

**AFYON L ÇE ME SULARINDA BAZI A IR METAL
K RL L K DÜZEYLER N N ICP-MS LE ARA TIRILMASI**

**Engin GÖKSEL
B YOK MYA ANAB L M DALI
YÜKSEK L SANS TEZ**

**DANI MAN
Prof. Dr. Nalan BAY U SÖZB L R
TEZ NO: 2015 – 012**

2015 - AFYONKARAH SAR

**TÜRK YE CUMHUR YET
AFYON KOCATEPE ÜN VERS TES
SA LIK B L MLER ENST TÜSÜ**

**AFYON L ÇE ME SULARINDA BAZI A IR METAL
K RL L K DÜZEYLER N N ICP-MS LE ARA TIRILMASI**

Engin GÖKSEL

B YOK MYA ANAB L MDALI

YÜKSEK L SANS TEZ

DANI MAN

Prof. Dr. Nalan BAY U SÖZB L R

**Bu Tez Afyon Kocatepe Üniversitesi Bilimsel Ara tırma Projeleri Komisyonu
Tarafından 13. Sa . Bil. 18 proje numarası ile desteklenmi tir.**

TEZ NO: 2015 - 012

2015-AFYONKARAH SAR

KABUL ve ONAY

Afyon Kocatepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü

Veteriner Biyokimya Anabilim Dalı Yüksek Lisans Programı

Çerçevesinde yürütülmüş bu çalışma, aşağıdaki jüri tarafından

Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 10/06/2015



Prof. Dr. Nalan BAYŞU SÖZBİLİR

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Jüri Başkanı



Doç. Dr. A. Fatih FIDAN

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Üye



Doç. Dr. Sinan UNCE

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Üye

Veteriner Biyokimya Anabilim Dalı Tezli Yüksek Lisans Programı öğrencisi Engin GÖKSEL'in "Afyon İli Çeşme Sularında Bazı Ağır Metal Kirlilik Düzeylerinin ICP-MS ile Araştırılması" başlıklı tezi 13.06.2015 günü saat 10.00'da Lisansüstü Eğitim - Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.



Prof. Dr. Abdullah ERYAVUZ

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

Afyonkarahisar ilinde yer alan merkez mahallelerden içme ve kullanma sularını alarak halk sağlığını tehdit edecek düzeyde ağır metal olup olmadığını araştırdım bu tezimde bana katkı ve yardımlarını esirgemeyen Biyokimya Anabilim Dalı Başkanı ve danışman hocam Sayın Prof. Dr. Nalan BAYUSÖZBİLİR'e, Biyokimya Anabilim Dalı hocalarım Doç. Dr. Gülcan Erbil AVCI'ya, Doç. Dr. A. Fatih FİDAN'a ve Yrd. Doç. Dr. Smail KÜÇÜKKURT'a tezimin hazırlanmasında ve hayatımın her anında bana büyük destek olan sevgili e-im Leyla GÖKSEL'e teşekkür ederim. Ayrıca tez çalışmamda destek aldığım Doç. Dr. Sinan NİCE'ye, Doç. Dr. Cenker Çarı CINGİ'ya, Yrd. Doç. Dr. Reat DUMAN'a, Yrd. Doç. Dr. Deniz YENİ'ye, Yrd. Doç. Dr. Ömer HAZMAN'a, Arş. Grv. Dr. Mustafa ESER'e, Arş. Grv. Dr. Fatih AVDATEK'e, Arş. Grv. Dr. Durmuş Fatih BAĞER'e, Arş. Grv. Barı DENK'e, Arş. Grv. Mustafa EVCİMEN'e, Arş. Grv. Damla ARSLAN'a, Laborant Fahriye KAN'a ve de erli arkadaşlarım Halil NERGİZ'e, Mustafa ÇAKMAK'a, Nuri KRAZ'a teşekkürlerimi sunarım. Çalışmamın 13. Sayı Bil. 18 nolu proje olarak desteklenmesini sağlayan Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimine teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
Kabul ve Onay.....	ii
ÖNSÖZ.....	iii
Ç İ N D E K İ L E R.....	iv
Simgeler ve Kısaltmalar.....	vi
Tablolar.....	vii
1. G R	1
1.1. Genel Bilgiler.....	2
1.1.1. Su ve Suyun Önemi.....	2
1.1.1.1. Suyun Moleküler Yapısı.....	3
1.1.1.2. Suyun Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri	3
a) Renk, Koku, Tat ve Bulanıklık.....	3
b) Elektriksel iletkenlik.....	4
c) pH.....	5
1.1.1.3. Suların Kirlenmesinde Rol Oynayan Faktörler.....	5
a) Biyolojik Faktörler.....	5
b) Radyoaktif Faktörler.....	5
c) Potansiyel Faktörler.....	6
d) Pestisit Kaynaklı Faktörler.....	6
e) Yüzey etkili kirleticiler.....	6
1.1.2. A ır Metaller ve Toksik Etkileri.....	7
a) Arsenik (As).....	7
b) Bakır (Cu).....	8
c) Baryum (Ba).....	9
d) Bor (B).....	10
e) Civa (Hg).....	11
f) Çinko (Zn).....	11

g) Demir (Fe).....	12
h) Gümü (Ag).....	13
i) Kadmiyum (Cd).....	13
j) Kobalt (Co).....	14
k) Krom (Cr).....	15
l) Kur un (Pb).....	15
m) Mangan (Mn).....	16
n) Molibden (Mo).....	17
o) Nikel (Ni).....	17
p) Selenyum (Se).....	18
1.1.3. ICP-MS (ndüktif Eslesmis Plazma-Kütle Spektrometri).....	18
1.1.4. TSE-266 ve WHO çme Suyu Standartları.....	19
2. Materyal-Metod.....	21
2.1. Materyal.....	21
2.1.1. Kullanılan Malzeme ve Cihazlar.....	21
2.1.1.1. Malzemeler.....	21
2.1.1.2. Cihazlar.....	21
2.2. METOD.....	22
2.2.1. Su Örneklerinin Toplanması ve Analize Hazır Hale Getirilmesi.....	22
3. BULGULAR.....	23
4. TARTI MA.....	32
5. SONUÇ.....	36
ÖZET.....	37
SUMMARY.....	38
KAYNAKLAR.....	39
ÖZGEÇM	44

SİMGELER ve KISALTMALAR

dk	: Dakika
g	: Gram
H ₂	: Hidrojen Gazı
ICP-MS	: İnduktif Eşleşmiş Plazma Kütle Spektrometrisi
ml	: Mililitre
N ₂	: Azot Gazı
O ₂	: Oksijen Gazı
ppb	: Milyarda Bir Birim
TS 266	: İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik
vit. B ₁₂	: Kobalamin
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü
µg/L	: Mikrogram/litre

TABLolar DİZİNİ**Sayfa**

Tablo 1. 1. Çeşitli organlarda buluna suyun ortalama miktarları.....	3
Tablo 1. 2. TSE 266 (2005) ve WHO (2011)' e göre içme sularında bulunması gereken maksimum ve tavsiye edilen ağır metal değerleri.....	20
Tablo 3. 1. Afyonkarahisar ilinde yer alan 48 mahallenin çeşme sularında Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn ve As ağır metallerinin düzeyleri (µg/L).....	24
Tablo 3. 2. Afyonkarahisar ilinde yer alan 48 mahallenin çeşme sularında Se, B, Ba, Mo, Ag, Cd, Hg ve Pb ağır metallerinin düzeyleri (µg/L).....	28
Tablo 4. Afyonkarahisar, Aksaray, Nevşehir, Niğde, Kütahya, İzmir ve Bursa illerindeki Arsenikli Suların Dağılımı.....	34

1.G R

Canlıların yaamlarını sürdürdükleri bölgede endüstriyel faaliyetler olarak ağır metal kirliliği hızla artmış dolaylı olarak tükettiğimiz gıda maddeleri riskli seviyelere ulaşmıştır.

Türkiye içme ve kullanım su ihtiyacını, yüzey ve yeraltı su kaynaklarından karlımaktadır. Fakat evsel ve endüstriyel atıkların yeterince arıtılmadan alıcı ortama verilmesi bu kaynakların kirlenmesine ve doğal niteliklerinin deşimesine neden olmuştur. Sularda metallerin sebep olduğu kirlenmeye **inorganik kirlenme** denir. inorganik kirlenmenin diğer kirlenme çeşitlerinden farkı alıcı ortamda deşime uğramadan devamlı artan miktarlarda birikme özelliğine sahip olmasıdır.

Ağır metaller insan vücuduna sindirim, solunum ve deri yolu ile girer. Bazıları canlılar için toksik ve kanserojenik etki gösterir. Antropojenik kaynaklardan olan tarım ilaçları, fosil yakıtlar, evsel ve endüstriyel atıklar, radyoaktif kalıntılar, maden işleme aktiviteleri ile metallerin çevreye yayılması sonucu kirlilik oluşabileceği gibi motorlu araç lastiklerinin aşınması ve ısınma amacıyla fosil yakıtların kullanılması da ağır metal kirliliğine sebep olmaktadır.

Gıdaların, suların ve diğer maddelerin ağır metallerle kirliliği, toplumda büyük sağlık risklerini beraberinde getirmektedir. Günümüzde başta kanser olmak üzere gelişme geriliği, kısırlık, diğer hastalıklara duyarlılık gibi durumların ortaya çıkışında ağır metaller büyük rol oynamaktadırlar. Yapılacak bu çalışmayla Afyonkarahisar ilinde yer alan mahallelerden çeşme suyu numunelerinin toplanması ve ağır metal düzeylerinin canlılar için tehlike oluşturabilecek miktarda olup olmadığının ICP-MS cihazı ile araştırılması amaçlanmıştır.

1.1. Genel Bilgiler

1.1.1. Su ve Suyun Önemi

Saf suyun yapısında iki hidrojen ve bir oksijen atomu yer almaktadır. Katı, sıvı ve gaz olarak üç halde bulunur (URL-1, 2015). 4°C deniz seviyesine gelince özgül ağırlığı 1 g/cm³ olmaktadır. 100°C ulaınca kaynama ve 0°C'ye düşüncü donma ekillenmektedir (Sünter, 2009; Akhan, 2014). Ortamdaki basıncın düşük olması kaynama noktasını düşürür (Sünter, 2009). Su yaşam için hiç şüphesiz zorunlu bir bileşiktir. Taze su kaynakları hem ekolojik olarak hem de insan kullanımını açısından önem arz eder (Gleick, 1989). Su alma ve su kaybı homeostatik mekanizmalar tarafından düzenlenir ve bu düzen hayatta kalabilmek için son derece önemlidir (Jéquier ve Constant, 2010).

Su organizmaların yapısında bulunan organik ve inorganik maddeler için çok iyi bir çözücüdür ve aynı zamanda metabolik artıkların, toksik maddelerin vücuttan uzaklaştırılmasında taşıyıcı olarak görev yapmaktadır. Vücudumuzda yer alan beyin omurilik sıvısı, süt, ter, gözyaşı, mide ve bağırsak salgıları için suya ihtiyaç vardır (Yılmaz, 2000). Yetkin canlıların yapısı incelendiğinde % 60-70 gibi bir oranda su yapısına sahip olduğu görülmektedir fakat organ ve dokuların yapısındaki su miktarları incelendiğinde birbirinden oldukça farklılık gösterdiği tespit edilmiştir (Canda, 2005; Bayu Sözbilir ve Bayu, 2008).

