

Ardahan ili şebeke sularının bazı fiziksel kimyasal ve mikrobiyal parametrelerinin mevsimsel olarak incelenmesi

Seasonal examination of certain physical, chemical, and microbial parameters of Ardahan city tap waters

Nesrin DURSUN*^{1,2,a}

¹Ardahan Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 75002, Ardahan

²Ardahan Üniversitesi, Merkezi Araştırma Laboratuvarı Uygulama ve Araştırma Merkezi, 75002, Ardahan

• Geliş tarihi / Received: 23.11.2021

• Düzeltilecek geliş tarihi / Received in revised form: 17.06.2022

• Kabul tarihi / Accepted: 26.06.2022

Öz

Dünya nüfusunda hızlı artış ve kentsel alanlara göç, tüketicilere sürdürülebilir temiz içme ve kullanma suyu temini için merkezi su sistemlerine duyulan ihtiyacın nedeni olmuştur. Şebeke sularının kabul edilebilir (Sağlık Bakanlığı ve Dünya Sağlık Örgütü) içme suyu seviyelerinin dışında olması, genellikle dağıtım sistemlerinin eski ve bakımsız olmasıyla ilişkili olup, tüketicilerde önemli sağlık risklerine neden olabilir. Bu çalışmada, şebeke sularının bazı fiziksel, kimyasal ve mikrobiyal parametreleri incelenmiştir. Ardahan ilinde 14 lokasyonda mevsimsel olarak alınan örnekler, Türkiye Cumhuriyeti Sağlık Bakanlığı (SB) ve Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) kriterlerine göre değerlendirilmiştir. Ayrıca, saptanmış değerlerin halk sağlığı açısından potansiyel risk oluşturup oluşturmadığının belirlenmesi amaçlanmıştır. Örneklerde fiziksel (sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik, bulanıklık), kimyasal (F^- , Cl^- , NO_3^- , NO_2^- , SO_4^{2-} , Na^+ , K^+ , Mg^{+2} , Ca^{+2}) ve mikrobiyal (koliform bakteri) parametreler incelenmiştir. Şebeke suyu örneklerinin fiziksel ve kimyasal analiz sonuçlarının, SB ve DSÖ kriterlerine uygun olduğu saptanmıştır. Mikrobiyal (koliform bakteri) analiz sonucunda, kış mevsiminde örnekleme noktalarının tamamında, ilkbahar mevsiminde de neredeyse tüm örnekleme noktalarında koliform bakteri saptanmamış ve bu sonuçların SB kriterlerine uygun olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, yaz ve sonbahar mevsimlerinde bazı örnekleme noktalarında koliform bakteri tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Ardahan, Halk sağlığı, Su parametresi, Şebeke suyu

Abstract

The rapid increase in world population and migration to urban areas has created the need for central water systems to deliver sustainable supply of clean drinking and utility water to consumers. The failure of tap water suppliers to maintain acceptable (Ministry of Health and the World Health Organization) drinking water standards is often associated with old and neglected distribution systems, and this problem can cause significant health risks for consumers. The present study examines certain physical, chemical, and microbial parameters of tap water. Samples were seasonally taken at 14 locations in Ardahan province, were evaluated according to the criteria of the Republic of Turkey, Ministry of Health and the World Health Organization (WHO). In addition, we aimed to determine whether the detected values constitute a potential risk for public health. Physical (temperature, pH, electrical conductivity, turbidity), chemical (F^- , Cl^- , NO_3^- , NO_2^- , SO_4^{2-} , Na^+ , K^+ , Mg^{+2} , Ca^{+2}), and microbial (coliform bacteria) parameters were examined in the samples. The physical and chemical analysis of the tap water samples showed that the results comply with the criteria of the Ministry of Health and the WHO. Microbial analysis showed no contamination in all of the sampling points during the winter season and in almost all of the sampling points during the spring season; these results were in accordance with the Ministry of Health criteria. However, coliform bacteria were detected at certain sampling points in the summer and autumn seasons.

Keywords: Ardahan, Public health, Water parameter, Tap water

*a Nesrin DURSUN; nesrindursun@ardahan.edu.tr, Tel: (0478) 211 75 40, orcid.org/0000-0002-7463-1038

1. Giriş

1. Introduction

Su, yaşamın devamlılığı için gereklidir. İnsanlar, sağlıklı yaşam için içme suyunu güvenli, yeterli ve erişilebilir kaynaklardan temin etmelidir. İçme suları, su temin edilen kaynaklarda doğal, insan ve hayvan kaynaklı kirlenme; yeterli olmayan arıtma; bulunduğu bölgeden ihtiyaç olan bölgeye iletim sağlayan borular ve depoda kirlenme dolayısıyla bazı su kaynaklı hastalıkların nedeni olabilir. İçme suyu kalitesinin iyileştirilmesi için başta havza yönetimi ve su temin edilen kaynakların korunması olmak üzere; arıtma, kullanılacak bölgeye iletim sağlayan boru ve depo bakımlarının düzenli yapılması önem arz etmektedir.

İçme suyu kalitesi, sağlığı etkileyen önemli faktörlerden biridir. Birçok ülkede, düşük içme suyu kalitesi, su kaynaklı hastalıkların nedeni olmuştur (Li & Wu, 2019; Thomas vd., 2006). İçme suları kaynakta veya depolama sırasında kirlenebilir; bu nedenle her iki kirlenme durumuna karşı su kaynaklı hastalıkları azaltmaya yönelik stratejiler geliştirilmelidir (Mintz vd., 1995). İçme suyu kirletici kaynakları; (i) yer altı ve yüzey suyundaki kirleticiler, (ii) doğal kirleticiler, (iii) içme suyunun arıtılarak dağıtılması sırasında oluşan kirleticiler olarak kategorilere ayrılabilir. Yer altı ve yüzey suyundaki kirleticiler; topraktan sızan doğal kirleticiler, tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan akışlar, atıksu arıtma tesisleri, endüstriyel tesis atık sularının kontrolsüz deşarjı, düzenli depolama sahaları ve kimyasal kaza sızıntıları gibi nedenlerle oluşabilir (Herranz vd., 2018; Van Leeuwen, 2000; Kaale & Katima, 2013). Doğal olarak oluşan kirleticilerin çoğunluğunu, doğal mineral oluşumları ile elde edilen mangan ve arsenik gibi inorganik bileşikler oluşturmaktadır (Van Leeuwen, 2000; Gouille vd., 2009). İnsan aktivitesi ile genellikle organik bileşikler, pestisitler, dezenfektanlar ve dezenfektan yan ürünleri ortaya çıkmaktadır (Van Leeuwen, 2000). İçme suyu proses güvenilirliğinin kısa vadede iyileştirilmesinde, arıtma ve izlemeye odaklanılmalıdır. Bunun nedeni, birçok içme suyu arıtma tesisinin ham su kaynağını kolayca değiştirememesidir. Su güvenliğini veya kalitesini arttırmaya yönelik su havzası korunması, kuyu başı koruma programları gibi adımlar da hemen sonuç vermeyecek uzun vadeli önlemler kapsamındadır. Musluklardan akan su kalitesinde iyileştirmeler, dağıtım sistemlerine yapılan yatırımlarla sağlanıyor olsa da, bu durum yetersiz arıtmayı telafi edememektedir (Bhatt & Shilpa, 2015; Huck & Coffey, 2004).

