

Kahramanmaraş Depremleri Sonrası Elbistan İlçesi İçme Suyu Örneklerinde Bazı İz Elementlerin ICP-MS ile Belirlenmesi

Tuğba Ulu¹, Teslima Daşbaşı^{1*}

¹Kayseri Üniversitesi, Bünyan MYO, Mülkiyet Koruma ve Güvenlik Bölümü, 38280, Kayseri.

Özet

Deprem gibi doğal afetlerin olduğu yerlerde deprem atıklarının oluştuğu, altyapı tesislerinin büyük zarar gördüğü, buna bağlı olarak da su kaynaklarının olumsuz yönde etkilenebileceği bilinmektedir. Bu çalışmada, 6 Şubat 2023 tarihinde yaşanan büyük deprem sonrası Kahramanmaraş'ın Elbistan ilçesinde içme suyu ve temiz su kaynakları olarak kullanılan su örneklerinde bazı iz elementlerin miktarları incelenmiştir. Çalışmada; krom, demir, kobalt, bakır, çinko, arsenik, kadmiyum, civa ve kurşun (Cr, Fe, Co, Cu, Zn, As, Cd, Hg ve Pb) metallerinin tayini indüktif eşleşmeli plazma-kütle spektrometresi (ICP-MS) ile yapılmıştır. Çalışılan elementlerin gözlenebilir sınırları (3s) sırasıyla Cr: 0.129, Fe: 4.172, Co: 0.073, Cu: 1.023, Zn: 1.829, As: 0.259, Cd: 0.042, Hg: 0.035 ve Pb: 1.501 $\mu\text{g L}^{-1}$ (n=11) olarak hesaplanmıştır. Çalışılan iz elementleri kalibrasyon eğimlerinin 0.997'den yüksektir. Yöntemin doğruluğu, standart referans materyal (CWW-TM-D certified wastewater) çalışması ile belirlenmiştir. Standart referans madde analizde çalışılan iz elementlerin geri kazanımlarının % 95 – 105 arasındadır. Farklı zamanlarda 3 kez aynı su kaynaklarından örnekler alınmış ve aynı yöntem ile analiz edilmiştir. Elde edilen analiz sonuçları Türk standartları Enstitüsü, Avrupa Birliği, Dünya Sağlık Örgütü ve ABD Çevre Koruma Ajansı değerleri ile karşılaştırılmıştır. Çalışmamızda bir numune de kurşun değerinin kabul edilen değerinin üstünde olduğu belirlenmiştir. Diğer içme suyu örneklerimizde çalışılan elementleri kabul edilebilir değerlerde olduğu görülmektedir.

Anahtar Sözcükler

Deprem, Su Analizi, Metal Kirliliği, ICP-MS

Determination of Some Trace Elements in Drinking Water Samples of Elbistan District after Kahramanmaraş Earthquakes by ICP-MS

Abstract

It is known that in places where natural disasters such as earthquakes occur, earthquake waste is formed, infrastructure facilities are severely damaged, and water resources may be negatively affected as a result. In this study, the amounts of some trace elements in water samples used as drinking water and clean water sources in Kahramanmaraş Elbistan district after the major earthquake on February 6, 2023 were examined. The determination of chromium, iron, cobalt, copper, zinc, arsenic, cadmium, mercury and lead (Cr, Fe, Co, Cu, Zn, As, Cd, Hg and Pb) metals was performed by inductively coupled plasma-mass spectrometry (ICP-MS). The detection limits (3s) of the studied elements were calculated as Cr: 0.129, Fe: 4.172, Co: 0.073, Cu: 1.023, Zn: 1.829, As: 0.259, Cd: 0.042, Hg: 0.035 and Pb: 1.501 $\mu\text{g L}^{-1}$ for (n=11), respectively. The calibration slopes of the studied trace elements are higher than 0.997. The accuracy of the method was determined by the certified reference material (CWW-TM-D certified wastewater) study. The recoveries of heavy metals studied in the standard reference material analysis are between 95 and 105%. Samples were taken from the same water sources 3 times at different times and analyzed with the same method. The analysis results obtained were compared with the values of the Turkish Standards Institute, the European Union, the World Health Organization and the US Environmental Protection Agency. In our study, it was determined that the lead value in one sample was above the accepted value. It is seen that the elements studied in our other drinking water samples are at acceptable values.

Keywords

Earthquake, Water Analysis, Metal Pollution, ICP-MS

1. Giriş

Deprem, jeolojik kaynaklı yer kabuğunda kırılmalar meydana getiren ve dalgalar halinde ilerleyen etkisi büyük, doğal bir afettir (Yiğiter, 2008; Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, 2024). Depremler, can ve mal kayıplarının yanı sıra heyelan, tsunami, yangın gibi ikincil felaketlere, bina, baraj vb. yapı çökmelerine ve alt yapı tesislerinin bozulmasına neden olmaktadır (Dökmeci, 2018). Ayrıca, depremin şiddetine göre afet bölgesinde fiziksel, kimyasal ve biyolojik deprem atıkları oluşmaktadır (Esmer Duruel & Duruel, 2024).