Tablo 1. 1. Çe itli organlarda buluna suyun ortalama miktarları (Bay u Sözbilir ve Bay u, 2008).

ORGAN	SU ORANI(%)	TOTAL VÜCUT SUYUNDAK PAYI(%)
Göz	98	0.1
Kan	79	5
Kas	77	50
Deri	72	7
skelet	22	12
Ya	15	2

1.1.1.1. Suyun Moleküler Yapısı

Su ekzotermik bir reaksiyonla hidrojen ve oksijen atomlarının birleşmesiyle oluşur. Su molekülünde hidrojen atomlarının elektronları düzenli dağılım göstermez bu sebeple hidrojenler asimetrik olarak yerleşir. Hidrojen atomları $104,5^\circ$ lik bir açı yaptıkları için suyun polar özellik göstermesine neden olur (Da , 2010; Bay u Sözbilir ve Bay u, 2008; URL-1, 2015). Su molekülleri arasındaki çekim özelliği suyun polar özelliğinden kaynaklanmaktadır (Canda , 2005).

1.1.1.2. Suyun Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

a) Renk, Koku, Tat ve Bulanıklık

Saf suyun yapısı renksizdir (URL-1, 2015; Da , 2010). Sudaki rengin meydana gelmesinde çözünmüş haldeki maddelerin miktarı ve yoğunluğu etkilidir. Doğal yüzey sularının rengi pH miktarındaki değişime bağlı olarak artı veya azalı gösterebilir. Suyun renginin yapısı tat ve kokusuyla da ilişkili olabilir. Örneğin doğal suların rengini ortamdaki organik maddeler verebilir suyun yapısındaki demir II'nin

demir III'e oksitlenmesi suyun kırmızı görünmesine neden olur. Sular infrared 1 ınları kırmızı 1 1 a oranla daha yüksek seviyede emilim yapar bu nedenle denizlerde kırmızı 1 ık derinlere gittikçe azalır ve buna ba lı olarak denizlerde derin bölgeler mavi ekinde görülür (TO, 1999; Da , 2010).

Suyun rengi ve tadı bulunmamaktadır (URL-1, 2015). Suyun tadını içerisinde erimi halde bulunan karbondioksit ve ısısı, çözünmü yapıdaki organik ve inorganik maddeler vermektedir. TS 266 standartlarında tanımlanan insani tüketim amaçlı içme ve kullanma sularının kokusuz olması kendine has tat barındırması istenir. çme suyunda istenilen sıcaklık aralı ı 7-10°C arasında olmalıdır. Kaynamı suların lezzetli olmamasının sebebi su içinde yer alan oksijen ve karbondioksit oranındaki azalmadır (TO, 1999; Da , 2010).

Bulanıklı ın nedeni çözünmemi olarak bulunan organik ve inorganik maddelerdir. Genel olarak organik maddeler koku, renk ve tat da de i iklik ekillendirirken, bulanıklık inorganik maddeler tarafından ekillenir. Bulanıklık içme sularında istenmeyen bir özelliktir (Sözbilir, H ve ark., 2006; TO, 1999). Özellikle demir ve mangan sebebiyle meydana gelmi bulanık suların içilmesinden kaçınılmalıdır (Da , 2010). Sularda bulanıklı ın olması suyun kirli oldu unu, dolayısıyla patojen mikroorganizmaların bulunabilece ini ve bu durumun sa lık açısından tehlike arz edebilece ini gösterir (URL-4, 2015)

b) Elektriksel iletkenlik

Bir suyun iletkenli i yapısındaki çözeltilerin cinsine ve yo unlu una ba lı olarak artı gösterir. Suyun yapısındaki tuz konsantrasyonu arttıkça suyun iletkenli i de artı gösterir bu sebeple suyun iletkenli ini ölçerek tuz konsantrasyonu hakkında fikir edinilebilir (Sözbilir, H ve ark., 2006; Da , 2010; Sears, 2014).

c) pH

Sularda istenen pH değeri nötr veya alkalik değerde olmalıdır. Suların pH değeri sıcaklıkla bağlantılı olarak değişkenlik gösterir. Sıcaklık arttıkça pH seviyesi düşer. Saf suyun 25 °C pH değeri 7 iken 60 °C 'de 6,5 olmaktadır. Yeraltı suları genellikle asit özelliindedir. Yüzeysel sularda ise tam tersi olarak bazik özellik gösterir. İçme sularında istenen pH miktarları 6,5-8,5 arasındadır (TO, 1999; Sözbilir, H ve ark., 2006; Sünter, 2009; Akhan, 2014).

1.1.1.3. Suların Kirlenmesinde Rol Oynayan Faktörler

Su kirliliği, suyun yapısında normalde bulunmaması gereken miktar ve yoğunlukta zararlı maddelerin bulunması olayıdır (Ödün, 2013). Suyun kirlenmesinde rol oynayan faktörler genellikle 5 başlık altında toplanmıştır (Kahraman, 2007).

a) Biyolojik Faktörler

Canlı organizmaların sebep olduğu kirliliklerdir. İnsanların faaliyetleri sonucu suya karışan bakteri, virüs gibi canlı organizmalardan ve azotlu gübrelerin suya karışmasından dolayı kirlenir (Kahraman, 2007).

b) Radyoaktif Faktörler

Radyoaktif maddelerden ortama salınan radyasyondan ileri gelen kirlenmedir (Kahraman, 2007). İnsanların radyasyona maruz kalma yollarından biri sulardır.

Nükleer elektrik santrallerinin acil durumları esnasında radyoaktif maddeleri do aya salarak sularda kirlenmeye neden olur (WHO, 2012).

c) Potansiyel Faktörler

Yeraltında ve yerüstünde bulunan sulara çe itli nedenlerle karı an amonyak ve arsenik gibi inorganik maddelerden ileri gelen kirlenmelerdir (Kahraman, 2007). Ayrıca çe itli endüstriyel faaliyetler, üretim prosesleri ve fabrika atıklarının ekstrakte edilmesi sonucu özellikle içme sularında kirlenmeye neden olurlar (WHO, 2004d).

d) Pestisit Kaynaklı Faktörler

Tarım alanlarında kullanılan pestisit ilaçların yeraltındaki ve yerüstündeki sulara karı ması sonucu olu an kirlenmelerdir. Tarımsal geli im için kullanılan pestisitlerin ve gübrelemenin geli i güzel yapılması sonucu, aslında yararlı olan bu i lem zararlı hale gelerek insan sa lı ına negatif yönde etkir (WHO, 2002; Kahraman, 2007).

e) Yüzey etkili kirleticiler

Deterjanlar evsel kirlenme nedenlerindedir. Deterjanların yapısında fosfat ve nitratlar yüksek oranda görülebilir. Fosfat ve nitrat miktarındaki artı sularda alglerin artmasına neden olur ki bu durum suların içerisindeki biyolojik dengenin bozulmasına yol açar (Güler ve Çobano lu, 1994).

1.1.2. A ır Metaller ve Toksik Etkileri

a) Arsenik (As)

Yer kabu unda saf olarak çok fazla bulunmayan arsenik birçok canlıya toksik etki yapar ve çevrede uzun süre bozulmadan kalabilir (Yılmaz ve Ekici, 2004; Agusa ve ark. 2006).

Deri, boya ve cam gibi endüstriyel faaliyetlerde, fare ve karınca gibi hayvanların zehirlenmesinde insektisit olarak ve tarımda orman ürünlerini korumak amacıyla yabancı otların mücadelesinde arsenik kullanılmaktadır (Güler ve Çobano lu, 1997). Ayrıca yer kabu unda bazı elementlerin yapısına ba lı olarak özellikle kükürtlü madenler içinde, demir oksitlerde ve sülfür bile iklerinde konsantre bir halde bulunur. Bu yapı jeolojik olaylar sırasında yeraltı sularına karı arak bu suları kullanan canlılara risk olu turur (Kovancı, 2008). Sular arseni in çevreye yayılmasında en önemli etkindir, ayrıca fosil yakıtların yanması sonucu da atmosfere yayılmaktadır (Kahraman, 2007).

Vücuda alınmasıyla birlikte ilk olarak kana karı an arsenik daha sonra karaci er, kas, böbrek, dalak ve deriye geçer (Güler ve Çobano lu, 1997). WHO, içme ve kullanma sularında 10 ppb'ye kadar arsenik bulunabilece ini fakat 50 ppb'den fazla olan arsenikli suların kesinlikle kullanılmaması gerekti ini bildirmi tir (Kahraman, 2007). Arseni in 70-180 mg seviyesinde alınması canlılar için öldürücüdür (Ça larırmak ve Hepçimen, 2010). Akut arsenik zehirlenmelerinde mide bulantısı, kusma, a ızda ve bo azda yanma, iddetli karın a rısı gözlenir. Daha sonra kalp ve dola ım yetmezli i sonucu birkaç saat içinde ölüm ekillenebilir. Kronik arsenik zehirlenmesinde ise ishal veya kabızlık, ciltte tümör geli imi, renk de i ikli i, sinir sistemi bozuklu u, kansızlık, tırnak yapısında ekillenen tipik çizgiler gözlenir. Kronik arsenik zehirlenmesinin sebebi uzun süre içme suyuyla vücuda arsenik

alınmasıdır (Smith ve ark. 1992; Calderon, 2000; Kahraman, 2007). Arseni in vücuda deri yoluyla alımı oldukça dü üktür. Bunun sonucu olarak banyo yapmak, yıkanmak, el yıkamak, çama ır yıkamak gibi aktiviteler sa lık açısından çok yüksek risk olu turmamaktadır (Petrusewski ve ark., 2007). Ayrıca arsenik pirüvatın asetil CoA'ya çevrimini inhibe ederek Krebs siklusunu bloke eder (URL-3, 2015).

b) Bakır (Cu)

Bakır vücutta demir ve çinkodan sonra en fazla olarak görülen elementtir (Turgut ve ark., 2000). Topra ın yapısında bulunur ve bu topra ın üstünde yer alan bakır partikülleri rüzgarlar vasıtasıyla havaya karı ır ayrıca fabrika bacalarından yayılan maddelerdeki bakırdan dolayı da atmosferin yapısında bakır gözlenmektedir (WHO, 2004b).

Çok farklı özelliklere sahip oldu u için endüstriyel alanlarda çok kullanılmaktadır. Metalik bakırın elektriksel ve termal iletkenli i çok yüksektir. Boruların, yemek kaplarının, bronz ala ımların, ah ap koruyucuların, birçok kablo türünün, bakır bazlı gübrelerin, kaplamaların yapısında ve petrol rafineleri, fungusit, insektisit, algisitlerin içerisinde yer alır. Hayvanların yemlerine gıda katkı maddesi olarak verilir (Güler ve Çobano lu, 1997; Poyraz, 2014).

nsanlara bakır bula masında en temel kaynak gıdalardır. Özellikle karaci er ve di er organlar, su ürünleri, fındık ve tohumlar bakır yönünden bilinen en iyi kaynaklardır (WHO, 2004b). Ayrıca sularda bakırın bula masında etkilidir. Bakır içme suyunda çözündü ü zaman, açık mavi ya da mavi-ye il bir renk, istenmeyen metalik acı bir tat ve tesisat üzerinde yer alan mavi ye il lekeler görülür (WHO, 2004b; Güler ve Çobano lu, 1994).