İnsan sağlığı, hayvan sağlığı, çevre sağlığı ve iklim faktörleri su kaynaklı hastalık risklerini etkileyebilir (Rose vd., 2000). Su kaynaklarında, insan veya hayvan dışkısı teması ile mikrobiyal riskler ortaya çıkmaktadır. Dışkı; patojenik bakteri, protozoa, virüs ve helmint kaynağı olabilir. Dışkı kaynaklı patojenik bakteri, mikrobiyal güvenlik için temel endişe olup, mikrobiyal su kalitesini hızla değiştirebilir (WHO, 2008). Patojen konsantrasyonunda kısa vadeli artış olması, hastalık risklerini arttırabilir ve su kaynaklı salgın (diyare, sıtma, dizanteri, kolera) hastalıkları tetikleyebilir (Prüss-Ustün vd., 2014; Ashbolt, 2004; Sow vd., 2002; WHO, 2008). Güvenli içme suyu temininde, patojenlerin varlığını en aza indirmek için dezenfeksiyonun önemli olduğu belirtilmiştir (Schoenen, 2002). Dezenfeksiyon, içme suyu arıtımı aşamasında birçok patojene özellikle de bakterilere karşı etkili olup, yüzey suları ve dışkı kontaminasyonuna maruz kalan yeraltı sularında kullanımı tavsiye edilmiştir. Ayrıca dezenfeksiyon, kısmi koruma sağlamak amacıyla dağıtım sistemi içinde, düşük seviyeli kirlenme ve büyümelere karşı kullanılmaktadır. İçme sularında kimyasal bileşenlerin neden olduğu sağlık etkileri, mikrobiyal risklere göre farklılık göstermektedir. Bunun nedeni, mikrobiyal risklerin olumsuz sağlık etkileri kısa sürede ortaya çıkarken, kimyasal bileşenlerin oluşturduğu sağlık etkilerinin uzun süreli maruziyet sonrası ortaya çıkmasıdır (WHO, 2008). İçme sularında doğal olarak ortaya çıkabilen florür, 1.0-3.0 mg/L konsantrasyonda, diş florozisine (dişlerde renk değişikliği, beneklenme ve çukurlaşma) neden olmaktadır (Meenakshi & Maheshwari, 2006). Florür gibi doğal ortaya çıkabilen arsenik, uzun süreli maruz kalındığında kanser ve cilt lezyonu riski ile sonuçlanabilir (Smith vd., 1992; Ghosh vd., 2007). Agresif veya asitli suların bulunduğu bölgelerde, su temininde kurşun boru ve bağlantı parçaları kullanılıyorsa, içme sularında kurşun yüksek seviyelerde bulunabilir, dolayısıyla nörolojik etkiler oluşabilir (WHO, 2008). Suda yüksek seviyelerde nitrat olması, özellikle bebeklerde methemoglobinemi (mavi bebek sendromu) ile ilişkilendirilmiştir (Majumdar, 2003). İçme suyu kalitesini etkileyen şiddetli yağış olayları, su kaynaklı hastalıkların nedeni olabilir. Yağış, çeşidi ve şiddetine bağlı olarak; askıda katı maddelerin yeryüzüne ulaşmasını ve kimyasal (doğal ve antropojenik) maddelerin akış ya da sızma ile yüzey ve yeraltı sularına ulaşmasını tetikleyebilir (Delpla vd., 2009; Pardue vd., 2005; Auld vd., 2004).

Bu çalışma ile, Ardahan merkez ve merkeze bağlı bazı köylerin içme suyu dağıtım şebeke sularının;

bazı fiziksel, kimyasal ve mikrobiyal parametreler açısından kalitesinin mevsimsel olarak incelenmesi, sonuçların SB ve DSÖ kriterlerine halk sağlığı açısından uygunluğunun belirlenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca, Ardahan ili içme sularının incelenmesine dair çalışma yapılmamış olmasına dayanarak, bu yapılmış mevsimsel çalışma sonuçlarının gelecekte yapılacak araştırmalara temel oluşturacağı düşünülmektedir.

2. Materyal ve metod

2. Material and method

2.1. Araştırma bölgesi ve örnekleme noktaları

2.1. Research area and sampling points

Ardahan ili, Türkiye'nin kuzeydoğusunda Doğu Anadolu Bölgesi'nde bulunmakta olup, kısmi olarak Doğu Karadeniz iklim özelliği göstermektedir. Güneyinde Kars, güneybatısında Erzurum, batısında Artvin ve kuzeydoğusunda Gürcistan ile sınırı bulunmaktadır.

Ardahan'ın 1958-2019 yılları istatistik verilerine göre yıllık ortalama sıcaklığı 3.6 °C, yıllık ortalama en yüksek ve en düşük sıcaklığı sırasıyla 10.8 °C ve -2.5 °C'dir. Ortalama en yüksek sıcaklık 24.5 °C ile Ağustos ayı, ortalama en düşük sıcaklık ise -16.8 °C ile Ocak ayı olarak rapor edilmiştir (TOBMGM, 2020).

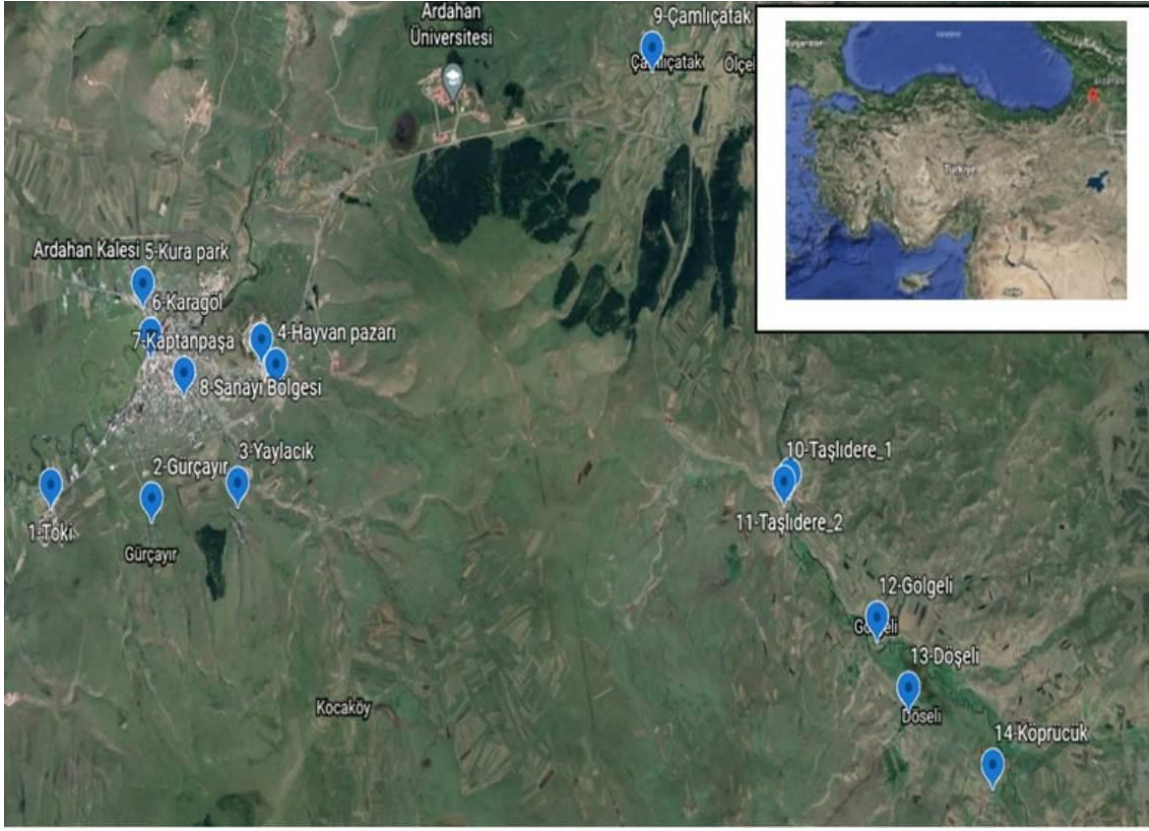
İçme suyunu Ardahan Belediyesi; Büyükdere kaynağı (80 lt/sn), Su Atan kaynağı (40 lt/sn) ve Çataldere kaynağı (15 lt/sn) olmak üzere 3 su kaynağından temin etmektedir. Ağır sanayi olmadığı için sanayi suyu kullanım durumu bulunmamaktadır. Küçük Sanayi Sitesi de dahil şebeke suyu kullanılmaktadır (Ardahan Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, 2020). Dört mevsim boyunca aktif kullanılan kaynakların suyu, depolarda toplanmakta ve karışmakta olup, klorlama işlemi yapılması sonrası havuzlarda dinlendirilerek şehir şebekesine verilmektedir. İçme suyu şebeke hatlarında, genel olarak 50-150 mm çaplı ve PVC cinsi borular kullanılmıştır.