Deprem sırasında ve sonrasında oluşan deprem atıkları arasında başta moloz ve beton olmak üzere plastik, elektronik, cam malzemeler, tıbbi atıklar, biyolojik kalıntılar, asbest ve ağır metaller gibi sağlık açısından tehlikeli maddeler bulunmaktadır (Demir, 2009). Bilindiği üzere 6 Şubat 2023 tarihinde, ülkemizin güney kesiminde 11 ilin büyük bir şekilde etkilendiği bir deprem felaketi gerçekleşmiştir. 50 binden fazla can kaybının yaşandığı Kahramanmaraş depremlerinde 354 km içme suyu hattının, 1.842 km kanalizasyon hattının zarar gördüğü rapor edilmiştir (T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 2023). Bunun yanı sıra yapılan çalışmalarda Kahramanmaraş depremleri sonucunda yaklaşık 350-580 milyon ton inşaat yığın atığı oluşacağı rapor edilmiştir (Doğdu & Alkan, 2023). Tüm bu etmenler iz element konsantrasyonunu arttırmakta ve su kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Deprem atıklarının çevrede birikmesi eko sistemin kirlenmesine sebep olmaktadır. Dolayısıyla deprem atıklarının kaldırılması gerekmektedir. Enkaz kaldırma aşamasında atıklar çok küçük partiküller haline gelmekte ve toz bulutunu oluşturmaktadır. Bu toz yığını içerisinde yer alan iz elementler hava, su ve toprakta birikerek kirliliğe neden olmaktadır.

Deprem gibi doğal afetlerin olduğu yerlerde alt yapı tesislerinin bozulduğu bilinmektedir. Su borularının ve kanalizasyon tesislerinin zarar görmesi ve sızıntı yapması su kirliliğini arttırmaktadır (Yildiz, 2019). Sucul kirlilikler arasında toksik etkiye sahip iz elementler önemli bir yere sahiptir. Kısacası deprem atıkları, deprem ile meydana gelen alt yapı tesislerindeki bozukluklar, yapım - onarım aşamasındaki enkaz kaldırma işlemleri, deprem atıklarının geri dönüşümü ve ortadan kaldırılması gibi etmenler eko sistemdeki iz element konsantrasyonunu artmasına neden olmaktadır. Bu durum su da bulunan iz element yoğunluğunu etkilemektedir. Bununla birlikte, 6 Şubat depreminden sonra bölgede yer yüzeyinin yeniden şekillendiği ve su kaynaklarının değiştiği görülmüştür (Akdemir vd., 2015). Deprem sonrasında su kaybının önüne geçilerek su kalitesinin korunması gerekmektedir. Su kalitesi, kirlilikle orantılıdır. Bazı iz elementler ağır metal kirliliklerine neden olmaktadır. İz elementler çok düşük konsantrasyonlarda sağlık ve çevre açısından etkili elementlerdir (Daşbaşı vd., 2014). Gıda, su ve hava ile vücuda alınan ağır metallerin miktarları da çok önemlidir. Eksik ya da fazla alınması çeşitli rahatsızlıklara neden olmaktadır (Daşbaşı vd., 2015; He vd., 2008; Sharma vd., 2007). Esansiyel iz element özellik gösteren krom, demir, kobalt, bakır ve çinko gibi elementler biyolojik sistemde önemli rol oynamaktadır. Örneğin demir büyümede yer alan birçok proteinlerin ve enzimlerin önemli bir bileşenidir. Demir eksikliği yorgunluğa, bağışıklık sisteminin zayıflamasına ve hatta ölüme neden olmaktadır. Demirin yüksek miktarlarda alınması, hemokromatoz rahatsızlığına neden olmaktadır (Valfredo vd., 2008; Shakerian vd., 2008). Krom memelilerde glukoz, lipid ve protein metabolizmaları için gerekli eser elementtir ve eksikliği durumunda bu metabolizmalarda bozukluklara neden olmaktadır. Bakır eksikliği ise anemi, depresyon, üreme performansında bozukluklara, kalp yetmezliğine ve gastrointestinal rahatsızlıkları gibi çeşitli klinik bozukluklarına neden olmaktadır (Kudrin, 2000). Çinko transkripsiyon, replikasyon, sinyal iletiminde ve bağışıklık sisteminde rol oynamaktadır (Daşbaşı vd., 2015). Kobalt B12 vitaminin (cyanocobalamin) yapısında yer almakta ve anemi tedavisinde kullanılmaktadır. Bu metallerin toksit olabilmesi için vücutta belli bir oranın üzerine çıkması gerekmektedir. Diğer yandan arsenik, kadmiyum, civa ve kurşun gibi elementler ağır metaller olup, toksik özellik göstermektedir. Kadmiyum gıda maddelerinde inorganik tuzlar şeklinde bulunabilir. Kadmiyumun en önemli etkisi hipertansiyona neden olmasıdır. Kurşun çok toksik özellik göstermektedir ve saçlar, kemikler ve dişlerdeki kurşun miktarı muhtemel kurşun zehirlenmeleri hakkında bilgi vermektedir. Civa ise çok düşük konsantrasyonlarda bile zehirli bir elementtir. Gıda maddelerindeki civa, element, inorganik, iyonik veya organik formda bulunabilir. Bakteriyal ve enzimatik reaksiyonlar sonucu toksik etkileri çok yüksek olan civa bileşikleri oluşmaktadır. Kolaylıkla çevrede ve hayvan dokularında oluşabilen alkil civa toksikolojik açıdan büyük öneme sahiptir (Nasa, 2019). Arsenik ise kronik hastalıklara, ciltte koyu ve beyaz lekelere, ayak ve ellerde keratoz gibi cilt lezyonlarının oluşumuna neden olduğu belirtilmiştir. Bunun yanı sıra uzun süreli maruz kalındığında, cilt, akciğer, böbrek, karaciğer, prostat ve mesane kanserine neden olabilmektedir (Daşbaşı vd., 2015; Kudrin, 2000; Öztürk vd., 2017). Tek seferde ve ani ağır metal alımında zehirlenmeler meydana gelmekte, baş dönmesi, kusma, karaciğer ve böbrek fonksiyonlarında bozulmalar şeklinde belirtiler görülmekte ve son olarak ölümler meydana gelebilmektedir (Eaton, 2017). Dolayısıyla içme suyu örneklerinde iz elementlerin miktar tayinleri sağlık açısından önemlidir.