Bakır demirin hemoglobin olu turmasında ve immun sistem, sinir sistemi ile iskelet gibi sistemlerin yapısı ve fonksiyonlarını yürütmesi için gerekli olan bir elementtir. İnsanların dokularındaki bakır miktarı çok düşük olursa anemi, yüksek olursa karaciğer hasarı gelişmektedir.

Bakır metabolizması karaciğerde düzenlenir ve bakır burada depolanır. Bunun yanında kalp, böbrek ve beyin yapısında yüksek oranda gözlenmiştir. Kas ve kemik yapısında ise düşük oranda gözlenmiştir (Turgut ve ark., 2000).

İnsanlarda Wilson hastalığı fazla bakır emilimine neden olmaktadır. Semptom olarak idrarla bakır atılması artar, karaciğer ve göz bebeğinde bakır birikir, karaciğerin bağ dokusu büyür ve karaciğerde dejenerasyona sebep olur (Bayu Sözbilir ve Bayu, 2008; WHO 2004b).

Bakırın vücuda fazla alınması akut ve subakut olarak iki şekilde zehirlenme meydana getirir. Karaciğer, böbrek ve dalakta ciddi konjesyonlar ve gastroenterit gözlemlenebilir. Subakut zehirlenmelerde karaciğer hasarları, karın ve akciğerde sıvı toplanması ve sindirim sisteminde hemorojiler görülebilir. (Güler ve Çobanoğlu, 1997).

c) Baryum (Ba)

Baryum bileşikleri seramik, boya sanayi, petrol kuyularının yapımı, patlayıcı yapımı, kibrit, kağıt, dericilik, madencilik, deterjan, havai fişek, lastik imalatı, floresan lambaların imalatı gibi çok çeşitli alanlarda yaygın olarak kullanılır (Güler ve Çobanoğlu, 1997). Ayrıca rodentisit, fungusid, insektisit içerisinde, tıpta radyolojik incelemelerde görüntülemenin sağlanması için kontrast madde olarak da kullanılmaktadır (Gürpınar ve Aırdizer, 2007).

Baryum insanların beslenmesinde gerekli olan esas elementlerden biri de ildir. Baryumun suda erimeyen ekileri çok zor absorbe oldu u için toksisitesi çok azdır. Emilen baryumlar genel olarak kemiklerde toplanır. Bunun yanında karaci er, böbrek ve kalbin yapısında da görülür (Güler ve Çobano lu, 1997) ancak baryumun a ızdan alınan ve emilebilen bile ikleri ise oldukça zehirli etki gösterir. Bu tür zehirlenmelerde mide, ba ırsak ve böbreklerde kanama, bulantı, kusma ve sulu kolik tarzı a rıyla birlikte diyare gözlemlenir (Gürpınar ve A ırdizer, 2007).

d) Bor (B)

Bor okyanuslarda, tortul kayalarda, kömürde, kil ve bazı topraklarda bulunan bir elementtir. Cam malzemeleri, seramik, metalürji sanayisi, nükleer uygulamalar, yakıt ve sa lık sektöründe kullanılmaktadır (Kot, 2009). Bor, içme ve sulama sularının kirlenmesine sebep olur. Bu nedenle insan sa lı ına olumsuz etki gösterir. Yüzey ve yeraltı sularındaki kirlenmenin en büyük nedeni jeotermal kaynaklı sulardır (im ek, 2005).

Bor yüksek oranda bor bulunduran kozmetik maddelerinin kullanılması, bor yo unlu u yüksek olan sulardan elde edilen deniz ürünlerinin tüketilmesi, bitki ve meyvelerin üretilmesinde kullanılan borlu ilaç ve gübrelerin kullanılması, topra ın kendili inden yüksek yo unlukta bor barındırmasından dolayı bu topraklardan üretilen meyve ve sebzelerin tüketilmesiyle vücuda alınır (Güler ve Çobano lu, 1997; Özkul, 2013). Bor için yeti kinlerde öldürücü miktar günlük 15-20 g, çocuklarda ise bu oran günlük 3-6 g'dır. Bor zehirlenmesinde bulantı, kusma, deri dökülmesi ve soyulması, ishal görülür (Ça larırmak ve Hepçimen, 2010).

e) Civa (Hg)

Civanın biyolojik bir ilevi yoktur ve toksik metaller arasında ilk sırada yer alır (Zhou ve ark., 1998). Civa ve bileenleri termometre ve elektrik aletlerinin üretilmesinde, boya ve kağıt sanayisinde, tarım ilaçlarında fungusit olarak, di dolgusunda civa amalgam olarak ve metalik formuyla boya olarak kozmetik alanında kullanılmaktadır (Vural, 1993; Akcan ve Dursun, 2008).

Civanın fazla alınması merkezi sinir sistemindeki ilevi bozar, beyin gelişimini engeller, kadmiyum elementi gibi böbreklerin yapısına zarar verir ve kontak egzama ekillenmesine sebep olur (Zhou ve ark., 1998; Poyraz, 2014) bunun yanında plasenta bariyerini geçip fötusun mental gelişiminde olumsuz yönde etkiler (Zhou ve ark., 1998).

f) Çinko (Zn)

Çinko hayvanlar, insanlar ve bitkiler için gerekli olan esansiyel bir elementtir (Güler ve Çobano lu, 1997). Büyümenin normal seyrini devam ettirmek ve düzenli bir şekilde metabolizmanın işlemesi için gereklidir. Çeşitli enzimlerin (alkol dehidrojenaz, glutamik dehidrojenaz, böbrek fosfatazı, ürikaz, karboksipeptidaz, eritrosit karbonik anhidrazı) yapısında yer alır (Bay u Sözbilir ve Bay u, 2008). Memelilerde immun ve sinir sisteminin düzenlenmesinde görev alır (Nowak ve ark., 2003). Kozmetik, boya, lastik, maden sanayisi gibi farklı alanlarda kullanılmaktadır (Özku l, 2013). Çinko vücuda protein ve çinko konsantrasyonu yönünden zengin olan et ve deniz ürünleri, çinko konsantrasyonu yönünden düşük olan hububat ve sebzeler aracılığıyla alınır. Çinko bütün vücut sıvıları ve dokularda bulunmakla birlikte özellikle saç, kemik, göz, prostat, pankreas ve duodenum salgılarında bulunmaktadır (Turgut ve ark., 2000; Bay u Sözbilir ve Bay u, 2008).

Çinkoya ba lı ekillenen zehirlenmelerde mide krampı, ishal, kusma, karın a rısı, ba dönmesi, uyu kluk, böbrek yetersizli i görülür (Vural, 1993; Güler ve Çobano lu, 1997; Ça larırmak ve Hepçimen, 2010). Deney hayvanları üzerinde yapılan çalı malar sonucunda kanserojenik bir etkisi oldu u saptanmamı ve eksikli inde kıl dökülmesi, iyi büyümeme, zayıflama ve dermatitis ekillendi i görülmü tür (Vural, 1993; Bay u Sözbilir ve Bay u, 2008).

g) Demir (Fe)

Demir elementi yeryüzünde çok bulunmasına kar ın do al su kaynaklarında az miktarda bulunur. Demir elementi ba lıca içme suyu borularının yapımında, boya ve plastiklerde pigment olarak, insanlarda demir eksikli inin giderilmesi için tedavi amaçlı olarak kullanılmaktadır (Kahraman, 2007). Organizmalarda hemoglobin, miyoglobin, sitokromlar, peroksidaz ve katalaz gibi çe itli enzimlerin yapısında yer alır (Yalçın, 2005; Bay u Sözbilir ve Bay u, 2008). Dokulara ve kaslara oksijen ta ıyan hemoglobinin ve Krebs döngüsünde yer alan enzimlerin yapısı için gereklidir (Yalçın, 2005). DNA, RNA ve protein sentezi için gereklidir (Tüzün ve Yakut, 2009).

Demir toksik olarak etki etti inde kusma, karın a rısı, ishal, kanın pıhtılaşmasında olumsuz etki, böbrek yetmezli i, solukluk ve siroz gözlemlenebilir. Demirin kronik olarak vücuda alınması genetik bozuklukların ekillenmesine yol açabilir (Yüzba ı ve Sezgin, 2002; Yalçın, 2005). Vücuda a ırı derecede demir alınması özellikle karaci er, pankreas ve kalp gibi organlarda hasar ekillendirir (Yalçın, 2005).

h) Gümü (Ag)

Gümü , insan vücudu için esansiyel bir element de ildir (Yalçın, 2005). Tıpta, foto rafçılıkta, takı yapımında, bakterileri öldürücü etkisinden dolayı yüzme havuzlarının dezenfeksiyonunu sa lamak amacıyla, di çilerde kullanılan amalgamların yapısında, içme sularında klorun alternatifi olarak dezenfeksiyonu sa lamak amacıyla kullanılmaktadır (Güler ve Çobano lu, 1997; Silvestry-Rodriguez, 2007). Gümü do al sularda az miktarda gözlenir fakat da ıtım sistemlerinde kur un, çinko gibi bazı metallerin kullanılması sonucu sularda gümü yüksek oranlarda görülebilir yine bazı ülkelerde su kaynaklarında dezenfeksiyonu sa lamak amacıyla gümü ün kullanılması çe me sularında da görülmesine neden olabilir (Güler ve Çobano lu, 1997). Gümü özellikle prokaryotlar olmak üzere ökaryotlarda da toksik etki olu turur. Gümü ün vücuda fazla alınması deride ve gözlerde mavi-gri lekelenmelerin görülmesine, saç ve tırnaklarda renk de i imine, böbrek, karaci er ve dalakta patolojik de i melerin olmasına sebep olur (Güler ve Çobano lu, 1997; Greulich ve ark., 2012).

i) Kadmiyum (Cd)

Kadmiyum toksik bir a ır metal olup do ada çinko ile beraber bulunur (Kahvecio lu ve ark., 2004). Kadmiyum havada partikül halinde ve suda çözünmü halde bulunabilir (WHO, 2004a). Özellikle a ındırıcı bir yapıya sahip olmasından dolayı galvanizleme tekni inde ve uçak sanayisinde kullanılır bunun yanında plastik yapımında stabilizatör olarak, boyaya renk vermek için, nikel-kadmiyum pil sanayisinde ve insektisitlerin yapısına katılarak kullanılabilmektedir (Akhan, 2014).

Kadmiyumun insanlara bula masına sebep olan ba lıca kaynaklar sigara dumanı, rafine edilmi yiyecekler, su boruları, kahve, çay, kömür yakılması, kabuklu deniz ürünleri, tohum a masında kullanılan gübreler ve endüstriyel üretim a amalarında

meydana gelen baca gazlarıdır (Kahraman, 2007). Kadmiyum toksik etki olarak insanlarda böbrek fonksiyonlarında bozukluk, akci er ve prostat kanseri, akci er ödemi, mide bulantısı, kusma, anfizem, böbrek ta ı olu umunda artı , kemiklerde kolay kırılma ve hasar görme, hipertansiyon ekillenmesi, testis dokusunun yapısında tahrip meydana getirebilir (Güler ve Çobano lu, 1997; Kahraman, 2007; Kovancı, 2008; Ça larırmak ve Hepçimen, 2010).

j) Kobalt (Co)

Kobalt, hayvanlar ve insanlar için önemli bir elementtir (Da , 2010). Gümü rengine, davranı ve özellikleri bakımından nikel ile demire benzer özellik gösteren bir a ır metaldir (Hassell, 2013). Genellikle di er metallerin kaplanması için porselen, cam, çömlek ve fayans üretiminde parlak ve kalıcı mavi renk elde etmek için kullanılmaktadır (URL-2, 2015).

