

← Adınızı soyadınızı giriniz

Tez kabul edildikten sonra yapılan **sabit ciltte sırt yazısı** bu şablona göre yazılacak. Yazılar tek satır olacak
Cilt sırtı yazıların yönü yukarıdan aşağıya
(sol yandaki gibi) olacak .



← Tez, Yüksek Lisans'sa, YÜKSEK LİSANS TEZİ;
Doktora ise DOKTORA TEZİ ifadesi kalacak

← Tez Sınavının yapılacağı yılı yazınız

**T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

(DOKTORA TEZİ)

**PİYASADA SATIŞA SUNULAN KAYNAK SULARI VE
DOĞAL MİNERALLİ SULARDA AĞIR METAL
KALINTILARININ ARAŞTIRILMASI**

MERYEM AKHAN

**DANIŞMAN
PROF.DR. ÖZER ERGÜN**

**BESİN HİJYENİ VE TEKNOLOJİSİ ANABİLİM DALI
BESİN HİJYENİ VE TEKNOLOJİSİ PROGRAMI**

İSTANBUL-2014

TEZ ONAYI

İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı Doktora Programında Meryem AKHAN tarafından hazırlanan "Piyasada Satışa Sunulan Kaynak Suları ve Doğal Mineralli Sularda Ağır Metal Kalıntılarının Araştırılması" başlıklı Doktora tezi, yapılan tez sınavında Jürimiz tarafından başarılı bulunarak kabul edilmiştir.

17 / 06 / 2014

Tez Sınav Jürisi

<u>Ünvanı Adı Soyadı (Üniversitesi, Fakültesi, Anabilim Dalı)</u>	<u>İmzası</u>
1.Prof.Dr.Özer ERGÜN İ.Ü.Veteriner Fakültesi Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı	
2.Prof.Dr.Bülent NAZLI İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü	
3.Prof.Dr.Hilal ÇOLAK ÜZÜM İ.Ü.Veteriner Fakültesi Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı	
4.Doç.Dr.Gülcan DEMİREL İ.Ü.Veteriner Fakültesi Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalı	
5.Doç.Dr.Ömer ÇETİN İ.Ü.Veteriner Fakültesi Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı	

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmayla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığı beyan ederim.

Meryem AKHAN



İTHAF

Canım anneme ve babama ithaf ediyorum

TEŞEKKÜR

Doktora öğrenimim süresince ve tez çalışmam sırasında her konuda değerli bilgi ve yardımlarını benden esirgemeyen danışman hocam Prof.Dr. Özer ERGÜN'e,

Çalışmalarım sırasında bana her zaman destek olan değerli hocalarım Doç.Dr. Ömer ÇETİN ve Prof.Dr. Hilal ÇOLAK'a,

Değerli arkadaşlarım Doç.Dr. Barış BİNGÖL ve Dr. İpek Turgay'a,

Beni sevgi ve anlayışla yetiştiren, sonsuz desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen canım aileme en içten dileklerimle teşekkür ederim.

Bu çalışma, İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir. Proje No: 9090

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAYI	İİ
BEYAN.....	İİİ
İTHAF.....	İV
TEŞEKKÜR.....	V
İÇİNDEKİLER	VI
TABLolar LİSTESİ.....	Vİİİ
ŞEKİLLER LİSTESİ	İX
SEMBOLLER / KISALTMALAR LİSTESİ	X
ÖZET	Xİ
ABSTRACT.....	Xİİ
1. GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Suyun Tanımı.....	3
2.2. Su Döngüsü.....	3
2.3. Kaynak Suyunun Tanımlanması	4
2.4. Doğal Mineralli Suların Tanımlanması	6
2.5. Kaynak Sularının ve Doğal Mineralli Suların Kirlenme Sebepleri	8
2.6. Kaynak Sularında ve Doğal Mineralli Sularda Ağır Metal Kalıntıları	10
2.6.1. Arsenik (As).....	11
2.6.2. Kurşun (Pb).....	13
2.6.3. Kadmiyum (Cd)	16
2.6.4. Civa (Hg).....	18
2.6.5. Bakır (Cu)	20
2.6.6. Diğer ağır metal kalıntıları	21
2.7. Suların Korunması	21
2.8. Su İle İlgili Standartlar.....	25
2.9. Ağır Metallerin Tespit Edilmesinde İndüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektrometrisi ((ICP-MS).....	26
2.9.1. Gözlenebilme Sınırları (Limit of Detection, LOD)	28
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	29

3.1. GEREÇ	29
3.2. YÖNTEM	29
3.2.1. Numune Alımı.....	29
3.2.2. Laboratuvar Analizleri	29
3.2.2.1. Örnek Girişi.....	29
3.2.2.2. Argon Plazma.....	30
3.2.2.3. ICP-MS Interfaz	30
3.2.2.4. MS Spektrometre	30
3.2.2.5. Dedektör.....	31
4. BULGULAR.....	32
5. TARTIŞMA.....	37
KAYNAKLAR	44
HAM VERİLER	57
ÖZGEÇMİŞ	75

TABLULAR LİSTESİ

Tablo 2-1: Doğal mineralli su ve kaynak suyu sınıflandırması	5
Tablo 2-2: Kaynak Suları için	26
Tablo 2-3: Doğal Mineralli Sular için	26
Tablo 4-1: Kaynak sularında ağır metal kalıntısı bulguları	32
Tablo 4-2: Kaynak sularında firmalara göre ağır metal kalıntısı bulguları	33
Tablo 4-3: Doğal mineralli sularda ağır metal kalıntısı bulguları	34
Tablo 4-4: Doğal mineralli sularda firmalara göre ağır metal kalıntılarının varlığı.....	35
Tablo 4-5: Kaynak suları ve doğal mineralli suların ağır metal kalıntıları yönünden genel değerlendirilmesi.....	36

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1: İ.Ü. İleri Analizler Laboratuvarı ICP-MS Cihazı.....	27
Şekil 2.2: ICP-MS cihazı	27
Şekil 4.1: Kaynak sularında ağır metal kalıntıları yönünden uygun olmayan numune sayıları.....	33
Şekil 4.2: Kaynak su satışı yapan büyük ve yerel firmaların ağır metal kalıntısı yönünden uygun olmayan numune sayıları ve oranları	34
Şekil 4.3: Doğal mineralli sularda ağır metal kalıntısı yönünden uygun olmayan numune sayıları.....	35
Şekil 4.4: Doğal mineralli su satışı yapan büyük ve yerel firmaların ağır metal kalıntısı yönünden uygun olmayan numune sayıları ve oranları	36

SEMBOLLER / KISALTMALAR LİSTESİ

As	: Arsenik
Cd	: Kadmiyum
Cu	: Bakır
dl	: Desilitre
dm	: Desimetre
Hg	: Civa
ICP-MS	: İndüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektrometrisi
L	: Litre
mg	: Miligram
µg	: Mikrogram
Pb	: Kurşun

ÖZET

Akhan, M. (2014). Piyasada Satışa Sunulan Kaynak Suları ve Doğal Mineralli Sularda Ağır Metal Kalıntılarının Araştırılması. İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Besin Hijyeni ve Teknolojisi ABD. Doktora Tezi. İstanbul.

Su, insan ve diğer canlıların yaşamlarını devam ettirebilmeleri için vazgeçilmez bir gıda maddesidir. Günümüzdeki çeşitli endüstri kollarındaki gelişmeler, kentleşme ve modern tekniklere dayalı tarımın yaygınlaşması sonucu ağır metallerin sulara bulaşmasında artış görülmektedir. Ağır metaller, yoğunluğu 4.5-5.0 kg/dm³'ten yüksek ve çoğunlukla toksik olan maddelerdir. Ağır metaller içme suyu olarak kullanılan yüzey ve yeraltı sularına karıştıklarında halk sağlığı için tehdit oluşturmaktadırlar. Bu çalışmada, piyasada satışa sunulan kaynak suları ve doğal mineralli sular halk sağlığı açısından tehlike arz eden önemli ağır metallerin varlığı yönünden araştırılmıştır.

Araştırmamızda çeşitli firmalara ait 200 adet kaynak suyu ve 200 adet doğal mineralli su olmak üzere toplam 400 adet su numunesi toplanarak, halk sağlığı açısından ciddi riskler oluşturabilen “Civa (Hg), kadmiyum (Cd), kurşun (Pb), arsenik (As) ve bakır (Cu)” gibi önemli ağır metallerin kalıntı miktarları analiz edildi. Ağır metal analizleri İ.Ü. İleri Analizler Laboratuvarı'nda İndüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektrometrisi (ICP-MS) yöntemiyle yapıldı. Kaynak suyu örneklerinin 13 adedinde (%6.5) ilgili yönetmelikte belirtilen limit değerlerinin üzerinde ağır metal kalıntısı saptandı. Doğal mineralli su örneklerinin 72 adedinde (%36) ilgili yönetmelikte belirtilen limit değerlerinin üzerinde ağır metal kalıntıları tespit edildi.

Sağlık açısından önemli sorunlar oluşturan ağır metaller, sürekli olarak su örneklerinde izlenmeli, bulaşmayı önleyici tedbirler alınmalıdır.

Anahtar Kelimeler: kaynak suyu, doğal mineralli su, ağır metal kalıntısı, ICP-MS, halk sağlığı

Bu çalışma, İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir. Proje No: 9090

ABSTRACT

Akhan, M. (2006). Investigation of heavy metals in naturel mineral waters and spring waters. İstanbul University, Institute of Health Science, Department of Food Hygiene and Technology. PhD. Thesis. İstanbul.

Water, is an indispensable food substance for human and other organisms to survive. Nowadays, current developments in various industry sectors, urbanization and the expansion of agriculture based on modern techniques result in increase on the contamination of heavy metals to the water. Heavy metals are toxic substances which have a greater density than 4.5-5.0 kg/dm³ in general. When heavy metals are mixed with surface and ground water used as drinking water, they may become a threat to public health. This study was conducted to investigate the presence of substantial heavy metals that can be threatening for public health in marketed natural mineral waters and spring waters.

A total of 400 samples belong to various companies consisting of 200 spring waters and 200 natural mineral waters were collected in our study and analyzed in terms of residual amounts of significant heavy metals "Mercury (Hg), cadmium (Cd), lead (Pb), arsenic (As) and copper (Cu)" which can generate serious public health risks. Heavy metal analysis was performed in IU Advanced Analysis Laboratory using Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS) method. Higher amount of heavy metal residues than relevant regulation limits was detected in 13 of spring water (6.5%). In 72 (36%) of natural mineral water samples, higher amount of the heavy metal residues than relevant regulation limits were detected.

Heavy metals, which cause serious health problems, should be monitored continuously in water samples, and prevention measures should be taken to avoid their contamination.

Key Words: spring water, natural mineral water, heavy metal residues, ICP-MS, public health

The present work was supported by the Research Fund of İstanbul University. Project No. 9090

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Su, insan ve diğer canlıların yaşamlarını devam ettirebilmeleri için vazgeçilmez bir gıda maddesidir. Tükettiğimiz gıdalardaki besin öğelerinin çözünüp sindirilmesi ve emilmesi, hücrelerde yapı maddesi olması, ısı regülatörü olarak görev yapması, pek çok enzimatik reaksiyonda vb. önemli görevleri bulunması nedeni ile vazgeçilmezdir (Vehid ve ark. 1997; Kayaardı 2010). Suyun yokluğu ya da yetersizliği sağlığı ve yaşamı tehdit eder (Güler ve Vaizoğlu 2008).

Göller ve barajlar, içme ve kullanma suyu temini için önemli kaynaklardır. Bu su kaynaklarının korunması konusunda yeterli bilincin oluşmaması, akarsu ve diğer diğer su kaynaklarını beslenme alanlarının kentsel yerleşim bölgeleri haline gelmesi, sanayileşme, mevcut üretim sistemlerinin duyarsızlığı ile birleşince içme suyu ile ilgili sağlık sorunları da hızla büyümektedir. Su kaynakları, atıklar için ideal bir deşarj yeri olarak kabul edilmiş, basit ve ucuz bir bertaraf seçeneği olarak gelişmiş ülkeler de dahil olmak üzere geniş uygulama görmüştür. Bu durum zehirli kimyasal maddelerin biyolojik birikiminin ve bazı kirleticilerin su ortamlarında uzun süre kalması nedeniyle ekolojik zehirlenmenin artmasına yol açmıştır. Bu kirlenme suyun fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini etkilemektedir. Su kaynakları her ne kadar çeşitli işlemlerden geçirilerek içme suyu şebekelerine verilse de tüketime kadar çeşitli şekillerde kontaminasyon mümkün olabilmektedir. Bu nedenle son yıllarda kaynak sularına ve şişelenmiş içme sularına rağbet artmıştır (Bostan ve Aksu 1995; Anon. 1999; Akhan ve Çetin 2007; Taylan ve Özkoç 2007; Kılıç 2008).

Günümüzdeki çeşitli endüstri kollarındaki gelişmeler, modern tekniklere dayalı tarımın yaygınlaşması ve kentleşme sonucu ağır metallerin sulara kontaminasyonunda artış görülmektedir (Kalay ve Karataş 1999). Ağır metaller içme suyu olarak kullanılan yüzey ve yeraltı sularına karıştıklarında halk sağlığı için tehdit oluşturmaktadırlar. Gıdalar ve özellikle su ile insan vücuduna giren bu metaller önemli hastalıklara, hatta ölüme sebep olmaktadır (Tekin ve Aydın 1998; Toze 2006; Kabaş 2007; Kukul ve ark. 2007).

Ağır metaller, yoğunluğu 4.5-5.0 kg/dm³'ten yüksek olan ve çoğunlukla toksik maddelerdir. Ağır metaller, dünyanın değişik bölgelerinde farklı miktarlarda bulunan ve çevresel bulaşma kaynakları yoluyla genellikle iz miktarlarda gıdalara bulaşarak risk

oluşturabilen kontaminantlardır. Ağır metallerin biyolojik yapılarla bağlanması, organizmada fonksiyonların değişmesine veya bozulmasına neden olur. Enzimlere bağlanması halinde bu makro moleküllerin aktivitelerinin baskılanmasına neden olur. Bunun dışında, ağır metallerin proteinler ile etkileşimi, nükleik asitlere bağlanmaları ve hücre membranı fosfolipid tabakası ile etkileşimi yoluyla fonksiyon bozukluklarına neden olmaları mümkündür (Erol 2007).

Genellikle çevresel kirlenmeye bağlı olarak kaynak sularına, doğal mineralli sulara, gıdalara bulaşan ve sağlık yönünden önemli sorunlar oluşturan ağır metallerin başlıcaları civa, kadmiyum, kurşun ve arseniktir. Nikel, krom, antimon, molibden, bakır ve çinko da ayrıca önem taşımaktadır (Vural 1993; Erol 2007).

Sağlık açısından önemli sorunlar oluşturan ağır metal iyonlarının, gıdalara bulaşmasının izlenmesi ve gerekli yasal düzenlemelerin zaman geçirilmeden yapılması gerekmektedir (Vural 1993).

Bu çalışma, piyasada satışa sunulan kaynak suları ve doğal mineralli suların halk sağlığı açısından tehlike arz eden önemli bazı ağır metallerin varlığı yönünden araştırılması amacıyla planlanmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Suyun Tanımı

Saf su, iki hidrojen bir oksijen atomundan meydana gelen bileşiktir. Sıkıştırılmayan akışkan bir maddedir. Rengi ve kokusu yoktur. Su, katı, sıvı ve gaz halinde bulunabilir. Deniz seviyesinde 4°C sıcaklıkta özgül ağırlığı 1 gramdır, 100°C’de kaynar, 0°C’de donar (Uğur ve ark. 1999 p. 311).

Suyun pH’sı nötre yakın veya hafif alkalik olmalıdır. Kaynak sularında pH 7.0-8.5, içme ve kullanım sularında pH 6.5-9.2 sınırları arasındadır (Uğur ve ark. 1999 p. 311).

Kaynak suları toprağın derin katmanlarından süzüldüğü için, toprak süzgeç görevi görür ve süspansiyon halindeki organik maddeleri tutar. Derinlerde bakteri faaliyeti sonucu organik ve anorganik maddeler parçalanır, suyun kendine has kimyasal yapısı meydana gelir. Nehir, göl, baraj suları; yağmur, kar, eriyen buzlar ve yer altı sularından oluşur. Yağmur miktarı, toprağın kimyasal yapısı, mevsim gibi faktörler bileşimini etkiler (Kayaardı 2010).

2.2. Su Döngüsü

Dünyanın $\frac{3}{4}$ ’ü sularla kaplıdır. Doğada katı (buz), sıvı (su) ve gaz (buhar) halinde bulunan su, dünyada formu değişerek hareket eder. Su bitkiler ve hayvanlar tarafından kullanılır, fakat yok olamaz. Kullanılabilecek nitelikli su, aynı zamanda kullanılan atık su sürekli olarak su döngüsüne katılmaktadır. Suyun ısı kapasitesi ve buharlaşma ısısı sırası ile 15°C de 1 kal/gr/C° ve 580 kal/gr olup diğer cisimlere göre yüksektir. Bu yüzden yeryüzündeki su buharlaşma ve terleme ile buhar halinde atmosfere geçer. Buharlaşan su, atmosferde yoğunlaşarak tekrar yeryüzüne döner. Suyun hal değiştirerek yaptığı bu devamlı dolaşıma “Su Döngüsü” veya “Hidrolojik Döngü” denir. Yeryüzünden buharlaşan su yükselir, atmosferdeki miktarı yeterli düzeye eriştiği ve/veya soğuduğu zaman yoğunlaşarak önce bulut oluşur, sonra sıvı (yağmur) veya katı (kar, dolu vb.) olarak yeryüzüne döner. Yağış sırasında suyun bir kısmı yere ulaşmadan buharlaşarak atmosfere geri dönmektedir. Bir diğer kısmı bitkinin dal, gövde ve yaprakları tarafından yeryüzüne ulaşmadan tutulmakta bir diğer kısmı da toprağa inmektedir. Yağış sırasında doğrudan toprağa inen su ile bitkiler tarafından tutulan ve

bir süre sonra toprağa damlama yolu ile verilen su, değişik yollardan yeraltına sızarak yeraltı suyunu oluşturur. Bu suyun bir kısmı kaynaklarla yeryüzüne çıkmakta, arta kalanı yeraltı suyu ve gölcükler haline gelmektedir (İlgar 2004).

2.3. Kaynak Suyunun Tanımlanması

Sağlık Bakanlığı tarafından hazırlanıp, 17 Şubat 2005 tarihinde Resmi Gazete’de yayımlanan “İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik”te kaynak suyu, jeolojik koşullara uygun jeolojik birimlerin içinde doğal olarak oluşan, bir veya daha fazla çıkış noktasından yeryüzüne kendiliğinden çıkan veya teknik usullerle çıkartılan ve kaynak sularının kendisine karakteristik özellik veren önemli elementlere ilişkin suyun kaynağındaki niteliğini değiştirmemek kaydıyla uygulanan muhtemelen oksijenlenmeyi takiben demir ve kükürt gibi kalıcı olmayan elementlerin filtrasyon ve boşaltma yoluyla ayrıştırılması, ozonla zenginleştirilmiş hava kullanılarak demir, mangan, kükürt ve arseniğin ayrıştırılması ve tamamen fiziksel yollarla serbest karbondioksidin kısmen veya tamamen ayrıştırılması işlemleri ile kaynak suyunun kimyasal ve mikrobiyolojik niteliklerini değiştirmeyecek tarzda suda asılı kalan çözülmemiş partikülleri uzaklaştırmaya yönelik filtrasyon işlemleri dışında herhangi bir işlem uygulanmayan, ambalajlanarak piyasaya arz edilen yer altı suları şeklinde tanımlanmaktadır (Anon. 2005).

Kaynak sularına dezenfeksiyona yönelik herhangi bir işlem yapılamaz. Ancak savaş, deprem, sel gibi doğal afetlerde Sağlık Bakanlığının özel izni ve uygun göreceği usul ve teknikler ile diğer işlemlere tabii tutulabilir.

Ayırma işleminde ozonla zenginleştirilmiş havanın kullanılması halinde;

-Bakanlık önceden bilgilendirilir,

-Ayırım işleminde, ayırım işleminin etkinliğinin sağlanması, zararlı etkilerinin önlenmesi ve suyun fiziksel ve kimyasal bileşimlerinin değişmemesi esas alınır,

-Ayırma işleminden önce kaynak suyu, ilgili yönetmeliğin 6’ncı maddesinin (a) bendinde belirtilen mikrobiyolojik kriterleri sağlamalıdır. Ozonla zenginleştirilmiş hava kullanımı ile işleme tabi tutulmuş kaynak sularının kontrol izlemesine ozon, bromat ve bromoform da dahil edilir ve işlem sonucundaki kalıntılar için maksimum limit değeri ozon için 50 mg/L, bromat için 3.0 mg/L, ve bromoform için ise 1.0 mg/L olarak

belirlenmiştir. Ozon hızlı şekilde ortamdan uzaklaştığı için bu parametrenin ölçümü sahada su tüketime sunulmadan önce yapılmalıdır (Anon. 2005).

Doğal mineralli su ile doğal kaynak suyunu ayıran temel özellik çözüldürdükleri toplam katı madde miktarı ile ifade edilir.

Doğal Mineralli Sular: 500-1000 mg/L üzerinde toplam çözülmüş katı madde içerir.

Doğal Kaynak Suları: 500 mg/L altında toplam çözülmüş katı madde içeren doğal yeraltı suları olarak nitelendirilmektedir (Karagülle 2004).

Yeraltı doğal sularını bir bakıma mineralli sular başlığı altında toplamak yeterlidir. Nitekim, Avrupa Birliği Doğal Mineralli Sular Konsey Direktifi 80/777/EEC’de kaynak suyu kavramı kullanılmamıştır. Şişelenmiş doğal mineralli sular kavramı düzenlemede esas alınmış ve buna göre çözüldürdükleri katı madde düzeylerine göre, çok düşük mineralli (50 mg/L altında), düşük mineralli (500 mg/L altında) ve zengin mineralli (1500 mg/L’nin üzerinde) şeklinde sınıflandırma yapılmıştır. Buna göre kaynak suları çok düşük ve düşük mineralli sular sınıfına denk düşmektedir (Öztürk 2003; Karagülle 2004).