Bölgedeki gerek içme suyu gerekse su kaynaklarının iz elementlerin miktarının incelenmesi halk sağlığı açısından önemli bir konudur. Bu çalışmanın amacı, Kahramanmaraş'ın Elbistan ilçesinde içme suyu ve temiz su kaynakları olarak kullanılan 9 mahalle şebeke suyu ve 3 kaynak suyu numunelerinde bazı iz elementlerin miktarının tayin edilmesi ve analiz sonuçlarının Türk standartları Enstitüsü, Avrupa Birliği, Dünya Sağlık Örgütü ve ABD Çevre Koruma Ajansı değerleri ile karşılaştırılmasıdır. 31 Ekim 2023, depremden bir yıl sonra 6 Şubat 2024 ve 1 Mayıs 2024 tarihlerinde toplanan numunelerde krom, demir, kobalt, bakır, çinko, arsenik, kadmiyum, civa ve kurşun iz elementlerin konsantrasyonları indüktif eşleşmeli plazma-kütle spektrometresi (ICP –MS) ile analiz edilmiştir. Yöntemin analitik parametreleri belirlenmiştir ve yöntem standart referans madde çalışması ile doğrulanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Kimyasallar ve Cihazlar

Çalışmada kullanılan tüm katı, sıvı kimyasallar analitik saflıkta olup, Merck (Darmstadt, Almanya) ve Aldrich (Milwaukee, WI, USA) firmalarından temin edilmiştir. Örnek ve kör çözeltilerin hazırlanmasında ultra saf su kullanılmıştır. İz elementlerin analizleri Erciyes Üniversitesi Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezinde bulunan

AGILENT marka 7500A model İndüktif Eşlemeli Plazma-Kütle Spektrometresi (ICP-MS) Tokyo, Japonya cihazı ile yapılmıştır. Cihazda bir otomatik örnekleyici, Babington nebülizörü, nikel koniler ve peristaltik numune dağıtım pompası bulunmaktadır. Her bir numune analizi üç tekrar halinde yapılmıştır. Plazma oluşumu için yüksek saflıkta argon gazı kullanılmıştır. ICP-MS cihazının ayarlanması için $10 \mu\text{g L}^{-1}$ lik (Ce, Co, Li, Tl ve Y) ayarlama çözeltisi kullanılmıştır. Veri toplama spektrum analizi ve tam kantitatif modda yapılmıştır. Ultra Saf Su Cihazı; ELGA & DVR5, masa üstü tip pH metre; HANNA & HI 2002-02, orbital çalkalayıcı; HEIDOLPH & UNIMAX 1010 ve vorteks olarak Velp Scientifica & Zx3 cihazı kullanılmıştır.

Tablo 1: ICP-MS çalışma şartları

Cihaz Ayarları	Değer
Radyo Frekans gücü	1550 W
Örnek Derinliği	8,0 mm
Taşıyıcı Gaz Hızı	1,05 L/dk
Yardımcı Gaz Akış Hızı	0,9 L/dk
Plazma Gazı Akış Hızı	15,0 L/dk
Nebulizatör Pompası	0,10 rps
Püskürtme Odası Sıcaklığı	2 °C

