucu olduğu belirtilmiştir (6).

Sulama Sularında Bakır, Çinko, Demir, Kadmiyum, Kurşun Miktarları: Sulama sularındaki bakır, çinko, demir ve kurşun miktarlarının, sulama suyu standartlarına göre sürekli kullanım ve kısa süreli kullanım için bildirilen değerlerin altında olduğu görülmüştür.

Tablo 3'de belirtilen kıta içi su kaynakları (Baraj) kalite kriterine göre verilen değer 52. istasyonda bulunan bakır, demir ve kurşun miktarları ile I. sınıf su olarak değerlendirilebilir.

Kadmiyum değerleri Atomik Absorpsiyon Spektrofotometre'nin kadmiyum için tayin sınırının altında kalmıştır.

Sulama sularında element miktarlarının değişiklik göstermesinin nedeni, bu sular içindeki kimyasal çökeltme durumu veya sulama suyunun

coğrafi olarak bulunduğu yerin akışkanlık durumuyla açıklanabilir (14).

Sulama Suyunda Elementler Arası Korelasyon ve Regresyon: Analiz sonucunda önemli korelasyonu bulunan metallere en yüksek ilişki Fe-Cu arasında ($r = 0.79, P < 0.001$) olduğu görüldü. Bunu Cu-Zn arasında ($r = 0.21, P < 0.05$) ilişki düzeyi takip etti.

Kuyu İçme Sularında Bakır, Çinko, Demir, Kadmiyum, Kurşun Miktarları: Tablo 7 incelendiğinde, Bakırın en yüksek değerleri 30 ve 44. istasyonlarda bulundu. Bu değerler, Tablo 1'de görüldüğü gibi çeşitli standartların (TS-266, WHO, JECFA, EPA, ECD) belirlediği maksimum değerlerden ve TS-266'nın belirlediği tavsiye edilen değerden daha düşük bulundu.

Çinkonun en yüksek değerleri, 44 ve 46 istasyonlarda bulundu. Bu değerler, Tablo 1'de görüldüğü gibi, maksimum değerleri bildirilen standartların (TS-266, WHO, JECFA ve TS-266) belirlediği değerden daha düşük, EPA ve ECD değerlerinden yüksek olarak bulundu. 44 ve 46. istasyonlarda değerlerin yüksek çıkması, yeraltı suları, geçtikleri katmanlardaki minerallerin çözülmesinden dolayı olabilir (16).

Demirin en yüksek değerleri 44, 36, ve 22. istasyonlarda bulundu. Bu değerler, Tablo 1'de görüldüğü gibi standartların (WHO, EPA, ECD ve TS-266)'nin belirlediği tavsiye edilen değerden daha yüksek bulunmasına rağmen, TS-266'nın belirlediği maksimum değer üzerinde olan değer 44. istasyonda, bütün değerler JECFA'nın belirlediği maksimum değer altında bulundu. Demir kaynak ve hidrokimyasal ortama bağlı olarak yeraltı suyunda belirlenen standartların üstüne çıkabilir (1,13). Yukarıda belirtilen 44,36,22. istasyonlarda belirtilen değerler standartları aştığından dolayı içme suyunun tüketilmesi sakıncalıdır. Bu su kaynağı yukarıda belirtilen değerleri aştığından dolayı sağlık yönünden demir aşırı yüklenimi söz konusu olabileceği düşünülmektedir (15).

Kadmiyum konsantrasyonlarından en yüksek değer 44.istasyonda bulundu. Bu değer çeşitli standartların belirttiği maksimum miktara yakın bulundu. Diğer değerler Atomik Absorpsiyon Spektrofotometre'nin kadmiyum için tayin sınırının altında kalmıştır. 44. istasyonda bulunan değer, standartların belirlediği maksimum değerlerinden yüksek olduğundan içme suyu olarak tüketilmesi sağlık yönünden zararlı olduğu kanaatine varılabilir.

Kurşunun en yüksek değerleri 44, 36, 39. istasyonlarda bulundu. Bu değerler, Tablo 1'de görüldüğü gibi maksimum değerleri belirtilen standartların (TS-266, WHO, EPA, ECD) daha düşük, JECFA değerinden yüksek olarak bulundu. Kuyu içme suyunda 44. istasyonda kurşun değeri, su ortamında nadiren bulunmasına karşılık, kaynak ve hidrokimyasal ortama bağlı olarak yeraltı suyunda belirlenen standardın üstüne çıkabilir (1). İnsanlar için tehlikeli olarak bilinen kurşun metali, vücut içinde birikebilmesi ve giderek zararlı düzeye varması yüzünden bir tehlike oluşturur (17). Bu yüzden belirlenen standartların

üstünde çıkan suların tüketilmesi son derece zararlı olabilir.

Kuyu İçme Sularında Elementler Arası Korelasyon: Analiz sonucunda önemli korelasyonu bulunan metallere en yüksek ilişki Fe-Pb arasında ($r = 0.60, P < 0.05$) olduğu görüldü. Bunu Zn-Pb arasında ($r = 0.45, P < 0.05$), Fe-Zn arasında ($r = 0.41, P < 0.05$), Fe-Cu arasında ($r = 0.28, P < 0.05$) ve Zn-Cu arasında ($r = 0.17, P < 0.05$) ilişki düzeyleri takip etti.

Atık ve Birikinti Sularında Bakır, Çinko, Demir, Kadmiyum, Kurşun Miktarları: Tablo 8 incelendiğinde, Bakırın en yüksek değeri 16. istasyonda çinkonun en yüksek değeri 16. istasyonda, demirin en yüksek değeri 16. istasyonda kurşunun en yüksek değeri 12.istasyonda ve kadmiyum konsantrasyonlarından en yüksek değer 17.istasyonda bulundu. Diğer kadmiyum değerleri Atomik Absorpsiyon Spektrofotometre'nin kadmiyum için tayin sınırının altında kalmıştır.

Görüldüğü gibi 16. istasyonda Cu, Zn, Fe değerleri yüksek bulundu. Bu istasyon çimento fabrikası atık suyudur, 17. istasyon çimento fabrikası yakınında bulunan birikinti su olduğundan fabrikanın Cd yönünden çevreyi kirlettiğini gösteriyor. 12. istasyon ise yol kenarı birikinti suyu olduğundan Pb yönünden çevreyi kirlettiği görülüyor.

Endüstriyel tesislerden ileri gelen emisyonlar çevre kirlenmesinin başlıca kaynaklarından biridir. Çimento endüstrisinde atmosfere bırakılan tozların çoğu toprak ve su üzerinde önemli derecede etkilere sahiptir. Örneğin yapılan çalışmalarda çimento tozlarının şeker pancarında ve fasulye yaprakları üzerinde zarar verici tesirleri, bazı spesifik iz elementlerle ilişkili olduğu belirtilmiştir. Bu yönde yapılan çalışmada pirinç alanlarının Cd nedeniyle kontaminasyona uğradığı belirtilmiştir. Çimento tozlarına maruz kalma ile insan sağlığı etkileyen hastalıklar arasında anlamlı bir ilişki olduğu bulunmuştur (18).

Bu çalışmada fabrika atık suyu içinde bulunan yüksek Fe miktarının yüksek değeri çimento fabrikası'ndan kaynaklandığı açıkça görülmektedir. Yüksek bulunan Cd miktarı ise fabrika bacasından yayılan tozların etkisiyle olabilir.

Bu çalışmada 12.istasyonda yol kenarı birikinti suyunda Pb konsantrasyonun yüksek çıkması taşıt kaynaklı kirlenme olduğunu gösterir.

Atık ve Birikinti Sularında Elementler Arası Korelasyon: Analiz sonucunda önemli korelasyonu bulunan metallere en yüksek ilişki Zn-Cu arasında ($r = 0.97, P < 0.001$) olduğu görüldü. Bunu Fe-Zn arasında ($r = 0.91, P < 0.001$) ve Fe-Cu arasında ($r = 0.84, P < 0.001$) ilişki düzeyleri takip etti.

Genel olarak, ağır metal miktarları yüksek çıkan yerlerde ciddi olarak su kirlenmesi kontrol programı tam manasıyla sürdürülmelidir.

Kaynaklar

1. Uslu, O., Türkman, A. 1992. Su Kirliliği ve Kontrolü, T.C. Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü Yayınları Eğitim Dizisi 1, Ankara.

- 2.Underwood, E.J. 1977. Trace Elements İn Human and Animal Nutrition, Akademik Press Inc, New York.
- 3.Eaton, A., Oelker, G. and Leong, L.,1982 .A Comparison of AAS and ICP for Analysis of Natural Waters, Atomic Spectroscopy, 3(5),152-156.
- 4.Resmi Gazete, 1988. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği, Başbakanlık Basımevi, sayı:19919, 4 Eylül, Ankara.
- 5.Türk Standartları, 1984 Türk içme suları standardı, TS 266, Ankara.
- 6.World Health Organization. 1993. Guidelines for drinking-Water quality, 2.nd Ed.Genova.
- 7.Abdel-Hamid, M. I., Shaaban-Dessouki, S. A. and Skulberg, O. M. 1992. Water quality of the River Nile in Egypt I. Physical and Chemical Characteristics, Arch Hydrobiol/Suppl 90(3), 283-310.
- 8.Smith, R. 1981. Use of a Hydride-Generation Tecnique For The Atomic Absorption Determination of Lead in Drinking Water, Atomic Spectroscopy, 2(5),155-158.
- 9.Dorten, S. W., Poulichet, F.E., Mart, L. R. and Martin, J. M. 1991. Reassessment of the River Input of Trace Metals into the Mediterranean Sea Ambio, 20(1), 2-6.
- 10.Türk Standartları. 1977. Suyun Analiz Metodları Numune Alma,TS 2536, Ankara.
- 11.Türk Standartları.1989. Su Kalitesi-Kobalt, Nikel, Bakır, Çinko, Kadmiyum ve Kurşun Tayini-Alev Atomik Absorpsiyon Spektrofotometrik Metotları, TS 6290, Ankara.
- 12.Greenberg, A. E., Trusell, R. R. and Clesceri, L. S. 1986. Standart Methods For the Examination of Water and Wastewater, 60. th Ed. Amerikan Public Health Association, Washington.
- 13.Haider, A. K and Liaquat, H. 1990. Chemical Characterization of Acid Precipitation in Albany New York, Atmospheric Environment, 24A(7), 1869-1882.
- 14.Sakai, H., Sasaki, T. and Saito, K. 1988. Heavy Metal Concentrations in Urban Snow as an Indicator of Air Pollution, The Science of the Total Environment, 77, 163-174.
- 15.Kief, H. 1975. Iron metabolism and it's disorders, American Elsevier Publishing Co. Inc. New York.
- 16.Tezcan, R. 1984. Tohma Çayında Ağır Metal Tayinleri, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Kimya Bölümü.
- 17.Voldner, E.C and Alvo, M.1993. Estimation of Wet Depasiton of sulfur, Nitrogen, Cadmium and Lead to the Great Lakes, Environmental Science & Tecnology, 27, 292-298.
- 18.Asubiojo, O. I., Aina, P. O. and Oluwole, A.F.1991. Effects of Cement Production on the Elemental Composition of Soils in the Neighborhood of two Cement Factories, Water Air, and Soil Pollution, 57-58, 819-828.