



## Investigating the Quality of Public Fountain Water in Gümüşhane Province and the Presence of *Cryptosporidium* spp. Using the PCR Method

Mustafa Atasever<sup>1,a</sup>, Halit Mazlum<sup>2,b,\*</sup>, Burak Çevik<sup>3,c</sup>, Halil Üzüm<sup>4,d</sup>

<sup>1</sup>Gıda Hijyeni ve Teknolojisi Bölümü, Atatürk Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Erzurum, Türkiye.

<sup>2</sup>Veterinerlik Bölümü, Gümüşhane Üniversitesi, Kelkit Aydın Doğan Meslek Yüksekokulu, Gümüşhane, Türkiye.

<sup>3</sup>Veteriner Kontrol Enstitüsü, Tarım ve Orman Bakanlığı, Erzurum, Türkiye.

<sup>4</sup>9'uncu Kolordu Gıda Kontrol Müfrez Komutanlığı, Erzurum, Türkiye.

\*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p>Research Article</p> <p>Received : 08.02.2024 Accepted : 09.04.2024</p> <p>Keywords: Aluminum <i>Cryptosporidium</i> spp. Coliform Nitrite Public Fountains</p>	<p>This study examined the physical, chemical, and microbiological qualities of water samples collected from 97 public fountains located in Gümüşhane's center and its districts, including Kelkit, Şiran, Köse, Kürtün, and Torul. Additionally, the presence of <i>Cryptosporidium</i> spp. was investigated using the conventional PCR method. In the study, pH, electrical conductivity, nitrite (NO<sub>2</sub>) and ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) values in all samples were found to comply with the drinking water regulation and standard (TS 266). The study revealed that the turbidity values of 16.49% of the samples exceeded the limit specified in the regulations. The analysis showed that the hardness values of 4.12% of the samples exceeded the limit set by the World Health Organization. In terms of heavy metals, it was determined that the iron (Fe) content of 2 (2.06%) samples and the aluminum (Al) content of 3 (3.09%) samples were above the limit values specified in the regulation and TS 266. Microbiologically, it was determined that 39.18% of the samples did not comply with the relevant regulation and TS 266 standard in terms of <i>E.coli</i> and coliform group bacteria. <i>Cryptosporidium</i> spp. was not detected in any of the samples. Consequently, it has been concluded that some of Gümüşhane's public fountains pose a risk to public health.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 12(9): 1530-1538, 2024

## Gümüşhane İlindeki Halk Çeşmesi Sularının Kalitesinin İncelenmesi ve *Cryptosporidium* spp. Varlığının PCR Yöntemiyle Araştırılması

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p>Araştırma Makalesi</p> <p>Geliş : 08.02.2024 Kabul : 09.04.2024</p> <p>Anahtar Kelimeler: Alüminyum <i>Cryptosporidium</i> spp. Halk çeşmeleri Koliform Nitrit</p>	<p>Bu çalışmada Gümüşhane'nin Merkez ve ilçelerindeki (Kelkit, Şiran, Köse, Kürtün ve Torul) 97 halk çeşmesinden alınan su numunelerinin fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik kalitesi incelenmiştir. Ayrıca numunelerde <i>Cryptosporidium</i> spp. varlığı konvansiyonel PCR yöntemiyle araştırılmıştır. Çalışmada numunelerin hepsinde pH, elektriksel iletkenlik, nitrit (NO<sub>2</sub>) ve amonyum (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) değerleri içme suyu yönetmeliğine ve standardına (TS 266) uygun bulunmuştur. Numunelerin %16,49'unun bulanıklık değerlerinin yönetmelikte belirtilen sınır değer üzerinde olduğu belirlenmiştir. Numunelerin %4,12'sinin sertlik değerlerinin Dünya Sağlık Örgütü'nün (DSÖ) belirlediği sınır değer üzerinde olduğu saptanmıştır. Ağır metal açısından, 2 (%2,06) numunenin demir (Fe), 3 (%3,09) numunenin ise alüminyum (Al) miktarları yönetmelikte ve TS 266'da belirtilen sınır değerlerin üzerinde olduğu saptanmıştır. Mikrobiyolojik olarak, numunelerin %39,18'inin <i>E.coli</i> ve koliform grubu bakteri yönünden ilgili yönetmelik ve TS 266 standardına uygun olmadığı belirlenmiştir. Numunelerin hiçbirinde <i>Cryptosporidium</i> spp. saptanmamıştır. Gümüşhane halk çeşmelerinin bazılarının halk sağlığı açısından riskli olduğu kanaatine varılmıştır.</p>

<sup>a</sup> atasever@atauni.edu.tr

<sup>b</sup> <https://orcid.org/0000-0002-1627-5565>

<sup>b</sup> hmazlum@gumushane.edu.tr

<sup>b</sup> <https://orcid.org/0000-0001-6711-8503>

<sup>c</sup> burak.cevik@tarimorman.gov.tr

<sup>c</sup> <https://orcid.org/0000-0002-8499-8431>

<sup>d</sup> haliluzum92@hotmail.com

<sup>d</sup> <https://orcid.org/0009-0005-6719-8730>



## Giriş

Su, insan sağlığı başta olmak üzere, gıda güvenliği ve çevresel sürdürülebilirlik için en temel ihtiyaçtır (Matta & Kumar, 2017; Gökçen & Atasever, 2019). Yerkürenin büyük bir kısmı sularla kaplı olmasına rağmen, tatlı su kaynakları bunun sadece %2,5'ini oluşturmaktadır (Can ve ark., 2002). Birleşmiş Milletler verilerine göre, Dünya nüfusunun %17'si güvenli su kaynaklarına erişememektedir (Matta & Kumar, 2017). DSÖ raporlarında gelişmekte olan ülkelerdeki hastalıkların %80'i içme suyundan kaynaklanmaktadır. Bu veriler, sınırlı olan tatlı su kaynaklarının korunmasının yanı sıra yeterli miktarda, sağlıklı ve güvenilir içme suyunun tüketiciye ulaştırılmasının halk sağlığı açısından son derece önemli olduğunu ortaya koymaktadır (Alişarlı ve ark., 2007; Haseena ve ark., 2017).

İçme ve kullanma sularında hastalık etkeni olan zararlı kimyasalların ve mikroorganizmaların bulunmaması gerekmektedir (Alişarlı ve ark., 2007). Ancak kentsel, endüstriyel ve tarımsal atıkların yanlış yönetimi içilebilir su kaynaklarının kimyasal ve mikrobiyolojik olarak kirlenmesine sebep olur. Kaynak sularında tehlikeli kimyasalların (örn., ağır metaller, nitrojenler) doğal veya insan kaynaklı varlığı ciddi sağlık problemleri (özellikle teratojen, mutajen ve kanserojen etki) oluşturur (Qu ve ark., 2018; Angelakis ve ark., 2023; Zhang & Oki, 2023). Kontamine su kaynaklı bakteriyel (örn., *Vibrio cholera*, *Escherichia coli*), viral (örn., poliovirüs, hepatit A ve E virüsleri) ve paraziter (örn., *Cryptosporidium parvum*) mikroorganizmalar insanlarda ciddi hastalıklar oluşturabilmektedir (Leclerc ve ark., 2002; Schwarzenbach ve ark., 2010; Nguyen & Sperandio, 2012; Ghareeb & Ali, 2023; Suraifi ve ark., 2023).

Kontamine su ve yiyecek kaynaklı paraziter bir hastalık olan Cryptosporidiosis halk sağlığı açısından önemli bir problemdir. *Cryptosporidium* spp. türleri içerisinde insanlarda enfeksiyona en yaygın neden olan etkenler *C. parvum* ve *C. hominis*'tir. Cryptosporidiosis'te özellikle çocuklarda şiddetli ishal, mide krampları ve dehidrasyon semptomları görülmektedir. Cryptosporidiosis sağlıklı bireylerde yüksek morbidite, bağışıklık sistemi baskılanmış bireylerde ise yüksek mortalite gösterebilmektedir (Aslan ve ark., 2012; Lv ve ark., 2013; Siwak ve ark., 2023; Suraifi ve ark., 2023). *Cryptosporidium* spp. oookistlerinin çevrede yoğun olarak bulunması, 4-6 µm büyüklükleriyle arıtma tesislerinin filtrelerinden geçebilmesi, dezenfektanlara (örn., klor) toleranslı olması, soğuğa dayanıklı ve enfektif dozunun düşük olması şeklinde sıralanabilecek özellikleriyle kontamine sularla bulaşan önemli bir patojen olarak son yıllarda ön plana çıkmaktadır (Yıldırım Doğan ve ark., 2019; Robinson ve ark., 2023).