2.2. Yöntem

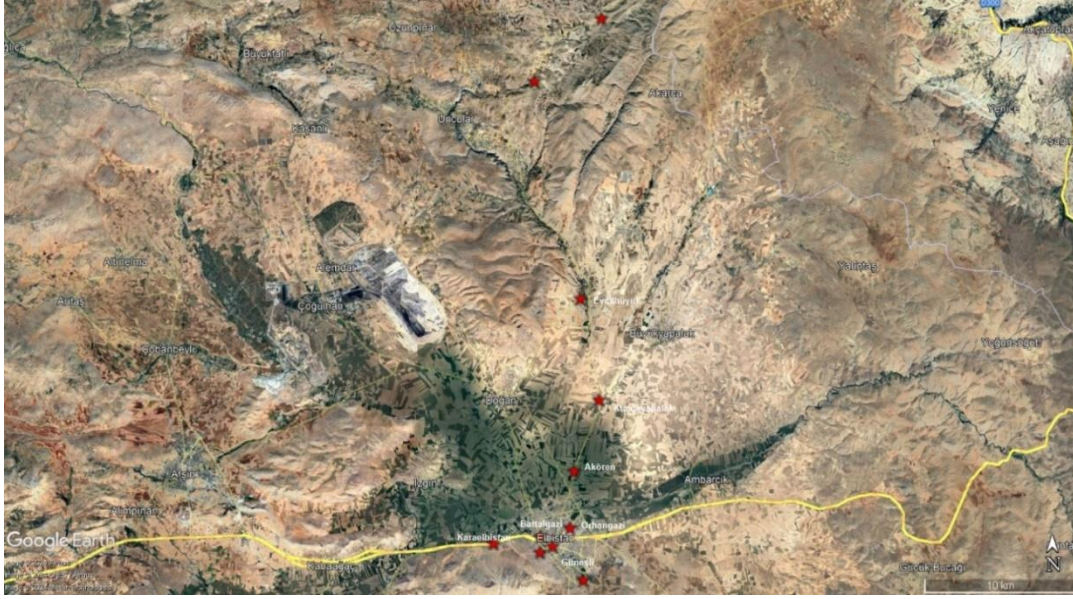
Numuneler 31 Ekim 2023, 6 Şubat 2024 ve 1 Mayıs 2024 tarihlerinde Elbistan ilçesinin farklı mahalle ve doğal su kaynaklarından toplanarak öncelikle HANNA & HI 2002-02 marka portatif pH metre ile su numunelerin asitliği ve oksidasyon indirgeme potansiyeli (ORP) ölçümleri yapılmıştır. Numuneler önceden temizlenmiş 1 litrelik koyu renkli polietilen örnek kaplarına alınmıştır. Daha sonra su numunelerine metal nitratların çökmesini engellemek ve numune kap çeperlerinde metal adsorpsiyonunu önlemek için %65'lik derişik nitrik asit den yaklaşık 140 mL eklenerek numune pH'ları 2 olarak ayarlanmıştır (Nasa, 2019; Eaton, 1999). Kör numunelerin hazırlanmasında da aynı metot uygulanmıştır. Buzdolabında analiz zamanına kadar +4 °C muhafaza edilmiştir. Numuneler membran filtreden (gözenek büyüklüğü: 0,45 μm ; çap: 47 mm) geçirilerek, önceden temizlenmiş kurutulmuş 50 mL'lik dereceli falkon tüplere alınmış ve ağızları kapatılmıştır. Çalışılan iz elementlerin miktarları (Cr, Fe, Co, Cu, Zn, As, Cd, Hg ve Pb) Erciyes Üniversitesi Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkez laboratuvarında ICP-MS cihazında analiz edilmiştir. Cihazın çalışma şartları Tablo 1'de yer almaktadır. Su numuneleri Elbistan ilçesinin Şekil 2'de belirtilen 12 ayrı lokasyonundan alınmıştır. Bunlar, sırasıyla, 1 numara Keçemağra Mahallesi, 2 numara Karamağra Mahallesi, 3 numara Akören Mahallesi, 4 numara Evcihüyük Şebeke suyu, 5 numara Küçükyapalak Mahallesi, 6 numara Orhangazi Mahallesi, 7 numara Battalgazi Mahallesi, 8 numara Güneşli Mahallesi, 9 numara Karaelbistan Mahallesi şebeke suyu, 10 numara Karaelbistan, 11 numara Köprübaşı ve 12 numara Pınarbaşı bölgesinden geçen doğal sulardır. Tablo 2'de lokasyonların isimleri, pH ve ORP (Oxidation Reduction Potential, Oksidasyon indirgeme potansiyeli) değerleri yer almaktadır.

Lokasyonlar Google Earth programında işaretlendi. Şekil 1'de içme su örneklerinin alındığı lokasyonlar görülmektedir. 1/10.000 ölçekli harita da kırmızı yıldızlar su numunenin alındığı yerleri göstermektedir.

Tablo 2: Su numunelerinin alındığı Mahalle isimleri, pH ve ORP değerleri (n = 3)

Örnek Numarası	Mahalle isimleri	pH	ORP (mV)
1	Keçemağra Mah.	$7.10 \pm 0.03^*$	-1.68 ± 0.6
2	Karamağra Mah.	7.70 ± 0.02	-33 ± 1
3	Akören Mah.	7.74 ± 0.04	-32 ± 1
4	Evcihüyük Mah.	7.73 ± 0.02	-31 ± 2
5	Küçükyapalak Mah.	7.55 ± 0.02	-21 ± 1
6	Orhangazi Mah.	7.68 ± 0.05	-29 ± 2
7	Battalgazi Mah.	7.70 ± 0.05	-28 ± 1
8	Güneşli Mahallesi	7.62 ± 0.04	-24 ± 1
9	Karaelbistan Mah.	7.65 ± 0.04	-25 ± 2
10	Karaelbistan Kaynak suyu	7.05 ± 0.04	11 ± 1
11	Köprübaşı kaynak suyu	7.61 ± 0.02	-24 ± 3
12	Pınarbaşı kaynak suyu	7.15 ± 0.03	1.68 ± 0.6

*Ortalama $\pm$ standart sapma



Şekil 1: Su numunelerin alındığı lokasyonlar (Google Earth, 19.11.2024)

3. Bulgular ve Tartışma

Çalışılan iz elementler için gözlenebilme sınırları (DL), 3s formülüne göre hesaplandı ($n = 11$). Gözlenebilme sınırları, Cr için $0.13 \mu\text{g L}^{-1}$, Fe için $4.17 \mu\text{g L}^{-1}$, Co için $0.073 \mu\text{g L}^{-1}$, Cu için $1.02 \mu\text{g L}^{-1}$, Zn için $1.83 \mu\text{g L}^{-1}$, As için $0.26 \mu\text{g L}^{-1}$, Cd için $0.042 \mu\text{g L}^{-1}$, Hg için $0.035 \mu\text{g L}^{-1}$ ve Pb için $1.50 \mu\text{g L}^{-1}$ olarak bulundu. Yöntemin doğruluğunun belirlenmesi için sertifikalı standart referans madde (CWW-TM-D certified wastewater) çalışması yapıldı. Tablo 5’de çalışılan iz elementlerin geri kazanımlarının % 95 – 105 arasında olduğu görülmektedir. Kalibrasyon doğrularının belirlenmesinde analitlerin $0\text{--}50 \mu\text{g L}^{-1}$ çalışma aralığında standart çözeltileri hazırlandı ve analiz edildi. Çalışılan iz elementlerin kalibrasyon eğimlerinin 0.997’den yüksek olduğu belirlenmiştir. Üç farklı zamanda alınan su numunelerin bazı iz element konsantrasyonları $\mu\text{g L}^{-1}$ biriminde Tablo 3’de verilmiştir. Tablo 3’de yer alan örnek numaraları Tablo 2’deki ile aynıdır. Numunelerin alındığı bölgeler arasında (gruplar) farkın anlamlı olup olmadığını belirlemek için ANOVA testi yapıldı, Cr, Fe, Cu, Zn, As ve Pb elementlerinin her biri için hesaplanan p değerleri sırasıyla 0.0073, 0.8145, 0.0314, 0.0947, 0.0542 ve 0.4419 olarak hesaplanmıştır. Co, Cd ve Hg değerleri numunelerde gözlenebilme sınırının altında kaldığından dolayı tespit edilemedi ve p değeri hesaplanamadı.