Gıda maddelerinden et, karaci er, böbrek, midye, istiridye, süt, balık, deniz yosunu, salata, pancar ve ıspana ın yapısında bulunur, bunun yanında sigara dumanın yapısında da kobalt elementi bulunmaktadır. Suda çözünemedi i için solunum yoluyla alındı nda, vücut tarafından iyi bir ekilde emilmekte ve hücrelerde birkaç günde çözünerek kana karı maktadır (Korkmaz, 2012). Kırmızı kan hücrelerinin üretilmesi için gerekli olan B₁₂ vitaminin yapısında bulunur, bu vitamin bütün hayvanlarda büyüme ve eritropoiezis için gereklidir (Bay u Sözbilir ve Bay u, 2008; Korkmaz, 2012). Ruminantlar, B₁₂ vitaminini sindirim kanallarında sentezlerler fakat sentezleyebilmeleri için dı arıdan kobalt almaları gerekmektedir (Bay u Sözbilir ve Bay u, 2008).

k) Krom (Cr)

Krom insanlar için esansiyel bir element olup doada Cr^{+3} ve Cr^{+6} olarak bulunur. Cr^{+3} yumurta sarısı, siyah çikolata, karabiber, tam tahıllar, kahve, kuruyemişir, brokoli, et ve bira gibi gıda ürünlerinde bulunur. Toksik etkisi çok düşüktür ve invivo ortamda antioksidan etki gösterir. Cr^{+6} ise insan yapımı ve sentetik formlarda bulunup toksik ve karsinojenik etki gösterir (Deirmencioğlu ve ark., 2006).

Krom boya, cam, seramik malzemeleri ve deri gibi birçok endüstriyel faaliyet alanlarında kullanılmaktadır (Poyraz, 2014). Krom enerji metabolizması, kolesterol, yağ ve protein sentezi için son derece önemli bir elementtir (Deirmencioğlu ve ark., 2006). Krom eksikliğinde insülin direnci gelişmektedir. İnsülinin kan glikoz düzeyini ayarlayabilmesi için kroma ihtiyacı vardır. Krom damar sertliğine karşı koruyucu bir etkiye sahiptir ve bağışıklık sisteminin gelişmesinde önemli rol oynar (Yalçın, 2005; Deirmencioğlu ve ark., 2006). Kromun vücuda fazla alınması sonucu kanama ve sindirim bozukluğu, kalp damar sisteminde tıkanıklık, kanamalı hemoroit ve akciğer kanseri gibi hastalıklar görülebilir (Çağlar ve Hepçimen, 2010; Poyraz, 2014).

l) Kurun (Pb)

Kurun genellikle gümüş, bakır, çinko, antimon ve demir metalleri ile birleşmiş halde bulunan bir ağır metaldir (Güler ve Çobanoğlu, 1997). Genel olarak pişirme ve saklama işlemlerinde kullanılan çömleklerde, araplarda tatlandırıcı olarak, pestisitlerin, böcek ilaçlarının içeriğinde, porselenlerin yapısında, içme suyu şebekelerindeki bakır alaşımlı boruların bağlantı noktalarındaki lehimlerin yapısında, silah yapımında, sigaranın içerisinde, kozmetik malzemelerinin içerisinde, benzinin içerisinde katkı maddesi olarak, kablo imalatı ve bataryaların yapısında

kullanılmaktadır (Zietz ve ark., 2001; Kahvecio lu ve ark., 2004; Kahraman, 2007; Asri ve Sönmez, 2007; Akhan, 2014; Poyraz, 2014).

Kur un toksik etki olarak anemi, sinir, sindirim, dola ım ve bo altım sisteminde fonksiyon bozuklu u, karın, ba , mide ve eklemlerde a rılara, dola ım ve böbrek dokularında bozuklu a, hafıza kaybına, görme bozuklu una, küçük ya larda fazla miktarda kur una maruz kalma sonucu zeka gerili ine ve ö renme bozuklu unun olu masına neden olabilir (Yapıcı ve ark., 2002; Yüzba ı ve Sezgin, 2002; Dünder ve Aslan 2005; Ça larırmak ve Hepçimen, 2010; Akhan, 2014).

m) Mangan (Mn)

Mangan bütün canlılar için esansiyel bir elementtir (WHO, 2006; Olmedo ve ark., 2013). Genellikle demir elementi ile birlikte bulunur. Ba doku ve kemik doku olu umu, büyüme ve üreme fonksiyonları, lipit metabolizması ve enzim aktivasyonunda fonksiyonu bulunmaktadır (WHO, 2004c; Yalçın, 2005).

Mangan pillerin, cam ürünlerinin, elektrik malzemelerinin, seramiklerin, havai fi eklerin, gübrelerin ve fungusitlerin yapısında yer alır. Hayvansal yemlerde, demir ve çelik ala ımların yapısında katkı maddesi olarak kullanılır. Kur unsuz benzinlerde oktan arttırıcı olarak kullanılmaktadır (WHO, 2004c; Yılmaz ve Dinç, 2013; Poyraz, 2014).

Yeraltı ve yüzeysel sularda bulunabilir ve genellikle yeraltı suları yüzeysel sulara göre daha çok mangan içerir (WHO, 2004c). Manganın sularda bulunması bazı bakterilerin ço almasına yardımcı olur. Suyun kötü bir lezzette olmasını sa lar. Çay ve kahve hazırlamaya, çama ır yıkamaya uygun de ildir bu nedenle manganlı suları arıtmak gerekir (Güler ve Çobano lu, 1997). Toksik etki olarak libido

azalması, uyu kluk, karaci erde büyüme, cilt lezyonları, mental gerileme, pnömoni, ba a rısı ve merkezi sinir sistemine etki ederek kaslarda zayıflamaya neden olabilir (Yalçın, 2005; Yılmaz ve Dinç, 2013; Poyraz, 2014).

n) Molibden (Mo)

Molibden elementi gümü beyaz renkte görülen, yüksek erime noktasına sahip, ısı iletkenli i fazla olan bir elementtir. Be eri hekimlik alanlarında Wilson hastalı ı, dü ük kan glikoz ve serbest ya asitlerinin tedavisi amacıyla kullanılmaktadır. Endüstriyel alanlarda ise ala ım üretimi ve elektronik cihazlarda kullanılmaktadır (Karademir, 2006).

Molibden ba lıca böbrek, karaci er, vücut ya ı ve kanda birikim göstermektedir (Güler ve Çobano lu, 1997). Sadece molibden yetersizli i insan ve hayvanlarda hiçbir klinik belirti olu turmaz fakat fazlalı ı bakır yetersizli inin görülmesine neden olur. Bunun sonucu olarak özellikle hayvanlarda anemi, büyümede gecikme, yem tüketiminde azalma kardiyovasküler bozukluklar ekillenebilmektedir (pek, 2003).

o) Nikel (Ni)

Nikel gümü beyazı renginde parlak ve sert yapıda bulunan bir elementtir (Dündar ve ark., 2012). Petrol, çelik, ala ım üretimi, galvaniz, pil, gıda ve elektronik endüstrisinde bunun yanında sert dayanıklı ve parlak olması sebebiyle metal kaplamada, kimyasal maddelere dayanıklı oldu u için laboratuvarlarda bulunan araçların yapı malzemesi olarak ve birçok organik tepkimelerde katalizör olarak kullanılmaktadır (Vural, 1993; Asri ve Sönmez, 2007; Dündar ve ark., 2012). Suda eriyebilir özellikte oldu u için özellikle nikel içeren bile iklerin nehirlere atılması sonucu su ile bula ma ve yayılma ekillenmektedir (Güler ve Çobano lu, 1997).

Uzun süreli ve fazla alınması sonucu sperm üretiminde azalma, dermatit ve solunum sisteminde bozukluklar görülebilmektedir (Yalçın, 2005; Yılmaz ve Dinç, 2013).

p) Selenyum (Se)

Selenyum memeliler için esansiyel olan küçük dozlarda salutic, yüksek dozlarda zehir etkisi gösteren bir elementtir (Pirinçci ve ark., 2000; Küçük, 2014). Boya yapımında, cam, seramik, foto raf malzemeleri, insektisit, fungusit ve kepek önleyici olarak kullanılabilir (Yılmaz ve Dinç, 2013; Küçük, 2014). Selenyum tiroid bezinin fonksiyonunu arttırarak bağımsızlık sisteminin artmasını sağlar, eksiklikte kalp rahatsızlıkları görülebilir (Poyraz, 2014). Vücuda fazla alınması sonucu ise kısırlık, bulantı, kusma, karın ağrısı, titreme, tırnaklarda dehislik, saç dökülmesi, deride renk değişikliği, dermatit, dişlerde çürüme, kansızlık, sindirim bozukluğu, dalak ve pankreasta şişme görülebilir (Çalışırmak ve Hepçimen, 2010; Yılmaz ve Dinç, 2013; Poyraz, 2014).

1.1.3. ICP-MS (İndüktif Element Plazma-Kütle Spektrometri)

Eser element tayininde analitik tekniklerinin kullanılarak yüksek hassaslıkta ve özgünlükte atomik seviyede ölçüm yapabilen bir cihazdır (Jenner ve ark., 1990). Optik yöntemlerle ölçüm yapan cihazlara nazaran güvenilirliği daha yüksektir (Deveci, 2012).

Genel olarak jeoloji biliminde kullanılan bu cihaz (Jenner ve ark., 1990), sağlık bilimleri alanında da gıdalardaki toksik element düzeylerinin ölçümünde kullanılabilir (Nardi ve ark., 2009).

ICP (indüktif e le mi plazma) ve MS (kütle spektrometresi) iki ayrı cihazdır. ICP-MS olarak birleştirilip tek bir cihaz haline getirilmi ve enstrümantal analiz alanında analitik ölçümlere imkan tanıyan bir cihaz ve ölçüm yöntemi haline getirilmi tir (Deveci, 2012).

ICP-MS cihazı, argon gazı ve/veya N₂, H₂ ve O₂ gazlarının elektriksel olarak iletken bir ortam olan plazma haline getirilmesi suretiyle numunede atomik seviyede ölçüm yapılmasına olanak sa lar. Sonra da bu atomlar iyonla tırılarak yaydıkları emisyon bir detektör aracılı ıyla ölçülür (Durant, 1993; Da , 2010).

ICP-MS'in prensibinde de bahsedildi i üzere numune miktar tayin basamakları kısaca atomla tırma, atomların iyon haline getirilmesi, olu an iyonların kütle/yük (m/z) oranlarına göre ayrılması ve son olarak her iyon çe idinin uygun detektörler vasıtasıyla ölçümüdür (Da , 2010).

1.1.4. TSE-266 ve WHO çme Suyu Standartları

TSE 266'ya göre insani tüketim amaçlı sular ve bu ba lık altında içme ve kullanma suları organoleptik, mikrobiyolojik, kimyasal ve gösterge özelliklerine göre sınıflandırılmı tir. Organoleptik olarak suyun effaf, kokusuz ve tortusuz olması gerekmekte, mikrobiyolojik olarak ise bazı patojen ve koloni özelli i gösteren di er bakteri türlerinin sayısı TSE 266'da ayrıntılı olarak de erlendirilmi tir. Bu tezin konusu olan a ır metal düzeylerinin maksimum ve tavsiye edilen de erler ise TSE-266 ve WHO' ya göre a a ıdaki tabloda incelenmi tir.

Tablo 1. 2. TSE 266 (2005) ve WHO (2011)' e göre içme sularında bulunması gereken maksimum ve tavsiye edilen ağır metal derişimleri (TSE 266, 2005; WHO, 2011).

Ağır metal	Miktar		Birim
	Maksimum TSE 266 (2005)	Tavsiye edilen WHO (2011)	
Arsenik (As)	10	10	µg/L
Bakır (Cu)	2000	2000	µg/L
Baryum (Ba)	Listelenen sınır yok	700	µg/L
Bor (B)	1000	2400	µg/L
Civa (Hg)	1	6	µg/L
Çinko (Zn)	Listelenen sınır yok	Listelenen sınır yok	µg/L
Demir (Fe)	200	Listelenen sınır yok	µg/L
Gümü (Ag)	Listelenen sınır yok	Listelenen sınır yok	µg/L
Kadmiyum (Cd)	5	3	µg/L
Kobalt (Co)	Listelenen sınır yok	Listelenen sınır yok	µg/L
Krom (Cr)	50	50	µg/L
Kur un (Pb)	10	10	µg/L
Mangan (Mn)	50	Listelenen sınır yok	µg/L
Molibden (Mo)	Listelenen sınır yok	Listelenen sınır yok	µg/L
Nikel (Ni)	20	70	µg/L
Selenyum (Se)	10	40	µg/L

2. Materyal-Metod

2.1. Materyal

2.1.1. Kullanılan Malzeme ve Cihazlar

2.1.1.1. Malzemeler

1. 15 ml'lik polipropilen falkon tüp (ISO LAB Germany)
2. Nitrik asit (%65'lik- Merck)
3. Nitril eldiven (ISO LAB Germany)
4. Fosfatsız bulaık sıvısı (Ersa)

2.1.1.2. Cihazlar

1. ICP-MS (Agilent Technologies 7700 seri)
2. Ultra saf su cihazı (Simplicity UV Millipore)
3. Buzdolabı (ndesit)

2.2. METOD

2.2.1. Su Örneklerinin Toplanması ve Analize Hazır Hale Getirilmesi

Su örneklerinin toplanacağı falkon tüpler içerisinde ağır metal kalıntısı kalmayacak şekilde dört işlemden geçirildi:

1. Bir gece ultra saf suda bekletme,
2. Fosfatsız bulaık sıvısı ile ultra saf su içinde yıkama,
3. %10'luk HNO₃ çözeltisi içerisinde bir gece bekletme,
4. Ultra saf su ile yıkama ve kurutma (TSE 266, 2005).

Afyonkarahisar ilindeki 48 mahalleye Ekim 2014 yılında çeşme suları toplanmak üzere gidildi. Çeşme suları falkon tüplere alınmadan önce musluklar borulardaki durgun suyun dışarı akıtılması amacıyla 2-3 dk boyunca açık bırakıldı. Sonra 15 ml'lik falkon tüplere su örnekleri alındı. Ağır metal analizlerinin gerçekleştirileceği zamana kadar 4⁰C'de buzdolabında bekletildi. Ağır metal analizinin gerçekleştirilmesi için Agilent 7700 seri ICP-MS cihazı kullanıldı.

3. BULGULAR

Afyonkarahisar ilinde yer alan 48 mahallede bulunan evlerden alınan çeme sularında bazı a ır metallerin (Ag, As, B, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, Zn) analizleri yaptırılmı ve sonuçları Tablo 3.1 ve Tablo 3.2' de verilmi tir. Yapılan çalı manın sonucunda Ag, B, Ba, Cd, Co, Cu, Fe, Ni, Pb'nin deteksiyon limiti (0,001 µg/L)'in altında oldu u, di er a ır metallerin ise de i ik mahallelerde farklı de erler gösterdi i görülmü tür.

Tablo 3. 1. Afyonkarahisar ilinde yer alan 48 mahallenin çe me sularında Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn ve As a ır metallерinin düzeyleri (µg/L)

No	Numunenin alındı ı yer	Cr (µg/L)	Mn (µg/L)	Fe (µg/L)	Co (µg/L)	Ni (µg/L)	Cu (µg/L)	Zn (µg/L)	As (µg/L)
1	Dört Yol Mahallesi	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	1,805
2	Akmescit Mahallesi	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	0,833
3	Ali Çetinkaya Mahallesi	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	4,998
4	Ali Hsan Pa a Mahallesi	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	5,276
5	Battalgazi Mahallesi	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	3,332
6	Beyazıt Mahallesi	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	4,720
7	Burmali Mahallesi	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	3,193
8	Cumhuriyet Mahallesi	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	4,582
9	Dairecep Mahallesi	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	3,054
10	Dervi pa a Mahallesi	<0,000*	0,029	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	36,362	6,109
11	Dumlupınar Mahallesi	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	3,749
12	Ertu rulgazi Mahallesi	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	4,581

* Deteksiyon limit: 0,001 µg/L

Tablo 3.1. 'in devamı

No	Numunenin alındığı yer	Cr (µg/L)	Mn (µg/L)	Fe (µg/L)	Co (µg/L)	Ni (µg/L)	Cu (µg/L)	Zn (µg/L)	As (µg/L)
13	Esentepe Mahallesi	0.322	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	11,385**
14	E refpa a Mahallesi	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	2,499
15	Fakıpa a Mahallesi	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	1,111
16	Fatih Mahallesi	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	4,026
17	Gazi Mahallesi	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	3,887
18	Güvenevler Mahallesi	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	4,026
19	Hamidiye Mahallesi	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	5,137
20	Hasan Karaa aç Mahallesi	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	5,553
21	Hattatkarahisar Mahallesi	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	3,610
22	Hoca Ahmet Yesevi Mahallesi	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	5,831
23	Kanlıca Mahallesi	0.971	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	8,191
24	Karaman Mahallesi	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	2,777

* Deteksiyon limit: 0,001 µg/L

** Kalın yazı tipiyle belirtilen değerler WHO (2011) tavsiye edilen değer ve TSE 266 (2005) maksimum değerlerin üzerindeki değerlerdir.

Tablo 3.1. 'in devamı

No	Numunenin alındığı yer	Cr (µg/L)	Mn (µg/L)	Fe (µg/L)	Co (µg/L)	Ni (µg/L)	Cu (µg/L)	Zn (µg/L)	As (µg/L)
25	Karıyaka Mahallesi	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	4,443
26	Kasımpaşa Mahallesi	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	5,692
27	Kayadibi Mahallesi	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	4,582
28	Kocatepe Mahallesi	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	3,887
29	Mareşal Fevzi Çakmak Mahallesi	0,328	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	8,191
30	Marulcu Mahallesi	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	4,026
31	Mecidiye Mahallesi	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	3,610
32	Nazmi Saatçi Mahallesi	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	4,304
33	Olucak Mahallesi	0,805	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	8,885
34	Orhangazi Mahallesi	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	4,582
35	Osmangazi Mahallesi	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	3,332
36	Sahipata Mahallesi	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	4,581

* Deteksiyon limit: 0,001 µg/L

Tablo 3.1. 'in devamı

No	Numunenin alındığı yer	Cr (µg/L)	Mn (µg/L)	Fe (µg/L)	Co (µg/L)	Ni (µg/L)	Cu (µg/L)	Zn (µg/L)	As (µg/L)
37	Seçuklu Mahallesi	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	5,553
38	Sümer Mahallesi	<0,000*	0,410	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	4,324	2,221
39	Taciahmet Mahallesi	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	2,082
40	Ta pınar Mahallesi	0,884	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	10,552**
41	Örnekevler Mahallesi	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	3,887
42	Veysel Karani Mahallesi	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	5,554
43	Yarenler Mahallesi	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	4,582
44	Yenice Mahallesi	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	4,528
45	Ye ilyurt Mahallesi	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	5,169
46	stiklal Mahallesi	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	6,497
47	Yunus Emre Mahallesi	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	5,491
48	Zafer Mahallesi	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*	4,619

* Deteksiyon limiti: 0,001 µg/L

** Kalın yazı tipiyle belirtilen değerler WHO (2011) tavsiye edilen değer ve TSE 266 (2005) maksimum değerlerin üzerindeki değerlerdir.

Tablo 3. 2. Afyonkarahisar ilinde yer alan 48 mahallenin çe me sularında Se, B, Ba, Mo, Ag, Cd, Hg ve Pb a ır metalllerinin düzeyleri ($\mu\text{g/L}$)

No	Numunenin alındı ı yer	Se ($\mu\text{g/L}$)	B ($\mu\text{g/L}$)	Ba ($\mu\text{g/L}$)	Mo ($\mu\text{g/L}$)	Ag ($\mu\text{g/L}$)	Cd ($\mu\text{g/L}$)	Hg ($\mu\text{g/L}$)	Pb ($\mu\text{g/L}$)
1	Dört Yol Mahallesi	0,233	<0,000*	<0,000*	8730,551	<0,000*	<0,000*	0,052	<0,000*
2	Akmescit Mahallesi	0,623	<0,000*	<0,000*	8802,63	<0,000*	<0,000*	0,030	<0,000*
3	Ali Çetinkaya Mahallesi	0,233	<0,000*	<0,000*	11520,919	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*
4	Ali hsan Pa a Mahallesi	0,623	<0,000*	<0,000*	11531,172	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*
5	Battalgazi Mahallesi	0,078	<0,000*	<0,000*	8699,649	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*
6	Beyazıt Mahallesi	0,233	<0,000*	<0,000*	11284,085	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*
7	Burmalı Mahallesi	0,233	<0,000*	<0,000*	12231,474	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*
8	Cumhuriyet Mahallesi	0,233	<0,000*	<0,000*	12159,272	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*
9	Dairecep Mahallesi	0,467	<0,000*	<0,000*	11490,027	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*
10	Dervi pa a Mahallesi	<0,000*	<0,000*	<0,000*	11603,251	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*
11	Dumlupınar Mahallesi	<0,000*	<0,000*	<0,000*	11366,622	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*
12	Ertu rulgazi Mahallesi	<0,000*	<0,000*	<0,000*	11860,797	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*

* Deteksiyon limit: 0,001 $\mu\text{g/L}$

Tablo 3.2. 'in devamı

No	Numunenin alındığı yer	Se (µg/L)	B (µg/L)	Ba (µg/L)	Mo (µg/L)	Ag (µg/L)	Cd (µg/L)	Hg (µg/L)	Pb (µg/L)
13	Esentepe Mahallesi	0,623	<0,000*	<0,000*	19285,254	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*
14	E refpa a Mahallesi	<0,000*	<0,000*	<0,000*	9893,971	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*
15	Fakıpa a Mahallesi	0,545	<0,000*	<0,000*	7700,851	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*
16	Fatih Mahallesi	0,078	<0,000*	<0,000*	12159,323	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*
17	Gazi Mahallesi	<0,000*	<0,000*	<0,000*	11397,401	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*
18	Güvenevler Mahallesi	0,233	<0,000*	<0,000*	12602,038	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*
19	Hamidiye Mahallesi	0,078	<0,000*	<0,000*	11510,584	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*
20	Hasan Karaa aç Mahallesi	0,467	<0,000*	<0,000*	9729,318	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*
21	Hattatkarahisar Mahallesi	0,233	<0,000*	<0,000*	12046,038	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*
22	Hoca Ahmet Yesevi Mahallesi	0,467	<0,000*	<0,000*	12354,93	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*
23	Kanlıca Mahallesi	0,156	<0,000*	<0,000*	19625,172	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*
24	Karaman Mahallesi	0,233	<0,000*	<0,000*	12365,266	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*

* Deteksiyon limit: 0,001 µg/L

Tablo 3.2. 'in devamı

No	Numunenin alındığı yer	Se (µg/L)	B (µg/L)	Ba (µg/L)	Mo (µg/L)	Ag (µg/L)	Cd (µg/L)	Hg (µg/L)	Pb (µg/L)
25	Karıyaka Mahallesi	0,389	<0,000*	<0,000*	9564,562	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*
26	Kasımpaşa Mahallesi	0,156	<0,000*	<0,000*	13353,8	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*
27	Kayadibi Mahallesi	0,078	<0,000*	<0,000*	11994,578	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*
28	Kocatepe Mahallesi	0,311	<0,000*	<0,000*	11953,35	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*
29	Mareşal Fevzi Çakmak Mahallesi	0,545	<0,000*	<0,000*	19058,744	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*
30	Marulcu Mahallesi	0,311	<0,000*	<0,000*	12210,824	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*
31	Mecidiye Mahallesi	0,078	<0,000*	<0,000*	11871,039	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*
32	Nazmi Saatçi Mahallesi	<0.000	<0,000*	<0,000*	12602,11	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*
33	Olucak Mahallesi	1,167	<0,000*	<0,000*	19141,158	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*
34	Orhangazi Mahallesi	0,545	<0,000*	<0,000*	12756,438	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*
35	Osmangazi Mahallesi	0,311	<0,000*	<0,000*	12674,282	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*
36	Sahipata Mahallesi	<0.000	<0,000*	<0,000*	12684,473	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*

* Deteksiyon limit: 0,001 µg/L

Tablo 3.2. 'in devamı

No	Numunenin alındığı yer	Se (µg/L)	B (µg/L)	Ba (µg/L)	Mo (µg/L)	Ag (µg/L)	Cd (µg/L)	Hg (µg/L)	Pb (µg/L)
37	Selçuklu Mahallesi	0,389	<0,000*	<0,000*	13837,773	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*
38	Sümer Mahallesi	<0,000*	<0,000*	<0,000*	7700,872	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*
39	Taciahmet Mahallesi	0,156	<0,000*	<0,000*	7330,225	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*
40	Ta pınar Mahallesi	0,311	<0,000*	<0,000*	19820,748	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*
41	Örnekevler Mahallesi	0,156	<0,000*	<0,000*	10728,115	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*
42	Veysel Karani Mahallesi	0,156	<0,000*	<0,000*	13199,379	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*
43	Yarenler Mahallesi	0,156	<0,000*	<0,000*	13189,003	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*
44	Yenice Mahallesi	<0,000*	<0,000*	<0,000*	14679,734	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*
45	Ye ilyurt Mahallesi	<0,000*	<0,000*	<0,000*	12649,262	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*
46	stiklal Mahallesi	<0,000*	<0,000*	<0,000*	19641,87	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*
47	Yunus Emre Mahallesi	<0,000*	<0,000*	<0,000*	13573,036	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*
48	Zafer Mahallesi	<0,000*	<0,000*	<0,000*	11943,073	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*

* Deteksiyon limit: 0,001 µg/L

4. TARTI MA

Bu çalı mada Afyonkarahisar ilinde yer alan 48 mahalleden çe me suları alınarak sulardaki a ır metal düzeyleri ICP-MS cihazı ile ara tırılmı tır. Bu de erler incelendi inde Ag, B, Ba, Cd, Co, Cu, Fe, Ni ve Pb de erlerinin deteksiyon limitinin (0.001 µg/L) altında oldu u gözlenmi tir. Zn, Co, Mo ve Ag de erleri için (TSE 266, 2005) ve (WHO, 2011)'de maksimum ve tavsiye edilen limit de erler belirtilmedi i için bu elementlerle ilgili bir yorum yapılmamakla beraber sonuçlar Tablo 3.1 ve 3.2'de sunulmu tur. Bunlar arasında dikkatimizi çeken Mo de eri olmu tur. Ara tırmanın yapıldı ı 48 mahallenin hepsinde de de i en düzeylerde çıkmasına ra men maalesef sonuçlar de erlendirilememi tir. E er bu sonuçlar yüksek olarak de erlendirilecek olursa Mo fazlalı ının Cu eksikli ine sebep olması nedeniyle o bölgede ya ayan insan ve hayvanlarda Cu yetersizli i olup olmadı ının da ara tırılmasında fayda görmekteyiz. Cr, Hg, Mn ve Se a ır metallerinin (TSE 266, 2005) ve (WHO, 2011)' de izin verilen üst sınır de erlerinin çok altında çıkt ı görülmü tür. Bu a ır metallerin üst sınır de erinin çok altında çıkması Afyonkarahisar'da ya ayan insanların sa lı ı açısından son derece olumlu bir durumdur. Yapt ı ımız bu ara tırmaya göre 48 mahallenin hepsinde Arsenik tespit edilmi ancak (TSE 266, 2005) ve (WHO, 2011)'de belirtilen maksimum miktar olan 10 µg/L, sadece Esentepe (11,385 µg/L) ve Ta pınar (10,552 µg/L) mahallelerinde sınırı a mı tır.

Arseni in içme ve kullanma sularına bula masında etkili olan faktörler antropojenik kaynaklı, biyojenik kaynaklı ve do al kaynaklı faktörlerdir. Do al arsenik kayna ı olarak arsenik özellikle kayalarda birikim yapmaktadır. Bu kayaların a ınması sonucu yeraltı ve kuyu sularına toprakta yer alan arsenik karı abilmektedir. Türkiye'de özellikle batı bölgelerde arsenik kaya türleri, mineral ve cevher yapısı, volkanik yapı, bor yatakları nedeniyle sulara yüksek de erde görülebilmektedir. Antropojenik arsenik kayna ı olarak tarım ilaçları, metal sanayi, boya sanayi,

organik ve inorganik kimya sektörleri, Cu, Pb, Co ve Au madenlerinin ergitilmesinde yan ürün olarak kullanılması gösterilebilir. Biyolojik arsenik kaynağı ise bazı mikroorganizmaların biyometillemeye mekanizması sonucu doğal sulara monometil arsenik asit ve dimetil arsenik asit gibi arsenik içeren organik bileşiklere dönüşümleridir (Karakoç, 2013).

Özkul (2013) Afyonkarahisar jeotermal turizm ve sanayi tesisleri çevresinde bulunan 20 lokasyondaki toprakların 11 tanesinde As bakımından kirlenmenin olduğunu saptamı ve kirlenmenin kaynağını jeotermal suların içerdiği As olduğunu dile getirmiştir.

Aydınöz (2005) çalışmasında Afyonkarahisar'da yer alan 11 kaplıcada arsenik düzeyinin (0,005 mg/L) sınır değerinin üzerinde olduğunu tespit etmiştir.

Sözbilir, H ve ark. (2006) Afyonkarahisar İli Sağlık Taraması isimli çalışmada 111 adet su numunesinin fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik analizlerini yapmış, analiz sonuçlarının genel olarak TSE (266)'da belirtilen kriterlere uygun olduğunu ve Afyonkarahisar İli'ndeki suların içilebilir özellikte olduğunu belirtmiştir.

Oruç (2013) 3. Uluslararası Bursa Su Kongresi ve Sergisinde Afyonkarahisar, Aksaray, Nevşehir, Niğde, Kütahya, İzmir ve Bursa illerindeki Arsenikli Suların Dağılımını Tablo 4'te belirtmiştir.

Tablo 4. Afyonkarahisar, Aksaray, Nevşehir, Niğde, Kütahya, İzmir ve Bursa illerindeki Arsenikli Suların Dağılımı (Oruç, 2013).

Bölge	Arsenik Düzeyi, (ppb)
Kütahya	
Hisarcık Çiğme Suyu	45-1210 (405)
Hisarcık Yeraltı suyu	70-7754
Hisarcık	460
Hisarcık Çiğme Suyu	170
Kütahya	
Emet (Mal.1,Malı.2)	448 – 633
Emet Yüzey sularında	21 - 655
Emet Yeraltı sularında	35 - 1660
deköy (Hastalıklı Pınar)	8900-9300
deköy (Hastalıklı Pınar)	7630
Emet Yeraltı sularında	8900-10700
Emet ebeke suyu	100-400
Simav, Yeraltı sularında	Ort. 99 Maks.561
Simav, Jeotermal	Ort. 502
İzmir	
Sarıköz-Göksu kaynak	32 - 59
İzmir, Balçova(jeotermal)	1.5 - 1419
Bursa	
Çiğme suyu	0.20-77.6
Mudanya-Aydın pınar	20
Mudanya-Orhaniye	18
Mudanya-Hançerli	25
Gürsü-Ericek	35
Kestel- Ükraniye	80
Bigadiç Yeraltı suyu	30-900
Afyonkarahisar	
Erkmen	12 (en az)
Seydiler	54.6
Yakasenek	104.4 (en çok)
Aksaray	
Balı Köyü	29
Helvadere	24
Nevşehir	
Suvermez	12
nallı	36
Karahasanlı	500
Hacıbektaş, Killik Köyü	150-212
Gülşehir, Gülpınar Köyü	146
Ürgüp	39
Avanos Çiğme Suyu	48.13
Kozaklı, Kaynak Suyu	29.3-94
Kozaklı Jeotermal	6.4-187.8
Niğde,	
Hıdırlık Mevkii	16.3
Bor, TOK Konutları	0-74.9

Kahraman (2007) Konya garnizon birliklerinden aldığı 1 kuyu suları ve Nevşehir ebeke suyu numunelerinin hiçbirisinde arsenik rastlayamamıştır.

Da (2010) Van ilinde yer alan 30 farklı su numunelerini inceledi inde genel olarak arsenik kirlili ine rastlamadı mı Van-Saray-Kapıköy'e ait kaplıca suyunun konsantrasyonunu 65 ppb düzeyinde oldu unu ve Van Erci Hasanabdal kaynak suyunun arsenik de erinin olması gereken de erden fazla oldu unu belirtmi tir.

Çalı ma bölgemizde yapılan çalı maların di er çalı malarla farklılık göstermesinin en önemli nedenleri küresel ısınma, kuraklık, a ır ı kullanım ve su yönetiminin iyi bir ekilde yapılamaması sonucu kuyu suyu seviyelerinde dü me gözlenmesidir. Su miktarının azalması ve suyun bulundu u derinlikteki kaya türü, mineral ve cevher yapısı ile bölgenin jeotermal bir yapıya sahip olması arsenik konsantrasyonunun artmasına neden olabilece i dü ünülmektedir.

Afyonkarahisar ilinin merkez su ihtiyacını büyük oranda Akde irmen barajı tarafından kar ılanmakta iken yeterli olmadı ı zamanda ise il merkezi etrafında bulunan kuyulardan yararlanılabilmektedir. Çalı mamızda mahallelere göre a ır metal miktarındaki farklılı a baraj ile kuyulardan gelen suların farklı zamanlarda farklı oranlarda karı ması sebep olmu olabilir.

Bununla beraber örnekleme yapılan noktalardaki su tesisatlarının halen eski olması ve bakım onarım i lemlerinin zamanında yapılmaması gibi nedenlerden dolayı arsenik oranı bu iki noktada yüksek çıkmı olabilir.

5. SONUÇ

Sonuç olarak;

- Yapılan çalı manın sonucunda Ag, B, Ba, Cd, Co, Cu, Fe, Ni, Pb'nin deteksiyon limiti (0,001 µg/L)'in altında oldu u di er a ır metallerin ise de i ik mahallelerde farklı de erlerde oldu u tespit edilmi tir.
- Ara tırma sonucunda sulara arseni in Esentepe Mahallesi ve Ta pınar mahallesinde ölkemizde su kalitesinin belirlenmesinde kullanılan TSE 266 (2005) nsani tüketim amaçlı sular standardı ve WHO (2011)'de belirlenen limit de erlerini a tı ı gözlenmi tir.
- Elde edilen bulgular genel olarak de erlendirildi inde Afyonkarahisar ilinde Esentepe Mahallesi ve Ta pınar Mahallesi dı ında kalan yerlerde içme ve kullanma sularında a ır metal düzeylerinin tehlike olu turacak düzeyde olmadı ı tespit edilmi tir.
- Esentepe Mahallesi ve Ta pınar Mahallesinde ya ayan ve bu suyu içen ki ilerin tıbbi yönden ara tırılmasında fayda görmekteyiz.
- Çalı mamızda meydana gelen a ır metallerdeki farklılı ın baraj suları ile su kuyularından gelen suların farklı zamanlarda ve farklı oranlarda karı ması ayrıca su kullanımının sa landı ı tesisatlardaki onarım ve yenilenme i lemlerinin zamanında yapılmamasından kaynaklanabilece i dü ünölmektedir.

ÖZET

Afyon İli Çe me Sularında Bazı A ır Metal Kirlilik Düzeylerinin ICP-MS ile Ara tırılması

Türkiye içme ve kullanım su ihtiyacını yüzey ve yeraltı su kaynaklarından kar ılamaktadır. Endüstrinin hızla geli mesi dünyada a ır metal seviyesini artırmı tır. Bu a ır metallerin sulara karı ması sonucu su kaynaklarında a ır metal kirlili i olu mu tur. Bu çalı ma ile Afyonkarahisar ilinde yer alan mahallelerden çe me suyu numunelerinin toplanması ve a ır metal düzeylerinin canlılar için tehlike olu turabilecek miktarda olup olmadı ının ICP-MS cihazı ile ara tırılması amaçlanmı tır.

Çe me suyu örnekleri Afyonkarahisar ilindeki 48 mahalleden toplandı. Bu çe me suları falkon tüplere alınmadan önce musluklar borulardaki durgun suyun dı arı akıtılması amacıyla 2-3 dk boyunca açık bırakıldı. Sonra 15 ml'lik falkon tüplere su örnekleri alındı. A ır metal analizlerinin gerçekte tirilece i zamana kadar 4⁰C'de buzdolabında bekletildi. A ır metal analizinin gerçekte tirilmesi için Agilent 7700 seri ICP-MS cihazı kullanıldı ve elde edilen sonuçlar literatür bilgileriyle kar ıla tırılarak de erlendirildi. Ara tırmamızda sulara yapılan çalı manın sonucunda Ag, B, Ba, Cd, Co, Cu, Fe, Ni, Pb'nin deteksiyon limiti (0,001 µg/L)'in altında oldu u Cr, Mn, Zn, As, Se, Mo, Hg ise de i ik mahallelerde farklı de erler gösterdi i görülmü tür. Ara tırma sonucunda analizi yapılan arseni in Esentepe (11,385 µg/L) ve Ta pınar (10,552 µg/L) mahallelerinde ülkemizde su kalitesinin belirlenmesinde kullanılan TS 266 (2005) insani tüketim amaçlı sular standardı ve WHO (2011)'de belirlenen limit de erlerini a tı ı, di er a ır metallerin ise yönetmeliklerde belirlenen limitlerde oldu u tespit edilmi tir.

Sonuç olarak Afyonkarahisar ilinin farklı mahallelerinden alınan su numune ölçüm sonuçları genel olarak de erlendirildi inde, Afyonkarahisar ilinde içme ve kullanma sularında tehlike olu turacak düzeyde olmadı ı tespit edilmi tir. Afyonkarahisar ilinde yer alan mahallelerdeki a ır metal düzeylerindeki farklılı ın minimum düzeyde olması için baraj sularının kullanılması, ayrıca su kullanımının sa landı ı tesisatlardaki onarım ve yenilenme i lemlerinin zamanında yapılması a ır metal kirlili inin önlenmesi açısından önemli oldu unu göstermektedir.

Anahtar kelimeler: A ır Metal, Afyon İli, Çe me Suyu, ICP-MS

SUMMARY

Investigation of Some Heavy Metal Levels in Tap Water By ICP-MS in Afyon Province

The Necessity of drinking and using water are being met with surface and ground water sources in Turkey. Heavy metal levels are increased by the rapid development of industry world wide. As a result of these heavy metals, interfere with water supplies, heavy metal pollution has been occurred. It is intended in this research that the investigation of the collected tap waters located in Afyonkarahisar and its districts via ICP-MS whether the amount of heavy metal levels that could pose a risk to organisms.

Tap water samples collected from different 48 districts of Afyonkarahisar. Before tap waters filled in falcon tubes, faucets opened for 2-3 minutes to drain the stagnant water intentionally. Then, water samples filled in 15 ml falcon tubes and refrigerated in 4⁰C' up the time to perform heavy metal analysis. For performing heavy metal analysis, Agilent 7700 series ICP-MS instrument was used and obtained results compared with common researches evaluated each other. In our research it was seen Ag, B, Ba, Cd, Co, Cu, Fe, Ni, Pb levels are under the detection limits (0,001 µg/L) and different values was occurred for Cr, Mn, Zn, As, Se, Mo, Hg levels in different districts. It was determined that the analyzed levels of arsenic are exceed the limit value which was determined in TS 266 (2005) that used for determination of water quality in our country (standards of water intended for human consumption) and in WHO (2011), Esentepe (11,385 µg/L) and Ta pınar (10,552 µg/L) districts and for other heavy metal levels, it was determined that those are in limited levels that was the same as in regulations.

In conclusion, evaluated the obtained results of collected water samples from districts that located in Afyonkarahisar, it was not determined at a level to pose a risk for drinking and using water. For minimum difference between heavy metal levels in the districts located in Afyonkarahisar, using dam water and also the timely repair and regeneration processes in plants is seemed that it is important for the prevention of heavy metal pollution.

Key Words: Afyon Province, Tap water, Heavy metal, ICP-MS

KAYNAKLAR

- AGUSA, T., KUNITO, T., FUJIHARA, J., KUBATA, R., MINH, T.B., TRANG, P.T., IWATA H., SUBRAMANIAN, A., VIET, P.H. ve TANABE, S. (2006). Contamination by Arsenic and Other Trace Elements in Tube-well Water and Its Risk Assessment to Humans in Hanoi, Vietnam, *Environmental Pollution*, **139**: 95-106.
- AKCAN, A.B., DURSUN, O. (2008). Civa Zehirlenmeleri. *Güncel Pediatri Dergisi*, **6**: 72-5
- AKHAN, M. (2014). Piyasada Satılan Sunulan Kaynak Suları ve Doğal Mineralli Sularda Aır Metal Kalıntılarının Araştırılması. Doktora tezi, İstanbul Üniv. Sağlık Bilimleri Enstitüsü.
- ASR, F.Ö., SÖNMEZ, S. (2006). Aır Metal Toksisitesinin Bitki Metabolizması Üzerine Etkileri. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, Antalya. **23 (2)**: 36-45.
- AYDINGÖZ, M. (2005). Afyonkarahisar Bölgesinde Bulunan Kaplıca Sularının Mevsimsel Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Afyonkocatepe Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- BAYU SÖZBİLİR, N., BAYU, N. (2008). Biyokimya, Güneş tıp kitapçevleri, Ankara.
- CALDERON, R.L. (2000). The Epidemiology of Chemical Contaminants of Drinking Water. *Food and Chemical Toxicology*, **38 (1)**:13-20.
- CANDA, D. (2005). “Su” Yeni Ufuklara, *Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi*, Kasım 2005. [<http://www.biltek.tubitak.gov.tr/bdergi/yeniufuk/icerik/su.pdf>]. Erişim tarihi: 12.05.2015.
- ÇALIRIRMAK, N., HEPCİMEN, A.Z. (2010). Aır metal kirliliğinin gıda zinciri ve insan sağlığına etkisi. *Akademik Gıda*. **8 (2)**: 31-35.
- DAĞ, B. (2010). Van Yöresindeki Bazı Kaynak ve Maden Sularındaki Aır Metal Düzeylerinin Aktif Karbonun Zenginleştirme Yöntemi Kullanılarak AAS ve ICP-MS ile Tayini ve Florür Seviyesinin Araştırılması. Doktora Tezi, Yüzüncü Yıl Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- DEĞİRMENCİOĞLU, N., ESECEL, H., DEĞİRMENCİOĞLU, A. (2006). Hastalıkta ve Sağlıkta Organik Krom Türkiye 9. Gıda Kongresi; 24-26 Mayıs, Bolu.
- DEVECİ, 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 Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- DURRANT, S.F. (1993). Alternatives to all-argon plasmas in inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS): an overview. *Fresenius journal of analytical chemistry*. **347**: 389-392.
- DÜNDAR, M., ALTUNDAĞ, H., KAYGALDURAK, S., AR, V., ACAR, A. (2012). Çeşitli Endüstriyel Atık Sularda Aır Metal Düzeylerinin Belirlenmesi. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*. **16 (1)**: 6-12
- DÜNDAR, Y., ASLAN, R. (2005) Yaşamı Kusatan Aır Metal Kusunun Etkileri. *KocatepeTıp Dergisi*. **6**: 1-5.

- GLEICK, P.H. (1989). Climate change, hydrology, and water resources. *Reviews of Geophysics*. **27 (3)**: 329-344
- GREULICH, C., BRAUN, D., PEETSCH, A., DIENDORF, J., S EBERS, B., EPPLE, M., KÖLLER, M. (2012). The toxic effect of silver ions and silver nanoparticles towards bacteria and human cells occurs in the same concentration range. *RSC Advances*. **2**: 6981-6987.
- GÜLER, Ç., ÇOBANO LU, Z. (1994). Çevre Sa lı ı Temel Kaynak Dizisi No: 12. *Su Kirlili i*, Ankara
- GÜLER, Ç., ÇOBANO LU, Z. (1997). Çevre Sa lı ı Temel Kaynak Dizisi No: 50. *Kimyasallar ve Çevre*, Ankara.
- GÜRPINAR, T., A İRD ZER, M. (2007). Baryum Bile ikleriyle Meydana Gelen ntoksikasyonlar. *Toksikoloji dergisi*. **5 (1-2)**: 5-9
- HASSELL C. (2013). Cobalt (Co) Salem Press Encyclopedia Of Science. January, 2015 [http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=ers&AN=89474616&lang=tr&site=eds-live&authtype=ip,uid]. Eri im Tarihi: 06.04.2015
- PEK H., (2003). Molibden. *YYÜ. Vet. Fak. Derg.* **2003. 14 (1)**:73-76
- STANBUL T CARET ODASI, (TO). (1999). Türkiye'de çme Suyu Sektörü, Sorunları ve Çözüm Önerileri, Yayın No: 1999-56
- JENNER, G.A., LONGERICH, H.P., JACKSON, S.E., FRYER, B.J. (1990). ICP-MS-A powerful tool for high-precision trace-element analysis in earth sciences: evidence from analysis of selected USGS reference samples. *Chemical Geology*. **83**: 133-148.
- JÉQUIER, E., CONSTANT, F. (2010). Water as an essential nutrient: thephysiological basis of hydration. *European Journal of Clinical Nutrition* **64**: 115-23.
- KAHRAMAN, Ü.C. (2007). Konya Garnizon Birliklerindeki Kuyu Suları le ehir ebeke Sularının Su Kalitesi ve A ır Metaller Yönünden Karşıla tırılması. Yüksek lisans tezi, Selçuk Univ. Sa lık Bilimleri Enstitüsü.
- KAHVEC O LU, Ö., KARTAL, G., GÜVEN, A., T MUR, S. (2004). Metallerin Çevresel Etkileri-I, Metalurji, 136. Sayı, [http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi136/d136_4753.pdf] Eri im tarihi: 07.04.2015.
- KARADEM R, B. (2006). Molibden, hayvanlar için enzimsel fonksiyonları. *Kafkas Üniv Vet Fak Derg*, **12 (2)**: 217-224.
- KARAKOÇ, V. (2013). Ankara Arsenik Baskılanımı Nanopartiküllerle Çevre Sularından Arsenik Uzakla tırılması, Doktora Tezi Hacettepe Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü
- KORKMAZ, S. (2012). Kobalt (II) Q (Florobenzoat) N.N'- Dietilnikotinamid'in Fare (Mus musculus) Karacigeri Üzerine Histopatolojik Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Kafkas Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- KOT, F.S. (2009). Boron sources, speciation and its potential impact on health. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*. **8**: 3-28
- KOVANCI, A. (2008). Çanakkale ehir Sebeke Suyunda A ır Metal Analizi ve Bakteriyolojik nceleme. Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Univ. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- KÜÇÜK, O. (2014). Selenyum ve Ruminantlarda Kullanımı. *Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*. **11 (1)**: 49-55

- NARD , E.P., EVANGEL STA, F.S., TORMEN, L., SA NT, T.D., CURT US, A.J., DE SOUZA, S.S., BARBOSA, F. (2009). The use of inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) for the determination of toxic and essential elements in different types of food samples. *Food Chemistry*. **112**: 727-732.
- NOWAK, G., SIWEK, M., DUDEK, D., ZIEBA, A., P LC, A. (2003). Effect of Zinc Supplementation on Antidepressant Therapy in Unipolar Depression: A Preliminary Plcebo-Contrelled Study. *Polish Journal of Permacology. Pol.J.Pharmacol.* **55**: 1143-1147.
- OLMEDO, P., HERNÁNDEZ, A.F., PLA, A., FEMIA, P., NAVAS-ACIEN, A., GIL, F. (2013). Determination of essential elements (copper, manganese, selenium and zinc) in fish and shellfish samples. Risk and nutritional assessment and mercury–selenium balance. *Food And Chemical Toxicology*, **62**: 299-307
- ORUÇ, N. (2013). Türkiye’de Arsenikli Su Problemi: Genel De erlendirme 3. *Uluslararası Bursa Su Kongresi ve Sergisi*. 22-24 Mart 2013, Bursa.
- ÖDÜN, N.A. (2013). Fırtına Vadisi’nde (Çamlıhem in-Rize) Çay Tarımında Kullanılan Suni ve Do al Gübrelere Olu turdu u Su Kirlili inin Akuatik Ekosisteme Etkisi.Yüksek Lisans Tezi, Recep Tayyip Erdoğan Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- ÖZKUL, M. (2013). Afyonkarahisar lindeki Organize Sanayi ve Jeotermal Turizm Tesislerinden Kaynaklanma Olasılı ı Olan A ır Metal ve Bor Kirlili inin Ara tırılması. Yüksek Lisans Tezi, Mu la Sıtkı Koçman Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- PETRUSEVSKI, B., SHARMA, S., SCHIPPERS, J.C., SHORDT, K. (2007). Arsenic in Drinking Water, Thematic Owerview, 17 IRC International Water and Sanitation Centre
- P R NÇÇ , .., ATE AH N, A., KARAHAN, .., DEM RBA , . (2000). Selenyum Verilen Farelerde Kan ve Dokulardaki Selenyum Düzeylerinin Belirlenmesi *Vet. Bil. Derg.* **16 (2)**: 27-32
- POYRAZ, B. (2014). Farklı Lokasyonlardan Alınan çme Sularında A ır Metal Analizi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, **2**: 16-27.
- SEARS, W.M. (2014). Electrical conductance through adsorbed water molecules on freshly fractured glass surfaces. *Sensors and Actuators B: Chemical*. **195**: 109-115.
- SILVESTRY- RODRIGUEZ, N., RULEAS- SICAIROS, E.E., GERBA, C.P., BRIGHT, K.K. (2007). Silver as a disinfectant. *Rev. Environ. Contam. Toxicol*, **191**: 23–45.
- SMITH, A.H., HOPENHAYN-RICH, C., BATES, M.N., GOEDEN, H.M., HERTZ-PICCIOTTO, I., DUGGAN, H.M., WOOD R., KOSNETT M.J., SMITH, M.T. (1992). Cancer risks from arsenic in drinking water. *Environmental health perspectives*, **97**: 259-267.
- SÖZB L R, H., ÇEK RDEKÇ , A., TOPRAK, D. (2006). Afyonkarahisar lı Sa lık Taraması. Afyonkarahisar E itim, Sa lık ve Bilimsel Ara tırmalar Vakfı Yayını-9. sy. 140-146. Afyonkarahisar.
- SÜNTER, A.T. (2009). çme ve Kullanma Sularının Arıtılması ve Dezenfeksiyonu 6. *Ulusal Sterilizasyon Dezenfeksiyon Kongresi*.
- M EK, C. (2005). Balçova Jeotermal Sahasında Bor ve Arsenik Kirlili i. Jeotermal Enerji Semineri

- TURGUT, S., ERCAN, M., TURGUT, G., ZENC R, M., GENÇ, O. (2000). Yüksek bakır ve çinkonun böbrek ve kalp üzerine etkileri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fak. Dergisi*, **7 (3)**: 35-42.
- TÜRK STANDARDI, (2005). TSE 266 Nisan 2005. Sular- nsani Tüketim Amaçlı Sular. Türk Standartları Enstitüsü. Ankara
- TÜZÜN, Y., YAKUT, M. (2009). Demir metabolizması ve herediter hemokromatozis. *Güncel Gastroenteroloji*, **13 (2)**: 94-100.
- URL-1. (2015). General Chemistry, Chemical of the week, Revised January 2011 [http://scifun.chem.wisc.edu/chemweek/PDF/COW-Water-Jan2011.pdf]. Eri im tarihi: 15.03.2015
- URL-2. (2015).“Cobalt: uses”[http://www.webelements.com/cobalt/uses.html]. Eri im tarihi: 06.04.15
- URL-3. (2015). “Arsenic Toxicity”. ATSDR Case Studies in Environmental Medicine [http://www.atsdr.cdc.gov/csem/arsenic/docs/arsenic.pdf]. Eri im tarihi: 12.05.2015.
- URL-4. (2015). “ çme ve Maden Suyu Sektör Ara tırması”. [http://www.kalkinma.com.tr/data/file/raporlar/ESA/SA/2005-SA/SA-05-01-01_Icme_ve_Maden_Suyu_Sektoru.pdf]. Eri im tarihi: 17.05.2015.
- VURAL, H. (1993). A ır metal iyonlarının gıdalarda olu turdu u kirlilikler, *Çevre Dergisi*. **8**:3-8.
- WHO, (2002). Health in Sustainable Development Planning: The Role of Indicators, Chapter 8. Issue- specific Indicators.
- WHO, (2004a). Cadmium in drinking water, Background Document for Development of *WHO Guidelines for Drinking-Water Quality*, World Health Organization.
- WHO, (2004b). Copper in Drinking-water / Background Document for Developmentof *WHO Guidelines for Drinking water Quality*. [http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/copper.pdf]. Eri im Tarihi: 17.05.2015
- WHO, (2004c). Manganese in Drinking-water, Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality, World Health Organization.
- WHO, (2004d). Chemical safety of drinking-water: assessing priorities for risk management. Rolling Revision of the WHO Guidelines for Drinking-Water Quality.
- WHO, (2006). Chemical Fact Sheets. *Guidelines for Drinking-Water Quality*, World Health Organization,
- WHO, (2011). Guidelines for Drinking-water Quality fourth edition [http://whqlibdoc.who.int/publications/2011/9789241548151_eng.pdf?ua=1]. Eri im tarihi 09.04.2015
- WHO, (2012). Ionizing radiation, health effects and protective measures., Fact sheet N° 371 November 2012.

- YALÇIN, M. (2005). Konya Bölgesi İçme Sularındaki A ır Metal Düzeylerinin Ara tırılması. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniv. Sa lık Bilimleri Enstitüsü.
- YAPICI, G., CAN, G., AHN, Ü. (2002). Çocuklarda asemptomatik kur un zehirlenmesi. *Cerrahpa a Tıp Dergisi*. **33 (3)**: 197-204.
- YILMAZ, B. (2000). Fizyoloji. Feryal Matbası, Ankara
- YILMAZ, O., EK C , K. (2004). Van Yöresindeki İçme Sularında Arsenikle Kirlenme Düzeyleri, *YYÜ Vet. Fak. Derg.*, **15 (1-2)**: 47-51.
- YILMAZ, O., H KMET, D. (2013). A ır Metallerin Üreme Sistemi Üzerine Etkileri. *Yüziüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*. **24 (2)**: 91-94.
- YÜZBA I, N., SEZG N, E. (2002). Süt ve Ürünlerindeki Bazı Metalik Kontaminantların Toksikolojik Etkileri. *Gıda Dergisi*. **27 (2)**: 121-127.
- ZHOU, T., WEIS, P., WEIS, J.S. (1998). Mercury burden in two populations of *Fundulus heteroclitus* after sublethal methylmercury exposure. *Aquatic toxicology*. **42**: 37-47.
- ZIETZ, B., DE VERGARA, J.D., KEVEKORDES, S., DUNKELBERG, H. (2001). Lead contamination in tap water of households with children in Lower Saxony, Germany. *The Science of the total environment*. **275 (1)**: 19-26.

ÖZGEÇM

Adı Soyadı : Engin GÖKSEL
Do um Yeri : Ilgın / KONYA
Do um Tarihi : 03/02/1984
E posta : egoksel@aku.edu.tr

E itim Durumu

İkokul : Mehmet Akif Ersoy İkokulu, KONYA
Ortaokul : Merkez Ortaokulu, MU LA
Lise :Milas Anadolu Lisesi, MU LA
Lisans : AKÜ- Vet. Fak. Vet. Bölümü, AFYONKARAH SAR
Yabancı Dil : İngilizce

Çalı tı ı Yer

Afyonkocatepe Üniversitesi Deney Hayvanları Ara tırma ve Uygulama Merkez
Müdürlü ü, Afyonkarahisar