Araştırmada, Ardahan ilinde 14 örnekleme noktası belirlenmiştir. İlk sekiz örnekleme noktasının şebeke suyu, bu su kaynaklarından temin edilmektedir. Diğer örnekleme noktalarının şebeke suyu ise, her bir örnekleme noktası bünyesinde mevcut olan sondaj kuyusundan gelmektedir. 2019 ilkbahar, yaz, sonbahar ve 2020 kış mevsiminde su örnekleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Örnekleme noktaları Mayıs, Ağustos, Kasım ve Şubat ayı başında yapılmıştır. Örnekleme noktaları Toki, Gürçayır köyü, Yaylacık köyü, Hayvan pazarı, Kura park, Karagöl, Kaptanpaşa, Sanayi Bölgesi, Çamlıçatak köyü, Taşlıdere köyü-1, Taşlıdere köyü-2, Gölgeli köyü, Döşeli köyü ve Köprücük köyü olarak belirlenmiştir. Ardahan ilinin içme suyu örnekleme noktaları Şekil 1'de, koordinatları ise Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. İçme suyu örnekleme noktaları konumu

Table 1. Location of drinking water sampling points

Örnekleme Noktası	Örnekleme Noktası Adı	Koordinat
1	Toki (Devlet Hastanesi bölgesi)	41°05' 53" N 42°40' 05" E
2	Gürçayır köyü	41°05' 24" N 42°41' 31" E
3	Yaylacık köyü	41°05' 18" N 42°42' 47" E
4	Hayvan Pazarı	41°06' 08" N 42°43' 39" E
5	Kura park	41°07' 05" N 42°41' 54" E
6	Karagöl	41°06' 41" N 42°41' 53" E
7	Kaptanpaşa	41°06' 18" N 42°42' 16" E
8	Sanayi Bölgesi	41°06' 31" N 42°43' 17" E
9	Çamlıçatak köyü	41°07' 39" N 42°49' 48" E
10	Taşlıdere köyü-1	41°03' 54" N 42°50' 29" E
11	Taşlıdere köyü-2	41°04' 00" N 42°50' 22" E
12	Gölgeli köyü	41°02' 38" N 42°51' 24" E
13	Döşeli köyü	41°02' 02" N 42°51' 40" E
14	Köprücük köyü	41°01' 09" N 42°52' 30" E



Şekil 1. İçme suyu örnekleme noktaları
Figure 1. Drinking water sampling points

2.2. Analizler

2.2. Analysis

Ardahan ilinde 14 örnekleme noktasında; fiziksel su kalitesini belirlemek amacıyla sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik ölçümleri WTW Multi 3410 marka multimetre kullanılarak, bulanıklık ölçümleri ise Aqualytic AL250T-IR marka türbidimetre ile sahada gerçekleştirilmiştir. Saha ölçümünü takiben, örnekleme noktalarından 1 L'lik polietilen şişelere örnekler alınarak, soğuk zincir uygulaması ile laboratuvara taşınmıştır. İçme suyu örnekleri laboratuvara taşındıktan sonra, öncelikle mikrobiyolojik (koliform bakteri) analizleri yapılmıştır. Kimyasal analizler, Dionex ICS-5000⁺ İyon kromatografisi (IC) cihazında analiz edilmek üzere, ölçüme kadar +4 °C sıcaklıkta soğutucuda muhafaza edilmiştir. IC cihazı ile Anyon (F⁻, Cl⁻, NO₂⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻) ve Katyon (Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺) konsantrasyonları analiz edilmiştir.

Mikrobiyal çalışma öncesi gerekli malzemeler (cam malzemeler, membran filtrasyon sistemi, pens) otoklavda sterilize edilmiştir. Violet Red Bile (VRB) Agar, koliform bakteri sayısını belirlemek amacıyla hazırlanmıştır (Halkman & Sağdaş, 2014). Selüloz asetat membran (0.45 µm gözenek boyutlu) filtreler kullanılarak, membran filtrasyon tekniği uygulanmıştır. Örnekler, üç tekrarlı olarak

membran filtreden geçirildikten sonra, filtre steril pens ile petri kutusundaki Violet Red Bile Agar (Merck, 1.01406) plakasına yerleştirilmiştir. Plakalar, 37 °C'de 24 saat, mikroorganizmalarda optimal büyümeyi sağlamak amacıyla inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonrası koloni adet olarak sayılmıştır (Oymak, 2011). İyon kromatografisi'nde iletkenlik dedektörü ile, anyonlarda Dionex EGC III Potasyum hidroksit (12.00 mM) ve katyonlarda Dionex EGC III metasülfonik asit (18.00 mM) eluent kartuşları kullanılarak, anyon-katyon ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

3. Bulgular ve tartışma

3. Results and discussion

Ardahan ilinde, 14 lokasyonda yapılan şebeke suları örneklemesinin mikrobiyolojik analizi, Sağlık Bakanlığının (2013) 0 adet/250 ml koliform bakteri önerisine göre değerlendirilmiştir. Mevsimsel olarak değerlendirildiğinde; kış mevsiminde örnekleme noktalarının tamamında ve ilkbahar mevsiminde de iki örnekleme noktası dışında koliform bakteri 0 adet/250 ml olarak saptanmıştır. İlkbahar mevsiminde saptanan koliform bakteri Çamlıçatak köyü'nde 3 adet/250 ml ve Gölge köyü'nde 5 adet/250 ml olarak tespit edilmiştir. Yaz ve ilkbahar mevsimi örnekleme

noktaları koliform bakteri sayım sonuçları ise, Tablo 2'de verilmiştir. Askıda koliform bakterilerin çoğalması, suda yeterli miktarda azot, fosfor gibi besinlerin bulunması ve sıcaklık faktörüne bağlıdır (Camper vd., 1991). Su dağıtım sistemlerinde, koliform bakteri oluşumu, azot formlarının yüksek olması ile ilişkilendirilmiştir. Buna ilaveten, koliform bakteri oluşumunun 10 °C üzeri su sıcaklıklarıyla ilişkili olduğu, 15 °C üzeri sıcaklıkların ise daha fazla koliform bakteri

oluşumunun nedeni olduğu rapor edilmiştir (LeChevallier vd., 1991; Sato vd., 2018). Dolayısıyla örnekler değerlendirildiğinde, sıcaklığın düşük ve azot formlarının düşük miktarda olması veya bu formların olmaması, mikrobiyal analiz sonuçlarını desteklemektedir. Sıcaklığın düşük olduğu kış ve ilkbahar mevsiminde, koliform bakteri neredeyse tespit edilmemiştir. Yaz ve sonbahar mevsiminde ise, koliform bakteri saptanmıştır.

Tablo 2. Yaz ve sonbahar mevsimi koliform bakteri sayım sonuçları

Table 2. Results of the coliform bacteria census of the summer and autumn seasons

Örnekleme Noktası	Örnekleme Mevsimi	Koliform Bakteri (adet/ml)
Toki (Devlet Hastanesi bölgesi)	yaz	0/250
	sonbahar	0/250
Gürçayır köyü	yaz	3/250
	sonbahar	1/250
Yaylacık köyü	yaz	2/250
	sonbahar	0/250
Hayvan Pazarı	yaz	3/250
	sonbahar	0/250
Kura park	yaz	0/250
	sonbahar	0/250
Karagöl	yaz	0/250
	sonbahar	0/250
Kaptanpaşa	yaz	1/250
	sonbahar	0/250
Sanayi Bölgesi	yaz	2/250
	sonbahar	0/250
Çamlıçatak köyü	yaz	2/250
	sonbahar	1/250
Taşlıdere köyü-1	yaz	3/250
	sonbahar	1/250
Taşlıdere köyü-2	yaz	1/250
	sonbahar	0/250
Gölgeli köyü	yaz	3/250
	sonbahar	2/250
Döşeli köyü	yaz	2/250
	sonbahar	0/250
Köprücük köyü	yaz	2/250
	sonbahar	0/250

İçme suyu sıcaklığının tadı etkilediği, dolayısıyla soğuk suyun ılık sudan daha lezzetli olduğu rapor edilmiştir (Nature Life, 2021). Su sıcaklığı arttıkça, sudaki mikroorganizma büyümesinde artış olabilir. Ayrıca sıcaklığın arıtma tesisi verimi, mikrobiyal büyüme oranı, dezenfeksiyon etkisi, tat, koku, renk ve korozyonu etkilediği belirtilmiştir (WHO, 2017; LeChevallier vd., 1996). Su sıcaklığı için, Sağlık Bakanlığı (2013) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO,

2017) tarafından sınır değer tavsiye edilmemiştir. Örnekleme noktalarında belirlenmiş sıcaklık değerleri Tablo 3'te sunulduğu üzere, 1.1-20.1 °C aralığında değişkenlik göstermiştir. Örnekleme noktalarında, ilkbahar ve kış mevsimi arasında, 1.1-4.6 °C aralığında sıcaklık değerleri olduğu, dolayısıyla önemli sıcaklık farklılıklarının olmadığı tespit edilmiştir.

Tablo 3. Fiziksel parametreler
Table 3. Physical parameters

Örnekleme Noktası	Örnekleme Mevsimi	Sıcaklık (°C)	pH	Elektriksel İletkenlik (µS/cm)	Bulanıklık (ntu)
Toki (Devlet Hastanesi bölgesi)	ilkbahar	2.4	7.35	110.8	0.40
	yaz	12.6	7.37	113.3	0.38
	sonbahar	8.0	7.57	145.0	0.73
	kış	1.1	7.33	106.4	0.61
	ortalama	6.0	7.41	118.8	0.53
Gürçayır köyü	ilkbahar	2.9	7.38	333.9	0.39
	yaz	19.3	7.45	345.0	0.44
	sonbahar	13.0	7.48	352.0	0.92
	kış	1.9	7.35	295.7	0.71
	ortalama	9.2	7.42	331.7	0.62
Yaylacık köyü	ilkbahar	3.0	7.51	241.3	0.88
	yaz	17.2	7.47	247.0	0.15
	sonbahar	9.0	7.50	250.0	0.97
	kış	2.8	7.38	238.8	0.81
	ortalama	8.0	7.47	244.3	0.70
Hayvan Pazarı	ilkbahar	2.2	7.41	153.4	0.79
	yaz	20.1	7.22	203.0	0.90
	sonbahar	7.1	7.45	162.9	0.97
	kış	1.2	7.19	149.8	0.88
	ortalama	7.7	7.32	167.3	0.89
Kura park	ilkbahar	2.4	7.47	116.8	0.85
	yaz	14.7	7.20	151.6	0.92
	sonbahar	5.9	7.50	121.2	0.97
	kış	2.0	7.18	112.4	0.94
	ortalama	6.3	7.34	125.5	0.92
Karagöl	ilkbahar	4.5	7.43	128.4	0.85
	yaz	17.5	7.24	133.1	0.87
	sonbahar	5.2	7.45	142.1	0.83
	kış	3.2	7.22	116.8	0.92
	ortalama	7.6	7.34	130.1	0.87
Kaptanpaşa	ilkbahar	4.6	7.39	130.3	0.86
	yaz	15.5	7.31	137.1	0.82
	sonbahar	13.0	7.50	146.1	0.93
	kış	4.0	7.22	123.4	0.90
	ortalama	9.3	7.36	134.2	0.88
Sanayi Bölgesi	ilkbahar	4.3	7.41	154.6	0.89
	yaz	14.1	7.26	196.3	0.95
	sonbahar	6.8	7.48	162.5	0.90
	kış	2.9	7.20	148.8	0.92
	ortalama	7.0	7.34	165.6	0.92
Çamlıçatak köyü	ilkbahar	3.9	7.47	199.8	0.92
	yaz	13.5	7.25	356.0	0.76
	sonbahar	15.0	7.48	212.0	0.99
	kış	4.3	7.23	189.6	1.00
	ortalama	9.1	7.36	239.4	0.92
Taşlıdere köyü-1	ilkbahar	3.0	7.35	230.2	0.98
	yaz	16.2	7.24	242.0	0.65
	sonbahar	8.9	7.33	243.0	0.79
	kış	1.3	7.21	221.2	0.91
	ortalama	7.3	7.28	234.1	0.83
Taşlıdere köyü-2	ilkbahar	3.4	7.39	233.3	0.95
	yaz	13.5	7.22	249.0	0.92
	sonbahar	8.9	7.42	253.0	0.87
	kış	1.5	7.18	222.2	0.90
	ortalama	6.8	7.30	239.4	0.91
Gölgeli köyü	ilkbahar	2.8	7.71	200.7	0.88
	yaz	14.9	7.46	210.0	0.65
	sonbahar	8.3	7.70	221.0	1.46
	kış	1.5	7.39	198.6	0.79
	ortalama	6.9	7.57	207.6	0.95

Tablo 3. Devamı
Table 3. Continuing

Örnekleme Noktası	Örnekleme Mevsimi	Sıcaklık (°C)	pH	Elektriksel İletkenlik (µS/cm)	Bulanıklık (ntu)
Döşeli köyü	ilkbahar	2.0	7.72	222.6	0.61
	yaz	13.7	7.45	247.0	0.88
	sonbahar	9.0	7.76	248.0	0.93
	kış	1.2	7.37	218.9	0.90
	ortalama	6.5	7.58	234.1	0.83
Köprücük köyü	ilkbahar	2.9	7.68	159.8	0.63
	yaz	12.4	7.39	172.8	0.97
	sonbahar	8.6	7.72	176.6	0.53
	kış	2.0	7.35	145.5	0.85
	ortalama	6.5	7.54	163.7	0.75

pH, tüketiciler üzerinde doğrudan bir etkiye sahip olmadığı için, sağlık temelli kılavuz değer önerilmemiştir. Ancak, içme suyu arıtımının tüm aşamalarında, evsel su sistemlerinde su şebekesi ve borularının korozyonunu en aza indirmek için pH kontrolüne dikkat edilmesi gerektiği bildirilmiştir. Klor ile dezenfeksiyon yapılan sularda, pH'nın 8.0'den az olması Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2017) tarafından önerilmiştir. Optimum pH, su bileşimi ve dağıtım sistemi yapı malzemeleri yapısına göre değişkenlik gösterebilir. Bu nedenle, pH kabul edilebilir kılavuz değeri 6.5-8.5 aralığı olarak önerilmiştir (WHO, 2017). Buna ilaveten, pH'nın standartlardan yüksek olmasının suyun tadını etkileyeceği, düşük olmasının ise suyu korozif yapabileceği rapor edilmiştir. Tablo 3'te verildiği üzere, örnekleme noktaları pH değeri 7.18-7.76 aralığında saptanmıştır. Bu değerlerin Sağlık Bakanlığı (2013) kriteri olan 6.5-9.5 değeri ile Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2017) tarafından önerilmiş 6.5-8.5 optimum pH aralığında olduğu belirlenmiştir. En düşük pH'nın kış mevsiminde 7.18, en yüksek pH'nın sonbahar mevsiminde 7.76 olduğu tespit edilmiştir. Örnekleme noktaları mevsimsel olarak kendi aralarında karşılaştırıldığında, örneklemelerin tamamında pH değerinin kış mevsiminde en düşük 7.18-7.39 aralığında olduğu belirlenmiştir. Bu karşılaştırmada; ikinci düşük değer yaz mevsimi, üçüncü düşük değer ilkbahar mevsimi ve en yüksek değer ise sonbahar mevsimi olduğu saptanmıştır.

Elektriksel iletkenlik (EC) için, Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2017) kılavuz değer önermemiştir. İletkenlik fazla olduğunda, su dağıtım sistemleri yapısına bağlı olarak korozyon oluşabilir. Mevsimlere göre saptanmış elektriksel iletkenlik sonuçları Tablo 3'te verilmiştir. Örnekleme noktaları EC değerleri, 106.4-356.0 µS/cm aralığında değişkenlik göstermiş olup, belirlenmiş olan bu değerlerin Sağlık Bakanlığı (2013) tarafından önerilmiş 2500 µS/cm parametre sınır

değeri aşmadığı saptanmıştır. EC'nin, en yüksek değeri Çamlıçatak köyü örnekleme noktasında yaz mevsiminde 356.0 µS/cm olarak tespit edilmiş, en düşük değeri ise Toki örnekleme noktasında kış mevsiminde 106.4 µS/cm olarak belirlenmiştir. Örnekleme noktalarının mevsimsel olarak genelinde; EC değerinin en yüksek olduğu mevsimi birinci sonbahar, ikinci yaz takip etmiştir. Örneklerin tamamında ise, üçüncü yüksek EC değerinin ilkbahar mevsimi, en düşük EC değerinin ise kış mevsimi olduğu tespit edilmiştir.

İçme sularında bulanıklık, inorganik veya organik kolloid maddeler nedeniyle oluşmaktadır. Su güvenliği için kontrol edilmesi önerilen bulanıklık, bazı yeraltı sularında, inert kil veya kireçtaşı partikülleri nedeniyle, dağıtım sistemlerinde de sistemin dışında kirli su girişinin, çökeltilerin ve biyofilmlerin bozulmasının bir sonucu olabilir. Bulanıklığın 4.0 ntu üzerinde çıplak gözle fark edilebileceği, dezenfeksiyon etkinliği için de 1.0 ntu'dan fazla olmaması, Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2017) tarafından önerilmiştir. Ancak, kaynakların ve arıtmanın sınırlı olduğu veya hiç olmadığı su kaynaklarında bu kadar düşük bulanıklık seviyelerine ulaşamayabilir. Böyle durumlarda, 5.0 ntu değerinin altında, mümkünse de 1.0 ntu değeri altında, bulanıklık değeri tavsiye edilmiştir (WHO, 2017). Sağlık Bakanlığı (2013) tarafından "Tüketicilerce kabul edilebilir ve herhangi bir anormal değişim yok" ifadesi parametrik değer olarak belirtilmiştir. Tablo 3'te verildiği üzere bulanıklık parametresi, mevsimsel olarak örnekleme noktalarının yarısından fazlasında sonbahar mevsiminde en yüksek değerde, ikinci en yüksek değer ise kış mevsiminde olduğu saptanmıştır. En düşük seviyeler ise, ilkbahar ve yaz mevsimi olarak belirlenmiştir. Örnekleme noktaları bulanıklık değerleri, 0.15 ntu ile 1.46 ntu aralığında değişkenlik göstermiştir. En yüksek bulanıklık, Gölge köyü örnekleme noktasında sonbahar mevsiminde 1.46 ntu olarak belirlenmiştir.

Bulanıklığın 0.15 ntu olarak en düşük olduğu örnekleme noktası ise, Yaylacık köyü olarak rapor edilmiştir. Bulanıklık genel olarak değerlendirildiğinde, bulanıklığa tamamen inorganik maddeler, büyük oranda da organik yapıda maddeler neden olmaktadır. Örnekleme noktalarının tamamı, Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2017) tarafından önerilmiş sınır değere uygundur.

İçme suyu örnekleme noktaları ve kimyasal parametre sonuçları Tablo 4'te verilmiştir. Florür için su kalite hedefi, kılavuz değer olarak 1.5 mg/L önerilmiştir. İçme suyu florür maruziyetine bağlı olarak, 0.9-1.2 mg/L aralığındaki konsantrasyonda, yaygın olarak %12-33 oranlarında dişlerde hafif florozis görülebilir ve hafif florozis uzman muayenesi ile tespit edilebilir. 1984 yılında belirlenmiş ve 1993 yılında yeniden teyit edilmiş olan 1.5 mg/L florür kılavuz değerinin revize edilmesi gerektiğine dair net veri tespit edilmemiştir. Buna ilaveten, florür konsantrasyonunun 1.5 mg/L'nin üzerinde olduğu durumlarda, diş florozis riskinin artabileceği ve çok yüksek konsantrasyonlarda da iskelet florozis nedeni olabileceği rapor edilmiştir (WHO, 2017). Örnekleme noktalarında Tablo 4'de sunulduğu üzere, florür seviyesinin 0.01-0.32 mg/L aralığında değişkenlik gösterdiği ve her örnekleme noktası mevsimsel olarak incelendiğinde, mevsimler arasında önemli farkların olmadığı belirlenmiştir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2017) ve Sağlık Bakanlığı (2013), içme sularında 1.5 mg/L'den düşük florür seviyesini tavsiye etmiştir. Dolayısıyla, örneklerin tavsiye değeri aşmadığı saptanmıştır.

Klorür için, içme sularında sağlığa dayalı kılavuz değer tavsiye edilmemiş olup, bununla birlikte 250 mg/L'den yüksek klorür konsantrasyonlarının içme sularında saptanabilir tade neden olabileceği Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2017) tarafından rapor edilmiştir. Klor konsantrasyonu yüksek ise, suyun alkalinitesine bağlı olarak dağıtım sisteminde metallerin korozyon oranının artacağı, dolayısıyla metal konsantrasyonları artışının nedeni olabileceği bildirilmiştir (WHO, 2017). Ayrıca klorürün, suya toksik etkisi olmadığı, suyun normal bileşeni olarak kabul edildiği ve toprak oluşumları tarafından adsorplanmadığı bilinmektedir. Bu nedenle, içme sularında klorür önemli bir parametredir. Klorür içme sularında, Sağlık Bakanlığı (2013) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2017) tarafından 250 mg/L olarak önerilmiştir. Tablo 4'te verildiği üzere, örnekleme noktalarında en yüksek klorür seviyesi 11.94 mg/L olarak tespit edilmiştir. Döşeli köyü örnekleme noktasında yaz mevsiminde belirlenmiş olan bu

değerin, önerilen seviyenin altında olduğu saptanmıştır. Klorür, Gürçayır köyü örnekleme noktasında; 6.93 mg/L ile en yüksek yaz mevsiminde, 2.11 mg/L ile en düşük ilkbahar mevsiminde tespit edilmiştir. Yaylacık köyü, Hayvan pazarı, Kura park, Karagöl, Kaptanpaşa, Sanayi Bölgesi, Gölge köyü, Köprücük köyü örnekleme noktalarında mevsimlerin tamamında klorürün 2 mg/L ve altı seviyelerde olduğu belirlenmiştir. Klorür seviyesi mevsimsel olarak; Toki, Çamlıçatak köyü, Taşlıdere köyü-1, Taşlıdere köyü-2 örnekleme noktalarında 3.95 mg/L ve altı seviyelerde saptanmıştır.

İçme sularında Nitrit ve Nitrat için, Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2017) tarafından sağlık temelli kılavuz değer sırasıyla 3 ve 50 mg/L olarak önerilmiştir. Nitrit nispeten kararsız olup, hızla nitrate oksitlenebilir. Nitrat, tarımsal faaliyetlerde fazla inorganik azotlu gübre ve gübre uygulamalarının sonucu olarak, atıksu bertarafı dahil insan ve hayvan dışındaki azotlu atık ürünlerin oksidasyonu ile yeraltı ve yüzey sularına ulaşabilir. Yetişkinlerde, çocuklarda, özellikle biberonla beslenen bebeklerde nitrat alımının yüksek olması sonucu, methemoglobinemi görülmektedir. Methemoglobinemiye karşı koruma için belirtilmiş kılavuz değer önemlidir (WHO, 2017). Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2017) ve Sağlık Bakanlığı (2013) tarafından nitrat seviyesinin, 50 mg/L'nin altında olması tavsiye edilmiştir. Örnekleme noktalarında, en yüksek nitrat seviyesinin kış mevsiminde 7.52 mg/L ile Gürçayır köyü örnekleme noktasında ve bu değer tavsiye edilmiş standartlara uygun olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4). En düşük nitrat, mevsimlerin tamamında 2.60 mg/L ve altı seviyelerde Toki, Yaylacık köyü, Hayvan pazarı, Kura park, Karagöl, Kaptanpaşa örnekleme noktalarında belirlenmiştir. Sağlık Bakanlığı (2013) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2017) tarafından nitrit sınır değer seviyesi, sırasıyla 0.5 mg/L ve 3 mg/L olarak önerilmiştir. Örnekleme noktalarında yaz ve ilkbahar mevsimlerinde nitrit tespit edilememiş olup, tespit edilmiş olan mevsimlerde de 0.05 mg/L ve altı nitrit seviyeleri olduğu, bu değerlerin de önerilmiş standartları aşmadığı belirlenmiştir. Nitrat ve nitrit seviyesinin, özellikle tarımsal faaliyetlerin yoğun yapıldığı bölgelerde tavsiye edilmiş olan kriterlerin çok üzerinde olduğu literatür araştırmalarında saptanmıştır. Ardahan ilinde, iklim şartları nedeniyle tarımsal faaliyet yapılmamaktadır. Nitrat ve nitrit seviyesinin çok düşük tespit edilmesi veya tespit edilememiş olması, bu bölgede tarımsal faaliyetlerin yapılmaması ile açıklanabilir.

Tablo 4. Kimyasal parametreler
Table 4. Chemical parameters

Örnekleme Noktası	Örnekleme Mevsimi	F ⁻ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	NO ₂ ⁻ (mg/L)	SO ₄ ⁻² (mg/L)	Na ⁺ (mg/L)	K ⁺ (mg/L)	Mg ⁺² (mg/L)	Ca ⁺² (mg/L)
Toki (Devlet Hastanesi bölgesi)	ilkbahar	0.05	2.99	0.01	-	0.10	11.17	-	5.22	2.78
	yaz	0.07	3.95	-	-	0.49	6.66	0.17	3.61	7.27
	sonbahar	0.01	0.35	0.70	-	0.08	3.67	-	2.52	2.50
	kış	0.03	1.45	1.67	0.02	0.26	7.73	0.13	4.72	3.86
	ortalama	0.04	2.19	0.60	0.005	0.23	7.31	0.08	4.02	4.10
Gürçayır köyü	ilkbahar	0.01	2.11	-	-	0.17	14.53	0.01	1.65	24.48
	yaz	0.13	6.93	-	-	1.64	8.49	0.41	10.11	35.87
	sonbahar	0.02	6.24	5.25	0.02	1.96	8.82	0.49	3.31	5.63
	kış	0.06	3.13	7.52	0.01	0.97	4.35	0.09	6.28	12.45
	ortalama	0.06	4.60	3.19	0.008	1.19	9.05	0.25	5.34	19.61
Yaylacık köyü	ilkbahar	0.02	0.91	0.01	-	2.70	12.53	0.05	13.69	8.88
	yaz	0.16	1.77	-	-	0.45	10.95	0.64	10.48	17.55
	sonbahar	0.08	0.46	1.43	0.01	0.44	7.64	0.25	8.09	8.90
	kış	0.12	0.92	2.60	0.01	0.40	12.65	0.94	14.52	14.14
	ortalama	0.10	1.02	1.01	0.005	1.00	10.94	0.47	11.70	12.37
Hayvan Pazarı	ilkbahar	0.01	0.82	-	-	3.05	11.44	0.01	0.05	5.14
	yaz	0.06	0.98	-	-	0.54	11.48	0.60	6.54	15.17
	sonbahar	0.01	0.22	0.56	-	0.10	2.78	0.01	2.06	2.82
	kış	0.01	0.24	1.23	-	0.10	4.25	0.08	2.17	4.11
	ortalama	0.02	0.57	0.45	-	0.95	7.49	0.18	2.71	6.81
Kura park	ilkbahar	0.01	0.83	0.02	-	2.83	12.54	0.02	0.14	5.71
	yaz	0.04	2.00	-	-	0.32	9.30	0.25	4.91	10.14
	sonbahar	0.01	0.48	1.02	-	0.11	5.34	0.02	3.56	2.41
	kış	0.03	1.35	1.53	0.02	0.22	7.61	0.11	4.68	4.77
	ortalama	0.02	1.17	0.64	0.005	0.87	8.70	0.10	3.32	5.76
Karagöl	ilkbahar	0.02	1.39	-	-	5.16	11.13	0.05	1.52	9.81
	yaz	0.05	1.88	-	-	0.28	8.93	0.19	4.61	9.54
	sonbahar	0.01	0.41	0.82	-	0.08	3.72	0.01	2.14	1.91
	kış	0.01	0.67	1.29	0.05	0.19	9.04	0.08	3.74	4.53
	ortalama	0.02	1.09	0.53	0.013	1.43	8.21	0.08	3.00	6.45
Kaptanpaşa	ilkbahar	0.08	0.75	-	-	3.62	13.28	0.07	3.69	7.47
	yaz	0.05	0.81	-	-	0.32	7.56	0.17	3.53	8.33
	sonbahar	0.09	0.67	1.39	-	0.33	7.49	1.51	1.15	5.74
	kış	0.02	0.69	1.22	-	0.21	15.38	0.09	3.84	4.17
	ortalama	0.06	0.73	0.65	-	1.12	10.93	0.46	3.05	6.43
Sanayi Bölgesi	ilkbahar	0.01	0.88	-	-	5.63	11.32	0.37	11.11	13.79
	yaz	0.09	0.94	-	-	0.52	10.71	0.48	5.39	14.19
	sonbahar	0.01	0.14	1.25	-	0.50	4.19	0.99	2.12	2.69
	kış	0.12	0.67	6.34	0.02	0.97	14.04	1.02	10.21	17.35
	ortalama	0.06	0.66	1.90	0.005	1.91	10.07	0.72	7.21	12.01
Çamlıçatak köyü	ilkbahar	0.02	2.31	0.10	-	9.86	14.54	0.40	11.93	5.85
	yaz	0.22	3.35	-	-	1.96	24.99	1.25	15.53	20.71
	sonbahar	0.07	0.76	3.63	0.01	0.79	10.21	0.01	8.81	6.03
	kış	0.11	2.62	6.71	0.02	1.39	28.95	1.71	22.76	9.67
	ortalama	0.11	2.26	2.61	0.008	3.50	19.67	0.84	14.76	10.57
Taşlıdere köyü-1	ilkbahar	0.10	3.65	0.13	-	0.03	15.93	0.34	19.22	8.12
	yaz	0.28	2.00	-	-	0.99	15.79	0.94	8.19	15.65
	sonbahar	0.16	0.49	1.57	-	0.34	8.46	0.08	7.59	9.35
	kış	0.12	0.93	3.37	0.01	0.76	16.96	1.15	13.64	13.63
	ortalama	0.17	1.77	1.27	0.003	0.53	14.29	0.63	12.16	11.69
Taşlıdere köyü-2	ilkbahar	0.19	2.48	0.18	-	0.40	16.79	0.67	21.54	3.72
	yaz	0.32	1.84	-	-	1.49	15.16	0.96	7.24	19.06
	sonbahar	0.13	1.58	5.26	0.01	1.09	7.70	1.23	4.96	6.88
	kış	0.24	1.79	5.77	0.02	1.26	18.59	1.42	14.19	18.93
	ortalama	0.22	1.92	2.80	0.008	1.06	14.56	1.07	11.98	12.15
Gölgeli köyü	ilkbahar	0.03	1.21	-	-	0.01	11.91	0.10	11.01	18.18
	yaz	0.20	1.86	-	-	0.55	11.14	0.39	4.94	31.26
	sonbahar	0.09	0.84	2.88	0.01	0.39	11.64	0.51	9.83	5.07
	kış	0.16	1.30	4.53	0.02	0.47	17.98	1.43	13.02	24.45
	ortalama	0.12	1.30	1.85	0.008	0.36	13.17	0.61	9.70	19.74

Tablo 4. Devamı
Table 4. Continuing

Örnekleme Noktası	Örnekleme Mevsimi	F ⁻ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	NO ₂ ⁻ (mg/L)	SO ₄ ⁻² (mg/L)	Na ⁺ (mg/L)	K ⁺ (mg/L)	Mg ⁺² (mg/L)	Ca ⁺² (mg/L)
Döşeli köyü	ilkbahar	0.02	2.09	-	-	0.08	14.92	0.66	10.09	15.28
	yaz	0.17	11.94	-	-	0.52	11.10	0.41	3.61	26.36
	sonbahar	0.07	1.02	3.01	0.01	0.37	11.61	0.46	9.92	3.61
	kış	0.21	1.79	5.35	0.02	0.56	20.77	1.61	16.12	30.52
	ortalama	0.12	4.21	2.09	0.008	0.38	14.60	0.79	9.94	18.94
Köprücük köyü	ilkbahar	0.05	0.79	-	-	0.12	11.51	0.19	10.60	6.09
	yaz	0.23	1.88	-	-	0.40	9.76	0.10	1.62	17.15
	sonbahar	0.11	0.91	3.15	0.01	0.32	10.38	0.01	6.66	4.61
	kış	0.20	0.58	5.82	0.02	0.36	18.34	0.54	10.07	21.31
	ortalama	0.15	1.04	2.24	0.008	0.30	12.50	0.21	7.24	12.29

Sülfatın içme sularında fazla olması, suda fark edilebilir tat oluşturmaktadır. Bu tat bozukluğunun 250 mg/L altındaki sülfat seviyelerinde minimum olduğu ve sülfatın yüksek seviyelerinin tüketici bünyesine bağlı olarak müshil etkisi gösterebileceği rapor edilmiştir (WHO, 2017). Çalışmada, Çamlıçatak köyü haricinde, Tablo 4'te sunulduğu üzere örnekleme noktalarının tamamında mevsimsel olarak 5.63 mg/L ve altı seviyelerde sülfat tespit edilmiştir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2017) ve Sağlık Bakanlığı (2013) içme sularında sülfatı, 250 mg/L olarak tavsiye etmiştir. Örnekleme noktalarında, en yüksek sülfat seviyesi ilkbahar mevsiminde Çamlıçatak köyü noktasında 9.86 mg/L olarak belirlenmiştir. Sülfat sonuçları, tavsiye değerini aşılmadığını ve mevsimler arasında önemli dalgalanmaların olmadığını göstermiştir.

Sodyum için Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2017) tarafından, içme suyunun günlük alıma katkısı küçük olduğundan, sağlık temelli kılavuz değer önerilmemiştir. İçme suyunda sodyumun tat eşiği konsantrasyonu, ilgili anyon ve sıcaklığa bağlı olup, yaklaşık 200 mg/L olarak bildirilmiştir. 200 mg/L'den fazla konsantrasyonlar, kabul edilemez tat ile ilişkilendirilmiştir (WHO, 2017). İçme sularında sodyum seviyesi, Sağlık Bakanlığı (2013) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2017) tarafından 200 mg/L olarak tavsiye edilmiştir. Tablo 4'de verildiği üzere, örnekleme noktaları kendi aralarında mevsimsel olarak değerlendirildiğinde, mevsimler arasında önemli farkların olmadığı belirlenmiştir. Örneklerin sodyum seviyesi, 2.78-28.95 mg/L aralığında değişkenlik göstermiş ve bu aralığın tavsiye değeri aşmadığı saptanmıştır.

İçme sularında potasyum varlığının, potasyuma duyarlı insanlarda kalp hastalığı, hipertansiyon, diyabet gibi bazı sağlık etkilerinin nedeni olabileceği belirtilmiştir (WHO, 2017). Duyarlılığa bağlı olan potasyum için, Sağlık Bakanlığı (2013)

ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2017) tarafından sağlık temelli kılavuz değer önerilmemiştir. Tablo 4'te sunulduğu üzere, potasyum için örnekleme noktaları mevsimsel olarak değerlendirildiğinde, mevsimler arası önemli farkların olmadığı, potasyum seviyesinin en yüksek 1.71 mg/L olduğu saptanmıştır.

Kalsiyum iyonunun tat eşiği, ilişkili anyona bağlı olarak 100-300 mg/L aralığında Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2017) tarafından rapor edilmiştir. pH ve alkalinite gibi faktörlerin etkisi ile, 200 mg/L'nin üzerinde sertliğe sahip olan sularda, arıtma işleminde, dağıtım sistemlerinde, bina boruları ve tanklarında kireç birikimi olabilir. İçme sularında magnezyum ve kalsiyum konsantrasyonları, su dağıtım sistemine uygun suyun sağlanması için teknik gerekliliğe uygun olmalıdır. Epidemiyolojik çalışmalar kapsamında magnezyumun, kardiyovasküler mortalite üzerinde koruyucu etkisi olduğuna dair verilere rağmen, nedeni net açıklanamamış olup, ileri araştırmalar yapıldığı bildirilmiştir (WHO, 2017). Bu nedenle, Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2017) sağlık temelli kılavuz değer önermemiştir. Kalsiyum ve Magnezyum için, Sağlık Bakanlığı (2013) tarafından da kılavuz değer tavsiye edilmemiştir. Tablo 4'de verildiği üzere, örnekleme noktalarının magnezyum seviyesinin 0.05-22.76 mg/L ve kalsiyum seviyesinin 1.91-35.87 mg/L aralığında olduğu belirlenmiştir.

Doğal suların bileşiminde gözlemlenen kimyasal ve fiziksel özellik farklılığı, akifer yapısının heterojenliği ile açıklanabilir (Güler & Thyne, 2004; Gorelick & Zheng, 2015). Ardahan ilinde, örnekleme yapılan 14 lokasyonun şebeke suları, aynı su kaynağından temin edilmemektedir. Su kaynaklarının fiziksel ve kimyasal parametrelerinin farklı olması, suyun içinde bulunduğu akifer yapısının jeolojik mineralleri ile ilişkili olabilir. Buna ilaveten, şebeke dağıtım

sisteminin yapısı da fiziksel ve kimyasal parametreleri etkileyebilir.

4. Sonuçlar

4. Conclusions

Çalışmada, Ardahan ilinde 14 örnekleme noktasında mevsimsel olarak alınmış şebeke sularının bazı fiziksel, kimyasal ve mikrobiyal parametreleri incelenmiştir. Parametre sonuçlarının, Dünya Sağlık Örgütü ve Sağlık Bakanlığı kriterlerine uygunluğu değerlendirilmiş ve halk sağlığı açısından riskli olup olmadığı belirlenmiştir. Şebeke sularının fiziksel (sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik, bulanıklık) ve kimyasal (F^- , Cl^- , NO_3^- , NO_2^- , SO_4^{2-} , Na^+ , K^+ , Mg^{+2} , Ca^{+2}) parametre sonuçlarının, tüm örnekler için içme ve kullanma suyu açısından önerilen kriterlere uygun olduğu tespit edilmiştir. Mikrobiyal (koliform bakteri) analiz sonucunda, kış mevsiminde örnekleme noktalarının tamamında ve ilkbahar mevsiminde de iki örnekleme noktası dışında koliform bakteri belirlenmemiştir. Yaz ve sonbahar mevsimlerinde, bazı örnekleme noktalarında saptanan mikrobiyal kirliliğin, sıcaklık kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Tüketiciler, su ihtiyaçlarını şebeke sularından karşıladığı için, şebeke suyu kalitesine önem verilmelidir. Araştırma bölgesinde, izlenen parametrelerin ve analiz yapma sıklığının artırılması, şebeke sularının güvenliği hususunda daha kapsamlı değerlendirmeler yapılmasına olanak sağlayacaktır.

Teşekkür

Acknowledgement

Bu çalışmanın saha çalışmalarına destek veren, Çevre Mühendisliği Bölümü öğrencileri Moaz Erssan ve Fares Hareish'e teşekkür ederim.

Yazar katkısı

Author contribution

Çalışmanın saha, laboratuvar, yazım dahil her aşaması yazar tarafından gerçekleştirilmiştir.

Etik beyanı

Declaration of ethical code

Bu makalenin yazarı, bu çalışmada kullanılan materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve / veya yasal-özel izin gerektirmediğini beyan etmektedir.

Çıkar çatışması beyanı

Conflicts of interest

Yazar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Kaynaklar

References

- Ardahan Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü. (2020). *Ardahan İli 2019 Yılı Çevre Durum Raporu*. https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/ardahan_2019_cevre_durum_raporu-20200804145847.pdf
- Ashbolt, N. J. (2004). Microbial contamination of drinking water and disease outcomes in developing regions. *Toxicology*, *198*, 229-238. <https://doi.org/10.1016/j.tox.2004.01.030>
- Auld, H., MacIver, D., & Klaassen, J. (2004). Heavy rainfall and waterborne disease outbreaks: The walkerton example. *Journal of Toxicology and Environmental Health Part A*, *67*, 1879-1887. <https://doi.org/10.1080/15287390490493475>
- Bhatt, S. M., & Shilpa. (2015). Operational procedures and reliability for safe drinking water. *J Bioremediation & Biodegradation*, *6*(1), 160. doi:10.4172/2155- 6199.1000e160
- Camper, A. K., McFeters, G. A., Characklis, W. G., & Jones, W. L. (1991). Growth kinetics of Coliform Bacteria under conditions relevant to drinking water distribution systems. *Applied and Environmental Microbiology*, *57*(8), 2233-2239. <https://doi.org/10.1128/aem.57.8.2233-2239.1991>
- Delpa, I., Jung, A.-V., Baures, E., Clement, M., & Thomas, O. (2009). Impacts of climate change on surface water quality in relation to drinking water production. *Environment International*, *35*, 1225-1233. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2009.07.001>
- Ghosh, P., Banerjee, M., De Chaudhuri, S., Chowdhury, R., Das, J. K., Mukherjee, A., Sarkar, A. K., Mondal, L., Baidya, K., Sau, T. J., Banerjee, A., Basu, A., Chaudhuri, K., Ray, K., & Giri, A. K. (2007). Comparison of health effects between individuals with and without skin lesions in the population exposed to Arsenic through drinking water in west Bengal, India. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*, *17*, 215-223. doi:10.1038/sj.jes.7500510
- Gorelick, S. M., & Zheng, C. (2015). Global change and the groundwater management challenge. *Water Resources Research*, *51*, 3031-3051. <https://doi.org/10.1002/2014WR016825>

- Goullé, J. P., Sausseureau, E., Mahieu, L., Bouige, D., Groenwont, S., Guerbet, M., & Lacroix, C. (2009). Application of inductively coupled plasma mass spectrometry multielement analysis in fingernail and toenail as a biomarker of metal exposure. *Journal of Analytical Toxicology*, 33, 92-98. <https://doi.org/10.1093/jat/33.2.92>
- Güler, C., & Thyne, G. D. (2004). Hydrologic and geologic factors controlling surface and groundwater chemistry in Indian Wells-Owens Valley area, southeastern California, USA. *Journal of Hydrology*, 285, 177-198.
- Halkman, A. K., & Sağdaş, O. E. (2014). *Mikrobiyoloji El Kitabı*. MerckMillipore.
- Herranz, S., Marciello, M., Marco, M-P., Garcia-Fierro, J. L., Guisan, J. M., & Moreno-Bondi, M. C. (2018). Multiplex environmental pollutant analysis using an array biosensor coated with chimeric Hapten-dextran-lipase constructs. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 257, 256-262. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2017.10.134>
- Huck, P. M., & Coffey, B. M. (2004). The importance of robustness in drinking-water systems. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, 67, 1581-1590. <https://doi.org/10.1080/15287390490491891>
- Kaale, L. D., & Katima, J. H. Y. (2013). Performance of activated carbons in the catalytic wet peroxide oxidation (CWPO) of maleic acid. *Journal of Engineering and Technology Research*, 5(6), 189-199. <https://doi.org/10.5897/JETR09.061>
- LeChevallier, M. W., Schulz, W., & Lee, R. G. (1991). Bacterial nutrients in drinking water. *Applied and Environmental Microbiology*, 57(3), 857-862. <https://doi.org/10.1128/aem.57.3.857-862.1991>
- LeChevallier, M. W., Welch, N. J., & Smith, D. B. (1996). Full-scale studies of factors related to coliform regrowth in drinking water. *Applied and Environmental Microbiology*, 62(7), 2201-2211. <https://doi.org/10.1128/aem.62.7.2201-2211.1996>
- Li, P., & Wu, J. (2019). Drinking water quality and public health. *Exposure and Health*, 11, 73-79. <https://doi.org/10.1007/s12403-019-00299-8>
- Majumdar, D. (2003). The blue baby syndrome, nitrate poisoning in humans. *Resonance*, 8, 20-30.
- Meenakshi., & Maheshwari, R. C. (2006). Fluoride in drinking water and its removal. *Journal of Hazardous Materials*, 137, 456-463. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2006.02.024>
- Mintz, E. D., Reiff, F. M., & Tauxe, R. V. (1995). Safe water treatment and storage in the home, A practical new strategy to prevent waterborne disease. *JAMA*, 273(12), 948-953. [doi:10.1001/jama.1995.03520360062040](https://doi.org/10.1001/jama.1995.03520360062040)
- Nature Life. (2021, Ocak 04). *Suyun sıcaklığı ve Suyun lezzeti*. <http://www.suaritmasistem.net/suyun-onemi.php>.
- Oymak, O. F. (2011). *Aydın ilinde tüketilen şişelenmiş suların mikrobiyolojik kalitesi üzerine bir çalışma* [Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü].
- Pardue, J. H., Moe, W. M., Mcinnis, D., Thibodeaux, L. J., Valsaraj, K. T., Maciasz, E., Van Heerden, I., Korevec, N., & Yuan, Q. Z. (2005). Chemical and microbiological parameters in new orleans flood water following hurricane katrina. *Environmental Science & Technology*, 39(22), 8591-8599. <https://doi.org/10.1021/es0518631>
- Prüss-Ustün, A., Bartram, J., Clasen, T., Colford Jr, J. M., Cumming, O., Curtis, V., Bonjour, S., Dangour, A. D., De France, J., Fewtrell, L., Freeman, M. C., Gordon, B., Hunter, P. R., Johnston, R. B., Mathers, C., Mausezahl, D., Medlicott, K., Neira, M., Stocks, M., Wolf, J., & Cairncross, S. (2014). Burden of disease from inadequate water, sanitation and hygiene in low- and middle-income settings: A retrospective analysis of data from 145 countries. *Tropical Medicine and International Health*, 19(8), 894-905. <https://doi.org/10.1111/tmi.12329>
- Rose, J. B., Daeschner, S., Easterling, D. R., Curriero, F. C., Lele, S., & Patz, J. A. (2000). Climate and waterborne disease outbreaks. *Journal American Water Works Association*, 92(9), 77-87. <https://doi.org/10.1002/j.1551-8833.2000.tb09006.x>
- Sağlık Bakanlığı (Türkiye Halk Sağlığı Kurumu). İnsani tüketim amaçlı sular hakkında yönetmelikte değişiklik yapılmasına dair yönetmelik (2013). *T. C. Resmi Gazete* (28580, 7 Mart 2013).
- 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. <https://doi.org/10.4265/bio.23.139>
- Schoenen, D. (2002). Role of disinfection in suppressing the spread of pathogens with drinking water: Possibilities and limitations. *Water Research*, 36, 3874-3888. [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(02\)00076-3](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(02)00076-3)
- Smith, A. H., Hopenhayn-Rich, C., Bates, M. N., Goeden, H. M., HertzPicciotto, 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. <https://doi.org/10.1289/ehp.9297259>

- Sow, S., J. de Vlas, S., Engels, D., & Gryseels, B. (2002). Water-related disease patterns before and after the construction of the Diama Dam in Northern Senegal. *Annals of Tropical Medicine & Parasitology*, 96(6), 575-586. <https://doi.org/10.1179/000349802125001636>
- Thomas, M. K., Charron, D. F., Waltner-Toews, D., Schuster, C., Maarouf, A. R., & Holt, J. D. (2006). A role of high impact weather events in waterborne disease outbreaks in Canada, 1975 - 2001. *International Journal of Environmental Health Research*, 16(3), 167-180. <https://doi.org/10.1080/09603120600641326>
- TOBMGM-Tarım ve Orman Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü. (2020, Ekim 16). *İllerimize Ait Genel İstatistik Verileri*. <https://mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A&m=ARDAHAN>.
- Van Leeuwen, F. X. R. (2000). Safe drinking water: The toxicologist's approach. *Food and Chemical Toxicology*, 38(1), S51-S58. [https://doi.org/10.1016/S0278-6915\(99\)00140-4](https://doi.org/10.1016/S0278-6915(99)00140-4)
- World Health Organization. (2008). *Guidelines for Drinking-Water Quality* (Third Edition). Incorporating the First and Second Addenda, Vol. 1, Geneva, WHO.
- World Health Organization. (2017). *Guidelines for Drinking-Water Quality* (Fourth Edition). Incorporating the First Addendum, Switzerland, WHO.