Türk standartları Enstitüsü (TSE 266), Avrupa Birliği (EC), Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA) (Doğa Bitkileri ve Su Ürünleri Araştırma ve Uygulama Merkezi, 2022; Environmental Protection Agency, 2024) raporlarına göre içme sularında kabul edilebilir bazı iz elementlerin konsantrasyonları Tablo 4’de verilmiştir.

Tablo 3: İçme suyu örneklerindeki çalışılan iz elementlerin konsantrasyonları ($n=3$)

No	Cr $\mu\text{g L}^{-1}$	Fe $\mu\text{g L}^{-1}$	Co $\mu\text{g L}^{-1}$	Cu $\mu\text{g L}^{-1}$	Zn $\mu\text{g L}^{-1}$	As $\mu\text{g L}^{-1}$	Cd $\mu\text{g L}^{-1}$	Hg $\mu\text{g L}^{-1}$	Pb $\mu\text{g L}^{-1}$
Kör	0.17 ± 0.04^a	0.22 ± 0.04	0.005 ± 0.001	1.22 ± 0.17	5.79 ± 0.26	0.51 ± 0.05	0.013 ± 0.005	0.073 ± 0.004	0.073 ± 0.004
1^c	0.21 ± 0.03	6.01 ± 0.14	^b	1.97 ± 0.09	31.11 ± 3.60	5.71 ± 0.03			
1^d	0.32 ± 0.01	5.72 ± 0.18	-	0.94 ± 0.03	38.02 ± 4.25	5.56 ± 0.08			
1^e	0.27 ± 0.03	5.84 ± 0.11	-	1.75 ± 0.09	36.25 ± 2.89	5.48 ± 0.04			
1	0.27 ± 0.02	5.86 ± 0.14	-	1.55 ± 0.07	35.12 ± 3.58	5.58 ± 0.05	-	-	-
2^c	0.54 ± 0.07	18.07 ± 1.45	-	4.66 ± 0.17	6.44 ± 0.21	0.63 ± 0.03			
2^d	0.42 ± 0.08	17.32 ± 1.15	-	4.55 ± 0.15	5.49 ± 0.20	0.70 ± 0.03			
2^e	0.61 ± 0.09	23.50 ± 1.37	-	4.95 ± 0.25	5.94 ± 0.17	0.75 ± 0.09			
2	0.52 ± 0.06	19.63 ± 1.32	-	4.72 ± 0.19	5.96 ± 0.20	0.69 ± 0.05	-	-	-
3^c	0.93 ± 0.09	-	-	20.26 ± 0.20	13.38 ± 0.41	1.83 ± 0.04			
3^d	1.15 ± 0.13	-	-	20.66 ± 0.26	14.03 ± 0.54	1.78 ± 0.06			
3^e	0.95 ± 0.15	-	-	20.64 ± 0.20	14.56 ± 0.32	1.91 ± 0.03			