Yerleşim yerleri tarihsel süreçte genellikle doğal su kaynaklarının etrafında kurulmuştur (Yeşilçi ve ark., 2012). Halk çeşmeleri bu yerleşim yerinde yaşayan insanların su ihtiyaçlarını karşılayan ve geçmişten günümüze tarihi ve kültürel önemini koruyan yapılarıdır (Kaprol, 2014). Gümüşhane ilinde halk çeşmeleri oldukça yaygındır ve çoğunlukla kaynak sularıyla beslenmektedir. Ancak bu çeşmelerin kanal ve musluk sistemlerinin eski olması, bakımı ve denetimlerinin yetersizliği, halk sağlığı açısından potansiyel bir tehdit oluşturmaktadır. Ayrıca zaman içerisinde çeşmelerin kaynaklarına yakın yerlerde

yerleşimlerin (örn. ev, ahır) yapılması ve hayvansal gübrelerin tarımsal amaçla yoğun bir şekilde kullanılması çeşme sularına dışkı kaynaklı *Cryptosporidium* spp. bulaşma riskini ortaya çıkarmaktadır. Literatürde Türkiye'nin farklı illerindeki halk çeşmesi sularında yapılan araştırmalarda [Van (Çiçek ve ark., 2011), Mersin (Aslan ve ark., 2012), Sivas (Özçelik ve ark., 2015), Erzincan (Yıldırım Doğan ve ark., 2019), Mardin (Çuhadar ve ark., 2023)] *Cryptosporidium* spp. varlığı bildirilmiştir. Bununla birlikte Gümüşhane ilindeki halk çeşmesi sularının kalitesinin yanında *Cryptosporidium* spp. varlığının araştırıldığı herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu çalışmada Gümüşhane'nin Merkez ve ilçelerindeki (Kelkit, Şiran, Köse, Kürtün ve Torul) 97 halk çeşmesinden alınan su numunelerinin fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik kalitesi incelenmiş, ayrıca su numunelerinde konvansiyonel PCR yöntemiyle *Cryptosporidium* spp. varlığı araştırılmıştır.

## Materyal ve Yöntem

### Çalışma Alanı ve Numunelerin Toplanması

Çalışmada Gümüşhane merkez ve ilçelerinde yerleşimin yoğun olduğu bölgelerde bulunan halk çeşmelerinden alınan 97 adet su numunesi materyal olarak kullanılmıştır (Şekil 1). Su numuneleri mevsimsel geçiş periyodu olan Eylül 2023 döneminde, sülfürik asit (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) çözeltisi ile yıkanıp distile sudan geçirilen şişelere alınmıştır. Çeşmeler, numune almadan önce 5 d akıtılmış ve muslukların ağzı alevden geçirilmiştir (Tekinşen, 1976). Numuneler soğuk zincirde (+4 °C'de) laboratuvara getirilerek kısa sürede analizleri yapılmıştır.

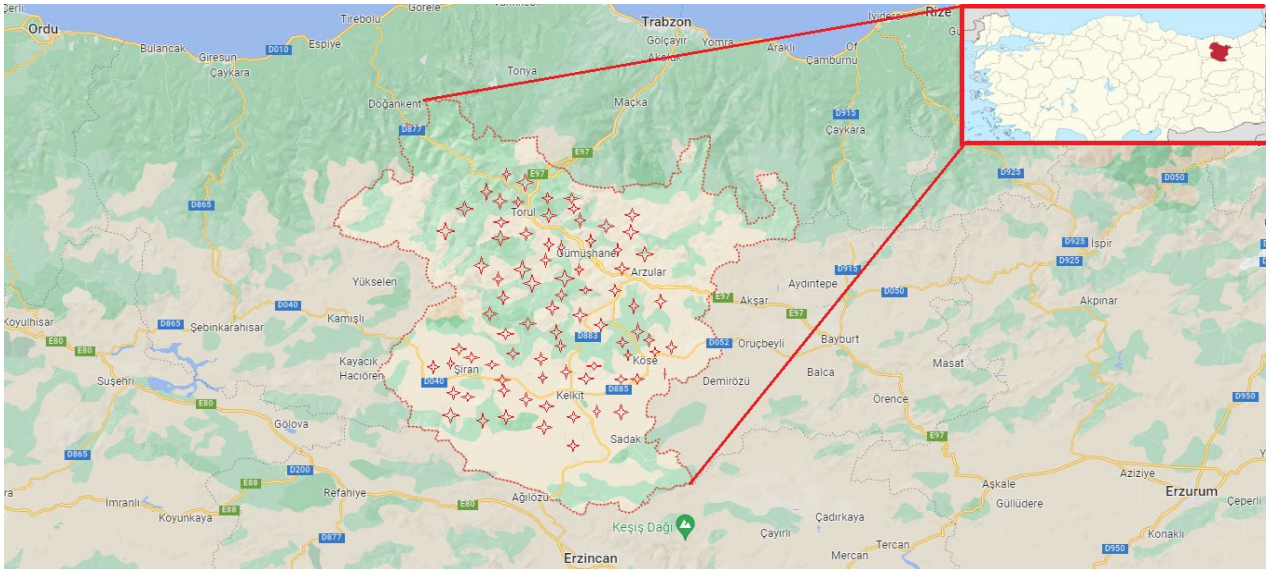
### Fizikokimyasal Analizler

Numunelerin pH ve elektriksel iletkenlik değerleri 2 problu elektronik bir pH metre (Mettler-Toledo, Seven Direct sd23, USA) kullanılarak arazide yerinde saptanmıştır. Bulanıklık değerleri türbidimetre cihazıyla (Lovibond TB 211 IR, Almanya) belirlenmiştir. Suların sertlik dereceleri hazır kitler (Water doctors) kullanılarak titrimetrik yöntemle tespit edilmiştir.

Numunelerinin nitrit, amonyum, demir ve alüminyum değerleri sırasıyla, nitrit kitleri (WTW, 14776/1, Almanya), amonyum kitleri (WTW, Almanya), demir kitleri (WTW, 4761/1, Almanya) ve alüminyum kitleri (WTW,14825, Almanya) kullanılarak Helios aquamate spektrofotometre cihazı (Thermo, İngiltere) ile saptanmıştır.

### Mikrobiyolojik Analizler

Su numunelerinde *E. coli* ve koliform analizi membran filtrasyon yöntemi ile yapılmıştır. Analiz öncesi su numunelerinin filtre edileceği alan alkolle temizlenmiş ve vakum filtreler bek alevinden geçirilmiştir. Membran filtrasyon yönteminde 100 ml su örneği 0,45 µm por çaplı membran filtreden geçirilmiştir. Filtreler steril pensle Tergitol TTC besiyerine yerleştirilmiş ve etüvde 37 °C de 24 saat inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonunda açık sarı renkte olan koloniler koliform grubu bakteri, koyu turuncu renk veren koloniler ise *E. coli* olarak değerlendirilmiştir (Lee & Cole, 1994; Alişarlı ve ark., 2007).



Şekil 1. Gümüşhane il haritası ve numune alınan su noktaları  
Figure 1. Gümüşhane province map and sampled water points

Çizelge 1. PCR reaksiyonu için kullanılan primer dizileri  
Table 1. Primer sequences used for the PCR reaction

Primer tipi	Sekans	Uzunluk	Hedef Bölge
F3	ATTTGATRGACAAAGAACTAG	22	S-adenosylmethionine Synthetase (SAM) geni
B3	CGATTGACTTTGCAACAAG	19	

Çizelge 2. PCR ısı protokolü  
Table 2. PCR temperature protocol

İşlem	Sıcaklık	Süre	Döngü sayısı
Kapak ısısı	105°C		
İlk denatürasyon	95°C	15 dakika	1
Denatürasyon	94°C	45 saniye	
Bağlanma	54°C	60 saniye	40
İlk uzama	72°C	1 dakika 15 saniye	
Final uzama	72°C	10 dakika	1

Şüpheli koliform grubu bakteri kolonilerinin doğrulanması için, VRBA (Violet Red Bile Agar) katı besiyerine yayma plak yöntemiyle ekim yapılmıştır. Besiyerleri 37°C etüde 24 saat bekletilmiş koyu kırmızı koloniler koliform olarak değerlendirilmiştir (Alisharlı ve ark., 2007).

#### *Cryptosporidium* spp.'nin Konvansiyonel PCR Analizleri

*Cryptosporidium* spp.'nin tespitinde, geleneksel yöntemlere (örn., mikroskopik teşhis, ELISA) kıyasla hızlı ve yüksek hassasiyeti nedeniyle konvansiyonel PCR yöntemi tercih edilmiştir.

#### Filtrasyon ve DNA İzolasyonu

Laboratuvara getirilen su numuneleri 0,45 µm por çaplı selüloz membran filtreden geçirilerek süzölmüştür. Filtre steril bir tüpe alınmış ve aynı su örneğinin 20 ml'si tüp içine aktarılarak vortekslenmiştir. Böylece filtre üzerindeki partikülât filtreden uzaklaştırılmıştır (Çiçek ve ark., 2011). Numuneler 2100 rpm de 10 dakika santrifüj edilmiştir. Üstte kalan kısım atılarak son hacim 10 ml olacak şekilde üzeri distile su ile tamamlanmıştır (Yıldırım Doğan ve ark., 2019). Filtrasyon aşamasından sonra genomik DNA izolasyonu DNeasy Plant Mini kit (Qiagen) kullanım

talimatına göre yapılmıştır. Elde edilen DNA'lar PCR aşamasına kadar - 20 °C'de saklanmıştır (Özçelik ve ark., 2015).

#### PCR Tekniği

PCR protokolü Yıldırım Doğan ve ark. (2019)'nın belirttiği yöntemle yapılmıştır. PCR reaksiyon karışımı 25 µl son hacimde hazırlanmıştır. PCR için Hot Start Taq DNA Polimeraz kiti (Qiagen) (10x PCR tamponu, 5x Q solüsyonu, 25mM MgCl<sub>2</sub>, 5U hot start taq DNA polimeraz), 25mM dNTP mix, 10 pmol SAM-1 genine ait F3 ve B3 primerleri ve 2 µl örnek kullanılmıştır. Reaksiyon karışımı vortekslenip PCR cihazında inkübasyona bırakılmıştır. Kullanılan primerlerin baz dizilimleri Çizelge 1'de, uygulanan PCR protokolü ise Çizelge 2'de belirtilmiştir.

#### Agaroz Jel Elektroferez Analizi

%1'lik jel hazırlamak için 0,75 g Agaroz (Aplichem) 80 ml 1X TBE eklenip ısıtılarak çözölmüştür. Daha sonra 60°C'ye soğutulup içeresine 3 µl etidyum bromür eklenerek jel tepsisine dökülmüştür. Birinci kuyucuğa 1500 bp ladder kalan kuyucuklara örnekler yükleme tamponu ile karıştırılarak jelle yüklenmiş ve 70 V'ta 90 dakika yürütölmüştür.

**Jel Görüntüleme Sistem Analizi**

Jel Elektroferez aşamasından sonra jeldeki bantların görünür hale getirilmesi için görüntüleme sistemine jeller yerleştirilmiş ve görüntüler kaydedilmiştir.

**Bulgular**

Su numunelerinin fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları Çizelge 3a ve b’de, mikrobiyolojik analiz sonuçları ise Çizelge 4’te verilmiştir. *Cryptosporidium* spp. analizinin PCR jel görüntüleri Şekil 2’de verilmiştir.

**Tartışma**

Suyun fiziksel özellikleri su analizlerinin ilk basamağını oluşturur (Dedeakayoğulları & Önal, 2009). İçilebilir özelliklere sahip suyun renk, koku ve tadı için yönetmelikte (Resmi Gazete, 28580, 2013) “tüketicilerce kabul edilebilir ve herhangi bir anormal değişim olmaması” ve bulanıklığın “1,0 NTU değerinin aşılması” gerektiği bildirilmektedir. Çalışmada su numunelerinin organoleptik değerlendirmesinde 1 (%1,03) numunenin (G7) renk, koku ve tadının standartlara uymadığı belirlenmiştir (Çizelge 3).

Çizelge 3a. Su numunelerinin fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları  
Table 3a. Physical and chemical analysis results of water samples

No	Numune Alım Yerleri	R	K	TA	B	pH	Eİ	S	DE	AL	Nİ	AMN
KL1	Ahmet Yesevi Mah.	N	N	N	0,31	7,63	652,5	24,92	107,7	94,9	0,05	0,021
KL2	Cumhuriyet Mah.	N	N	N	2,89	7,84	180,5	8,9	145	94,4	0,05	0,022
KL3	Bahçelievler Mah.	N	N	N	0,04	7,41	723	33,82	117,9	89,6	0,04	0,022
KL4	Aksöğüt Köyü	N	N	N	0,02	7,34	791	40,94	138,1	94,6	0,05	0,020
KL5	Dereyüzü Köyü	N	N	N	0,45	7,63	794	32,04	134,2	88,6	0,05	0,021
KL6	Gümüşgöze Beld./Özyurt Mah.	N	N	N	0,15	7,71	1334,5	64,08	158,3	104,8	0,09	0,026
KL7	Gümüşgöze Beld./Fatih Mah.	N	N	N	1,09	7,4	1139,5	51,62	158,5	101,1	0,14	0,028
KL8	Tütenli Köyü	N	N	N	0,05	7,47	596,5	28,48	156,6	109,6	0,09	0,032
KL9	Deredolu Beld./Hürriyet Mah.	N	N	N	1,01	7,88	515,5	32,04	160,8	106,4	0,10	0,032
KL10	Aşut Köyü	N	N	N	0,12	7,51	478,5	21,36	235,5	110,8	0,10	0,029
KL11	Yeşilova Köyü	N	N	N	0,42	7,08	824	39,16	159,3	101,3	0,08	0,025
KL12	Yenice Köyü	N	N	N	0,69	7,42	551	26,7	163,3	102,3	0,09	0,030
KL13	Atatürk Mahallesi	N	N	N	0,25	7,35	751,5	26,7	156,2	87,6	0,09	0,020
KL14	Kılıçtaşı Köyü	N	N	N	0,18	7,51	706,5	33,82	163,7	97,6	0,09	0,027
KL15	Başpınar Köyü	N	N	N	0,38	7,4	720,5	26,7	156,8	100,6	0,10	0,024
KL16	Başpınar Köyü	N	N	N	0,4	7,33	737,5	35,6	150,6	99,5	0,10	0,032
KL17	Gödüllü Köyü	N	N	N	0,73	7,72	363	17,8	152,7	102,8	0,10	0,030
KL18	Gödüllü Köyü	N	N	N	0,14	7,61	435,5	23,14	85,1	68,6	0,04	0,011
KL19	Kaş Köyü	N	N	N	0,22	6,82	132,1	56,96	78,2	79,8	0,03	0,011
KL20	Öbekteş Beldesi	N	N	N	0,07	7,29	559	24,92	104,2	75,01	0,05	0,013
KL21	Ünlüpınar Beld.	N	N	N	0,42	7,71	378,5	23,14	84,2	79,6	0,04	0,012
Ş1	Karaca Mahallesi	N	N	N	0,21	7,51	290,5	17,8	95,1	76,9	0,02	0,054
Ş2	Fatih Mahallesi	N	N	N	0,16	9,23	662	17,8	99,4	65,2	0,02	0,057
Ş3	Alacahan Köyü	N	N	N	0,32	7,65	552	24,92	95,7	77,9	0,02	0,083
Ş4	Evren Köyü	N	N	N	0,17	7,66	331	16,02	92,4	85,9	0,02	0,075
Ş5	Günyüzü Köyü	N	N	N	0,44	7,64	334	17,8	106,3	79,4	0,02	0,074
Ş6	Günyüzü Köyü	N	N	N	0,47	7,61	413,5	21,36	98,8	76,5	0,02	0,098
Ş7	Tekke Mahallesi	N	N	N	0,76	7,67	293	19,58	111,9	78,8	0,02	0,040
Ş8	Tekke Mahallesi	N	N	N	0,13	7,39	525	28,48	90,5	75,1	0,02	0,022
Ş9	Koyunbaba Köyü	N	N	N	0,22	7,54	583	26,7	100	95,0	0,03	0,012
Ş10	Sarıca Köyü	N	N	N	1,59	7,53	552,5	24,92	96,1	77,5	0,02	0,033
Ş11	Sarıca Köyü	N	N	N	1,06	7,63	588,5	28,48	112,7	87,3	0,02	0,036
Ş12	Mertekli Köyü	N	N	N	0,18	7,6	1062	51,62	110,7	90,3	0,02	0,026
Ş13	Karaseyh Köyü	N	N	N	0,08	7,57	530,2	23,14	98,4	85,7	0,02	0,025
Ş14	Yukarı Duruçay Köyü	N	N	N	0,13	7,35	658	33,82	95,5	66,3	0,02	0,100
Ş15	Yukarı Akçalı Köyü	N	N	N	0,52	7,78	366	23,14	103,2	69,1	0,02	0,063
Ş16	Aşağı Duruçay Köyü	N	N	N	1,99	7,84	365,5	17,8	112,1	77,3	0,02	0,040
Ş17	Aşağı Akçalı Köyü	N	N	N	0,19	7,6	554,5	21,36	101,9	82,1	0,02	0,762
Ş18	Sellidere Köyü	N	N	N	0,63	7,79	414,5	24,92	107,5	91	0,02	0,078
Ş19	Sellidere Köyü	N	N	N	0,28	7,28	732,5	40,94	101,3	80,5	0,02	0,064
Ş20	Gökçeler Köyü	N	N	N	0,28	7,78	437	26,7	75,1	86	0,02	0,040
KS1	Akbaba Köyü	N	N	N	0,33	7,84	765,5	17,8	64,1	82,3	0,02	0,063
KS2	Övünce Köyü	N	N	N	0,2	7,43	664	39,16	66,4	71,6	0,02	0,082
KS3	Yuvacık Köyü	N	N	N	0,73	7,95	1023	16,02	99,6	722,2	0,02	0,078
KS4	Cumhuriyet Mah.	N	N	N	0,21	7,66	369	23,14	84,4	79,3	0,02	0,079
KS5	Yavuzselim Mah.	N	N	N	2,02	7,72	162	10,68	193,4	75,7	0,01	0,056
KS6	Bahçelievler Mah.	N	N	N	2,07	7,57	161	8,9	94	86,2	0,02	0,067
KS7	Bahçelievler Mah.	N	N	N	0,19	7,4	640,5	32,04	67,2	67,1	0,02	0,072
KS8	Kabaktepe köyü	N	N	N	0,15	7,71	378,6	19,58	53,5	67,9	0,01	0,038
KS9	Gökçe Köyü	N	N	N	0,52	7,43	544	30,26	106,3	62,2	0,03	0,031
KS10	Gökçe Köyü	N	N	N	0,14	7,55	461	26,7	70,5	638,6	0,01	0,030
KS11	Kayadibi Köyü	N	N	N	0,51	7,49	685	33,82	73,6	72,7	0,02	0,038
KS12	Yavuzselim Mah.	N	N	N	0,24	7,26	606	26,7	79,2	73,6	0,02	0,030

Çizelge 3b. Su numunelerinin fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları

Table 3b. Physical and chemical analysis results of water samples

No	Numune Alım Yerleri	R	K	TA	B	pH	Eİ	S	DE	AL	Nİ	AMN
KS13	Şehitler Parkı	N	N	N	4,11	7,59	813,5	30,26	140,6	72,5	0,02	0,029
KS14	Köse Barajı Yanı	N	N	N	0,26	7,61	570,3	19,58	116,9	65,9	0,02	0,025
KS15	Köse Dağı Mevkii	N	N	N	0,12	7,32	462	17,8	62,2	66,6	0,02	0,023
G1	Kırıklı Köyü	N	N	N	0,12	7,71	254	12,46	99	75,4	0,02	0,064
G2	Kırıklı Köyü	N	N	N	0,02	7,15	469,5	19,58	75,9	74,2	0,01	0,046
G3	Esenyurt Köyü	N	N	N	0,18	7,77	259	12,46	75,3	69,4	0,02	0,028
G4	Pirahmet Köyü	N	N	N	1,43	7,67	469	17,8	77,8	84	0,01	0,035
G5	Yeniöl Köyü	N	N	N	0,17	7,65	450	19,58	73,8	77,7	0,02	0,025
G6	Arzular Kabaköy Beld./Arzular Mah.	N	N	N	0,06	7,45	469	16,02	94	76,5	0,02	0,053
G7	Arzular Kabaköy Beld./KabaköyMah	ND	ND	ND	54,7	7,74	309	14,24	120,2	76,1	0,02	0,044
G8	Tekke Köyü	N	N	N	0,09	7,64	586,5	32,04	75,9	76,7	0,02	0,081
G9	Bağlarbaşı Mah.	N	N	N	0,35	7,57	559,5	19,58	75,1	82,9	0,02	0,041
G10	Bağlarbaşı Mah.	N	N	N	0,16	7,51	470	19,58	78,8	77,7	0,01	0,031
G11	Bağlarbaşı Mah.	N	N	N	1,11	7,5	389,5	16,02	69,7	84,3	0,01	0,066
G12	Mordut Mah.	N	N	N	0,66	7,88	501	21,36	78,6	70,1	0,01	0,059
G13	Karaer Mah.	N	N	N	0,31	7,58	598	19,58	83,4	75,2	0,02	0,014
G14	Karaer Mah.	N	N	N	0,58	7,43	592	19,58	78,4	68	0,02	0,013
G15	Karaer Mah.	N	N	N	0,03	7,54	599,5	26,7	77,3	70	0,02	0,011
G16	Hasanbey Mah.	N	N	N	0,09	7,53	595,5	23,14	77,2	73,2	0,01	0,019
G17	Hasanbey Mah.	N	N	N	0,26	7,52	597,5	24,92	80,5	75,1	0,01	0,018
G18	Hasanbey Mah.	N	N	N	0,01	7,51	590,5	16,02	98	76	0,01	0,026
G19	Süleymaniye Mah.	N	N	N	0,1	7,85	872	39,16	158,7	72,3	0,02	0,042
G20	Süleymaniye Mah.	N	N	N	0,06	7,84	384	14,24	91,9	70,8	0,02	0,318
G21	Özcan Mah.	N	N	N	0,26	7,6	600,5	19,58	97,3	80,7	0,02	0,023
G22	Mescitli Köyü	N	N	N	0,26	7,88	242,5	12,46	84	71,8	0,02	0,022
G23	Dibekli Köyü	N	N	N	0,25	7,81	282,5	12,46	70,5	84	0,02	0,038
T1	Yücebelen Mevkii	N	N	N	0,16	8,12	434	17,8	106,9	64,4	0,04	0,048
T2	Budak Köyü	N	N	N	0,45	8,16	442,5	16,02	89,6	75,5	0,02	0,074
T3	Kirazlık Köyü	N	N	N	0,58	7,79	535	26,7	82,4	68,8	0,02	0,059
T4	Tuğrulbey Mahallesi	N	N	N	0,13	7,68	433	17,8	86,7	78,8	0,02	0,062
T5	Kaledibi Mahallesi	N	N	N	0,34	7,56	438	21,36	96,3	75,7	0,02	0,036
T6	Altınpınar Köyü	N	N	N	0,21	8,48	239	12,46	100,5	62,9	0,02	0,040
T7	Harmancık Köyü	N	N	N	0,12	7,96	432,5	16,02	113,2	96,4	0,02	0,070
T8	Harmancık Köyü	N	N	N	4,68	8,12	580	30,26	116,1	80	0,03	0,073
KR1	Özkürtün Beld./Çayra Mah.	N	N	N	2,02	8,01	166,5	10,68	127,5	95,9	0,02	0,566
KR2	Özkürtün Beld./Çayra Mah.	N	N	N	0,35	8,01	203	8,9	109,8	11,8	0,02	0,225
KR3	Hanyanı Mah.	N	N	N	0,09	7,32	622	19,58	110,2	98,1	0,02	0,058
KR4	Aşağı Uluköy Mah.	N	N	N	0,56	7,76	418,5	17,8	109,2	94,8	0,02	0,068
KR5	Kırğaç Köyü	N	N	N	0,17	7,77	422	16,02	109,4	93,5	0,02	0,129
KR6	Yeşilköy Köyü	N	N	N	0,19	7,87	276,5	12,46	117,1	101,3	0,04	0,091
KR7	Örümcek OrmanlarıGirişi	N	N	N	0,83	8,05	382	14,24	121,1	98,3	0,02	0,083
KR8	Taşlıca Köyü	N	N	N	1,65	7,86	194	8,9	121,9	98,7	0,02	0,140
KR9	Taşlıca Köyü Hapancuk Mevkii	N	N	N	1,55	7,37	252,5	8,9	126	98,1	0,03	0,090
KR10	Aşağı Uluköy Mah.	N	N	N	0,6	7,87	419,5	16,02	131,5	99,5	0,02	0,064
Min.					0,01	6,8	132,1	8,9	53,5	11,8	0,01	0,011
Mak.					54,7	9,2	1334,5	64,08	757,1	950	0,14	0,762
Ort.					1,11	7,6	514,91	23,43	113,3	102,96	0,031	0,063

KL: Kelkit; Ş: Şiran; KS: Köse; G: Merkez; T: Torul; KR: Kürtün; N: Normal; ND: Normal Değil; Min: Minimum; Mak: Maksimum; Ort: Ortalama; R: Renk; K: Koku; TA: Tat; B: Bulanıklık (NTU); Eİ: Elektriksel İletkenlik (µS/cm); S: Sertlik (F°S); DE: Demir (µg/l); AL: Alüminyum (µg/l); Nİ: Nitrit (mg/l); AMN: Amonyum(mg/l)

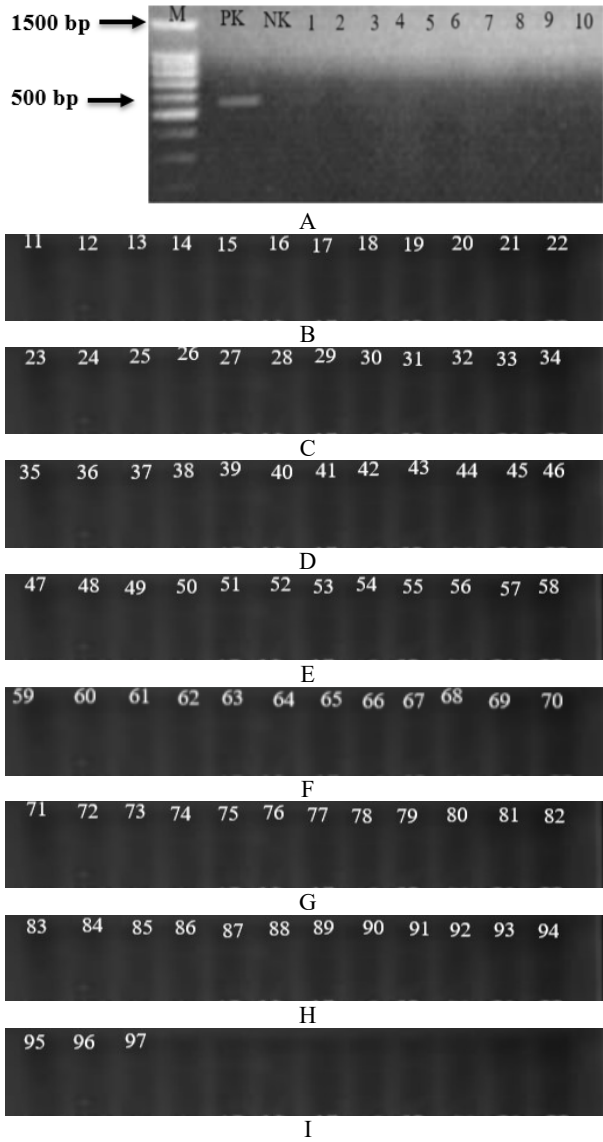
Çizelge 4. Su numunelerinin mikrobiyolojik analiz sonuçları

Table 4. Microbiological analysis results of water samples

Numune Alım Yerleri	Numune Sayısı	E. coli (0/100ml)				Koliform Bakteri (0/100 ml)				C. parvum (PCR)
		Üredi	%	Üremedi	%	Üredi	%	Üremedi	%	
Kelkit	21	10	47,62	11	52,38	10	47,62	11	52,38	Negatif
Şiran	20	9	45	11	55	9	45	11	55	Negatif
Köse	15	7	46,67	8	53,33	7	46,67	8	53,33	Negatif
Merkez	23	5	21,74	18	78,26	5	21,74	18	78,26	Negatif
Torul	8	4	50	4	50	4	50	4	50	Negatif
Kürtün	10	3	30	7	70	3	30	7	70	Negatif
Toplam	97	38	39,18	59	60,82	38	39,18	59	60,82	

E.coli ve Koliform üremesi belirlenen numuneler: [Kelkit: KL3, KL5, KL7, KL9, KL11, KL12, KL15, KL16, KL19, KL21, Şiran: Ş4, Ş5, Ş6, Ş9, Ş10, Ş11, Ş12, Ş14, Ş18, Köse: KS2, KS4, KS11, KS12, KS13, KS14, KS15, Merkez: G6, G11, G12, G13, G23, Torul: T1, T2, T6, T8, Kürtün: KR1, KR2, KR3].





Şekil 2. PCR tekniği jel görüntüleri  
Figure 2. PCR technique gel images

Numunelerin bulanıklık değerlerinin 0,01-54,7 NTU arasında (ortalama 1,11 NTU) değiştiği belirlenmiştir. Numunelerin 16 tanesinin (%16,49) bulanıklık değerlerinin yönetmelikte (Resmi Gazete, 28580, 2013) belirtilen değerinin üzerinde olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3). Sularda bulanıklığın oluşmasına çözünmeyen maddeler (örn., Fe, Mn), mikroorganizmalar, organik maddeler ve çeşitli partiküllerin (örn., kil, silt) yoğunluğunun artması neden olmaktadır (Atıcı ve ark., 2016). Koçak & Güner (2009), Erzurum il merkezindeki içme sularının bulanıklık değerlerini 0,01-4,21 NTU arasında tespit etmişlerdir.

Suların pH'sı, içeriğindeki alkali tuzlar ve kalsiyum bikarbonat oranı yüksekse alkali, karbondioksit oranı yüksekse asidik olur (Çankaya ve ark., 2017). TS 266'ya göre suların pH değerinin  $6,5 \leq \text{pH} \leq 9,5$  aralığında olması gerektiği bildirilmiştir. Çalışmada su numunelerinin pH değerlerinin 6,82-9,23 (ortalama 7,64) arasında olduğu saptanmıştır (Çizelge 3). Bulgular TS 266'da belirtilen değerlerle uyumludur. Çalışmadaki pH bulguları, Ağaoğlu ve ark. (1999)'nın Van bölgesi kaynak sularında ve Alemdar ve ark. (2009)'nın Bitlis ili içme sularında tespit ettikleri ortalama pH değerleriyle (sırasıyla 7,45 ve 7,41) benzerlik göstermektedir.

Sularda elektriksel iletkenlik, elektrolit miktarının (toplam anyon veya kation) bir ölçütüdür (Çetin ve ark., 2016). TS 266'da, suların elektriksel iletkenlik değeri üst sınırı 20 °C'de 2500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  olarak bildirilmiştir. Çalışmada elektriksel iletkenlik değerleri 132,1-1334,5  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (ortalama 514,9  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) arasında saptanmıştır (Çizelge 3). Çalışmadaki elektriksel iletkenlik değerleri TS 266'da belirtilen sınır değerinin altında bulunmuş ve standartlara uygunluk göstermiştir. Bulgular, Gökçen & Atasever (2019)'in Erzurum halk çeşmelerinde elde ettikleri değerlerle (ortalama 504,2  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) uyumludur. Dönderici ve ark. (2010), Akdeniz ve İç Anadolu bölgelerindeki kaynak sularının elektriksel iletkenlik değerlerinin 25,9-195,5  $\mu\text{S}/\text{cm}$  arasında olduğunu bildirmişlerdir.

Suların sertliği, içerdikleri magnezyum ve kalsiyum iyonlarından meydana gelmekte ve Türkiye'de Fransız sertlik derecesi (F°S) ile ölçülmektedir. Sertlik derecesi yüksek sular kalp-damar ve böbrek hastalıkları yönünden risk oluşturmaktadır (Koçak ve ark., 2011; Atıcı ve ark., 2016). 1 F°S 10 mg/l  $\text{CaCO}_3$  eş değerdir (Oruç, 1972). Çalışmada suların sertlik değerleri 8,9-64,8 F°S (ortalama 23,43 F°S) arasında saptanmıştır (Çizelge 3). Çalışmada, Fransız sertlik derecesine göre numunelerin 12 tanesi (%12,37) sert sular (32,6-54 F°S), 2 tanesi (%2,06) ise çok sert sular ( $> 54$  F°S) sınıfında yer almaktadır. DSÖ suların sertliğinde üst limit değerini 500 mg/l  $\text{CaCO}_3$  olarak belirlemiştir (WHO, 1996). Çalışmada 4 (%4,12) numunenin (KL6, KL7, KL19, Ş12) sertlik değerleri DSÖ'nün belirlediği sınır değerinin üzerinde olduğu saptanmıştır (Çizelge 3). Bu durumun numunelerin toplandığı bölgenin jeolojik özelliklerinden (örn., toprak ve kayacın yapısı) kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Nitrit seviyesi, suyun kalitesinin tespitinde önemli bir indikatördür. Nitritin, oksijen kapasitesini azaltan methemoglobin oluşturması ve aminlerle birleşip kanserojenik, mutajenik ve teratojenik etkili nitrozaminleri oluşturması sağlık açısından tehlike oluşturmaktadır (Mitch ve ark., 2003; Sato ve ark., 2018). DSÖ sularda, akut hastalık belirtileri oluşturan, nitrit sınır değerini 3 mg/l olarak belirlemiştir (WHO, 2017). TS 266'da sulardaki nitrit için sınır değer 0,50 mg/l olarak bildirilmiştir. Çalışmada nitrit değerleri 0,01-0,14 mg/l (ortalama 0,031 mg/l) arasında belirlenmiş ve TS 266'ya uygun bulunmuştur. Su numunelerinde düşük düzeylerde tespit edilen nitrit varlığının kaynağı hayvansal atıklar veya tarımsal gübreler olabilir.

Sulardaki amonyum, oksidasyon reaksiyonları ile ilk aşamada nitrite, daha sonra da nitrate dönüşebilmesi nedeniyle varlığı halk sağlığı açısından önem arz etmektedir (Çankaya ve ark., 2017). TS 266'da içme sularında amonyum miktarının 0,50 mg/l değerinin altında olması gerektiği bildirilmiştir. Çalışmada numunelerin amonyum değerleri 0,011-0,762 mg/l (ortalama 0,063 mg/l) aralığında tespit edilmiştir (Çizelge 3). Çalışmadaki amonyum değerleri TS 266'ya uygunluk göstermektedir.

Sularda demir seviyesinin yüksekliği borularda demir birikimine ve mikroorganizma sayısının yükselmesine neden olmaktadır. Vücuda alınan demirin fazlalığında karaciğer hasarı oluşmaktadır (Atıcı ve ark., 2016). Ayrıca vücuda demir alımının fazlalığı genetik bozukluklara da neden olabilmektedir (Gökçen & Atasever, 2019). Çalışmada numunelerin demir konsantrasyonu 53,5-757,1  $\mu\text{g}/\text{l}$  (ortalama 113,3  $\mu\text{g}/\text{l}$ ) aralığında belirlenmiştir

(Çizelge 3). TS 266'da içme sularındaki demir konsantrasyonu üst sınırı 200 µg/l olarak bildirilmiştir. Çalışmada 2 (%2,06) numunenin (KL10 ve Ş19) demir değerleri TS 266'da belirtilen sınır değer üzerinde olduğu belirlenmiştir. Bu numunelerdeki demir konsantrasyonunun fazlalığının, boru malzemelerinin ve kaplamalarının korozyonundan, madenlerden, endüstriyel atıklardan ve tarımsal ilaçlamadan kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Alüminyum yeryüzünde en fazla bulunan metallere biridir ve içme sularında yüksek miktarda bulunabilmektedir. Alüminyuma yüksek düzeyde maruz kalındığında, özellikle sinir sistemi üzerine nörotoksik etkiler (örn., davranış bozukluğu, hafıza kaybı) oluşturmada ve Alzheimer hastalığının gelişmesine neden olmaktadır (Poyraz, 2014; Wang ve ark., 2016). Çalışmada su numunelerinin alüminyum konsantrasyonu 11,8-950 µg/l (ortalama 102,96 µg/l) aralığında belirlenmiştir (Çizelge 3). TS 266'da, içme sularındaki alüminyum konsantrasyonu üst sınırı 200 µg/l olarak bildirilmiştir. Çalışmada 3 (%3,09) numunenin (Ş9, KS3 ve KS10) alüminyum değerlerinin TS 266'da belirtilen sınır değer üzerinde olduğu belirlenmiştir. Sularda alüminyum miktarının fazlalığı toprak yapısından, endüstriyel kirlenmeden ve asit yağmurlarından kaynaklanabilir.

Suların kalitesinin belirlenmesinde rutin olarak bakteriyolojik kontrolün yapılması oldukça önemlidir. Bu kontrollerde önemli salgınlara yol açan patojenlerin hepsini incelemek uygulamada pratik olmadığından, fekal kontaminasyonun indikatörü olarak koliform grubu, *E.coli*, enterokoklar ve sülfid indirgeyen anaeroblar incelenmektedir (Alişarlı ve ark., 2007). Çalışmada koliform grubu bakteri ve *E. coli* sayıları Kelkit, Şiran, Köse, Merkez, Torul ve Kürtün numunelerinde sırasıyla 10 (%47,62), 9 (%45), 7 (%46,67), 5 (%21,74), 4 (%50) ve 3 (%30) tanesinde olmak üzere toplam 38 (%39,18) numunede yönetmelikte (Resmi Gazete, 28580, 2013) ve TS 266'da belirtilen sınır değer (0/100 ml) üzerinde saptanmıştır (Çizelge 4). Bu durum, halk çeşmelerinin musluk ve borularının eskimiş olmasından, doğal kaynaklarına veya kanal sistemlerine hayvansal, evsel ve endüstriyel atıkların kontaminasyonundan kaynaklanabilir. Nitekim koliform grubu bakteri ve *E. coli* açısından standartlara uygun bulunmayan numunelerin %68,42'sini hayvancılığın daha yoğun yapıldığı Kelkit, Köse ve Şiran ilçelerinden alınan numuneler oluşturmaktadır. Bu veri hayvansal dışkı kaynaklı bir kontaminasyonu destekler niteliktedir.

*Cryptosporidium spp.*, potansiyel olarak yaşamı tehdit eden su kaynaklı hastalıkların önde gelen protozoer etkenlerinden biridir (Nime ve ark., 1976). Tek hücreli bir parazit olan *Cryptosporidium*, standart içme suyu dezenfeksiyonuna karşı dirençli olması ve gastrointestinal sistem bozuklukları oluşturması nedeniyle su kaynaklı başlıca halk sağlığı problemidir. Bulaşma, çevrenin, su kaynaklarının veya su kanallarının dışkıyla kirlenmesi ve ookistlerin insanlar tarafından yutulması yoluyla gerçekleşir (Betancourt & Rose, 2004). İlk olarak Tarihte kaydedilen en büyük su kaynaklı *Cryptosporidiosis* salgını 1993 yılında ABD'nin Milwaukee eyaletinde gerçekleşmiş ve 403.000 kişinin etkilendiği salgında 50'den fazla kişi ölmüştür (Siwak ve ark., 2023).

Çalışmada konvansiyonel PCR yöntemiyle incelenen 97 su numunesinin hiçbirinde *Cryptosporidium spp.* varlığına rastlanmamıştır (Şekil 2; Çizelge 4). Fakat, Yıldırım Doğan ve ark. (2019), Erzincan ili içme sularındaki *Cryptosporidium spp.* varlığını PCR ve LAMP teknikleriyle incelemişler ve pozitiflik oranlarını sırasıyla %4,3 ve %6,4 olarak bildirmişlerdir. Özçelik ve ark. (2015), Sivas ilinde içme ve kullanma sularındaki *Cryptosporidium spp.* varlığını PCR yöntemiyle araştırmışlar ve 2 örnekte (%2,2) pozitiflik belirlenmişlerdir. Çiçek ve ark. (2011), Van ili içme sularında modifiye asit-fast yöntemiyle numunelerin %1,13'ünde *Cryptosporidium spp.* ookistleri tespit etmişlerdir. Çuhadar ve ark. (2023), Mardin'deki su kaynaklarında kinyoun asit-fast boyama yöntemiyle ile %8,92 oranında *Cryptosporidium spp.* varlığı belirlenmişlerdir. Akkaş ve ark. (2023), Iğdır ilinde 69 kaynak suyu numunesinin nativ-lugol, modifiye asit fast boyama ve nested polimeraz zincir reaksiyon (nPCR) yöntemleri ile analizinde 1 numunede (%1,4) *Cryptosporidium spp.* 'nin pozitif olduğunu tespit etmişlerdir.

Almeida ve ark. (2010), Portekiz'de 167 içme suyu numunesinde PCR yöntemiyle *Cryptosporidium spp.* ve *Giardia spp.* varlığını sırasıyla %10,2 ve %8,4 olarak belirlenmişlerdir. Feng ve ark. (2011), Çin'in Şanghay kentinde 50 kaynak suyunun %32'sinde, 30 musluk suyunun ise 2'sinde *Cryptosporidium spp.* 'nin pozitif olduğunu bildirmişlerdir. Berrouh ve ark. (2023), Fas'ın Marakeş bölgesinde 2016-2020 yıllarında 104 içme suyu numunesinde PCR yöntemiyle *Giardia duodenalis* ve *Toxoplasma gondii* varlığının %67,3 oranında tespit edildiğini, *Cryptosporidium spp.* 'nin ise negatif olduğunu bildirmişlerdir.

## Sonuç ve Öneriler

Gümüşhane ilinde incelenen halk çeşmesi sularının içme suyu olarak organoleptik, fiziksel ve kimyasal kalitesi genellikle yönetmelik ve TS 266'da belirtilen standartlara uygun bulunmuştur. Bununla birlikte, 1 numunenin (G7) organoleptik özelliklerinin içme suyu standardına uygun olmadığı belirlenmiştir. Su numunelerinin 16 tanesinin (%16,49) bulanıklık değerlerinin yönetmelikte belirtilen sınır değer üzerinde olduğu belirlenmiştir. Numunelerin 4'ünün (%4,12) sertlik değerlerinin DSÖ'nün belirlediği sınır değer üzerinde olduğu saptanmıştır. Numunelerin pH, elektriksel iletkenlik, nitrit ve amonyum değerleri ilgili yönetmelik ve TS 266'ya uygun bulunmuştur. Ağır metal açısından, 2 (%2,06) numunenin (KL10 ve Ş19) demir, 3 (%3,09) numunenin (Ş9, KS3 ve KS10) ise alüminyum miktarları TS 266'da belirtilen sınır değerlerin üzerinde bulunmuş ve içme suyu olarak tüketime uygun olmadığı saptanmıştır. Mikrobiyolojik olarak, halk çeşmesi sularının %39,18'inin *E.coli* ve koliform grubu bakteri yönünden TS 266'ya uygun olmadığı belirlenmiştir. *E.coli* ve koliform grubu bakteri yönünden standartlara uygun bulunmayan numunelerin %68,42'sini hayvancılığın daha yoğun yapıldığı Kelkit, Köse ve Şiran ilçelerinden alınan numunelerin oluşturduğu görülmüştür. Bu sonuç su kaynaklarına hayvansal dışkı kaynaklı bir kontaminasyon olasılığını destekler niteliktedir. Su numunelerinin hiçbirinde *Cryptosporidium spp.* saptanmamıştır.

*Cryptosporidium* spp.'nin tespitinde PCR yöntemi, geleneksel yöntemlere (örn., mikroskopik teşhis, ELISA) kıyasla hızı ve yüksek hassasiyeti nedeniyle başarılı bulunmuştur.

Gümüşhane ilinde, halk çeşmelerinin içme suyu tedarik sistemlerinin gelişmesiyle önemleri kısmi olarak azalsa da özellikle kırsal bölgelerde yerleşimlerin kaynak sularıyla beslenen bu çeşmelerin etrafında yoğunlaştığı ve günümüzde hala önemlerini koruduğu görülmüştür. Fakat, çalışmamızda bazı çeşme sularının fiziksel, kimyasal (özellikle alüminyum ve demir) ve mikrobiyolojik açıdan içme suyu olarak kullanıma uygun olmadığı görülmüştür. Bu duruma çeşmelerin musluk ve borularının eskimiş olması veya doğal kaynaklarının kontamine olması sebep olabilir. İçme suyu standartlarına uygun olmadığı belirlenen çeşmelerin sularının tüketilmesi halk sağlığı açısından ciddi sağlık problemleri oluşturabilir. Bu çeşmelerin ilgili kurumlarca denetiminin yapılması, sularının düzenli aralıklarla analiz edilmesi, doğal kaynaklarına veya kanal sistemlerine tarımsal, evsel ve endüstriyel atıkların bulaşının önlenmesi gerekmektedir. Ayrıca, özellikle il ve ilçe merkezlerinde kaliteli kaynak suyu tedarik edilemeyen çeşmelere şebeke sisteminden su verilmesi uygun olabilir.

## Bilgi

### Çıkar Çatışması

Yazarlar arasında çıkar çatışması bulunmamaktadır

## Kaynaklar

- Ağaoğlu, S., Ekici, K., Alemdar, S., & Dede, S. (1999). Van ve yöresi kaynak sularının mikrobiyolojik, fiziksel ve kimyasal kaliteleri üzerine araştırmalar. *Van Tıp Dergisi*, 6(2), 30–33.
- Akkaş, Ö., Gürbüz, E., Aydemir, S., Şahin, M., & Ekici, A. (2023). Investigation of *Giardia* spp., *Cryptosporidium* spp. and *Cyclospora cayatanensis* in Samples Collected from Different Spring Waters Igdir, Türkiye. *Türkiye Parazitoloji Dergisi*, 47(2), 71–7.
- Alemdar, S., Ağaoğlu, S., Alişarlı, M., & Dede, S. (2007). Van bölgesi su kaynaklarında ağır metal kirlilik düzeyleri. *Eurasian Journal of Veterinary Sciences*, 23(1), 19–29.
- Alemdar, S., Kahraman, T., Ağaoğlu, S., & Alişarlı, M. (2009). Bitlis ili içme sularının bazı mikrobiyolojik ve fizikokimyasal özellikleri. *Ekoloji*, 19(73), 29–38.
- Alişarlı, M., Ağaoğlu, S., & Alemdar, S. (2007). Van bölgesi içme ve kullanma sularının mikrobiyolojik kalitesinin halk sağlığı yönünden incelenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 18(1), 67–77.
- Almeida, A., Moreira, M. J., Soares, S., Delgado, M. L., Figueiredo, J., Silva, E., Castro, A., & Cosa, J. M. C. D. (2010). Presence of *Cryptosporidium* spp. and *Giardia duodenalis* in drinking water samples in the north of Portugal. *The Korean Journal of Parasitology*, 48(1), 43–48.
- Angelakis, A. N., Capodaglio, A. G., Passchier, C. W., Valipour, M., Krasilnikoff, J., Tzanakakis, V. A., Sürmelihindi, G., Baba, A., Kumar, R., Haut, B., Roubelakis, M. G., Min, Z., & Dercas, N. (2023). Sustainability of Water, Sanitation, and Hygiene: From Prehistoric Times to the Present Times and the Future. *Water*, 15(8), 1614. <https://doi.org/10.3390/w15081614>.
- Aslan, G., Bayram, G., Otağ, F., Direkel, Ş., Özkan, A. T., Çeber, K., & Emekdaş, G. (2012). Mersin ilinde farklı su kaynaklarında *Cryptosporidium* spp. varlığının araştırılması. *Mikrobiyoloji Bülteni*, 46(1), 93–100.
- Atıcı, A., Gültekin, A., Şen, F., & Elp, M. (2016). Erciş (Van) İlçesi içme sularının su kalitesi özellikleri. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 26(4), 517–528.
- Berrouch, S., Escotte-Binet, S., Biary, A., Nast, E., Laaouidi, Y., Aubert, D., Maarouf, A., Harrak, R., Villena, I., & Hafid, J. (2023). Investigation of the presence of *Toxoplasma gondii*, *Giardia duodenalis* and *Cryptosporidium* spp. in drinking waters in the region of Marrakech, Morocco. *Journal of Food Protection*, 100112. <https://doi.org/10.1016/j.jfp.2023.100112>
- Betancourt, W. Q., & Rose, J. B. (2004). Drinking water treatment processes for removal of *Cryptosporidium* and *Giardia*. *Veterinary Parasitology*, 126(1-2), 219–234.
- Can, M., Etemoğlu, A. B., & Avcı, A. (2002). Deniz suyundan tatlı su eldesinin teknik ve ekonomik analizi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 7 (1), 147–160.
- Çankaya, S., Topbaş, M., Yavuzılmaz, A., Yeşilbaş-Üçüncü, Ş., Karakullukçu, Ç., Kolaylı, C. C., Dilaver, İ., Acar, G., Parlak, B., Şahin, K., Hamzaoglu, K., Bölükbaş, C., Çan, G., & Beyhun, N. E. (2017). Trabzon ilinde halk çeşmelerinin fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik yönden değerlendirilmesi. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 74(EK-1), 21–28.
- Çetin, B., Aloğlu, H. Ş., Uran, H., & Karabulut, Ş. Y. (2016). Gıda işletmelerinde kullanılan suların gıda güvenliği yönünden incelenmesi. *Akademik Gıda*, 14(4), 375–381.
- Çiçek, M., Körkoca, H., & Akkaş, Ö. (2011). Van ili içme sularının *Cryptosporidium* spp. oookistleri yönünden incelenmesi. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 68(3), 122–126.
- Çuhadar, V., Şengül, M., & Mete, E. (2023). Mardin'deki Su Kaynaklarında *Cryptosporidium parvum*'un Araştırılması. *Türk Mikrobiyoloji Cemiyeti Dergisi*, 53(3), 156–162.
- Dönderici, Z. S., Dönderici, A., & Başarı, F. (2010). Kaynak sularının fiziksel ve kimyasal kaliteleri üzerine bir araştırma. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 67(4), 167–172.
- Feng, Y., Zhao, X., Chen, J., Jin, W., Zhou, X., Li, N., Wang, L., & Xiao, L. (2011). Occurrence, source, and human infection potential of *Cryptosporidium* and *Giardia* spp. in source and tap water in Shanghai, China. *Applied and Environmental Microbiology*, 77(11), 3609–3616.
- Ghareeb, O. A., & Ali, Q. A. (2023). Waterborne Zoonotic Bacterial Pathogens. *Texas Journal of Medical Science*, 21, 63–69.
- Gökçen, H., & Atasever, M. (2019). Erzurum bölgesindeki içme sularının kalitesinin belirlenmesi. *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi*, 14(2), 159–169.
- Hascena, M., Malik, M. F., Javed, A., Arshad, S., Asif, N., Zulfiqar, S., & Hanif, J. (2017). Water pollution and human health. *Environmental Risk Assessment and Remediation*, 1(3), 16–19.
- Kaprol, T. (2015). Ayvalık Yerleşiminde XIX. YY Sokak Çeşmeleri. *Trakya Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 15(1), 1–6.
- Koçak, N., Güleç, M., & Tekbaş, Ö. F. (2011). Suyun sertlik derecesi ve sağlık etkileri. *TAF Preventive Medicine Bulletin*, 10(2), 187–192.
- Leclerc, H., Schwartzbrod, L., & Dei-Cas, E. (2002). Microbial agents associated with waterborne diseases. *Critical Reviews in Microbiology*, 28(4), 371–409.
- Lee, R. J., & Cole, S. R. (1994). Internal quality control samples for water bacteriology. *Journal of Applied Bacteriology*, 76(3), 270–274.
- Lv, S., Tian, L. G., Liu, Q., Qian, M. B., Fu, Q., Steinmann, P., Chen, J.-X., Yang, G.-J., Yang, K., & Zhou, X.-N. (2013). Water-related parasitic diseases in China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 10(5), 1977–2016.



- Matta, G., & Kumar, A. (2017). Health risk, water hygiene, science and communication. *ESSENCE-International Journal for Environmental Rehabilitation and Conservation*, 8(1), 179–186.
- Mitch, W. A., Sharp, J. O., Trussell, R. R., Valentine, R. L., Alvarez-Cohen, L., & Sedlak, D. L. (2003). N-nitrosodimethylamine (NDMA) as a drinking water contaminant: a review. *Environmental engineering science*, 20(5), 389–404.
- Nguyen, Y., & Sperandio, V. (2012). Enterohemorrhagic *E. coli* (EHEC) pathogenesis. *Frontiers in cellular and infection microbiology*, 2, 90.
- Nime, F. A., Burek, J. D., Page, D. L., Holscher, M. A. & Yardley, J. H. (1976). Acute enterocolitis in a human being infected with the protozoan *Cryptosporidium*. *Gastroenterology*, 70(4), 592–598
- Oruç, N. (1972). Suda sertliğinin önemi, giderilmesi ve tayini. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 3(2), 187–193.
- Özçelik, S., Malatyali, E., Alim, A., & Değerli, S. (2015). The investigation of *Cryptosporidium* spp. in water samples by PCR. *Cumhuriyet Medical Journal*, 37(3), 182–187.
- Poyraz, B. (2014). Farklı lokasyonlardan alınan içme sularında ağır metal analizi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 2(1), 16–27.
- Qu, L., Huang, H., Xia, F., Liu, Y., Dahlgren, R. A., Zhang, M., & Mei, K. (2018). Risk analysis of heavy metal concentration in surface waters across the rural-urban interface of the Wen-Rui Tang River, China. *Environmental pollution*, 237, 639–649.
- Resmi Gazete. (2013, 7 Mart). İnsani tüketim amaçlı sular hakkındaki yönetmelikte değişiklik yapılmasına dair yönetmelik. Sayı: 28580. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/03/20130307-7.htm>
- Robinson, G., Elwin, K., Jones, M., & Chalmers, R. M. (2023). A comparison of qPCR and microscopy for the detection and enumeration of *Cryptosporidium* oocysts from drinking water. *Journal of Medical Microbiology*. 72(6), 001715. <https://doi.org/10.1099/jmm.0.001715>
- Schwarzenbach, R. P., Egli, T., Hofstetter, T. B., Von Gunten, U., & Wehrli, B. (2010). Global water pollution and human health. *Annual Review of Environment and Resources*, 35, 109–136.
- Sato, Y., Ishihara, M., Fukuda, K., Nakamura, S., Murakami, K., Fujita, M., & Yokoe, H. (2018). Behavior of nitrate-nitrogen and nitrite-nitrogen in drinking water. *Biocontrol science*, 23(3), 139–143.
- Siwak, A. M., Baker, P. G., & Dube, A. (2023). Biosensors as early warning detection systems for waterborne *Cryptosporidium*. *Water Science & Technology*, 88(3), 615–630.
- Suraifi, L. A. J., Hamami, A. S. S. A., & Salem, S. A. (2023). Water pollution and human health: A review. *Journal of Genetic and Environmental Resources Conservation*, 11(2), 75–78.
- Tekinşen, O. C. (1976). *Suyun bakteriyolojik muayenesi*. Ankara Üniversitesi Basımevi.
- TSE, 2005. TS 266, Türk İçme Suyu Standartları. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Wang, Z., Wei, X., Yang, J., Suo, J., Chen, J., Liu, X., & Zhao, X. (2016). Chronic exposure to aluminum and risk of Alzheimer's disease: A meta-analysis. *Neuroscience letters*, 610, 200–206.
- WHO, (1996). *Guidelines for Drinking Water-Second Edition-Volume 2 Health Criteria and Other Supporting information*. World Health Organization, Geneva.
- WHO, (2017). *Guidelines for drinking-water quality, 4th edition, incorporating the 1st addendum*. World Health Organization, Geneva. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241549950>
- Yelekçi, S., Acemioğlu, B., & Avcı, H. (2012). Kilis il merkezi içme sularının kullanılabilirliğinin araştırılması. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*, 5(2), 77–81.
- Yıldırım Doğan, N., Yalçın, S., & Mor, N. (2019). Erzincan İli Farklı Su Kaynaklarından *Cryptosporidium* spp.'nin Moleküler Yöntemlerle Tespit Edilmesi. *Erzincan University Journal of Science and Technology*, 12(1), 1–13.
- Zhang, C. Y., & Oki, T. (2023). Water pricing reform for sustainable water resources management in China's agricultural sector. *Agricultural Water Management*, 275, 108045. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2022.108045>