Codex Alimentarius (Anon. 2001) standartlarına göre ise 1000 mg/L üzerinde toplam çözülmüş katı madde içermesi ile mineralli sular tanımlanmaktadır. Tablo 2.1 bu iki standarda göre doğal kaynak suyu ve mineralli su niteliklerini göstermektedir (Karagülle 2004).

Tablo 2-1: Doğal mineralli su ve kaynak suyu sınıflandırması (Anon. 1980; Anon. 2001)

Tanım	Toplam çözülmüş katı madde	İsimlendirme
Çok düşük mineralli	50 mg/L’nin altında	Kaynak suyu
Düşük mineralli	500 mg/ L’nin altında	Kaynak suyu
Zengin mineralli	1500 mg/ L’nin üzerinde	Mineralli su
Mineralli	500-1000 mg/ L’nin arasında	Mineralli su

2.4. Doğal Mineralli Suların Tanımlanması

Sağlık Bakanlığı tarafından hazırlanıp, 1 Aralık 2004 tarihinde Resmi Gazete’de yayımlanan “Doğal Mineralli Sular Hakkında Yönetmelik”te doğal mineralli su, yer kabuğunun çeşitli derinliklerinde uygun jeolojik şartlarda doğal olarak oluşan, bir veya daha fazla kaynaktan yeryüzüne kendiliğinden veya teknik usullerle çıkartılan, mineral içeriği, kalıntı elementleri ve diğer bileşenleri ile tanımlanan, her türlü kirlenme risklerine karşı korunmuş, bu yönetmeliğin 5., 6. ve 7. maddelerinde belirtilen özellikleri haiz olan ve 8. madde gereği onaylanan yeraltı sularını ifade eder (Anon. 2004a).

Madde 5’de doğal mineralli suların taşınması gereken genel özellikler belirtilmiştir. Bu özellikler:

a) Doğal mineralli suların muhteviyatına ilişkin parametre değerleri, 6. maddede belirtilen sınırları aşmamalıdır.

b) Şişelenmiş doğal mineralli suyun mineral içeriği, sıcaklığı, elektrik iletkenliği ve karakteristik özellikleri, doğal dalgalanmalar dahilinde suyun kaynak yerindeki yapısı ile aynı olmalıdır.

c) Doğal mineralli suya karbondioksit dışında kimyasal maddeler ilave edilmez. İlave edilen karbondioksit, suyun doğal yapısını bozmamalıdır.

d) Doğal mineralli suya dolun esnasında doğal veya dışarıdan temin edilmiş sağlığa uygun nitelikte karbondioksit katılabilir. Yapılan bu işlem suyun mikrobiyolojik özelliklerinde değişikliğe yol açmamalıdır. Böyle durumlarda doğal mineralli sular;

1) Ayırma işleminden ve şişelemeden sonraki karbondioksit miktarının suyun kaynağındaki ile aynı olması ya da suyun çıkartılması, ayrıştırılması ve şişelenmesi sırasında kaybolan karbondioksitin, kaynaktan elde edilen karbondioksit ile tamamlanarak sudaki karbondioksit miktarının kaynağındaki karbondioksit miktarına eşitlenmesi halinde “doğal karbondioksitli doğal mineralli su”,

2) Ayırma işleminden ve şişelemeden sonra doğal mineralli suların yalnızca kaynağındaki karbondioksit ile güçlendirilmesi halinde ve karbondioksit miktarının suyun kaynağındaki miktarından fazla olması durumunda “kaynağındaki karbondioksit ile zenginleştirilmiş doğal mineralli su”,

3) Ayırma işleminden ve şişelemeden sonra doğal mineralli suların kaynağından gelmeyen karbondioksit ile güçlendirilmesi halinde ve karbondioksit miktarının suyun kaynağındaki miktarından fazla olması durumunda “Karbondioksit ile zenginleştirilmiş doğal mineralli su”,

şeklinde ifadelendirilir.

e) Doğal mineralli suların yapısından karbondioksitin ayrıştırılmak istenmesi halinde yalnızca fiziki yöntemler kullanılabilir. Fiziki yöntemlerle ayrıştırma işlemine tabi tutulan doğal mineralli sular “Tamamen karbondioksitten arındırılmış” veya “Kısmen karbondioksitten arındırılmış doğal mineralli su” şeklinde ifadelendirilir.

f) Doğal mineralli sulara, kendisine karakteristik özellik veren önemli elementlere ilişkin suyun kaynağındaki niteliğini değiştirmemek kaydıyla uygulanan muhtemelen oksijenlemeyi takiben demir ve kükürt gibi kalıcı olmayan elementlerin filtrasyon ve boşaltma yoluyla ayrıştırılması, ozonla zenginleştirilmiş hava kullanılarak demir, mangan, kükürt ve arseniğin ayrıştırılması ve tamamen fiziksel yollarla serbest karbondioksidin kısmen veya tamamen ayrıştırılması işlemleri dışında herhangi bir işlem uygulanmaması esastır. Ayırma işleminde zenginleştirilmiş ozonlu havanın kullanılması halinde yönetmeliğin 27. madde hükümleri uygulanır.

g) Doğal mineralli sulardan diğer su ve sulu içeceklerin üretimi de yapılabilir (Anon. 2004).

Dünya Sağlık Örgütü ve Dünya Tarım Örgütü'nün “Codex Alimentarius” standartları içinde yer alan doğal mineralli suların kodeks standardına göre tanımı:

1. Belirli düzey ve oranlarda mineral içeriğine sahip olması, aynı zamanda bazı eser element ve bileşikler içermesi,

2. Yeraltında bir tabakadan kaynak almış olması ve buradan doğal olarak çıkması veya sondaj ile direkt olarak elde edilmesi, koruma alanları içerisinde olası tüm önlemlerin alınması ile kimyasal ve fiziksel kalitesini etkileyecek herhangi bir kirlenme veya dış etkilerden korunmuş olması,

3. Kompozisyon, debi ve çıkış sıcaklığının sabit olması, minör doğal dalgalanma döngülerine karşı temel kimyasal kompozisyonunun değişmemesi,

4. Orijinal mikrobiyolojik temizliğini garanti altına alan koşullarda toplanması,

5. Özel hijyenik koşullar ve önlemlere uyularak kaynağının çıkış noktasına yakın bir tesiste paketleniyor/şişeleniyor olması,

6. Geçerli standartlarda izin verilenler dışında herhangi bir ön işleme veya arıtma işlemine tabi tutulmaması gerekmektedir (Karagülle 2004).

2.5. Kaynak Sularının ve Doğal Mineralli Suların Kirlenme Sebepleri

Suya, hidrolojik döngüsü sırasında radyoaktif serpinti, insan, hayvan ve bitki organik artıkları, tarım, endüstri kirlilikleri gibi çok çeşitli yabancı maddelerin karışması veya doğal olarak bulunabilen maddelerin çeşitli nedenler ile sularda zenginleşmesi, suların kirlenmesine neden olur.

Ülkemizde yeraltı suyu kirlenme nedenleri doğal ve yapay nedenler olmak üzere iki grupta toplanabilir. Doğal nedenler; kötü kaliteli akarsu, göl, bataklık etkileri, jeolojik formasyonlardan kirlenme, jeotermal alan etkileri, deniz suyu girişimi olarak sıralanabilir. Yapay nedenler bölgelere göre farklılık göstermekle birlikte genellikle sanayi atıkları ve tarımsal ilaç ve gübre kullanımınıdır. Türkiye’yi çevreleyen bir çok kıyı ovasında yeraltı su kaynakları tamamen tuzlanmış yada tuzlanmaya başlamıştır. Bunun ana nedeni derine yakın akiferlerden çeşitli amaçlarla aşırı yeraltı suyu çekilmesidir. Çünkü hidrolik eğim küçük olduğundan aşırı çekim gibi doğal sistemi bozan bir dış etken deniz suyu girişini kolayca başlatabilmektedir (Şahin ve ark. 2011).

Dünya Sağlık Örgütüncce (WHO) yüzeysel sulardaki kirlilik unsurları sınıflandırılmıştır:

a) Bakteri, virüs ve diğer hastalık yapıcı canlılar: Suların hijyenik açıdan kirlenmesine neden olan organizmalar, genellikle hastalıklı veya portör olan hayvan ve insanların dışkı ve idrarından kaynaklanmaktadır. Bulaşıcı etki ya bu atıklarla doğrudan temasla ya da atıkların karıştığı sulardan dolayı gerçekleşir. Bu tür sular içilmez ve kullanılmazlar.

b) Organik maddelerden kaynaklanan kirlenme: Ölmüş hayvan, bitki artıkları ile tarımsal artıkların yüzeysel sulara karışmasıyla ortaya çıkar. Suyun oksijen seviyesindeki değişimlerde su kalitesini etkiler. Ayrıca mikroorganizmalara uygun bir üreme ve gelişme ortamını sağlar.

c) Endüstri artıkları: Çeşitli endüstrilerden çıkan fenol, arsenik, siyanür, krom gibi toksik maddelerden oluşurlar.

d) Yağlar ve benzeri maddeler: Tanker ve boru hatlarıyla taşınan petrolün kazalar ve sızmalar sonucu yüzeysel sulara karışmasıyla bu tür kirlilik oluşur. Yüzeysel sulara karışmasının yarattığı olumsuz etkiler açısından önemlidir.

e) Sentetik deterjanlar: İçerdikleri fosfatlar yüzeysel sularda östrafikasyona ve ikincil olarak kirlenmeye sebep olurlar.

f) Radyoaktivite: Nükleer enerjinin kullanıldığı tesislerin reaksiyon ürünleri radyoaktiftir. Nükleer atıkların yeraltı ve deniz altında uzun süre saklanması sırasında kaplardan sızmaları sonucu sulara karışmalarıyla toksik özellikleri ortaya çıkar. Hastane araştırma kuruluşlarından kaynaklanabilir. Atmosferdeki nükleer silah denemeleri sırasında yağmur sularının kirlenmesi sonucu da sularda kirlilik sebebi oluşturur.

g) Pestisitler: Yapay organik maddelerdir. Zararlı böcek, bitki ve mantarlarla mücadelelerde kullanılırlar. Uzun süreli kullanımları sonucu zararlı etkileri ortaya çıkar.

h) Yapay organik kimyasal maddeler: Farmasotik, petrokimya, ve kimya endüstrilerince üretilirler. Bu maddeler yerlerini aldıkları doğal organik maddelerden daha güç degradasyona uğrarlar.

ı) Yapay ve doğal tarımsal gübreler: Bunlar ikincil olarak kirlenmeye neden olurlar. Gübrelemenin çevreye olan zararlı etkileri dolaylı ve doğrudan etkiler olarak değerlendirilebilmesine rağmen, etki dereceleri ve süreleri daha fazla önem taşımaktadır. Gereğinden fazla ve uzun süreli gübre kullanıldığında; topraklarda tuzlanma, ağır metal birikimi, besin maddesi dengesizliği, mikroorganizma etkinliğinin bozulması, sularda ötrofikasyon ve nitrat birikimi, havaya azot ve kükürt içeren gazların verilmesi, ozon tabakasının incilmesi, sera etkisi gibi çevresel problemler oluşmaya başlamaktadır. Bu problemlerin giderilmesi için yapılması gereken uygulamalar uzun süreçte ve ciddi ekonomik yatırımlar gerektirmektedir. Tarımda kullanılan gübreler ve ilaçlardan önemli oranlarda topraklara bulaşan toksik elementlerden en önemlileri kadmiyum, kurşun, nikel, arsenik ve bakırdır. Bu ağır metallerin toprağa ulaşması daha çok fosforlu gübreler ve bu gübrelerin hammaddelerinden kaynaklanmaktadır. Yapılan araştırmalarda fosforlu gübre üretmek için yurt dışından ithal edilen ham fosfat kayasının ağır metal içerikleri önemli oranda yüksek bulunmuştur. Diğer gübrelere

kıyasla fosfat kayasının en yüksek Cd ve As konsantrasyonuna sahip olduğu saptanmıştır (Köleli ve Kantar 2006; Sönmez ve ark. 2008).

j) Anorganik tuzlar: Çözünmüş tuzlar sularda ve deşarj noktalarında sodyum, potasyum, kalsiyum, magnezyum, demir, sülfat, nitrat, bikromat, ve fosfatları halinde bulunurlar. Bunların çok yüksek dozları kirleticidir. Suların içme, sulama ve birçok endüstriyel kullanım için uygunsuz hale getirir.

k) İnert çözünmeyen madde: Tebeşir, Jips gibi birçok inert çözünmeyen madde sularda bulanıklığı artırır (Tayar 2013).

2.6. Kaynak Sularında ve Doğal Mineralli Sularda Ağır Metal Kalıntıları

Su kirliliği genel olarak organik, inorganik, biyolojik ve termal kirlenme olarak sınıflandırılmaktadır (Munsuz ve Ünver 1995). Sularda inorganik kirlenmenin en önemli kaynağını oluşturan ağır metaller, organik kirleticilerden farklı olarak, alıcı ortamlarda değişime uğramadan gittikçe artan miktarlarda birikme özelliğine sahiptir (Kahraman ve ark. 2012).

Ağır metaller, özgül ağırlıkları suyun özgül ağırlığından en az beş kat fazla olan kimyasal elementlerdir. Bazı ağır metaller (demir, bakır, manganez, çinko) sağlıklı yaşam için besin olarak az miltarlarda gereklidir. Ancak yüksek dozlarda bütün ağır metaller vücutta metabolize edilemeyip yumuşak dokularda birikmeye başladıklarından akut veya kronik zehirlenmeye neden olurlar. Ağır metallere maruz kalma yer altı suları ve madenler gibi tabii kaynaklardan olabileceği gibi, endüstriyel işlemler sırasında, ticari ürünlerle, geleneksel tedavi yöntemleri veya kontamine besinler aracılığıyla da olabilir. Ağız, inhalasyon, cilt ve müköz membranlardan emilerek vücuda giren ağır metaller sülfür, oksijen veya nitrojen içeren hücresel yapılara bağlanıp enzim sistemlerini inaktive ederek veya protein yapılarında değişikliğe neden olarak hücresel işlev bozukluğuna ve ölüme yol açarlar. Santral sinir sistemi, gastrointestinal, kardiyovasküler, hematopoetik, renal ve periferik sinir sistemi en çok etkilenen sistemlerdir. Sinir sistemleri henüz gelişimini tamamlanmadığından özellikle çocuklar ağır metal toksisitesine oldukça duyarlıdır (Çıtak ve Yılmaz 2011).

Ağır metallerin su ve organizmlardaki dağılımının incelenmesi, çevresel kirliliği gösteren kriterlerden biridir. Kentsel ve endüstriyel atıkların sulara karışması, bu toksik maddelerin ekosisteme girmesine neden olmaktadır (Vural 1993). Günümüzde ağır

metaller vücuttaki toksikokinetiğine göre kan, tükürük, diş, tırnak, kemik, gaita, idrar, kord kanı ve anne sütü gibi birçok biyolojik materyalde analiz edilmektedir. Saçta, toksik metal (kurşun, civa, kadmiyum, arsenik vb.) ve mineral analizi (çinko, bakır, selenyum, krom, manganez, nikel vb.); adli tıpta, toplumun toksik metal temasının değerlendirilmesinde ve çevresel kirleticilerin monitorizasyonunda kullanılmaktadır (Örün ve Yalçın 2011).

En sık zehirlenmeye neden olan ağır metaller arsenik, kurşun, kadmiyum ve civadır. Bakır da sağlık yönünden önemli sorunlar oluşturmaktadır (Erol 2007; Çıtak ve Yılmaz 2011).

2.6.1. Arsenik (As)

Yerkabuğunda en çok bulunan elementlerden biri olan ve doğada genellikle kristal formda bulunan arsenik, metal olmayan ya da metaloid olarak sınıflandırılmaktadır ve ağır metal grubunda yer almaktadır. Bunun dışında arsenik aynı zamanda bir arada bulunduğu elementlerin türüne göre inorganik ve organik bileşikler olarak da sınıflandırılabilir. İnorganik arsenik bileşikleri oksijen, sülfür, klor gibi elementlerle bir arada bulunurken organik arsenik bileşikleri ise karbon ve hidrojen ile bir arada bulunur. Doğada en çok bulunan arsenik türü olan inorganik arsenik yüzeysel su, yeraltı suyu ve deniz suyunda baskın iken; organik arsenik türleri doğal gaz ve petrolde baskın olan türlerdir (Başkan ve Pala 2011).

Arsenik, hem doğal hem antropojenik kaynaklı olarak doğada oluşabilir.

Doğal Kaynakları: Arsenik toprakta, bazı kaya türlerinde, özellikle kurşun ve bakır içeren mineral ve cevherlerde doğal olarak bulunur. Rüzgarın taşıdığı toz, yüzeysel akış ve yeraltına sızma sonucu havaya ve suya geçebilir (Chou ve Rosa 2003).

Arseniğin doğal kaynakları arasında kaplıcalar, ılıcalar, volkanik kayalar, çöküntü kayaları (organik/inorganik killer), başkalaşım kayaları, deniz suyu ve mineral çökeltiler yer alır. Ayrıca volkanik hareketler, kaya erozyonu ve orman yangınları da arseniğin doğal kaynakları arasındadır. Doğal sularda arsenik oluşumu akiferin jeolojik, hidrojeolojik ve jeokimyasal özelliklerine bağlıdır. Doğada arseniğin en önemli kaynağı sülfür mineralleridir. Arsenik içeren en önemli mineraller arasında As_2S_3 (orpiment), AsS (realgar), $FeAsS$, $FeAs_2$, $NiAs$, $CoAsS$, $Cu_{12}As_4S_{13}$ ve Cu_3AsS_4 yer almaktadır.

Sülfür mineralleri dışında arseniğin diğerk bir önemli kaynağı ise arsenik içeren demir oksitlerdir (Jain ve ark. 1999; Sadiq ve ark. 2002; Başkan ve Pala 2011).

Antropojenik Kaynakları: Arseniğin antropojenik kaynakları oldukça çeşitlidir. Arsenik içeren endüstriyel üretimler arasında ahşap, kereste koruma işlemleri, kozmetikler, boya işletmeleri, ilaç sanayi, herbisit sanayi, yarı iletken madde üretimi, dericilik, cam üretimi, tıbbi kullanımlar, kağıt ve kağıt hamuru üretimi ve çimento işletmeleri bulunmaktadır. Ayrıca bakır, nikel, altın madenciliği ve cevher tasfiye etme işlemleri, zirai uygulamalar, fosil yakıtların kullanımı, düzenli depolama sahası sızıntı suları da arseniğin antropojenik kaynakları arasındadır (Başkan ve Pala 2011).

Arsenik oluşumuna neden olan en önemli insan aktiviteleri arasında zararlı bitki ve böcekleri yok eden tarım ilaçlarının kullanımı ve madencilik faaliyetleri gelmektedir (Mandal ve Suzuki 2002). Arsenik içeren pestisitlerin kullanımı arseniğin noktasal olmayan antropojenik kaynakları arasında yer almaktadır. Dünyada en çok kullanılan arsenik içeren pestisitler arasında kurşun arsenat, kalsiyum arsenat, magnezyum arsenat, çinko arsenat ve çinko arsenit yer almaktadır (Wang ve Mulligan. 2006).

Arsenik gerek doğal, gerekse yapay kaynaklardan çevreye yayılmaktadır. Dünyanın pek çok bölgesinde içme sularında arsenik konsantrasyonu 0.5-1.0 mg/L olduğu zaman zehirlenmeye neden olmaktadır (Erol. 2007). Arsenik bileşiklerinin toksisitesi kimyasal yapı ve fiziksel özelliklerine bağlı olarak değişir. Suda kolay çözünen ve ince toz ya da gaz şeklinde olan bileşikler (arseniyatlar, arsenik trioksit, arsenikli hidrojen) toksikolojik yönden en tehlikeli olanlardır. İnorganik arsenik bileşiklerinin sindirim kanalında emilimi çözünme yeteneklerine bağlıdır. Suda kolay çözünen sodyum arsenit hızlı, arsenik trioksit ise yavaş emilir. Arsenik kronik toksisiteye neden olan kümülatif bir zehirdir. Karaciğerde, özellikle düşük dozda ve uzun süre alındığında da merkezi sinir sistemi, kemik doku, deri ve tırnakta akümüle olmaktadır (Şener ve Yıldırım 2000). Arsenik zehirlenmesi daha çok akut formda görülmektedir. Bebeklerin doğum ağırlığında azalma, çocuklarda karaciğer büyümesi, anemi ve lökosit sayısında azalma görülmektedir. Ayrıca melanozis, beyaz çizgili tırnaklar, kalp yağı dejenerasyonu ve karaciğer parankimasında nekroz görülmektedir (Çetin ve Malas 2005; Erol. 2007). Arsenik toksik ve kanserojendir, ancak ne kadar alındığı (miktarı), hangi yolla alındığı (solunum, ağız, temas) ve maruz kalma sıklığı sağlık etkilerini belirler (Başkan ve Pala 2011).

İçme sularına karışan arseniğin doğum ağırlığında azalmaya neden olduğu bildirilmektedir (Hopenhayn ve ark. 2003). Sudan zehirlenen yetişkinlerde deri dökülmesi, deride nasır şeklinde kalınlaşma, idrarda protein ve reflekslerde yavaşlama görülmüştür. Bira zehirlenmelerinde, acı veren sinirsel krizleri, kas zayıflığı, kol ve bacaklarda uyuşma, iştah kaybı, karaciğer rahatsızlığı, deride kahve renkli pigmentler ve deri altında aşırı derecede sıvı toplanması gözlenmiştir. Kemik ve solunum sistemi kanseri de görülebilir (Çağlarırnak ve Hepçimen 2010).

Arseniğin 70-180 mg alınması canlılarda öldürücü etki göstermektedir. Arsenik zehirlenmelerinde yutma güçlüğü, karın ağrısı, kusma, ishal, kas krampları, susuzluk hissi, koma ve ölüm görülmektedir. Arsenik özellikle saç ve tırnakta birikir ve deri, akciğer, mesane kanserine neden olabilir. Nefeste sarımsak kokusu, aşırı terleme, kas güçsüzlüğü, deride renk değişikliği, el ve ayaklarda duyu kaybı ve ayakta gangren ile kendini belli eder (Çağlarırnak ve Hepçimen 2010).

Dünya Sağlık Örgütü (WHO) Uzmanlar Komitesi tarafından içme suları için bildirilen kabul edilebilir maksimum limit 10 ppb'dir. Ülkemizde "İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmelik" te, içme ve kullanma sularında bulunabilecek arsenik miktarı için limit değer 10 µg/L, "Doğal Mineralli Sular Hakkında Yönetmelik" te ise bulunabilecek maksimum arsenik miktarı 0.01 mg/L olarak belirtilmektedir (Anon. 2004a; Anon. 2005; Erol 2007; Smith ve ark. 2002).

2.6.2. Kurşun (Pb)

Kurşun, periyodik cetvelin 4A grubunun en metalik elementidir. Doğada daha çok galen adlı kurşun sülfür formunda veya demir, bakır, çinko, antimon ve gümüş metalleriyle birleşik olarak bulunur (Dündar ve Aslan 2005).

Kurşun, toksik metaller içerisinde çevre kirliliği yönünden büyük önem taşımaktadır. Kurşun bir çok endüstri alanında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle biyosferde yoğun olarak bulunmaktadır. Özellikle kuzey yarım küredeki havada 1000 ton civarında kurşun sirkülasyonu söz konusudur (Şener ve Yıldırım 2000; Dündar ve Aslan 2005).

Doğal çevre için önemli bir kurşun kaynağı da akaryakıtlara antidetonant katılan kurşun tetraetil ve kurşun tetra metil gibi alkilli (organik) bileşikleridir. Kurşun kullanılan endüstri kollarında çalışanlar için önemli bir meslek hastalığı konumunda

olan kurşunla zehirlenmeler yanında yine endüstriyel etkinlikler ve alkili kurşun bileşiklerinden kaynaklanan toprak, bitki ve su kirliliğine neden olabilmektedir (Şener ve Yıldırım 2000).

İçme suyu şebekelerinde kullanılan kurşun borulardan geçen içme suları, Dünya Sağlık Örgütü tarafından belirlenen ve önerilen 0.01mg/L düzeyinin çok üzerinde kurşun içermekteydi (Zietz ve ark. 2001). 1960'lı yıllardan sonra terk edilen bu borular yerine kullanılan bakır alaşımlı borular ise, bağlantı noktalarındaki kurşun lehimler ve metal korozyonu nedeniyle, içme suyu yoluyla toksikasyonun devam etmesini engelleyememiştir (Denizli ve Yavuz 2001; Zietz ve ark. 2001).

Oral yoldan alınan kurşun miktarları, Amerika'da 100 µg, Avrupa'da 30 µg'ın altındadır. Bu oran ülkemizde 70 µg/gün düzeylerinde tespit edilmektedir. Her gün vücuda alınan kurşunun 35 µg/ dl'lik kısmı idrarla atılır. Kan kurşun düzeyi için normal sınır 90-400 µg/dl aralığıdır. Öte yandan, plazma kurşun miktarının 40-80 µg/dl'ye ulaşması halinde protoporfirin metabolizması ve oksidasyon redüksiyon reaksiyonları baskılanabildiğinden, kandaki kurşun miktarının 40 µg/dl'yi geçmesi arzu edilen bir tablo değildir. Organizmada kurşun homojen olarak dağılmaz. Kana geçen kurşunun %90'ı eritrositlerle moleküler bağ kurar. Çok az miktarda kurşun ise, plazma proteinlerine bağlanır veya serbest halde kan sıvısında dolaşır. Dolaşım sırasında kurşun, hücreler arası sıvı, dalak, kemik iliği ve böbreklere dağılır. Daha sonra kemikler, iskelet ve kalp kası, merkezi sinir sistemi, saç ve kıllar ile tırnaklara geçer. Erişkinlerde kurşunun %95'i, çocuklarda ise %74'ü, kemiklerde depolanır. Ancak kronik hastalıklar, menopoz, gebelik ve böbrek yetmezliği gibi olgularda, kurşunun kemiklerden tekrar kan dolaşımına mobilize olabildiği düşünülmektedir. Çocuklarda kemik dokudaki kurşun oldukça mobildir. Kan ve yumuşak dokulardaki kurşunun yarılanma ömrü çocuklarda 28-60 gün, erişkinlerde ise kemikte 20 yıldır. Başta idrar olmak üzere ter ve dışkı ile atılım plazma kurşun düzeyini azalttıkça, depo kurşun miktarı düşer. Biyolojik yarı ömür, kan beyin bariyerinin zor geçilmesi nedeniyle beyin dokusunda 1 yıldan fazladır (Dündar ve Aslan 2005).

Kurşun temasını göstermek, takip etmek, gerekli durumlarda tedavi şeklini belirlemek, koruyucu önlemleri almak amacıyla birçok biyolojik örnekte kurşun ölçümü yapılmaktadır. En sık kullanılan ve en güvenilir kabul edilen kanda Pb düzeyidir (Barbosa ve ark. 2005). Kan kurşun düzeyi ölçümü; tarama, tanı ve uzun dönemde

biyomonitörizasyon amacıyla kullanılmaktadır. Kandaki kurşun düzeyinin, kurşunla temasın boyutunu ve şeklini göstermesinde sıkıntılar yaşanması başka biyolojik örneklerin arayışını gündeme getirmiştir. Bu amaçla plazma/serum, tükürük, diş, kemik, gaita, idrar, saç, tırnak, beyin omurilik sıvısı, kord kanı ve anne sütü örnekleri kurşun temasının araştırılmasında kullanılmıştır (Örün ve Yalçın 2011).

Organik kurşun bileşikleri inorganik kurşun bileşiklerine göre daha toksik olduğu saptanmıştır. Sindirim yoluyla alınan kurşunun % 8'i absorbe edilmektedir. Çocuklarda sindirim kanalından emilim erişkinlere oranla 6 kat daha fazla olduğu tespit edilmiştir (Erol 2007). Çocuklar için 40-80 µgPb/100 ml toksik belirtilerin görülebileceği, 80 µg Pb/100 ml kurşun zehirlenmelerinin görüldüğü düzeydir. Saçlar, kemikler ve dişlerdeki kurşun miktarı muhtemel kurşun zehirlenmeleri hakkında bilgi vermektedir (Çağlarırnak ve Hepçimen 2010). Toksik etkiler daha çok 1-5 yaşındaki çocuklarda gözlenir. Kurşun, santral ve periferik sinir sistemini etkilemektedir. Çocuklar santral sinir sistemi etkilenmesine oldukça hassastır ve şiddetli ensefalopati vakaları felç ile sonuçlanabilir. Özellikle 18-24 aylık çocuklar yüksek risk altındadırlar. Çünkü bu yaş çocukları toprak, boya ve kurşunla bulaşmış çeşitli materyalleri ağızlarına götürmeye yatkındırlar. Tırnak yiyen çocuklar, tırnak içlerine toplanan, toz ve toprakta doğal olarak bulunan kurşuna bağlı olarak kurşun zehirlenmesi riski taşımaktadırlar (Grandjean 1992; Dündar ve Aslan 2005).

Çocuklardaki kan kurşun düzeylerinin, anne babanın işi ve eğitim düzeyi, yaşanılan evin ısınma şekli, caddeye ve fabrikaya yakınlığı, kullanılan içme suyu, evde içilen sigara sayısına göre farklılık göstermediği saptanmıştır (Şanlı ve ark. 2006).

Kurşun önemli bir enzim inhibitörüdür. Hipokrom anemi, perifer ve merkezi sinir sisteminde fonksiyon bozukluklarına, depresyon, hafıza kaybı, görme bozukluğu ve böbrek rahatsızlıklarına neden olmaktadır (Uğur ve ark. 2001; Erol. 2007). Ayrıca iyot çökmesine neden olan kurşun, guatr hastalığına yol açmaktadır (Tekin ve Aydın 1998). Önlem alınmayan kurşun zehirlenmeleri kısırılık, karaciğer yetmezliği hatta koma ve ölüme neden olabilmektedir (Dündar ve Aslan 2005).

Kurşun zehirlenmesi hiçbir belirti göstermeden de sessizce seyredebilir. Çoğu kez tanı konulamaz ve tedaviden yoksun kalınır. Bu nedenle anemi, konvülsiyon, mental gecikme, belirgin davranış bozuklukları, karın ağrısı gibi semptomların görüldüğü durumlarda kurşun zehirlenmesi akla gelmelidir (Yapıcı ve ark. 2002).

WHO'nun önerisine göre kurşun alımı 3 mg/hafta'yı aşmamalıdır. Ülkemizde "İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmelik" te, içme ve kullanma sularında bulunabilecek kurşun miktarı için limit değer 10 µg/L, "Doğal Mineralli Sular Hakkında Yönetmelik" te ise bulunabilecek maksimum kurşun miktarı 0.01 mg/L olarak belirtilmektedir (Anon. 2004a; Anon. 2005; Erol 2007).

2.6.3. Kadmiyum (Cd)

Kadmiyum 1817 yılında keşfedilmiş toksik bir ağır metaldir. Doğada çinko (Zn) ile beraber bulunur. Özellikle çinko madenlerinde, çinkoya eşlik eden bir maden filizi olup maden filizlerinin eritilmesi sonucu atmosfere, suya ve toprağa geçmektedir. Aşındırıcı olmayan özelliği sebebi ile genellikle galvanizleme tekniğinde, lak yapımında kullanılır. Ayrıca nükleer santrallerde nötron absorblayıcı olarak, yine aşındırıcı olmayan özelliği sebebi ile uçak sanayinde, insektisit formülasyonlarında, plastik yapımında stabilizatör olarak, boyaya renk vermek için, cila yapımında ve nikel-kadmiyum pil sanayinde kullanılmaktadır. Değişik işlemlere bağlı olarak (çöplerin ve fosil yakıtlarının yanması sonucu) havaya, suya ve bazı fosfatlı gübrelere toprağa bulaşmaktadır. Kurşun üretiminde ise yan ürün olarak oluşur. Bu durum çevre kirlenmesi açısından önemlidir (Aberhart ve ark. 1984; Eduljee ve ark. 1985; Erol, 2007; Fikirdeşici 2010).

Endüstriyel etkinlikler sonucu çevreye yayılan kadmiyum miktarının, doğal kaynaklı kadmiyumdan 10 kat fazla olduğu bildirilmektedir (Şener ve Yıldırım 2000). İnsan faaliyetleri ile toprağa bulaşan kadmiyumun %54-58'i fosforlu gübrelere, %39-41'i atmosferik depolanmadan, %2-5'i ise atık çamur ve çiftlik gübresi uygulamalarından kaynaklanmaktadır (Asri ve ark. 2007).

Yapılan çalışmalar; kadmiyumun bir çok sanayi dalında kullanılmasının, bu toksik metalin toprak, hava ve su yoluyla gıda maddelerine bulaşma riskini artırdığını ve bazı gıdalarda (hububat, patates, yapraklı ve köklü sebzeler, meyveler, sıvı-katı yağlar, et ve süt ürünleri) yüksek düzeyde kontaminasyona sebep olduğunu göstermektedir. Kabuklu deniz hayvanlarında (istridye, yengeç), yumuşakçalarda, hayvan sakatatlarında (özellikle yaşlı hayvanların karaciğer ve böbreklerinde), yabani mantarlarda kadmiyum tespit edilmiştir. Ayrıca sigara dumanında da bulunur. Bir paket sigara içen kişinin vücuduna 1-2 µg kadmiyum alınmaktadır. Kadmiyum gıda maddelerinde inorganik tuzlar şeklinde bulunabilir. Diyetle kalsiyum, protein, çinko,

demir ve bakırın az olması bağırsaktan kadmiyum emilimini arttırmaktadır (Marcovecchio ve ark. 1988; Barak ve Mason 1990; Vural 1993; Örün ve Yalçın 2011).

Kadmiyumun vücuda alınma yollarından biri de içme sularıdır. Maden, çinko tasfiye fırınları ve elektroplat sanayii artıklarının boşaltıldığı nehirlerde yüksek düzeyde kadmiyum saptanmıştır (Vural. 1993).

Kadmiyum çok düşük dozlarda bile yüksek toksik etki gösteren bir ağır metaldir. Kadmiyumun çevre ile organizma sağlığı üzerine akut ve kronik etkileri mevcuttur. Endüstriyel kirlenme sonucu oluşan ve çevreyi kirleten kadmiyum, kanser ve kardiyovasküler hastalıklar gibi toplum sağlığı açısından tehdit içeren ciddi hastalıklara neden olabilmektedir. Avrupa Komisyonu'na göre su alanlarını tehdit eden tehlikeli maddelerin başında gelmektedir (Fikirdeşici. 2010).

Kadmiyumun ağız yoluyla 15 mg. alınması insanlarda kısa sürede mide bulantısı ve kusmaya neden olmaktadır (Vural. 1993). Vücuda alınan kadmiyumun %3-8'i özellikle ciğer ve böbreklerde birikim gösterir. Bu miktar kadmiyum, tüm vücutta bulunan miktarın yaklaşık %50'si kadardır. Kadmiyumun biyolojik yarılanma ömrünün insanlarda uzun olması nedeniyle (19-38 yıl), ciğer ve böbreklerdeki kadmiyum miktarı yaşa bağlı olarak artmaktadır. Gıdalarla alınan kadmiyumun büyük bölümünün böbreklerde akümüle olmasına bağlı olarak insanlarda böbrek fonksiyon bozukluğu görülmektedir. Böbrek fonksiyon bozukluğuna bağlı olarak kalsiyum metabolizmasında bozukluklar ve bunun sonucunda da kemiklerde patolojik değişiklikler ortaya çıkmaktadır (Asri ve ark. 2007; Erol, 2007). Akciğer ve prostat kanserlerinin oluşumunda kadmiyumun etkisi kesin olarak belirlenmiştir (Çağlarırnak ve Hepçimen 2010).

Günümüzde kullanılan biyolojik örnekler arasında idrar, kan, saç, tırnak ve anne sütü yer almaktadır. İdrardaki kadmiyum konsantrasyonu, böbrek kadmiyum düzeyi ile orantılıdır. Kan ve idrar kadmiyum düzeyleri arasında yüksek derecede ilişki vardır. Kan kadmiyum düzeyi, son 3-4 aydaki kadmiyum temasının en iyi göstergesidir. Kadmiyumun neden olduğu renal tubuler disfonksiyonun erken belirtisi düşük molekül ağırlıklı proteinlerin (β 2-mikroglobulin, α 1-mikroglobulin, retinol bağlayan protein) atılımının artmasıdır. Bu nedenle idrarda bu proteinlerin ölçümü kronik temasın göstergesi olarak kullanılmaktadır (Örün ve Yalçın 2011).

WHO, en yüksek tolere edilebilir kadmiyum miktarını (Provisional Tolerable Weekly Intake) 7 µg/kg vücut ağırlığı/ hafta olarak belirlemiştir. Ülkemizde "İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmelik" te, içme ve kullanma sularında bulunabilecek kadmiyum miktarı için limit değer 5,0 µg/L, "Doğal Mineralli Sular Hakkında Yönetmelik" te ise bulunabilecek maksimum kadmiyum miktarı 0.003 mg/L olarak belirtilmektedir (Anon. 2004a; Anon. 2005; Erol 2007).

2.6.4. Civa (Hg)

Civa tabiatta doğal olarak bulunan bir metaldir. Elemental civa, inorganik civa tuzları ve organik civa olarak üç ayrı formda bulunur. Elemental civa gümüşe benzediği ve sıvı olduğu için sıvı gümüş olarak da adlandırılmaktadır. Elemental civa Mısır, Yunan ve Roma medeniyetlerinden beri bilinen ve kullanılan bir maddedir. 1800'lü yıllara kadar çocuklarda laksatif olarak kullanılmıştır. Ondokuzuncu yüzyılda toksik etkilerinin farkına varılmasıyla birlikte tıpta kullanılmamaya başlanmıştır. İnorganik civa doğal olarak civa tuzları şeklinde bulunur. Civa sülfid en sık bulunan civa tuzudur. Elemental ve organik civanın toksik etkileri yüzyıllardır bilinmesine rağmen organik civanın toksik etkileri çevre kirliliğinin artmasıyla gündeme gelmiştir (Çıtak ve Yılmaz 2011).

Civa ve bileşenleri; asetaldehit ve vinilklorit gibi sentetik endüstriyel maddelerin üretiminde katalizör olarak, sodyum klorürden sodyum hidroksit ve klor üretiminde elektrot olarak, termometre ve elektrikli aletlerin üretiminde, endüstriyel kontrol aygıtlarında, tarım ilaçlarında fungusit olarak, boya ve kağıt sanayinde de kullanılmaktadır. Civa ayrıca farmasötik endüstrisinde diş dolgularında kullanılmaktadır (Vural 1993; Erol 2007).

Gıdaların civa ile bulaşması atık gaz ve atık sular ile meydana gelmektedir (Erol 2007). Civa kümülatif bir metaldir. Organik civa bileşikleri toprakta ve suda gıda zincirine girerek, zincirin halkaları boyunca artan yoğunlukta birikebilmekte, kronik toksisite ve çevre kirlenmesi yönünden sorun yaratmaktadır. Termik santrallere yakın yerleşkelerde, uçucu küllerin rüzgâr etkisiyle dağılması sonucu insanlar civa kirliliğine maruz kalmaktadır. Termik santral katı atıklarının toprak ve su ortamına taşınması sürecinde inorganik civa organik metil civaya dönüşmektedir. Özellikle endüstriyel etkinliklerden kaynaklanan metalik civa ve anorganik civa bileşikleri, doğal ortamda

organik formlara dönüşerek su ve su ürünlerinin kirlenmesine neden olabilmektedirler (Şener ve Yıldırım 2000; Uslu ve Gökmeşe 2009).

Yüzey ve deniz suları ile bu sularda yaşayan canlılardaki civa kontaminasyonu bir çok araştırmacı tarafından incelenmiştir. Yurdumuzda civa bulaşması, bazı endüstriyel kuruluşların artıklarının hiç bir işleme tabii tutulmadan boşaltılmasından ve bazı civalı bileşiklerin pestisit olarak kullanılmasından kaynaklanmaktadır (Vural 1993).

Metalik civa ve inorganik civa bileşikleri karaciğer, böbrek ve bağırsak kanalına geçer, ancak normal koşullarda tehlike oluşturacak düzeylerde akümüle olmamaktadır. Ağızdan alınan organik civanın % 90'ı gastrointestinal sistemden emilir. Stabil ve lipolitik özellikteki civa bileşikleri kan-beyin gibi hücre membranlarına penetre olmakta ve beyin bariyerini aşip merkezi sinir sistemine ulaşarak vücutta uzun süre kalmaktadır. Beyin dokusundaki civa düzeyi, kandaki düzeyin 3-6 katına ulaşmaktadır. Akut civa zehirlenmesi bağırsak ve böbrek fonksiyonlarının zarar görmesine, kronik civa zehirlenmesi ise merkezi sinir sistemi bozukluklarına neden olmaktadır. Özellikle ensefalopati ile karakterizedir. Metil-civa bileşiklerinin plasenta bariyerini geçebildiği, embriyotoksik etkisinin olduğu ve fötusun mental gelişimini etkilediği bildirilmektedir (Erol 2007; Çıtak ve Yılmaz 2011).

Civa doğada geniş şekilde dağıldığı için temas öyküsü olmasa da birçok insanın idrar ve kanında saptanabilmektedir. Metil civanın hemoglobine bağlanma özelliğinden dolayı vücuttaki civa miktarını ölçmede en spesifik gösterge eritrosit-civa konsantrasyonudur, fakat ölçümü çok zordur. Günümüzde en sık kullanılan ve geçerlilik çalışmaları yapılmış olan idrar ve kan düzeylerinin ölçümüdür. Kan civa düzeyi, hem metil civa hem inorganik civa miktarını yansıtmaktadır. Bir kişinin civa temasının gösterilmesinde kan ve idrar (24 saatlik) düzeyleri birlikte değerlendirilmelidir (Örün ve Yalçın 2011).

Dünya Sağlık Örgütü (WHO) Uzmanlar Komitesi alınacak civa limitini 5µg/kg vücut ağırlığı/ hafta olarak sınırlamıştır. Ülkemizde "İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmelik" te, içme ve kullanma sularında bulunabilecek civa miktarı için limit değer 1,0 µg/L, "Doğal Mineralli Sular Hakkında Yönetmelik" te ise bulunabilecek maksimum civa miktarı 0.001 mg/L olarak belirtilmektedir (Anon. 2004a; Anon. 2005; Erol. 2007).

2.6.5. Bakır (Cu)

Bakır, önemli fonksiyonları olan elementlerden birisidir. Vücutta demir ve çinkodan sonra en fazla bulunan iz elementtir. Bakır immun sistem, sinir sistemi, iskelet sisteminin yapısı ve fonksiyonları için, hücrel homeostazisin ve sağlığın devamı için gerekli olan metal içeren enzimlerin ve proteinlerin bir kofaktörü olarak biyokimyasal fonksiyonlar ve temel fizyolojik fonksiyonlar için gereklidir. Organizmada sitokromoksidaz aktivitesine, dolayısıyla oksidasyon proseslerine katkıda bulunur. Hemoglobin yenilenmesinde demir kullanımına olanak sağlar (Şener ve Yıldırım 2000; Turgut ve ark. 2000).

Dokulardaki bakırın çok düşük konsantrasyonları anemiye, çok yüksek konsantrasyonları karaciğer hasarına yol açmaktadır. Bakır metabolizmasının düzenlenmesinde etkili organ karaciğerdir ve karaciğerde depolanmaktadır. Ayrıca kalp, böbrek ve beyinde yüksek oranda saptanmıştır. Kas ve kemikte ise bakır konsantrasyonu düşüktür. Kadmiyum ve çinkonun yüksek seviyede bulunması, bakır emilimini artırdığı saptanmıştır (Turgut ve ark. 2000).

Bakır, endüstride yaygın olarak kullanılmaktadır. Yapılan çalışmalar özellikle bakır bazlı fungusitler ve gübrelere tarımda da oldukça yaygın bir şekilde kullanıldığını göstermektedir. Suların ve sedimentlerin bakır ile kontaminasyonunda en belirgin antropojenik kaynaklar tarımda kullanılan bakır bazlı gübrelere ve fungusitlere olarak belirlenmiştir. Zehirlenme ancak bakır ile kirlenmiş suların veya bakır tuzlarının fazla alımı sonucu bildirilmiştir. Bakır kaplardan, karbonatlı ve asidik yiyeceklere bulaşma olmaktadır. Bakırın içme suyuyla yüksek miktarda alımı sonucunda bulantı, kusma, ishal, karın krampları, karaciğer ve böbrek yetmezliği (1 yaşın altındaki çocuklarda 14 günden fazla 1000 µg/L'den daha yüksek miktarda bakır içeren suya maruz kalma sonucunda) gözlenebilmektedir. Yetişkinler için karaciğer yetmezliği ya da Wilson hastalığı olanlar bakıra karşı daha duyarlıdır. Fazla miktarda alındığında karaciğer hasarı sonucu ölüme neden olabilir (Şanlı 1995; Kumbur ve ark. 2008; Çağlarırnak ve Hepçimen 2010).

Ülkemizde "İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmelik" te, içme ve kullanma sularında bulunabilecek bakır miktarı için limit değer 2 mg/L, "Doğal Mineralli Sular Hakkında Yönetmelik" te ise bulunabilecek maksimum bakır miktarı 1 mg/L olarak belirtilmektedir (Anon. 2004a; Anon. 2005).

2.6.6. Diğer ağır metal kalıntıları

Sularda yukarıda belirtilen ağır metaller dışında çinko, bor, selenyum, antimon gibi ağır metaller de bulunabilmektedir. Çinkonun toksikolojik belirtileri mide krampı ve ishal şeklinde gözlenmektedir. Deney hayvanları üzerinde kanserojenik etkisi saptanmıştır. Kromun fazla miktarda insan vücuduna girmesi ile birlikte oluşan akut zehirlenme (1–5 g krom tuzu alınması sonucu); gastrointestinal bulgular, kanama bozukluğu, nöbetler, kalp damar sisteminde şoka bağlı ölüm görülebilmektedir. Selenyum zehirlenmesi ile bulantı, kusma karın ağrısı, titreme, tırnaklarda değişiklikler, saç dökülmesi, deride renk değişikliği, dermatit ve dişlerde çürüme gözlenebilmektedir. Bor için öldürücü miktar yetişkinlerde 15-20 g, çocuklarda 3-6 g olarak verilmektedir. Bor zehirlenmesi belirtileri bulantı, kusma, ishal, nöbetler, deri döküntüleri ve deride soyulmadır. Antimon toksisitesi suda eriyebilirliğine ve bulunduğu forma göre değişmektedir. Suda çözünen formları bulantı, kusma, ishal, karın ağrısı ve kalpte toksik etkiye neden olabilmektedir. Uzun süreli maruz kalma optik sinir hasarı, retina kanaması oluşturmaktadır (Çağlarımak ve Hepçimen 2010).

2.7. Suların Korunması

Kirlenmiş sular sadece yok olmuş sular değil çevre içinde her zaman tehdit unsurlarıdır. Kirlenmiş yeraltısularının temizlenmesi için, çok uzun zaman ve büyük maddi olanaklar gerekmektedir (Şahin ve ark. 2011).

Su kaynaklarının kirlenmelere karşı korunması amacıyla kaynakların etrafındaki belirli alanlar yerleşim, sanayi ve yapılaşmaya kapatılmıştır. Bu amaçla 31.12.2004 tarihinde yayımlanan “Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği” ile havzalar korunmaya alınmıştır. Bu yönetmeliğe göre su havzaları etrafındaki koruma alanları:

Mutlak Koruma Alanı: Mutlak koruma alanı, içme ve kullanma suyu rezervuarının maksimum su seviyesinden itibaren 300 metre genişliğindeki şerittir. Söz konusu alan sınırının su toplama havzası sınırını aşması hâlinde, mutlak koruma alanı havza sınırında son bulur.

Kısa mesafeli Koruma Alanı: İçme ve kullanma suyu rezervuarlarının mutlak koruma alanı sınırından itibaren 700 metre genişliğindeki şerittir. Söz konusu alan sınırının, su toplama havzası sınırını aşması hâlinde, kısa mesafeli koruma alanı havza sınırında son bulur. Kısa mesafeli koruma alanı içinde;

a) Turizm, iskan ve sanayi yerleşmelerine izin verilemez.

b) Her türlü katı atık ve artıkların depolanmasına ve atılmasına izin verilemez.

c) Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nin 17'nci maddesinin (b) bendinde anılan mecburi teknik tesisler ile 2863 sayılı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu kapsamına giren uygulamalar dışında hafriyat yapılamaz.

d) Sıvı ve katı yakıt depolarına izin verilemez. Bu alanda kalan mevcut yapılar dondurulmuştur. Dondurulan binalarda mevcut yapı inşaat alanında değişiklik yapmamak ve kullanım maksadını değiştirmemek şartıyla gerekli tadilat ve bakım yapılabilir.

e) Bu alanın rekreasyon ve piknik amacıyla kullanılmasına dönük kamu yararlı ve günü birlik turizm ihtiyacına cevap verecek, sökülüp takılabilir elemanlardan meydana gelen, geçici nitelikte kır kahvesi, büfe gibi yapılara, suyu kullanan idarece onanmış çevre düzeni ve uygulama planlarına ve plan kararlarına uygun olarak izin verilebilir.

f) Bu alanda yapılacak ifrazlardan sonra elde edilecek her parsel 10.000 m² den küçük olamaz. (e) bendinde belirtilen nitelikteki yapıların kapalı kısımlarının toplam alanı her parselde 100 m²'yi geçemez.

g) (e) bendinde belirtilen yapıların atık suları, Sağlık Bakanlığının 13/3/1971 tarihli ve 13783 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren, Lağım Mecrası İnşaatı Mümkün Olmayan Yerlerde Yapılacak Çukurlara Ait Yönetmelik hükümlerine göre yapılacak olan sızdırmaz nitelikteki fosseptiklerde toplanır ve atık su alt yapı tesisine verilir.

h) Suni gübre ve tarım ilaçları kullanmamak şartıyla, hayvancılık ile ilgili yapılar hariç olmak üzere kontrollü olatmaya ve diğer tarımsal faaliyetlere Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı'nın kontrol ve denetiminde izin verilir. Ayrıca erozyonu azaltıcı metodların uygulanması esastır.

ı) Zorunlu hallerde, imar planı gereği yapılacak yolların bu alandan geçecek olan kısımlarında sadece ulaşım ile ilgili işlevlerine gerekli tedbirlerin alınması şartı ile izin verilebilir. Dinlenme tesisi, akaryakıt istasyonu ve benzeri tesisler yapılamaz.

j) Bu alanda 4/9/1988 tarihinden veya kaynağın içme ve kullanma suyu kapsamına alındığı tarihten önce mevcut olan yerleşim ve sanayi tesislerinden kaynaklanan atık suların havza dışına çıkartılması esastır.

Orta Mesafeli Koruma Alanı: Orta mesafeli koruma alanı içme ve kullanma suyu rezervuarlarının kısa mesafeli koruma alanı sınırından itibaren 1 kilometre genişliğindeki şerittir. Söz konusu alan sınırının su toplama havzası sınırını aşması halinde, orta mesafeli koruma alanı havza sınırında son bulur. Bu alandaki koruma tedbirleri aşağıda belirtilmiştir;

a) Bu alanda hiçbir sanayi kuruluşuna ve iskana izin verilemez.

b) Bu alanda yapılacak ifrazlardan sonra elde edilecek her parsel 5000 m² den küçük olamaz. Bu parsellerin tapu ve kadastro veya tapulama haritasında bulunan bir yola, yapılan ifrazdan sonra en az 25 metre cephesi bulunması mecburidir.

c) Bu alanda bulunan parsellerde sıhhi ve estetik mahzur bulunmadığı takdirde; parsel sathının %5 inden fazla yer işgal etmemek, inşaat alanları toplamı 2 katta 250 m² yi, saçak seviyelerinin tabii zeminden yüksekliği h=6.50 metreyi aşmamak, yola ve parsel sınırlarına 5 metreden fazla yaklaşmamak şartı ile, bir ailenin oturmasına mahsus bağ veya sayfiye evleri yapılmasına izin verilebilir.

Bu alanda ayrıca, yerleşik halkın ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla entegre tesis niteliğinde olmayan mandıra, kümes, ahır, ağıl, su ve yem depoları, hububat depoları, gübre ve silaj çukurları, arıhaneler ve un değirmenleri gibi konut dışı yapılara, mahreç aldığı yola 10 metreden, parsel hudutlarına 5 metreden fazla yaklaşmamak ve inşaat alanı kat sayısı % 40'ı ve yapı yüksekliği h=6.50 metreyi geçmemek şartı ile suyu kullanan idarece izin verilebilir. Beton temel ve çelik seralar yaklaşma mesafelerine uyulmak şartı ile inşaat alanı katsayısına tabi değildir.

Beton temel ve çelik çatı dışındaki basit örtü mahiyetindeki seralar ise yukarıda belirtilen çekme mesafeleri ve inşaat alanı katsayısına tabi değildir. Bu tesisler hakkında başka bir amaçla kullanılmayacağı hususunda tesis sahiplerince Valiliğe noter tasdikli yazılı taahhütte bulunması ve uygun görüşünün alınması gerekmektedir. Bu maddede anılan yapılar ilgili Bakanlık ve kuruluşlarca hazırlanmış bulunan 1/50 veya 1/100 ölçekli tip projeler üzerinden yapılabilir. Ayrıca tüm yapıların imar mevzuatına uygun olarak yapılması gerekir.

d) (c) bendinde belirtilen tesislerin atıksuları, ancak teknik usuller tebliğinde verilen sulama suyu kalite kriterlerine uygun olarak arıtdıktan sonra sulamada kullanılabilir.

e) Hiçbir şekilde maden ocağı açılmasına ve işletilmesine izin verilmez.

f) Bu alanda suni gübre ve tarım ilaçları kullanılamaz.

g) Bu alanda hiçbir surette katı atık ve artıkların depolanmasına ve atılmasına izin verilemez.

h) İmar planı gereği yapılacak yolların bu alandan geçirecek kısımlarında sadece ulaşım ile ilgili fonksiyonlarına izin verilir. Akaryakıt istasyonu yapılamaz.

ı) Bu alanda 4/9/1988 tarihinden veya kaynağın içme ve kullanma suyu kapsamına alındığı tarihten önce mevcut olan yerleşim ve sanayi tesislerinden kaynaklanan atık suların havza dışına çıkartılması esastır.

Uzun Mesafeli Koruma Alanı: İçme ve kullanma suyu rezervuarının yukarıda tanımlanan koruma alanlarının dışında kalan su toplama havzasının tümü uzun mesafeli koruma alanıdır. Bu alanda aşağıda belirtilen tedbirler alınır.

a) Bu alanın, orta mesafeli koruma alanı sınırından itibaren yatay olarak 3 kilometre genişliğindeki kısmında tamamen kuru tipte çalışan, tehlikeli atık üretmeyen ve endüstriyel atıksu oluşturmayan sanayi kuruluşlarına izin verilebilir. Bu tesislerden kaynaklanacak katı atık ve hava emisyonunun rezervuarın kalitesini etkilemeyecek ölçüde ve şekilde uygun bertarafının sağlanması gerekir. Çöp depolama alanlarına ve bertaraf tesislerine izin verilmez.

Bu alanda galeri yöntemi patlatmalar, kimyasal ve metalurjik zenginleştirme işlemleri yapılamaz. Madenlerin çıkarılmasına; sağlık açısından sakınca bulunmaması, mevcut su kalitesini bozmayacak şekilde çıkartılması, faaliyet sonunda arazinin doğaya geri kazandırılarak terk edileceği hususunda faaliyet sahiplerince Bakanlığa noter tasdikli yazılı taahhütte bulunulması şartları ile izin verilebilir.

Bu alandaki faaliyetlerden oluşan atıksuların; bu Yönetmelikte belirtilen ilgili sektörün alıcı ortama deşarj standartlarını sağlayarak havza dışına çıkartılması ya da geri dönüşümlü olarak kullanılması zorunludur.

b) (a) bendinde belirtilen alanın bittiği yerden itibaren su toplama havzasının sınırına kadar olan alandaki faaliyetlerden kaynaklanan atıksuların, Yönetmelikteki Tablo 5'ten Tablo 21'e kadar olan deşarj standartlarını sağlayarak havza dışına çıkarılması veya geri dönüşümlü olarak kullanılması zorunludur.

Ancak, 4/9/1988 tarihinden veya kaynağın içme ve kullanma suyu kapsamına alındığı tarihten önce bu alanda mevcut olup, uzun mesafeli koruma alanında kalan tesislerden sıvı, gaz ve katı atıklarını ilgili idare tarafından uygun görülen ekonomik uygulanabilirliği ispatlanmış ileri teknoloji seviyesinde arıtma ve bertaraf teknikleri ile uzaklaştırılmasını sağlayanlarda bu esaslar aranmaz.

Bu alanda çöp depolama ve bertaraf alanları Orman ve Su İşleri Bakanlığı'nın uygun görüşü alınarak yapılabilir (Anon. 2004b).

2.8. Su İle İlgili Standartlar

İnsan sağlığı açısından içme ve kullanma sularının tüm dünyada belli kriterlerde olması gerekmektedir. İçme suyu içilebilir özellikte, kokusuz, renksiz ve berrak olmalı, toksik madde ve insan sağlığı için zararlı bakteriler içermemelidir (Köksal. 1999).

İçme ve kullanma suları ile diğer suların özellikleri uluslar arası (International Organization for Standardization [ISO], American Water Works Association [AWWA], American Public Health Association [APHA], US Public Health Service [USPHS], Water Pollution Control Federation [WPCF], World Health Organisation International [WHO-I], World Health Organisation European [WHO-E], Environmental Protection Agency [EPA]) ve her ülkenin kendi koyduğu kriterler ile belirlenmektedir (Köksal 1999).

Türk Standartları Enstitüsü'nün 29 Nisan 2005 tarih ve TS 266 sayılı standardında, içme sularının sahip olması gereken fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özellikler belirtilmektedir.

Sağlık Bakanlığı tarafından hazırlanıp, 17 Şubat 2005 tarihinde 25730 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan "İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmelik" de, Ek-1'de kaynak suları ve içme suları ile ilgili kimyasal parametrelerin (As, Cd, Cu, Pb, Hg) üst sınır değerleri Tablo 2.2'de gösterilmiştir.

Tablo 2-2: Kaynak Suları için (Anon. 2005)

Parametre (Sembol)	Bulunabilecek maksimum miktar
Arsenik (As)	10 µg/L
Kadmiyum (Cd)	5,0 µg/L
Bakır (Cu)	2 mg/L (2000 µg/L)
Kurşun (Pb)	10 µg/L
Civa (Hg)	1,0 µg/L

1 Aralık 2004 tarihinde 25657 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan “Doğal Mineralli Sular Hakkında Yönetmelik” de ikinci bölüm altıncı maddede doğal mineralli suların ihtiva edebilecekleri kimyasal maddelerin (As, Cd, Cu, Pb, Hg) üst sınır değerleri Tablo 2.3’de gösterilmiştir.

Tablo 2-3: Doğal Mineralli Sular için (Anon. 2004a)

Parametre (Sembol)	Bulunabilecek maksimum miktar
Arsenik (As)	0.01 mg/L (10 µg/L)
Kadmiyum (Cd)	0.003 mg/L (3 µg/L)
Bakır (Cu)	1 mg/L (1000 µg/L)
Kurşun (Pb)	0.01 mg/L (10 µg/L)
Civa (Hg)	0.001 mg/L (1 µg/L)

2.9. Ağır Metallerin Tespit Edilmesinde İndüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektrometrisi ((ICP-MS)

Thermo Elemental X Series ICP-MS Cihazı direkt, hızlı ve uygun kütle aralığıyla çözeltilerde eser element tayinine uygundur. Birçok elementi tayin edebilme özelliği sayesinde kantitatif analizlerde ve izotop oranlarının belirlenmesinde kullanılmaktadır. Farklı derişime sahip elementlerin aynı anda tayinine olanak sağlar.

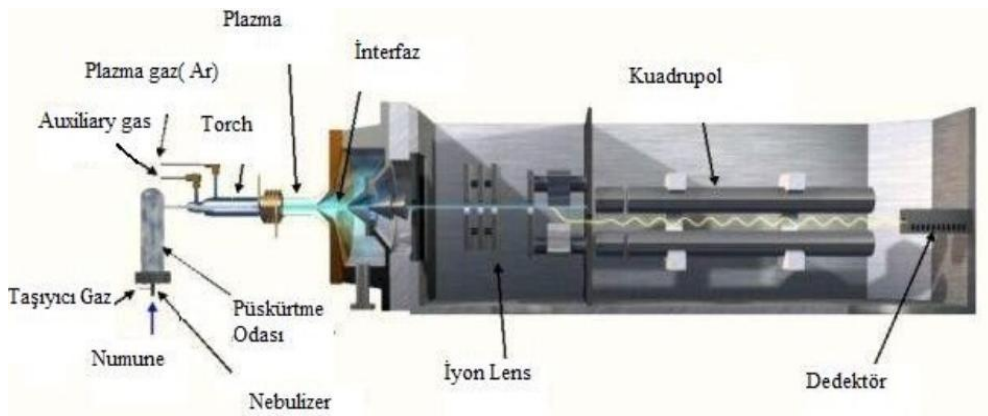
Şekil 2.1: İ.Ü. İleri Analizler Laboratuvarı ICP-MS Cihazı



Çalışma prensibi: ICP-MS İndüktif Eşleşmiş Plazma (ICP) ve Kütle Spektrometresi (MS) olmak üzere iki ünitenin bileşiminden oluşmuştur. Numunedeki elementler ICP’de iyonlaştırıldıktan sonra kütle spektroskopisine (MS) gönderilir ve burada kütle/yük (m/z) oranlarına göre ayrılıp ölçülür.

ICP-MS, kütle spektroskopisinin doğru, düşük tespit limitleri ile ICP teknolojisinin kolay numune girişi ve hızlı analiz özelliği birleştirilerek geliştirilmiştir. ICP-MS gıda sanayi, çevre (içme suyu, deniz suyu, atık su, katı atıklar, toprak, çamur), silah sanayisi (mermi atıkları, madde karakterizasyonu, zehirler), klinik (kan, saç, idrar) ve jeoloji (toprak, kaya) alanlarında kullanılmaktadır.

Şekil 2.2: ICP-MS cihazı



ICP-MS, atomik optik spektrometrik yöntemlere göre daha fazla sayıda üstünlük sunar:

- Gözlenebilme sınırları, birçok element için optik yöntemlere göre daha iyidir.
- Genellikle tayin edilen elemente özgü önemli ölçüde basit spektrumlar elde edilir.
- Atomların izotop oranları ölçülebilir ve bunların yorumları kolayca yapılabilir (Deveci 2012).

2.9.1. Gözlenebilme Sınırları (Limit of Detection, LOD)

ICP-MS'in en büyük avantajı çok düşük gözlenebilme sınırlılığıdır. Çeşitli element için katrilyonda 1 ve birçok element için ise trilyonda 1'dir. Aşağıda bazı elementler için ölçüm aralıkları görülmektedir (Deveci 2012).

<u>Element</u>	<u>Gözlenebilme Sınırı (ng/L)</u>
U, Cs, Bi	10 daha az
Ag, Be, Cd, Rb, Sn, Sb, Au	10-50
Ba, Pb, Se, Sr, Co, W, Mo, Mg	50-100
Cr, Cu, Mn	100-200
Zn, As, Ti	400-500
Li, P	1-3 $\mu\text{g kg}^{-1}$

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. GEREÇ

Araştırmamızda, piyasada satışı sunulan kaynak sularından 200 adet ve doğal minarelli sulardan 200 adet olmak üzere toplam 400 adet örnek toplanarak, halk sağlığı açısından ciddi riskler oluşturabilen önemli ağır metallere civa (Hg), kadmiyum (Cd), kurşun (Pb), arsenik (As) ve bakır (Cu) kalıntı miktarları yönünden analiz edildi.

3.2. YÖNTEM

3.2.1. Numune Alımı

Piyasada satışı sunulan farklı markalardan toplanan numuneler 100 ml.'lik steril plastik kaplara aktarıldıktan sonra, ağır metal analizleri İ.Ü. İleri Analizler Laboratuvarı'nda İndüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektrometrisi (ICP-MS) yöntemiyle yapıldı.

3.2.2. Laboratuvar Analizleri

3.2.2.1. Örnek Girişi

Atomik emisyon spektroskopisinin aksine ICP-MS spektrofotometrelerinde sıvı veya sıvı örnekler analiz edilebilmektedir. Sıvı örneklerdeki bazı maddelerin cihaza zarar vermemesi açısından belirli sınır değerlerin altında olması gerekmektedir. Sıvı örneklerdeki toplam çözünmüş katı madde miktarı %0,1'in, organik madde içeriği de %2'nin altında olmalıdır. Örnekler ayrıca askıda katı partiküller içermemelidir. Analiz edilecek bu tür örneklerin mutlaka 0.45 mikronluk filtreden geçirilmelidir. Katı örneklerin analiz aşaması öncesi çözelti haline getirilmesi gerekmektedir. Katı örneğin türüne (jeolojik, çevresel, biyolojik vb.) ve analiz edilmesi istenilen elementlere göre farklı örnek hazırlama metotları uygulanmaktadır. Katı örneklerin çözelti haline getirilmesi yüksek basınca dayanıklı teflon kaplar içerisinde mikrodalga sisteminde yapılmaktadır. Eritme işleminde yüksek saflıktaki asitlerden (HNO₃, HCl, HF, HClO₄ vb.) hazırlanmış asit karışımları kullanılmaktadır. Hazırlanan asit karışımları analite ve metoda göre değişmektedir (Deveci 2012).

3.2.2.2. Argon Plazma

Örnek nebulizardan geçer, aerosol meşale içerisine doğru hareket eder ve daha fazla argon gazı ile karışır. Bağlantı bobini, radyo sinyallerini ısıtılmış argon gazına iletmek amacıyla kullanılır. Böylece meşale üzerinde argon plazma “alev” oluşturulmuş olur. Sıcak plazma geride kalan çözücüü uzaklaştırır ve örneğin atomlaştırılmasını ve takiben iyonlaşmasını sağlar. Örnek iyonlaşmasının yanı sıra örnek yapısında bulunan elektronlar uyarılır. Örnek plazma içerisinde 6000-7000 K e kadar ısıtıldığında değerlik elektronları uyarılır ve spesifik 19 dalga boyunda foton yayar. Bu yayılım ile örneğin elemental kompozisyonu belirlenir (Deveci 2012).

3.2.2.3. ICP-MS Interfaz

Atomlaşma ve iyonlaşma atmosferik koşullarda gerçekleştiğinden ICP ve MS parçaları arasındaki bağlantı ara yüzü, MS sisteminde vakum ortamı oluşturulması için önemlidir. İyonlar 1 mm genişliğinde küçük orifisten geçerek vakum bölmesine doğru akmasıyla süpersonik jet akımı oluşur ve örnek iyonları MS sistemine doğru yüksek hızda girer, vakum ortamında yayılır. Tüm MS sistemi vakum altında olduğu için örnek iyonları hava moleküllerine çarpmadan serbestçe hareket edebilmektedir. ICP sisteminin atmosferik basınçta çalışmasından dolayı, pompa sistemi sürekli olarak spektrometrenin içini vakum altına tutmak zorundadır. İyon akımları quadropola ulaşmadan önce, basıncı yavaş yavaş 10-5 mbar'a düşürmek için, çeşitli pompalar kullanılır. Eğer tek bir pompa kullanılıyor ise kapasitesi basıncı iyon akısı MS spektrometresine girdikten sonra ani şekilde düşürebilecek kapasitede olmalıdır (Deveci 2012).

3.2.2.4. MS Spektrometre

MS spektrometresinin ilk aşamasında, iyonlar pompalı bir ekstraksiyon sistemi ile plazmadan ayrılır. Bir ışın demeti üretilir ve bu ışın demeti asıl birime iyice odaklanır. İyon yüklerini, kütlelerine göre izotopları ayıran birçok farklı tip kütle analizörleri vardır. Quadropole analizör kullanımı kompakt ve kolaydır fakat aynı kütleyle sahip iyon yükü oranlarında (m/z) daha düşük ayırım gücüne sahiptir. Çift odaklama sektöründe analizleri daha iyi ayırım gücüne sahiptir fakat daha pahalıdır (Deveci 2012).

3.2.2.5. Dedektör

ICP-MS sisteminde en sık kullanılan detektör tipi Channeltron elektron multiplier detektörüdür. Bu koni ya da boynuz şeklindeki tüpe belirlenmek istenen iyonla zıt yüklenecek şekilde yüksek voltaj uygulanmaktadır. Quadropolu terk eden iyonlar koni şeklindeki dedektörün iç yüzeyine doğru çekilirler. Bu iyonlar yüzeye çarptığında ikincil elektronlar yayımlanır ve tüpün içine doğru ilerledikçe yayımlanan ikincil elektronların sayısı artmaya devam eder. İyonun koninin girişine çarptıktan sonra proses devam ettikçe tüpün diğer ucundan daha fazla 108 elektron çıkacak kadar çok elektron yayımlanmaya devam eder (Deveci 2012).

4. BULGULAR

Piyasada satışı sunulan farklı markalardan toplanan 200 adet kaynak suyu örneklerinin bakır, arsenik, civa, kadmiyum ve kurşun kalıntı miktarları Tablo 4.1’de verilmiştir.

Tablo 4-1: Kaynak sularında ağır metal kalıntısı bulguları

Numune adedi	İncelenen parametreler	Pozitif numune adedi	Pozitif numunelerde ($\mu\text{g/L}$)		Uygun olmayan numune	
			en az-en yüksek	ortalama	adedi	oranı(%)
200	Pb	190	0.002-31.99	0.33	12	%6
	As	200	0.007-10.88	0.57	1	%0.5
	Hg	124	0.001-0.258	0.01	-	-
	Cd	199	0.001-0.452	0.05	-	-
	Cu	32	0.047-18.87	0.32	-	-

Kaynak suyu örneklerinin 190 adedinde (%95) kurşun (Pb) tespit edilmiştir. Pozitif örneklerin 12 adedinde (%6) yönetmelikte belirtilen limit değerin ($10 \mu\text{g/L}$) üzerinde kurşun saptanmıştır.

200 adet kaynak suyu örneğinin tümünde (%100) arsenik (As) tespit edilmiştir. Fakat bu örneklerin 1 adedi (%0.5) yönetmelikte belirtilen limit değerin ($10 \mu\text{g/L}$) üzerindedir, uygun değildir.

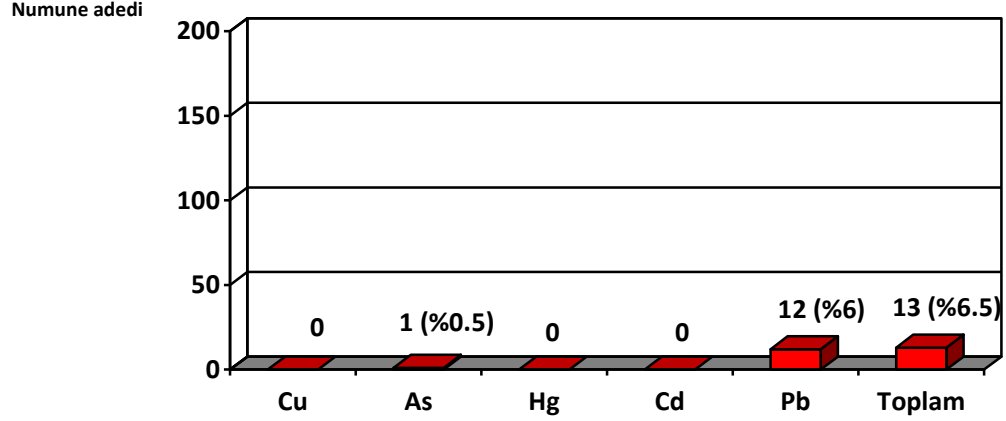
Kaynak suyu örneklerinin 124 adedinde (%62) civa (Hg) saptanmıştır. Pozitif örneklerin tümü yönetmelikte belirtilen limit değerin ($1,0 \mu\text{g/L}$) altındadır. Civa parametresi yönünden tüm örnekler (%100) uygundur.

200 adet kaynak suyu örneğinin 199 adedinde (%99.5) kadmiyum (Cd) tespit edilmiştir. Pozitif örneklerin tümü yönetmelikte belirtilen limit değerin ($5,0 \mu\text{g/L}$) altındadır. Kadmiyum parametresi yönünden tüm örnekler (%100) uygundur.

200 adet kaynak suyu örneğinin 32 adedinde (%16) bakır (Cu) saptanmıştır. Pozitif örneklerin tümü yönetmelikte belirtilen değerin ($2 \text{ mg/L}=2000,0 \mu\text{g/L}$) altındadır. Bakır parametresi yönünden tüm örnekler (%100) uygundur.

Kaynak sularında ağır metal kalıntıları yönünden uygun olmayan numune sayıları Şekil 4.1’de verilmiştir.

Şekil 4.1: Kaynak sularında ağır metal kalıntıları yönünden uygun olmayan numune sayıları

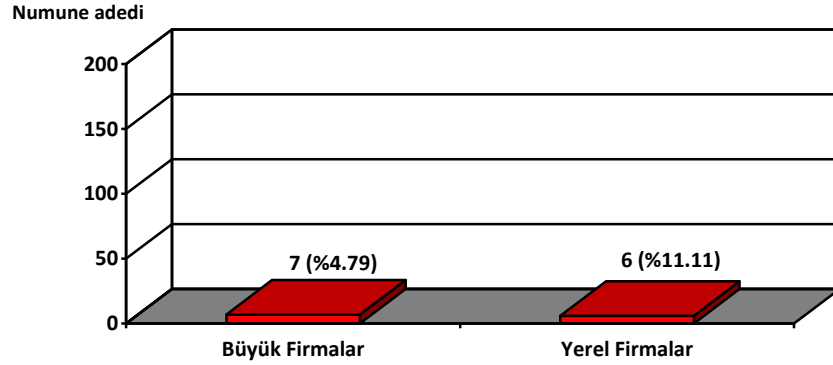


Aşağıdaki tabloda piyasada bilinen, tanınan ve yerel firmalara (diğer olarak belirtilen) ait kaynak suyu örneklerindeki ağır metal kalıntıları yönünden uygun olmayan parametre adetleri belirtilmiştir.

Tablo 4-2: Kaynak sularında firmalara göre ağır metal kalıntısı bulguları

Numune çeşidi	Firma	Numune Adedi	Uygun olmayan parametre adedi					Uygun olmayan toplam numune adedi oranı(%)	
			Cu	As	Hg	Cd	Pb	adedi	oranı(%)
Kaynak suyu	A	35	-	-	-	-	6	6	%3
	B	21	-	-	-	-	-	-	-
	C	14	-	-	-	-	-	-	-
	D	12	-	-	-	-	-	-	-
	E	13	-	-	-	-	-	-	-
	F	11	-	-	-	-	-	-	-
	G	28	-	-	-	-	1	1	%0.5
	H	12	-	-	-	-	-	-	-
	Diğer	54	-	1	-	-	5	6	%3
Toplam	200	-	1	-	-	12	13	%6.5	

Şekil 4.2: Kaynak su satışı yapan büyük ve yerel firmaların ağır metal kalıntısı yönünden uygun olmayan numune sayıları ve oranları



Piyasada satışa sunulan farklı markalardan toplanan 200 adet doğal mineralli su örneklerinin bakır, arsenik, civa, kadmiyum ve kurşun kalıntı miktarları Tablo 4.3'de verilmiştir.

Tablo 4-3: Doğal mineralli sularda ağır metal kalıntısı bulguları

Numune adedi	İncelenen parametreler	Pozitif numune adedi	Pozitif numunelerde ($\mu\text{g/L}$)		Uygun olmayan numune	
			en az-en yüksek	ortalama	adedi	oranı(%)
200	Pb	196	0.009-11.83	3.01	3	%1.5
	As	-	0.058-72.98	4.77	23	%11.5
	Hg	188	0.003-3.567	0.72	51	%25.5
	Cd	199	0.001-0.299	0.01	-	-
	Cu	150	0.035-32.28	2.49	-	-

Doğal mineralli su örneklerinin 196 adedinde (%98) kurşun (Pb) tespit edilmiştir. Pozitif örneklerin 3 adedinde (%1.5) yönetmelikte belirtilen limit değerin (10 $\mu\text{g/L}$) üzerinde kurşun saptanmıştır.

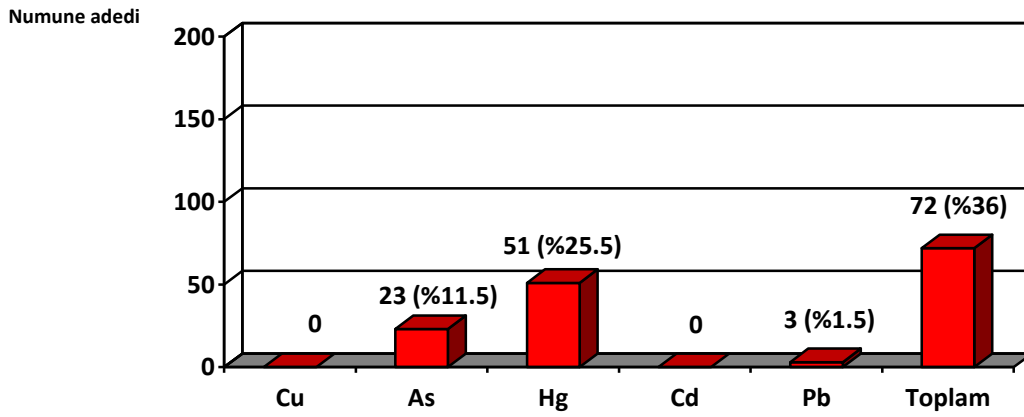
200 adet doğal mineralli su örneğinin tümünde (%100) arsenik (As) tespit edilmiştir. Bu örneklerin 23 adedi (%11.5) yönetmelikte belirtilen limit değerin (10 $\mu\text{g/L}$) üzerindedir, uygun değildir.

Doğal mineralli su örneklerinin 188 adedinde (%94) civa (Hg) saptanmıştır. Pozitif örneklerin 51 adedi (%25.5) yönetmelikte belirtilen limit değerin (1,0 $\mu\text{g/L}$) üzerindedir. Civa parametresi yönünden uygun değildir.

200 adet doğal mineralli su örneğinin 199 adedinde (%99.5) kadmiyum (Cd) tespit edilmiştir. Pozitif örneklerin tümü yönetmelikte belirtilen limit değerin ($3,0 \mu\text{g/L}$) altındadır. Kadmiyum parametresi yönünden tüm örnekler (%100) uygundur.

200 adet doğal mineralli su örneğinin 150 adedinde (%75) bakır (Cu) saptanmıştır. Pozitif örneklerin tümü yönetmelikte belirtilen değerin ($1 \text{ mg/L}=1000,0 \mu\text{g/L}$) altındadır, bakır parametresi yönünden tüm örnekler (%100) uygundur.

Şekil 4.3: Doğal mineralli sularda ağır metal kalıntısı yönünden uygun olmayan numune sayıları



Tablo 4.4'te bilinen ve yerel firmalara (diğer olarak belirtilen) ait doğal mineralli su örneklerindeki ağır metal kalıntıları yönünden uygun olmayan parametre adetleri belirtilmiştir.

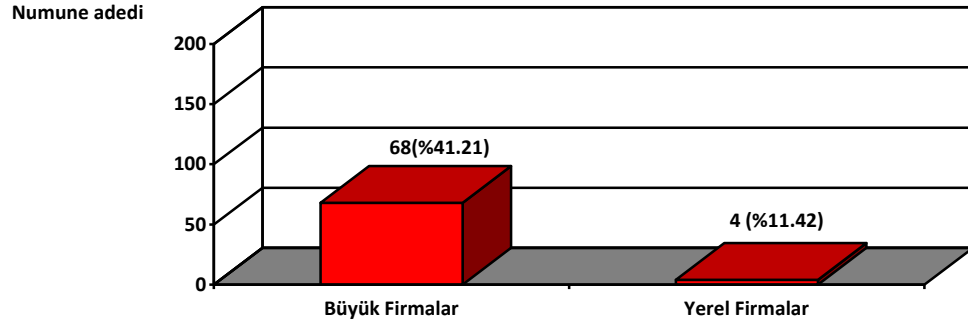
Tablo 4-4: Doğal mineralli sularda firmalara göre ağır metal kalıntılarının varlığı

Numune çeşidi	Firma	Numune Adedi	Uygun olmayan parametre adedi					Uygun olmayan toplam numune adedi oranı(%)	
			Cu	As	Hg	Cd	Pb	adedi	oranı(%)
Doğal mineralli su	K	46	-	1	16	-	-	17	%36.95
	L	23	-	-	7	-	2	9	%39.13
	M	41	-	21	5	-	-	21	%51.21
	N	37	-	-	19	-	1	20	%54.05
	O	18	-	-	1	-	-	1	%5.55
	Diğer	35	-	1	3	-	-	4	%11.42
Toplam		200	-	23	51	-	3	72	%36

M firmasına ait 41 adet doğal mineralli su örneğinin 5 adedinde, limit değerin üzerinde hem arsenik hem de civa tespit edilmiştir.

Doğal mineralli su satışı yapan büyük ve yerel firmaların ağır metal kalıntısı yönünden uygun olmayan numune sayıları ve oranları Şekil 4.4’de verilmiştir.

Şekil 4.4: Doğal mineralli su satışı yapan büyük ve yerel firmaların ağır metal kalıntısı yönünden uygun olmayan numune sayıları ve oranları



200 adet kaynak suyu ile 200 adet doğal mineralli su örneklerindeki uygun olmayan örnek adetleri Tablo 4.5’te verilmiştir.

Tablo 4-5: Kaynak suları ve doğal mineralli suların ağır metal kalıntıları yönünden genel değerlendirilmesi

Numune çeşidi	Numune adedi	Negatif numune adedi	Pozitif numune adedi	Uygun olmayan numune	
				adedi	oranı (%)
Kaynak suyu	200	-	200	13	%6.5
Doğal mineralli su	200	-	200	72	%36

Kaynak suyu örneklerinin 13 adedinde (%6.5) yönetmelikte belirtilen limit değerlerinin üzerinde ağır metal kalıntısı/kalıntıları tespit edilmiştir. Doğal mineralli su örneklerinin 72 adedinde (%36) yönetmelikte belirtilen limit değerlerinin üzerinde ağır metal kalıntıları tespit edilmiştir.

5. TARTIŞMA

Doğal mineralli sular, zaman içerisinde yeraltında toprakta bulunan bazı element ve maddeleri çözündürürler. Çözünen mineraller, eser elementler ve diğer bazı bileşikler sularla taşınır. Bunlar arasında insanların beslenme fizyolojisinde rol oynayan ve olumlu etkileri olanların yanında, bazılarının insan sağlığı ve su kalitesi üzerinde olumsuz etkileri vardır. Bu nedenle belli bazı elementlerin mineralli suların içerisinde belirlenmiş sınır değerlerin üzerinde bulunmaları uygun değildir (Karagülle 2004).

Mineralli suların oluşum süreçleri sırasında doğada, toprak altında iken insanlardan kaynaklanan kirleticilerle (atık ve kanalizasyon suları, gübreler, sanayi maddeleri, deterjanlar gibi evsel atıklar, pestisitler gibi tarım ilaçları vb.) kontamine değildir. Doğal mineralli su kaynaklarının kirletici etkenlerden korunmasının yasal zorunluluk haline getirilmesi bu nedenle önem taşımaktadır (Karagülle 1998).

İçme ve kullanma sularının temizliğinin, arıtma işlemlerinin güvenilirliğinin, daha önemlisi halka sunulan ambalaj ve tüketim şeklinin mikrobiyolojik açıdan sağlığa uygunluğunun araştırılması büyük önem taşımaktadır. İnsan sağlığı açısından içme ve kullanma sularının tüm dünyada belli kriterlerde olması gerekmektedir. Suda muhtemel bir kirlenmeyi ortaya koymak ve bunun sebep olabileceği salgınları önlemek için suların düzenli mikrobiyolojik ve kimyasal kontrollerinin yapılması gereklidir. Bir kirlenme tespit edildiğinde kaynağı araştırılmalı ve ortadan kaldırılıncaya kadar su kullanılmamalıdır (Altinkum 1996; Öztürk 2003).

Önemli kimyasal tehlikelerden biri olan ağır metallerin su ve organizmadaki dağılımının incelenmesi, çevresel kirliliği gösteren kriterlerdendir. Kentsel ve endüstriyel atıkların sulara karışması, bu toksik maddelerin ekosisteme girmesine sebebiyet vermektedir (Vural 1993).

İçme suyu olarak kullanılan suların köken aldığı kaynak, kuyu ve şebeke sularındaki ağır metal kalıntılarını belirlemeye yönelik birçok çalışma yapılmıştır.

Çalışmamızda kaynak suyu örneklerinin 190 adedinde (%95) kurşun (Pb) tespit edilmiştir. Pozitif örneklerin 12 adedinde (%6) yönetmelikte belirtilen limit değerin (10 µg/L) üzerinde kurşun saptanmıştır. Doğal mineralli su örneklerinin ise 196 adedinde

(%98) kurşun (Pb) tespit edilmiştir. Pozitif örneklerin 3 adedinde (%1.5) yönetmelikte belirtilen limit değerin (0.01 mg/L=10 µg/L) üzerinde kurşun saptanmıştır.

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, Yücel ve ark. 1995; Bakaç ve Kumru 2000, Toroğlu ve ark. 2006) arasında bildirilmiştir.

Tekin ve Aydın (1998) çalışmasında, Zonguldak Merkez'e bağlı Elvan-Pazarcık köyü ile Bartın iline bağlı Ulus ilçesinin Güneyören köyünün çeşme sularında tespit edilen kurşun miktarları; Elvan kaynak suyunda 0.11 ppm, Elvan mahalle çeşmesinde 0.11 ppm, Pazarcık kaynak suyunda 0.096 ppm, Pazarcık mahalle çeşmesinde 0.222 ppm ve Güneyören Uyara kaynak suyunda 0.115 ppm olarak bildirilmiştir.

Kahraman ve ark. (2012) çalışmasında, analizi yapılan su örneklerinde ortalama kurşun düzeyini 57.7 µg/L olarak saptamıştır. Ortalama değerler ilkbahar mevsiminde daha yüksek (68.4 µg/L) bulunmuşlardır. 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) belirlenmiştir. Kurşun düzeyi üzerine mevsimin etkisi önemli ($p<0.05$) bulunmuştur. Mevsimler arası farkın da istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$) olduğu belirlenmiştir. Ortalama kurşun düzeyi, her iki mevsimde de standart değerlerin üstünde bulunmuştur.

İncelenen su örneklerindeki kurşun düzeyinin yüksek olması halk sağlığı açısından önemli bir bulgudur. Yüksek miktarda kurşun alımı böbrek, sinir ve beyin hasarı ile kemik tümörleri, anemi, kan basıncında artış ve çocuklarda kalıcı mental bozukluklara neden olur (Kahraman ve ark. 2012). İçme sularında kurşun düzeyi arttıkça guatrlı hasta sayısının da arttığı bildirilmiştir (Tekin ve Aydın 1998).

Çalışmamızda incelenen 200 adet kaynak suyu örneğinin 32 adedinde (%16) bakır (Cu) saptanmıştır. Pozitif örneklerin tümü yönetmelikte belirtilen değerin (2 mg/L=2000,0 µg/L) altındadır. Bakır parametresi yönünden tüm örnekler (%100) uygundur. 200 adet doğal mineralli su örneğinin 150 adedinde (%75) bakır (Cu) saptanmıştır. Pozitif örneklerin tümü yönetmelikte belirtilen limit değerin (1,0 mg/L=1000,0 µg/L) altındadır. Bakır parametresi yönünden tüm örnekler (%100) uygundur.

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. İncelenen örnekler bakır yönünden standartlara uygunluk göstermiştir.

Kumbur ve ark. (2008) Adanalıoğlu Belediyesi'nde yaptıkları çalışmalarında, hasat döneminde alınan su numunelerinde minimum ve maksimum bakır miktarlarını; Adanalıoğlu (9 noktada) 4.4-38.4 µg/L, Homurlu (9 noktada) 3.5-111.2 µg/L, Kazanlı (9 noktada) 3.7-22.6 µg/L ve Kocahasanlı (5 noktada) 2.1-48.5 µg/L olarak tespit etmişlerdir.

Tarımsal alanlarda görülen ağır metal artışının, bölgede kullanılan gübre ve pestisitlerden kaynaklandığı belirtilmektedir. Kullanılan gübre ve pestisitlerin kalıntıları toprakta birikime uğrayarak çeşitli etkilerle (sulama suyu, yağmurlar v.b) topraktan süzülerek yeraltı sularına ulaşabilmektedir. Sulara karışan pestisit miktarlarının; toprak özelliklerine, bölge şartlarına, pestisit kimyasal yapısına, uygulama metoduna ve bölgenin meteorolojik koşullarına bağlı olarak değişim gösterdiği belirtilmektedir (Huber ve ark. 2000; Doğan 2003; Kumbur ve ark. 2008).

Kahraman ve ark. (2012) tarafından yapılan bir çalışmada incelenen örneklerde ortalama bakır düzeyini 7.52 µg/L olarak tespit etmişlerdir. 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) belirlenmiştir. Adilcevaz ve Güroymak ilçelerindeki depo sularında (ilkbahar) bakır düzeyi düşük bulunmuştur. İlkbahar mevsiminde Hizan ilçesindeki depo sularında bakır tespit edilememiştir. Mevsim ve yerleşim yerlerinin bakır üzerine etkisi önemli ($p < 0.05$) bulunmuştur.

Araştırmamızda incelenen 200 adet kaynak suyu örneğinin 199 adedinde (%99.5) kadmiyum (Cd) tespit edilmiştir. Pozitif örneklerin tümü yönetmelikte belirtilen limit değer (5,0 µg/L) altındadır. Kadmiyum parametresi yönünden tüm örnekler (%100) uygundur. 200 adet doğal mineralli su örneğinin 199 adedinde (%99.5)

kadmiyum (Cd) tespit edilmiştir. Pozitif örneklerin tümü yönetmelikte belirtilen limit değerinin (0.003 mg/L =3,0 µg/L) altındadır. Kadmiyum parametresi yönünden tüm örnekler (%100) uygundur.

Kahraman ve ark. (2012) tarafından yapılan bir çalışmada incelenen örneklerde ortalama kadmiyum düzeyi 2.58 µg/L olarak belirlenmiştir. İlkbahar ve sonbahar mevsimi ortalama değerleri sırasıyla 4.40 ve 0.73 µg/L olarak saptanmıştır. Kadmiyum yönünden en yüksek değerler Tatvan ilçesindeki depo (8.05 µg/L) ve musluk (6.43 µg/L) sularında (ilkbahar) belirlenmiş, en düşük kadmiyum değeri sonbahar mevsiminde Hizan ilçesindeki depo sularında (0.03 µg/L) tespit edilmiştir. Adilcevaz ilçesinden alınan örneklerde (depo, musluk) sonbahar mevsimi kadmiyum düzeyi saptama sınırının altında bulunmuştur. Mevsim ve yerleşim yerlerinin kadmiyum üzerine etkisinin önemli ($p<0.05$) olduğu tespit edilmiştir.

Çeşitli araştırmalarda 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.

Çalışmamızda incelenen 200 adet kaynak suyu örneğinin tümünde (%100) arsenik (As) tespit edilmiştir. Fakat bu örneklerin 1 adedi (%0.5) yönetmelikte belirtilen limit değerinin (10 µg/L) üzerinde tespit edilmiş olup, uygun değildir. 200 adet doğal mineralli su örneğinin tümünde (%100) arsenik (As) saptanmıştır. Bu örneklerin 20 adedi (%5) yönetmelikte belirtilen limit değerinin (0.01 mg/L=10 µg/L) üzerinde olduğundan yönetmeliğe uygun bulunmamıştır.

Gürtunca ve ark. (1973) Ankara ve yöresinde içilen ya da kullanılan çeşitli suların arsenik içeriklerini araştırdıkları çalışmalarında Etimesgut'daki derekuyu suyunda 0.120 ppm, anadepo suyunda 0.140 ppm ve Kazan köyünden ana depoya giriş suyunda da 0.200 ppm yoğunluğunda arsenik saptamışlardır. Ankara kentinde içme ve kullanma suyu olarak değerlendirilen baraj ya da musluk suyunda 0.014 ppm yoğunluğunda arsenik bulunmuştur. Kavacık içme suyunda ise arsenik saptanmamıştır.

Yapılan çalışmalarda, Bursa ve çevresinde içme suyu kaynaklarında (0.051-21.423 µg/L), Bigadiç-Balıkesir yeraltı suyunda (30-900 µg/L) yüksek miktarda arsenik belirlenmiştir (Erdol ve Ceylan 1997; Gemici ve ark. 2008).

Yılmaz ve Ekici'nin (2004) çalışmasında Van yöresinden toplanan içme suyu örneklerindeki arsenik düzeyleri spektrofotometrik yöntemle analiz edilmiştir. Van ili 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 ilçesi ve köylerinde 7.024–9.740 ppb (8.444 ± 0.568 ppb), Çaldıran ilçesi ve köylerinde 9.440–12.040 ppb (10.772 ± 0.434 ppb), Çatak ilçesi ve köylerinde 4.122–10.444 ppb (6.738 ± 1.06 ppb), Edremit ilçesi ve köylerinde 0.510–0.628 ppb (0.569 ± 0.005 ppb), Ercis ilçesi ve köylerinde 2.200–6.210 ppb (3.824 ± 0.403 ppb), Gevas ilçesi ve köylerinde 0.970–4.800 ppb (1.995 ± 0.639 ppb), Gürpınar ilçesi ve köylerinde 5.880–8.970 ppb (7.359 ± 0.467 ppb), Muradiye ilçesi ve köylerinde 5.402–14.210 ppb (7.926 ± 1.62 ppb), Özalp ilçesi ve köylerinde 1.960–4.684 ppb (3.584 ± 0.369 ppb) ve Saray ilçesi ile köylerinde 4.114–5.540 ppb (4.741 ± 0.33 ppb) olarak bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar, ortalama arsenik içeriğinin 5.027 ± 0.368 ppb (en az 0.378 ve en çok 14.210 ppb) olduğunu göstermiştir.

Başkan ve Pala'nın (2009) çalışmasında İzmir'e bağlı bazı ilçelerdeki çeşme sularından alınan örneklerle yapılan analizler sonucunda standartların üzerinde arsenik bulunmuştur.

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 (Huysman ve Frankenberger 1990; Zhou. 1993; Hunt ve Howard 1994).

Sulardaki arsenik düzeylerinin çeşitliliği arazinin coğrafi yapısına, artezyen ve kuyu sularının derinliklerine ve kirletici 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 (Chen ve ark. 1988).

Birçok ülkede yeraltı sularının arsenikle kirlenmesi sonucunda 100 milyonun üzerinde insan arsenik zehirlenmesi riski ile karşı karşıya kalmıştır. İçme sularında

yüksek miktarda arsenik olduğu rapor edilen yerler arasında Bengal Deltası (Batı Bengal, Hindistan ve Bangladeş) (Farias ve ark. 2003; Wickramasinghe ve ark. 2004; Harvey ve ark. 2006; Sancha 2006; Mondal ve ark. 2006), Amerika (Han ve ark. 2002; Steinmaus ve ark. 2005; Wang ve Mulligan 2006), Çin (Yuan ve ark. 2003) ve Yeni Zelanda (Gregor 2001) yer almaktadır. Özellikle Hindistan ve Bangladeş’de içme sularından kaynaklanan arsenik nüfusun çok önemli bir kısmını etkilemiştir (Başkan ve Pala 2009).

Çalışmamızda incelenen kaynak suyu örneklerinin 124 adedinde (%62) civa (Hg) saptanmıştır. Pozitif örneklerin tümü yönetmelikte belirtilen limit değerin (1,0 µg/L) altındadır. Civa parametresi yönünden tüm örnekler (%100) uygundur. Doğal mineralli su örneklerinin ise 188 adedinde (%94) civa (Hg) saptanmıştır. Pozitif örneklerin 51 adedi (%25.5) yönetmelikte belirtilen limit değerin (0.001 mg/L=1,0 µg/L) üzerinde olup civa parametresi yönünden bu örneklerin uygun olmadığı bulunmuştur.

Civa zehirlenmesi ile ilgili ilk epidemiyolojik bulgular Japonya'nın Minomata kentinde ortaya çıkmıştır. Vinil klorür üreten fabrika artıklarının Minomata körfezine dökülmesi sonucu, civa ve civa bileşiklerinin Mimota-Bay nehrini kirletmesine neden olmuştur. İnsanlara geçmesi ve ölüme neden olacak boyutlara erişmesinin sebebini, bölge halkının su ürünlerini (özellikle balıklar) gıda olarak tüketmesinden kaynaklandığı yapılan araştırmalarda tespit edilmiştir. Minomata'da meydana gelen ve birçok kişinin hastalanmasına, 100'den fazla kişinin ölmesine sebep olan bu olay, civa ve civa bileşiklerinin (ağır metallerin) insan sağlığını ne derecede tehdit ettiğini ortaya koymaktadır. (Holden 1973; Pehlivan ve ark. 1993; Ekino ve ark. 2007).

Derin okyanus sularında civa konsantrasyonu tüm dünyadaki toplam miktarının %74'ünü içermekte olup, %24'ü okyanusun sığ sularında, %2'si ise atmosferde bulunmaktadır (Booth ve Zeller 2005). Su ekosistemlerinde civa, potansiyel bir nörotoksin olan metil civaya dönüşerek besin zincirinde biyoakümüle olmakta, insanları ve vahşi hayatı etkilemektedir (Selin 2009). Doğrudan deşarj ve atmosferik taşınım sonucunda metil civa insan sağlığını bozmaktadır. Bu kirletici, geleneksel beslenme alışkanlıklarında yoğun şekilde su ürünleri tüketen toplumları da etkilemektedir (Booth ve Zeller 2005; Mol ve Doğruyol 2012).

Ullrich ve ark. (2007) çalışmasında Balkyldak gölü çökellerinin yüksek konsantrasyonda civa ile kirlenmiş olduğunu bulmuşlardır. Gölün kuzey kıyı şeridindeki (10-15 metre) daha az kirlenmiş sığ alanlarından alınan filtre edilmemiş su örneklerinde 0.11 µg/L, kirletici madde boşaltılan güney şeridinden alınan örneklerde ise 1.39 µg/L (rüzgarlı günlerde 7.3 µg/L) civa saptanmıştır.

Civa zehirlenmesi sonucu oluşan akut zehirlenmeler ile nörolojik bozukluklar, böbrek hasarı oluşturmakla birlikte kronik zehirlenme sonucunda titreme, diş etleri iltihabı, psikolojik değişiklikler ile gebelerde düşük ya da bebekte doğumsal anomaliler gözlenebilmektedir (Çağlarırnak ve Hepçimen 2010).

Sonuç olarak; ülkemizdeki çarpık kentleşme, bilinçsiz tarım ilacı kullanılması, arıtma tesisi olmayan endüstriyel kuruluşların atıklarını doğrudan akarsu, kanal veya atmosfere boşaltmaları çevre ve doğal suların ağır metallere bulaşmasının en önemli nedenleridir. Su kaynaklarının korunması, içme suyu başta olmak üzere sularda kalite analizlerinin rutin olarak yapılması, toplum sağlığı açısından önem taşımaktadır. Ayrıca çevre bilincinin oluşturulması, yeterli sayıda arıtma tesisi kurulumu ve bu tesislerin denetlenmesi, bilinçsiz olarak sentetik gübre ve tarım ilaçlarının kesinlikle kullanılmaması gerekmektedir. Biyolojik olarak yıkımlanması zor olan ya da hiç yıkımlanamayan tarım ilaçları yerine biyolojik mücadele uygulamalarının yaygınlaştırılması desteklenmelidir.

KAYNAKLAR

Aberhart A.R., Larson G.L., Mathews JR., R.C. (1984). Heavy metals in surficial sediments of Fontana Lake, North Carolina. *Water Research*. **18**(3):351-354.

Akhan, M ve Çetin, Ö. (2007). Bir kaynak suyu tesisinde olası mikrobiyal kontaminasyonun incelenmesi. *Türk Mikrobiyoloji Cemiyeti Dergisi*. **37**(4):13-220.

Alemdar, S., Ağaoğlu, S., Alişarlı, M. ve Dede, S. (2007). Van bölgesi su kaynaklarında ağır metal kirlilik düzeyleri. *Eurasian Journal of Veterinary Sciences*. **23**:19-29.

Altinkum, S.M. (1996). *İstanbul'da satılan içme sularının bakteriyolojik yönden incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi. İ.Ü. Sağlık Bilimleri Enstitüsü. İstanbul.

Anon. (1980). Council Directive of 15 July 1980 on the approximation of the laws of the member states relating to the exploitation and marketing of natural mineral waters (80/777/EEC), Official J Europ Commun 30.8.1980, NO L 229, Volume 13:1-10.

Anon. (1999). Türkiye'de Su Pazarı. *Gıda Teknolojisi Dergisi*. **5**:14-22.

Anon. (2001). Codex Standard for Natural Mineral Waters: Codex Stan 108-1981, Rev.1-1997, Amended in 2001:1-6.

Anon. (2004a). Doğal Mineralli Sular Hakkında Yönetmelik. T.C. Sağlık Bakanlığı. Resmi Gazete Sayısı: 25657

Anon. (2004b). Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği. Çevre ve Orman Bakanlığı. Resmi Gazete Sayısı: 25687

Anon. (2005). İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik. T.C. Sağlık Bakanlığı. Resmi Gazete Sayısı: 25730.

Asri, F.Ö., Sönmez, S. ve Çıtak, S. (2007). Kadmiyumun çevre ve insan sağlığı üzerine etkileri. *Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*. 24(1):32-39.

Bakaç, M. ve Kumru, M.N. (2000). Menemen (İzmir) ovası su ve topraklarında radyoaktivite araştırması ve ağır metal kirliliği. *Ekoloji*. **9**: 26-30.

Barak, N.A. ve Mason, C.F. (1990). Mercury, cadmium and lead in eels and roach: The effects of size, season and locality on metal concentrations in flesh and liver. *Science of The Total Environment*. **92**: 249-256.

Barbosa, Jr.F., Tanus-Santos, J.E. ve Gerlach, R.F. (2005). A critical review of biomarkers used for monitoring human exposure to lead: Advantages, limitations, and future needs. *Environmental Health Perspectives*. 113(12):1669-74.

Başkan, B.M. ve Pala, A. (2009). İçme sularında arsenik kirliliği: Ülkemiz açısından bir değerlendirme. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*. 15(1):69-79.

Bostan, K. ve Aksu, H. (1995). Bir kaynak suyu şişeleme tesisinde mikrobiyel kontaminasyon kaynakları üzerine bir araştırma. *Gıda*. **20**(6): 347-351.

Booth, S. ve Dirk, Z. (2005). Mercury, food webs, and marine mammals: Implications of diet and climate change for human health. *Environmental Health Perspectives*. **113**(5): 521–526.

Bulut, V.N. ve Tüfekçi, M. (2005). Trabzon (Maçka) Kalyan akarsuyunun su kalitesinin incelenmesi. Trabzon. Ulusal Su Günleri Sempozyumu. s: 377-384.

Chen, C.J., Wu, M.M., Lee, S.S., Wang, J.D., Cheng, S.H. ve Wu, H.Y. (1988). Artherogenicity and carcinogenicity of high-arsenic artesian well water. *Arteriosclerosis*. **8**(5) :452-460.

Chou, H.S.J. ve Rosa, C.T.D. (2003). Case studies-Arsenic. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. **206**(4-5): 381-386.

Çağlarırnak, N. ve Hepçimen, A.Z. (2010). Ağır metal kirliliğinin gıda zinciri ve insan sağlığına etkisi. *Akademik Gıda*. 8 (2): 31-35.

Çetin, E. ve Malas, M.A. (2005). Fetal büyümeye etki eden çevresel faktörler. *Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fak. Derg.* **12**(2): 65-72.

Çıtak, A. ve Yılmaz, H.L. (2011). *Pediyatrik Zehirlenmeler*. İstanbul Tıp Kitabevi. s. 233

Denizli, A. ve Yavuz, H. (2001). Ağır Metal Toksikolojisi. *Standart Dergisi*. **477**: 76-82.

Deveci, T. (2012). *Gaziantep'te atık sulardan etkilenen toprak ve bitkilerde eser element (Cu, Co, Mn ve Zn) ve Fe konsantrasyonlarının ICP-MS ile tayini*. Yüksek Lisans Tezi. Kilis 7 Aralık Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Kilis.

Doğan, M. (2003). Şanlıurfa'da Karakoyun Deresi atık suları ile sulanan soğanda (*Allium cepa* L.) toksik element birikimi üzerine bir araştırma. *Ekoloji*. **12**(48): 1-3.

Dündar, Y. ve Aslan, Y. (2005). Yaşamı kuşatan ağır metal kurşunun etkileri. *Kocatepe Tıp Dergisi*. **6**: 1-5

Eduljee, G., Badsha, K. ve Price, L. (1985). Enviromental monitoring and heavy metals in the vicinity of a chemical waste disposal facility. Part I. Chemosphere. **14**(9):1371-1382.

Ekin, S. ve Bildik, A. (1997). Van merkez ve çevresindeki sularda bazı ağır metal düzeylerinin araştırılması. *Yüzüncü Yıl Üniv. Sağ. Bil. Derg.* **3**:58-63.

Ekino, S., Susa, M., Ninomiya, T., Imamura, K. ve Kitamura, T. (2007). Minamata disease re-visited: An update on the acute and chronic manifestations of methyl mercury poisoning. *Journal of the Neurological Sciences.* **262**(1-2): 131–144.

Erdol, S. ve Ceylan, S. (1997). Bursa yöresinde içme ve kullanma sularında arsenikle kirlenmenin araştırılması. *Uludağ Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Dergisi.* **16**: 119–127.

Erol İ. (2007). *Gıda Hijyeni ve Mikrobiyolojisi.* Ankara. Pozitif Matbaacılık Ltd.Şti. s. 312-317.

Egemen, Ö. ve Sunlu, U. (1999). Su Kalitesi. Ege Üniv. Su Ürünleri Fak. Yayın No. 14, İzmir.

Farias, S.S., Casa, V.A., Vazquez, C., Ferpozzi, L., Pucci, G.N. ve Cohen, I.M. (2003). Natural contamination with arsenic and other trace elements in groundwaters of Argentina Pampean Plain. *The Science of The Environment.* **309**:187-199.

Fikirdeşici, Ş. (2010). Kadmiyum (CdCl₂.H₂O), arsenik (AS₂O₃) ve karışımlarının *Daphnia magna* (Straus 1820) (Cladocera, Crustacea) üzerine akut toksik etkilerinin

araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı.

Gemici, Ü., Tarcan, G., Helvacı, C. ve Somay, A.M. (2008). High arsenic and boron concentrations in groundwaters related to mining activity in the Bigadiç Borate Deposits (Western Turkey). *Applied Geochemistry*. **23**: 2462-2476.

Grandjean P. (1992). Health significance of metals- lead. Maxcy-Rosenau-Last Public Health and Preventive Medicine. Ed. Last JM, Wallace RB. 13.Baskı. s: 389-391.

Gregor, J. (2001). Arsenic removal during conventional aluminium-based drinking water treatment. *Water Research*. **35**(7): 1659-1664.

Güler, Ç. ve Vaizoğlu, S.A. (2008). İçme suyu ham su kaynağı olarak ırmak suyu. *Hacettepe Tıp Dergisi*. **39**:96-101

Güneş, K. ve Ünver, İ. (2008). Quality parameters of surface waters in Sakarya delta. *Su Ürünleri Müh. Der. Derg.* **32**: 17-21.

Gürtunca, Ş., Ceylan, S. ve Şanlı, Y. (1973). Ankara ve yöresindeki bazı içme ve kullanma suları örneklerinin arsenik yönünden araştırılması. *A.Ü. Vet. Fak. Derg.* **20**(1): 85-95.

Han, B., Runnells, T., Zimbron, J. ve Wickramasinghe, R. (2002). Arsenic removal from drinking water by flocculation and microfiltration. *Desalination*. **145**: 293-298.

Harvey, C.F., Ashfaq, K.N., Yu, W., Badruzzaman, A.B.M., Ali, M.A., Oates, P.M., Michael, H.A., Neumann, R.B., Beckie, R., Islam, S. ve Ahmed, M.F. (2006).

Groundwater dynamics and arsenic contamination in Bangladesh. *Chem. Geo.* **228**: 112-136.

Holden, A.V. (1973). Mercury in fish and shelifish. A rewiev. *Journal Food Technology.* **8**: 1-25.

Hopenhayn C., Ferreccio C., Browning S.R., Huang B., Peralta C., Gibb, H., ve ark. (2003). Arsenic exposure from drinking water and birth weight. *Epidemiology.* **14**(5):593-602.

Huber, A., Bach, M. ve Frede, H.G. (2000). Pollution of surface waters with pesticides in Germany: modeling non-point source inputs. *Agriculture, Ecosystems and Environment.* **80**:191-204.

Hunt, L.E. ve Howard, A.G. (1994). Arsenic speciation and distribution in the carnon estuary following the acute discharge of contaminated water from a dissed mine. *Mar. J. Bull.* **28**(1) : 33-38.

Huysman, K.D. ve Frankenberger, W.T. (1990). Arsenic resistant microorganisms isolated from agricultural drainage water and evaporation pond sediments. *Water Air Soil Pollution.* **53**(1-2): 159-168.

Ilgar, R. (2004). *Dünya su yönetimi ve su eğitimi*. Erişim: 25.08.2013 <http://www.eab.org.tr/eab/oc/egtconf/pdfkitap/pdf/213.pdf>

Jain, A., Raven, K.P. ve Loeppert, R.H. (1999). Arsenite and arsenate adsorption on ferrihydrite: Surface charge reduction and net OH⁻ release stoichiometry. *Environmental Science and Technology.* **33** (8):1179-1184.

Kabaş, N.G. (2007). Modifiye edilmiş pomza ile ağır metal uzaklaştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Isparta.

Kahraman, T., Alemdar, S., Alisharlı, M. ve Ağaoğlu, S. (2012). Bitlis ili içme sularında ağır metal düzeyleri. *Eurasian J Vet Sci.* **28**(3):164-171

Kalay, M. ve Karataş, S. (1999). Kadmiyum'un *Tilapia nilotica*'da kas, beyin ve kemik (Omurga Kemiği) dokularındaki birikimi. *Tr.J. of Zoology.* **23**(3):985-991.

Karagülle, M.Z. (1998). Doğal mineralli sular, özellikleri, nitrit, nitrat sorunu ve Türkiye'deki yasal düzenlemeler. III. Ulusal Su Simpozyumu Bildiriler. 31-38.

Karagülle, M.Z. (2004). Güvenli su, doğal kaynak suyu, mineralli su. *ANKEM Derg.* **18**(2):21-25.

Kayaardı, S. (2010). Gıda Hijyeni ve Sanitasyon. Manisa, Seher Matbaacılık, Sidas Medya Ltd.Şti., pp. 177-178.

Kayar, V.N. ve Çelik, A. (2003). Gediz nehri kimi kirlilik parametrelerinin tayini ve su kalitesinin belirlenmesi. *Ekoloji.* **12**: 17-22.

Kılıç, A.M. (2003). Tuz Gölü'nde ortaya çıkan kirlenme ve kimyasal açıdan göl suyunun incelenmesi. V. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, 01-04 Ekim Ankara. s:584-592.

Kılıç, S. (2008). Küresel iklim değişikliği sürecinde su yönetimi. *İ.Ü. Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi.* **39**:161-186.

Kır İ., Özen S.T. ve Tuncay Y. (2007). Kovada Gölü'nün su ve sedimentindeki bazı ağır metallerin mevsimsel değişimi. *E.Ü. Su Ürünleri Dergisi.* **24**(1-2):155-158.

Kimiran, A., Çotuk, A. ve Çotuk, Y. (2004). İstanbul kıyı sularında eser element konsantrasyonu ile indikatör bakteri üremesi arasındaki ilişki. *Orlab On-Line Mikrobiyoloji Derg.* 2, 10.

Köksal, F. (1999). *İstanbul'un su kaynaklarının patojen barsak bakterileri bakımından değerlendirilmesi*. Doktora Tezi. İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü. İstanbul.

Köleli, N. ve Kantar, Ç. (2006). Fosforlu Gübrelerde Ağır Metal Tehlikesi. *Ekoloji Dergisi.* 9:1-5.

Kukul, Y.S., Çalışkan, A.D. ve Anaç S. (2007). Arıtılmış atık suların tarımda kullanılması ve insan sağlığı yönünden riskler. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi.* 44(3):101-116.

Kumbur, H. ve Vural, N. (1989). Berdan çayının metal ve deterjan kirliliğinin araştırılması. *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Derg.* 4: 25-41.

Kumbur, H., Özsoy, H.D. ve Özer, Z. (2008). Mersin ilinde tarımsal alanlarda kullanılan kimyasalların su kalitesi üzerine etkilerinin belirlenmesi. *Ekoloji Dergisi.* 17(68):54-58.

Mandal, B.K. ve Suzuki, K.T. (2002). Arsenic round the world: A Review. *Talanta.* 58(1): 201-235.

Marcovecchio, E., Moreno, V.J. ve Perez, A. (1988). Determination of heavy metal concentrations in biota of bahia blanca, Argentina. *The Science of The Environment.* 75:181-190.

Mol, S. ve Doğruyol, H. (2012). İklim değişikliğinin su ürünlerine ve tüketimine etkisi. *Journal of Fisheries Sciences.com*. **6**(4): 341-356.

Mondal, P., Majumder, C.B. ve Mohanty, B. (2006). Laboratory based approaches for arsenic remediation from contaminated water: Recent Developments. *Journal of Hazardous Materials*. **137**(1): 464-479.

Monsour, S.A. ve Sidky, M.M. (2002). Ecotoxicological studies. 3. Heavy metals contaminating water and fish from fayoum governorate, Egypt. *Food Chemistry*. **78**: 15-22.

Munsuz, N. ve Ünver, İ. (1995). Su Kalitesi. Ankara. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Yayın No. 1389.

Örün, E. ve Yalçın, S.S. (2011). Kurşun, civa, kadmiyum: Çocuk sağlığına etkileri ve temasın belirlenmesinde saç örneklerinin kullanımı. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*. Cilt: 3, Sayı: 2, 73-81.

Öztürk, M. (2003). *İstanbul'da dolum sonrası kaynak sularının mikrobiyolojik incelenmesi*. Doktora Tezi. İ.Ü. Adli Tıp Enstitüsü. İstanbul.

Sadiq, M., Locke, A., Spiers, G. ve Pearson, D.A.B. (2002). Geochemical behavior of arsenic in Kelly Lake, Ontario. *Water, Air and Soil Pollution*. **141**(1-4): 299-312.

Pehlivan, M., Pehlivan, E. ve Özler, M.A. (1993). İnsan sağlığı üzerine civa ve civa bileşiklerinin etkisi. *Çevre Dergisi*. **8**: 33-35.

Sancha, A.M. (2006). Review of coagulation technology for removal of arsenic: Case of Chile. *Journal Health Population Nutrition*. **24**: 267-272.

Selin, N.E. (2009). Global biogeochemical cy-cling of mercury: A review. *The Annual Re-view of Environment and Resource*. **34**: 43-63.

Smith, A.H., Lopipero, P.A., Bates, M.N. ve Steinmaus, C.M. (2002). *Arsenic Epidemiology and Drinking Water Standards*. Science. Vol. 296. No. 5576, p. 2145

Sönmez, İ., Kaplan, M. ve Sönmez, S. (2008). Kimyasal gübrelerin çevre kirliliği üzerine etkileri ve çözüm önerileri. *Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Derim Dergisi*. **25**(2):24-34

Steinmaus, C.M., Yuan, Y. ve Smith, A.H. (2005). The temporal stability of arsenic concentrations in well water in Western Nevada. *Environmental Research*. **99**: 164-168.

Şahin, Ü., Tunç, T. ve Örs, S. (2011). Yeraltı suyu kirliliği açısından atık su kullanımı. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*. **4**(1): 33-39

Şanlı, Y. (1995). *Veteriner Klinik Toksikoloji*. Ankara. Medisan Yayınevi. s:61-128.

Şanlı, C., Hızal, S., Koçak, Ü. ve Albayrak, M. (2006). Kırıkkale'de ilköğretimde okuyan çocuklarda kan kurşun düzeyleri. *Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi*. **49**:12-18.

Şener, S. ve Yıldırım, M. (2000). Toksikoloji. İstanbul. Teknik Yayınları. s. 119, 123, 131, 135.

Tayar, M. (2013). *Su Hijyeni*. Erişim: 25.08.2013
<http://mtayar.home.uludag.edu.tr/suhijyeni.htm>

Taylan, Z.S. ve Özkoç, H.B. (2007). Potansiyel ağır metal kirliliğinin belirlenmesinde akuatik organizmaların biokullanılabilirliği. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*. 2(9):17-33

Tekin, A.O. ve Aydın, A. (1998). İçme suları ile taşınan ağır metal kirliliği ve guatrla ilişkisinin belirlenmesi. *Ekoloji Çevre Dergisi*. 28(7):10-13

Toroğlu, E., Toroğlu, S. ve Alaeddinoğlu, F. (2006). Aksu çayında (Kahramanmaraş) akarsu kirliliği. *Coğrafi Bil Derg.* 4: 93-103.

Toze, S. (2006). Reuse of effluent water-benefits and risks. *Journal of Agricultural Management*. 80:14-159.

Turgut, S., Ercan, M., Turgut, G., Zencir, M. ve Genç, O. (2000). Yüksek bakır ve çinkonun kalp ve böbrek üzerine etkileri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fak. Derg.* 7(3):35-42.

Uğur, M., Nazlı, B. ve Bostan K. (2001). *Gıda Hijyeni*. İstanbul. Teknik Yayınları. s. 97, 98, 99.

Ullrich, S.M., Ilyushchenko, M.A. , Kamberov, I.M. ve Tanton, T. W. (2007). Mercury contamination in the vicinity of a derelict chlor-alkali plant. Part I: Sediment and water contamination of Lake Balkyldak and the River Irtysh. *Science of The Total Environment*. 381(1-2): 1-16.

Uslu, İ. ve Gökmeşe, F. (2009). Termik santral kaynaklı civa kirliliği. *Türk Bilim Araştırma Vakfı Dergisi*. 2(1):10-13.

Vehid, S., Demircan, Ç., Erginöz, H. ve Kaymaz, A. (1997). *Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Halk Sağlığı Anabilim Dalı Su kimyası Laboratuvarında yapılan su analizlerinin değerlendirilmesi*. Su Kongresi ve Sergisi. İstanbul Sergi Sarayı, Tepebaşı. s. 245-249.

Vural, H. (1993). Ağır metal iyonlarının gıdalarda oluşturduğu kirlilikler. *Çevre Dergisi*. **8**:3-8.

Wang, S. ve Mulligan, C.N. (2006). Occurrence of arsenic contamination in Canada: Sources, Behaviour and Distribution. *Science of the Total Environment*. **366**: 701-721.

Wickramasinghe, S.R, Han, B, Zimbron, J, Shen, Z, Karim, M.N. (2004). Arsenic removal by coagulation and filtration: comparison of groundwaters from the United States and Bangladesh. *Desalination*. **169**: 231-244.

Yapıcı, G., Can, G. ve Şahin, Ü. (2002). Çocuklarda asemptomatik kurşun zehirlenmesi. *Cerrahpaşa Tıp Dergisi*. **33**(3): 197-204.

Yılmaz, O. ve Ekici, K. (2004). Van yöresinde içme sularında arsenikle kirlenme düzeyleri. *YYÜ Vet. Fak. Derg.* **15**(1-2):47-51.

Yuan, T., Luo, Q., Hu, J., Ong, S. ve Ng, W. (2003). A study on arsenic removal from household drinking water. *Journal of Environmental Science and Health, Part A: Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering*. **38**(9): 1731-1744.

Yücel, E., Doğan, F. ve Öztürk, M. (1995). Porsuk çayında ağır metal kirlilik düzeyleri ve halk sağlığı ilişkisi. *Ekoloji Çevre Dergisi*. **17**: 29-32.

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

Zietz, B., de Vergara, J.D., Kevekordes, S. ve Dunkelberg, H. (2001). Lead contamination in tap water of households with children in Lower Saxony, Germany. *Science of the Total Environment*. 275(1-3):19-26.

HAM VERİLER

Doğal kaynak suyu (K) örneklerinin ağır metal kalıntı miktarları

Örnek No	Cu (ppb)	As (ppb)	Cd (ppb)	Hg (ppb)	Pb (ppb)
K 1	saptanamadı	0.152	0.014	0.258	6.881
K 2	saptanamadı	0.037	0.1	0.087	0.292
K 3	saptanamadı	0.025	0.003	0.14	3.821
K 4	saptanamadı	0.262	0.001	0.071	2.256
K 5	1.568	0.148	0.048	0.091	0.293
K 6	saptanamadı	0.261	0.011	0.043	0.002
K 7	saptanamadı	4.652	0.021	0.033	1.705
K 8	saptanamadı	4.09	0.012	0.025	2.105
K 9	saptanamadı	0.833	0.285	0.052	0.192
K 10	saptanamadı	0.842	0.013	0.021	1.371
K 11	saptanamadı	0.276	0.016	0.015	0.014
K 12	saptanamadı	0.131	0.023	0.017	0.011
K 13	saptanamadı	0.027	0.135	0.014	0.276
K 14	saptanamadı	0.149	0.01	0.016	3.653
K 15	2.12	3.444	0.014	0.033	4.985
K 16	9.692	0.693	0.002	0.014	6.527
K 17	saptanamadı	0.077	0.004	0.016	2.696
K 18	saptanamadı	0.298	0.031	0.011	2.558
K 19	saptanamadı	0.145	0.009	0.014	2.821
K 20	saptanamadı	3.435	0.019	0.007	1.215

Örnek No	Cu (ppb)	As (ppb)	Cd (ppb)	Hg (ppb)	Pb (ppb)
K 21	saptanamadı	0.084	0.187	0.012	7.519
K 22	saptanamadı	0.264	0.098	0.04	14.02
K 23	saptanamadı	0.1	0.006	0.013	4.587
K 24	saptanamadı	3.76	0.024	0.007	0.043
K 25	saptanamadı	0.265	0.272	0.005	6.242
K 26	saptanamadı	0.188	0.002	0.011	2.659
K 27	3.61	0.093	0.65	0.018	8.089
K 28	saptanamadı	0.107	0.007	0.011	4.361
K 29	saptanamadı	3.801	0.146	0.006	0.356
K 30	saptanamadı	0.284	0.015	0.001	0.036
K 31	saptanamadı	0.021	saptanamadı	0.002	4.751
K 32	saptanamadı	4.462	0.041	0.011	3.055
K 33	saptanamadı	0.245	0.001	0.004	4.338
K 34	saptanamadı	0.066	0.004	0.003	3.62
K 35	saptanamadı	0.21	0.023	0.004	0.072
K 36	saptanamadı	0.293	0.001	0.001	5.336
K 37	3.028	0.104	0.303	0.019	12.07
K 38	saptanamadı	0.168	0.031	0.006	8.925
K 39	saptanamadı	0.078	0.004	0.005	3.712
K 40	saptanamadı	0.28	0.001	0.002	7.379
K 41	saptanamadı	0.256	0.001	0.004	2.308
K 42	saptanamadı	0.11	0.009	0.006	1.312
K 43	saptanamadı	0.271	0.32	0.003	17.14

Örnek No	Cu (ppb)	As (ppb)	Cd (ppb)	Hg (ppb)	Pb (ppb)
K 44	saptanamadı	1.23	0.005	0.007	1.888
K 45	0.633	0.136	0.337	0.013	1.3
K 46	saptanamadı	0.102	0.024	0.001	0.034
K 47	saptanamadı	0.078	0.005	0.002	4.766
K 48	saptanamadı	0.084	0.017	0.002	saptanamadı
K 49	saptanamadı	0.115	0.006	saptanamadı	3.464
K 50	saptanamadı	0.119	0.005	saptanamadı	2.705
K 51	saptanamadı	0.13	0.011	0.007	1.582
K 52	saptanamadı	0.095	0.004	0.001	2.864
K 53	saptanamadı	0.105	0.006	0.002	2.533
K 54	saptanamadı	0.118	0.007	saptanamadı	3.527
K 55	saptanamadı	0.101	0.004	saptanamadı	1.791
K 56	saptanamadı	4.118	0.048	0.001	3.291
K 57	saptanamadı	4.123	0.049	saptanamadı	2.388
K 58	saptanamadı	4.19	0.077	saptanamadı	2.796
K 59	saptanamadı	0.096	0.01	saptanamadı	3.755
K 60	saptanamadı	0.114	0.036	saptanamadı	2.276
K 61	saptanamadı	0.575	0.072	saptanamadı	2.588
K 62	saptanamadı	0.528	0.006	saptanamadı	3.024
K 63	saptanamadı	0.52	0.02	saptanamadı	2.099
K 64	18.87	10.88	0.107	0.018	3.626
K 65	0.181	3.775	1.047	0.027	15.13
K 66	saptanamadı	0.088	0.073	0.009	2.37

Örnek No	Cu (ppb)	As (ppb)	Cd (ppb)	Hg (ppb)	Pb (ppb)
K 67	saptanamadı	0.017	0.032	0.001	2.46
K 68	saptanamadı	0.296	0.071	saptanamadı	0.918
K 69	saptanamadı	0.271	0.103	saptanamadı	2.362
K 70	saptanamadı	0.261	0.036	saptanamadı	2.356
K 71	saptanamadı	0.26	0.051	saptanamadı	2.124
K 72	saptanamadı	0.713	0.037	saptanamadı	5.433
K 73	saptanamadı	0.745	0.069	saptanamadı	2.446
K 74	saptanamadı	0.711	0.059	saptanamadı	2.847
K 75	saptanamadı	0.248	0.021	saptanamadı	4.172
K 76	saptanamadı	2.865	0.039	0.003	2.677
K 77	saptanamadı	0.772	0.009	saptanamadı	1.921
K 78	saptanamadı	0.104	0.044	0.009	2.746
K 79	saptanamadı	0.122	0.045	0.009	1.964
K 80	saptanamadı	0.126	0.064	0.011	1.533
K 81	saptanamadı	0.064	0.069	0.003	2.823
K 82	saptanamadı	0.069	0.035	saptanamadı	2.45
K 83	saptanamadı	0.086	0.023	0.003	2.338
K 84	1.219	1.754	0.022	0.011	2.179
K 85	saptanamadı	0.083	0.038	0.003	3.181
K 86	saptanamadı	0.092	0.022	0.004	2.715
K 87	saptanamadı	0.028	0.346	0.002	9.641
K 88	saptanamadı	0.06	0.213	0.024	6.58
K 89	saptanamadı	0.076	0.252	0.019	12.56

Örnek No	Cu (ppb)	As (ppb)	Cd (ppb)	Hg (ppb)	Pb (ppb)
K 90	saptanamadı	0.041	0.223	0.001	21.29
K 91	saptanamadı	0.071	0.241	0.007	12.56
K 92	saptanamadı	0.131	0.12	saptanamadı	5.816
K 93	saptanamadı	0.187	0.452	0.004	7.962
K 94	saptanamadı	0.146	0.067	0.005	6.19
K 95	saptanamadı	0.153	0.07	0.006	8.216
K 96	saptanamadı	0.118	0.203	0.003	11.88
K 97	saptanamadı	0.172	0.013	saptanamadı	0.326
K 98	saptanamadı	0.143	0.024	0.001	0.014
K 99	saptanamadı	0.019	0.286	saptanamadı	11.75
K 100	saptanamadı	0.076	0.195	0.003	6.688
K 101	saptanamadı	0.068	0.053	0.195	6.089
K 102	saptanamadı	0.062	0.066	0.081	8.759
K 103	saptanamadı	0.219	0.085	0.103	6.014
K 104	1.021	0.211	0.223	0.079	1.338
K 105	saptanamadı	0.229	0.218	0.024	7.712
K 106	0.217	0.117	0.019	0.033	1.226
K 107	0.343	0.234	0.149	0.018	5.987
K 108	saptanamadı	0.234	0.01	0.01	4.201
K 109	saptanamadı	0.222	0.006	0.01	3.854
K 110	saptanamadı	0.062	0.022	0.012	5.167
K 111	saptanamadı	0.231	0.007	0.008	9.965
K 112	saptanamadı	0.232	0.004	0.009	4.023

Örnek No	Cu (ppb)	As (ppb)	Cd (ppb)	Hg (ppb)	Pb (ppb)
K 113	saptanamadı	0.05	0.128	0.006	0.031
K 114	saptanamadı	0.085	0.16	0.012	5.309
K 115	saptanamadı	0.177	0.195	0.025	0.156
K 116	saptanamadı	2.837	0.009	0.03	1.999
K 117	2.62	2.065	0.013	0.018	3.611
K 118	saptanamadı	0.074	0.01	0.012	3.406
K 119	saptanamadı	0.239	0.009	0.014	3.518
K 120	0.233	0.226	0.005	0.005	4.024
K 121	saptanamadı	0.229	0.001	0.003	4.089
K 122	1.607	0.984	0.048	0.009	3.412
K 123	saptanamadı	0.084	0.009	0.007	4.67
K 124	saptanamadı	0.185	0.063	saptanamadı	2.683
K 125	0.179	0.026	0.006	0.001	3.087
K 126	saptanamadı	0.063	0.004	saptanamadı	5.277
K 127	saptanamadı	0.64	0.015	saptanamadı	saptanamadı
K 128	saptanamadı	0.088	0.023	0.014	saptanamadı
K 129	saptanamadı	0.063	0.021	0.014	saptanamadı
K 130	saptanamadı	0.214	0.021	0.007	saptanamadı
K 131	saptanamadı	0.007	0.011	0.008	1.619
K 132	saptanamadı	0.159	0.018	0.021	0.63
K 133	0.851	0.074	0.019	0.05	0.085
K 134	saptanamadı	0.212	0.018	0.002	saptanamadı
K 135	saptanamadı	0.215	0.038	0.015	saptanamadı

Örnek No	Cu (ppb)	As (ppb)	Cd (ppb)	Hg (ppb)	Pb (ppb)
K 136	saptanamadı	0.097	0.021	0.013	0.07
K 137	1.458	0.126	0.023	0.118	saptanamadı
K 138	saptanamadı	0.237	0.005	0.018	1.544
K 139	saptanamadı	0.574	0.017	0.009	saptanamadı
K 140	saptanamadı	0.692	0.015	0.008	saptanamadı
K 141	saptanamadı	0.033	0.187	saptanamadı	7.255
K 142	saptanamadı	0.066	0.04	0.006	12.39
K 143	saptanamadı	0.096	0.035	0.011	0.435
K 144	0.047	0.101	0.075	0.014	0.342
K 145	saptanamadı	0.086	0.088	0.006	4.307
K 146	1.051	3.359	0.032	saptanamadı	4.318
K 147	saptanamadı	0.195	0.002	0.006	2.127
K 148	saptanamadı	0.057	0.009	saptanamadı	0.768
K 149	saptanamadı	0.198	0.003	saptanamadı	0.979
K 150	saptanamadı	2.082	0.007	saptanamadı	0.763
K 151	saptanamadı	0.091	0.004	saptanamadı	1.068
K 152	saptanamadı	0.066	0.003	saptanamadı	1.887
K 153	2.407	2.995	0.01	saptanamadı	1.472
K 154	saptanamadı	0.054	0.005	saptanamadı	2.13
K 155	0.653	0.072	0.007	saptanamadı	1.695
K 156	0.687	0.538	0.003	saptanamadı	2.414
K 157	0.125	0.069	0.004	saptanamadı	2.515
K 158	1.606	0.045	0.001	saptanamadı	1.2

Örnek No	Cu (ppb)	As (ppb)	Cd (ppb)	Hg (ppb)	Pb (ppb)
K 159	saptanamadı	0.184	0.007	saptanamadı	1.399
K 160	0.144	0.167	0.014	saptanamadı	0.601
K 161	saptanamadı	0.016	0.001	saptanamadı	1.271
K 162	saptanamadı	0.196	0.002	saptanamadı	2.046
K 163	saptanamadı	0.263	0.046	saptanamadı	10.64
K 164	saptanamadı	0.068	0.029	saptanamadı	31.99
K 165	0.542	0.167	0.007	saptanamadı	0.964
K 166	saptanamadı	0.073	0.007	saptanamadı	0.888
K 167	saptanamadı	0.084	0.008	saptanamadı	0.495
K 168	3.18	0.127	0.012	saptanamadı	0.561
K 169	saptanamadı	0.09	0.021	0.002	0.303
K 170	saptanamadı	0.055	0.004	saptanamadı	0.645
K 171	1.522	0.109	0.019	0.002	0.949
K 172	saptanamadı	0.216	0.004	saptanamadı	2.699
K 173	saptanamadı	2.424	0.009	saptanamadı	0.754
K 174	saptanamadı	0.219	0.002	saptanamadı	1.702
K 175	saptanamadı	0.202	0.001	saptanamadı	2.787
K 176	saptanamadı	0.214	0.003	saptanamadı	2.104
K 177	1.895	1.145	0.01	0.001	1.58
K 178	saptanamadı	0.682	0.013	saptanamadı	0.434
K 179	saptanamadı	0.065	0.007	saptanamadı	0.711
K 180	saptanamadı	0.093	0.008	saptanamadı	2.163
K 181	saptanamadı	0.091	0.008	saptanamadı	2.575

Örnek No	Cu (ppb)	As (ppb)	Cd (ppb)	Hg (ppb)	Pb (ppb)
K 182	saptanamadı	0.673	0.004	saptanamadı	3.104
K 183	saptanamadı	0.057	0.008	saptanamadı	1.283
K 184	saptanamadı	0.01	0.005	saptanamadı	1.374
K 185	saptanamadı	0.077	0.005	saptanamadı	1.913
K 186	saptanamadı	0.739	0.006	saptanamadı	1.24
K 187	saptanamadı	0.086	0.012	saptanamadı	1.069
K 188	saptanamadı	0.089	0.008	saptanamadı	2.59
K 189	saptanamadı	0.02	0.002	saptanamadı	0.383
K 190	saptanamadı	0.097	0.008	saptanamadı	1.621
K 191	saptanamadı	0.057	0.004	saptanamadı	1.107
K 192	saptanamadı	2.879	0.013	0.057	1.512
K 193	saptanamadı	0.026	0.003	0.004	1.335
K 194	saptanamadı	0.186	0.003	saptanamadı	0.914
K 195	saptanamadı	0.381	0.004	saptanamadı	1.59
K 196	saptanamadı	0.044	0.005	saptanamadı	1.237
K 197	saptanamadı	0.693	0.011	saptanamadı	1.181
K 198	0.452	0.129	0.013	0.002	0.757
K 199	saptanamadı	0.23	0.003	saptanamadı	0.633
K 200	0.793	0.133	0.008	saptanamadı	2.386

Doğal minarelli su (M) örneklerinin ağır metal kalıntı miktarları

Örnek No	Cu (ppb)	As (ppb)	Cd (ppb)	Hg (ppb)	Pb (ppb)
M 1	6.394	4.974	0.019	0.021	0.024
M 2	18.68	5.577	0.022	0.406	6.13
M 3	8.149	3.302	0.17	0.419	7.702
M 4	1.932	0.825	0.006	0.018	3.642
M 5	0.916	1.804	0.006	0.015	8.246
M 6	1.025	0.494	0.018	0.016	0.009
M 7	1.486	14.97	0.015	0.014	2.291
M 8	3.443	15.72	0.006	0.009	4.962
M 9	0.035	6.394	0.068	0.007	4.356
M 10	2.61	11.76	0.007	0.008	4.647
M 11	0.761	1.846	0.018	0.01	0.028
M 12	saptanamadı	3.196	0.019	0.41	4.559
M 13	0.231	0.617	0.003	0.013	3.937
M 14	saptanamadı	3.019	0.027	0.37	saptanamadı
M 15	1.418	1.706	0.044	0.008	3.598
M 16	0.136	1.533	0.006	0.007	2.671
M 17	2.936	6.219	0.054	0.008	3.548
M 18	saptanamadı	0.829	0.014	0.006	0.011
M 19	0.221	2.893	0.017	0.33	4.945
M 20	saptanamadı	0.296	0.009	0.003	0.022
M 21	saptanamadı	0.243	0.014	0.003	saptanamadı
M 22	0.852	4.897	0.026	saptanamadı	3.909

Örnek No	Cu (ppb)	As (ppb)	Cd (ppb)	Hg (ppb)	Pb (ppb)
M 23	saptanamadı	5.242	0.017	0.148	saptanamadı
M 24	6.577	6.024	0.013	0.088	0.011
M 25	1.969	2.214	0.007	0.336	2.975
M 26	4.993	2.959	0.029	3.567	1.835
M 27	6.885	3.09	0.026	2.962	0.829
M 28	9.406	3.179	0.023	3.561	2.517
M 29	6.814	4.245	0.013	3.098	1.558
M 30	11.26	2.478	0.081	1.955	2.502
M 31	8.565	0.423	0.016	1.652	4.127
M 32	7.774	6.032	0.052	1.167	3.655
M 33	9.291	1.772	0.024	2.061	7.288
M 34	6.982	2.191	0.019	2.589	2.418
M 35	6	1.915	0.021	2.943	2.366
M 36	7.273	4.555	0.037	2.169	4.143
M 37	5.094	1.782	0.015	1.969	8.811
M 38	4.719	22.75	0.016	1.886	2.511
M 39	5.419	2.193	0.026	2.335	2.938
M 40	4.243	1.015	0.016	1.458	0.982
M 41	3.673	12.04	0.012	1.352	0.02
M 42	4.386	2.177	0.047	1.679	0.018
M 43	4.844	2.116	0.024	1.592	0.813
M 44	5.432	0.311	0.007	1.243	0.106
M 45	5.391	0.892	0.01	1.271	0.21

Örnek No	Cu (ppb)	As (ppb)	Cd (ppb)	Hg (ppb)	Pb (ppb)
M 46	3.338	1.862	0.012	2.271	1.802
M 47	4.505	0.6	0.003	1.529	0.614
M 48	5.359	1.556	0.031	1.513	0.062
M 49	3.964	0.333	0.009	0.987	1.968
M 50	4.131	3.898	0.032	1.703	0.036
M 51	2.247	3.163	0.015	1.893	0.02
M 52	2.982	8.57	0.017	1.423	0.016
M 53	3.318	2.031	0.009	1.496	1.749
M 54	3.659	3.363	0.026	1.728	0.862
M 55	3.957	7.321	0.009	0.89	0.027
M 56	6.327	2.815	0.011	1.834	0.539
M 57	5.552	1.344	0.009	1.347	0.042
M 58	saptanamadı	7.909	0.002	0.679	saptanamadı
M 59	4.051	9.84	0.012	1.225	1.479
M 60	3.314	21.39	0.008	1.065	0.192
M 61	2.414	3.427	0.02	1.764	1.966
M 62	4.797	16.26	0.017	0.813	3.313
M 63	6.223	72.98	0.019	0.879	3.14
M 64	1.768	7.688	0.048	0.653	2.032
M 65	2.014	10.72	0.003	0.64	3.307
M 66	2.195	0.42	0.008	0.651	4.501
M 67	3.601	8.268	0.041	0.545	2.75
M 68	1.008	3.495	0.005	1.265	4.955

Örnek No	Cu (ppb)	As (ppb)	Cd (ppb)	Hg (ppb)	Pb (ppb)
M 69	0.755	0.733	0.004	0.614	1.553
M 70	2.335	2.035	0.013	1.096	3.557
M 71	3.607	2.37	0.002	1.56	1.639
M 72	2.453	0.94	0.008	0.628	8.03
M 73	1.298	10.09	0.006	0.617	0.013
M 74	1.734	14.49	0.003	0.663	3.715
M 75	5.295	4.919	0.044	0.604	1.978
M 76	3.372	0.194	0.003	0.688	0.077
M 77	1.816	7.788	0.04	0.486	6.69
M 78	2.041	12.07	0.017	0.992	3.171
M 79	4.169	16.4	0.004	0.577	1.838
M 80	5.268	9.046	0.006	0.629	3.029
M 81	2.873	1.822	0.005	0.676	2.446
M 82	3.116	3.057	0.01	1.031	1.218
M 83	1.474	2.172	0.077	1.337	4.945
M 84	4.108	0.285	0.005	0.627	1.28
M 85	32.28	6.041	0.004	0.639	3.607
M 86	1.002	0.591	0.078	0.554	5.074
M 87	0.749	0.484	0.015	0.448	3.972
M 88	2.205	0.953	0.023	0.543	0.088
M 89	1.096	0.331	0.009	0.491	3.458
M 90	1.066	4.88	0.038	0.411	4.788
M 91	1.738	3.429	0.054	0.453	4.546

Örnek No	Cu (ppb)	As (ppb)	Cd (ppb)	Hg (ppb)	Pb (ppb)
M 92	3.525	5.673	0.058	0.912	7.037
M 93	1.136	6.021	0.01	0.49	3.526
M 94	2.514	5.57	0.043	0.49	5.072
M 95	1.887	1.509	0.011	0.851	11.83
M 96	1.123	1.82	0.009	1.535	6.285
M 97	2.201	13.96	0.009	0.72	5.372
M 98	1.295	2.14	0.016	1.136	7.303
M 99	1.001	2.888	0.02	0.902	5.863
M 100	1.275	0.294	0.005	0.515	3.827
M 101	1.447	2.703	0.022	0.886	3.478
M 102	1.493	4.781	0.028	0.852	6.858
M 103	3.243	5.066	0.003	0.626	6.963
M 104	2.444	5.617	0.007	0.731	9.335
M 105	2.544	8.681	0.011	0.694	1.489
M 106	0.912	5.101	0.019	1.046	5.623
M 107	1.008	7.685	0.021	1.004	1.269
M 108	1.421	2.797	0.009	1.289	4.784
M 109	0.878	3.64	0.016	0.986	5.108
M 110	9.966	0.314	0.069	0.658	5.111
M 111	0.241	0.228	0.001	0.56	0.682
M 112	1.787	1.84	0.007	0.953	5.287
M 113	3.566	2.012	0.004	1.264	2.187
M 114	4.639	2.989	0.029	0.573	2.331

Örnek No	Cu (ppb)	As (ppb)	Cd (ppb)	Hg (ppb)	Pb (ppb)
M 115	3.241	0.693	0.002	1.052	1.749
M 116	1.531	2.367	0.01	1.144	4.489
M 117	6.155	2.384	0.021	0.644	11.15
M 118	3.46	9.283	0.001	0.662	3.289
M 119	2.102	9.021	0.017	0.94	3.182
M 120	2.353	0.34	0.014	0.617	2.041
M 121	2.111	8.032	0.014	1.031	1.615
M 122	2.234	1.263	0.007	0.628	1.948
M 123	1.473	4.312	0.024	0.886	5.866
M 124	1.141	0.282	0.04	0.388	2.467
M 125	saptanamadı	1.742	0.001	0.834	0.049
M 126	3.009	2.74	0.006	1.168	2.961
M 127	1.987	6.043	0.011	0.486	3.438
M 128	1.707	7.192	0.038	0.515	0.344
M 129	1.722	1.037	0.002	1.255	1.338
M 130	1.409	12.64	0.001	1.007	0.952
M 131	2.793	15.46	0.009	0.732	4.864
M 132	1.044	2.02	0.014	1.058	2.879
M 133	2.267	0.294	0.012	0.562	1.889
M 134	2.954	4.056	0.033	0.552	1.762
M 135	saptanamadı	0.287	0.125	saptanamadı	3.486
M 136	saptanamadı	0.175	0.034	saptanamadı	6.696
M 137	0.299	6.559	0.011	1.006	0.54

Örnek No	Cu (ppb)	As (ppb)	Cd (ppb)	Hg (ppb)	Pb (ppb)
M 138	0.448	0.688	0.138	0.411	0.331
M 139	1.033	1.074	0.006	0.479	2.932
M 140	0.751	1.901	0.011	0.809	1.581
M 141	4.8	1.755	0.04	0.661	2.518
M 142	2.987	1.473	0.024	0.673	6.402
M 143	1.133	4.03	0.034	0.327	4.555
M 144	1.234	3.994	0.012	0.754	6.534
M 145	3.227	4.452	0.036	0.316	2.86
M 146	1.243	1.245	0.014	0.781	4.912
M 147	1.942	2.587	0.022	0.671	2.321
M 148	2.287	4.26	0.028	0.809	1.4
M 149	0.115	0.058	0.007	0.175	1.699
M 150	0.159	0.993	0.002	0.302	1.276
M 151	0.253	4.497	0.028	0.132	1.576
M 152	1.764	0.286	0.002	0.301	1.413
M 153	5.525	15.17	0.019	0.301	5.026
M 154	saptanamadı	2.429	0.299	0.687	10.77
M 155	saptanamadı	2.093	0.027	0.537	3.415
M 156	0.267	0.967	0.015	0.142	0.025
M 157	saptanamadı	5.053	0.007	0.335	4.687
M 158	1.192	6.834	0.027	0.033	4.054
M 159	saptanamadı	22.63	0.015	0.155	4.36
M 160	saptanamadı	2.293	0.007	0.627	3.419

Örnek No	Cu (ppb)	As (ppb)	Cd (ppb)	Hg (ppb)	Pb (ppb)
M 161	saptanamadı	16.09	0.009	0.245	5.9
M 162	13.34	0.378	0.004	0.2	5.541
M 163	saptanamadı	1.713	0.002	0.509	4.355
M 164	0.282	12.34	0.009	0.161	4.952
M 165	3.781	8.544	0.009	0.124	4.23
M 166	saptanamadı	1.099	0.001	0.14	4.714
M 167	saptanamadı	1.832	0.002	0.508	1.69
M 168	saptanamadı	5.538	0.001	0.032	3.202
M 169	saptanamadı	7.259	0.002	0.056	3.185
M 170	saptanamadı	5.405	0.007	0.234	3.132
M 171	saptanamadı	2.059	0.002	0.383	3.607
M 172	saptanamadı	2.625	0.006	0.162	0.448
M 173	saptanamadı	11.05	0.004	saptanamadı	1.158
M 174	saptanamadı	3.115	0.006	0.185	0.44
M 175	saptanamadı	11.16	0.004	saptanamadı	1.342
M 176	saptanamadı	4.517	0.001	saptanamadı	0.897
M 177	saptanamadı	0.938	saptanamadı	saptanamadı	0.256
M 178	saptanamadı	7.517	0.001	saptanamadı	2.219
M 179	saptanamadı	1.936	0.005	0.33	1.01
M 180	saptanamadı	2.118	0.006	0.252	1.374
M 181	saptanamadı	1.791	0.005	0.345	1.025
M 182	saptanamadı	2.325	0.006	0.335	1.427
M 183	0.316	1.503	0.034	0.085	1.22

Örnek No	Cu (ppb)	As (ppb)	Cd (ppb)	Hg (ppb)	Pb (ppb)
M 184	0.568	1.541	0.033	0.124	2.501
M 185	saptanamadı	3.731	0.009	0.327	2.72
M 186	saptanamadı	10.61	0.005	0.068	1.847
M 187	saptanamadı	0.35	0.004	0.031	3.715
M 188	saptanamadı	2.767	0.011	0.367	4.832
M 189	saptanamadı	2.998	0.007	0.223	2.855
M 190	saptanamadı	1.77	0.003	0.335	3.035
M 191	saptanamadı	1.562	0.003	0.141	6.011
M 192	saptanamadı	2.229	0.028	0.157	4.264
M 193	saptanamadı	9.316	0.004	saptanamadı	2.257
M 194	saptanamadı	6.864	0.003	saptanamadı	3.571
M 195	saptanamadı	6.699	0.003	saptanamadı	1.685
M 196	saptanamadı	4.38	0.025	0.133	4.383
M 197	saptanamadı	2.56	0.006	0.223	1.692
M 198	saptanamadı	2.502	0.007	0.125	3.317
M 199	saptanamadı	4.48	0.025	0.088	4.308
M 200	saptanamadı	6.065	0.004	saptanamadı	2.003

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı	Meryem	Soyadı	Akhan
Doğ.Yeri	İstanbul	Doğ.Tar.	01.02.1975
Uyruğu	T.C.	TC Kim No	60721368216
Email	akhanmeryem@yahoo.com	Tel	

Eğitim Düzeyi

	Mezun Olduğu Kurumun Adı	Mez. Yılı
Doktora		
Yük.Lis.	İ.Ü. Sağlık Bilimleri Enstitüsü	2007
Lisans	İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi	2003
Lise	İstanbul Şehremini Lisesi	1993

İş Deneyimi (Sondan geçmişe doğru sıralayın)

	Görevi	Kurum	Süre (Yıl - Yıl)
1.			-
2.			-
3.			-

Yabancı Dilleri	Okuduğunu Anlama*	Konuşma*	Yazma*	KPDS/ÜDS Puanı	(Diğer) Puanı
İngilizce	Orta	Orta	Orta	52.50	

*Çok iyi, iyi, orta, zayıf olarak değerlendirin

	Sayısal	Eşit Ağırlık	Sözel
ALES Puanı	63.637	70.763	66.863
(Diğer) Puanı			

Bilgisayar Bilgisi

Program	Kullanma becerisi
Word	İyi
Excel	İyi
Powerpoint	İyi

Yayımları/Tebliğleri Sertifikaları/Ödülleri

Yayımlar

Akhan M., Çetin Ö. (2007). Bir kaynak suyu tesisinde olası mikrobiyal kontaminasyonun incelenmesi. Türk Mikrobiyoloji Cemiyeti Dergisi. 37(4) : 213-220

Hampikyan H., Ulusoy B., Bingöl E.B., Çolak H., Akhan M. (2008). İstanbul'da tüketime sunulan bazı ızgara tipi gıdalar ile salata ve mezelerin mikrobiyolojik kalitelerinin belirlenmesi. Türk Mikrobiyoloji Cemiyeti Dergisi. 38(2) : 87-94

Hampikyan H., Colak H., Akhan M., Turgay I. (2011). Determination of total polar compound (TPC) levels in frying oils. Food, Agriculture and Environment (JFAE) Vol. 9, Issue 2, pages 142-144.

Colak H., Hampikyan H., Bingol E.B., Cetin O., Akhan M., Turgay S.I. (2012). Determination of Mould and Aflatoxin Contamination in Tarhana, a Turkish Fermented Food. Scientific World Journal. 2012; 2012: 218679.

Çetin Ö., Çolak H., Bingöl E.B., Akhan M., Hampikyan H., Turgay S.İ. (2013). Bir İçme Suyu Dolum Tesisinde Kullanılan Geri Dönüşümlü Damacanalarda Fiziksel Kirlilikler ve Mikrobiyolojik Kalitenin İncelenmesi. İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi. 39(1) : 46-54

Çolak H., Hampikyan H., Bingöl E.B., Çetin Ö., Akhan M. (2013). Perakende Olarak Satışa Sunulan Bebek Mamalarında Benzo(a)piren Varlığı. İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi Cilt 39, Sayı 2

Tebliğler

Akhan, M. ve Çetin, Ö. Bir Kaynak suyu tesisindeki mikrobiyal kontaminasyon kaynaklarının incelenmesi. 3. Ulusal Veteriner Gıda Hijyeni Kongresi. Bursa. 14-16 Mayıs 2009.

Hampikyan, H., Çolak, H. ve Akhan, M. Nisinin Süt ve Süt Ürünlerinde Kullanımı. Pamukkale Süt ve Süt Ürünleri Sempozyumu, 21-23 Mayıs 2009.

Çetin Ö., Çolak H., Bingöl E.B. ve Akhan M., Hampikyan H., Turgay S.İ. Bir İçme Suyu Dolum Tesisinde Kullanılan Geri Dönüşümlü Damacanalarda Fiziksel Kirlilikler ve Mikrobiyolojik Kalitenin İncelenmesi. Türkiye 11. Gıda Kongresi, Mustafa Kemal Üniversitesi, Hatay. 10-12 Ekim 2012.

Çolak, H., Hampikyan, H., Bingol, E.B., Çetin, Ö., Akhan M. ve Turgay S.I. İstanbul'da Semt Pazarlarında Satışa Sunulan Tarhanalarda Küf ve Aflatoxin Kontaminasyonunun Belirlenmesi. Türkiye 11. Gıda Kongresi, Mustafa Kemal Üniversitesi, Hatay. 10-12 Ekim 2012.

Sertifikalar

- TS EN ISO 22000 Gıda Güvenliği Yönetim Sistemi Kuruluş İçi Tetkikçi Eğitimi (03.2014) GS Eğitim Akademisi.
- ISO 9001:2008 Kalite Yönetim Sistemi Temel Eğitimi (09.2010) Standart Kalite ve Teknik Danışmanlık Hizmetleri Ltd.Şti.
- ISO 22000:2005 Gıda Güvenliği ve Yönetim Sistemi Temel Eğitimi (08.2010) Kalitest Belgelendirme ve Belgelendirme Eğitim Sistemleri Ltd.Şti.
- ISO 22000:2005 Gıda Güvenliği Yönetim Sistemi Dökümantasyon Eğitimi (08.2010) Kalitest Belgelendirme ve Belgelendirme Eğitim Sistemleri Ltd.Şti.
- ISO 22000:2005 Gıda Güvenliği Yönetim Sistemi İçi Tetkik Eğitimi (08.2010) Kalitest Belgelendirme ve Belgelendirme Eğitim Sistemleri Ltd.Şti.
- HACCP eğitimi (05.2003, İ.Ü. Veteriner Fakültesi Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı)
- Klinik Patoloji ve Genel Tümör Bilimleri eğitimi (09.2003, İVHO)
- Temel Ultrasonografi Eğitimi (09.2003, İVHO)

Özel İlgil Alanları (Hobileri):