Tablo 3'ün devamı

No	Cr µg L ⁻¹	Fe µg L ⁻¹	Co µg L ⁻¹	Cu µg L ⁻¹	Zn µg L ⁻¹	As µg L ⁻¹	Cd µg L ⁻¹	Hg µg L ⁻¹	Pb µg L ⁻¹
3	1.01 ± 0.12	-	-	20.22 ± 0.22	13.99 ± 0.42	1.84 ± 0.04	-	-	-
4 ^c	- ^b	-	-	-	-	0.50 ± 0.02			
4 ^d	-	-	-	-	-	0.53 ± 0.01			
4 ^e	-	-	-	-	-	0.54 ± 0.03			
4	-	-	-	-	-	0.54 ± 0.02	-	-	-
5 ^c	0.67 ± 0.08	4.33 ± 0.24	-	-	100.55 ± 6.58				
5 ^d	0.59 ± 0.09	5.05 ± 0.22	-	-	109.28 ± 8.64				
5 ^e	0.80 ± 0.09	4.70 ± 0.19	-	-	95.28 ± 5.93				
5	0.69 ± 0.09	4.69 ± 0.22	-	-	101.70 ± 7.05	-	-	-	-
6 ^c	0.57 ± 0.04	-	-	6.74 ± 0.078	6.80 ± 0.080	1.81 ± 0.25			25.10 ± 4.49
6 ^d	0.60 ± 0.03	-	-	6.67 ± 0.072	6.69 ± 0.058	1.41 ± 0.18			17.75 ± 2.84
6 ^e	0.53 ± 0.02	-	-	6.82 ± 0.076	6.74 ± 0.073	1.60 ± 0.17			22.81 ± 3.97
6	0.57 ± 0.03	-	-	6.74 ± 0.075	6.74 ± 0.07	1.61 ± 0.20	-	-	21.89 ± 3.76
7 ^c	-		-	-	-	0.70 ± 0.01			
7 ^d	-		-	-	-	0.60 ± 0.01			
7 ^e	-		-	-	-	0.68 ± 0.02			
7	-	-	-	-	-	0.66 ± 0.01	-	-	-
8 ^c	0.50 ± 0.03		-	10.47 ± 0.10	2.55 ± 0.05	1.65 ± 0.02			
8 ^d	0.55 ± 0.03		-	10.66 ± 0.16	2.45 ± 0.10	1.85 ± 0.06			
8 ^e	0.49 ± 0.04		-	10.63 ± 0.16	2.38 ± 0.09	1.72 ± 0.05			
8	0.51 ± 0.03	-	-	10.75 ± 0.14	2.46 ± 0.08	1.74 ± 0.04	-	-	-
9 ^c	-	10.59 ± 0.05		0.47 ± 0.07	170.91 ± 1.43				
9 ^d	-	12.82 ± 0.07		0.66 ± 0.08	168.3 ± 1.30				
9 ^e	-	9.81 ± 0.09		0.55 ± 0.11	170.37 ± 1.26				
9	-	11.03 ± 0.07	-	0.56 ± 0.09	169.86 ± 1.33	-	-	-	-
10 ^c	0.30 ± 0.05					0.71 ± 0.02			
10 ^d	0.29 ± 0.02					0.75 ± 0.01			
10 ^e	0.35 ± 0.02					0.64 ± 0.01			
10	0.32 ± 0.03	-	-	-	-	0.70 ± 0.01	-	-	-
11 ^c	0.21 ± 0.07	-	-			0.64 ± 0.02			
11 ^d	0.25 ± 0.03	-	-			0.70 ± 0.02			
11 ^e	0.31 ± 0.06	-	-			0.64 ± 0.08			
11	0.26 ± 0.05	-	-	-	-	0.66 ± 0.03	-	-	-
12 ^c	0.94 ± 0.02	-	-	1.17 ± 0.05					
12 ^d	1.24 ± 0.03	-	-	1.26 ± 0.05					
12 ^e	0.85 ± 0.01	-	-	1.15 ± 0.05					
12	1.01 ± 0.20	-	-	1.19 ± 0.05	-	-	-	-	-

^aOrtalama ± standart sapma; ^bGözlenebilme sınırının altında; ^c31 Ekim 2023; ^d6 Şubat 2024; ^e1 Mayıs 2024 tarihlerinde alınan numunelerin ortalama değerleri

Tablo 4. TSE, EC, WHO ve EPA'ya göre içme sularında kabul edilebilir bazı ağır metal konsantrasyonları

Element, mg L ⁻¹	TSE 266, Türk standartları Enstitüsü	EC, Avrupa Birliği	WHO, Dünya Sağlık Örgütü	EPA, ABD Çevre Koruma Ajansı	Sırasıyla Bulunan Ortalama Değer (µg L ⁻¹)
Toplam Cr	0.05	0.05	0.05	0.1	0.27, 0.52, 1.01, -, 0.69, 0.57, -, 0.51, -, 0.32, 0.26, 1.01
Fe	0.2	0.2	0.3		5.86, 19.63, -, -, 4.69, -, -, 11.03, -, -, -
Co					-
Cu	2	2	2	1.3	1.55, 4.72, 20.22, -, -, 6.74, -, 10.75, 0.56, -, -, 1.19
Zn	5				35.12, 5.96, 13.99, -, 101.70, 6.74, -, 2.46, 169.86, -, -, -
As	0.01	0.01	0.01	0.01	5.58, 0.69, 1.84, 0.54, -, 1.61, 0.66, 1.74, -, 0.70, 0.66, -
Cd	0.005	0.005	0.003	0.005	-
Hg	0.001	0.001	0.001	0.002	-
Pb	0.01	0.01	0.01	0.015	21.89 (6 numara)

Tablo 5: Çalışılan iz elementlerin standart referans materyal değerleri (CWW-TM-D certified wastewater, n=3)

CWW-TM-D	Cr µg mL ⁻¹	Fe µg mL ⁻¹	Co µg mL ⁻¹	Cu µg mL ⁻¹	Zn µg mL ⁻¹	As µg mL ⁻¹	Cd µg mL ⁻¹	Hg µg mL ⁻¹	Pb µg mL ⁻¹
Sertifika Değer	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.250	0.250	0.020	1.00
Bulunan	1.02 ± 0.03*	0.99 ± 0.01	0.98 ± 0.02	0.97 ± 0.02	1.05 ± 0.04	0.246 ± 0.02	0.252 ± 0.02	0.019 ± 0.005	0.99 ± 0.01
%Geri kazanım	102	99	98	97	105	98	101	95	99

*Ortalama ± standart sapma

Literatürde Kahramanmaraş / Elbistan İlçesi su örneklerinde deprem öncesi iz elementleri analizleri ile ilgili çalışmalar çok sınırlı sayıdır. 6 Şubat 2023 Depreminden sonra Elbistan İlçesi içme sularında iz elementlerinin tayini ile ilgili çalışmaya rastlanmamıştır. [Gemci vd. \(2016\)](#) tarafından yapılan çalışmada Kahramanmaraş'taki Ayvalı yüzey suyu, Karasu ve Pınarbaşı kaynak sularının 2014 yılına ait aylar bazında TSE 266 standardına göre içme suyu kalitesi araştırılmıştır. Elementlerin analizinde ICP-OES kullanılmıştır ([Gemci vd., 2016](#)). Çalışmada Pınarbaşı su örneğinin analiz değerleri: pH 7.21, toplam demir 0.02 mg L⁻¹, kurşun 1.391 µg L⁻¹, bakır 5.257 µg L⁻¹, çinko 0.017 µg L⁻¹, kobalt 0.108 µg L⁻¹, kadmiyum 0.581 µg L⁻¹, krom 3.461 µg L⁻¹, civa 0.1139 µg L⁻¹ olarak hesaplanmıştır. Bizim çalışmamızda 3 farklı ayda alınan Pınarbaşı su örneklerinin ortalama pH değeri 7.15 olarak kaydedildi. Krom 1.01 µg L⁻¹ ve bakır 1.19 µg L⁻¹ olarak tayin edilirken diğer elementler (demir, kobalt, çinko, arsenik, kadmiyum, civa ve kurşun) gözlemlenme sınırının altında kaldığından dolayı tespit edilememiştir.

[Canpolat ve Uzun \(2019\)](#) çalışmada Kahramanmaraş organize sanayi bölgesinde çeşitli sektörlerde üretim yapan fabrikaların deşarj ettikleri atık sular ve bu atık suların karıştığı Sır Baraj Gölü ve Aksu Çayı'nın belirli istasyonlarda 4 mevsimde alınan su örneklerinde ağır metal düzeyleri ICP ile tespit edilmiştir ve bu değerleri WHO, USEPA ve EC kuruluşlarının tarafından önerilen standart değerlerle karşılaştırılmıştır. Su örneklerinde demir, bakır ve çinko her mevsimde tüm istasyonlarda tespit edilmiştir. Krom, nikel ve kadmiyum sadece atık sularla belirlenirken, diğer istasyonlarda cihazın ölçüm duyarlılığının altında (Cr <0.9 mg L⁻¹, Ni <0.3 mg L⁻¹, Cd <1.4 mg L⁻¹) kaldığından belirlenememiştir. As (<1.7 µg L⁻¹) ve Hg (<0.08 µg L⁻¹) ise bütün istasyonlarda cihazın ölçüm duyarlılığının altında kaldığından tespit edilememiştir ([Canpolat & Uzun, 2019](#)). Yapmış olduğumuz çalışmada Ekim, Şubat ve Mayıs ayında tüm numunelerde analiz edilen en yüksek çinko miktarı Karaelbistan Mahallesinde 169.86 µg L⁻¹, en yüksek krom miktarı Pınarbaşı kaynak suyu 1.01 µg L⁻¹ ve en yüksek demir miktarı Karamağra Mahallesinde 19.63 µg L⁻¹ olarak bulunmuştur. Akören Mahallesi numunesinde en yüksek Cu 20.22 µg L⁻¹ ve Keçemağra Mahallesi numunesinde en yüksek arsenik miktarı 5.58 µg L⁻¹ olarak hesaplanmıştır. En yüksek kurşun miktarı Orhangazi Mahallesi 21.89 µg L⁻¹ olarak analiz edilmiştir. Co, Cd ve Hg tüm numunede gözlemlenme sınırının altında kaldığından dolayı tespit edilememiştir.

4. Sonuç

Tablo 3'ü incelediğimizde 31 Ekim 2023, 6 Şubat 2024 ve 1 Mayıs 2024 tarihlerinde toplanan numunelerdeki iz element miktarları kendi içinde değerlendirildiğinde birbirlerine yakın olduğu görülmektedir. Örneğin Akören Mahallesi'nden 3 farklı zamanda alınan numunelerde analiz edilen çinko miktarı sırası ile 13.38 ± 0.41 ; 14.03 ± 0.54 ve $14.56 \pm 0.32 \mu\text{g L}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Numunelerin toplandığı lokasyonlar arasındaki farklılık Anova testi ile değerlendirilmiştir. P değerlerine bakıldığında p değeri 0.05'den büyük olan Fe, Cu, As ve Pb elementleri için, numunelerin alındığı bölgeler arasında anlamlı bir fark bulunduğu görülmektedir. Cr ve Zn değerleri arasında anlamlı bir fark bulunmamaktadır. Çalışılan ağır metallerin konsantrasyonları, TSE, EC ve WHO ve EPA'ya göre değerlendirildiğinde kabul edilebilir miktarlarda ve içilebilir olduğu görülmektedir (Tablo 4). Yalnız bir numunede kurşun miktarı bu değerlerin üzerinde çıkmıştır. En yüksek kabul gören Pb değeri EPA'ya göre $15 \mu\text{g L}^{-1}$ 'dir. Fakat Orhangazi Mahallesi şebeke suyunda 3 farklı zamanlarda alınan su örneklerinin ve genel ortalamanın bu değeri aştığı görülmektedir. Kurşun toksik bir elementtir ve insan vücuduna hiç alınmaması gerekmektedir. Bu bağlamda, onarım ve iyileştirme çalışmalarında Orhangazi Mahallesi öncelik verilmesi gerektiği düşünülmektedir. Analiz sonuçlarına göre çalışılan diğer iz element konsantrasyonlarında kirlilik açısından bir sorun görünmemektedir. Bölgede iyileştirme ve onarım çalışmalarında su kirliliğinin oluşmaması için alt yapı çalışmalarına özen gösterilmeli, sismik dalgalanmalara dayanıklı boru sistemleri kullanılmalıdır. Özellikle eski mahallelerde su ve kanalizasyon şebekelerinin yenilenmesi gerekmektedir, yer altı ve yer üstü kaynak suların iz element miktarları periyodik olarak analiz edilmelidir. Bunun yanı sıra deprem atıklarının ortadan kaldırılmasında su kaynaklarına özen gösterilmeli ve atıklar için güvenli bir alan seçilmelidir.

Teşekkür

Bu çalışma TÜBİTAK 2209-A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı tarafından desteklenmiştir (Proje Numarası: 1919B012301422).

Kaynaklar

- Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı. (2024). *Afet türleri*. <https://www.afad.gov.tr/afet-turleri>
- Akdemir, İ. O., Çağlıyan A., Dağlı, D. (2015). Kentsel Planlamada Coğrafi Bilgi: Elazığ Uygulaması. *Fırat Üniversitesi Harput Araştırmaları Dergisi*, 2(1), 53–76.
- Canpolat, Ö., & Uzun, S. K. (2019). Kahramanmaraş Organize Sanayi Bölgesi atık sularının Sır Baraj Gölü'nde meydana getirdiği ağır metal kirliliğinin belirlenmesi. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 8(3), 816–825.
- Daşbaşı, T., Sağmacı, Ş., Şahan, S., Ülgen, A., & Kartal, Ş. (2014). On-line preconcentration and determination of Au(III) in various environmental/industrial samples by flame atomic absorption spectrometry. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 94(9), 916–929.
- Daşbaşı, T., Sağmacı, Ş., Ülgen, A., & Kartal, Ş. (2015). A solid phase extraction procedure for the determination of Cd(II) and Pb(II) ions in food and water samples by flame atomic absorption spectrometry. *Food Chemistry*, 174, 591–596.
- Demir, İ. (2009). İnşaat yıkıntı atıklarının beton üretiminde kullanımı ve beton özelliklerine etkisi. *AKÜ Fen Bilimleri Dergisi*, 2009(2), 105–114.
- Doğa Bitkileri ve Su Ürünleri Araştırma ve Uygulama Merkezi. (2022). *İçme suyu kabul edilebilir değerler*. <https://dobisu.marmara.edu.tr/orta-menu/yararli-bilgiler/icme-suyu-kabul-edilebilir-degerler>
- Doğdu, G., & Alkan, S. N. (2023). Evaluation of Post-Earthquake Construction and Demolition Wastes: 6 February 2023 Kahramanmaraş Earthquakes. *Artvin Çoruh University Journal of Engineering and Science*, 1(1), 38–50.
- Dökmeçi, A. H. (2018). *Toksikolojik çevresel ve endüstriyel afetler*. Nobel Tıp Kitabevleri.
- Eaton, A. D. (1999). *Standard methods for the examination of water and wastewater* (20th ed.). American Public Health Association.
- Eaton, A. D. (2017). *Standard methods for the examination of water and wastewater* (23rd ed.). American Public Health Association.
- Environmental Protection Agency. (2024). *National Primary Drinking Water Regulations*. 28 Ağustos 2024'te <https://www.epa.gov/ground-water-and-drinking-water/national-primary-drinking-water-regulations#Inorganics> adresinden alındı.
- Esmer Duruel, H. E., & Duruel, M. C. (2024, 6–8 Şubat). *Depremden sonra ortaya çıkan bir diğer felaket: Sucul kirlilik* [Bildiri Sunumu]. I. Uluslararası İstiklal Sempozyumu: Deprem ve Mekan, Kahramanmaraş, Türkiye.
- Gemci, E., Akarsu, S., Zıba, C. A., & Dolaz, M. (2016). Kahramanmaraş'taki Ayvalı yüzey suyu, Pınarbaşı ve Karasu kaynaklarının içme suyu kalitesinin araştırılması. *KSU Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 19(1), 21–24.
- He Q., Chang X., Huang X. ve Hu Z. (2008). Determination of trace elements in food samples by ICP-AES after preconcentration with p-toluenesulfonylamide immobilized on silica gel and nanometer SiO₂. *Microchimica Acta*, 160, 147–152.
- Kudrin, A. V. (2000). Trace elements in regulation of N F- zB activity. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 14, 129–142.
- Nasa, P. (2019). Heavy metal poisoning. In O. Singh, & D. Juneja (Eds.), *Principles and practice of critical care toxicology* (pp. 339–347). Springer.
- Öztürk, M., Aslan, Ş., & Demirbaş, A. (2017). Sulama sularındaki arseniğin bitkilerde birikimi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 23(3), 289–297.
- Shakerian, F., Dadfarnia, S., Haji Shabani, A. M., & Rohani, M. (2008). Multi simplex optimization of on-line sorbent preconcentration and determination of iron by FI-AAS and microcolumn of immobilized ferron. *Talanta*, 77, 551–555.

- Sharma, R. K., Agrawal, M., & Marshall, F. (2007). Heavy metal contamination of soil and vegetables in suburban areas of Varanasi, India. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 66, 258–266.
- T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı. (2023). *Kahramanmaraş ve Hatay Depremleri Raporu*. <https://www.sbb.gov.tr/2023-kahramanmaras-ve-hatay-depremleri-raporu/>
- Valfredo, A., Lemos, M., Selis, S., Graciete, T. D., Mardson, V. M., & Marcos, A. B. (2008). Development of a cloud-point extraction method for copper and nickel determination in food samples. *Journal of Hazardous Materials*, 159, 245–251.
- Yıldız, D. (2019). *Deprem ve Su*. Su Politikaları Derneği.
- Yiğiter, N. D. (2008). *Planlamada afet bilgi sistemi ve yönetiminin coğrafi bilgi sistemleri ile modellenmesi: Adana örneği* [Yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi>