

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

GEBZE (KOCAELİ) İLÇESİ SINIRLARINDA KALAN
TARİHİ ÇEŞME VE SU KAYNAKLARININ
HİDROKİMYASAL DEĞİŞİKLİKLERİNİN İNCELENMESİ

SİNEM VURAL YURTSEVER

YÜKSEK LİSANS TEZİ
YER VE DENİZ BİLİMLERİ ANABİLİM DALI
YER BİLİMLERİ PROGRAMI

DANIŞMAN: PROF. DR. MEHMET SALİM ÖNCEL

EKİM 2025

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

GEBZE (KOCAELİ) İLÇESİ SINIRLARINDA KALAN
TARİHİ ÇEŞME VE SU KAYNAKLARININ
HİDROKİMYASAL DEĞİŞİKLİKLERİNİN İNCELENMESİ

SİNEM VURAL YURTSEVER

YÜKSEK LİSANS TEZİ
YER VE DENİZ BİLİMLERİ ANABİLİM DALI
YER BİLİMLERİ PROGRAMI

DANIŞMAN: PROF. DR. MEHMET SALİM ÖNCEL

EKİM 2025

T.R.
GEBZE TECHNICAL UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL

**INVESTIGATION OF HYDROCHEMICAL CHANGES OF
HISTORICAL FOUNTAINS AND WATER SOURCES
WITHIN THE BOUNDARIES OF GEBZE DISTRICT
(KOCAELI, TÜRKİYE)**

SİNEM VURAL YURTSEVER

**A THESIS OF MASTER OF SCIENCE
DEPARTMENT OF EARTH AND MARINE SCIENCES
EARTH SCIENCES PROGRAM**

ADVISOR: PROF. DR. MEHMET SALİM ÖNCEL

OCTOBER 2025

YÜKSEK LİSANS JÜRİ ONAY FORMU

GTÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulunun 30/06/2025 tarih ve 2025 /34 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 16/10/2025 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Sinem VURAL YURTSEVER'in tez çalışması Yer ve Deniz Bilimleri Anabilim Dalında, Yer bilimleri Programında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE

(TEZ DANIŞMANI) : Prof. Dr. Mehmet Salim ÖNCEL

ÜYE

: Doç. Dr. Kadir ULUTAŞ

ÜYE

: Dr. Öğr. Üyesi Meltem ÇELEN

ONAY

Gebze Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulunun

.../.../..... tarih ve/... sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR

ÖZET

Su kaynaklarının korunması ve sürdürülebilir kullanımı, hem çevresel bir sorumluluk hem de kültürel mirasın korunması için oldukça önemlidir. Bu kapsamda tarihi çeşmeler, geçmişin su yönetimi, mühendislik ve toplumsal yapısını yansıtan önemli kültürel miras unsurları haline gelmektedir. Çalışma kapsamında Kocaeli ili Gebze ilçesi sınırları içerisinde yer alan tarihi çeşme ve su kaynaklarının hidrokimyasal özellikleri incelenerek zaman içerisindeki fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik değişimlerini ortaya koymayı amaçlanmaktadır. Araştırma kapsamında, 10 farklı yerleşim alanında bulunan toplam 17 tarihi çeşmeden 2023–2024 yılları arasında aylık olarak su örnekleri alınmıştır ve 22 farklı parametre için yerinde ve laboratuvar analizleri gerçekleştirilmiştir. Ölçülen pH değerleri 5,8–7,5, elektriksel iletkenlik (EI) 118–1250 $\mu\text{S}/\text{cm}$, toplam sertlik ise 20–310 mg/L CaCO_3 aralığında değişiklik göstermiştir. Nitrat azotu (NO_3^- -N) değerleri 1,5–9,8 mg/L arasında olup TS 266 İnsani Tüketim Amaçlı Sular Standardı'nda belirtilen sınır değerleri sağlamıştır. Mikrobiyolojik analizlerde numunelerin %82'sinde E. coli ve koliform bakteri tespit edilmiştir; geri kalan örneklerde ise mevsimsel artışlara bağlı olarak sınırlı düzeyde bakteriyel kirlilik saptanmıştır. Element analizleri sonucunda Na, Ca ve Mg iyonlarının suyun kimyasal karakterini belirlemede baskın bileşenler olduğu, Pb, Ni ve Cd gibi ağır metallerin ise TS 266 standardında belirtilen sınır değerlere uygunluk gösterdiği belirlenmiştir. Çalışma alanındaki tüm kaynakların bağlı olduğu akifer formasyonunun yağış rejiminden güçlü biçimde etkilendiği saptanmıştır. Bu durum, yeraltı suyu besleniminin büyük ölçüde mevsimsel yağışlara ve geçirgen litolojik birimlerin özelliklerine bağlı olduğunu göstermektedir. Elde edilen bulgular, su–akifer etkileşimi, hidrolojik döngü ve jeokimyasal denge süreçlerinin bölgedeki su kalitesinin belirlenmesinde temel unsurlar olduğunu ortaya koymuştur. Genel olarak çeşme sularının içilebilir nitelikte olduğu, ancak bazı dönemlerde mevsimsel değişimlerin dikkatle izlenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. Çalışma, Gebze'deki tarihi su yapılarının yalnızca kültürel miras olarak değil, aynı zamanda sürdürülebilir yerel su kaynakları olarak da korunması gerektiğine dikkat çekmiştir.

Anahtar Kelimeler: Gebze İlçesi, Hidrokimyasal özellikler, Mevsimsel su kalitesi değişimi, Tarihi çeşmeler, Yeraltı suyu–akifer etkileşimi.

ABSTRACT

The conservation and sustainable use of water resources are crucial not only as an environmental responsibility but also for the preservation of cultural heritage. In this context, historical fountains represent significant cultural assets that reflect the water management practices, engineering skills, and social structures of the past. This study aims to investigate the hydrochemical characteristics of historical fountains and water sources located within the boundaries of Gebze District, Kocaeli Province, and to reveal their physical, chemical, and microbiological changes over time. Within the scope of the research, water samples were collected monthly from a total of 17 historical fountains located in 10 different settlements between 2023 and 2024, and both in-situ and laboratory analyses were conducted for 22 different parameters. The measured pH values ranged from 5.8 to 7.5, electrical conductivity (EC) from 118 to 1250 $\mu\text{S}/\text{cm}$, and total hardness from 20 to 310 mg/L CaCO_3 . Nitrate nitrogen (NO_3^- -N) values ranged between 1.5 and 9.8 mg/L , meeting the limits specified in the TS 266 Standard for Water Intended for Human Consumption. Microbiological analyses revealed that 82% of the samples contained no *E. coli* or coliform bacteria, while the remaining samples exhibited limited bacterial contamination linked to seasonal variations. Elemental analysis indicated that Na, Ca, and Mg ions were the dominant constituents determining the chemical character of the water, while heavy metals such as Pb, Ni, and Cd were within the permissible limits set by TS 266. It was determined that the aquifer formations feeding all sources in the study area are strongly influenced by the precipitation regime, indicating that groundwater recharge largely depends on seasonal rainfall and the permeability of lithological units. The findings revealed that water–aquifer interactions, the hydrological cycle, and geochemical equilibrium processes are the main factors shaping water quality in the region. Overall, the results indicate that the fountain waters are generally potable; however, seasonal variations should be monitored carefully during certain periods. The study emphasizes that the historical water structures in Gebze should be preserved not only as cultural heritage but also as sustainable local water resources.

Keywords: Gebze District, Groundwater–aquifer interaction, Historical fountains, Hydrochemical characteristics, Seasonal water quality variation.

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının her aşamasında bilgi, deneyim ve rehberliğiyle bana yol gösteren değerli danışmanım Prof. Dr. Mehmet Salim ÖNCEL'e en içten teşekkürlerimi sunarım. Kendisi, araştırmanın planlanmasından sonuçların yorumlanmasına kadar geçen süreçte, hem bilimsel yaklaşımı hem de sabırlı yönlendirmeleriyle bu çalışmanın şekillenmesine büyük katkı sağlamıştır.

Tez değerlendirme sürecinde kıymetli görüş ve katkılarıyla çalışmama önemli değer katan Doç. Dr. Kadir ULUTAŞ ve Dr. Öğr. Üyesi Meltem ÇELEN'e teşekkür ederim.

Saha ve laboratuvar çalışmalarında desteklerini esirgemeyen Araştırma Görevlisi Halil Nurullah ORUÇ, Rabia ASLAN ve Araştırma Görevlisi Meltem YAĞCIOĞLU'na değerli yardımları için teşekkür ederim. Ayrıca, araştırma sürecinde tarihi çeşmelerin tespiti ve saha çalışmalarının yürütülmesinde sağladıkları katkılardan dolayı Gebze Belediyesi'ne ve çalışmaya verdikleri destek için Gebze Belediye Başkanı Sayın Zinnur BÜYÜKGÖZ'e teşekkür ederim.

Bu süreçte manevi desteğini her zaman hissettiğim aileme ve sabrı, anlayışı ve desteğiyle yanımda olan eşim Gökhan YURTSEVER'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmanın gerçekleşmesine katkı sağlayan tüm kişi ve kurumlara teşekkür eder, elde edilen sonuçların bölgesel su kaynaklarının korunması ve kültürel mirasın sürdürülebilirliği adına fayda sağlamasını dilerim.

Ayrıca, “İklim Değişikliğinin Gebze İlçesi'nin Su Kaynaklarına Olası Etkilerinin Projeksiyonlar Yardımıyla İncelenmesi” (Proje No: 2023-A-113-19) başlıklı proje kapsamında sağlanan destek için de teşekkür ederim. Bu proje, tez çalışmamın bilimsel içeriğinin güçlenmesine ve saha verilerinin daha kapsamlı şekilde gerçekleştirilmesi ve değerlendirilmesine önemli katkı sağlamıştır.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	v
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	viii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
TABLolar/ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
1.1. Literatür Özeti	2
1.1.1. Uluslararası çalışmalar	2
1.1.2. Ulusal Çalışmalar	4
2. MATERYAL VE METOT	6
2.1. Çalışma Alanı	6
2.2. Çalışma Alanının Jeolojik Özellikleri	8
2.3. Çalışma Alanındaki Çeşme ve Kaynak Sularının İncelenmesi	9
2.3.1. Mudarlı Köyü – Sahibül Çeşmesi (Ç1), Haskovalı Çeşmesi (Ç2), Söğütlü Çeşmesi (Ç3) ve Cemil Koşyer Çeşmesi (Ç4)	10
2.3.2. Ovacık Köyü – Ovacık Çeşmesi (Ç5)	11
2.3.3. Kadıllı Köyü – Çöklen Çeşmesi (Ç6)	12
2.3.4. Denizli Köyü – Sarı Çeşme (Ç7) ve Denizli Çeşmesi (Ç8)	14
2.3.5. Yağcılar Köyü – Yağcılar Çeşmesi (Ç9) ve Elmas Salih Çeşmesi (Ç10)	14
2.3.6. Elbizli Köyü – Kaptan Çeşmesi (Ç11) ve Karabayır Çeşmesi (Ç12)	15
2.3.7. Duraklı Köyü – Şerafettin Fidan Çeşmesi (Ç13)	16
2.3.8. Tepemenayır Köyü – Kokarca Çeşmesi (Ç14)	17
2.3.9. Ahatlı Köyü – Ahmet Davcı Çeşmesi (Ç15) ve Doğan Çeşmesi (Ç16)	18
2.3.10. Kargalı – Koz Çeşmesi (Ç17)	19
2.4. Su Kalitesi Parametreleri	20
2.4.1. Yerinde Ölçüm Parametreleri	22
2.4.2. Laboratuvar Ölçüm Parametreleri	23
3. BULGULAR	24
3.1. Fiziksel ve Kimyasal Ölçüm Sonuçları	24
3.1.1. Ç1 – Sahibül Çeşmesin İçin Analiz Sonuçları (2023-2024)	24
3.1.2. Ç2 – Haskovalı Çeşmesi İçin Analiz Sonuçları (2023-2024)	32
3.1.3. Ç3 – Söğütlü Çeşmesi İçin Analiz Sonuçları (2023-2024)	35
3.1.4. Ç4 – Cemil Koşyer Çeşmesi İçin Analiz Sonuçları (2023-2024)	37
3.1.5. Ç5 – Ovacık Çeşmesi İçin Analiz Sonuçları (2023-2024)	40
3.1.6. Ç6 – Çöklen Çeşmesi İçin Analiz Sonuçları (2023-2024)	43

3.1.7. Ç7 – Sarı Çeşme İçin Analiz Sonuçları (2023-2024)	46
3.1.8. Ç8 – Denizli Çeşmesi İçin Analiz Sonuçları (2023-2024)	49
3.1.9. Ç9 – Yağcılar Çeşmesi İçin Analiz Sonuçları (2023-2024)	52
3.1.10. Ç10 – Elmas Salih Çeşmesi İçin Analiz Sonuçları (2023-2024)	54
3.1.11. Ç11 – Kaptan Çeşmesi İçin Analiz Sonuçları (2023-2024)	57
3.1.12. Ç12 – Karabayır Çeşmesi İçin Analiz Sonuçları (2023-2024)	59
3.1.13. Şerafettin Fidan Çeşmesi İçin Analiz Sonuçları (2023-2024)	62
3.1.14. Ç14 – Kokarca Çeşmesi İçin Analiz Sonuçları (2023-2024)	65
3.1.15. Ç15 – Ahmet Davcı Çeşmesi İçin Analiz Sonuçları (2023-2024)	67
3.1.16. Ç16 – Doğan Çeşmesi İçin Analiz Sonuçları (2023-2024)	70
3.1.17. Ç17 – Koz Çeşmesi İçin Analiz Sonuçları (2023-2024)	73
3.2. Mikrobiyolojik Ölçüm Sonuçları	75
3.3. Sertlik Değerleri	78
3.4. Ficklin–CABOI Diyagramı Kullanılarak Çeşme Sularının	80
4. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ	83
5. BULGULAR	94
 KAYNAKLAR	 97
ÖZGEÇMİŞ	102
TEZ METNİNDEN TÜRETİLEN YAYINLAR	103

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

AKM	: Askıda Katı Madde
Al	: Alüminyum
As	: Arsenik
Ca	: Kalsiyum
Cd	: Kadmiyum
Cl ⁻	: Klorür İyonu
Cu	: Bakır
ÇO	: Çözünmüş Oksijen
Eİ	: Elektriksel İletkenlik
E. coli	: Escherichia coli
Fe	: Demir
ICP-OES	: İndüktif Eşleşmeli Plazma–Optik Emisyon Spektrometresi
K	: Potasyum
Mg	: Magnezyum
Mn	: Mangan
Na	: Sodyum
NH ₄ ⁺ -N	: Amonyum Azotu
NO ₃ -N	: Nitrat Azotu
ORP	: Oksijen İndirgeme Potansiyeli
Pb	: Kurşun
pH	: Hidrojen Potansiyeli
Si	: Silisyum
Sr	: Stronsiyum
TKN	: Toplam Kjeldahl Azotu
TS	: Türk Standardları Enstitüsü
TS 266	: İnsani Tüketim Amaçlı Sular Standardı
TSE	: Türk Standardları Enstitüsü
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü
Zn	: Çinko

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1: Gebze ilçesine bağlı Eskihisar Mahallesi'nden bir görünüm.	6
Şekil 2.2: Çalışma alanının litolojik haritası.	8
Şekil 2.3: Gebze ilçesine ait yer bulduru haritası.	10
Şekil 2.4: Mudarlı köyünde yer alan çeşme görselleri.	11
Şekil 2.5: Ovacık köyünde yer alan çeşme görseli.	12
Şekil 2.6: Kadıllı köyünde yer alan çeşme görseli.	13
Şekil 2.7: Denizli köyünde yer alan çeşme görselleri.	14
Şekil 2.8: Yağcılar köyünde yer alan çeşme görselleri.	15
Şekil 2.9: Elbizli köyünde yer alan çeşme görselleri.	16
Şekil 2.10: Kadıllı köyünde yer alan çeşme görseli.	17
Şekil 2.11: Tepemanayır köyünde yer alan çeşme görseli.	18
Şekil 2.12: Ahatlı köyünde yer alan çeşme görselleri.	19
Şekil 2.13: Kargalı köyünde yer alan çeşme görselleri.	19
Şekil 2.14: Yerinde ölçüm gerçekleştirilen cihaz ve prob örneği.	22
Şekil 3.1: Gebze ilçesi – Denizli Köyü'nde yer alan Sarı Çeşme	49
Şekil 3.2: Mikrobiyolojik analiz sonrasında çeşme ve kaynak sularında sırasıyla 0 – 37 – SKF değerleri için analiz sonuçlarının görselleri.	76
Şekil 3.3: Analiz sonuçlarına göre sertlik parametresinin çeşme noktaların üzerinde mevsimsel değişimleri.	79
Şekil 3.4: Analiz sonuçlarına göre Ficklin–Caboi diyagramının çeşme noktaların üzerinde mevsimsel değişimleri.	81
Şekil 4.1: Yerinde ölçüm parametrelerinin yıllık ortalama değerleri.	84
Şekil 4.2: Azot bileşikleri, fosfor ve silisyum değerlerinin yıllık ortalama değerleri.	86
Şekil 4.3: İz elementlerin yıllık ortalama değerlerinin birinci görseli.	88
Şekil 4.4: İz elementlerin yıllık ortalama değerlerinin ikinci görseli.	90
Şekil 4.5: İz elementlerin yıllık ortalama değerlerinin üçüncü görseli ve tuzluluk değerleri.	92

TABLÖLAR DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 2.1: TS 266'ya göre içme suyu kalite parametreleri.	21
Tablo 3.1: Ç1 Çeşmesi'ne ait yerinde ölçüm sonuçları ve sertlik değerleri.	24
Tablo 3.2: Ç1 Çeşmesi'ne ait azot bileşenleri ölçüm sonuçları.	27
Tablo 3.3: Ç1 Çeşmesi için iz element ölçüm sonuçlarının birinci kısmı.	28
Tablo 3.4: Ç1 Çeşmesi için iz element ölçüm sonuçlarının ikinci kısmı.	30
Tablo 3.5: Ç2 Çeşmesi'ne ait yerinde ölçüm sonuçları ve sertlik değerleri.	33
Tablo 3.6: Ç2 Çeşmesi'ne ait azot bileşenleri ölçüm sonuçları.	33
Tablo 3.7: Ç2 Çeşmesi için iz element ölçüm sonuçlarının birinci kısmı.	34
Tablo 3.8: Ç2 Çeşmesi için iz element ölçüm sonuçlarının ikinci kısmı.	34
Tablo 3.9: Ç3 Çeşmesi'ne ait yerinde ölçüm sonuçları ve sertlik değerleri.	35
Tablo 3.10: Ç3 Çeşmesi'ne ait azot bileşenleri ölçüm sonuçları.	36
Tablo 3.11: Ç3 Çeşmesi için iz element ölçüm sonuçlarının birinci kısmı.	36
Tablo 3.12: Ç3 Çeşmesi için iz element ölçüm sonuçlarının ikinci kısmı.	37
Tablo 3.13: Ç4 Çeşmesi'ne ait yerinde ölçüm sonuçları ve sertlik değerleri.	38
Tablo 3.14: Ç4 Çeşmesi'ne ait azot bileşenleri ölçüm sonuçları.	38
Tablo 3.15: Ç4 Çeşmesi için iz element ölçüm sonuçlarının birinci kısmı.	39
Tablo 3.16: Ç4 Çeşmesi için iz element ölçüm sonuçlarının ikinci kısmı.	40
Tablo 3.17: Ç5 Çeşmesi'ne ait yerinde ölçüm sonuçları ve sertlik değerleri.	41
Tablo 3.18: Ç5 Çeşmesi'ne ait azot bileşenleri ölçüm sonuçları.	41
Tablo 3.19: Ç5 Çeşmesi için iz element ölçüm sonuçlarının birinci kısmı.	42
Tablo 3.20: Ç5 Çeşmesi için iz element ölçüm sonuçlarının ikinci kısmı.	43
Tablo 3.21: Ç6 Çeşmesi'ne ait yerinde ölçüm sonuçları ve sertlik değerleri.	43
Tablo 3.22: Ç6 Çeşmesi'ne ait azot bileşenleri ölçüm sonuçları.	44
Tablo 3.23: Ç6 Çeşmesi için iz element ölçüm sonuçlarının birinci kısmı.	45
Tablo 3.24: Ç6 Çeşmesi için iz element ölçüm sonuçlarının ikinci kısmı.	45
Tablo 3.25: Ç7 Çeşmesi'ne ait yerinde ölçüm sonuçları ve sertlik değerleri.	46
Tablo 3.26: Ç7 Çeşmesi'ne ait azot bileşenleri ölçüm sonuçları.	47

Tablo 3.27:	Ç7 Çeşmesi için iz element ölçüm sonuçlarının birinci kısmı.	47
Tablo 3.28:	Ç7 Çeşmesi için iz element ölçüm sonuçlarının ikinci kısmı.	48
Tablo 3.29:	Ç8 Çeşmesi'ne ait yerinde ölçüm sonuçları ve sertlik değerleri.	50
Tablo 3.30:	Ç8 Çeşmesi'ne ait azot bileşenleri ölçüm sonuçları.	50
Tablo 3.31:	Ç8 Çeşmesi için iz element ölçüm sonuçlarının birinci kısmı.	51
Tablo 3.32:	Ç8 Çeşmesi için iz element ölçüm sonuçlarının ikinci kısmı.	51
Tablo 3.33:	Ç9 Çeşmesi'ne ait yerinde ölçüm sonuçları ve sertlik değerleri.	52
Tablo 3.34:	Ç9 Çeşmesi'ne ait azot bileşenleri ölçüm sonuçları.	53
Tablo 3.35:	Ç9 Çeşmesi için iz element ölçüm sonuçlarının birinci kısmı.	53
Tablo 3.36:	Ç9 Çeşmesi için iz element ölçüm sonuçlarının ikinci kısmı.	54
Tablo 3.37:	Ç10 Çeşmesi'ne ait yerinde ölçüm sonuçları ve sertlik değerleri.	54
Tablo 3.38:	Ç10 Çeşmesi'ne ait azot bileşenleri ölçüm sonuçları.	55
Tablo 3.39:	Ç10 Çeşmesi için iz element ölçüm sonuçlarının birinci kısmı.	56
Tablo 3.40:	Ç10 Çeşmesi için iz element ölçüm sonuçlarının ikinci kısmı.	56
Tablo 3.41:	Ç11 Çeşmesi'ne ait yerinde ölçüm sonuçları ve sertlik değerleri.	57
Tablo 3.42:	Ç11 Çeşmesi'ne ait azot bileşenleri ölçüm sonuçları.	58
Tablo 3.43:	Ç11 Çeşmesi için iz element ölçüm sonuçlarının birinci kısmı.	58
Tablo 3.44:	Ç11 Çeşmesi için iz element ölçüm sonuçlarının ikinci kısmı.	59
Tablo 3.45:	Ç12 Çeşmesi'ne ait yerinde ölçüm sonuçları ve sertlik değerleri.	60
Tablo 3.46:	Ç12 Çeşmesi'ne ait azot bileşenleri ölçüm sonuçları.	60
Tablo 3.47:	Ç12 Çeşmesi için iz element ölçüm sonuçlarının birinci kısmı.	61
Tablo 3.48:	Ç12 Çeşmesi için iz element ölçüm sonuçlarının ikinci kısmı.	62
Tablo 3.49:	Ç13 Çeşmesi'ne ait yerinde ölçüm sonuçları ve sertlik değerleri.	62
Tablo 3.50:	Ç13 Çeşmesi'ne ait azot bileşenleri ölçüm sonuçları.	63
Tablo 3.51:	Ç13 Çeşmesi için iz element ölçüm sonuçlarının birinci kısmı.	64
Tablo 3.52:	Ç13 Çeşmesi için iz element ölçüm sonuçlarının ikinci kısmı.	64
Tablo 3.53:	Ç14 Çeşmesi'ne ait yerinde ölçüm sonuçları ve sertlik değerleri.	65
Tablo 3.54:	Ç14 Çeşmesi'ne ait azot bileşenleri ölçüm sonuçları.	66

Tablo 3.55:	Ç14 Çeşmesi için iz element ölçüm sonuçlarının birinci kısmı.	66
Tablo 3.56:	Ç14 Çeşmesi için iz element ölçüm sonuçlarının ikinci kısmı.	67
Tablo 3.57:	Ç15 Çeşmesi'ne ait yerinde ölçüm sonuçları ve sertlik değerleri.	68
Tablo 3.58:	Ç15 Çeşmesi'ne ait azot bileşenleri ölçüm sonuçları.	68
Tablo 3.59:	Ç15 Çeşmesi için iz element ölçüm sonuçlarının birinci kısmı.	69
Tablo 3.60:	Ç15 Çeşmesi için iz element ölçüm sonuçlarının ikinci kısmı.	70
Tablo 3.61:	Ç16 Çeşmesi'ne ait yerinde ölçüm sonuçları ve sertlik değerleri.	71
Tablo 3.62:	Ç16 Çeşmesi'ne ait azot bileşenleri ölçüm sonuçları.	71
Tablo 3.63:	Ç16 Çeşmesi için iz element ölçüm sonuçlarının birinci kısmı.	72
Tablo 3.64:	Ç16 Çeşmesi için iz element ölçüm sonuçlarının ikinci kısmı.	72
Tablo 3.65:	Ç17 Çeşmesi'ne ait yerinde ölçüm sonuçları ve sertlik değerleri.	73
Tablo 3.66:	Ç17 Çeşmesi'ne ait azot bileşenleri ölçüm sonuçları.	74
Tablo 3.67:	Ç17 Çeşmesi için iz element ölçüm sonuçlarının birinci kısmı.	74
Tablo 3.68:	Ç17 Çeşmesi için iz element ölçüm sonuçlarının ikinci kısmı.	75
Tablo 3.69:	17 Farklı Çeşme Suyunda 37 °C'de Toplam Koloni Sayısı Sonuçları.	77
Tablo 3.70:	Sertlik derece sınıfları.	78

1. GİRİŞ

Su, tüm canlıların varlığını sürdürebilmesi için vazgeçilmez bir doğal kaynaktır. İnsanlık tarihi boyunca, temiz ve sağlıklı suya erişim, medeniyetlerin şekillenmesinde belirleyici rol oynamıştır. Su kaynaklarının korunması, niteliğinin izlenmesi ve sürdürülebilir kullanımının sağlanması günümüzde yalnızca çevresel bir sorumluluk değil, aynı zamanda kültürel bir mirasın da korunması anlamına gelmektedir [1]. Bu bağlamda, tarihî su yapıları ‘özellikle çeşmeler’ yalnızca mimari ya da estetik değer taşımakla kalmayıp, aynı zamanda geçmişin su yönetimi anlayışını, mühendislik becerilerini ve yerleşimlerin sosyo-ekonomik yapısını yansıtan önemli belgelerdir [2].

Gebze, tarih boyunca farklı medeniyetlerin hâkimiyeti altında kalmış; Roma, Bizans ve Osmanlı dönemlerinde önemli bir yerleşim alanı olmuştur. Bu çok katmanlı tarihsel süreç içerisinde inşa edilen çeşmeler, yalnızca kentsel yaşamın su ihtiyacını karşılamakla kalmamış, aynı zamanda bölgenin sosyal hayatında önemli bir işlev görmüştür. Çeşmelerin genellikle dini yapıların, hanların, medreselerin ya da mezarlıkların yakınına inşa edilmiş olması, suyun aynı zamanda kutsal bir unsur olarak algılandığını göstermektedir [3]. Özellikle Osmanlı döneminde suyun kamu yararı gözetilerek vakıf sistemiyle dağıtılması, su mimarisinin ve yönetiminin toplumsal boyutunu da gözler önüne sermektedir [4].

Ancak, bu tarihî yapıların günümüzdeki fiziksel ve çevresel durumu çoğu zaman göz ardı edilmekte, özellikle su kalitesi açısından yeterli denetim ve bilimsel izleme yapılmamaktadır. Oysa tarihî çeşmeler hâlâ aktif su kaynağı olarak kullanılmakta veya sembolik olarak işlevselliklerini sürdürmektedir. Bu bağlamda, tarihî çeşmelerden temin edilen suyun günümüz standartları açısından incelenmesi, halk sağlığı ve çevre koruma açısından olduğu kadar, kültürel mirasın sürdürülebilirliği bakımından da önem taşımaktadır [5], [6].

Gebze’de bulunan tarihî çeşmelerin su kalitesi üzerine yapılacak bu çalışma, hem bölgenin tarihsel dokusunu koruma amacını taşımakta hem de çeşmelerin çevresel güvenilirliğini ortaya koymayı hedeflemektedir. Ayrıca, bu çalışma kapsamında analiz edilecek fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik parametreler aracılığıyla, çeşme sularının içilebilirlik ve çevresel uygunluk düzeyleri değerlendirilecektir. Çalışma,

Türkiye’de benzer nitelikte yapılmış sınırlı sayıdaki araştırmadan biri olmayı amaçlamakta ve su kaynaklarının kültürel sürdürülebilirliğine katkı sağlamayı hedeflemektedir [7].

Araştırma aynı zamanda multidisipliner bir yaklaşımla ele alınacaktır. Çevre mühendisliği, tarih, kültürel miras yönetimi ve halk sağlığı gibi disiplinlerin kesişiminde gerçekleştirilecek analizler, çeşmelerin sadece estetik ya da nostaljik unsurlar olmadığını, aynı zamanda hâlen çevresel bir varlık olarak değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koyacaktır. Türkiye’de yapılan bazı örnek çalışmalarda, tarihî çeşme sularında zamanla ağır metal birikimi, mikrobiyolojik kirlenme ve fizikokimyasal parametrelerde sapmalar tespit edilmiştir [8]. Bu da, çeşmelerin su kaynakları olarak düzenli biçimde izlenmesi gerektiğini göstermektedir.

Sonuç olarak, bu çalışma Gebze bölgesindeki tarihî çeşmelerin yalnızca mimari ve tarihsel değerlerini değil, aynı zamanda günümüz koşullarındaki çevresel durumlarını da ele alarak, kültürel ve doğal miras arasında köprü kurmayı amaçlamaktadır. Böylelikle hem yerel yönetimlerin koruma politikalarına hem de bilimsel literatüre katkı sunulması hedeflenmektedir.

1.1. Literatür Özeti

Çeşmeler ve doğal su kaynakları, insanlık tarihinin en eski dönemlerinden itibaren önemli bir yere sahip olmuştur. İnsan yaşamının temel gereksinimlerinden biri olan suyun özellikle doğal kaynaklardan temini, günümüzde de önemini ve popülerliğini korumaktadır. Ancak yoğun sanayileşme ve yerleşim alanlarının artışına bağlı çevresel baskılar, yüzyıllardır insanlara su sağlayan tarihi çeşme ve kaynakları tehdit etmektedir. Son yıllarda, ulusal ve uluslararası literatürde su kaynaklarının hidrokimyasal değişimleri üzerine çok sayıda çalışma yapılmıştır. Bu konuya ilişkin seçilmiş araştırmaların özetleri aşağıda sunulmaktadır.

1.1.1. Uluslararası çalışmalar

Burkowska-But et al. [2013], Toruń (Polonya) merkezindeki dört çeşmede beş aylık takipte heterotrofik bakteri ve koliform yoğunluğu gözlenmiş, yalnızca belediye şebekesine sürekli bağlı çeşmenin güvenli olduğu sonucuna varılmıştır [9].

Di Giuseppe [2017], Ferrara (İtalya) örneğinde çeşme suları ile düşük mineral içerikli şişe sular kıyaslanmış; Ca^{2+} - Mg^{2+} dengesinin sporcu/halk kullanımı açısından çeşmeler lehine olduğu rapor edilmiştir. Çalışma, çeşmelerin besinsel mineral katkısını vurgulayan bir araştırma olmuştur [10].

Freitas et al. [2017], Brezilya'daki devlet okullarındaki içme suyu çeşmelerinden ve musluk yüzeylerinden alınan örneklerde Salmonella (%31) ve diğer koliformlar (%51) izole edilmiş; su kökenli bakterilerin çoklu antibiyotik direnç genleri taşıdığı gösterilmiştir [11].

Shruti et al. [2020], Meksiko'daki 42 metro istasyonu çeşmesinde L-1 başına 5-91 adet mikrop lastik (microplastic) lif tespit edilmiştir. Polimer analizi, polyester ve epoksi reçinelerin baskın olduğunu göstermiş; çeşmelerin “mikroplastik sıcak noktası” olabileceği ileri sürülmüştür [12].

Blyth et al. [2022], Melbourne'de 12 kamusal içme suyu çeşmesinin 16S rRNA tabanlı bakteri topluluk yapısı incelenmiş, kültürle sayılmayan hücrelerin (TCC) plato sayımlarından 10^3 kat yüksek olduğu gösterilmiştir. Sonuçlar, biyofilm / serbest faz mikrobiyotasının mevsimsel değişkenliğini vurgulamaktadır [13].

Ezea et al. [2022], Nijerya'nın Igbo-Etiti bölgesinde fizikokimyasal parametreler, su kalite indeksi, mineral ve eser elementler, kirlilik indeksleri ve risk değerlendirmesi kullanarak kaynak suyunun içme ve sulama uygulamaları için değerlendirilmesini amaçlamıştır. Elde edilen sonuçlar, Nijerya İçme Suyu Kalitesi Standardı (NSDWQ), WHO ve ABD EPA tarafından içme suyu amaçları için belirlenen kılavuz değerler dahilinde olup olmadığını belirlenmiştir [14].

Mengstie et al. [2023], Etiyopya'nın Hawassa bölgesinde içme suyu kalite parametrelerini analiz etmek için 21 su numunesi (11 kaynak, 4 servis rezervuarları, 6 musluk suyu) analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Ulusal İçme Suyu Kalite Standartları (NDWQS) ile değerlendirilmiştir [15].

El Baroudi et al. [2024], Fas'ta yer alan Rabat-Salé-Kenitra bölgesindeki sekiz adet şehirde, içme suyu kalitesini değerlendirilmesi ve nüfus üzerindeki potansiyel sağlık risklerini değerlendirmeye yönelik çalışma gerçekleştirmiştir. Elde ettikleri analiz sonuçlarını Dünya Sağlık Örgütü (WHO) standartları göz önünde tutarak halk sağlığını açısından risklerin olup olmadığını belirlemiştir [16].

1.1.2. Ulusal Çalışmalar

Dönderici vd. [2010], Adana Hıfzısıhha Enstitüsü Müdürlüğü Su Kimyası Laboratuvarına gönderilen kaynak sularının fiziksel ve kimyasal kalite parametrelerini incelemiş; renk, tat, koku, bulanıklık, iletkenlik, pH, alüminyum, demir, bor, arsenik, mangan, amonyum, ozon ve bromat gibi bileşenler üzerinde analizler gerçekleştirerek halk sağlığı açısından olası riskleri değerlendirmiştir. Çalışmada, son yıllarda ülkemizde kullanımı artan bir dezenfektan olan ozonun, kaynak sularında bromat oluşumuna yol açtığı; ayrıca bor, mangan ve arsenik varlığının kirlilik göstergesi olarak değerlendirildiği belirtilmiştir. Bu kapsamda, yetkili kurumlarca periyodik kontrollerin yapılması, risk analizlerinin gerçekleştirilmesi ve toplumun sağlıklı su kullanımı konusunda bilgilendirilmesinin halk sağlığı açısından önemli olduğu vurgulanmıştır [17].

Şekerci vd. [2014], Erzurum kent merkezindeki 45 çeşme örneğinde toplam/fekal koliform oranı %22,7 olup; su sıcaklığı, iletkenlik ve makro-iyon sonuçları TS 266 çerçevesinde yorumlanmıştır [18].

Sezen vd. [2015], Erzurum’da tarihî mahalle çeşmelerinden tüketilen suya bağlı çoklu patojen (astrovirus, norovirus, Shigella sonnei) salgını olgu-kontrollü tasarımla incelenmiş; çeşme suyu içenlerin hastalık riskinin 20 kat arttığı hesaplanmıştır. Çalışma, çeşme-kökenli akut halk sağlığı tehlikesine dair güçlü epidemiyolojik kanıt sunmaktadır [19].

Atıcı vd. [2016], Van’ın Erciş ilçesinde ve çevresindeki yerleşim yerlerinde yer alan, içme suyu olarak kullanıldığını düşündükleri sulara fiziksel kimyasal ve mikrobiyolojik analizler gerçekleştirmişlerdir. Çalışma sonunda elde ettikleri sonuçlar “Yüzeyel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, TS-266 ve İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik” kriterlerine göre değerlendirilmiştir [20].

Gültekin vd. [2017], İstanbul Anadolu yakasındaki 10 doğal kaynak çeşmesinden bir yıl boyunca alınan 95 örnekte pH (26/95 örnekte), serbest klor (92/95) ve iletkenlik limit aşımaları saptanmıştır; diğer ana iyonlar genelde standartlarla uyumluğunu vurgulamıştır [21].

Gürbüz ve Güngör [2018], Mardin’de yer alan depo, kuyu ve şebeke suları için fiziksel ve kimyasal içeriklerinin tespiti için analizler gerçekleştirmiştir. Sonucunda ise halk sağlığı açısından İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik ve TS 266 Standardında belirtilen limitlere uygun olup olmadığını saptanmıştır [22].

Kocamaz [2023], Konya kırsalındaki Ladik-Kurşunlu-Sızma yerleşimlerindeki 15 doğal kaynak çeşmesinde ICP-OES ile Cd, Pb, Co, Ni gibi ağır metal limit aşımaları (%60 koliform pozitifliğiyle birlikte) rapor edilmiştir. Özellikle Cd-Pb seviyeleri WHO ve TS-266’i aştığı tespit edilmiştir [23].

Atasever vd. [2024], Gümüşhane kent merkezi ve beş ilçede toplam 97 çeşme üzerinde çalışmıştır. Alınan örneklerde pH, EC ve amonyum değerleri standarda uygun bulunmuş; %39,2’sinde E. coli / koliform uygunsuzluğu ve bazı numunelerde Fe-Al limit aşımaları saptandığı tespit edilmiştir [24].

Latif vd. [2024], Pakistan’ın Lahor şehrinde bulunan Gulshan-e-Ravi ve Samanabad bölgesindeki içme suyu kalite parametrelerini değerlendirilmiştir. Seçilen fiziko-kimyasal parametrelerin sonuçları, içme suyu kalitesini belirlemek için Dünya Sağlık Örgütü (WHO) yönergeleriyle karşılaştırılmıştır [25].

Kaya [2025], Gümüşhane ili merkezine su sağlayan kaynaklardan Bahçecik barajı ve il merkezinde kullanılan içme suyu için nadir elementler açısından analizler gerçekleştirmiştir. Elde edilen sonuçlar, Türk Standartları Enstitüsünün ve Dünya Sağlık Örgütünün belirlediği standart değerlerle karşılaştırılmıştır [26].

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Çalışma Alanı

Kocaeli Yarımadası, Asya ve Avrupa arasında bir geçiş noktası olması nedeniyle tarih boyunca birçok uygarlık için stratejik bir öneme sahip olmuş ve sürekli yerleşim alanı olarak tercih edilmiştir. Bu bağlamda, Gebze bölgesi tarih boyunca önemli bir cazibe merkezi olmuştur. Antik kaynaklara göre Gebze, M.Ö. 4. yüzyılda Bitinya Kralı I. Nikomedes tarafından kurulmuştur [27]. M.Ö. 73 yılında Roma İmparatorluğu'nun hâkimiyetine giren kent, kısa süreliğine Arap akınları sonucunda el değiştirmiştir [28]. Bu dönemin ardından, Osmanlı egemenliğine kadar Bizans sınırları içinde yer almıştır. Gebze'nin ilk yerleşim alanının günümüzdeki Eskihsar Mahallesi olduğu belirtilmektedir (Şekil 2.1) [29].



Şekil 2.1: Gebze ilçesine bağlı Eskihsar Mahallesi'nden bir görünüm.

Gebze'nin Osmanlı dönemindeki kurumsallaşması, Orhan Gazi'nin bölgeye gerçekleştirdiği seferler sonrasında başlamıştır. Orhan Gazi, bölgenin imarını sağlamak amacıyla üretim tesisleri ve vakıflar kurmuş, böylece sosyal ve ekonomik

altyapıyı güçlendirmiştir [30]. Aynı zamanda Gebze, Osmanlı ordularının konaklama ve hazırlık alanı olarak da kullanılmıştır.

Ankara Savaşı'nın (1402) ardından Gebze, kısa süreliğine tekrar Bizans egemenliğine geçmiş, ancak 1420 yılında Çelebi Sultan Mehmed döneminde kesin olarak Osmanlı topraklarına katılmıştır [31]. Bu tarihten itibaren, Osmanlı Devleti'nin sonuna kadar Gebze bir Osmanlı kasabası olarak varlığını sürdürmüştür.

I. Dünya Savaşı sonrasında imzalanan Mondros Mütarekesi (1918) ile birlikte Gebze, önce İngiliz kuvvetleri tarafından işgal edilmiş, 1920 yılında bölge Yunan güçlerine devredilmiştir. Gebze, 12 Ekim 1922 tarihinde düşman işgalinden kurtarılmış ve bu tarih günümüzde her yıl "Gebze'nin Kurtuluş Günü" olarak anılmaktadır [32].

Gebze tarihi süreçlerinin yanı sıra günümüzde de oldukça konum açısından önemli bir politik konuma sahiptir. 1997 nüfus sayımı sonuçlarına göre Kocaeli ilinin toplam nüfusu 1.175.190 olup, bunun 402.916'sını Gebze oluşturmuştur. Bu değer, ilin toplam nüfusunun %34,28'ine karşılık gelmektedir. 1965-1997 yılları arasında Türkiye genelinde nüfus artış oranı %100,8 iken, aynı dönemde Gebze'de bu oran %111,8 olarak gerçekleşmiştir [33]. 2008 yılında gerçekleştirilen yerel seçimler öncesinde Gebze'nin nüfusu 500.000'in üzerinde iken, bu süreçte Darıca, Çayırova ve Dilovası'nın ilçe statüsü kazanmasıyla Gebze'nin idari sınırları daralmıştır. Ancak Türkiye İstatistik Kurumu'nun Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi verilerine göre 2020 yılı sonunda Gebze ilçe nüfusu 392.945, bölge nüfusu ise 799.075 kişi olarak kaydedilmiştir [34].

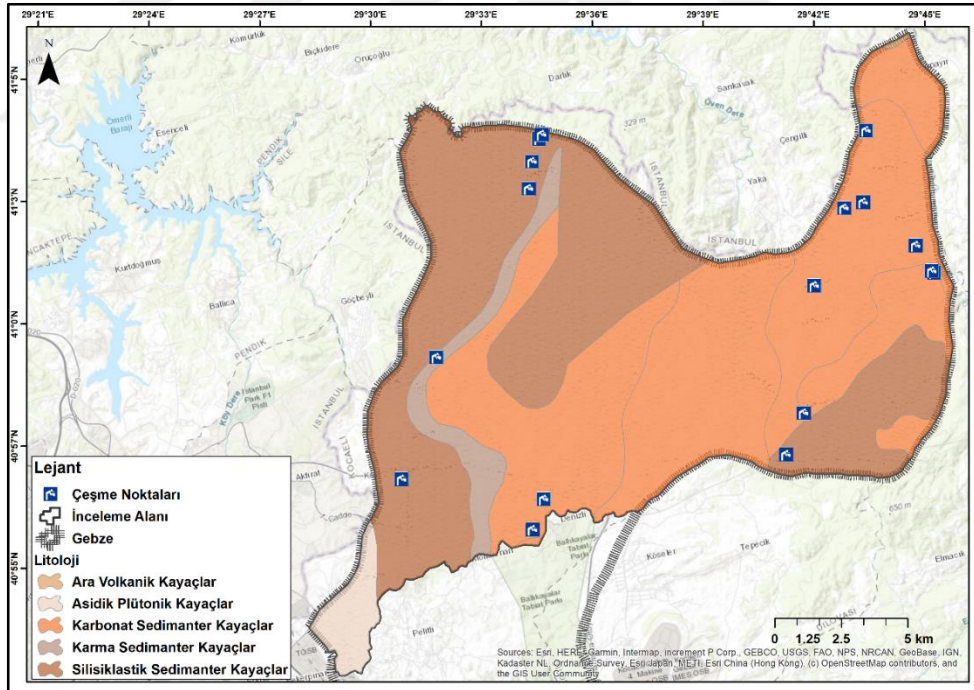
Nüfus gelişiminin yanı sıra Gebze, ekonomik göstergeler bakımından da dikkat çekici bir konuma sahiptir. Kocaeli'nin bir ilçesi olmakla birlikte, gerek üretim faaliyetleri gerekse iş gücü hareketliliği açısından İstanbul ile güçlü bir etkileşim içerisinde. Coğrafi yakınlık, Gebze'nin sanayi ve hizmet sektörlerinde hızlı bir gelişim göstermesini sağlamış, ilçe bu yönüyle bölgesel kalkınmada önemli bir rol üstlenmiştir [35]. Türkiye'nin ekonomik gelişmişlik düzeyi en yüksek illeri arasında yer alan Kocaeli'nin ekonomik yapısında Gebze'nin payı oldukça yüksektir. Ayrıca Gebze Organize Sanayi Bölgesi'nin ilçe sınırları içinde yer alması, bu ekonomik potansiyelin kurumsal düzeydeki en önemli göstergelerinden biridir [36].

Gebze'nin nüfus ve ekonomik gelişimi, ilçenin kentsel alanlarının yanı sıra kırsal bölgelerinde de farklı yönleriyle önem taşımaktadır. Bu kırsal yerleşimlerde öne çıkan

unsurlardan biri, yerel halk tarafından inşa edilen çeşmelerdir. Tarihsel süreçte günlük yaşamın temel bir parçası olan bu çeşmeler, günümüzde yalnızca kültürel bir miras olarak değil, aynı zamanda içme suyu kaynağı olma potansiyeliyle de dikkat çekmektedir. Bu nedenle, söz konusu çeşmelerden temin edilen suların kalite özelliklerinin ve içme suyu olarak kullanılabilirliğinin incelenmesi, halk sağlığı ve sürdürülebilir kaynak yönetimi açısından oldukça önem kazanmaktadır.

2.2. Çalışma Alanının Jeolojik Özellikleri

Çalışma alanı, litolojik açıdan oldukça karmaşık bir yapıya sahiptir ve bu durum, bölgedeki yeraltı sularının kimyasal karakteri ile doğrudan ilişkilidir. İnceleme alanında, her ne kadar çok dar bir alanda ve doğrudan su kaynağı noktasında yer almasa da, ara volkanik kayalar, asidik plütonik kayalar, karbonatlı sedimanter kayalar, karma sedimanter kayalar ve silisiklastik sedimanter kayalar gözlenmektedir. Bölgeye ait litoloji haritası **Şekil 2.2**'de sunulmuştur.



Şekil 2.2: Çalışma alanının litolojik haritası.

Asidik plütonik kayalar (örneğin granit, granodiyorit) ve ara volkanik kayalar (andezit, dasit vb.) çözünürlüğü düşük silikat minerallerinden oluşur. Bu kayalarda iyon değişimi ve minerallerin ayrışma hızı düşük olduğu için, bu bölgelerden süzülen sular genellikle yumuşak veya orta sert karakterdedir. Bu zonlarda suyun kısa yeraltı

dolaşımı ve düşük temas süresi nedeniyle Ca^{2+} ve Mg^{2+} derişimleri sınırlıdır [37]. Dolayısıyla litolojik açıdan, sertliğin yüksek olduğu bölgelerin karbonatlı birimlerle, düşük olduğu alanların ise volkanik ve plütonik kayalarla ilişkili olduğu söylenebilir. Karbonat sedimanter kayalar, özellikle kireçtaşı ve dolomit litolojilerinden oluşmakta olup, suyun yeraltında ilerlemesi sırasında Ca^{2+} ve Mg^{2+} iyonlarının çözeltiye geçmesini sağlamaktadır. Bu süreç, karbonat çözünürlüğünün ve $\text{CO}_2\text{--CaCO}_3$ denge reaksiyonlarının etkisiyle gerçekleşmekte ve suyun toplam sertliğini doğrudan artırmaktadır [38]. Bu nedenle bu birimlerin yoğun olduğu bölgelerde, sertlik değeri genellikle 150–300 mg/L CaCO_3 (sert – çok sert) aralığında seyretmektedir [39], [40].

Karma sedimanter kayalar, karbonat ve silisiklastik bileşenlerin birlikte bulunduğu heterojen bir yapıya sahiptir. Bu birimlerde hem karbonat çözünürlüğü hem de kısmen feldispat ayrışması etkili olabilmekte, bu da suyun sertlik karakterinde mevsimsel değışkenliğe neden olmaktadır [41].

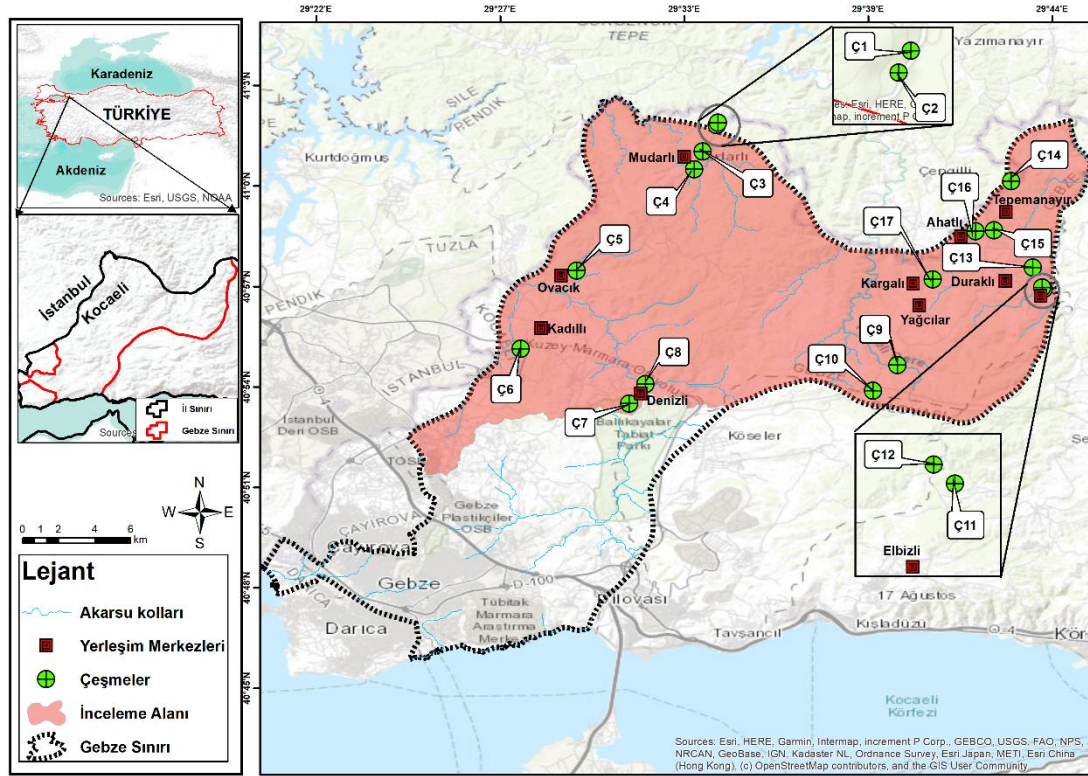
Silisiklastik sedimanter kayalar, kumtaşı, şeyl ve kıltaşı gibi düşük çözünürlükteki mineralleri içerdikleri için Ca--Mg iyonu bakımından fakirdir [42]. Bu nedenle bu birimlerdeki sular genellikle 75–150 mg/L CaCO_3 (orta sert) düzeyinde kalmakta ve mevsimsel değışimden daha sınırlı etkilenmektedir.

2.3. Çalışma Alanındaki Çeşme ve Kaynak Sularının İncelenmesi

Gebze'nin kırsal alanı olarak değeriendirilen köyler, İzmit Körfezi kıyılarından başlayarak kuzeye doğru Kocaeli Yarımadası'nın iç kesimlerine kadar uzanmaktadır. Yakın döneme kadar bu köylerin temel geçim kaynaklarını ormancılık, tarım ve hayvancılık oluşturmuştur. Yerleşim düzenleri ile ekonomik faaliyetlerin biçimlenmesinde ise büyük ölçüde fiziki çevre koşulları belirleyici olmuştur [43]. 2013 yılında yürürlüğe giren Büyükşehir Yasası ile köyler mahalle statüsüne geçirilmiş olmakla birlikte, tez kapsamında kavramsal tutarlılığın sağlanabilmesi amacıyla 'köy' ifadesi kullanılmaya devam edilmiştir.

Arazi çalışmaları sonucunda incelenen 10 köyde toplam 17 adet çeşme tespit edilmiştir. Yerleşim alanlarının büyük ölçüde merkezde yoğunlaşması ve şehirleşmenin yüksek düzeyde olması nedeniyle, incelenen çeşmelerin özellikle kuzey

kesimlerde toplandığı görülmektedir. Bu çerçevede, söz konusu 10 adet köyün her biri, ayrı alt başlıklar altında ele alınarak değerlendirilmiştir (Şekil 2.3).



Şekil 2.3: Gebze ilçesine ait yer bulduru haritası.

2.3.1. Mudarlı Köyü – Sahibül Çeşmesi (Ç1), Haskovalı Çeşmesi (Ç2), Söğütlü Çeşmesi (Ç3) ve Cemil Koşyer Çeşmesi (Ç4)

Mudarlı Köyü, Gebze ilçe merkezine en uzak yerleşim birimlerinden biridir ve merkeze yaklaşık 35 km mesafede, ilçenin kuzey kesiminde konumlanmaktadır (Şekil 2.3). İstanbul ile sınır oluşturan köylerden biri olan Mudarlı'nın çevresi geniş ormanlık alanlarla kaplıdır. Köyün ekonomik yapısı ağırlıklı olarak tarım ve hayvancılığa dayanmaktadır [43]. Mudarlı Köyü'nde yer alan çeşmeler, geçmiş dönemlerde genellikle hayrat olarak inşa edilmiş olup yerel halkın günlük su ihtiyacını karşılamada önemli bir işlev üstlenmiştir. Aylık numune alma çalışmalarımız sırasında yapılan gözlemler, Ç1 Çeşmesi'nin Mudarlı ve komşu köyler için en fazla talep gören çeşme olduğunu göstermektedir. Ç1 ve Ç2 Çeşmeleri, Mudarlı Köyü'nün çıkışında, Darlık Köyü yönüne giden yol üzerinde ve birbirine oldukça yakın konumda bulunmaktadır. Aynı güzergâh üzerinde bu iki çeşmeye yakın mesafede üçüncü bir çeşme daha yer

almakta olup, bu çeşmenin uzun süredir su akışının olmadığı ve kuru durumda bulunduğu, yerel halkla yapılan görüşmeler sonucunda belirlenmiştir. Bu nedenle, söz konusu güzergâhta aktif durumda bulunan iki çeşme (Ç1 ve Ç2) çalışma kapsamına dahil edilmiştir. Ç3 Çeşmesi, köy çıkışında yer almakla birlikte Ç1 ve Ç2'ye kıyasla köy merkezine daha yakındır. Son olarak, Ç4 Çeşmesi, köyün giriş kısmında, mezarlığın hemen önünde konumlanmaktadır. Her bir çeşmenin görseli **Şekil 2.4**'te yer almaktadır.



Şekil 2.4: Mudarlı köyünde yer alan çeşme görselleri.

2.3.2. Ovacık Köyü – Ovacık Çeşmesi (Ç5)

Ovacık Köyü, Gebze ilçesinin kuzey kesiminde yer almakta olup ilçe merkezine yaklaşık 29 km uzaklıktadır (**Şekil 2.3**). Köyün batısında Göçbeyli, kuzeyinde Mudarlı, güneyinde Kadıllı ve doğusunda Cumaköy bulunmaktadır. Yerleşim, Çardaktepe ve Tavşantepe arasında kalan alçak ve düzlük bir bölgede

konumlandığından dolayı “Ovacık” adını almıştır. Köyde yer alan çeşme, yerleşimin giriş kısmında konumlanmaktadır (**Şekil 2.5**). Çeşmenin inşa tarihine ilişkin herhangi bir bilgi, yapı üzerinde yer almamaktadır. Yerel halkla yapılan görüşmeler, çeşmenin oldukça eski dönemlerden beri var olduğunu göstermektedir. Çeşme üzerinde Arapça bir kitabe bulunmasına karşın, yerel halk kitabenin içeriği ve tarihi hakkında detaylı bilgiye sahip değildir. Çeşme, köy girişinde çalılık bir alanın altında, dikkat çekmeyecek bir konumda yer almakta olup mimari dokusunun bozulmamış olması kültürel açıdan önemli bir değer taşımaktadır.



Şekil 2.5: Ovacık köyünde yer alan çeşme görseli.

2.3.3. Kadıllı Köyü – Çöklen Çeşmesi (Ç6)

Kadıllı Köyü, Gebze ilçesinin kuzeyinde konumlanmakta olup ilçe merkezine yaklaşık 21 km uzaklıktadır (**Şekil 2.3**). Doğusunda Cumaköy arazisi, kuzeyinde ise Ovacık Köyü yer almaktadır. Yerel halkın temel geçim kaynaklarını tarım, hayvancılık ve ormancılık faaliyetleri oluşturmaktadır. Köyde yer alan çeşme, Kadıllı köyüne

gelmeden önce güney kesiminde konumlanmaktadır ( ekil 2.6).  e me, diğer köylerdeki örneklerden farklı olarak, cüzi bir ücret karşılığında su temini sağlamaktadır. Bu uygulama, yerel yönetim ve köy halkı açısından ek bir gelir kaynağı oluşturması bakımından dikkat çekicidir. Saha  alı maları kapsamında yapılan gözlemler ve yerel halkla gerçekleştirilen görüşmeler sonucunda, yalnızca komşu köylerden değil, İstanbul ilinin hem Asya hem de Avrupa yakalarından gelen kişilerin de  e me suyunu özellikle lezzet ve i im kalitesi açısından tercih ettikleri belirlenmiştir. Bu bulgular, hem yerel halkın aktardığı bilgiler hem de  e meden su satışını gerçekleştiren kişiyle yapılan görüşmeler aracılığıyla kayıt altına alınmıştır.



Şekil 2.6: Kadıllı köyünde yer alan  e me görseli.

2.3.4. Denizli Köyü – Sarı  e me ( 7) ve Denizli  e mesi ( 8)

Denizli Köyü, Gebze'nin en büyük köylerinden biri olup ilçe merkezine 19 km uzaklıkta ve deniz seviyesinden 114 metre yükseklikte bulunmaktadır ( ekil 2.3). Köy çevresinde çeşitli akarsu kaynakları yer almaktadır. Geçmişte köy halkının temel

geçim kaynaklarını tarım ve hayvancılık oluştururken, günümüzde bu faaliyetler büyük ölçüde sona erme noktasına gelmiştir. Ç7 Çeşmesi, köyün girişinde ana yolun sağ tarafında yer almaktadır. Yerel halk, köyde bulunan iki çeşmeden (Ç7 ve Ç8) genellikle Ç7 Çeşmesi'ni tercih etmektedir. Çeşmenin yapım tarihi 1948 olarak kaydedilmiştir. Yerel yönetimler tarafından yürütülen yol yapım çalışmaları sırasında, çeşme korunmak amacıyla günümüzdeki formuna dönüştürülmüştür. Ç8 Çeşmesi ise köy merkezinin dışında, ormanlık alanın iç kısmında yer almakta olup formu değiştirilmemiştir. Ulaşım açısından Ç7 Çeşmesi'ne kıyasla daha bakir bir konumdadır. Her iki çeşmeye ait görseller **Şekil 2.7**'de sunulmuştur.

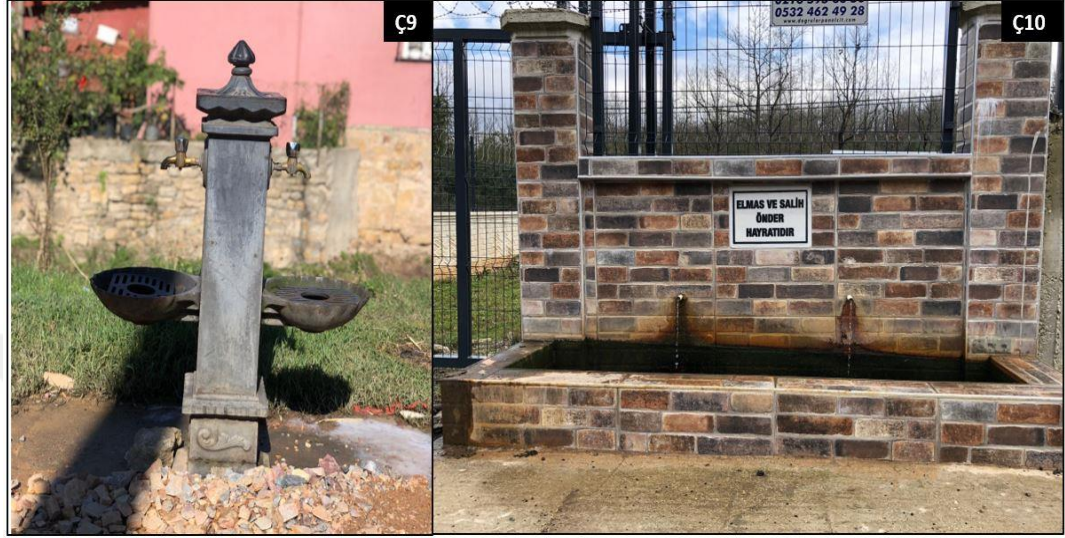


Şekil 2.7: Denizli köyünde yer alan çeşme görselleri.

2.3.5. Yağcılar Köyü – Yağcılar Çeşmesi (Ç9) ve Elmas Salih Çeşmesi (Ç10)

Yağcılar Köyü, Gebze ilçe merkezine yaklaşık 30 kilometre uzaklıkta yer almaktadır (**Şekil 2.3**). Tarihsel süreçte bir dönem Kargalı Köyü'ne bağlı bir yerleşim olarak varlık göstermiş olan köy, günümüzde yeniden bağımsız bir idari birim olarak faaliyetini sürdürmektedir. Köy, doğal çevresi, yerleşim düzeni ve kültürel mirasıyla bölgedeki geleneksel kırsal yaşam biçiminin izlerini taşımaktadır. Bu yerleşim içerisinde konumlanan çeşmelerden Ç9, köyün merkezinde yer almakta olup ulaşım açısından oldukça elverişli bir noktadadır. Günlük yaşamda köy halkı tarafından sıklıkla kullanılan bu çeşme, hem işlevsel hem de sosyal bir odak noktası niteliğindedir. Yerel yönetimler tarafından gerçekleştirilen düzenlemeler sonucunda, Ç9 Çeşmesi'nin formu daha estetik, dayanıklı ve kullanışlı bir hale getirilmiştir. Diğer yandan, Ç10 Çeşmesi köy merkezine ulaşmadan hemen önce, giriş kısmında yer

almakta ve konumu itibarıyla Ç9'a kıyasla daha az ziyaret edilmektedir. Bu durumun temel nedeni, Ç10'un köy halkının yoğun olarak ikamet ettiği alanlara nispeten uzak bir konumda bulunması olarak değerlendirilebilir. Her iki çeşmeye ait görseller **Şekil 2.8**'de sunulmuştur.



Şekil 2.8: Yağcılar köyünde yer alan çeşme görselleri.

2.3.6. Elbizli Köyü – Kaptan Çeşmesi (Ç11) ve Karabayır Çeşmesi (Ç12)

Elbizli Köyü, Duraklı Köyü'nün yaklaşık 3 kilometre güneyinde konumlanmakta olup, Gebze'nin en küçük köylerinden biridir (**Şekil 2.3**). İlçe merkezine 49 kilometre uzaklıkta bulunan köy, hem konumsal olarak merkeze olan mesafesi hem de sınırlı yüzölçümü nedeniyle nüfus ve ekonomik faaliyetler açısından diğer köylere kıyasla daha sınırlı bir gelişim göstermektedir. Köy sınırları içerisinde yer alan iki çeşme (Ç11 ve Ç12) birbirine oldukça yakın konumdadır (**Şekil 2.9**). Ç12 Çeşmesi, debi bakımından Ç11 Çeşmesi'ne göre belirgin biçimde daha yüksek bir su akışına sahiptir. Her iki çeşmenin üzerinde yapım tarihine ilişkin herhangi bir bilgi bulunmamakla birlikte, hayrat amaçlı inşa edildikleri bilinmektedir. Bu nedenle, çeşmelerin

adlandırılması da bu doğrultuda yapılmıştır. Her iki çeşmeye ait görseller **Şekil 2.9**'da sunulmuştur.



Şekil 2.9: Elbizli köyünde yer alan çeşme görselleri.

2.3.7. Duraklı Köyü – Şerafettin Fidan Çeşmesi (Ç13)

Duraklı Köyü, Gebze ilçe merkezine yaklaşık 40 kilometre uzaklıkta olup, ilçenin kuzeydoğusunda konumlanmaktadır (**Şekil 2.3**). Köyün güneybatısında Yağcılar, batısında ise Kargalı Köyü yer almaktadır. Tarihsel kaynaklara göre köyün yaklaşık 500 yıl önce kurulduğu düşünülmektedir. Yerel halkın temel geçim kaynaklarını tarım ve hayvancılık oluşturmaktadır. Günümüzde özellikle meyve ve sebze tarımı, köy ekonomisinde önemini koruyan başlıca faaliyetler arasındadır. Bu bağlamda, su kaynaklarının köy yaşamı açısından taşıdığı önem oldukça büyüktür. Köyde bulunan çeşme, 1994 yılında bir hayırsever vatandaş tarafından “hayrat” olarak inşa edilmiştir (**Şekil 2.10**). Bu çalışma kapsamında, numunelerin alındığı ilk sekiz aylık dönemde, çeşmenin doğal akışa sahip bir pınar şeklinde olduğu tespit edilmiştir. Eylül ayından itibaren başlatılan kaptaj çalışmaları sonucunda, pınarın suyu bir depoya yönlendirilmiş ve musluk aracılığıyla su teminine yönelik düzenlemeler yapılmıştır. Bu nedenle, numune alım çalışmalarının son dört ayında söz konusu pınardan örnek alınamamıştır.



Şekil 2.10: Kadıllı köyünde yer alan çeşme görseli.

2.3.8. Tepemenayır Köyü – Kokarca Çeşmesi (Ç14)

Tepemenayır Köyü, Gebze ilçe merkezine 52 kilometre mesafe ile en uzak köy konumundadır (**Şekil 2.3**). İlçenin kuzeydoğusunda yer alan köy, İstanbul'un Şile ilçesiyle sınır oluşturmaktadır. Güneyinde Hatipler, güneybatısında ise Ahatlı Köyü bulunmaktadır. Deniz seviyesinden 220 metre yükseklikte konumlanan yerleşim, adını eteklerine kurulduğu tepeden almaktadır. Köyün çevresi geniş ormanlık alanlarla kaplıdır. Bölgede yer alan çeşme, köy merkezinin girişine oldukça uzak bir konumda, köye ulaşmadan önce ormanlık yolun orta kesimlerinde bulunmaktadır. Yapım tarihi 1884 yılına dayanan çeşme, yerel otoriteler tarafından restorasyondan geçirilmiştir. Çeşme, hem korunması hem de estetik görünümünün iyileştirilmesi amacıyla küçük mozaik taşlarla kaplanmış, böylece günümüzdeki formuna kavuşturulmuştur. Çeşmenin mevcut görünümü **Şekil 2.11**'de sunulmuştur.



Şekil 2.11: Tepemanayır köyünde yer alan çeşme görseli.

2.3.9. Ahatlı Köyü – Ahmet Davcı Çeşmesi (Ç15) ve Doğan Çeşmesi (Ç16)

Ahatlı Köyü, Elbizli Köyü gibi Gebze'nin küçük köylerinden biridir (Şekil 2.3). Köy nüfusunun az olmasının başlıca nedeni, geçmiş yıllardan itibaren süregelen yoğun göç hareketleridir. Görsellerde yer alan çeşmelerden (Şekil 2.12) Ç15, köyün kuzeydoğusunda, ormanlık alanın iç kesimlerinde konumlanmaktadır. Arazi çalışmaları sırasında yapılan gözlemler, bu çeşmenin yerel halk tarafından sıklıkla kullanıldığını göstermiştir. Ç16 Çeşmesi ise köy çıkışında, yolun kenarında ve çimenlik alanın hemen üzerinde yer almaktadır. Duraklı Köyü'nde bulunan çeşmede olduğu gibi, Ç16 Çeşmesi de temmuz–aralık ayları arasında kuru olarak

kaydedilmiştir. Ancak Ç13 Çeşmesi'nden farklı olarak, Ç16'da bu süreçte yapısal veya görsel açıdan belirgin bir değişim gözlemlenmemiştir.



Şekil 2.12: Ahatlı köyünde yer alan çeşme görselleri.

2.3.10. Kargalı – Koz Çeşmesi (Ç17)

Kargalı Köyü, Gebze ilçe merkezine yaklaşık 38 km uzaklıkta olup ilçenin kuzeydoğu kesiminde konumlanmaktadır (Şekil 2.3). Kuzeyde, İstanbul ile sınır oluşturan köyün güneyinde Yağcılar, güneybatısında ise Denizli Köyü bulunmaktadır [Şükür, R.]. burada yer alan çeşme tarihi dokusunu hala korumaktadır (Şekil 2.13).



Şekil 2.13: Kargalı köyünde yer alan çeşme görselleri.

2.4. Su Kalitesi Parametreleri

Arazi çalışmaları kapsamında, 10 farklı yerleşim yerinden toplam 17 adet çeşme belirlenmiş ve 12 ay boyunca düzenli ölçümler gerçekleştirilmiştir. Su kalitesi izleme çalışmaları için gerekli tüm ön hazırlıklar (numune şişelerinin hazırlanması ve cihazların kalibrasyon işlemleri) standart prosedürlere uygun şekilde titizlikle tamamlanmıştır. Numunelerin uygun koşullarda alınması, gün içerisinde korunması ve laboratuvara taşınması süreçleri büyük bir hassasiyetle yürütülmüştür. Analiz sürecinde, ölçümlerin doğruluğunu ve tekrarlanabilirliğini sağlamak amacıyla işlem süreleri minimumda tutulmuş ve her bir analiz adımının sırası değiştirilmeden yürütülerek, ölçümlerde stabilite sağlanmıştır. Bu durum su kalitesi değerlendirmelerinin ulusal ve uluslararası standartlarla uyumlu şekilde yapılabilmesinin ön şartıdır. İçme sularının kalitesi, insan sağlığının korunması ve sürdürülebilir su kaynaklarının yönetimi açısından kritik önem taşımakta olup, Türkiye’de bu kapsamda esas alınan temel düzenleme TS 266 İnsani Tüketim Amaçlı Sular Standardı’dır. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Avrupa Birliği (AB) içme suyu direktifleri ile uyumlu olarak hazırlanan bu standart, elde edilen analiz sonuçlarının yorumlanmasında ve suyun güvenilirliğinin değerlendirilmesinde yol gösterici bir çerçeve sunmaktadır [44]. Bu çalışmada analizleri yapılan 17 adet çeşme ve kaynaktan, 22 adet parametrenin ölçümü gerçekleştirilmiştir. Yukarıda bahsedilen standartlar ve literatürdeki değerler alınarak ölçülen parametrelerin sınır değerleri **Tablo 2.1**’de verilmiştir [45], [46].

Tablo 2.1: TS 266'ya göre içme suyu kalite parametreleri.

Parametre	Sınır Değer	Birim
pH	6.5 – 9.5	-
Elektriksel İletkenlik (EC)	2500	$\mu\text{S/cm}$
Toplam Sertlik **	500	mg/L CaCO_3
Askıda Katı Madde (AKM)	5	mg/L
Tuzluluk (NaCl eşdeğeri) **	0.5	‰
Amonyum / Amonyum azotu ($\text{NH}_3^+\text{-N}$) *	0.5 / 0.39	mg/L
Nitrat / Nitrat azotu ($\text{NO}_3^-\text{-N}$) *	50 / 11.39	mg/L
Sodyum (Na)	200	mg/L
Magnezyum (Mg) **	50	mg/L
Kalsiyum (Ca) **	200	mg/L
Mangan (Mn)	0.05	mg/L
Potasyum (K) **	12	mg/L
Demir (Fe)	0.20	mg/L
Alüminyum (Al)	0.20	mg/L
Kurşun (Pb)	0.01	mg/L
Nikel (Ni)	0.02	mg/L
Bakır (Cu)	2.0	mg/L
Çinko (Zn)	5.0	mg/L
Kadmiyum (Cd)	0.005	mg/L
Escherichia coli (E. coli)	0	100 mL
Koliform Bakteri	0	100 mL
Toplam Koloni Sayımı (37°C)	20	KOB/mL
*: TS 266 içme suyu sınır değerlerinde Amonyum ve Nitrat değerleri azot formunda yer almamaktadır. Nitrat ve amonyum türlerinin “azot” cinsinden ifade edilmesi, su ve çevre analizlerinde yaygın olarak kullanılan bir standartlaştırma yöntemi olmaktadır. Bu dönüşüm, mevcut bileşiğin mol kütlesi içindeki azot atomunun oranı dikkate alınarak yapılmaktadır. Buna göre, nitratın (NO_3^-) nitrat azotuna ($\text{NO}_3\text{-N}$) dönüştürülmesinde 4,39 katsayısı; amonyumun (NH_4) amonyum azotuna ($\text{NH}_4\text{-N}$) dönüştürülmesinde ise 1,29 katsayısı kullanılmaktadır.		
**: Bu değerler içme suyu kalitesi değerlendirmelerinde referans olarak Yeşiltaş ve Yılmaz (2022) tarafından belirtilmektedir.		

2.4.1. Yerde Ölçüm Parametreleri

Su kalitesi değerlendirmesi kapsamında, yerde ölçüm parametreleri olarak pH, çözünmüş oksijen (mg/L), elektriksel iletkenlik ($\mu\text{S}/\text{cm}$), oksijen indirgeme potansiyeli (mV) ve sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) değerleri anlık olarak ölçülmüştür. Bu parametrelerin anlık ölçümü, değerlerde kısa sürede meydana gelebilecek değişimlerin önlenmesi açısından kritik öneme sahiptir. Ölçümler için iki adet Hach Lange HQ40D çoklu ölçüm cihazı ve toplam dört adet ölçüm probu kullanılmıştır (**Şekil 2.14**). Kullanılan problemlerin kodları sırasıyla PHC101 (pH), LDO101 (çözünmüş oksijen), CDC401 (elektriksel iletkenlik) ve MTC101 (oksijen indirgeme potansiyeli) şeklindedir. Sıcaklık parametresi tüm cihazlarda mevcut olup, dört cihazdan elde edilen sıcaklık değerlerinin ortalaması alınarak değerlendirme yapılmıştır.



Şekil 2.14: Yerde ölçüm gerçekleştirilen cihaz ve prob örneği.

2.4.2. Laboratuvar Ölçüm Parametreleri

Su kalitesi değerlendirmesi kapsamında laboratuvar ortamında ise Tuzluluk, Amonyum Azotu, Nitrat Azotu, Askıda Katı Madde, Toplam Kjeldahl Azotu, Sertlik ve ICP-OES cihazı ile element (Na, Mg, K, Ca, P, Si, Sr, Fe, Ni, Cu, Zn, Pb, Cr, Mn, Al) ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Ölçülen bu yöntemler, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (23. baskı) esas alınarak gerçekleştirilmiştir [47]. Askıda katı madde (TSS) tayini için SM 2540 D yöntemi uygulanmıştır. Fakat numunelerde herhangi bir AKM değeri saptanmamıştır. Azotlu bileşiklerden amonyak azotu tayini için SM 4500-NH₃-C (titrimetrik metot), nitrat azotu için SM 4500-NO₃-B (spektrometrik metot), toplam Kjeldahl azotu (TKN) için ise SM 4500-Norg-B yöntemleri kullanılmıştır. Ayrıca ICP-OES cihazı ile gerçekleştirilen metal analizleri, ilgili standart metotlara uygun olarak yürütülmüştür. Bu analizlere ek olarak İlkbahar mevsiminin son günlerinde Yaz mevsimi başlamaya yakın tüm çeşmeler için mikroorganizma analizi de gerçekleştirilmiş. Toplam koliform değerleri elde edilmiştir.

3. BULGULAR

3.1. Fiziksel ve Kimyasal Ölçüm Sonuçları

Analizleri yapılan su örneklerinin yerinde ve laboratuvar ölçüm sonuçları sırasıyla tablolarda verilmiştir.

3.1.1. Ç1 – Sahibül Çeşmesin İçin Analiz Sonuçları (2023-2024)

Ç1 çeşmesine ait analiz sonuçları, TS 266 içme suyu standartları dikkate alınarak **Tablo 3.1, Tablo 3.2, Tablo 3.3 ve Tablo 3.4**'te sunulmuştur.

Tablo 3.1: Ç1 Çeşmesi'ne ait yerinde ölçüm sonuçları ve sertlik değerleri.

Ç1	pH	ÇO (mg/l)	Ei (μ S/cm)	ORP (mV)	Tuzluluk (ppt)	Sıcaklık (°C)	Sertlik (mg/L)	Sertlik Derecesi
Ocak	6,29	9,91	125,3	219	0,07	11,5	37,55	Yumuşak su
Şubat	6,26	8,18	122,9	283,6	0,06	12,4	39,67	Yumuşak su
Mart	6,59	9,73	123	343,3	0,07	12,2	33,68	Yumuşak su
Nisan	6,78	8,75	121,2	469,8	0,06	14,4	24,59	Yumuşak su
Mayıs	6,83	8,69	122,7	339,4	0,05	14,6	57,72	Yumuşak su
Haziran	7,09	7,67	118,9	237,8	0,06	17,2	27,9	Yumuşak su
Temmuz	7,32	8,64	120,7	267	0,06	17,7	39,02	Yumuşak su
Ağustos	7,07	7,02	121,6	278,5	0,07	18,2	35,79	Yumuşak su
Eylül	7,49	7,53	124,2	256,6	0,08	17,4	29,565	Yumuşak su
Ekim	5,81	9,41	125,4	34,4	0,07	14,2	19,8	Yumuşak su
Kasım	6,19	9,58	125,4	322,6	0,08	12	39,33	Yumuşak su
Aralık	6,1	9,47	123,3	371	0,07	12,5	31,61	Yumuşak su

Tablo 3.1'e göre içme suyunun **pH** değeri, suyun kimyasal dengesini ve tat özelliklerini belirleyen temel bir parametredir. pH değerinin 6.5'in altına düşmesi, suyun asidik karakter kazanmasına, metal borularda korozyon oluşumuna ve suya ağır metal geçişine neden olabilir. Buna karşılık, 9.5'in üzerindeki pH değerleri suyun bazikleşmesine, hoş olmayan bir tat oluşumuna ve dezenfeksiyon etkinliğinin azalmasına yol açmaktadır. Bu nedenle, pH'ın belirtilen sınırlar içinde tutulması hem insan sağlığı hem de su dağıtım sistemlerinin güvenliği açısından büyük önem taşımaktadır. Ç1 çeşmesinde, pH değerleri 6,1–7,9 arasında değişmekte olup genel olarak standart aralığı (6,5–9,5) sağlamaktadır. Ancak Ocak (6,29) ve Aralık (6,1) aylarında alt sınırın altında kalmaktadır. İçme suyunda **çözünmüş oksijen** için belirtilmiş doğrudan bir “zorunlu sınır değer” yer almamaktadır. Çözünmüş oksijen,

insan sağlığı açısından doğrudan toksik bir etkiye sahip değildir. Ancak suyun kalitesini, tadını ve kokusunu doğrudan etkilediği için, ulusal ve uluslararası standartlarda onerilen aralıklar ve sınır değerler tanımlanmıştır. Demir – mangan okelmeleri açısından 5 mg/L'nin üzerinde O içermesi onerilmektedir. eşme genelinde ise nmş oksijen şubat ayında 9,91 mg/L ile en yüksek, Haziran ayında 7,67 mg/L ile en düşük seviyede ölçümler gerçekleştirilmiştir. **Elektriksel iletkenlik**, içme suyundaki nmş iyon miktarını gösteren önemli bir su kalite göstergesi olarak tanımlanmaktadır. Suyun mineral ve tuz içeriği arttıkça iletkenlik de yükselir. Türk Standartları'na (TS 266) göre içme suyunda iletkenlik değeri 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 'yi geçmemelidir. Bu değerin yüksek olması, suda fazla miktarda tuz, mineral veya kirletici bulunduğunu ve hem tat hem de sağlık açısından olumsuz etkiler yaratabileceğini göstermektedir. Dolayısıyla elektriksel iletkenliğin kontrolü, içme suyunun güvenli ve kaliteli olmasında önemli bir kriter haline gelmektedir. eşme genelinde elektriksel iletkenlik 118,9–125,4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ aralığında olup 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ sınırının oldukça altında kalmaktadır. nmş oksijen gibi, ORP (Oksijen İndirgeme Potansiyeli) de içme suyunun kimyasal kalitesini ve dezenfeksiyon gücünü anlamak için kritik bir parametredir. Ancak tıpkı O gibi, **ORP** için de çoğu yönetmelikte doğrudan “zorunlu” bir sınır değerı yer almamaktadır, bunun yerine onerilen aralıklar ve hedef değerler verilmektedir. $< +200$ mV (anaerobik / indirgen ortam) olduğu zaman, biyofilm oluşabilir (suyun geçtiği yüzeylerde mikroorganizmaların tutunarak zamanla yapışkan ve koruyucu bir tabaka oluşturabileceği anlamına gelmektedir. Bu biyofilm tabakası, bakterilerin çoğalmasıyla mikrobiyolojik kirliliği artırabilir, dezenfektanların etkisini azaltabilir ve borularda tıkanma ya da korozyon gibi sorunlara yol açabilmektedir. Bu nedenle biyofilm oluşumu, su sistemlerinde hem hijyen hem de teknik açıdan istenmeyen bir durum olmaktadır), metal nmesi arttırabilir ve su kalitesini düşürmektedir. $+200$ ve $+400$ mV aralığında (oksijenli ama zayıf oksidatif ortam), bazı bakteriler hâlâ yaşayabilme potansiyeli olduğu anlamına gelmektedir. $+400$ ve $+650$ mV aralığında (oksitleyici ortam) düşük mikrobiyal risk, $+650$ ve $+750$ mV aralığında (ideal dezenfeksiyon aralığı) ise çoğu patojen %99 oranında etkisiz hale geldiği düşünülmektedir. ORP değerleri yıl genelinde 219 – 469,8 mV arasında ölçülmüş ve pozitif değerler suyun oksitleyici özellikte olduğunu göstermiştir. İçme suyunda **tuzluluk**, suda nmş tuzların (zellikle sodyum, klorür ve sülfat iyonlarının) miktarını ifade etmektedir ve suyun iilebilirliği, tadı ve sağlık açısından uygunluğu

üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Tuzluluk arttıkça suyun tadı acı veya tuzlu hale gelmektedir. Ayrıca metal borularda korozyona neden olabilmektedir. Bu nedenle tuzluluk, içme suyu kalitesinin korunması ve insan sağlığının güvence altına alınması açısından önemli bir parametredir. Ç1 için yıllık ölçüm genelinde tuzluluk 0,05–0,08 ‰ aralığındadır. İçme suyunun **sıcaklığı**, suyun tat, koku, çözünmüş oksijen miktarı ve mikrobiyolojik gelişim gibi özelliklerini doğrudan etkileyen önemli bir parametredir. Genellikle içme suyu sıcaklığının ideal aralığı 10–15 °C olup, 25 °C'nin üzerine çıkmaması önerilmektedir. Sıcaklık arttıkça suyun tadı bozulabilir, çözünmüş oksijen miktarı azalabilir ve mikroorganizmaların çoğalması kolaylaşabilmektedir. Bu da ORP'de olduğu gibi biyofilm oluşumu ve mikrobiyolojik kirlilik riskini arttırmaktadır. Ayrıca yüksek sıcaklık, borularda korozyon ve metal çözünmesini hızlandırabilir. Bu nedenle içme suyu standartlarında sıcaklık, hem estetik kaliteyi hem de sağlık güvenliğini korumak açısından önemli bir kontrol parametresi olarak değerlendirilmektedir. Ç1 çeşmesi için yıllık su sıcaklığı değerleri 11,5–18,2 °C arasında değişmektedir. İçme suyunda **sertlik**, sudaki kalsiyum (Ca^{2+}) ve magnezyum (Mg^{2+}) iyonlarının toplam miktarını ifade etmektedir ve suyun mineral içeriği ile kullanım özelliklerini belirleyen önemli bir parametredir. Türk Standartları'na (TS 266) göre içme suyunun toplam sertliği 500 mg/L CaCO_3 'ü geçmemelidir. Sertlik değeri düşük olduğunda su yumuşak olur ve tadı genellikle nötrdür; ancak çok düşük sertlik, suyun korozyon etkisini artırabilir. Yüksek sertlik ise suya acı tat verir ve ayrıca kireçlenme ve boru tıkanmalarına yol açabilir. Bu nedenle içme suyunda sertlik, hem tat ve su kullanımını hem de tesisat ve malzemenin ömrü açısından standartlara uygun düzeyde tutulmalıdır. Ç1 için yıllık su sertlik değerleri 27,9–57,72 mg/L aralığında olup “yumuşak su” sınıfına girmiştir.

Tablo 2.3'e göre içme suyunda **nitrat azotu (NO_3^- -N)**, genellikle tarımsal gübreler, hayvansal atıklar veya kanalizasyon sızıntılarıyla yer altı sularına karışan azot bileşiklerini ifade etmektedir.

Tablo 2.2: Ç1 Çeşmesi'ne ait azot bileşenleri ölçüm sonuçları.

<i>Ç1</i>	<i>NO₃-N</i> (mg/l)	<i>NH₃-N</i> (mg/l)	<i>TKN</i> (mg/l)
<i>Ocak</i>	0,91	0,25	0,43
<i>Şubat</i>	0,22	0,22	2,53
<i>Mart</i>	0,19	0,20	0,55
<i>Nisan</i>	0,07	0,27	0,45
<i>Mayıs</i>	0,12	0,14	0,57
<i>Haziran</i>	0,11	0,07	0,36
<i>Temmuz</i>	0,13	0,06	0,34
<i>Ağustos</i>	0,13	0,16	0,52
<i>Eylül</i>	0,08	0,09	0,15
<i>Ekim</i>	0,13	0,03	0,08
<i>Kasım</i>	0,14	0,28	0,48
<i>Aralık</i>	0,22	0,13	0,36

Türk Standartları'na (TS 266) göre içme suyunda nitrat azotu miktarı 11.39 mg/L'yi geçmemelidir. Ayrıca uzun vadede yüksek nitrat alımı, bazı sindirim sistemi rahatsızlıkları ve kanser riskinin artması ile ilişkilendirilmektedir. Bu nedenle nitrat azotu, içme suyunun sağlık açısından güvenliğini belirleyen kritik bir parametre olup, düzenli olarak kontrol edilmesi gereken parametreler arasında yer almaktadır. Ç1 çeşmesinde yıllık genel ölçümlerde 0,07–0,91 mg/L arasında tespit edilmiştir. İçme suyunda **amonyum azotunu (NH₃⁺-N)** değerlerini genellikle, suya organik madde bozunması (bitki ve hayvan kalıntıları), atık suların karışması veya yetersiz dezenfeksiyon gibi nedenler etkilemektedir. Türk Standartları'na (TS 266) göre içme suyundaki amonyum azotu miktarı 0,39 mg/L'yi geçmemelidir. Bu değer üzerindeki konsantrasyonlar, suyun mikrobiyolojik kirlilik riski taşıdığını ve doğal olmayan bir kirlenme kaynağı bulunduğunu göstermektedir. Ç1 çeşmesi için yıllık ölçüm değerleri NH₃⁺-N 0,06–0,25 mg/L arasında değişmektedir. **TKN (Toplam Kjeldahl Azotu)**, suyun toplam organik azot ve amonyak azotu (NH₃-N) içeriğini birlikte ölçer. Özellikle içme suyunda azotlu bileşiklerin varlığı, mikrobiyal aktivite, organik kirlilik ve potansiyel nitrat oluşumu açısından kritik bir göstergedir. Ç1 için bu değer 0,55–2,53 mg/L arasında ölçülmüştür.

Tablo 3.3'e göre içme suyunda **sodyum (Na⁺)**, kayalardan çözünme, deniz etkisi veya su arıtım süreçlerinden kaynaklanabilmektedir.

Tablo 3.3: Ç1 Çeşmesi için iz element ölçüm sonuçlarının birinci kısmı.

Ç1	Na (mg/L)	Mg (mg/L)	K (mg/L)	Ca (mg/L)	P (mg/L)	Si (mg/L)	Sr (mg/L)	Fe (mg/L)	Ni (mg/L)
Ocak	12,21	3,227	1,355	9,689	0,138	14,01	0,041	0,026	0,003
Şubat	20,56	2,918	0,001	11,04	0,179	15,18	0,074	0,008	0,001
Mart	17,4	3,02	3,402	8,441	0,045	15,74	0,143	0,022	0,001
Nisan	11,39	3,541	2,241	3,971	0,098	13,75	0,1	0,017	0,001
Mayıs	28,28	4,467	4,398	15,65	0,132	16,1	0,145	0,068	0,001
Haziran	16,89	2,495	1,108	7,025	0,114	11,65	0,085	0,005	0,003
Temmuz	19,69	3,147	2,004	10,42	0,132	15,33	0,042	0,012	0,001
Ağustos	20,34	3,125	0,001	9,134	0,135	18,17	0,092	0,003	0,002
Eylül	17,310	2,667	0,001	6,927	0,118	0,353	0,040	0,004	0,003
Ekim	12,99	1,35	0,001	5,691	0,076	0,57	0,034	0,002	0,003
Kasım	19,06	3,143	0,459	10,54	0,15	16,76	0,046	0,018	0,006
Aralık	19	2,637	0,365	8,275	0,112	17,22	0,045	0,018	0,001

Türk Standartları'na (TS 266) göre içme suyundaki sodyum miktarı 200 mg/L'yi geçmemelidir. Sodyum, düşük miktarlarda insan sağlığı için gerekli bir elementtir; ancak yüksek miktarlarda alındığında özellikle hipertansiyon ve kalp-damar hastalıkları açısından risk oluşturmaktadır. Ayrıca, sodyum konsantrasyonu yükseldikçe suyun tadı belirgin şekilde tuzlu hale gelir ve içme kalitesi olumsuz etkilenir. Ç1 çeşmesi için yıllık ölçüm sonuçları sodyum konsantrasyonu açısından 11,39–28,28 mg/L arasında değişmektedir. İçme suyunda **magnezyum (Mg²⁺)**, suyun sertliğini ve mineral dengesini belirleyen önemli bir elementtir. Türk Standartları'na (TS 266) göre içme suyundaki magnezyum miktarı 50 mg/L'yi geçmemelidir. Magnezyum düşük miktarlarda vücut için faydalıdır; kas, sinir ve kemik sağlığı açısından gereklidir. Ancak yüksek magnezyum konsantrasyonu, suya acı bir tat verebilir ve ishal gibi sindirim sorunlarına yol açabilmektedir. Ayrıca yüksek magnezyum, kalsiyumla birlikte suyun sertliğini artırarak kireç oluşumuna neden olduğu bilinmektedir. Bu nedenlere bağlı olarak magnezyum, içme suyunun kalitesi bakımından kontrol edilmesi gereken önemli bir parametre olmaktadır. Magnezyum konsantrasyonu açısından Ç1 çeşmesinin yıllık ölçüm sonuçları 1,10–4,45 mg/L arasında değişmektedir. İçme suyunda **potasyum (K⁺)**, genellikle doğal kayaçların çözünmesi, gübre kullanımı veya atık suların karışması sonucu suya geçmektedir. Düşük miktarlarda insan sağlığı için gerekli bir elementtir ve genellikle zararsızdır. Ancak yüksek potasyum konsantrasyonları, özellikle böbrek hastalığı olan kişilerde ve potasyum kısıtlaması gereken diyetlerde sağlık riski oluşturabilir. Ayrıca fazla potasyum, suyun tat kalitesini olumsuz etkileyebilir. Bu nedenle potasyum, doğrudan toksik olmasa da, su kaynaklarının kirlenme durumunu değerlendirmede ve sağlık açısından özel durumlarda dikkate alınması gereken bir parametre haline gelmektedir.

Potasyum 0,001–4,398 mg/L arasında değişmiş olup, bu değerler 12 mg/L’lik sınır değerin altında kalmaktadır. **Kalsiyum (Ca^{2+})**, suyun sertliğini ve mineral dengesini belirleyen temel elementlerden biridir. Türk Standartları’na (TS 266) göre içme suyundaki kalsiyum miktarı 200 mg/L’yi geçmemelidir. Kalsiyum, insan vücudu için gerekli bir mineraldir; kemik ve di  sağlığı, kas ve sinir sistemi açısından önemli rol oynamaktadır. Ancak kalsiyum miktarının fazla olması suyun sertliğini artırabilir, bu da kireçlenme, boru tıkanması ve sabunun az köpürmesi gibi sorunlara yol açabilmektedir. Düşük kalsiyum içeriği ise suyu aşındırıcı (koroziif) hale getirebilmektedir. Bu nedenle kalsiyum, içme suyunun hem sağlık açısından uygunluğu hem de fiziksel ve kimyasal kalitesi bakımından dikkatle izlenmesi gereken bir parametredir.  1  e mesi için konsantrasyon değerleri 3,97–15,65 mg/L aralığında değişmektedir. **Fosfor** için doğrudan bir sınır değer belirtilmemiştir. Fakat yüksek fosfor seviyeleri genellikle evsel atıklar, tarımsal gübreler veya deterjan kalıntılarının suya karı tığını göstermektedir. Fazla fosfor, su kaynaklarında alg ve mikrobiyal çoğalmayı hızlandırarak oksijen azalmasına ve su kalitesinin bozulmasına neden olabilmektedir. Bu durum içme suyunda tat, koku ve renk değişimlerine yol açabilir. Dolayısıyla fosfor, içme suyunda dolaylı bir kirlilik göstergesi olup, düşük seviyede tutulması su kalitesi ve ekosistem dengesi açısından b   k önem taşımaktadır.  l  m sonucunda yıllık konsantrasyon değerleri 0,045–0,179 mg/L arasında değişmektedir. **Silisyum (Si)** genellikle silika (SiO_2) formunda bulunmaktadır ve yer kabuğundaki kayaçların     nmesi sonucunda suya karışmaktadır. Türk Standartları’nda (TS 266) silisyum için belirli bir sınır değer verilmemiştir,     k silisyum düşük konsantrasyonlarda insan sağlığı açısından zararlı değildir (1-30 mg/L). Ancak silisyumun yüksek d   yeleri, özellikle su arıtma sistemlerinde ve endüstriyel kullanımlarda sorun yaratabilir; boru ve ekipmanlarda tortu (silika birikimi) oluşumuna neden olabilir. Bu nedenle içme suyunda silisyum, doğrudan sağlık açısından kritik olmasa da, su kalitesi açısından kontrol edilmesi gereken bir parametre olmaktadır.  1 için ortalama konsantrasyon değerleri 11,65–18,30 mg/L seviyelerinde seyretmektedir. **Stronsiyum (Sr^{2+})** genellikle doğal kayaçların     nmesi yoluyla suya karışmaktadır ve çoğunlukla kalsiyum ile birlikte bulunmaktadır. Türk Standartları’nda (TS 266) göre stronsiyum için sınır değer yer almamaktadır,     k düşük konsantrasyonlarda genellikle insan sağlığına zararlı için zararlı bir etkisi olmadığı d    n lmektedir. Fakat D   ya Sağlık     t  (WHO) içme suyu için stronsiyumun sınır değerini 4 mg/L olarak önermektedir.  1 için yıllık ortalama

konsantrasyon değerleri 0,035–0,145 mg/L arasında değişmektedir. **Demir (Fe)**, genellikle yer altı kayaçlarının çözünmesi veya boru sistemlerindeki korozyon sonucu suya karışmaktadır. Türk Standartları'na (TS 266) göre içme suyundaki demir miktarı 0,20 mg/L'yi geçmemelidir. Demir, düşük miktarlarda insan sağlığı için gerekli bir elementtir; ancak bu sınırın üzerindeki değerler suya metalik bir tat, kırmızımsı-kahverengi renk ve bulanıklık verebileceği düşünülmektedir. Ayrıca yüksek demir konsantrasyonu, borularda tortu birikimine ve biyofilm oluşumuna yol açarak suyun kalitesini ve dağıtım sisteminin verimini olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle demir, içme suyunda kaliteyi ve sistem hijyenini korumak açısından önemli bir parametre olarak standartlarla sınırlandırılmıştır. Ç1 için ortalama konsantrasyon değerleri 0,018–0,068 mg/L arasında değişmektedir. Son olarak içme suyunda **nikel (Ni)**, genellikle doğal kayaçların çözünmesi, endüstriyel atıklar veya metal boru ve ekipmanlardan sızma sonucu suya karışabilmektedir. Türk Standartları'na (TS 266) göre içme suyundaki nikel miktarı 0,02 mg/L'yi geçmemelidir. Nikel, düşük miktarlarda zararsız olsa da yüksek konsantrasyonlarda toksik etki gösterebilir ve uzun süreli maruziyet durumunda alerjik reaksiyonlara, deri hastalıklarına, karaciğer ve böbrek rahatsızlıklarına yol açabilmektedir. Ayrıca nikel, kanserojen potansiyeli nedeniyle dikkatle izlenmesi gereken bir elementtir. Bu nedenle nikel, içme suyu standartlarında sağlık açısından kritik bir parametre olarak yer almakta ve suyun güvenliğini sağlamak için çok düşük düzeylerde tutulması gerekmektedir. Ç1 genelinde yıllık konsantrasyon değerleri 0,001–0,004 mg/L arasında değişmektedir.

Tablo 3.4'te yer alan **bakır (Cu)**, içme suyunda genellikle bakır boruların korozyonu, endüstriyel faaliyetler veya maden kaynaklı sızmalar sonucu suya karışabilmektedir.

Tablo 3.4: Ç1 Çeşmesi için iz element ölçüm sonuçlarının ikinci kısmı.

<i>Ç1</i>	<i>Cu</i> (mg/L)	<i>Zn</i> (mg/L)	<i>Pb</i> (mg/L)	<i>Cr</i> (mg/L)	<i>Mn</i> (mg/L)	<i>Al</i> (mg/L)
<i>Ocak</i>	0,002	0,001	0,001	0,002	0,007	0,059
<i>Şubat</i>	0,003	0,001	0,003	0,002	0,005	0,003
<i>Mart</i>	0,001	0,001	0,002	0,015	0,001	0,046
<i>Nisan</i>	0,001	0,001	0,029	0,01	0,005	0,001
<i>Mayıs</i>	0,001	0,003	0,025	0,02	0,002	0,03
<i>Haziran</i>	0,001	0,001	0,005	0,006	0,002	0,002
<i>Temmuz</i>	0,001	0,001	0,002	0,043	0,002	0,025
<i>Ağustos</i>	0,002	0,001	0,004	0,01	0,018	0,005
<i>Eylül</i>	0,003	0,005	0,004	0,008	0,005	0,014
<i>Ekim</i>	0,001	0,001	0,011	0,01	0,001	0,001
<i>Kasım</i>	0,001	0,001	0,001	0,029	0,009	0,036
<i>Aralık</i>	0,001	0,001	0,002	0,066	0,017	0,014

Türk Standartları'na (TS 266) göre içme suyundaki bakır miktarı 2 mg/L'yi geçmemelidir. Bakır, düşük miktarlarda insan metabolizması için gerekli bir iz elementtir ve enzim fonksiyonlarında önemli rol oynar. Ancak yüksek konsantrasyonlarda bakır, suya acı-metal bir tat verir ve mide bulantısı, kusma, karın ağrısı gibi akut sağlık sorunlarına neden olabilmektedir. Uzun süreli maruziyet ise karaciğer ve böbrek hasarına yol açabilmektedir. Ayrıca bakır, su dağıtım sistemlerinde korozyonun göstergesi olarak da değerlendirilmektedir. Bu nedenle bakır, içme suyu standartlarında hem sağlık hem de kalite açısından kontrol edilmesi gereken önemli bir parametre haline gelmektedir. Ç1 Çeşmesi için konsantrasyon değerleri 0,001–0,003 mg/L arasında değişmektedir. İçme suyunda **çinko (Zn)**, genellikle doğal kayaçların çözünmesi, galvanizli boruların korozyonu veya endüstriyel kaynaklardan sızıntı sonucu suya karışabilmektedir. Türk Standartları'na (TS 266) göre içme suyundaki çinko miktarı 5 mg/L'yi geçmemelidir. Çinko, düşük miktarlarda vücut için gerekli bir iz elementtir. Bağışıklık sistemi ile enzim faaliyetlerinde önemli rol oynamaktadır. Ancak bu sınırın üzerindeki çinko konsantrasyonları suya metal bir tat vermekte olup bulanıklık ve tortu oluşumuna neden olabilmektedir. Bu nedenle çinko, içme suyu standartlarında hem sağlık hem de kaliteyi korumak amacıyla sınırlandırılmış önemli bir parametredir. Yıllık ortalama konsantrasyon değerleri 0,001–0,004 mg/L arasında değişiklik göstermektedir. **Kurşun (Pb)**, genellikle eski kurşun boruların korozyonu, metal bağlantı elemanları veya endüstriyel kirlilik yoluyla suya karışabilmektedir. Türk Standartları'na (TS 266) göre içme suyundaki kurşun miktarı 0,01 mg/L'yi geçmemelidir. Kurşun, insan vücudu için toksik bir ağır metal olarak bilinmektedir. Vücutta birikme eğilimindedir ve etkileri geri dönüşsüz olarak bilinmektedir. Bu nedenle kurşun, içme suyu standartlarında en kritik ve sıkı şekilde sınırlandırılan elementlerden biridir ve suyun insan sağlığı açısından güvenli olabilmesi için mümkün olan en düşük düzeyde tutulması gerekir. Ç1 için konsantrasyon değerleri Mayıs (0,025 mg/L), Kasım (0,029 mg/L) ve Aralık (0,066 mg/L) aylarında 0,01 mg/L'lik sınır değeri aşmaktadır. **Krom (Cr)**, genellikle doğal kayaçların çözünmesi, endüstriyel atıklar, metal kaplama, boya veya deri sanayi kaynaklı kirlilikler sonucu suya karışabilmektedir. Türk Standartları'na (TS 266) göre içme suyundaki toplam krom miktarı 0,05 mg/L'yi geçmemelidir. İçme suyunda krom, dikkatle izlenmesi gereken, sağlık açısından kritik bir parametre olarak bilinmektedir. Ç1 için ölçüm sonuçları dikkate alındığında sadece Aralık ayında 0,066 mg/L ile 0,05 mg/L standardını geçtiği tespit edilmiştir. **Mangan**

(Mn), genellikle doğal kayaçların çözünmesi veya yer altı su seviyesinin düşmesiyle ortaya çıkan jeokimyasal süreçler sonucu suya karışmaktadır. Türk Standartları'na (TS 266) göre içme suyundaki manganez miktarı 0,05 mg/L'yi geçmemelidir. Mangan, düşük miktarlarda insan vücudu için gerekli bir iz elementtir; sinir sistemi ve enzim faaliyetlerinde rol oynar. Ancak bu sınırın üzerindeki mangan konsantrasyonları, suya metalik veya acı tat, kahverengi-siyah renklenme ve bulanıklık vermektedir. Ayrıca borularda tortu birikimine, biyofilm oluşumuna ve su kalitesinin bozulmasına neden olduğu bilinmektedir. Ç1 için konsantrasyon değerleri 0,001–0,018 mg/L arasında değişiklik göstermektedir. Ve son olarak **alüminyum (Al)**, genellikle doğal kayaçların çözünmesi veya su arıtma tesislerinde kullanılan alüminyum elementi içeren kimyasallardan kaynaklanmaktadır. Alüminyum, düşük miktarlarda genellikle insan sağlığı için zararsız kabul edilmektedir; ancak yüksek konsantrasyonlarda suya bulanıklık ve metalik tat verdiği bilinir ve ayrıca arıtma sistemlerinde tortu oluşumuna yol açabilmektedir. Alüminyum, içme suyu standartlarında hem kaliteyi korumak hem de sağlık açısından olası riskleri önlemek amacıyla kontrol edilen bir parametrelerden biri haline gelmektedir. Ç1 Çeşmesi açısından konsantrasyon değerler 0,2 mg/L'den daha az olarak ölçülmüştür.

3.1.2. Ç2 – Haskovalı Çeşmesi İçin Analiz Sonuçları (2023-2024)

Ç2 çeşmesine ait analiz sonuçları, TS 266 içme suyu standartları dikkate alınarak **Tablo 3.5, Tablo 3.6, Tablo 3.7 ve Tablo 3.8**'de sunulmuştur.

Tablo 3.5'te Ç2 çeşmesine ait pH değerleri 6,18–7,46 aralığında değişmiş, özellikle kış aylarında alt sınırın altında kalmıştır.

Tablo 3.5: Ç2 Çeşmesi'ne ait yerinde ölçüm sonuçları ve sertlik değerleri.

Ç2	pH	ÇO (mg/l)	Ei (µS/cm)	ORP (mV)	Tuzluluk (ppt)	Sıcaklık (°C)	Sertlik (mg/L)	Sertlik Derecesi
Ocak	6,29	7,06	138,5	226,4	0,08	10,6	49,50	Yumuşak su
Şubat	6,27	7,3	135,9	290,3	0,07	11,8	53,16	Yumuşak su
Mart	6,61	6,91	353,7	135,1	0,08	12,1	47,75	Yumuşak su
Nisan	6,89	6,54	139,6	468,4	0,07	14,6	41,75	Yumuşak su
Mayıs	6,97	6,78	141,6	335,4	0,07	15	43,33	Yumuşak su
Haziran	7,18	6,28	148,6	268,4	0,08	17,4	31,63	Yumuşak su
Temmuz	7,36	7,44	151	273,8	0,08	18,4	61,12	Yumuşak su
Ağustos	7,46	7,16	150,8	282,3	0,08	20,6	62,37	Yumuşak su
Eylül	7,6	7,29	152,1	265,3	0,1	18,5	65,090	Yumuşak su
Ekim	5,95	7,94	154,1	342,8	0,08	14,2	65,58	Yumuşak su
Kasım	6,25	7,54	153,6	325,4	0,09	11,2	64,6	Yumuşak su
Aralık	6,18	7,21	153,1	371,5	0,09	11,4	62,64	Yumuşak su

Çözünmüş oksijen 5,78–7,54 mg/L aralığında olup Ç1'e kıyasla daha düşük seviyelerdedir. Elektriksel iletkenlik 135,9–153,3 µS/cm arasında ölçülmüş ve limitin oldukça altında kalmıştır. ORP değerleri özellikle ilkbaharda yükselmiş, Nisan ayında 468,4 mV ile en yüksek seviyeye ulaşarak suyun oksitleyici karakterini göstermiştir. Tuzluluk 0,07–0,09 ‰ aralığında sabit kalmış, sıcaklık ise 10,6–18,5 °C arasında mevsimsel değişim göstermiştir. Sertlik 31,63–65,90 mg/L aralığında ölçülmüş ve su her dönemde “yumuşak su” sınıfında yer almıştır.

Tablo 3.6'da azot bileşikleri incelendiğinde NO₃-N 0,04–0,29 mg/L aralığında ölçülmüş, NH₃-N Haziran (0,49 mg/L), Temmuz (0,52 mg/L) ve Ekim aylarında (1,35 mg/L) ile sınır değeri aşmıştır. TKN değerleri 0,42–1,90 mg/L arasında değişmiştir.

Tablo 3.6: Ç2 Çeşmesi'ne ait azot bileşenleri ölçüm sonuçları.

Ç2	NO ₃ -N (mg/l)	NH ₃ -N (mg/l)	TKN (mg/l)
Ocak	0,04	0,07	0,98
Şubat	0,17	0,24	3,08
Mart	0,29	0,35	1,59
Nisan	0,03	0,35	1,19
Mayıs	0,16	0,16	0,96
Haziran	0,08	0,49	0,87
Temmuz	0,09	0,52	1,05
Ağustos	0,13	0,2	0,52
Eylül	0,11	0,33	0,71
Ekim	0,12	1,35	1,9
Kasım	0,08	0,35	0,61
Aralık	0,16	0,24	0,42

Tablo 3.7'de Ç2 noktasına ait analiz sonuçları değerlendirildiğinde, sodyum (8,60–22,12 mg/L), magnezyum (2,47–5,28 mg/L), kalsiyum (8,56–17,55 mg/L) ve

potasyum (0,001–4,398 mg/L) değerleri sınırların oldukça altında kaldığı tespit edilmiştir.

Tablo 3.7: Ç2 Çeşmesi için iz element ölçüm sonuçlarının birinci kısmı.

Ç2	Na (mg/L)	Mg (mg/L)	K (mg/L)	Ca (mg/L)	P (mg/L)	Si (mg/L)	Sr (mg/L)	Fe (mg/L)	Ni (mg/L)
Ocak	11,23	4,197	1,159	12,83	0,131	13,98	0,037	0,094	0,004
Şubat	18,67	4,022	0,001	14,63	0,23	15,57	0,041	0,028	0,001
Mart	18,28	4,037	3,134	12,4	0,079	15,39	0,043	0,083	0,001
Nisan	8,603	5,015	0,086	8,42	0,124	13,19	0,079	0,025	0,001
Mayıs	22,12	4,467	4,398	9,927	0,155	15,72	0,091	0,054	0,001
Haziran	8,845	2,476	0,001	8,56	0,084	8,274	0,062	0,004	0,002
Temmuz	18,8	4,897	0,215	16,39	0,166	15,19	0,032	0,016	0,001
Ağustos	18,76	5,038	1,982	16,66	0,177	19,87	0,047	0,004	0,004
Eylül	17,380	4,219	0,001	12,290	0,135	0,047	0,043	0,002	0,001
Ekim	14,77	5,281	0,001	17,55	0,077	1,036	0,049	0,002	0,004
Kasım	18,27	5,122	0,358	17,4	0,18	17,6	0,036	0,028	0,004
Aralık	13,825	5,124	0,297	16,58	0,083	17,75	0,035	0,074	0,006

Fosfor 0,045–0,23 mg/L, silisyum ise 8,27–17,75 mg/L aralığında ölçülmüştür. Stronsiyum 0,032–0,079 mg/L aralığında kalmış olup sınır değer belirtilmemesine rağmen düşük düzeydedir. Demir (0,016–0,094 mg/L) ve nikel (0,001–0,006 mg/L) de sınırların oldukça altında bulunmuştur.

Tablo 3.8'de Ç2 kaynağında yapılan analizler kapsamında Cu, Zn ve Mn elementleri için konsantrasyonlar değerleri yıl boyunca düşük seviyelerde kalmış ve TS 266 sınırlarının oldukça altında bulunmuştur.

Tablo 3.8: Ç2 Çeşmesi için iz element ölçüm sonuçlarının ikinci kısmı.

Ç2	Cu (mg/L)	Zn (mg/L)	Pb (mg/L)	Cr (mg/L)	Mn (mg/L)	Al (mg/L)	Sertlik (mg/L)
Ocak	0,001	0,001	0,001	0,001	0,008	0,2	49,50
Şubat	0,004	0,001	0,004	0,002	0,004	0,07	53,16
Mart	0,001	0,001	0,001	0,024	0,002	0,164	47,75
Nisan	0,001	0,001	0,025	0,027	0,006	0,021	41,75
Mayıs	0,001	0,003	0,024	0,019	0,004	0,043	43,33
Haziran	0,001	0,001	0,002	0,005	0,003	0,001	31,63
Temmuz	0,001	0,001	0,001	0,036	0,003	0,038	61,12
Ağustos	0,002	0,001	0,007	0,005	0,004	0,007	62,37
Eylül	0,001	0,001	0,004	0,004	0,006	0,013	65,090
Ekim	0,001	0,001	0,012	0,005	0,003	0,001	65,58
Kasım	0,001	0,001	0,001	0,201	0,008	0,046	64,6
Aralık	0,001	0,008	0,001	0,026	0,007	0,111	62,64

Al değerleri Mart ayında 0,164 mg/L ile yükselmiş olsa da 0,2 mg/L limitini aşmamıştır. Cr 0,001–0,036 mg/L aralığında ölçülmüş ve tüm değerler standart sınırın altında kalmıştır. Buna karşılık Pb, Nisan (0,025 mg/L) ve Mayıs (0,024 mg/L) aylarında 0,01 mg/L sınırını aşarak dikkat çekmiştir.

3.1.3. Ç3 – Söğütlü Çeşmesi İçin Analiz Sonuçları (2023-2024)

Ç3 çeşmesine ait analiz sonuçları, TS 266 içme suyu standartları dikkate alınarak **Tablo 3.9**, **Tablo 3.10**, **Tablo 3.11** ve **Tablo 3.12**'de sunulmuştur.

Tablo 3.9'da Ç3 çeşmesine için pH değerleri 5,99–7,17 arasında değişmiş, özellikle Kasım, Ocak, Şubat ve Aralık aylarında alt sınırın altında kalmıştır.

Tablo 3.9: Ç3 Çeşmesi'ne ait yerinde ölçüm sonuçları ve sertlik değerleri.

Ç3	pH	ÇO (mg/l)	Ei (µS/cm)	ORP (mV)	Tuzluluk (ppt)	Sıcaklık (°C)	Sertlik (mg/L)	Sertlik Derecesi
Ocak	6,28	9	127,2	213,5	0,07	7,1	56,54	Yumuşak su
Şubat	6,18	9,1	126,7	278,2	0,07	10,4	61,05	Yumuşak su
Mart	6,52	9,04	131,1	388,5	0,08	11,8	60,36	Yumuşak su
Nisan	6,88	7,51	130,2	464	0,07	16,5	48,11	Yumuşak su
Mayıs	6,96	7,02	129,6	344	0,07	16,7	49,11	Yumuşak su
Haziran	6,98	6,87	126,4	281,6	0,07	20,9	50,29	Yumuşak su
Temmuz	7	6,57	124	295,6	0,07	23	53,86	Yumuşak su
Ağustos	7,09	7,03	118,2	296,2	0,07	23,8	62,39	Yumuşak su
Eylül	7,17	6,8	118,7	279,4	0,08	20,2	59,420	Yumuşak su
Ekim	5,49	7,86	124,3	364,5	0,25	14,7	57,01	Yumuşak su
Kasım	5,99	7,89	125,6	364,4	0,08	9,3	61,83	Yumuşak su
Aralık	6,13	7,44	132,4	376,3	0,08	8,8	70,04	Yumuşak su

Çözülmüş oksijen 6,57–9,04 mg/L aralığında ölçülmüş ve yıl boyunca yeterli seviyelerde bulunmuştur. Elektriksel iletkenlik 118,7–132,4 µS/cm aralığında seyretmiş ve sınır değerlerin oldukça altında kalmıştır. ORP değerleri 213,5–464 mV arasında değişmiş, özellikle ilkbaharda yükselerek suyun oksitleyici özelliğini güçlendirmiştir. Tuzluluk 0,07–0,08 ‰ aralığında sabit kalmıştır. Sıcaklık değerleri diğer kaynaklara kıyasla daha geniş bir değişim göstermiş, kışın 7,1 °C'ye kadar düşerken yazın 23 °C'ye kadar yükselmiştir. Bu durum mevsimsel farklılıkların su sıcaklığı üzerinde belirgin etkili olduğunu göstermektedir.

Tablo 3.10'da azot bileşenleri ele alındığında NO₃-N 0,003–0,4 mg/L, NH₃-N 0,04–0,55 mg/L ve TKN 0,32–2,43 mg/L aralığında bulunmuş, tüm değerler TS 266

sınırlarının altında kalmıştır. Özellikle sonbahar aylarında $\text{NH}_3\text{-N}$ seviyelerinde artış eğilimi gözlenmiştir.

Tablo 3.10: Ç3 Çeşmesi'ne ait azot bileşenleri ölçüm sonuçları.

Ç3	$\text{NO}_3\text{-N}$ (mg/l)	$\text{NH}_3\text{-N}$ (mg/l)	TKN (mg/l)
Ocak	0,004	0,04	2,19
Şubat	0,08	0,07	0,31
Mart	0,09	0,14	2,43
Nisan	0,004	0,24	1,13
Mayıs	0,05	0,07	0,74
Haziran	0,004	0,98	1,37
Temmuz	0,03	0,2	0,73
Ağustos	0,06	0,28	0,84
Eylül	0,004	0,18	0,32
Ekim	0,02	0,25	0,62
Kasım	0,09	0,55	0,71
Aralık	0,4	0,32	0,58

Tablo 3.11'de yer alan Ç3 noktası için sodyum (6,69–24,18 mg/L), magnezyum (4,18–5,64 mg/L), kalsiyum (9,84–19,21 mg/L) ve potasyum (0,001–3,972 mg/L) değerleri sınırların oldukça altında kalmıştır.

Tablo 3.11: Ç3 Çeşmesi için iz element ölçüm sonuçlarının birinci kısmı.

Ç3	Na (mg/L)	Mg (mg/L)	K (mg/L)	Ca (mg/L)	P (mg/L)	Si (mg/L)	Sr (mg/L)	Fe (mg/L)	Ni (mg/L)
Ocak	6,698	4,526	0,557	15,07	0,069	5,485	0,032	0,136	0,004
Şubat	9,686	4,483	0,001	17,03	0,091	6,114	0,032	0,023	0,001
Mart	11,59	4,759	3,972	16,27	0,001	5,912	0,035	0,065	0,001
Nisan	12,41	5,694	0,001	9,845	0,053	5,314	0,062	0,021	0,001
Mayıs	24,18	5,103	0,81	11,17	0,076	5,901	0,066	0,083	0,001
Haziran	9,889	4,565	2,819	12,6	0,026	5,83	0,054	0,001	0,005
Temmuz	10,33	4,758	0,733	13,71	0,035	5,939	0,022	0,026	0,002
Ağustos	12,31	5,038	1,982	16,66	0,033	7,568	0,027	0,006	0,001
Eylül	12,26	5,008	0,3825	15,51	0,05	6,9075	0,029	0,041	0,004
Ekim	11,72	4,95	0,001	14,66	0,046	7,194	0,029	0,014	0,003
Kasım	12,8	5,066	0,764	16,36	0,054	6,621	0,028	0,067	0,005
Aralık	11,45	5,228	0,763	19,21	0,033	6,117	0,03	0,272	0,003

Fosfor (0,001–0,091 mg/L) düşük, silisyum (5,31–7,19 mg/L) ise diğer noktalara göre görece düşük seviyelerde bulunmuştur. Stronsiyum (0,021–0,066 mg/L) için standart değer tanımlanmamakla birlikte düşük seviyelerde kalmıştır. Demir 0,021–0,272 mg/L aralığında değişmiş, Aralık ayında sınırı aşmış durumdadır. Nikel (0,001–0,004 mg/L) ise tüm yıl boyunca aynı seviyelerde ölçülmüştür. Genel olarak Ç3 kaynağı TS 266'ya

uygun özellikler göstermektedir. Ancak demir konsantrasyonundaki dönemsel artışlar, suyun kalitesi açısından dikkat edilmesi gereken bir bulgudur.

Tablo 3.12 için Ç3 kaynağında yapılan ölçümlere bakıldığında, Cu ve Zn konsantrasyonlarının 0,001–0,007 mg/L aralığında kaldığını ve TS 266 sınırlarının oldukça altında olduğunu göstermektedir.

Tablo 3.12: Ç3 Çeşmesi için iz element ölçüm sonuçlarının ikinci kısmı.

Ç3	Cu (mg/L)	Zn (mg/L)	Pb (mg/L)	Cr (mg/L)	Mn (mg/L)	Al (mg/L)
Ocak	0,001	0,001	0,002	0,001	0,022	0,221
Şubat	0,004	0,001	0,001	0,001	0,013	0,038
Mart	0,001	0,001	0,001	0,035	0,016	0,098
Nisan	0,001	0,004	0,027	0,041	0,029	0,001
Mayıs	0,001	0,004	0,026	0,026	0,025	0,036
Haziran	0,001	0,001	0,001	0,008	0,012	0,001
Temmuz	0,001	0,001	0,001	0,102	0,007	0,042
Ağustos	0,001	0,001	0,001	0,004	0,026	0,007
Eylül	0,001	0,001	0,001	0,014	0,009	0,061
Ekim	0,001	0,001	0,001	0,006	0,01	0,018
Kasım	0,001	0,001	0,001	0,021	0,007	0,104
Aralık	0,001	0,007	0,002	0,009	0,036	0,16

Buna karşın Pb, Nisan (0,027 mg/L) ve Mayıs (0,026 mg/L) aylarında 0,01 mg/L sınırını aşmıştır. Cr 0,001–0,102 mg/L aralığında ölçülmüş, Temmuz ayında 0,102 mg/L ile 0,05 mg/L limitini geçmiştir. Mn değerleri 0,012–0,036 mg/L arasında bulunmuş ve sınırların altında kalmıştır. Al, Ocak ayında 0,221 mg/L'ye yükselerek 0,2 mg/L standardını aşmış, diğer aylarda ise limitin altında kalmıştır.

3.1.4. Ç4 – Cemil Koşyer Çeşmesi İçin Analiz Sonuçları (2023-2024)

Ç4 çeşmesine ait analiz sonuçları, TS 266 içme suyu standartları dikkate alınarak **Tablo 3.13**, **Tablo 3.14**, **Tablo 3.15** ve **Tablo 3.16**'da sunulmuştur.

Tablo 3.13'te yer alan ölçüm sonuçlarına göre, Ç4 çeşmesi için pH değerleri 7,47–8,62 aralığında ölçülmüş ve yıl boyunca standart aralıkta kalmıştır.

Tablo 3.13: Ç4 Çeşmesi'ne ait yerinde ölçüm sonuçları ve sertlik değerleri.

Ç4	pH	ÇO (mg/l)	Ei (µS/cm)	ORP (mV)	Tuzluluk (ppt)	Sıcaklık (°C)	Sertlik (mg/L)	Sertlik Derecesi
Ocak	7,65	9,4	501	216	0,29	9,4	172,77	Sert su
Şubat	7,71	9,24	453	586,8	0,27	12,7	354,29	Çok sert su
Mart	8,06	9,38	514	575,5	0,28	12	259,92	Sert su
Nisan	8,2	8,14	513	564,8	0,26	17	90,38	Orta sert su
Mayıs	8,33	8,21	516	531	0,24	18,1	105,27	Orta sert su
Haziran	8,48	7,67	515	374	0,25	21,5	96,65	Orta sert su
Temmuz	8,55	7,71	517	449,4	0,28	22,5	224,7	Sert su
Ağustos	7,95	8,1	502	367	0,27	24,5	151,78	Sert su
Eylül	8,62	7,81	505	324,6	0,3	19,7	303,985	Çok sert su
Ekim	7,1	8,81	516	498,3	0,25	15,9	259,93	Sert su
Kasım	7,57	9,42	511	596,7	0,29	12,7	348,04	Çok sert su
Aralık	7,47	9,38	516	440,2	0,3	13,2	306,60	Çok sert su

Çözünmüş oksijen 9,24–9,81 mg/L arasında bulunmuştur. Elektriksel iletkenlik 453–581 µS/cm aralığında değişmiş, 2500 µS/cm sınırının altında kalmasına rağmen diğer çeşmelere göre daha yüksek iyonik yük göstermiştir. ORP değerleri 216–575,5 mV arasında değişmiş, özellikle Mart ve Nisan aylarında 550 mV'un üzerine çıktığı tespit edilmiştir. Tuzluluk 0,23–0,3 ‰ aralığında olup diğer örneklerle kıyasla yüksek seviyelerde kaydedilmiştir. Sıcaklık kışın 9,4 °C'ye kadar düşerken yazın 25,5 °C'ye ulaşmıştır. Sertlik 90,38–354,29 mg/L aralığında değişmiş ve dönemsel olarak “orta sert su”, “sert su” ve “çok sert su” sınıflarına karşılık gelmiştir. Bu durum Ç4 kaynağında mevsimsel sertlik dalgalanmalarının belirgin olduğunu göstermektedir.

Tablo 3.14 kapsamında azot bileşikleri incelendiğinde NO₃-N 0,12–0,86 mg/L, NH₃-N 0,02–0,46 mg/L ve TKN 0,08–1,85 mg/L aralığında bulunmuştur. Tüm değerler TS 266 sınırlarının altında kalmıştır.

Tablo 3.14: Ç4 Çeşmesi'ne ait azot bileşenleri ölçüm sonuçları.

Ç4	NO ₃ -N (mg/l)	NH ₃ -N (mg/l)	TKN (mg/l)
Ocak	0,12	0,22	0,47
Şubat	0,94	0,46	0,75
Mart	0,77	0,92	2,06
Nisan	0,71	0,64	2,47
Mayıs	0,67	0,61	1,85
Haziran	0,63	0,27	3,74
Temmuz	0,96	0,26	0,85
Ağustos	0,57	0,08	0,35
Eylül	0,54	0,11	0,21
Ekim	0,58	0,11	0,29
Kasım	0,66	0,06	0,16
Aralık	0,86	0,02	0,08

Tablo 3.15'e göre Ç4 noktasında sodyum (3,41–24,02 mg/L) ve magnezyum (5,83–9,70 mg/L) değerleri sınırların oldukça altında kalmıştır.

Tablo 3.15: Ç4 Çeşmesi için iz element ölçüm sonuçlarının birinci kısmı.

Ç4	Na (mg/L)	Mg (mg/L)	K (mg/L)	Ca (mg/L)	P (mg/L)	Si (mg/L)	Sr (mg/L)	Fe (mg/L)	Ni (mg/L)
Ocak	3,419	8,438	3,659	55,18	0,001	3,144	0,188	0,006	0,004
Şubat	10,53	8,24	0,862	128,1	0,074	3,361	0,219	0,003	0,001
Mart	9,601	8,62	3,32	89,73	0,001	3,465	0,22	0,005	0,001
Nisan	16,01	9,697	3,055	20,03	0,029	3,22	0,411	0,048	0,001
Mayıs	24,02	8,931	0,001	27,26	0,058	3,523	0,417	0,018	0,001
Haziran	7,119	5,833	2,163	28,97	0,001	3,001	0,274	0,001	0,003
Temmuz	6,4	8,189	0,502	76,36	0,005	3,516	0,198	0,001	0,002
Ağustos	10,36	8,736	2,237	46,3	0,023	4,429	0,192	0,001	0,001
Eylül	8,276	7,841	1,134	109,4	0,001	0,110	0,189	0,001	0,001
Ekim	8,092	8,836	1,46	89,4	0,031	4,196	0,179	0,001	0,001
Kasım	7,232	8,309	0,593	125,5	0,03	4,109	0,199	0,004	0,004
Aralık	9,785	8,995	0,374	107,8	0,024	4,217	0,19	0,003	0,001

Kalsiyum ise 20,03–128,1 mg/L aralığında değişmiş, özellikle Şubat (128,1 mg/L), Kasım (125,5 mg/L) ve Eylül (109,4 mg/L) aylarında dikkat çekici şekilde yüksek bulunmuştur. Bu durum suyun sertlik karakterini artırmakta ve tat değişimi ile kireç oluşumu gibi duysal problemlere yol açabilmektedir. Potasyum 0,001–3,659 mg/L, fosfor 0,001–0,074 mg/L ve silisyum 3,00–4,22 mg/L aralığında ölçülmüş, düşük seviyelerde seyretmiştir. Stronsiyum 0,188–0,417 mg/L aralığında bulunmuştur. Demir (0,001–0,048 mg/L) ve nikel (0,001–0,004 mg/L) tüm ölçümlerde sınır değerlerin altında kalmıştır.

Tablo 3.16'ya bakıldığında, Ç4 çeşmesi için Cu ve Zn değerleri 0,001–0,003 mg/L aralığında kalmış ve TS 266 sınırlarının oldukça altında bulunmuştur.

Tablo 3.16: Ç4 Çeşmesi için iz element ölçüm sonuçlarının ikinci kısmı.

Ç4	Cu (mg/L)	Zn (mg/L)	Pb (mg/L)	Cr (mg/L)	Mn (mg/L)	Al (mg/L)
Ocak	0,001	0,001	0,001	0,001	0,009	0,034
Şubat	0,003	0,001	0,003	0,001	0,008	0,001
Mart	0,001	0,001	0,001	0,013	0,002	0,001
Nisan	0,001	0,001	0,032	0,017	0,005	0,04
Mayıs	0,001	0,001	0,025	0,029	0,007	0,001
Haziran	0,001	0,001	0,001	0,004	0,001	0,001
Temmuz	0,003	0,001	0,001	0,083	0,006	0,004
Ağustos	0,001	0,001	0,003	0,008	0,004	0,004
Eylül	0,001	0,001	0,001	0,011	0,001	0,017
Ekim	0,001	0,001	0,007	0,007	0,005	0,003
Kasım	0,001	0,001	0,002	0,044	0,002	0,006
Aralık	0,001	0,001	0,001	0,012	0,009	0,001

Pb, Mayıs ayında 0,025 mg/L'ye yükselerek 0,01 mg/L limitini aşmıştır. Cr değerleri 0,001–0,083 mg/L arasında değişmiş, Temmuz ayında 0,083 mg/L ile 0,05 mg/L sınırını geçmiş, diğer aylarda ise limitin altında kalmıştır. Mn ve Al konsantrasyonları yıl boyunca aynı düzeylerde seyretmiştir. Genel olarak Cu, Zn, Mn ve Al değerleri standartlarla uyumludur; ancak Pb'nin bazı dönemlerde sınır aştığı, Cr'nin özellikle Temmuz ayında yüksek konsantrasyona ulaştığı tespit edilmiştir.

3.1.5. Ç5 – Ovacık Çeşmesi İçin Analiz Sonuçları (2023-2024)

Ç5 çeşmesine ait analiz sonuçları, TS 266 içme suyu standartları dikkate alınarak **Tablo 3.17**, **Tablo 3.18**, **Tablo 3.19** ve **Tablo 3.20**'de sunulmuştur.

Tablo 3.17 genelinde Ç5 çeşmesine ait analiz sonuçları TS 266 standartları ile karşılaştırıldığında bazı parametrelerde mevsimsel değişimler dikkat çekmektedir.

Tablo 3.17: Ç5 Çeşmesi'ne ait yerinde ölçüm sonuçları ve sertlik değerleri.

Ç5	pH	ÇO (mg/l)	Ei (µS/cm)	ORP (mV)	Tuzluluk (ppt)	Sıcaklık (°C)	Sertlik (mg/L)	Sertlik Derecesi
Ocak	6,26	8,94	87,9	192,2	0,04	11,6	41,46	Yumuşak su
Şubat	6,25	7,95	88,1	254,8	0,05	11,9	43,92	Yumuşak su
Mart	6,57	6,04	87	232,4	0,05	12,2	44,33	Yumuşak su
Nisan	6,75	5,66	85	458,4	0,05	15,1	34,82	Yumuşak su
Mayıs	6,93	6,18	87,3	263,4	0,05	15,8	34,42	Yumuşak su
Haziran	7,19	5,44	89	253,9	0,05	21,5	42,23	Yumuşak su
Temmuz	7,13	5,07	86,8	145	0,06	19,4	43,91	Yumuşak su
Ağustos	6,94	6,05	75,9	258,3	0,06	21,1	46,93	Yumuşak su
Eylül	7,28	7,04	89,4	276,4	0,06	18,5	48,19	Yumuşak su
Ekim	5,61	5,61	159,6	306,4	0,06	15,2	48,13	Yumuşak su
Kasım	6,01	5,82	91,8	266,4	0,06	12,7	48,25	Yumuşak su
Aralık	5,82	6,84	131	194,6	0,07	13,7	52,34	Yumuşak su

pH değerleri 5,82–7,28 aralığında ölçülmüş, özellikle Kasım (6,01) ve Aralık (5,82) aylarında alt sınırın altında kalmıştır. Çözünmüş oksijen 5,07–9,94 mg/L arasında değişmiş, yaz aylarında belirgin düşüş göstermiştir. Elektriksel iletkenlik 85,1–98,4 µS/cm arasında ölçülmüş ve sınır değerlerin oldukça altında kalmıştır. ORP 145–458,4 mV aralığında değişmiştir. Tuzluluk 0,04–0,07 ‰ aralığında, sıcaklık ise 11,6–21,5 °C aralığında bulunmuştur. Sertlik 34,42–52,34 mg/L aralığında ölçülmüş ve suyun her dönemde “yumuşak su” sınıfında kaldığı belirlenmiştir.

Tablo 3.18'de azot parametreleri mevsimsel dalgalanma göstermiştir. NO₃-N 0,0037–0,68 mg/L aralığında olup Ocak ayında yükselmiştir.

Tablo 3.18: Ç5 Çeşmesi'ne ait azot bileşenleri ölçüm sonuçları.

Ç5	NO ₃ -N (mg/l)	NH ₃ -N (mg/l)	TKN (mg/l)
Ocak	0,68	0,15	1,66
Şubat	0,02	0,21	2,31
Mart	0,07	0,41	4,39
Nisan	0,01	0,41	3,57
Mayıs	0,03	0,23	0,77
Haziran	0,004	0,73	2,79
Temmuz	0,03	0,2	0,82
Ağustos	0,14	0,31	0,98
Eylül	0,004	0,44	0,82
Ekim	0,03	0,51	0,82
Kasım	0,0037	0,3	0,54
Aralık	0,26	0,11	0,47

NH₃-N Mart (0,41 mg/L), Nisan (0,41 mg/L), Haziran (0,73 mg/L) Eylül (0,44 mg/L) ve Ekim (0,51 mg/L) ayları arasında ölçülmüş ve sınır değeri aştığı belirlenmiştir.

TKN 0,47–4,39 mg/L aralığında değişmiş, Mart ayında 4,39 mg/L ile en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Genel olarak 5 eşmesi, özellikle azot bileşiklerinde mevsimsel farklılık göstermektedir.

Tablo 3.19'da 5 noktasına için sodyum (1,09–16,43 mg/L), magnezyum (2,91–4,25 mg/L), kalsiyum (6,92–14,73 mg/L) ve potasyum (0,001–3,936 mg/L) değerleri sınırların oldukça altında kalmıştır.

Tablo 3.19: 5 eşmesi için iz element ölçüm sonuçlarının birinci kısmı.

5	Na (mg/L)	Mg (mg/L)	K (mg/L)	Ca (mg/L)	P (mg/L)	Si (mg/L)	Sr (mg/L)	Fe (mg/L)	Ni (mg/L)
<i>Ocak</i>	2,626	2,98	1,62	11,63	0,056	4,527	0,035	0,07	0,001
<i>şubat</i>	10,08	2,984	0,001	12,66	0,055	4,815	0,026	0,004	0,001
<i>Mart</i>	6,878	3,398	3,936	12,14	0,001	4,63	0,031	0,006	0,001
<i>Nisan</i>	1,096	4,246	0,718	6,919	0,027	4,539	0,054	0,029	0,012
<i>Mayıs</i>	16,43	3,737	1,015	7,553	0,054	4,786	0,055	0,087	0,001
<i>Haziran</i>	5,195	3,406	2,006	11,29	0,002	5,174	0,033	0,001	0,002
<i>Temmuz</i>	6,284	3,378	0,666	12,01	0,009	4,978	0,024	0,003	0,001
<i>Ağustos</i>	7,193	3,759	0,001	12,59	0,021	6,385	0,038	0,001	0,001
<i>Eylül</i>	5,001	2,912	0,625	7,918	0,001	2,071	0,033	0,003	0,004
<i>Ekim</i>	6,248	3,541	0,001	13,42	0,029	5,963	0,035	0,003	0,001
<i>Kasım</i>	9,553	3,591	0,723	13,39	0,018	5,769	0,03	0,009	0,003
<i>Aralık</i>	10,456	3,755	0,862	14,73	0,021	6,364	0,026	0,042	0,001

Fosfor (0,001–0,056 mg/L) düşük seviyelerde bulunmuş, silisyum (2,71–6,36 mg/L) ise diğer noktalara kıyasla nispeten daha düşük değerler göstermiştir. Stronsiyum 0,021–0,054 mg/L aralığında ölçülmüştür. Demir (0,003–0,09 mg/L) ve nikel (0,001 mg/L) tüm ölçümlerde stabil düzeylerde seyretmiştir.

Tablo 3.20'de, Cu ve Zn konsantrasyonlarının 0,001–0,004 mg/L aralığında kaldığını ve TS 266 sınırlarının oldukça altında olduğunu göstermektedir.

Tablo 3.20: Ç5 Çeşmesi için iz element ölçüm sonuçlarının ikinci kısmı.

Ç5	Cu (mg/L)	Zn (mg/L)	Pb (mg/L)	Cr (mg/L)	Mn (mg/L)	Al (mg/L)
Ocak	0,001	0,001	0,001	0,001	0,005	0,033
Şubat	0,004	0,001	0,003	0,001	0,004	0,01
Mart	0,001	0,001	0,001	0,021	0,004	0,006
Nisan	0,001	0,001	0,014	0,013	0,005	0,001
Mayıs	0,001	0,001	0,043	0,007	0,004	0,001
Haziran	0,001	0,001	0,001	0,005	0,004	0,001
Temmuz	0,001	0,001	0,001	0,046	0,004	0,005
Ağustos	0,001	0,001	0,005	0,009	0,003	0,004
Eylül	0,001	0,001	0,006	0,003	0,003	0,008
Ekim	0,001	0,001	0,007	0,007	0,014	0,003
Kasım	0,001	0,001	0,003	0,078	0,003	0,005
Aralık	0,001	0,001	0,001	0,045	0,013	0,024

Pb değerleri ise Nisan (0,014 mg/L), Mayıs (0,043 mg/L) ve Kasım (0,078 mg/L) aylarında 0,01 mg/L sınırını aşmış, diğer aylarda düşük seviyelerde kalmıştır. Cr konsantrasyonları 0,001–0,046 mg/L aralığında bulunmuş ve tüm ölçümler 0,05 mg/L sınırının altında kalmıştır. Mn (0,003–0,013 mg/L) ve Al (0,001–0,033 mg/L) değerleri de yıl boyunca stabil düzeylerde seyretmiştir.

3.1.6. Ç6 – Çöklen Çeşmesi İçin Analiz Sonuçları (2023-2024)

Ç6 çeşmesine ait analiz sonuçları, TS 266 içme suyu standartları dikkate alınarak **Tablo 3.21**, **Tablo 3.22**, **Tablo 3.23** ve **Tablo 3.24**'te sunulmuştur.

Tablo 3.21'e göre pH 5,94–7,39 aralığında ölçülmüş, Kasım (5,94) ve Aralık (6,0) aylarında alt sınırın altında kalmıştır.

Tablo 3.21: Ç6 Çeşmesi'ne ait yerinde ölçüm sonuçları ve sertlik değerleri.

Ç6	pH	ÇO (mg/l)	Ei (µS/cm)	ORP (mV)	Tuzluluk (ppt)	Sıcaklık (°C)	Sertlik (mg/L)	Sertlik Derecesi
Ocak	6,19	9,74	73,9	229,4	0,03	10,2	25,70	Yumuşak su
Şubat	6,25	10,26	73,4	280,3	0,04	10,3	25,71	Yumuşak su
Mart	6,65	9,02	70,5	240	0,04	13,2	26,42	Yumuşak su
Nisan	6,99	8,27	70	182,4	0,04	17,5	14,39	Yumuşak su
Mayıs	7,13	8,07	69,1	211	0,05	18,6	15,8	Yumuşak su
Haziran	7,39	7,32	68,6	242	0,05	21,3	24,09	Yumuşak su
Temmuz	7,35	7,62	75,1	317	0,05	28,7	25,94	Yumuşak su
Ağustos	7,11	7,74	71,2	243	0,06	23	30,77	Yumuşak su
Eylül	7,9	8,65	77	296,7	0,05	18,8	28,10	Yumuşak su
Ekim	5,92	8,99	72,7	278,6	0,05	14,6	26,52	Yumuşak su
Kasım	5,94	9,74	244	386,3	0,06	8,2	29,68	Yumuşak su
Aralık	6	9,37	120,1	423,4	0,05	12,4	27,03	Yumuşak su

Çözünmüş oksijen 7,67–10,26 mg/L arasında değişmiş, kış aylarında daha yüksek değerler kaydedilmiştir. Elektriksel iletkenlik 68,2–120,1 μ S/cm aralığında bulunmuş ve sınırın oldukça altında kalmıştır. ORP 182,4–423,4 mV arasında değişmiş, yıl sonuna doğru yükselerek oksitleyici karakteri güçlendirmiştir. Tuzluluk 0,03–0,06 ‰ aralığında düşük seviyelerde seyretmiştir. Sıcaklık bu çeşmede en değişken parametre olmuş, Ocak ayında 10,2 °C iken Temmuz ayında 28,7 °C'ye yükselmiş ve yaklaşık 18 °C'lik fark göstermiştir. Sertlik değerleri 14,39–28,10 mg/L arasında değişerek sürekli “yumuşak su” sınıfında kalmıştır.

Tablo 3.22'ye göre azot bileşikleri incelendiğinde $\text{NO}_3\text{-N}$ 0,004–0,12 mg/L, $\text{NH}_3\text{-N}$ 0,02–0,19 mg/L ve TKN 0,14–1,04 mg/L aralığında ölçülmüş, tüm değerler sınırların oldukça altında kalmıştır.

Tablo 3.22: Ç6 Çeşmesi'ne ait azot bileşenleri ölçüm sonuçları.

Ç6	$\text{NO}_3\text{-N}$ (mg/l)	$\text{NH}_3\text{-N}$ (mg/l)	TKN (mg/l)
<i>Ocak</i>	0,02	0,25	0,39
<i>Şubat</i>	0,12	0,14	1,06
<i>Mart</i>	0,12	0,09	1,04
<i>Nisan</i>	0,004	0,16	0,59
<i>Mayıs</i>	0,09	0,04	0,27
<i>Haziran</i>	0,07	0,06	0,18
<i>Temmuz</i>	0,004	0,15	0,25
<i>Ağustos</i>	0,054	0,05	0,18
<i>Eylül</i>	0,004	0,03	0,1
<i>Ekim</i>	0,03	0,05	0,08
<i>Kasım</i>	0,004	0,12	0,21
<i>Aralık</i>	0,02	0,05	0,14

Tablo 3.23'e göre sodyum (3,40–14,61 mg/L), magnezyum (1,23–2,20 mg/L), kalsiyum (2,11–8,35 mg/L) ve potasyum (0,001–3,29 mg/L) değerleri sınırların oldukça altında kalmıştır.

Tablo 3.23: Ç6 Çeşmesi için iz element ölçüm sonuçlarının birinci kısmı.

Ç6	Na (mg/L)	Mg (mg/L)	K (mg/L)	Ca (mg/L)	P (mg/L)	Si (mg/L)	Sr (mg/L)	Fe (mg/L)	Ni (mg/L)
Ocak	3,404	1,991	0,326	6,997	0,03	12,5	0,028	0,004	0,002
Şubat	9,036	1,855	0,073	7,226	0,071	13,93	0,025	0,003	0,001
Mart	7,996	2,042	2,513	7,204	0,005	13,16	0,027	0,004	0,001
Nisan	14,61	2,196	0,001	2,114	0,047	12,65	0,051	0,021	0,005
Mayıs	3,452	1,231	0,012	4,257	0,069	13,3	0,056	0,015	0,001
Haziran	9,256	1,88	3,286	6,526	0,027	14,2	0,04	0,003	0,005
Temmuz	9,444	1,909	2,002	7,226	0,031	13,87	0,025	0,004	0,004
Ağustos	6,502	1,943	1,607	9,091	0,035	17,39	0,03	0,001	0,004
Eylül	10,620	1,766	0,001	5,740	0,001	21,780	0,029	0,001	0,005
Ekim	12,69	2,034	0,001	7,256	0,042	16,92	0,029	0,003	0,004
Kasım	11,28	2,141	0,499	8,345	0,045	15,34	0,028	0,004	0,005
Aralık	13,664	2,092	0,233	7,365	0,052	17,2	0,022	0,002	0,001

Fosfor (0,001–0,091 mg/L) oldukça düşük düzeylerde, stronsiyum ise 0,022–0,056 mg/L arasında ve düşük seviyelerde seyretmiştir. Silisyum değerleri 12,50–21,78 mg/L aralığında olup Eylül ayında en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Demir (0,001–0,021 mg/L) ve nikel (0,001–0,005 mg/L) tüm ölçümlerde sınır değerinin altında kalmıştır. Bununla birlikte, söz konusu noktadaki silisyum konsantrasyonlarının diğer çeşmelere kıyasla daha yüksek bulunması, bölgedeki kayaçların jeokimyasal özelliklerinin silisiklastik sedimanter kayaçlardan kaynaklandığını düşündürmektedir (Şekil 2).

Tablo 3.24'e göre Cu konsantrasyonlarının 0,001–0,011 mg/L aralığında değiştiği ve 2 mg/L sınırının oldukça altında kaldığı, Zn değerlerinin de 0,001–0,011 mg/L arasında olup 5 mg/L limitini aşmadığı belirlenmiştir.

Tablo 3.24: Ç6 Çeşmesi için iz element ölçüm sonuçlarının ikinci kısmı.

Ç6	Cu (mg/L)	Zn (mg/L)	Pb (mg/L)	Cr (mg/L)	Mn (mg/L)	Al (mg/L)
Ocak	0,002	0,001	0,002	0,001	0,004	0,007
Şubat	0,007	0,001	0,006	0,001	0,002	0,005
Mart	0,001	0,002	0,001	0,023	0,002	0,015
Nisan	0,001	0,002	0,024	0,032	0,003	0,003
Mayıs	0,011	0,051	0,028	0,016	0,012	0,001
Haziran	0,002	0,001	0,001	0,014	0,011	0,002
Temmuz	0,002	0,011	0,001	0,051	0,011	0,004
Ağustos	0,001	0,001	0,005	0,006	0,024	0,002
Eylül	0,001	0,007	0,007	0,016	0,001	0,007
Ekim	0,005	0,003	0,005	0,008	0,003	0,002
Kasım	0,004	0,013	0,002	0,032	0,003	0,005
Aralık	0,001	0,001	0,001	0,012	0,009	0,004

Pb parametresi Şubat (0,006 mg/L) ve Nisan (0,024 mg/L) aylarında artış göstermiş, özellikle Nisan ayında 0,01 mg/L sınırını aşarak dikkat çekmiştir. Cr konsantrasyonları 0,001–0,061 mg/L aralığında ölçülmüş, Temmuz ayında 0,061 mg/L ile 0,05 mg/L limitini geçmiştir. Mn değerleri 0,002–0,012 mg/L aralığında olup sınır değerinin altında kalmıştır. Al parametresi 0,001–0,015 mg/L seviyelerinde bulunmuş ve 0,2 mg/L limitinin oldukça altında seyretmiştir.

3.1.7. Ç7 – Sarı Çeşme İçin Analiz Sonuçları (2023-2024)

Ç7 çeşmesine ait analiz sonuçları, TS 266 içme suyu standartları dikkate alınarak **Tablo 3.25**, **Tablo 3.26**, **Tablo 3.27** ve **Tablo 3.28**'de sunulmuştur.

Tablo 3.25'e göre pH değerleri 7,0–8,47 aralığında ölçülmüş ve yıl boyunca standart aralıkta kalmıştır. Çözünmüş oksijen 5,92–7,84 mg/L aralığında bulunmuş, diğer çeşmelere göre görece daha düşük seviyelerde seyretmiştir.

Tablo 3.25: Ç7 Çeşmesi'ne ait yerinde ölçüm sonuçları ve sertlik değerleri.

Ç7	pH	ÇO (mg/l)	Ei (µS/cm)	ORP (mV)	Tuzluluk (ppt)	Sıcaklık (°C)	Sertlik (mg/L)	Sertlik Derecesi
Ocak	7,48	6,72	591	144,8	0,31	15,1	238,87	Sert su
Şubat	7,54	7,01	571	239,4	0,29	16	355,89	Çok sert su
Mart	7,84	6,64	554	273,9	0,31	15,5	346,04	Çok sert su
Nisan	8	6,18	524	159,2	0,29	17,1	118,54	Orta sert su
Mayıs	8,07	6,64	519	289,5	0,26	16,3	303,47	Çok sert su
Haziran	8,06	5,92	496	158,9	0,26	18,3	113,94	Orta sert su
Temmuz	8,31	6,09	504	173,4	0,27	18	230,21	Sert su
Ağustos	8,29	6,09	497	239,7	0,28	19,1	282,95	Sert su
Eylül	8,47	6,31	499	171,6	0,3	18,7	313,455	Çok sert su
Ekim	7	6,77	508	294	0,25	17,2	282,46	Sert su
Kasım	7,35	6,73	523	289,1	0,28	16,5	344,45	Çok sert su
Aralık	7,17	6,73	684	269,5	0,31	16,3	326,03	Çok sert su

Elektriksel iletkenlik 496–684 µS/cm aralığında ölçülmüş, 2500 µS/cm sınırının altında kalmakla birlikte diğer kaynaklara kıyasla daha yüksek iyonik yük göstermiştir. ORP 144,8–294 mV aralığında değişmiş, yıl boyunca oksitleyici koşullar korunmuştur. Tuzluluk 0,25–0,31 ‰ arasında kalmış, sıcaklık ise 12,7–18,7 °C aralığında mevsimsel değişim göstermiştir. Sertlik 113,94–355,89 mg/L aralığında ölçülmüş ve farklı dönemlerde “orta sert su”, “sert su” ve “çok sert su” sınıflarında yer almıştır.

Tablo 3.26'ya göre, Azot parametreleri ele alındığında Ç7 çeşmesi dikkat çekmektedir. NO₃-N 5,38–14,15 mg/L aralığında olup özellikle Şubat (13,28 mg/L) ve Mart (14,15 mg/L) aylarında yükselmiştir. NH₃-N 0,09–1,90 mg/L arasında değişmiştir. TKN 0,83–6,37 mg/L aralığında bulunmuş ve Mart ayında en yüksek değere ulaşmıştır.

Tablo 3.26: Ç7 Çeşmesi'ne ait azot bileşenleri ölçüm sonuçları.

Ç7	NO ₃ -N (mg/l)	NH ₃ -N (mg/l)	TKN (mg/l)
Ocak	9,70	0,10	0,83
Şubat	13,28	0,54	1,5
Mart	14,15	1,09	6,37
Nisan	8,05	0,90	5,19
Mayıs	6,72	0,96	4,56
Haziran	5,72	2,38	6,6
Temmuz	6,5	0,67	1,61
Ağustos	6,61	0,89	2,31
Eylül	5,58	0,87	1,32
Ekim	5,47	6,56	11,82
Kasım	6,67	1	1,74
Aralık	11,41	0,79	1,68

Tablo 3.27'de sodyum (5,46–18,74 mg/L) ve magnezyum (4,09–6,36 mg/L) değerleri sınırların oldukça altında kalmıştır.

Tablo 3.27: Ç7 Çeşmesi için iz element ölçüm sonuçlarının birinci kısmı.

Ç7	Na (mg/L)	Mg (mg/L)	K (mg/L)	Ca (mg/L)	P (mg/L)	Si (mg/L)	Sr (mg/L)	Fe (mg/L)	Ni (mg/L)
Ocak	5,468	6,017	3,611	85,6	0,009	4,753	0,168	0,002	0,004
Şubat	10,99	5,473	0,648	133,3	0,056	5,075	0,173	0,001	0,006
Mart	16,84	5,693	3,795	129	0,001	4,903	0,178	0,003	0,001
Nisan	18,74	6,316	0,712	36,91	0,032	4,683	0,305	0,016	0,001
Mayıs	14,36	5,265	2,854	112,6	0,056	5,074	0,319	0,01	0,001
Haziran	8,355	4,092	0,179	38,77	0,001	4,414	0,214	0,001	0,002
Temmuz	10,02	4,768	2,4	84,2	0,006	5,289	0,133	0,001	0,003
Ağustos	10,34	5,494	0,001	104,1	0,033	6,862	0,147	0,001	0,001
Eylül	11,430	6,358	1,592	131,542	0,174	0,062	0,145	0,001	0,001
Ekim	15,4	4,89	0,001	104,9	0,017	6,424	0,14	0,001	0,003
Kasım	12,1	5,416	0,487	128,8	0,023	5,964	0,15	0,001	0,004
Aralık	13,27	5,872	0,309	120,7	0,036	6,036	0,16	0,001	0,001

Kalsiyum (36,91–133,3 mg/L) ise birçok ayda 100 mg/L'nin üzerinde bulunmuş ve suyun sertlik derecesini belirgin biçimde artırmıştır. Potasyum 0,001–3,795 mg/L arasında ölçülmüştür. Fosfor (0,001–0,174 mg/L) silisyum (4,41–6,62 mg/L) ise düşük seviyelerde bulunmuştur. Stronsiyum (0,133–0,319 mg/L) görece yüksek değerler

göstermiştir. Demir (0,001–0,016 mg/L) ve nikel (0,001–0,006 mg/L) sınır değerlerin oldukça altında kalmıştır. Görece diğer çeşmelere kıyasla Sr miktarı yanında Ca, Mg, Na ve K gibi toprak alkali metallerin konsantrasyon değerlerinin de yüksek olması bu çeşme için jeolojik formasyonlara işaret etmektedir. Şekil 2’de görüldüğü üzere Sarı Çeşme, çalışma alanının güneyinde karbonatlı sedimanter kayaçların içindi bulunmaktadır. Ayrıca Sr genelinde içme suları kapsamında WHO’nun belirlediği önerilen değerin çok altında olduğu yapılan analizler sonucunda ortaya çıkmaktadır.

Tablo 3.28, Cu ve Zn konsantrasyonlarının 0,001–0,005 mg/L aralığında kaldığını ve TS 266 sınırlarının oldukça altında olduğunu göstermektedir.

Tablo 3.28: Ç7 Çeşmesi için iz element ölçüm sonuçlarının ikinci kısmı.

Ç7	Cu (mg/L)	Zn (mg/L)	Pb (mg/L)	Cr (mg/L)	Mn (mg/L)	Al (mg/L)
Ocak	0,001	0,001	0,001	0,001	0,007	0,03
Şubat	0,005	0,001	0,003	0,001	0,007	0,001
Mart	0,001	0,001	0,001	0,016	0,001	0,021
Nisan	0,001	0,001	0,022	0,022	0,002	0,001
Mayıs	0,001	0,002	0,031	0,466	0,003	0,001
Haziran	0,001	0,001	0,001	0,006	0,002	0,001
Temmuz	0,001	0,001	0,001	0,063	0,006	0,002
Ağustos	0,001	0,001	0,003	0,005	0,006	0,006
Eylül	0,001	0,001	0,002	0,005	0,001	0,020
Ekim	0,001	0,001	0,003	0,006	0,006	0,001
Kasım	0,001	0,001	0,004	0,062	0,042	0,002
Aralık	0,001	0,001	0,001	0,03	0,019	0,001

Pb değerleri 0,001–0,022 mg/L arasında değişmiş, özellikle Nisan ayında 0,022 mg/L ile 0,01 mg/L sınırını aşmıştır. Cr parametresi belirgin dalgalanmalar göstermiş ve Mayıs ayında 0,466 mg/L’ye çıkarak 0,05 mg/L sınırını önemli ölçüde aşmıştır. Mn (0,001–0,047 mg/L) ve Al (0,001–0,03 mg/L) değerleri yıl boyunca sınır değeri aşmadan seyretmiştir. Genel olarak Ç7 kaynağı Cu, Zn, Mn ve Al açısından TS 266’ya uygundur. Ancak Pb’de dönemsel ve Cr’de özellikle Mayıs ayında görülen belirgin aşım, su kalitesi açısından kritik risk oluşturmaktadır. Ayrıca sertlik değerlerindeki dalgalanmalar da kaynağın dikkat çeken özelliklerinden biridir.

Şekil 3.1’de yer alan görsel kapsamında çeşme çevresinde yer alan yerleşim alanları ile küçük ölçekli işletmelerin potansiyel etkileri nedeniyle, su kalitesinin belirli periyotlarda izlenmesi büyük önem taşımaktadır.



Şekil 3.1: Gebze ilçesi – Denizli Köyü’nde yer alan Sarı Çeşme.

3.1.8. Ç8 – Denizli Çeşmesi İçin Analiz Sonuçları (2023-2024)

Ç8 çeşmesine ait analiz sonuçları, TS 266 içme suyu standartları dikkate alınarak **Tablo 3.29**, **Tablo 3.30**, **Tablo 3.31** ve **Tablo 3.32**’de sunulmuştur.

Tablo 3.29’da Ç8 çeşmesi için pH 6,86–8,37 aralığında olup yıl boyunca standart sınırlar içinde kalmıştır.

Tablo 3.29: Ç8 Çeşmesi'ne ait yerinde ölçüm sonuçları ve sertlik değerleri.

Ç8	pH	ÇO (mg/l)	Ei (µS/cm)	ORP (mV)	Tuzluluk (ppt)	Sıcaklık (°C)	Sertlik (mg/L)	Sertlik Derecesi
Ocak	7,3	5,59	528	152,9	0,26	13,1	199,21	Sert su
Şubat	7,34	4,93	489	239,7	0,26	13,8	328,03	Çok sert su
Mart	7,65	4,84	491	271	0,27	13,6	342,36	Çok sert su
Nisan	7,85	4,7	485	187,7	0,27	15,5	96,29	Orta sert su
Mayıs	7,9	5,18	492	277,8	0,26	14,4	95,56	Orta sert su
Haziran	8,01	5,11	470	180,7	0,27	18,3	99,05	Orta sert su
Temmuz	8,23	4,81	466	167	0,26	16,4	204,63	Sert su
Ağustos	8,2	4,88	472	248,2	0,27	17,1	206,19	Sert su
Eylül	8,37	4,74	485	173,1	0,29	16,8	322,290	Çok sert su
Ekim	6,86	4,96	500	279,5	0,26	15	290,88	Sert su
Kasım	7,36	6,76	502	307,3	0,27	14,2	353,7	Çok sert su
Aralık	7,05	5,7	577	389,4	0,29	14,2	306,44	Çok sert su

Çözünmüş oksijen 4,7–6,76 mg/L arasında bulunmuş ve diğer çeşmelere kıyasla daha düşük seviyelerde seyretmiştir. Elektriksel iletkenlik 466–577 µS/cm aralığında ölçülmüş ve 2500 µS/cm sınırının oldukça altında kalmıştır. ORP 152,9–389,4 mV aralığında değişmiştir. Tuzluluk 0,26–0,29 ‰ arasında düşük seviyelerde kalmış, sıcaklık ise 13,1–18,3 °C aralığında mevsimsel farklılık göstermiştir. Sertlik 95,56–353,70 mg/L aralığında değişmiş ve dönemsel olarak “orta sert su”, “sert su” ve “çok sert su” sınıflarında yer almıştır.

Tablo 3.30'da azot parametreleri incelendiğinde NO₃-N 0,20–0,67 mg/L aralığında ölçülmüş, Mart ayında en yüksek değere ulaşmıştır. NH₃-N 0,10–0,46 mg/L arasında kalmış, TKN ise 0,29–2,97 mg/L aralığında olup Ocak ayında en yüksek seviyeye çıkmıştır. Genel olarak Ç8 kaynağı, çözünmüş oksijenin görece düşük olması ve ORP dalgalanmalarıyla dikkat çekmektedir.

Tablo 3.30: Ç8 Çeşmesi'ne ait azot bileşenleri ölçüm sonuçları.

Ç8	NO ₃ -N (mg/l)	NH ₃ -N (mg/l)	TKN (mg/l)
Ocak	0,20	0,10	2,97
Şubat	0,6	0,1	0,29
Mart	0,67	0,12	0,65
Nisan	0,57	0,25	0,70
Mayıs	0,7	0,11	0,74
Haziran	0,63	0,4	4,65
Temmuz	0,57	0,2	0,49
Ağustos	0,51	0,28	0,68
Eylül	0,44	0,21	0,4
Ekim	0,57	0,23	0,51
Kasım	0,59	0,69	1,42
Aralık	0,55	0,46	1,17

Tablo 3.31'de Na (4,16–15,32 mg/L), Mg (4,85–8,28 mg/L), Ca (25,92–127,8 mg/L) ve K (0,001–4,026 mg/L) değerleri sınırların oldukça altında kalmıştır.

Tablo 3.31: Ç8 Çeşmesi için iz element ölçüm sonuçlarının birinci kısmı.

Ç8	Na (mg/L)	Mg (mg/L)	K (mg/L)	Ca (mg/L)	P (mg/L)	Si (mg/L)	Sr (mg/L)	Fe (mg/L)	Ni (mg/L)
Ocak	4,163	5,979	0,864	69,8	0,018	3,723	0,16	0,009	0,002
Şubat	6,521	5,876	0,652	121,5	0,047	3,888	0,167	0,002	0,001
Mart	10,28	6,559	4,026	126,1	0,017	3,878	0,188	0,005	0,001
Nisan	18,05	7,544	3,816	25,99	0,008	3,87	0,317	0,019	0,001
Mayıs	8,547	7,933	0,001	25,02	0,063	4,108	0,344	0,057	0,001
Haziran	7,172	4,853	1,282	31,54	0,002	3,033	0,269	0,001	0,001
Temmuz	8,774	6,672	0,361	70,84	0,001	4,29	0,159	0,002	0,002
Ağustos	9,031	7,404	0,001	70,26	0,026	5,58	0,165	0,001	0,001
Eylül	8,448	6,510	1,874	103,6	0,001	6,241	0,165	0,001	0,001
Ekim	12,26	7,853	0,178	103,4	0,024	6,051	0,164	0,001	0,002
Kasım	14,31	8,283	0,001	127,8	0,038	5,043	0,166	0,006	0,003
Aralık	15,322	7,071	0,123	110,9	0,059	4,887	0,162	0,004	0,001

Fosfor 0,008–0,059 mg/L ile düşük seviyelerde, silisyum ise 3,03–6,05 mg/L arasında olup özellikle sonbaharda daha yüksek bulunmuştur. Sr 0,159–0,344 mg/L aralığında ölçülmüştür. Fe (0,001–0,057 mg/L) ve Ni (0,001–0,003 mg/L) değerleri sınırların oldukça altında kalmıştır.

Tablo 3.32 Cu ve Zn konsantrasyonlarının 0,001–0,003 mg/L aralığında kaldığını ve TS 266 sınırlarının oldukça altında olduğunu göstermektedir.

Tablo 3.32: Ç8 Çeşmesi için iz element ölçüm sonuçlarının ikinci kısmı.

Ç8	Cu (mg/L)	Zn (mg/L)	Pb (mg/L)	Cr (mg/L)	Mn (mg/L)	Al (mg/L)
Ocak	0,001	0,001	0,002	0,001	0,005	0,038
Şubat	0,003	0,001	0,003	0,001	0,004	0,012
Mart	0,001	0,001	0,001	0,032	0,001	0,001
Nisan	0,001	0,001	0,021	0,036	0,002	0,001
Mayıs	0,001	0,002	0,031	0,015	0,002	0,005
Haziran	0,001	0,001	0,001	0,006	0,001	0,001
Temmuz	0,001	0,001	0,001	0,028	0,003	0,004
Ağustos	0,001	0,001	0,003	0,012	0,003	0,004
Eylül	0,001	0,001	0,001	0,010	0,001	0,015
Ekim	0,001	0,001	0,001	0,012	0,005	0,001
Kasım	0,001	0,001	0,005	0,067	0,027	0,009
Aralık	0,001	0,001	0,001	0,026	0,01	0,002

Pb değerleri 0,002–0,031 mg/L arasında değişmiş, özellikle Mayıs ayında 0,031 mg/L ile 0,01 mg/L sınırını aşmıştır. Cr 0,001–0,067 mg/L aralığında bulunmuş, Kasım

ayında 0,067 mg/L ile 0,05 mg/L limitini geçmiştir. Mn (0,001–0,027 mg/L) ve Al (0,001–0,038 mg/L) değerleri ise yıl boyunca sınır değerin altında seyretmiştir.

3.1.9. Ç9 – Yağcılar Çeşmesi İçin Analiz Sonuçları (2023-2024)

Ç9 çeşmesine ait analiz sonuçları, TS 266 içme suyu standartları dikkate alınarak **Tablo 3.33**, **Tablo 3.34**, **Tablo 3.35** ve **Tablo 3.36**'da sunulmuştur.

Tablo 3.33'te yer alan Ç9 çeşmesi için pH 5,69–7,7 aralığında ölçülmüş, Aralık ayında 5,69 ile alt sınırın altında kalmıştır.

Tablo 3.33: Ç9 Çeşmesi'ne ait yerinde ölçüm sonuçları ve sertlik değerleri.

Ç9	pH	ÇO (mg/l)	Ei (µS/cm)	ORP (mV)	Tuzluluk (ppt)	Sıcaklık (°C)	Sertlik (mg/L)	Sertlik Derecesi
Ocak	6,28	11,37	64,8	124,8	0,03	5,9	22,33	Yumuşak su
Şubat	6,53	10,91	64,1	209,4	0,04	9,9	23,63	Yumuşak su
Mart	6,68	10,32	63,8	224,6	0,04	11,6	24,71	Yumuşak su
Nisan	7,34	8,82	64,8	152,6	0,03	20,3	17,48	Yumuşak su
Mayıs	7,49	9,89	66,2	188,2	0,04	21	15,02	Yumuşak su
Haziran	6,98	8,91	67,8	178,2	0,04	26,7	13,09	Yumuşak su
Temmuz	7,7	7,64	66,7	116,5	0,05	28	23,46	Yumuşak su
Ağustos	7,45	8,83	65,4	183	0,04	27,3	28,79	Yumuşak su
Eylül	Kuru Dönem							
Ekim								
Kasım	6,06	10,8	65,4	248,6	0,05	9,7	28,71	Yumuşak su
Aralık	5,69	10,8	191,7	212,4	0,05	9,7	26,86	Yumuşak su

Çözünmüş oksijen 7,64–11,37 mg/L arasında değişmiş ve Ocak ayında en yüksek değere ulaşmıştır. Elektriksel iletkenlik 63–67 µS/cm aralığında ölçülmüş ve 2500 µS/cm sınırının oldukça altında kalmıştır. ORP 116,5–248,6 mV arasında bulunmuştur. Tuzluluk 0,03–0,05 ‰ arasında sabit kalmıştır. Sıcaklık bu çeşmede belirgin dalgalanma göstermiş; Ocak ayında 5,9 °C iken yaz aylarında 27,3 °C'ye yükselmiş ve yaklaşık 21 °C fark oluşmuştur. Sertlik 13,09–28,79 mg/L arasında kalmış ve su her dönemde “yumuşak su” sınıfta yer almıştır.

Tablo 3.34'de yer alan azot bileşiklerinden NO₃-N 0,30–0,52 mg/L aralığında ölçülmüştür. NH₃-N 0,05–1,52 mg/L arasında değişmiş, Aralık ayında en yüksek seviyeye ulaşmıştır. TKN 0,67–4,41 mg/L aralığında olup Kasım ayında artış göstermiştir. Genel olarak Ç9 kaynağı, yüksek sıcaklık dalgalanmaları ve azot bileşiklerindeki dönemsel artışlarla dikkat çekmektedir.

Tablo 3.34: Ç9 Çeşmesi'ne ait azot bileşenleri ölçüm sonuçları.

Ç9	NO ₃ -N (mg/l)	NH ₃ -N (mg/l)	TKN (mg/l)
Ocak	0,30	0,05	1,09
Şubat	0,52	0,07	2,6
Mart	0,56	0,14	2,98
Nisan	0,40	0,22	0,83
Mayıs	0,48	0,09	0,71
Haziran	0,4	0,11	0,66
Temmuz	0,45	0,28	0,91
Ağustos	0,47	0,33	1
Eylül	Kuru Dönem		
Ekim			
Kasım	0,5	1,98	4,41
Aralık	0,47	1,52	3,46

Tablo 3.35'e göre Na (4,07–18,67 mg/L), Mg (1,28–3,29 mg/L), Ca (1,57–7,42 mg/L) ve K (0,001–4,329 mg/L) değerleri sınırların oldukça altında kalmıştır. Fosfor 0,015–0,082 mg/L ile düşük düzeylerde seyretmiş, silisyum 5,20–8,68 mg/L aralığında olup özellikle Kasım–Aralık aylarında daha yüksek bulunmuştur. Sr (0,014–0,036 mg/L) düşük seviyelerde kalmış, Fe 0,001–0,009 mg/L ve Ni 0,001–0,004 mg/L aralığında ölçülmüştür.

Tablo 3.35: Ç9 Çeşmesi için iz element ölçüm sonuçlarının birinci kısmı.

Ç9	Na (mg/L)	Mg (mg/L)	K (mg/L)	Ca (mg/L)	P (mg/L)	Si (mg/L)	Sr (mg/L)	Fe (mg/L)	Ni (mg/L)
Ocak	4,127	1,8	0,041	5,964	0,031	6,34	0,02	0,009	0,002
Şubat	10,86	1,836	0,001	6,433	0,066	6,863	0,016	0,004	0,002
Mart	6,131	2,019	4,329	6,562	0,031	6,323	0,017	0,007	0,001
Nisan	18,67	3,287	3,871	1,575	0,022	6,285	0,032	0,017	0,002
Mayıs	6,519	2,781	1,232	1,426	0,067	6,941	0,036	0,009	0,001
Haziran	4,07	1,287	0,005	3,108	0,015	5,203	0,024	0,001	0,002
Temmuz	7,821	2,296	0,164	5,612	0,026	7,248	0,015	0,001	0,004
Ağustos	7,439	2,715	0,001	7,046	0,036	9,705	0,025	0,001	0,004
Eylül	Kuru Dönem								
Ekim									
Kasım	6,439	2,463	0,26	7,421	0,043	8,09	0,019	0,01	0,007
Aralık	7,951	2,035	0,114	7,393	0,052	8,684	0,014	0,002	0,001

Tablo 3.36'da yer alan analiz sonuçları doğrultusunda Cu ve Zn konsantrasyonları 0,001–0,009 mg/L aralığında kalmıştır. Pb, Nisan ayında 0,016 mg/L'ye yükselerek 0,01 mg/L sınırını aşmıştır. Cr 0,001–0,153 mg/L aralığında ölçülmüş, Kasım ayında 0,153 mg/L ile 0,05 mg/L sınır değerini önemli ölçüde aşmıştır. Mn (0,001–0,011 mg/L) ve Al (0,001–0,016 mg/L) değerleri yıl boyunca stabil seviyelerde seyretmiştir.

Tablo 3.36: Ç9 Çeşmesi için iz element ölçüm sonuçlarının ikinci kısmı.

Ç9	Cu (mg/L)	Zn (mg/L)	Pb (mg/L)	Cr (mg/L)	Mn (mg/L)	Al (mg/L)
Ocak	0,002	0,001	0,001	0,002	0,002	0,016
Şubat	0,009	0,003	0,003	0,001	0,001	0,007
Mart	0,001	0,002	0,001	0,023	0,001	0,008
Nisan	0,001	0,003	0,016	0,019	0,001	0,001
Mayıs	0,001	0,005	0,042	0,031	0,002	0,006
Haziran	0,001	0,002	0,001	0,006	0,008	0,001
Temmuz	0,001	0,001	0,001	0,051	0,002	0,001
Ağustos	0,001	0,002	0,003	0,008	0,01	0,001
Eylül	Kuru Dönem					
Ekim						
Kasım	0,001	0,002	0,001	0,153	0,011	0,024
Aralık	0,001	0,002	0,001	0,036	0,011	0,004

3.1.10. Ç10 – Elmas Salih Çeşmesi İçin Analiz Sonuçları (2023-2024)

Ç10 çeşmesine ait analiz sonuçları, TS 266 içme suyu standartları dikkate alınarak **Tablo 3.37, Tablo 3.38, Tablo 3.39** ve **Tablo 3.40**'da sunulmuştur.

Tablo 3.37'de, Ç10 çeşmesi için pH 6,83–8,34 aralığında ölçülmüş ve yıl boyunca standart sınırlar içinde kalmıştır.

Tablo 3.37: Ç10 Çeşmesi'ne ait yerinde ölçüm sonuçları ve sertlik değerleri.

Ç10	pH	ÇO (mg/l)	Ei (µS/cm)	ORP (mV)	Tuzluluk (ppt)	Sıcaklık (°C)	Sertlik (mg/L)	Sertlik Derecesi
Ocak	7,89	8	529	57,4	0,4	7,1	207,82	Sert su
Şubat	7,63	6,16	745	97,9	0,42	9,6	412,18	Çok sert su
Mart	7,97	5,38	532	74,6	0,31	10,8	298,69	Sert su
Nisan	7,97	2,36	859	12,4	0,48	16,1	196,5	Sert su
Mayıs	7,93	1,78	887	11,9	0,43	15,8	223,49	Sert su
Haziran	8,11	2,17	948	8,8	0,51	21,5	97,71	Orta sert su
Temmuz	8,17	1,54	935	5,4	0,51	22,6	287,74	Sert su
Ağustos	8,16	2,27	945	3,6	0,54	25,2	266,86	Sert su
Eylül	8,34	2,06	949	13,1	0,56	21,6	391,250	Çok sert su
Ekim	6,83	2,04	952	19,7	0,49	16,1	387,81	Çok sert su
Kasım	7,26	5,4	787	100,5	0,45	10,6	394,69	Çok sert su
Aralık	7,36	8,71	453	150,4	0,22	9,2	203,88	Sert su

Çözünmüş oksijen 1,54–8,71 mg/L arasında değişmiş, özellikle yaz aylarında oldukça düşük seviyelere inmiştir. Elektriksel iletkenlik 529–1000,5 µS/cm aralığında olup 2500 µS/cm sınırının altında kalmasına rağmen diğer çeşmelere göre yüksek iyonik yük göstermektedir. ORP 3,1–150,4 mV arasında değişmiş, ilkbahar–yaz döneminde 20 mV'un altına düşerek zayıf oksitleyici koşulları işaret etmiştir. Tuzluluk 0,22–0,56

‰ aralığında görece yüksek bulunmuş, sıcaklık ise 7,1–22,6 °C arasında mevsimsel farklılık göstermiştir. Sertlik değerleri 97,71–412,18 mg/L arasında değişmiş, yılın farklı dönemlerinde “orta sert su”, “sert su” ve “çok sert su” sınıflarında yer almıştır.

Tablo 3.38’e göre azot parametreleri incelendiğinde NO₃-N 0,12–1,8 mg/L aralığında olup yaz sonu ve sonbaharda artış göstermiştir. NH₃-N 0,07–0,83 mg/L arasında değişmiş, özellikle Temmuz–Ağustos aylarında yükselmiştir. TKN 0,44–6,09 mg/L aralığında bulunmuş ve Ekim ayında en yüksek değere ulaşmıştır.

Tablo 3.38: Ç10 Çeşmesi’ne ait azot bileşenleri ölçüm sonuçları.

<i>Ç10</i>	<i>NO₃-N (mg/l)</i>	<i>NH₃-N (mg/l)</i>	<i>TKN (mg/l)</i>
<i>Ocak</i>	0,80	0,07	0,44
<i>Şubat</i>	0,49	0,09	0,89
<i>Mart</i>	1,43	0,10	0,49
<i>Nisan</i>	0,31	0,20	0,91
<i>Mayıs</i>	0,58	0,79	4,19
<i>Haziran</i>	0,18	0,19	4,86
<i>Temmuz</i>	0,22	0,38	0,83
<i>Ağustos</i>	0,14	0,59	1,25
<i>Eylül</i>	0,28	0,77	0,84
<i>Ekim</i>	0,18	3,94	6,09
<i>Kasım</i>	0,56	0,94	1,54
<i>Aralık</i>	1,5	0,76	1,38

Tablo 3.39’a bakıldığında, Ç10 noktasına için Na konsantrasyonu 0,91–95,38 mg/L aralığında bulunmuş, 200 mg/L sınırının altında kalmasına rağmen diğer noktalara kıyasla yüksek seviyeler göstermiştir.

Tablo 3.39: Ç10 Çeşmesi için iz element ölçüm sonuçlarının birinci kısmı.

Ç10	Na (mg/L)	Mg (mg/L)	K (mg/L)	Ca (mg/L)	P (mg/L)	Si (mg/L)	Sr (mg/L)	Fe (mg/L)	Ni (mg/L)
Ocak	0,916	2,748	5,347	77,82	0,001	3,387	0,381	0,523	0,002
Şubat	56,56	22,67	0,001	127,6	0,066	2,879	0,159	0,045	0,005
Mart	39,1	17,46	3,263	89,52	0,033	4,253	0,123	1,061	0,003
Nisan	70,58	29,66	2,058	28,96	0,035	3,251	0,296	0,05	0,001
Mayıs	74,04	32,65	5,362	29,58	0,077	3,732	0,308	2,808	0,001
Haziran	50,71	11,77	0,77	19,52	0,049	3,888	0,224	0,001	0,001
Temmuz	81,3	28,55	1,754	67,86	0,034	4,371	0,128	0,044	0,004
Ağustos	95,38	34,97	0,001	49,35	0,075	6,031	0,134	0,002	0,002
Eylül	77,62	28,265	0,548	109,8	0,0585	4,4125	0,127	0,122	0,004
Ekim	91,47	31,97	1,095	102,6	0,057	5,073	0,127	0,013	0,002
Kasım	63,77	24,56	0,001	117	0,06	3,752	0,127	0,23	0,006
Aralık	84,28	11,37	0,036	62,86	0,079	3,985	0,081	0,023	0,009

Mg 2,74–32,65 mg/L arasında değişmiş, özellikle Mayıs–Ekim döneminde 30 mg/L’ye yaklaşarak sınıra yakın seyretmiştir. Ca 19,52–127,6 mg/L aralığında ölçülmüş, Şubat ayında 127,6 mg/L ile yüksek sertlik seviyesine ulaşmıştır. K 0,001–5,35 mg/L, P 0,001–0,079 mg/L ve Si 2,87–5,07 mg/L aralığında ölçülmüş ve düşük–orta seviyelerde kalmıştır. Sr 0,081–0,381 mg/L aralığında olup diğer noktalara göre daha yüksek bulunmuştur. Fe 0,001–1,061 mg/L arasında değişmiş, Mart ayında 1,061 mg/L ile 0,2 mg/L sınırını aşarak içme suyu açısından uygunsuzluk göstermiştir. Fe açısından bazı aylarda limit aşımı renklenme, bulanıklık ve metalik tat gibi sorunlar oluşturabilecek potansiyel taşımaktadır. Ni 0,001–0,009 mg/L aralığında bulunmuş ve sınır değerlerin altında kalmıştır.

Tablo 3.40’da yer alan analizlere ait sonuçlarda, Cu ve Zn konsantrasyonları 0,001–0,005 mg/L aralığında bulunmuş ve TS 266 sınırlarının oldukça altında kalmıştır.

Tablo 3.40: Ç10 Çeşmesi için iz element ölçüm sonuçlarının ikinci kısmı.

Ç10	Cu (mg/L)	Zn (mg/L)	Pb (mg/L)	Cr (mg/L)	Mn (mg/L)	Al (mg/L)
Ocak	0,001	0,001	0,001	0,001	0,35	0,593
Şubat	0,005	0,001	0,004	0,001	0,007	0,024
Mart	0,002	0,001	0,001	0,023	0,708	1,477
Nisan	0,001	0,001	0,009	0,011	1,161	0,001
Mayıs	0,001	0,004	0,031	0,299	5,692	0,018
Haziran	0,001	0,001	0,001	0,001	0,231	0,001
Temmuz	0,002	0,001	0,001	0,03	0,471	0,002
Ağustos	0,001	0,001	0,006	0,019	0,005	0,004
Eylül	0,001	0,001	0,004	0,030	0,300	0,004
Ekim	0,001	0,001	0,007	0,007	0,065	0,001
Kasım	0,001	0,001	0,001	0,053	0,535	0,007
Aralık	0,002	0,001	0,033	0,007	0,001	0,001

Pb, Aralık ayında 0,033 mg/L ile 0,01 mg/L limitini aşmıştır. Cr 0,001–0,299 mg/L arasında değişmiş, Mayıs ayında 0,299 mg/L ile 0,05 mg/L sınırını önemli ölçüde geçmiştir. Mn 0,007–5,692 mg/L aralığında ölçülmüş, Mayıs ayında 5,692 mg/L ile 0,05 mg/L sınırını aşmıştır. Al 0,001–1,477 mg/L aralığında bulunmuş, Mart ayında 1,477 mg/L ile 0,2 mg/L limitinin üzerinde kaydedilmiştir.

3.1.11. Ç11 – Kaptan Çeşmesi İçin Analiz Sonuçları (2023-2024)

Ç11 çeşmesine ait analiz sonuçları, TS 266 içme suyu standartları dikkate alınarak **Tablo 3.41**, **Tablo 3.42**, **Tablo 3.43** ve **Tablo 3.44**'te sunulmuştur.

Tablo 3.41'e göre Ç11 çeşmesinde pH 6,87–8,45 aralığında ölçülmüş ve yıl boyunca sınırlar içinde kalmıştır.

Tablo 3.41: Ç11 Çeşmesi'ne ait yerinde ölçüm sonuçları ve sertlik değerleri.

Ç11	pH	ÇO (mg/l)	Ei (μ S/cm)	ORP (mV)	Tuzluluk (ppt)	Sıcaklık (°C)	Sertlik (mg/L)	Sertlik Derecesi
Ocak	7,41	9,21	496	136,3	0,27	10,9	222,51	Sert su
Şubat	7,41	9,11	517	250	0,26	12	339,73	Çok sert su
Mart	7,79	8,83	532	236,7	0,31	12,7	303,62	Çok sert su
Nisan	8,01	7,79	528	137	0,28	16,3	106,9	Orta sert su
Mayıs	7,94	8,09	548	228,3	0,3	14,7	116,6	Orta sert su
Haziran	8,22	7,57	554	176	0,3	18,8	106,72	Orta sert su
Temmuz	8,21	7,35	562	155,6	0,3	18,7	250,86	Sert su
Ağustos	8,15	7,47	561	204	0,33	19,8	189,45	Sert su
Eylül	8,45	7,7	565	144,8	0,35	18,4	369,905	Çok sert su
Ekim	6,87	8,05	591	271,1	0,32	14,7	348,12	Çok sert su
Kasım	7,22	8,8	573	290,5	0,34	12,3	391,69	Çok sert su
Aralık	7,12	8,65	628	194,1	0,32	12,1	286,07	Sert su

Çözünmüş oksijen 7,35–9,21 mg/L arasında bulunmuş ve içme suyu için yeterli seviyelerde seyretmiştir. Elektriksel iletkenlik 496–628 μ S/cm aralığında, ORP ise 137–291 mV arasında ölçülmüştür. Tuzluluk 0,26–0,41 ‰ aralığında bulunmuş, özellikle sonbahar–kış aylarında artış göstermiştir. Sıcaklık 10,9–18,7 °C aralığında değişmiş ve mevsimsel farklılıkları yansıtmıştır. Sertlik 106,72–391,69 mg/L aralığında değişmiş, yılın farklı dönemlerinde “orta sert su”, “sert su” ve “çok sert su” sınıflarında yer almıştır.

Tablo 3.42'ye göre azot parametreleri incelendiğinde NO₃-N 0,70–1,84 mg/L aralığında olup yaz aylarında 1,5 mg/L'nin üzerinde değerler kaydedilmiştir. NH₃-N 0,05–1,46 mg/L arasında değişmiş, Aralık ayında en yüksek seviyeye ulaşmıştır. TKN

ise 0,32–2,36 mg/L aralığında ölçülmüş ve genel olarak orta düzeylerde seyretmiştir. Genel olarak Ç11 kaynağı, özellikle nitrat konsantrasyonlarının diğer çeşmelere göre daha yüksek olmasıyla öne çıkmaktadır.

Tablo 3.42: Ç11 Çeşmesi'ne ait azot bileşenleri ölçüm sonuçları.

Ç11	NO ₃ -N (mg/l)	NH ₃ -N (mg/l)	TKN (mg/l)
Ocak	0,70	0,09	0,94
Şubat	1,1	0,12	0,41
Mart	1,22	0,16	1,03
Nisan	1,19	0,22	1,01
Mayıs	1,24	0,07	1,08
Haziran	1,35	0,05	2,62
Temmuz	1,54	0,25	0,86
Ağustos	1,56	0,33	0,98
Eylül	1,47	0,1	0,2
Ekim	1,8	0,83	1,19
Kasım	1,61	2,04	3,45
Aralık	1,52	1,46	2,36

Tablo 3.43'te yer alan bazı parametrelerde belirgin dalgalanmalar görülmektedir. Na (3,40–33,52 mg/L) ve Mg (1,64–4,16 mg/L) değerleri sınırların oldukça altında kalmıştır.

Tablo 3.43: Ç11 Çeşmesi için iz element ölçüm sonuçlarının birinci kısmı.

Ç11	Na (mg/L)	Mg (mg/L)	K (mg/L)	Ca (mg/L)	P (mg/L)	Si (mg/L)	Sr (mg/L)	Fe (mg/L)	Ni (mg/L)
Ocak	33,52	2,678	4,897	84,44	0,001	3,436	0,375	0,001	0,005
Şubat	8,828	2,367	0,442	131,8	0,021	3,788	0,453	0,003	0,001
Mart	9,047	2,363	3,755	117,3	0,011	3,624	0,491	0,006	0,001
Nisan	22,9	4,168	3,003	35,38	0,003	3,724	0,891	0,062	0,023
Mayıs	16,83	3,322	2,832	40,51	0,051	4,177	0,975	0,026	0,001
Haziran	3,723	1,645	1,125	39,7	0,001	3,018	0,597	0,001	0,001
Temmuz	7,096	2,49	1,753	96,02	0,001	4,202	0,461	0,001	0,001
Ağustos	3,407	3,007	1,324	70,62	0,016	5,334	0,496	0,001	0,001
Eylül	5,655	2,283	1,146	130,0	0,001	3,514	0,476	0,001	0,004
Ekim	5,85	2,76	0,001	134,5	0,001	5,214	0,467	0,001	0,003
Kasım	8,508	2,612	0,469	152,1	0,017	4,709	0,484	0,002	0,004
Aralık	9,056	2,879	0,348	109,5	0,028	4,947	0,448	0,004	0,001

Ca ise 35,38–152,1 mg/L aralığında ölçülmüş, özellikle Kasım ayında 152,1 mg/L ile yüksek seviyelere ulaşarak suyun sert karakterini güçlendirmiştir. K 0,348–4,89 mg/L, P 0,001–0,051 mg/L ve Si 3,01–5,53 mg/L aralığında bulunmuş, genellikle düşük seviyelerde seyretmiştir. Sr konsantrasyonu 0,375–0,891 mg/L aralığında ölçülmüş ve

diğer noktalara kıyasla oldukça yüksek bulunmuştur. Fe 0,001–0,062 mg/L aralığında olup sınır değerin altında kalmıştır. Ancak Ni 0,001–0,023 mg/L aralığında değişmiş, Nisan ayında 0,023 mg/L ile 0,02 mg/L sınırını aştığı gözlemlenmiştir.

Tablo 3.44'teki analizlerde Cu ve Zn konsantrasyonları 0,001–0,005 mg/L aralığında kalmıştır.

Tablo 3.44: Ç11 Çeşmesi için iz element ölçüm sonuçlarının ikinci kısmı.

<i>Ç11</i>	<i>Cu</i> (mg/L)	<i>Zn</i> (mg/L)	<i>Pb</i> (mg/L)	<i>Cr</i> (mg/L)	<i>Mn</i> (mg/L)	<i>Al</i> (mg/L)
<i>Ocak</i>	0,002	0,001	0,001	0,001	0,003	0,026
<i>Şubat</i>	0,003	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001
<i>Mart</i>	0,001	0,001	0,001	0,013	0,064	0,01
<i>Nisan</i>	0,001	0,012	0,029	0,006	0,131	0,001
<i>Mayıs</i>	0,001	0,002	0,029	0,021	0,305	0,001
<i>Haziran</i>	0,001	0,001	0,001	0,002	0,025	0,001
<i>Temmuz</i>	0,001	0,001	0,001	0,09	0,044	0,001
<i>Ağustos</i>	0,001	0,001	0,001	0,003	0,003	0,002
<i>Eylül</i>	0,001	0,001	0,006	0,004	0,001	0,020
<i>Ekim</i>	0,001	0,001	0,006	0,015	0,011	0,001
<i>Kasım</i>	0,001	0,001	0,003	0,034	0,098	0,001
<i>Aralık</i>	0,005	0,001	0,03	0,006	0,001	0,001

Pb 0,001–0,033 mg/L arasında değişmiş, Nisan (0,029 mg/L) ve Aralık (0,030 mg/L) aylarında 0,01 mg/L limitini aşmıştır. Cr 0,001–0,090 mg/L aralığında olup, Temmuz ayında 0,090 mg/L ile 0,05 mg/L sınırını geçmiştir. Mn 0,002–0,305 mg/L arasında ölçülmüş, Mayıs ayında 0,305 mg/L ile 0,05 mg/L limitini önemli ölçüde aşmıştır. Al 0,001–0,026 mg/L aralığında kalmıştır.

3.1.12. Ç12 – Karabayır Çeşmesi İçin Analiz Sonuçları (2023-2024)

Ç12 çeşmesine ait analiz sonuçları, TS 266 içme suyu standartları dikkate alınarak **Tablo 3.45**, **Tablo 3.46**, **Tablo 3.47** ve **Tablo 3.48**'de sunulmuştur.

Tablo 3.45'te Ç12 çeşmesi için pH 7,08–8,56 aralığında olup yıl boyunca standart sınırlar içinde kalmıştır.

Tablo 3.45: Ç12 Çeşmesi'ne ait yerinde ölçüm sonuçları ve sertlik değerleri.

Ç12	pH	ÇO (mg/l)	Ei (µS/cm)	ORP (mV)	Tuzluluk (ppt)	Sıcaklık (°C)	Sertlik (mg/L)	Sertlik Derecesi
Ocak	7,62	10,28	695	139,3	0,41	6,3	178,82	Sert su
Şubat	7,37	8,76	731	256,6	0,38	11,6	403,84	Çok sert su
Mart	7,68	8,68	729	239	0,42	12,9	330,38	Çok sert su
Nisan	7,95	8,36	712	152,6	0,37	15,2	135,01	Orta sert su
Mayıs	7,95	8,27	708	231,4	0,36	14,6	118,08	Orta sert su
Haziran	8,19	8,55	693	162,4	0,36	17,9	177,91	Sert su
Temmuz	8,35	8,23	693	166,7	0,39	18,5	241,39	Sert su
Ağustos	8,34	8,59	688	227	0,39	19,7	191,43	Sert su
Eylül	8,56	8,64	684	142,1	0,41	17,2	387,140	Çok sert su
Ekim	7,08	9,14	691	273,2	0,36	13,8	330,84	Çok sert su
Kasım	7,42	10,09	708	293,7	0,42	11,6	443,44	Çok sert su
Aralık	7,08	8,9	744	184,4	0,44	13,1	314,44	Çok sert su

Çözünmüş oksijen 8,27–10,28 mg/L aralığında ölçülmüştür. Elektriksel iletkenlik 684–744 µS/cm aralığında olup 2500 µS/cm sınırının oldukça altındadır. ORP 139,3–293,7 mV arasında pozitif değerler göstermiştir. Tuzluluk 0,36–0,44 ‰ aralığında görece yüksek fakat dengeli seviyelerde seyretmiştir. Sıcaklık 6,3–18,7 °C aralığında değişerek mevsimsel farklılıkları yansıtmıştır. Sertlik 118,08–443,44 mg/L aralığında değişmiş ve yıl boyunca su “orta sert su”, “sert su” ve “çok sert su” sınıflarında yer almıştır.

Tablo 3.46 dikkate alındığında, azot parametrelerinden NO₃-N 2,12–2,69 mg/L aralığında ölçülmüş ve diğer kaynaklara göre daha yüksek bulunmuştur. NH₃-N 0,09–1,21 mg/L arasında değişmiş, Kasım ayında en yüksek seviyeye ulaşmıştır. TKN 0,48–35,95 mg/L arasında dalgalanmış, özellikle Ekim ayında 35,95 mg/L ile dikkat çekici bir artış göstermiştir.

Tablo 3.46: Ç12 Çeşmesi'ne ait azot bileşenleri ölçüm sonuçları.

Ç12	NO ₃ -N (mg/l)	NH ₃ -N (mg/l)	TKN (mg/l)
Ocak	2,12	0,31	0,63
Şubat	2,33	0,26	0,48
Mart	2,57	0,19	0,62
Nisan	2,69	0,29	0,88
Mayıs	2,64	0,13	0,87
Haziran	2,57	0,02	0,92
Temmuz	2,7	0,33	1,93
Ağustos	2,57	0,31	1,82
Eylül	2,47	0,16	0,34
Ekim	2,59	23,21	35,95
Kasım	2,35	1,26	1,77
Aralık	2,54	1,02	1,25

Tablo 3.47'de Ç12 noktasına için Na (0,49–49,59 mg/L) ve Mg (1,48–4,98 mg/L) değerleri sınırların oldukça altında kalmıştır.

Tablo 3.47: Ç12 Çeşmesi için iz element ölçüm sonuçlarının birinci kısmı.

<i>Ç12</i>	<i>Na</i> (mg/L)	<i>Mg</i> (mg/L)	<i>K</i> (mg/L)	<i>Ca</i> (mg/L)	<i>P</i> (mg/L)	<i>Si</i> (mg/L)	<i>Sr</i> (mg/L)	<i>Fe</i> (mg/L)	<i>Ni</i> (mg/L)
<i>Ocak</i>	0,49	1,481	1,038	68,98	0,001	3,248	0,256	0,002	0,002
<i>Şubat</i>	38,69	2,71	0,001	156,9	0,031	3,591	0,419	0,001	0,001
<i>Mart</i>	38,92	2,947	2,469	127,1	0,008	3,337	0,433	0,007	0,001
<i>Nisan</i>	49,59	4,989	5,926	45,41	0,002	3,402	0,788	0,02	0,001
<i>Mayıs</i>	44,92	3,906	5,379	40,38	0,051	3,701	0,824	0,015	0,01
<i>Haziran</i>	30,71	2,75	2,125	66,34	0,001	3,934	0,655	0,001	0,001
<i>Temmuz</i>	29,68	2,716	1,943	91,92	0,001	4,023	0,37	0,001	0,002
<i>Ağustos</i>	24,83	3,055	6,518	71,38	0,017	4,793	0,398	0,001	0,001
<i>Eylül</i>	28,700	2,934	1,668	153,3	0,001	0,800	0,388	0,002	0,001
<i>Ekim</i>	27,96	2,902	0,001	127,4	0,001	4,909	0,379	0,001	0,001
<i>Kasım</i>	27,99	2,957	0,001	172,3	0,017	4,511	0,396	0,003	0,004
<i>Aralık</i>	32,63	2,981	0,012	120,7	0,025	4,473	0,399	0,007	0,002

Ca 40,38–172,3 mg/L aralığında ölçülmüş, özellikle Şubat (156,9 mg/L), Mart (127,1 mg/L), Eylül (153,3 mg/L) ve Kasım (172,3 mg/L) aylarında çok yüksek seviyelere ulaşarak suyun sertlik karakterini güçlendirmiştir. K 0,001–5,926 mg/L aralığında bulunmuş ve düşük seviyelerde seyretmiştir. P 0,001–0,031 mg/L ve Si 3,25–4,91 mg/L değerleri düşük düzeylerde kalmıştır. Sr 0,256–0,820 mg/L aralığında olup diğer noktalara kıyasla oldukça yüksek seviyelerde bulunmuştur. Fe (0,001–0,022 mg/L) ve Ni (0,001–0,002 mg/L) değerleri sınırların oldukça altında kalmıştır.

Tablo 3.48'e göre yapılan analizlerde Cu ve Zn 0,001–0,005 mg/L aralığında bulunmuş ve TS 266 sınırlarının oldukça altında kalmıştır.

Tablo 3.48: Ç12 Çeşmesi için iz element ölçüm sonuçlarının ikinci kısmı.

<i>Ç12</i>	<i>Cu</i> (mg/L)	<i>Zn</i> (mg/L)	<i>Pb</i> (mg/L)	<i>Cr</i> (mg/L)	<i>Mn</i> (mg/L)	<i>Al</i> (mg/L)
<i>Ocak</i>	0,002	0,001	0,001	0,001	0,002	0,025
<i>Şubat</i>	0,004	0,001	0,004	0,001	0,003	0,001
<i>Mart</i>	0,001	0,001	0,001	0,038	0,027	0,004
<i>Nisan</i>	0,001	0,002	0,02	0,044	0,056	0,001
<i>Mayıs</i>	0,001	0,001	0,036	0,03	0,083	0,003
<i>Haziran</i>	0,001	0,001	0,001	0,005	0,022	0,001
<i>Temmuz</i>	0,001	0,001	0,001	0,078	0,019	0,003
<i>Ağustos</i>	0,001	0,001	0,007	0,052	0,003	0,001
<i>Eylül</i>	0,001	0,001	0,002	0,003	0,001	0,023
<i>Ekim</i>	0,001	0,001	0,006	0,034	0,008	0,001
<i>Kasım</i>	0,001	0,001	0,001	0,056	0,065	0,006
<i>Aralık</i>	0,005	0,001	0,01	0,006	0,001	0,001

Pb 0,001–0,032 mg/L aralığında ölçülmüş, Nisan ayında 0,032 mg/L ile 0,01 mg/L sınırını aşmıştır. Cr 0,001–0,078 mg/L aralığında olup Temmuz ayında 0,078 mg/L ile 0,05 mg/L limitini geçmiştir. Mn 0,002–0,083 mg/L arasında değişmiş, Mayıs ayında 0,083 mg/L ile sınır değer üzerinde bulunmuştur. Al 0,001–0,025 mg/L arasında seyretmiş ve tüm değerler 0,2 mg/L standardının altında kalmıştır.

3.1.13. Şerafettin Fidan Çeşmesi İçin Analiz Sonuçları (2023-2024)

Ç13 çeşmesine ait analiz sonuçları, TS 266 içme suyu standartları dikkate alınarak **Tablo 3.49**, **Tablo 3.50**, **Tablo 3.51** ve **Tablo 3.52**'de sunulmuştur.

Tablo 3.49'a göre Ç13 çeşmesinde pH 7,51–8,1 aralığında olup yıl boyunca sınırlar içinde kalmıştır.

Tablo 3.49: Ç13 Çeşmesi'ne ait yerinde ölçüm sonuçları ve sertlik değerleri.

<i>Ç13</i>	<i>pH</i>	<i>ÇO</i> (mg/l)	<i>Ei</i> (μ S/cm)	<i>ORP</i> (mV)	<i>Tuzluluk</i> (ppt)	<i>Sıcaklık</i> (°C)	<i>Sertlik</i> (mg/L)	<i>Sertlik Derecesi</i>
<i>Ocak</i>	7,58	6,67	431	143,7	0,22	11	75,42	Orta sert su
<i>Şubat</i>	7,51	5,38	433	269,8	0,22	11,6	287,60	Sert su
<i>Mart</i>	7,87	5,61	418	247,4	0,24	12,4	260,57	Sert su
<i>Nisan</i>	7,98	3,52	437	153,5	0,25	16,2	85,99	Orta sert su
<i>Mayıs</i>	7,9	3,22	478	240,5	0,21	16,5	83,44	Orta sert su
<i>Haziran</i>	8,03	4,77	477	161,3	0,24	22	156,06	Sert su
<i>Temmuz</i>	8,07	5,56	490	168,2	0,26	22,6	234,68	Sert su
<i>Ağustos</i>	8,1	6,06	491	231	0,27	23,5	131,46	Orta sert su
<i>Eylül</i>	Kuru Dönem							
<i>Ekim</i>								
<i>Kasım</i>								
<i>Aralık</i>								

Çözünmüş oksijen 3,22–6,67 mg/L arasında ölçülmüş, özellikle Mayıs (3,22 mg/L) ve Haziran (4,77 mg/L) aylarında düşük seviyelere inmiştir. Elektriksel iletkenlik 418–491 $\mu\text{S/cm}$, ORP ise 143,7–269,8 mV aralığında ölçülmüştür. Tuzluluk 0,21–0,27 ‰ arasında sabit kalmıştır. Sıcaklık 11–23,5 °C arasında değişmiş, yaklaşık 12 °C’lık mevsimsel fark göstermiştir. Sertlik 75,42–287,60 mg/L arasında değişmiş ve yıl boyunca “orta sert su” ile “sert su” sınıflarında yer almıştır.

Tablo 3.50’de azot parametreleri incelendiğinde $\text{NO}_3\text{-N}$ 0,03–0,24 mg/L, $\text{NH}_3\text{-N}$ 0,08–0,63 mg/L ve TKN 0,17–3,46 mg/L aralığında ölçülmüş; $\text{NH}_3\text{-N}$ Ağustos ayında, TKN ise Şubat ayında en yüksek değerlere ulaşmıştır. Genel olarak Ç13 kaynağı, düşük çözünmüş oksijen seviyeleri ve belirgin sıcaklık farklılıklarıyla öne çıkmaktadır.

Tablo 3.50: Ç13 Çeşmesi’ne ait azot bileşenleri ölçüm sonuçları.

<i>Ç13</i>	<i>NO₃-N (mg/l)</i>	<i>NH₃-N (mg/l)</i>	<i>TKN (mg/l)</i>
<i>Ocak</i>	0,03	0,22	0,76
<i>Şubat</i>	0,24	0,18	3,46
<i>Mart</i>	0,21	0,13	0,37
<i>Nisan</i>	0,07	0,22	0,50
<i>Mayıs</i>	0,09	0,08	0,17
<i>Haziran</i>	0,03	0,19	0,44
<i>Temmuz</i>	0,08	0,21	0,44
<i>Ağustos</i>	0,14	0,63	0,92
<i>Eylül</i>	Kuru Dönem		
<i>Ekim</i>			
<i>Kasım</i>			
<i>Aralık</i>			

Tablo 3.51’e göre Ç13 çeşmesinde Na 0,56–23,71 mg/L, Mg 1,33–2,50 mg/L, Ca 26,78–112,7 mg/L ve K 0,001–4,08 mg/L aralığında olup sınırların oldukça altında kalmıştır.

Tablo 3.51: Ç13 Çeşmesi için iz element ölçüm sonuçlarının birinci kısmı.

Ç13	Na (mg/L)	Mg (mg/L)	K (mg/L)	Ca (mg/L)	P (mg/L)	Si (mg/L)	Sr (mg/L)	Fe (mg/L)	Ni (mg/L)
Ocak	8,111	2,029	2,989	26,78	0,004	6,585	0,123	0,002	0,002
Şubat	5,626	1,353	0,001	112,7	0,027	3,231	0,266	0,001	0,001
Mart	4,166	1,336	4,087	101,9	0,004	3,272	0,275	0,006	0,001
Nisan	23,71	2,503	4,076	30,02	0,005	3,525	0,548	0,008	0,003
Mayıs	20,91	2,002	3,138	29,81	0,044	3,999	0,566	0,006	0,001
Haziran	4,335	1,536	0,001	59,73	0,001	4,385	0,372	0,001	0,001
Temmuz	4,089	1,568	1,061	91,17	0,001	4,579	0,271	0,001	0,001
Ağustos	0,561	1,895	0,001	49,35	0,017	5,484	0,275	0,001	0,002
Eylül	Kuru Dönem								
Ekim									
Kasım									
Aralık									

P 0,004–0,034 mg/L ve Si 3,23–5,48 mg/L aralığında ölçülmüştür. Sr 0,123–0,566 mg/L arasında bulunmuş, özellikle Mayıs–Haziran aylarında görece yüksek değerler kaydedilmiştir. Fe (0,001–0,008 mg/L) ve Ni (0,001–0,002 mg/L) sınırların oldukça altında kalarak herhangi bir risk oluşturmamıştır.

Tablo 3.52'e göre Ç13 kaynağına ait analizlerde Cu ve Zn konsantrasyonları 0,001–0,003 mg/L aralığında bulunmuş ve TS 266 sınırlarının oldukça altında kalmıştır.

Tablo 3.52: Ç13 Çeşmesi için iz element ölçüm sonuçlarının ikinci kısmı.

Ç13	Cu (mg/L)	Zn (mg/L)	Pb (mg/L)	Cr (mg/L)	Mn (mg/L)	Al (mg/L)
Ocak	0,001	0,001	0,001	0,001	0,004	0,024
Şubat	0,003	0,001	0,003	0,001	0,002	0,001
Mart	0,002	0,001	0,002	0,039	0,012	0,007
Nisan	0,001	0,001	0,013	0,007	0,023	0,001
Mayıs	0,001	0,001	0,021	0,013	0,027	0,001
Haziran	0,001	0,001	0,001	0,005	0,01	0,002
Temmuz	0,001	0,001	0,001	0,044	0,008	0,002
Ağustos	0,001	0,001	0,001	0,008	0,002	0,001
Eylül	Kuru Dönem					
Ekim						
Kasım						
Aralık						

Pb 0,001–0,021 mg/L arasında değişmiş, özellikle Mayıs ayında 0,021 mg/L ile 0,01 mg/L limitini aşmıştır. Cr 0,001–0,044 mg/L aralığında ölçülmüş ve tüm değerler 0,05 mg/L sınırının altında kalmıştır. Mn 0,001–0,027 mg/L ve Al 0,001–0,024 mg/L aralığında olup her iki parametre de sınır değerlerin altında bulunmuştur.

3.1.14. Ç14 – Kokarca Çeşmesi İçin Analiz Sonuçları (2023-2024)

Ç14 çeşmesine ait analiz sonuçları, TS 266 içme suyu standartları dikkate alınarak **Tablo 3.53, Tablo 3.54, Tablo 3.55 ve Tablo 3.56**'da sunulmuştur.

Tablo 3.53'e göre Ç14 çeşmesi kapsamında pH 5,6–7,37 aralığında ölçülmüş, Ocak, Şubat, Ekim ve Aralık aylarında alt sınır olan 6,5'in altında kalmıştır.

Tablo 3.53: Ç14 Çeşmesi'ne ait yerinde ölçüm sonuçları ve sertlik değerleri.

Ç14	pH	ÇO (mg/l)	Ei (µS/cm)	ORP (mV)	Tuzluluk (ppt)	Sıcaklık (°C)	Sertlik (mg/L)	Sertlik Derecesi
Ocak	6,24	6,44	172,8	153,7	0,09	12	200,60	Sert su
Şubat	6,16	6,04	179,1	269,9	0,09	11,8	88,22	Orta sert su
Mart	6,51	6,15	180	247,4	0,1	12,2	92,11	Orta sert su
Nisan	6,74	5,63	177,3	176,4	0,1	14,2	73,55	Yumuşak su
Mayıs	6,74	5,14	185,4	221,4	0,09	14,3	74,78	Yumuşak su
Haziran	6,69	6,01	183,4	212	0,1	17,4	78,41	Orta sert su
Temmuz	7,09	5,58	183,5	170,5	0,11	17,6	90,31	Orta sert su
Ağustos	7,06	4,62	182,4	228,9	0,12	18,1	95,87	Orta sert su
Eylül	7,37	5,79	229	38,4	0,15	17,9	93,37	Orta sert su
Ekim	5,6	5,87	192	296,1	0,11	15,5	95,61	Orta sert su
Kasım	6,03	6,35	189,2	287,2	0,11	13,8	91,13	Orta sert su
Aralık	5,95	6,19	350	181,7	0,13	12,6	100,48	Orta sert su

Çözünmüş oksijen 5,14–6,44 mg/L aralığında bulunmuş ve görece düşük seviyelerde seyretmiştir. Elektriksel iletkenlik 172,8–229 µS/cm aralığında olup ORP ise 38,4–296,1 mV aralığında kaydedilmiştir. Tuzluluk 0,08–0,13 ‰ aralığında düşük seviyelerde kalmış, sıcaklık ise 11,2–18,5 °C arasında mevsimsel dalgalanma göstermiştir. Sertlik değerleri 73,55–200,60 mg/L arasında değişmiş, su bazı dönemlerde “yumuşak su”, bazı dönemlerde “orta sert su” ve “sert su” sınıflarında yer almıştır.

Tablo 3.54'e göre azot parametreleri incelendiğinde NO₃-N 0,004–0,69 mg/L arasında düşük seviyelerde bulunmuş, NH₃-N 0,08–1,52 mg/L aralığında ölçülmüş ve Kasım ayında belirgin artış göstermiştir. TKN 0,22–2,92 mg/L arasında değişmiş, Şubat ayında en yüksek değere ulaşmıştır. Genel olarak Ç14 kaynağı, pH'ın bazı aylarda alt sınırın altında kalması ve NH₃-N artışlarıyla öne çıkmaktadır. Ancak parametreler TS 266 limitlerini aşmadığından, su içme amaçlı kullanılabilir niteliktedir.

Tablo 3.54: Ç14 Çeşmesi'ne ait azot bileşenleri ölçüm sonuçları.

<i>Ç14</i>	<i>NO₃-N (mg/l)</i>	<i>NH₃-N (mg/l)</i>	<i>TKN (mg/l)</i>
<i>Ocak</i>	0,004	0,08	1,58
<i>Şubat</i>	0,24	0,1	2,92
<i>Mart</i>	0,22	0,10	0,99
<i>Nisan</i>	0,09	0,26	0,65
<i>Mayıs</i>	0,16	0,09	0,26
<i>Haziran</i>	0,12	0,05	0,53
<i>Temmuz</i>	0,17	0,17	0,62
<i>Ağustos</i>	0,17	0,75	1,22
<i>Eylül</i>	0,69	0,17	0,22
<i>Ekim</i>	0,19	0,89	1,48
<i>Kasım</i>	0,15	1,52	1,98
<i>Aralık</i>	0,21	1,2	1,74

Tablo 3.55'e göre yapılan analizler incelendiğinde, parametrelerin büyük ölçüde standartlarla uyumlu olduğu görülmektedir.

Tablo 3.55: Ç14 Çeşmesi için iz element ölçüm sonuçlarının birinci kısmı.

<i>Ç14</i>	<i>Na (mg/L)</i>	<i>Mg (mg/L)</i>	<i>K (mg/L)</i>	<i>Ca (mg/L)</i>	<i>P (mg/L)</i>	<i>Si (mg/L)</i>	<i>Sr (mg/L)</i>	<i>Fe (mg/L)</i>	<i>Ni (mg/L)</i>
<i>Ocak</i>	5,45	1,796	2,398	77,24	0,001	6,573	0,109	0,005	0,002
<i>Şubat</i>	14,24	2,19	0,001	31,64	0,049	7,14	0,119	0,003	0,001
<i>Mart</i>	17,92	2,545	6,178	32,59	0,021	6,163	0,131	0,007	0,001
<i>Nisan</i>	29,2	3,486	6,545	23,58	0,002	6,408	0,228	0,001	0,001
<i>Mayıs</i>	18,46	3,566	5,185	23,9	0,049	6,754	0,241	0,05	0,001
<i>Haziran</i>	14,5	2,498	2,101	27,19	0,001	6,938	0,156	0,001	0,001
<i>Temmuz</i>	13,47	2,462	0,627	32,02	0,001	7,699	0,117	0,005	0,001
<i>Ağustos</i>	13,65	2,698	0,001	33,84	0,016	9,204	0,155	0,002	0,001
<i>Eylül</i>	12,370	1,815	1,123	22,180	0,001	0,083	0,132	0,004	0,001
<i>Ekim</i>	12,7	2,533	0,001	34,02	0,001	9,119	0,135	0,002	0,002
<i>Kasım</i>	18,66	2,56	0,919	32,16	0,011	8,367	0,128	0,004	0,006
<i>Aralık</i>	21,24	2,29	1,021	36,37	0,019	9,634	0,137	0,001	0,001

Na konsantrasyonu 5,45–29,2 mg/L, Mg 1,79–3,58 mg/L ve Ca 22,18–77,24 mg/L aralığında bulunmuş; Ocak ayında en yüksek Ca değeri ölçülmüştür. K değerleri 0,001–6,55 mg/L arasında değişmiştir. P konsantrasyonu 0,001–0,049 mg/L arasında düşük seviyelerde kalmıştır. Si konsantrasyonları 6,16–9,63 mg/L arasında olup sonbaharda artış göstermiştir. Sr değerleri 0,109–0,241 mg/L arasında ölçülmüştür. Fe (0,001–0,007 mg/L) ve Ni (0,001–0,003 mg/L) konsantrasyonları ise tüm yıl boyunca sınır değerlerin oldukça altında kalmıştır.

Tablo 3.56'ya göre Ç14 çeşmesine ait analizler sonuçlarında Cu ve Zn konsantrasyonları 0,001–0,004 mg/L aralığında kalmış ve TS 266 sınırlarının oldukça altında bulunmuştur.

Tablo 3.56: Ç14 Çeşmesi için iz element ölçüm sonuçlarının ikinci kısmı.

<i>Ç14</i>	<i>Cu</i> (mg/L)	<i>Zn</i> (mg/L)	<i>Pb</i> (mg/L)	<i>Cr</i> (mg/L)	<i>Mn</i> (mg/L)	<i>Al</i> (mg/L)
<i>Ocak</i>	0,001	0,001	0,001	0,001	0,004	0,014
<i>Şubat</i>	0,004	0,001	0,006	0,002	0,003	0,003
<i>Mart</i>	0,002	0,001	0,001	0,051	0,026	0,014
<i>Nisan</i>	0,001	0,003	0,014	0,083	0,027	0,016
<i>Mayıs</i>	0,001	0,002	0,035	0,045	0,029	0,005
<i>Haziran</i>	0,001	0,001	0,001	0,007	0,008	0,001
<i>Temmuz</i>	0,001	0,001	0,001	0,032	0,014	0,004
<i>Ağustos</i>	0,002	0,001	0,003	0,012	0,018	0,002
<i>Eylül</i>	0,001	0,001	0,006	0,007	0,004	0,015
<i>Ekim</i>	0,001	0,001	0,007	0,012	0,013	0,004
<i>Kasım</i>	0,001	0,001	0,001	0,062	0,044	0,002
<i>Aralık</i>	0,003	0,001	0,001	0,008	0,006	0,004

Pb değerleri 0,001–0,035 mg/L arasında değişmiş, özellikle Mayıs ayında 0,035 mg/L ile 0,01 mg/L sınır değerini aşmıştır. Cr konsantrasyonları 0,001–0,083 mg/L arasında ölçülmüş, Mart (0,051 mg/L), Nisan (0,083 mg/L) ve Kasım (0,062 mg/L) aylarında sınır değerinin üzerinde bulunmuştur. Mn (0,002–0,044 mg/L) ve Al (0,001–0,016 mg/L) parametreleri ise tüm yıl boyunca sınır değerlerin altında kalmıştır.

3.1.15. Ç15 – Ahmet Davcı Çeşmesi İçin Analiz Sonuçları (2023-2024)

Ç15 çeşmesine ait analiz sonuçları, TS 266 içme suyu standartları dikkate alınarak **Tablo 3.57**, **Tablo 3.58**, **Tablo 3.59** ve **Tablo 3.60**'da sunulmuştur.

Tablo 3.57'ye göre Ç15 çeşmesine ait analizler sonuçlarında pH değerleri 7,03–8,27 aralığında ölçülmüş ve yıl boyunca standart sınırlar (6,5–9,5) içerisinde kalmıştır.

Tablo 3.57: Ç15 Çeşmesi'ne ait yerinde ölçüm sonuçları ve sertlik değerleri.

Ç15	pH	ÇO (mg/l)	Ei (µS/cm)	ORP (mV)	Tuzluluk (ppt)	Sıcaklık (°C)	Sertlik (mg/L)	Sertlik Derecesi
Ocak	7,11	9,1	320	170,3	0,21	7,5	295,24	Sert su
Şubat	7,05	8,82	326	275,8	0,16	11	221,64	Sert su
Mart	7,41	8,54	313	247,8	0,18	11	223,64	Sert su
Nisan	7,64	7,39	321	196	0,17	15,5	90,73	Orta sert su
Mayıs	8,03	8,6	348	244,2	0,17	15,2	92,26	Orta sert su
Haziran	8,05	7,85	375	193,6	0,19	21,2	89,91	Orta sert su
Temmuz	8,14	7,32	372	181,8	0,19	21,7	225,48	Sert su
Ağustos	8,02	7,69	366	253,4	0,21	21,1	153,36	Sert su
Eylül	8,27	7,78	368	167,9	0,22	18,6	242,94	Sert su
Ekim	6,74	8,91	368	285,2	0,21	13,4	249,34	Sert su
Kasım	7,16	9,57	342	300,4	0,2	9,6	236,54	Sert su
Aralık	7,03	9,79	431	185,4	0,22	9,5	173,09	Sert su

Çözünmüş oksijen 7,32–9,91 mg/L arasında değişmiş, Ocak ve Haziran aylarında yüksek, Nisan ve Temmuz aylarında ise görece düşük seviyelerde bulunmuştur. Elektriksel iletkenlik 320–431 µS/cm aralığında olup, ORP değerleri ise 170,3–320 mV arasında ölçülmüştür. Tuzluluk 0,16–0,24 ‰ aralığında düşük seviyelerde kalmıştır. Sıcaklık 7,5–21,7 °C arasında dalgalanmış ve mevsimsel farklılıkları yansıtmıştır. Sertlik değerleri 89,91–295,24 mg/L arasında değişmiş, suyun dönemsel olarak “orta sert su” ve “sert su” sınıflarında yer aldığı belirlenmiştir.

Tablo 3.58'e göre azot parametreleri incelendiğinde, NO₃-N konsantrasyonları 0–0,52 mg/L arasında değişmiş, Ocak ayında tespit edilemezken Mart ayında 0,19 mg/L'ye ulaşmıştır. NH₃-N değerleri 0,06–0,59 mg/L aralığında olup, TKN konsantrasyonları ise 0,06–3,77 mg/L arasında değişmiş, Eylül ayında en yüksek seviyeye çıkmıştır.

Tablo 3.58: Ç15 Çeşmesi'ne ait azot bileşenleri ölçüm sonuçları.

Ç15	NO ₃ -N (mg/l)	NH ₃ -N (mg/l)	TKN (mg/l)
Ocak	0	0,59	3,06
Şubat	0,13	0,38	0,6
Mart	0,19	0,21	0,61
Nisan	0,06	0,22	0,79
Mayıs	0,42	0,16	0,91
Haziran	0,03	0,12	0,81
Temmuz	0,07	0,31	0,87
Ağustos	0,07	0,22	1,01
Eylül	0,04	0,18	0,37
Ekim	0,011	0,4	0,83
Kasım	0,2	0,13	0,18
Aralık	0,2	0,07	0,1

Tablo 3.59 için Na konsantrasyonu 8,36–26,9 mg/L aralığında bulunmuş ve 200 mg/L sınırının oldukça altında kalmıştır.

Tablo 3.59: Ç15 Çeşmesi için iz element ölçüm sonuçlarının birinci kısmı.

<i>Ç15</i>	<i>Na</i> (mg/L)	<i>Mg</i> (mg/L)	<i>K</i> (mg/L)	<i>Ca</i> (mg/L)	<i>P</i> (mg/L)	<i>Si</i> (mg/L)	<i>Sr</i> (mg/L)	<i>Fe</i> (mg/L)	<i>Ni</i> (mg/L)
<i>Ocak</i>	26,9	7,421	1,599	105,8	0,003	4,387	0,227	0,034	0,004
<i>Şubat</i>	10,77	1,61	0,001	85,96	0,052	7,305	0,105	0,009	0,001
<i>Mart</i>	12,22	1,64	4,081	86,68	0,035	6,357	0,11	0,042	0,001
<i>Nisan</i>	16,24	3,245	4,024	30,56	0,022	5,698	0,346	0,241	0,001
<i>Mayıs</i>	23,58	4,458	4,51	29,09	0,057	5,603	0,221	0,542	0,001
<i>Haziran</i>	8,367	1,379	1,893	33,65	0,001	5,809	0,115	0,001	0,001
<i>Temmuz</i>	9,841	1,667	0,988	87,41	0,001	7,751	0,096	0,004	0,003
<i>Ağustos</i>	10,36	1,916	0,001	58,15	0,012	9,699	0,107	0,001	0,002
<i>Eylül</i>	9,356	1,620	1,525	91,24	0,001	0,132	0,106	0,002	0,002
<i>Ekim</i>	8,701	1,843	0,001	96,66	0,001	9,02	0,107	0,004	0,001
<i>Kasım</i>	10,74	1,936	0,001	91,35	0,005	8,159	0,104	0,032	0,005
<i>Aralık</i>	12,39	1,904	0,362	66,07	0,014	8,582	0,094	0,002	0,001

Mg değerleri 1,37–7,42 mg/L, Ca konsantrasyonları ise 29,05–105,8 mg/L arasında değişmiştir. Konsantrasyonu 0,001–4,08 mg/L arasında değişen K parametresi sınır değerinin altında kalmıştır. P değerleri 0,001–0,084 mg/L aralığında kalmış ve düşük düzeylerde bulunmuştur. Si konsantrasyonları 4,38–9,13 mg/L arasında değişmiş, yılın son aylarında (Kasım–Aralık) daha yüksek seviyelere ulaşmıştır. Sr değerleri 0,094–0,346 mg/L aralığında ölçülmüş ve özellikle Nisan ayında 0,346 mg/L ile maksimum düzeye çıkmıştır. Fe konsantrasyonu 0,001–0,241 mg/L arasında değişmiş, Nisan ayında 0,241 mg/L ile 0,2 mg/L sınırını aştığı belirlenmiştir. Ni değerleri ise 0,001–0,004 mg/L aralığında bulunmuş ve 0,02 mg/L limitinin altında kalarak herhangi bir risk oluşturmamıştır.

Tablo 3.60'daki analiz sonuçlar incelendiğinde, Cu ve Zn konsantrasyonlarının 0,001–0,004 mg/L aralığında kaldığı ve TS 266'da belirtilen sınırların oldukça altında olduğu görülmektedir.

Tablo 3.60: Ç15 Çeşmesi için iz element ölçüm sonuçlarının ikinci kısmı.

<i>Ç15</i>	<i>Cu</i> (mg/L)	<i>Zn</i> (mg/L)	<i>Pb</i> (mg/L)	<i>Cr</i> (mg/L)	<i>Mn</i> (mg/L)	<i>Al</i> (mg/L)
<i>Ocak</i>	0,003	0,001	0,001	0,001	0,004	0,066
<i>Şubat</i>	0,003	0,001	0,007	0,001	0,002	0,009
<i>Mart</i>	0,002	0,001	0,001	0,025	0,009	0,061
<i>Nisan</i>	0,001	0,001	0,008	0,25	0,11	0,326
<i>Mayıs</i>	0,001	0,001	0,035	0,025	0,023	0,449
<i>Haziran</i>	0,001	0,001	0,001	0,014	0,003	0,002
<i>Temmuz</i>	0,001	0,001	0,001	0,057	0,006	0,005
<i>Ağustos</i>	0,001	0,001	0,004	0,005	0,003	0,001
<i>Eylül</i>	0,001	0,001	0,002	0,006	0,001	0,018
<i>Ekim</i>	0,001	0,001	0,007	0,009	0,005	0,006
<i>Kasım</i>	0,001	0,001	0,002	0,031	0,031	0,039
<i>Aralık</i>	0,002	0,004	0,001	0,002	0,001	0,007

Pb değerleri 0,001–0,035 mg/L arasında değişmiş, özellikle Mayıs ayında 0,035 mg/L’ye ulaşarak 0,01 mg/L limitini aşmıştır. Cr konsantrasyonları 0,001–0,057 mg/L aralığında ölçülmüş, Temmuz ayında 0,057 mg/L ile 0,05 mg/L sınırının üzerinde bulunmuştur. Mn değerleri 0,002–0,023 mg/L aralığında seyretmiş ve 0,05 mg/L limitini aşmamıştır. Al konsantrasyonları ise 0,001–0,449 mg/L arasında değişmiş, özellikle Mayıs ayında 0,449 mg/L ile 0,2 mg/L sınırını aşarak dikkat çekmiştir.

3.1.16. Ç16 – Doğan Çeşmesi İçin Analiz Sonuçları (2023-2024)

Ç16 çeşmesine ait analiz sonuçları, TS 266 içme suyu standartları dikkate alınarak **Tablo 3.61**, **Tablo 3.62**, **Tablo 3.63** ve **Tablo 3.64**’te sunulmuştur.

Tablo 3.61’de pH değerleri 7,16–7,99 aralığında olup yıl boyunca 6,5–9,5 sınırları içinde kalmıştır.

Tablo 3.61: Ç16 Çeşmesi'ne ait yerinde ölçüm sonuçları ve sertlik değerleri.

Ç16	pH	ÇO (mg/l)	Ei (µS/cm)	ORP (mV)	Tuzluluk (ppt)	Sıcaklık (°C)	Sertlik (mg/L)	Sertlik Derecesi
Ocak	7,19	8,57	556	161,9	0,28	8,5	222,13	Sert su
Şubat	7,16	8,63	721	277,1	0,38	10,2	408,47	Çok sert su
Mart	7,39	7,72	574	249	0,34	10,7	332,2	Çok sert su
Nisan	7,59	6,84	719	197,1	0,42	15,9	188,51	Sert su
Mayıs	7,71	7,14	721	259,7	0,36	16,6	196,64	Sert su
Haziran	7,99	6,78	761	177,3	0,39	24,1	117,02	Orta sert su
Temmuz	Kuru Dönem							
Ağustos								
Eylül								
Ekim								
Kasım								
Aralık								

Çözünmüş oksijen 6,78–8,72 mg/L arasında değişmiş, kış aylarında daha yüksek, yaz başında ise daha düşük seviyeler kaydedilmiştir. Elektriksel iletkenlik 556–761 µS/cm aralığında olup, ORP değerleri 161,9–277,1 mV arasında ölçülmüştür. Tuzluluk 0,28–0,39 ‰ aralığında olup Haziran ayında en yüksek değere ulaşmıştır. Sıcaklık parametresi belirgin mevsimsel farklılık göstermiş; Ocak ayında 8,5 °C olan sıcaklık, Haziran ayında 24,1 °C'ye yükselmiştir. Sertlik değerleri 117,02–408,47 mg/L arasında değişmiş ve suyun dönemsel olarak “orta sert su”, “sert su” ve “çok sert su” sınıflarında yer aldığı belirlenmiştir.

Tablo 3.62'e göre azot bileşikleri açısından NO₃-N 0,04–0,67 mg/L arasında değişmiş, Mart ayında en yüksek değere ulaşmıştır. NH₃-N 0,07–0,56 mg/L, TKN ise 0,38–0,72 mg/L aralığında ölçülmüştür.

Tablo 3.62: Ç16 Çeşmesi'ne ait azot bileşenleri ölçüm sonuçları.

Ç16	NO ₃ -N (mg/l)	NH ₃ -N (mg/l)	TKN (mg/l)
Ocak	0,12	0,56	0,72
Şubat	0,19	0,34	0,7
Mart	0,67	0,14	0,38
Nisan	0,03	0,29	0,75
Mayıs	0,08	0,14	0,47
Haziran	0,04	0,07	0,49
Temmuz	Kuru Dönem		
Ağustos			
Eylül			
Ekim			
Kasım			
Aralık			

Tablo 3.63'te Na 26,33–64,18 mg/L, Mg 3,71–12,24 mg/L, Ca 40,56–147,7 mg/L ve K 0,71–6,48 mg/L arasında değişmiştir.

Tablo 3.63: Ç16 Çeşmesi için iz element ölçüm sonuçlarının birinci kısmı.

Ç16	Na (mg/L)	Mg (mg/L)	K (mg/L)	Ca (mg/L)	P (mg/L)	Si (mg/L)	Sr (mg/L)	Fe (mg/L)	Ni (mg/L)
Ocak	46,2	4,843	5,138	80,61	0,011	4,877	0,462	0,109	0,003
Şubat	41,6	9,479	0,001	147,7	0,049	5,284	0,311	0,006	0,001
Mart	37,97	8,314	3,677	118,8	0,036	4,815	0,249	0,46	0,001
Nisan	51,05	12,24	2,174	55,05	0,011	5,269	0,59	0,007	0,001
Mayıs	64,18	10,48	6,477	61,19	0,045	5,948	0,552	0,027	0,001
Haziran	26,33	3,71	0,71	40,56	0,005	6,852	0,36	0,001	0,002
Temmuz	Kuru Dönem								
Ağustos									
Eylül									
Ekim									
Kasım									
Aralık									

P 0,005–0,049 mg/L arasında, Si ise 4,82–6,85 mg/L aralığında olup Haziran ayında artış göstermiştir. Sr 0,249–0,590 mg/L aralığında değişiklik göstermiştir. Fe konsantrasyonu 0,001–0,46 mg/L arasında değişmiş, Mart ayında 0,46 mg/L ile 0,2 mg/L sınır değeri aşmıştır. Ni değerleri ise 0,001–0,003 mg/L arasında kalarak sınır değerlerin oldukça altında bulunmuştur. Genel olarak Ç16 noktası Na, Mg ve Ni açısından standartlara uygundur.

Tablo 3.64'e göre Cu ve Zn konsantrasyonları 0,001–0,005 mg/L aralığında kalarak TS 266 sınırlarının oldukça altında bulunmuştur.

Tablo 3.64: Ç16 Çeşmesi için iz element ölçüm sonuçlarının ikinci kısmı.

Ç16	Cu (mg/L)	Zn (mg/L)	Pb (mg/L)	Cr (mg/L)	Mn (mg/L)	Al (mg/L)
Ocak	0,005	0,001	0,001	0,001	0,018	0,151
Şubat	0,003	0,001	0,007	0,001	0,003	0,001
Mart	0,003	0,001	0,001	0,021	0,009	0,668
Nisan	0,001	0,001	0,021	0,049	0,021	0,001
Mayıs	0,001	0,001	0,028	0,02	0,018	0,015
Haziran	0,001	0,001	0,001	0,003	0,003	0,001
Temmuz	Kuru Dönem					
Ağustos						
Eylül						
Ekim						
Kasım						
Aralık						

Pb değerleri 0,001–0,028 mg/L arasında değişmiş, özellikle Mayıs ayında 0,028 mg/L ile 0,01 mg/L limitini aşmıştır. Cr 0,001–0,049 mg/L aralığında ölçülmüş ve Nisan ayında 0,049 mg/L ile sınıra yaklaşıp da aşmamıştır. Mn 0,003–0,021 mg/L aralığında kalarak 0,05 mg/L sınırını geçmemiştir. Al konsantrasyonları ise 0,001–0,668 mg/L arasında değişmiş, Mart ayında 0,668 mg/L ile 0,2 mg/L standardını aşarak dikkat çekmiştir.

3.1.17. Ç17 – Koz Çeşmesi İçin Analiz Sonuçları (2023-2024)

Ç16 çeşmesine ait analiz sonuçları, TS 266 içme suyu standartları dikkate alınarak **Tablo 3.65**, **Tablo 3.66**, **Tablo 3.67** ve **Tablo 3.68**'de sunulmuştur.

Tablo 3.65'de pH 7,09–8,03 aralığında kalmış ve standartlarla uyumlu bulunmuştur. Çözünmüş oksijen 4,57–5,87 mg/L arasında değişmiş ve diğer kaynaklara göre düşük seviyelerde seyretmiştir.

Tablo 3.65: Ç17 Çeşmesi'ne ait yerinde ölçüm sonuçları ve sertlik değerleri.

Ç17	pH	ÇO (mg/l)	Ei (µS/cm)	ORP (mV)	Tuzluluk (ppt)	Sıcaklık (°C)	Sertlik (mg/L)	Sertlik Derecesi
Ocak	7,46	5,21	703	160,7	0,4	10,4	245,04	Sert su
Şubat	7,45	4,57	778	264,2	0,42	11,9	405,92	Çok sert su
Mart	7,81	4,64	711	222	0,45	13,1	346,97	Çok sert su
Nisan	7,88	3,74	835	164,4	0,5	16,2	210,61	Sert su
Mayıs	7,88	3,76	887	256,7	0,43	15,2	242,46	Sert su
Haziran	7,84	5,37	908	189,6	0,51	20,5	230,55	Sert su
Temmuz	8,03	3,97	927	176,9	0,51	21	391,46	Çok sert su
Ağustos	7,95	5,64	932	253,9	0,55	22,4	350,44	Çok sert su
Eylül	8,09	5,87	932	188,3	0,56	19,4	480,505	Çok sert su
Ekim	6,61	6,3	988	332,6	0,51	15	491,55	Çok sert su
Kasım	7,21	5,41	836	293,9	0,48	11,9	469,46	Çok sert su
Aralık	7,09	5,65	705	198,1	0,38	11,1	309,68	Çok sert su

Elektriksel iletkenlik 703–938 µS/cm aralığında ölçülmüş, sınır değerinin altında olsa da yüksek iyonik yükü işaret etmiştir. ORP 160,7–293,5 mV arasında pozitif değerler göstermiştir. Tuzluluk 0,38–0,55 ‰ aralığında olup, diğer çeşmelere kıyasla daha yüksek bulunmuştur. Sıcaklık 10,4–21 °C arasında değişerek mevsimsel farklılıkları yansıtmaktadır. Sertlik değerleri 210,61–480,51 mg/L aralığında olup suyun yılın farklı dönemlerinde “sert su” ve “çok sert su” sınıflarında yer aldığı görülmüştür.

Tablo 3.66 kapsamında azot parametreleri değerlendirildiğinde, NO₃-N konsantrasyonları 2,00–6,89 mg/L arasında dalgalanmış ve yaz aylarında belirgin artış

göstermiştir. $\text{NH}_3\text{-N}$ değerleri 0,04–0,83 mg/L aralığında kalmış, TKN ise 0,26–4,63 mg/L aralığında olup Mayıs ayında en yüksek değere ulaşmıştır.

Tablo 3.66: Ç17 Çeşmesi'ne ait azot bileşenleri ölçüm sonuçları.

<i>Ç17</i>	<i>NO₃-N (mg/l)</i>	<i>NH₃-N (mg/l)</i>	<i>TKN (mg/l)</i>
<i>Ocak</i>	2,00	0,04	1,04
<i>Şubat</i>	2,88	0,06	3,76
<i>Mart</i>	2,54	0,08	0,28
<i>Nisan</i>	6,17	0,21	0,64
<i>Mayıs</i>	6,79	0,98	4,63
<i>Haziran</i>	8,05	1,16	7,19
<i>Temmuz</i>	6,28	0,14	0,49
<i>Ağustos</i>	6,68	0,27	0,98
<i>Eylül</i>	6,19	0,76	0,96
<i>Ekim</i>	6,34	0,07	0,16
<i>Kasım</i>	4,73	0,78	0,97
<i>Aralık</i>	3,65	0,62	0,86

Tablo 3.67'ye göre Na 28,80–68,6 mg/L, Mg 2,95–15,34 mg/L aralığında bulunmuş ve her iki parametre de sınır değerlerin oldukça altında kalmıştır.

Tablo 3.67: Ç17 Çeşmesi için iz element ölçüm sonuçlarının birinci kısmı.

<i>Ç17</i>	<i>Na (mg/L)</i>	<i>Mg (mg/L)</i>	<i>K (mg/L)</i>	<i>Ca (mg/L)</i>	<i>P (mg/L)</i>	<i>Si (mg/L)</i>	<i>Sr (mg/L)</i>	<i>Fe (mg/L)</i>	<i>Ni (mg/L)</i>
<i>Ocak</i>	31,95	15,34	3,328	72,77	0,008	3,426	0,146	0,043	0,001
<i>Şubat</i>	54,66	5,115	1,286	153,7	0,034	5,109	0,616	0,002	0,005
<i>Mart</i>	56,16	5,092	6,151	130,1	0,052	4,779	0,583	0,099	0,001
<i>Nisan</i>	68,6	8,414	6,994	69,73	0,018	5,576	1,53	0,024	0,001
<i>Mayıs</i>	38,8	7,73	0,853	83,5	0,048	6,153	1,747	0,013	0,001
<i>Haziran</i>	29	4,371	2,865	84,4	0,007	9,806	1,423	0,001	0,001
<i>Temmuz</i>	40,68	6,307	3,404	145,8	0,003	7,218	0,956	0,003	0,004
<i>Ağustos</i>	42,77	7,661	0,001	127,1	0,028	9,061	1,117	0,001	0,003
<i>Eylül</i>	28,800	2,949	2,806	152,9	0,001	4,015	0,926	0,001	0,003
<i>Ekim</i>	40,3	7,017	0,001	184,6	0,01	8,476	1,114	0,002	0,002
<i>Kasım</i>	58,36	6,045	1,815	177,1	0,028	6,726	0,737	0,021	0,005
<i>Aralık</i>	67,31	4,546	0,982	116,2	0,042	7,841	0,474	0,001	0,001

Ca ise 69,7–177,1 mg/L aralığında ölçülmüştür. K 0,982–6,99 mg/L aralığında bulunmuştu. P konsantrasyonları 0,001–0,052 mg/L ile düşük kalmıştır. Si değerleri 3,42–9,81 mg/L aralığında değişmiş, yaz–sonbahar döneminde artış göstermiştir. Sr 0,146–1,53 mg/L aralığında bulunmuş ve özellikle 1,0 mg/L'yi aşan değerler diğer kaynaklara göre oldukça yüksektir. Fe 0,001–0,099 mg/L ve Ni 0,001–0,005 mg/L seviyelerinde ölçülmüş, her iki parametre de sınırların altında kalmıştır.

Tablo 3.68'de Cu ve Zn konsantrasyonları 0,001–0,004 mg/L aralığında kalmış ve TS 266 sınırlarının oldukça altında bulunmuştur.

Tablo 3.68: Ç17 Çeşmesi için iz element ölçüm sonuçlarının ikinci kısmı.

<i>Ç17</i>	<i>Cu</i> (mg/L)	<i>Zn</i> (mg/L)	<i>Pb</i> (mg/L)	<i>Cr</i> (mg/L)	<i>Mn</i> (mg/L)	<i>Al</i> (mg/L)
<i>Ocak</i>	0,002	0,001	0,001	0,001	0,004	0,105
<i>Şubat</i>	0,004	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001
<i>Mart</i>	0,003	0,001	0,001	0,015	0,003	0,173
<i>Nisan</i>	0,001	0,001	0,023	0,025	0,006	0,001
<i>Mayıs</i>	0,001	0,001	0,01	0,054	0,009	0,001
<i>Haziran</i>	0,001	0,001	0,001	0,004	0,005	0,001
<i>Temmuz</i>	0,001	0,001	0,001	0,049	0,008	0,01
<i>Ağustos</i>	0,001	0,001	0,004	0,006	0,006	0,001
<i>Eylül</i>	0,001	0,001	0,005	0,006	0,006	0,026
<i>Ekim</i>	0,001	0,001	0,004	0,01	0,009	0,004
<i>Kasım</i>	0,001	0,001	0,003	0,041	0,031	0,034
<i>Aralık</i>	0,002	0,002	0,001	0,005	0,002	0,005

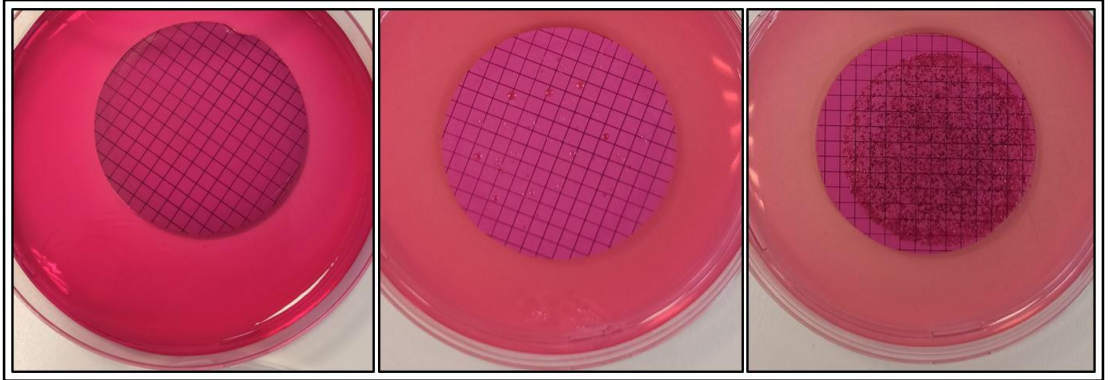
Pb değerleri 0,001–0,023 mg/L arasında değişmiş, özellikle Nisan ayında 0,023 mg/L ile 0,01 mg/L limitini aşmıştır. Cr 0,001–0,049 mg/L aralığında ölçülmüş ve Temmuz ayında 0,049 mg/L ile sınır değere oldukça yaklaşmıştır. Mn 0,002–0,008 mg/L aralığında kalmış, Al ise 0,001–0,173 mg/L arasında değişerek Mart ayında 0,2 mg/L limitine yaklaşmıştır.

3.2. Mikrobiyolojik Ölçüm Sonuçları

İçme sularında gerçekleştirilen mikrobiyolojik analizler, su kalitesinin değerlendirilmesi ve halk sağlığının korunması açısından büyük önem taşımaktadır. Bu kapsamda yapılan E. coli koloni sayımı, içme suyunun hijyenik durumunun belirlenmesinde kritik bir gösterge olarak kabul edilmektedir. Çünkü E. coli bakterisi genellikle insan ve hayvan dışkıında yoğun olarak bulunur ve doğada kendiliğinden çoğalma yeteneği sınırlıdır. Bu nedenle, içme suyunda E. coli'nin tespit edilmesi, suyun dışkı kaynaklı kirlenmeye maruz kaldığına ve potansiyel olarak patojen mikroorganizmaların var olabileceğine işaret eder [48]. Böyle bir durumda, arıtma ve dağıtım sistemlerinde kontrol mekanizmalarının devreye alınması gerekmektedir. Yapılan analizlerde elde edilen E. coli koloni sayısı, İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik ve TS 266 “İnsani Tüketim Amaçlı Sular” standardında belirtilen kriterlerle karşılaştırılarak suyun “temiz su” sınıfına girip girmediği değerlendirilmektedir. Bu analiz, hem halk sağlığı risklerinin bilimsel olarak

değerlendirilmesi hem de su kalite yönetiminde operasyonel bir kontrol noktası olarak işlev görür. İçme sularında gerçekleştirilen 37 °C’de toplam koloni sayımı analizlerinde sonuçlar KOB/mL (Koloni Oluşturan Birim/mililitre) cinsinden raporlanmaktadır [44]. KOB, bir mikroorganizma popülasyonundaki canlı ve üreyebilen hücrelerin oluşturduğu kolonilerin sayısını ifade eden ölçüm birimidir; İngilizce karşılığı CFU (Colony Forming Unit) şeklindedir. TS 266 standardına göre heterotrofik bakterilerin miktarının 1 mL’de 20 KOB/mL’nin altında olması önerilmektedir. Bu değer, suyun mikrobiyolojik açıdan temiz olduğunu ve arıtma sürecinin etkinliğini gösteren bir kalite göstergesi niteliğindedir.

Bu çalışmada, çeşme ve kaynak sularına ilişkin mikrobiyolojik analizler ilkbahar mevsiminin son günlerinde, yaz mevsimi başlangıcına yakın dönemde gerçekleştirilmiştir. Mikroorganizmaların çoğalması açısından en uygun çevresel koşulların bu zaman aralığında olduğu bilinmektedir [49]. Analiz kapsamında her bir çeşme suyundan 100 mL numune alınmış ve bu örnekler üzerinden 37 °C’de toplam koloni sayımı yapılmıştır. İlgili görsel **Şekil 3.2**’de gösterilmiştir.



Şekil 3.2: Mikrobiyolojik analiz sonrasında çeşme ve kaynak sularında sırasıyla 0 – 37 – SKF değerleri için analiz sonuçlarının görselleri.

Elde edilen sonuçlar, 1 mL’de 20 KOB/mL değerine karşılık gelecek biçimde değerlendirilmiştir. Sonuçlar **Tablo 3.69**’da yer almaktadır.

Tablo 3.69: 17 Farklı Çeşme Suyunda 37 °C’de Toplam Koloni Sayısı Sonuçları

<i>Çeşme Numaraları</i>	<i>Ölçülen Değer (KOB/100mL)</i>	<i>Ölçülen Değer (KOB/1mL)</i>	<i>TS 266 Sınır Değeri (KOB/1mL)</i>	<i>Uygunluk Durumu</i>
Ç1	1	0.01	20	Uygun
Ç2	84	0.84	20	Uygun
Ç3	SKF*	-	20	Uygun değil
Ç4	0	0	20	Uygun
Ç5	24	0.24	20	Uygun
Ç6	37	0.37	20	Uygun
Ç7	63	0.63	20	Uygun
Ç8	SKF*	-	20	Uygun değil
Ç9	27	0.27	20	Uygun
Ç10	17	0.17	20	Uygun
Ç11	192	1.92	20	Uygun
Ç12	205	2.05	20	Uygun
Ç13	156	1.56	20	Uygun
Ç14	350	3.5	20	Uygun
Ç15	0	0	20	Uygun
Ç16	256	2.56	20	Uygun
Ç17	SKF*	-	20	Uygun değil
*: Sayılamayacak kadar fazla.				

Yapılan 37 °C’de toplam koloni sayımı analizleri sonucunda 17 farklı çeşmeden alınan örneklerin tamamında sayılabilir örneklerdeki değerler 1–350 KOB/100 mL (0.01–3.50 KOB/mL) aralığında bulunmuştur. TS 266 “İnsani Tüketim Amaçlı Sular” standardına göre bu parametre için önerilen referans değer 20 KOB/mL’nin altında olup, tüm sayılabilir örneklerin bu sınırın oldukça altında kaldığı belirlenmiştir [44]. Üç örnekte ise koloni sayısı SKF (sayılamayacak kadar fazla) olarak değerlendirilmiş ve bu durum söz konusu numunelerde yüksek mikrobiyal yoğunluğa işaret etmektedir. Genel olarak sonuçlar, incelenen çeşme sularının büyük çoğunluğunun mikrobiyolojik kalite açısından TS 266 standardına uygun olduğunu göstermektedir. İçme suyu standartlarında en önemli göstergelerden birisi olan mikrobiyolojik parametreler sık sık kontrol edilmelidir. Diğer parametrelere nazaran çok kısa sürelerde değişiklik gösterilebilir. 3 çeşmede Mayıs ayı için yüksek mikrobiyolojik parametreler önceki ve sonraki dönemlerde düşük çıkabilir. Yine aynı bağlamda mikrobiyolojik parametreler

açısından uygun görülen 14 çeşme çok çeşitli nedenlerle mikrobiyolojik kirliliğe maruz kalabilir.

3.3. Sertlik Değerleri

Su sertliği, suda çözülmüş halde bulunan (+2 değerlikli) iyonların kalsiyum (Ca^{2+}), magnezyum (Mg^{2+}), stronsiyum (Sr^{2+}), demir (Fe^{2+}) ve mangan (Mn^{2+}) iyonlarının toplam konsantrasyonu ile ifade edilmektedir. Sertlik derecesi, suyun kimyasal özelliklerini ve kullanım alanlarındaki uygunluğunu belirlemede önemli bir parametre olarak kabul edilmektedir. Ahmet Samsunlu'ya (2008) göre su sertliği; kalsiyum ve magnezyum bikarbonatlarının varlığından kaynaklanan geçici sertlik ve sülfat, klorür gibi anyonların oluşturduğu kalıcı sertlik olmak üzere iki ana grupta incelenmektedir. Ayrıca toplam sertlik genellikle kalsiyum karbonat (CaCO_3) eşdeğeri cinsinden ifade edilmekte ve suyun yumuşak, orta sert, sert ve çok sert olarak sınıflandırılmasında kullanılmaktadır (**Tablo 3.70**). Sertliğin sağlık açısından doğrudan bir tehlikesi olmamakla birlikte, yüksek sertlik derecesi borularda kireçlenmeye, düşük sertlik derecesi ise korozyona yol açabilmektedir. Bu sınıflandırma, gerek içme suyu kalitesinin belirlenmesinde gerekse endüstriyel uygulamalarda suyun uygunluğunun değerlendirilmesinde kritik rol oynamaktadır [50].

Tablo 3.70: Sertlik derece sınıfları.

mg CaCO_3 /L	Sertlik Derecesi
0 – 75	Yumuşak Su
75 – 150	Orta Sertlikte Su
150 – 300	Sert Su
300 ve üzeri	Çok Sert su

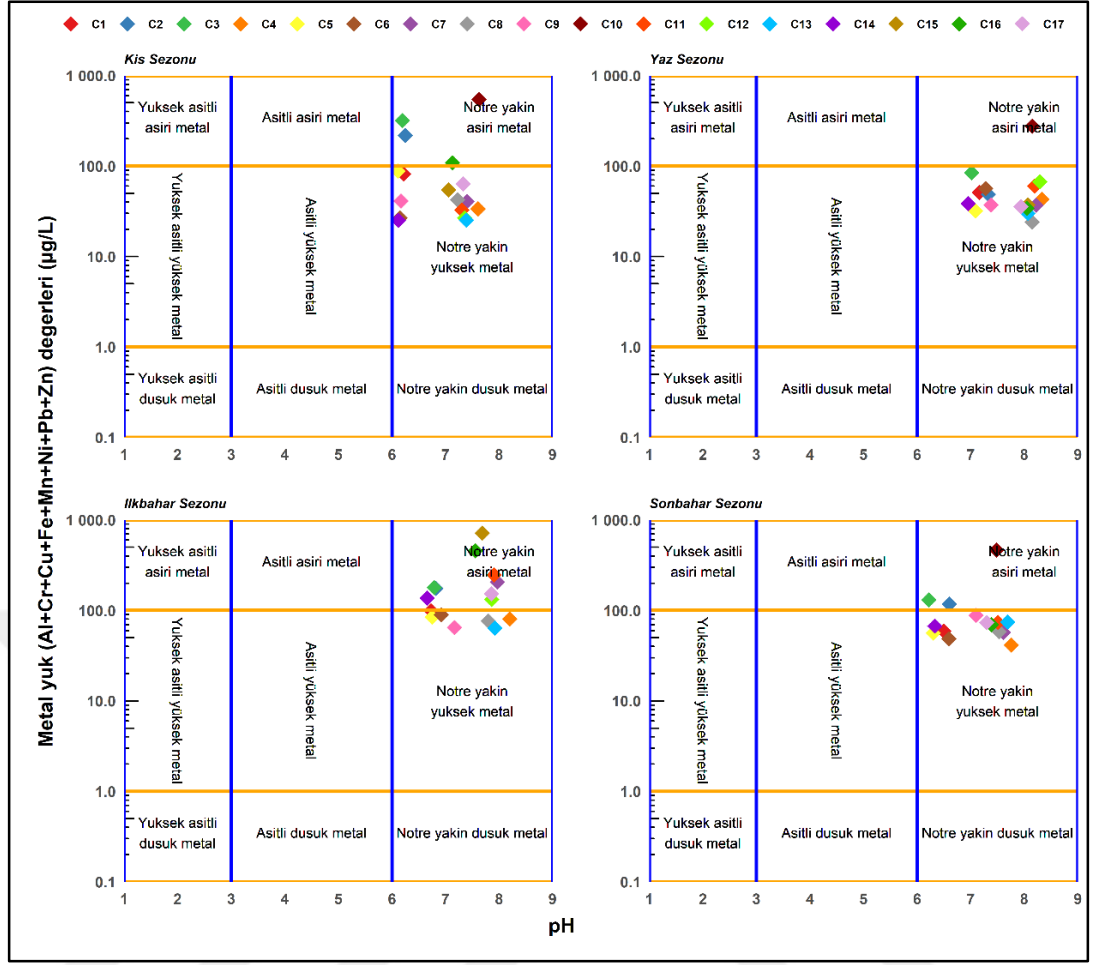
Çeşme genelinde 12 aylık periyotta yapılan ölçümlerin yıllık ortalamaları hesaplanmış ve sertlik dereceleri harita üzerinde görselleştirilmiştir (**Şekil 3.3**).

Çözünme gerçekleşmektedir. Bu nedenle sonbahar dönemi, çalışmada ölçülen en yüksek sertlik değerlerinin kaydedildiği mevsim olarak öne çıkmaktadır.

Karbonatlı kayalar sertliğin temel kaynağı olmaktadır. Mevsimsel değişkenlik özellikle ilkbahar–sonbahar arasında belirgin şekilde ortaya çıkmaktadır. İlkbaharda yağışla birlikte seyrelme etkisi görülürken, sonbaharda çözünme süreçleriyle sertlikte artış meydana gelmektedir. Magmatik ve silisiklastik birimlerde ise düşük çözünürlük ve kısa akış süresi nedeniyle sertlik genel olarak düşük seyretmektedir. Çalışma alanındaki tüm kaynakların bağlı olduğu akifer formasyonunun yağış rejiminden çok sıkı şekilde etkilendiğini göstermektedir. Bu bulgular, su–akifer etkileşimi, hidrolojik döngü ve jeokimyasal denge süreçlerinin bölgedeki su kalitesinin belirlenmesinde temel unsurlar olduğunu göstermektedir.

3.4. Ficklin–CABOI Diyagramı Kullanılarak eşme Sularının Değerlendirilmesi

Gebze (Kocaeli) ilçesinde yer alan 17 adet tarihi eşme sularının kimyasal özellikleri, Ficklin–CABOI diyagramı kullanılarak değerlendirilmiştir (**Şekil 3.4**). Bu diyagram, su örneklerinin pH değerleri ile toplam metal yükleri (Al, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn elementlerin toplamı) arasındaki ilişkiyi esas alarak suları “yüksek asitli aşırı metal”, “yüksek asitli yüksek metal”, “yüksek asitli düşük metal”, “aşırı asitli metal”, “asitli yüksek metal”, “asitli düşük metal”, nötre yakın aşırı metal”, “nötre yakın yüksek metal” ve “nötre yakın düşük metal” sınıflarına ayırmakta; böylece suyun asidite durumu ile metal birikimi potansiyelini birlikte değerlendirme olanağı sunmaktadır [52], [53]. Çalışmada her örneğe ait pH değeri ve toplam metal konsantrasyonu belirlenmiştir. Elde edilen bulgular, örneklerin büyük çoğunluğunun nötre yakın yüksek metal yüküne sahip olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte bazı çeşmelerin de nötre yakın aşırı metal yüküne sahip olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 3.4: Analiz sonuçlarına göre Ficklin–Caboi diyagramının çeşme noktalarının üzerinde mevsimsel değişimleri.

Şekil 3.4’te kış sezonu için çeşmeler, büyük çoğunlukta nötre yakın yüksek metal ve kısmen nötre yakın aşırı metal sınıfında yer almaktadır. pH değerlerinin 6–8 aralığında yoğunlaşması, suların genel olarak nötr veya hafif alkali karakterde olduğunu göstermektedir. Ancak toplam metal yüklerinin 10–1000 µg/L aralığında değişmesi, kış döneminde metal konsantrasyon seviyelerinin yüksek seyrettiğine işaret etmektedir. Bu durum, düşük sıcaklıklarda suyun çözünmüş oksijen kapasitesinin artmasıyla birlikte metal iyonlarının sudaki çözünürlüğünün değişmesinden kaynaklanabilir. Ç2, Ç3, Ç10 ve Ç16 numaralı çeşmelerin “nötre yakın aşırı metal” alanında konumlanması, bu noktalarda yüksek metal zenginleşmesi potansiyeline işaret etmektedir. Bu çeşmelerin çevresel koşulları (örneğin eski boru sistemleri, endüstriyel etkiler veya jeolojik yapı) metal yükünü artırıyor olabilir. İlkbahar sezonunda, “nötre yakın aşırı metal” bölgesindeki örnek sayısında artış gözlenmiştir. Artan yağışlar, yüzeysel akış ve kaya–su etkileşimini artırmış; bunun sonucunda metal

taşınımı kış aylarına kıyasla yükselmiştir [54]. Mevsimsel olarak bu elementlerin artışı, bölgedeki kayaç yapısı veya eski su iletim hatlarındaki metalik bileşenlerin çözünmesiyle ilişkili olabileceği düşünülmektedir. Yaz sezonunda, metal yüklerinde ilkbahara göre azalma gözlenmiş; örnekler çoğunlukla “nötre yakın yüksek metal” alanında yoğunlaşmıştır. Buharlaştırmanın artmasıyla suyun toplam iyon içeriği artmasına rağmen, metal iyonlarının bir kısmı oksitlenme veya çökeltme süreçleriyle uzaklaşmıştır [55]. Yaz aylarında pH nötr kalmış, bu da TS 266 ile uyumlu bir asidite durumu göstermektedir. Metal değerlerinin kısmen düşmesi, yaz döneminde suyun içme suyu açısından görece daha uygun hale geldiğini düşündürmektedir.

Sonbaharda örneklerin çoğu yine “nötre yakın yüksek metal” sınıfında yer almakta, bazı noktalar “nötre yakın aşırı metal” sınırına yaklaşmaktadır. Bu durum, ilk yağışlarla birlikte yüzeyde biriken metallerin tekrar çözünerek su sistemine karışmasından kaynaklanabilir [53]. Sonbahar döneminde metal konsantrasyonları TS 266’nın limit değerlerine yakın seyretmektedir; bu da mevsimsel döngüde metal yükünün yeniden arttığına işaret eder.

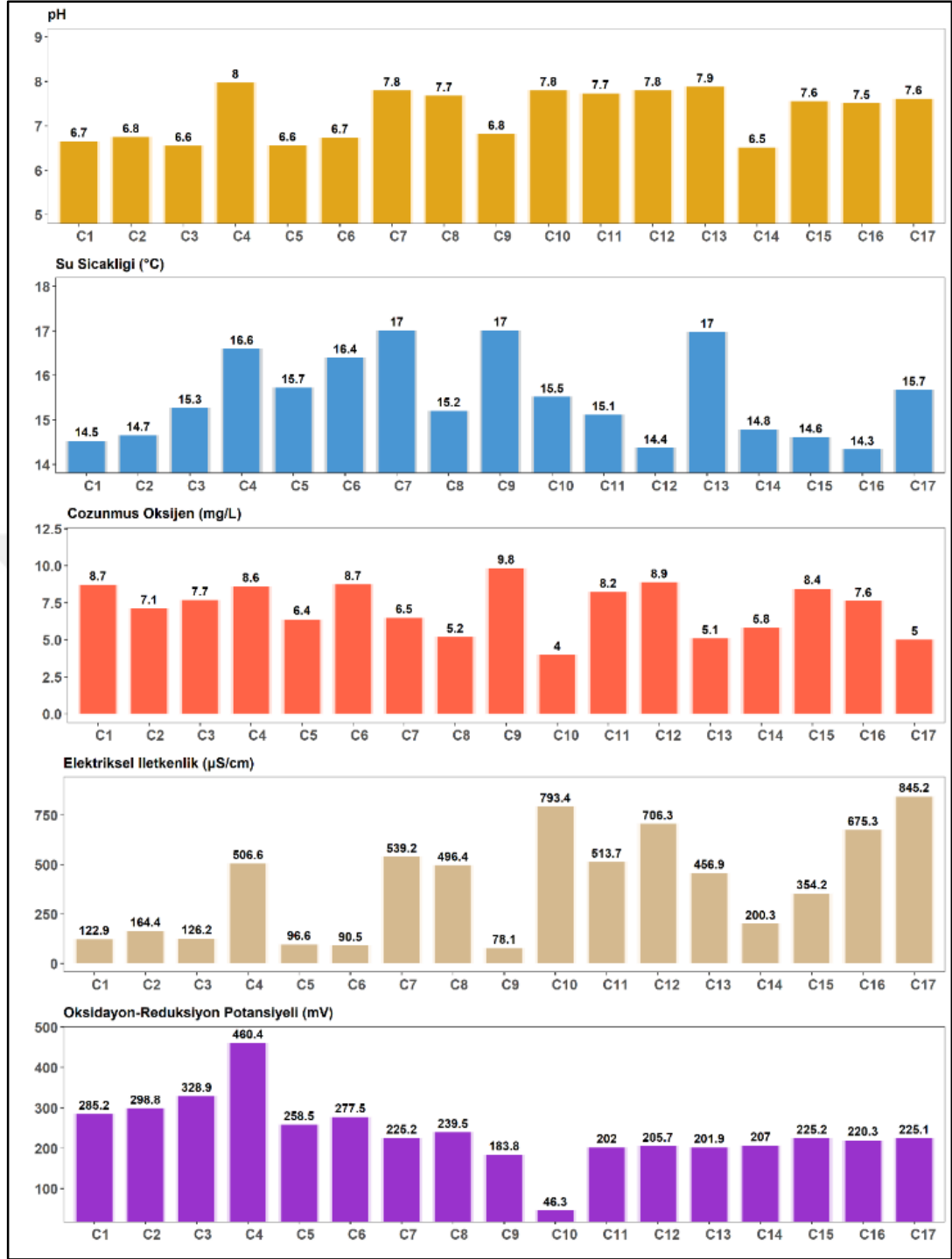
Tüm mevsimler karşılaştırıldığında, pH değerlerinin TS 266 sınırları içinde sabit kaldığı, ancak metal yüklerinin mevsimsel olarak değişken olduğu belirlenmiştir. Özellikle ilkbahar ve sonbahar dönemlerinde toplam metal konsantrasyonlarının yüksek bulunması, su kaynaklarının dönemsel olarak insan tüketimi açısından kalite sınırlarını zorlayabileceğini göstermektedir.

4. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu çalışma, Gebze bölgesinde yer alan tarihi çeşme ve su kaynakların su kalitesi açısından değerlendirilmesini amaçlamaktadır. Analiz edilen ağır metal konsantrasyonları, özellikle litolojik yapılarla birlikte şehirleşmenin, hayvancılığın ve tarımsal faaliyetlerin de su kalitesini önemli ölçüde etkilediğini göstermektedir. İz element konsantrasyonlarının yanı sıra nütrient ve toprak alkali gibi parametreler eklenerek daha bütüncül bir değerlendirme gerçekleştirilebilir. Gelecekte, daha uzun dönemli verilere dayalı çeşitli istatistiksel yöntemlerin kullanılması, kirlilik kaynaklarına ilişkin daha kapsamlı değerlendirmeler yapılmasını mümkün kılacaktır. Çeşmelerin büyük bir kısmı farklı amaçlarla insanlar tarafından kullanılmaktadır. Özellikle yerel halkın bu çeşme sularını alışkanlık gereği içme suyu olarak tükettiğini arazi çalışmalarında gözlemlemiş olduk. Suyun kalitesinin iyileştirilmesi için daha kapsamlı ve detaylı araştırmaların yapılması özellikle yerel halkı sağlığı için oldukça önemlidir.

Çeşme sularına ilişkin on iki aylık analiz verilerinin yıllık ortalamaları elde edilmiş, bu veriler görselleştirilmiş ve sonuçlar yorumlanmıştır.

Şekil 4.1'de su kalitesi parametre değerleri açısından pH, su sıcaklığı, çözünmüş oksijen, elektriksel iletkenlik ve oksidasyon – redüksiyon potansiyeli ölçümleri dikkate alınmıştır.



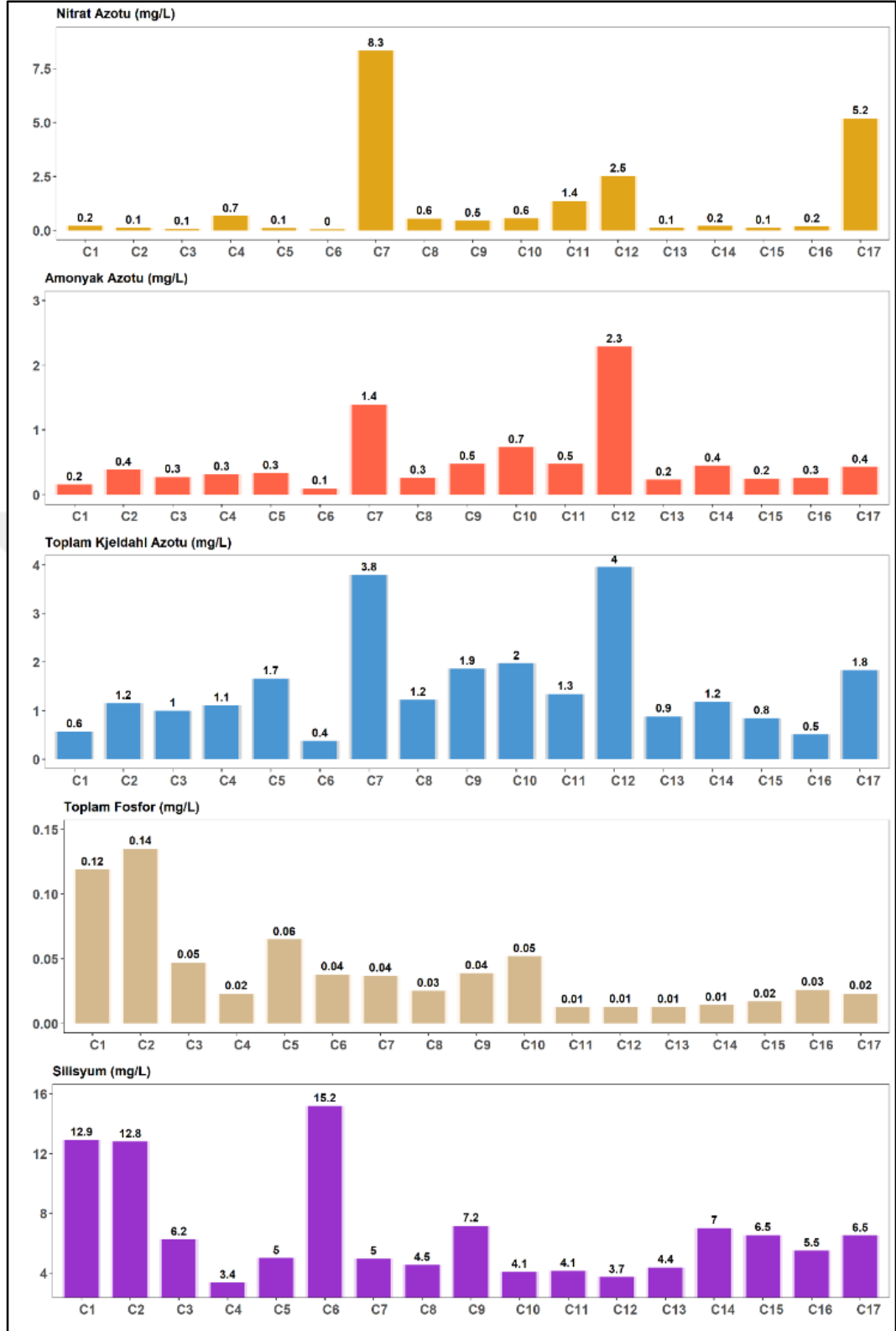
Şekil 4.1: Yerde ölçüm parametrelerinin yıllık ortalama değerleri.

17 çeşmeye ait pH değerlerinin 6,5–8,0 aralığında değiştiği ve tüm noktaların TS 266 içme suyu standartları ile uyumlu olduğu görülmektedir [44]. Sıcaklık ortalamaları 14,3–17,0 °C arasında seyretmiş ve mevsimsel ortalama koşullarına uygun olduğu tespit edilmektedir. Çözünmüş oksijen (ÇO) konsantrasyonları genel olarak iyi seviyelerde ölçülmekte fakat Ç10 (4,0 mg/L) noktasında düşük, Ç8, Ç13, Ç14 ve Ç17

noktalarında ise sınır değerlere yakın seviyeler tespit edilmektedir. Ç10 noktası için özellikle Nisan – Ekim ayları arasında oldukça düşük seviyeler (1 – 2 mg/L) kaydedilmektedir. Ç17 çeşmesindeki durum ise özellikle Nisan Mayıs ve Temmuz ayında yapılan ölçümler (3,74 – 3,97 mg/L) yıllık ortalamanın düşmesine sebep olmaktadır. Elektriksel iletkenlik (EC) değerleri 78,1–845,2 μ S/cm aralığında değişmiş olup TS 266 tarafından sınır değerinin oldukça altında kalmaktadır. Oksidasyon–indirgenme potansiyeli (ORP) parametresi çoğunlukla pozitif değerler göstermekte ve bu da suyun oksitleyici özellik taşıdığını, yani çözünmüş oksijen ve oksidan türlerin indirgen bileşikleri okside etme kapasitesine sahip olduğunu göstermektedir [56], [57], [58]. Ancak Ç10 noktasında 46 mV ile güçlü indirgen koşullar belirlenmektedir.

Genel olarak çeşmelerin büyük kısmı iyi oksik ve içilebilirlik açısından uygun özellikler sunarken, özellikle Ç9, Ç10, Ç14 ve Ç17 çeşmelerinde gözlenen düşük ÇO, düşük ORP veya yüksek EC değerleri, su kalitesi açısından dikkatle izlenmesi gereken noktalara işaret etmektedir.

Şekil 4.2'de su kalitesi parametre değerleri açısından nitrat azotu, amonyak azotu, toplam kjeldahl azotu, toplam fosfor ve silisyum ölçümleri dikkate alınmıştır.

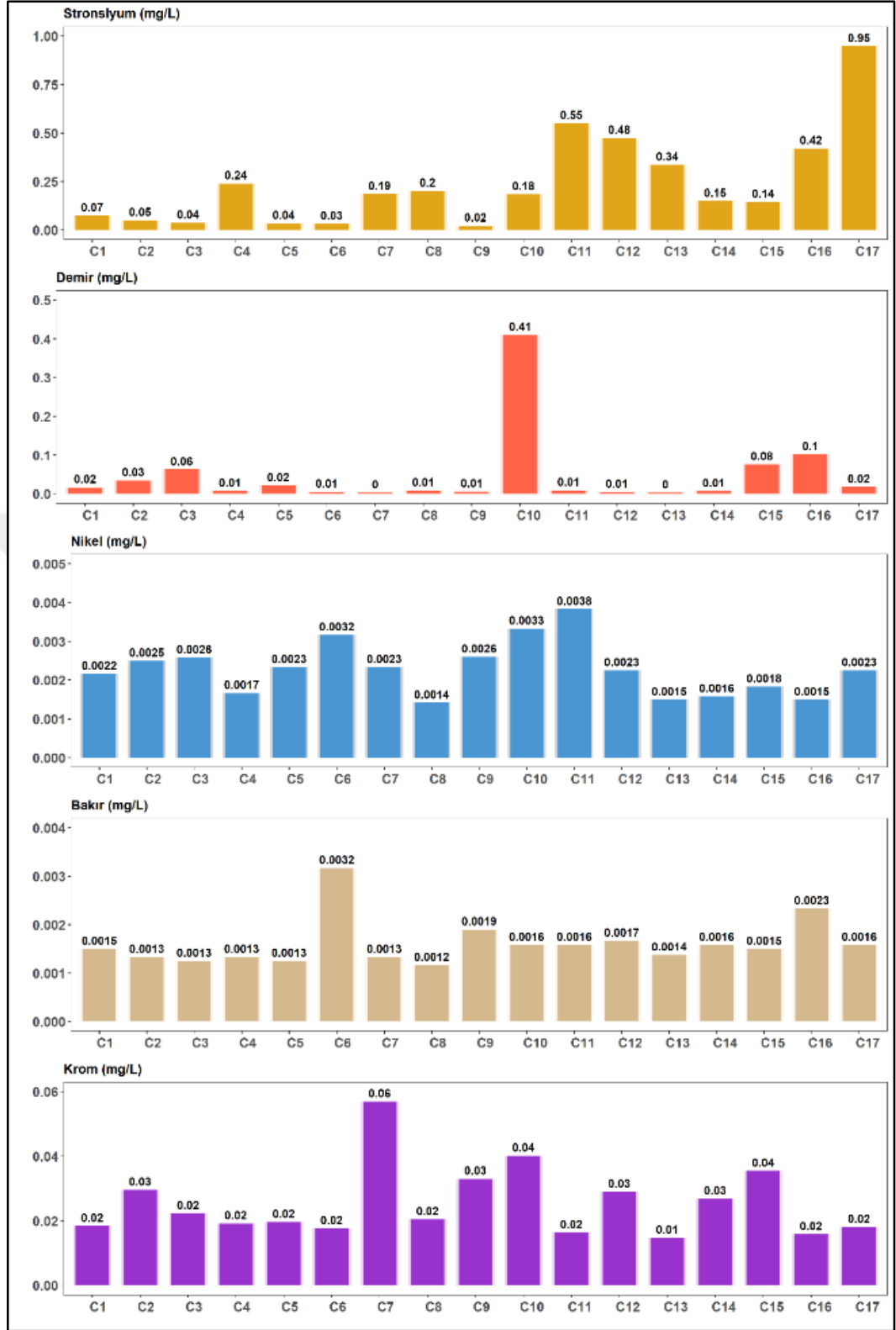


Şekil 4.2: Azot bileşikleri, fosfor ve silisyum değerlerinin yıllık ortalama değerleri.

Nitrat azotu ($\text{NO}_3\text{-N}$) konsantrasyonlarının 0,1–8,2 mg/L aralığında değiştiği ve hiçbir çeşme noktasında 11,39 mg/L sınır değerinin aşılmadığı belirlenmiştir. Bu durum, antropojenik kirlilik kaynaklarının özellikle evsel atıksu sızıntısı veya tarımsal

gübreleme etkisi gibi çeşme sularında belirgin olmadığını göstermektedir. Amonyum azotu ($\text{NH}_3\text{-N}$) konsantrasyonları açısından ise bazı çeşmelerde sınır değerlerin aşıldığı tespit edilmiştir. Özellikle Ç7 ve Ç12 noktalarında oldukça yüksek konsantrasyonlar gözlenmiştir. Ç2, Ç9, Ç10, Ç11, Ç14 ve Ç17 noktalarında ölçülen değerler bu iki çeşmeye kıyasla daha düşük olmakla birlikte, söz konusu noktaların konsantrasyonları da sınır değerlerin üzerindedir. Toplam Kjeldahl azotu (TKN) değerleri 0,4–4 mg/L aralığında ölçülmüştür. Fosfor (TP) konsantrasyonları 0,01–0,14 mg/L arasında değişmekte olup genel olarak düşük seviyeler göstermektedir. Azot parametreleri açısından değerlendirildiğinde, Ç7, Ç12 ve Ç17 noktaları yüksek konsantrasyon değerleriyle dikkat çekmektedir. Bu seviyelere ulaşılmasında özellikle Ekim ayı ölçümlerinin etkili olduğu görülmektedir. Silisyum (Si) konsantrasyonları 3,4–15,2 mg/L aralığında değişmiş olup, yüksek silisyum değerleri bazı kaynaklarda suyun yeraltında daha uzun süre kaldığını veya silikat mineralleriyle daha yoğun etkileşimde bulunduğunu göstermektedir.

Şekil 4.3'te su kalitesi parametre değerleri açısından stronsiyum, demir, nikel, bakır ve krom ölçümleri dikkate alınmıştır.



Şekil 4.3: İz elementlerin yıllık ortalama değerlerinin birinci görseli.

İz element (Sr, Fe, Ni, Cu, Cr) konsantrasyonları açısından incelendiğinde, genel olarak tüm parametrelerin TS 266 içme suyu kalite standartlarıyla uyumlu olduğu görülmektedir. Stronsiyum (Sr) değerlerinin diğer iz elementlere göre belirgin şekilde

yüksek seviyelerde olduğu ve çeşmeler arasında farklılıklar gösterdiği görülmektedir. Demir (Fe) değerleri genel olarak sınır değerin altında (0,20 mg/L) kalmıştır. Fakat Ç10 noktasında sınır değerin yaklaşık 2 katına kadar aştığı görülmektedir. Genel olarak ölçümleri düşük seviyeler olmasına rağmen özellikle Mayıs ayı (2,808 mg/L) ve sonrasında Mart (1,061 mg/L) ve Ocak ayı (0,523 mg/L) ölçümleri ortalamanın yükselmesine sebep olmaktadır. Nikel ve bakır değerleri açısından TS 266 içme suyu kalite standart değerleriyle oldukça uyumlu olduğu tespit edilmiştir. Krom açısından ise, ise diğer parametrelere göre oldukça düşük olup, çoğu çeşmede yalnızca iz miktarlarda tespit edilmiştir.

Şekil 4.4'te su kalitesi parametre değerleri açısından çinko, kırışun, mangan ve alüminyum ölçümleri dikkate alınmıştır.



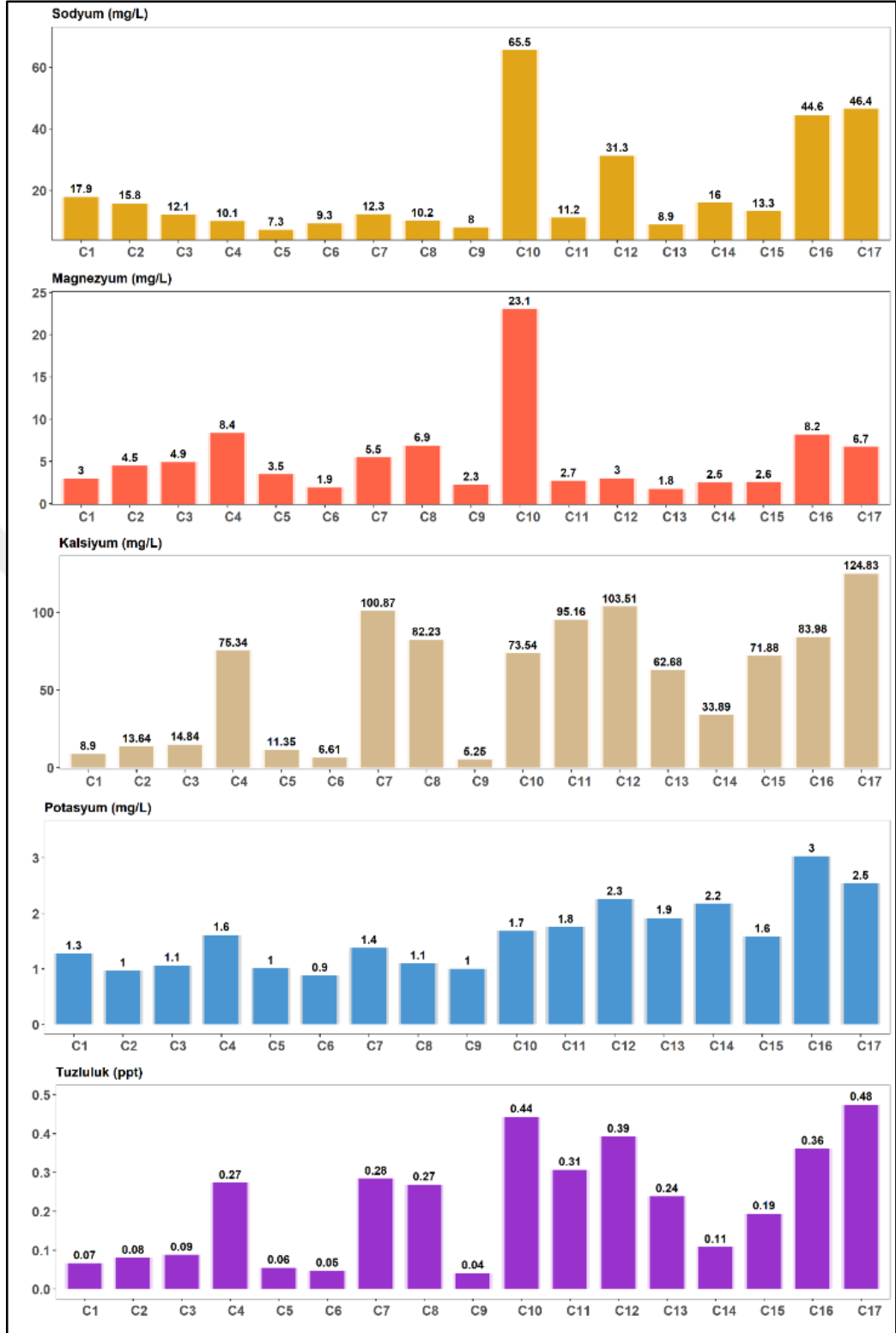


Şekil 4.4: İz elementlerin yıllık ortalama değerlerinin ikinci görseli.

17 farklı çeşmeye ait Çinko (Zn), Kurşun (Pb), Mangan (Mn) ve Alüminyum (Al) parametrelerinin 12 aylık ortalama değerleri incelendiğinde, tüm elementlerde genel olarak düşük konsantrasyon düzeyleri gözlemlenmiştir. Çinko konsantrasyonları çeşmeler arasında benzer seviyelerde seyretmekte olup, yalnızca Ç6 çeşmesinde görece daha yüksek değerlere ulaşılmıştır. Ancak bu değerler, TS 266 içme suyu kalite standardında belirtilen 5 mg/L sınırının oldukça altında kalmaktadır. Kurşun açısından

değerlendirildiğinde, Ç16 çeşmesi haricindeki tüm noktalar standart değerin (0,01 mg/L) altında ölçülmüştür. Ç16 çeşmesinde tespit edilen konsantrasyon değeri ise sınır değere eşittir. Bu durumun, özellikle Nisan ve Mayıs aylarında ölçülen yüksek değerlerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Mangan ve Alüminyum elementleri bakımından dikkat çekici nokta ise Ç10 çeşmesidir. Diğer çeşmelerde sınır değerin altında ya da sınırına yakın düzeylerde konsantrasyonlar belirlenirken, Ç10 noktasında ortalama değerlerin yüksek olması dikkat çekmektedir. Bu artışta, Alüminyum için Mart (1,477 mg/L) ve Ocak (0,593 mg/L) aylarında; Mangan için ise Mayıs (5,692 mg/L), Nisan (1,161 mg/L) ve Mart (0,708 mg/L) aylarında elde edilen yüksek ölçüm sonuçları etkili olmuştur.

Şekil 4.5'te su kalitesi parametre değerleri açısından sodyum, magnezyum, kalsiyum, potasyum ve tuzluluk ölçümleri dikkate alınmıştır.



Şekil 4.5: İz elementlerin yıllık ortalama değerlerinin üçüncü görseli ve tuzluluk değerleri.

Toprak alkali (Ca, Mg, Na, K) elementlerinin ortalama değerleri incelendiğinde, element konsantrasyonlarının genel olarak doğal arka plan seviyelerinde olduğu görülmektedir. Sodyum (Na) değerleri genel olarak düşük olup 7.13–65.5 mg/L

aralığında değişmekte, bu da suların sodyum açısından yumuşak karakterde olduğunu göstermektedir. Magnezyum (Mg) ve Kalsiyum (Ca) konsantrasyonlarının çeşmeler arasında belirgin farklılıklar göstermektedir. TS 266 içme suyu sınır değeri aşmamakla birlikte Mg'nın maksimum 23.1 mg/L seviyelerine, Ca'un ise maksimum 124.83 mg/L seviyelerine ulaştığı tespit edilmiştir. Bu durum, kaynak sularının karbonatlı kayalarla temas halinde olduğunu ve sertlik bileşenlerinin ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$) su kimyasına katkı yaptığını göstermektedir. Potasyum (K) konsantrasyonları tüm çeşmelerde oldukça düşük düzeylerde (yaklaşık 1–3 mg/L) seyretmekte ve yüzeysel kirlenme veya antropojenik katkıya işaret eden bir artış gözlenmemektedir. Tuzluluk değeri açısından ise, tüm çeşmelerde genel olarak düşük seviyelerinin hâkim olduğu görülmektedir. Ölçülen tuzluluk değerleri genellikle 0,05–0,48 ‰ aralığında değişmekte olup, bu değerler içme suları için kabul edilen 0.5‰ sınırının altındadır (TS 266; WHO, 2017). Düşük tuzluluk düzeyi, incelenen kaynakların denizel etkiden uzak, tatlı su karakterinde olduğunu ve iyon birikiminin sınırlı kaldığını göstermektedir. Ayrıca Na^+ , K^+ , Ca^{2+} ve Mg^{2+} iyonlarının dengeli dağılımı, çözünmüş tuz konsantrasyonlarının yalnızca kayaç–su etkileşimiyle açıklanabileceğini, herhangi bir evaporasyon, tarımsal drenaj vb. etkilerin bulunmadığını ortaya koymaktadır. Bu sonuç, çeşme sularının düşük toplam çözünmüş madde (TDS) içerikli, düşük minerallilik sınıfına girdiğini ve içme suyu açısından uygun özellikte olduğunu göstermektedir.

5. BULGULAR

Gebze ilçesi sınırlarında yer alan ulaşılabilir ve görece çok kullanılan 17 adet tarihi çeşmeye ait aylık analiz sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde, su kalitesi açısından TS 266 içme suyu standartlarına uygun olduğu ortaya konulmaktadır. pH değerleri 5,6–8,6 aralığında değişmekte olup, özellikle kış aylarında bazı noktalarda pH değerlerinin 6,5'in altına düştüğü gözlemlenmiştir. pH açısından sınır değer olan 6,5-9,5 değerlerinden üst sınır olan 9,5 pH'ı, hiçbir çeşmenin geçmediği alt sınır değeri olan 6,5 pH'ı nadir de olsa bazı çeşmelerde belirli aylarda bu değer altına düştüğü görülmüştür. Fakat bu değerler hiçbir zaman sürekli değildir. Çözünmüş oksijen (ÇO) konsantrasyonları 3,2–11,4 mg/L arasında değişmektedir. Bu parameter için Ç10, Ç13 ve Ç17'de yaz aylarında dikkat çekici bulunmaktadır. Elektriksel iletkenlik (EI) değerleri 60–1000 μ S/cm aralığında ölçülmüştür. Tüm çeşmeler TS 266'da verilen 2500 μ S/cm sınırının oldukça altında kalmaktadır. Oksidasyon–indirgeme potansiyeli (ORP) değerleri çeşmeler arasında oldukça geniş bir dağılım sergilemekte; 3–575 mV aralığında değişmektedir. Tuzluluk değerleri 0,03–0,56 ‰ aralığında değişmekte, Ç4 ve Ç17'de tuzluluk görece daha yüksek olup, diğer kaynaklarda düşük seviyelerde seyretmiştir. Sıcaklık değerleri belirgin mevsimsel dalgalanmalar göstermekte; 5,9–28,7 °C aralığında değişmektedir. Kış aylarında 7–10 °C seviyelerine kadar düşerken yaz aylarında 25 °C'nin üzerine çıkmaktadır. Azot bileşikleri değerlendirildiğinde; NO₃-N konsantrasyonları 0,003–14,1 mg/L, NH₃-N konsantrasyonları 0,02–1,9 mg/L ve TKN konsantrasyonları ise 0,1–36 mg/L aralığında değiştiği tespit edilmiştir. TKN için özellikle Ç12'de Ekim ayında ölçülen 35,95 mg/L değeri dikkat çekici bir artış olarak öne çıkmaktadır. Bu sonucun antropojenik dönemsel bir etki olduğu düşünülmektedir. Bununla birlikte, bazı çeşmelerde (özellikle Ç10, Ç12, Ç14 ve Ç17) çözünmüş oksijen, ORP, pH ve azot parametrelerinde gözlenen dalgalanmalar suyun kimyasal yapısının mevsimsel ve yerel çevresel faktörlerden etkilendiğini göstermektedir. Bu nedenle, söz konusu kaynakların uzun vadede güvenilirliğinin korunabilmesi için özellikle azot bileşikleri ve çözünmüş oksijen parametrelerinin düzenli olarak izlenmesi önerilmektedir.

Sodyum (Na) konsantrasyonlarının tüm çeşmelerde 200 mg/L sınırının oldukça altında kaldığı belirlenmiştir. Magnezyum (Mg) değerleri 30 mg/L limitinin oldukça altında

seyretmektedir. Nikel (Ni) konsantrasyonları tüm noktalarda 0,02 mg/L sınırının altında kalmış, yalnızca Ç11 noktasında Nisan ayında sınır değerinin hafif aşılması dikkat çekici bir bulgu olarak kaydedilmiştir. Demir (Fe) parametresi çoğunlukla 0,2 mg/L limitinin altında bulunmasına rağmen, bazı noktalarda (Ç3, Ç10, Ç15 ve Ç16) dönemsel aşım gözlenmiş ve bu durum estetik kalite (tat, renk, bulanıklık) açısından sınırlılık oluşturmuştur. Çeşmeler arasında en belirgin farklılık kalsiyum (Ca) konsantrasyonları ve buna bağlı sertlik düzeylerinde gözlenmiştir. Bazı noktalarda (örneğin Ç1, Ç2, Ç5, Ç6 ve Ç9) Ca değerleri 10–40 mg/L arasında seyrederek yumuşak su karakteri ortaya koyarken; diğer noktalarda (özellikle Ç4, Ç7, Ç10, Ç11, Ç12, Ç16 ve Ç17) 100 mg/L'nin üzerinde değerlere ulaşmış ve yüksek sertlik özellikleri göstermiştir. Kasım ayında Ç17'de ölçülen 177,1 mg/L ve Ç12'de yine Kasım ayında belirlenen 172,3 mg/L Ca konsantrasyonları, sertlik açısından en yüksek değerler olarak kaydedilmiştir. Bu durum, bölgedeki farklı jeolojik formasyonların suyun kimyasal yapısına etkisini göstermektedir. Stronsiyum (Sr) konsantrasyonları, özellikle Ç11, Ç12 ve Ç17 noktalarında görece yüksek bulunmuş, bu durumun Sr açısından zengin minerallerin çözünmesine bağlı jeokimyasal bir özellikten kaynaklandığını düşündürmektedir. Silisyum (Si) değerleri ise 3–22 mg/L aralığında değişmiş, özellikle Ç6 ve Ç17 noktalarında daha yüksek konsantrasyonlar ölçülmüştür. Mevsimsel açıdan değerlendirildiğinde, özellikle ilkbahar ve sonbahar aylarında Ca, Sr ve Si konsantrasyonlarının artış eğilimi dikkat çekmiştir. Bu durum, yağışların artışıyla birlikte jeokimyasal çözünmenin hızlanmasına bağlanabilir. Buna karşın yaz aylarında bazı noktalarda (örneğin Ç9, Ç13 ve Ç16) ölçümlerin “kuru dönem” nedeniyle sınırlı kalması, mevsimsel değişimlerin bütüncül olarak değerlendirilmesini güçleştirmiştir.

Sonuç olarak, incelenen 17 tarihi çeşmenin içme suyu kalite özellikleri insan sağlığı açısından genel olarak uygun bulunmuştur. İz element içerikleri TS 266 limitlerinin altında seyretmiş, yalnızca belirli dönemlerde Fe ve Ni parametrelerinde sınırlı düzeyde aşım gözlenmiştir. Ancak sertlik parametreleri açısından çeşmeler arasında belirgin farklılıklar tespit edilmiş; bazı noktalarda yumuşak su karakteri izlenirken, diğerlerinde yüksek sertlik düzeyi içme suyu kalitesi ve kullanım kolaylığı açısından sınırlılıklar oluşturmuştur. Ayrıca Sr ve Si parametrelerindeki görece yüksek değerler, çeşmelerin beslendiği jeolojik yapının kimyasal çözünme süreçleriyle doğrudan ilişkili olduğunu ortaya koymuştur.

Cu ve Zn konsantrasyonlarının tüm kaynaklarda yıl boyunca düşük seviyelerde seyrettiği tespit edilmiştir. Bu durum, söz konusu elementler açısından genel bir kirlilik baskısının bulunmadığını göstermektedir. Mn konsantrasyonları da genellikle düşük düzeylerde olup çoğunlukla 0,05 mg/L sınırını aşmamış, yalnızca birkaç noktada dönemsel olarak artış göstermiştir. Al parametreleri çoğu noktada 0,2 mg/L standardının altında kalmaktadır. Fakat bazı çeşmelerde (örneğin Ç10, Ç15 ve Ç16) sınır değerinin aşıldığı tespit edilmiştir. Pb ve Cr parametreleri, çalışmada öne çıkan en kritik bileşenler olmuştur. Birçok çeşmede Pb değerleri yılın bazı aylarında 0,01 mg/L sınırını aşarak insan sağlığı açısından risk oluşturabilecek seviyelere ulaşmıştır. Cr konsantrasyonları ise özellikle Ç7, Ç8, Ç10, Ç12, Ç14 ve Ç15 kaynaklarında 0,05 mg/L standardının üzerinde ölçülmüş ve bu durum dönemsel kirlenmeye işaret etmiştir. Bu parametrelerdeki dalgalanmalar, bölgedeki antropojenik etkilerin (endüstriyel faaliyetler, altyapı koşulları, çevresel kirleticiler vb.) su kalitesi üzerinde zaman zaman etkili olabileceğini düşündürmektedir. Sertlik değerleri çeşmeler arasında belirgin farklılıklar göstermiştir. Ç1, Ç2, Ç3, Ç5, Ç6 ve Ç9 kaynakları genellikle “yumuşak su” sınıfında yer alırken, Ç4, Ç7, Ç8, Ç10, Ç11, Ç12, Ç14, Ç15, Ç16 ve Ç17 kaynaklarında “orta sert”, “sert” ve “çok sert” su özellikleri tespit edilmiştir. Özellikle Ç7, Ç8, Ç10, Ç11, Ç12, Ç16 ve Ç17 noktalarında sertlik değerlerinin yüksek düzeylere ulaştığı ve bu kaynakların tüketici açısından tat, kullanım ömrü ve kireçlenme problemleri açısından sınırlılıklar barındırdığı belirlenmiştir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, Pb ve Cr'deki dönemsel limit aşımaları ile bazı kaynaklarda Mn ve Al parametrelerinde görülen yükseklikler içme suyu kalitesi açısından dikkat çekmektedir. Ayrıca sertlik parametresinde kaynaklar arasında belirgin farklılıklar bulunmakta ve bu durum bölgedeki hidrojeokimyasal çeşitliliğin önemli bir göstergesi olarak değerlendirilmektedir.

Sonuçlar, tarihi çeşmelerin genel olarak içilebilir nitelikte olmakla birlikte bazı noktalarda periyodik izleme, ileri analizler ve olası kirlilik kaynaklarının araştırılmasının gerekli olduğunu önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Gleick P. H., (1998), The World's Water: The Biennial Report on Freshwater Resources, Island Press, Washington D.C.
- [2] Kubalı C., (1974), Türk su mimarisi, Devlet Su İşleri Yayınları, İstanbul.
- [3] Goodwin G., (2003), A History of Ottoman Architecture, Thames & Hudson, London.
- [4] Çelik Z., (2016), Osmanlı kentinde su ve vakıf kültürü, Tarih Vakfı Yurt Yayınları, İstanbul.
- [5] World Health Organization (WHO), (2022), “Guidelines for drinking-water quality (4th ed., incorporating the 1st and 2nd addenda)”, <https://www.who.int/publications/i/item/9789241549950>
- [6] Sağlık Bakanlığı, (2021), İnsani tüketim amaçlı sular hakkındaki yönetmelik, <https://shgm.saglik.gov.tr>
- [7] Kavdir Y., Sönmez B., Aydın M., (2020), “Tarihi çeşmelerde su kalitesi: Konya örneği”, Çevre Bilimleri Dergisi, 35(2), 75–85, <https://doi.org/10.26650/jes>
- [8] Özdemir M., Çetinkaya S., (2019), “İstanbul’daki tarihi çeşmelerin su kalitesi üzerine bir inceleme”, Su ve Çevre Dergisi, 12(1), 34–49.
- [9] Burkowska-But A., Swiontek-Brzezinska M., Walczak M., (2013), “Microbiological contamination of water in fountains located in the city of Toruń, Poland”, Annals of Agricultural and Environmental Medicine, 20(4), 645–648.
- [10] Di Giuseppe D., (2017), “Comparison of the mineral element content of public drinking fountains and bottled water: A case study of Ferrara City”, Geosciences, 7(3), 76, <https://doi.org/10.3390/geosciences7030076>
- [11] Freitas D. G., Silva R. D. R., Bataus L. A. M., Barbosa M. S., Carneiro L. C., (2017), “Bacteriological water quality in school’s drinking fountains and detection of antibiotic-resistance genes”, Annals of Clinical Microbiology and Antimicrobials, 16, 5, <https://doi.org/10.1186/s12941-016-0176-7>
- [12] Shruti V. C., Pérez-Guevara F., Kutralam-Muniasamy G., (2020), “Metro-station free drinking-water fountain – A potential ‘microplastics hotspot’ for human consumption”, Environmental Pollution, 261, 114227, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114227>
- [13] Blyth W. E., Shahsavari E., Aburto-Medina A., Ball A. S., Osborn A. M., (2022), “Variation in the structure and composition of bacterial communities within drinking-water fountains in Melbourne, Australia”, Water, 14(6), 908, <https://doi.org/10.3390/w14060908>

- [14] Ezea V. C., Ihedioha J. N., Abugu H. O., Ekere N. R., (2022), “A multi-criteria approach to drinking and irrigation water assessment of spring water in Igbo-Etiti, Nigeria”, *Applied Water Science*, 12, 220, <https://doi.org/10.1007/s13201-022-01747-8>
- [15] Mengstie Y. A., Desta W. M., Alemayehu E., (2023), “Assessment of drinking water quality in urban water supply systems: The case of Hawassa City, Ethiopia”, *Journal of Environmental and Public Health*, 2023, 8880601, <https://doi.org/10.1155/2023/8880601>
- [16] El Baroudi H., Ouazzani C., Moustaghfir A., Er-Ramly A., Essebbahi I., El Baroudi Y., Dami A., Balouch L., (2024), “Evaluation of drinking water quality and potential health risks on the population in Morocco”, *Desalination and Water Treatment*, 325, Article 100715, <https://doi.org/10.1016/j.dwt.2024.100715>
- [17] 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, <https://dergipark.org.tr/tr/pub/thdbd/issue/63984/968175>
- [18] Şekerci P., Gürses M., Çetin B., (2014), “Some physical and chemical characteristics, molecular typing of isolated E. coli strains of fountain waters, Turkey”, *Asian Journal of Chemistry*, 26(9), 2525–2532, <https://doi.org/10.14233/ajchem.2014.15718>
- [19] Sezen F., Aval E., Ağkurt T., Yılmaz Ş., Zhu B.-P., (2015), “A large multi-pathogen gastroenteritis outbreak caused by drinking contaminated water from antique neighbourhood fountains, Erzurum city, Turkey”, *Epidemiology & Infection*, 143(4), 892–901, <https://doi.org/10.1017/S0950268814001459>
- [20] Atıcı A. A., Gültekin A., Şen F., Elp M., (2016), “Erciş (Van) ilçesi içme sularının su kalitesi özellikleri”, *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 26(2), 237–246, <https://dergipark.org.tr/tr/pub/yyutbd/issue/22033/236891>
- [21] Gültekin S., Sesal C., Kayhan F. E., (2017), “İstanbul ili Anadolu yakası doğal kaynak sularının kimyasal analizlerinin değerlendirilmesi”, *Marmara Fen Bilimleri Dergisi*, 3, 132–140, <https://doi.org/10.7240/marufbd.290606>
- [22] Gürbüz S., Çelikel Güngör A., (2018), “Physical and chemical properties of drinking and usage waters of Mardin”, *Veterinary and Life Sciences Journal*, 1(1), 25–32, <https://doi.org/10.33188/vetheder.48641>
- [23] Kocamaz A., (2023), “Konya ili kırsalındaki bazı doğal kaynak çeşme sularının belirli su kalite parametrelerinin incelenmesi”, *Yüksek Lisans Tezi*, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- [24] Atasever M., Mazlum H., Çevik B., Üzümlü H., (2024), “Investigating the quality of public fountain water in Gümüşhane Province and the presence of *Cryptosporidium* spp. using the PCR method”, *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 12(9), 1530–1538, <https://doi.org/10.24925/turjaf.v12i9.1530-1538.6716>

- [25] Latif M., Nasir N., Nawaz R., Nasim I., Sultan K., Irshad M. A., Irfan A., Dawoud T. M., Younous Y. A., Ahmed Z., Bourhia M., (2024), "Assessment of drinking water quality using Water Quality Index and synthetic pollution index in urban areas of mega city Lahore: A GIS-based approach", Scientific Reports, 14, 13416, <https://doi.org/10.1038/s41598-024-63296-1>
- [26] Kaya A., (2025), "Gümüşhane ili içme suyunun spektrofotometrik analizi", Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 15(1), 210–220, <https://doi.org/10.17714/gumusfenbil.1601843>
- [27] Kaya M., (2015), Bitinya Krallığı ve Roma ilişkileri, Tarih Araştırmaları Yayınları, Ankara.
- [28] Şahin E., (2012), "Arap seferlerinin Bizans Anadolu'suna etkisi", Tarih ve Medeniyet Dergisi, 23(2), 55–70.
- [29] Gebze Belediyesi, (2010), Gebze tarihi ve kültürel mirası, Yerel Yayınlar, Gebze.
- [30] Akgündüz A., (1996), Osmanlı vakıf hukuku ve sosyal kurumlar, Osmanlı Araştırmaları Vakfı, İstanbul.
- [31] İnalçık H., (2000), Osmanlı İmparatorluğu: Klasik çağ (1300–1600), Yapı Kredi Yayınları, İstanbul.
- [32] Bayur Y. H., (1946), Türk inkılabı tarihi, Cilt III: Millî mücadele devri, Türk Tarih Kurumu Yayınları, Ankara.
- [33] Devlet İstatistik Enstitüsü, (1999), 1997 Genel Nüfus Sayımı: Nüfusun Sosyal ve Ekonomik Nitelikleri, Kocaeli, DİE Yayınları, Ankara.
- [34] Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), (2021), "Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi (ADNKS) 2020 sonuçları", Ankara: TÜİK Yayınları.
- [35] Döker M. F., Aydoğdu M., (2019), "Gebze'de şehrsel büyümenin mekansal-zamansal analizi", Coğrafi Bilimler Dergisi, 17(2), 403–427, <https://doi.org/10.33688/aucbd.629441>
- [36] T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, (2020), Organize Sanayi Bölgeleri yıllık raporu, Bakanlık Yayınları, Ankara.
- [37] Jude N. N., Asongwe G. A., Ako A. A., (2024), "Geological influence on groundwater quality in volcanic aquifers of Eastern Mount Cameroon: Hydrochemical and statistical approach", SN Applied Sciences, 6(7), 1732, <https://doi.org/10.1007/s42452-024-06169-6>
- [38] Hem J. D., (1985), Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water (Water-Supply Paper 2254), U.S. Geological Survey, Washington D.C., <https://pubs.usgs.gov/wsp/wsp2254/pdf/wsp2254a.pdf>

- [39] World Health Organization (WHO), (2011), “Hardness in drinking-water (Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality)”, <https://cdn.who.int/media/docs/default-source/wash-documents/wash-chemicals/hardness-bd.pdf>
- [40] U.S. Geological Survey, (2002), “Water-quality criteria, standards, or recommended limits (WRI 02-4094, Tablo: Sertlik sınıfları)”, <https://pubs.usgs.gov/wri/wri024094/pdf/mainbodyofreport-3.pdf>
- [41] Franco D., Coulibaly K., Kunberger T., Kinzli K.-D., Arbelaez S., Missimer T., (2017), “Evolution of heterogeneous mixed siliciclastic/carbonate aquifers containing metastable sediments”, *Ground Water*, 55(6), 784–796, <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28493310/>
- [42] Tóth J., (2005), “Groundwater in igneous, metamorphic, and sedimentary rocks (EOLSS sample chapter)”, <https://www.eolss.net/sample-chapters/c07/E2-09-01-02.pdf>
- [43] Şükür R., (2020), Gebze çevresinde kırsal yerleşim, Birinci Baskı, Gece Kitapçılığı, Temmuz 2020, Ankara.
- [44] Türk Standardları Enstitüsü (TSE), (2005), “TS 266 – İnsani tüketim amaçlı sular”, TSE Yayınları, Ankara, https://sandoramuhendislik.com/TS_266.pdf
- [45] Yeşiltaş H. K., Yılmaz T., (2022), “Yüzeysel su kaynağından içme suyu eldesinde alkali koagülasyon metodunun uygulanması ve kalsiyum sertliğinden ileri gelen kireç taşı oluşumu”, *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 37(1), 249–260, <https://doi.org/10.21605/cukurovaumfd.1095078>
- [46] Ankara Su ve Kanalizasyon İdaresi (ASKİ), (2024, Kasım), “2024 yılı Kasım ayında Ankara halkına sunulan içme suyunun düzenli kalite kontrollerinin ortalama sonuçları (TS 266 karşılaştırmalı)”, ASKİ Genel Müdürlüğü, <https://www.aski.gov.tr/Yukle/Dosya/SuAnalizSonuclari/TS266KASIM2024.pdf>
- [47] Baird R. B., Eaton A. D., Rice E. W., (2017), *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 23rd Edition, American Public Health Association, Washington D.C.
- [48] Edberg S. C., Rice E. W., Karlin R. J., Allen M. J., (2000), “Escherichia coli: The best biological drinking water indicator for public health protection”, *Symposium Series of the Society for Applied Microbiology*, (29), 106S–116S, doi:10.1111/j.1365-2672.2000.tb05338.x
- [49] Güven A., Çetin Ç., (2025), “Tunceli Bölgesi'nden (Türkiye) elde edilen kaynak suyu örneklerinin fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik değerlendirilmesi”, *Polonya Çevre Çalışmaları Dergisi*, <https://doi.org/10.15244/pjoes/197470>
- [50] Samsunlu A., (2008), *Çevre mühendisliği kimyası*, 6. Baskı, Birsan Yayınevi, İstanbul.

- [51] Drever J. I., (1997), *The Geochemistry of Natural Waters*, 3rd Edition, Prentice Hall, Upper Saddle River.
- [52] Ficklin W. H., Plumlee G. S., Smith K. S., McHugh J. B., (1992), “Geochemical classification of mine drainage and natural drainage in mineralized areas”, In: Kharaka Y. K., Maet A. S. (Eds.), *Water-Rock Interaction* 7, pp. 81–384.
- [53] Plumlee G. S., Smith K. S., Ficklin W. H., (1994), “Geoenvironmental models of mineral deposits, and geology-based mineral-environmental assessments of public lands (USGS Open-File Report 94-203)”, U.S. Geological Survey, <https://doi.org/10.3133/ofr94203>
- [54] Sarmiento A. M., Nieto J. M., Olias M., Cánovas C. R., (2009), “Hydrochemical characteristics and seasonal influence on the pollution by acid mine drainage in the Odiel River (SW Spain)”, *Applied Geochemistry*, 24(5), 697–714, <https://doi:10.1016/j.apgeochem.2008.12.025>
- [55] Nordstrom D. K., Alpers C. N., (1999), “Geochemistry of acid mine waters”, In: Plumlee G. S., Logsdon M. J. (Eds.), *The Environmental Geochemistry of Mineral Deposits*, Vol. 6A, Society of Economic Geologists, pp. 133–160.
- [56] Chapman D. (Ed.), (1996), *Water quality assessments: A guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring*, 2nd Edition, E & FN Spon, London.
- [57] Stumm W., Morgan J. J., (1996), *Aquatic Chemistry: Chemical Equilibria and Rates in Natural Waters*, 3rd Edition, Wiley-Interscience, New York.
- [58] World Health Organization (WHO), (2017), “Guidelines for drinking-water quality (4th ed., incorporating the 1st addendum)”, WHO Press, <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/254637/9789241549950-eng.pdf>

ÖZGEÇMİŞ

Sinem VURAL YURTSEVER, Lisans derecesini 2015 yılında Ondokuz Mayıs Üniversitesi Çevre Mühendisliği alanında almıştır ve 2022 yılında Gebze Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans öğrenimini bitirmiştir. 2022 yılında Gebze Teknik Üniversitesi Yer ve Deniz Bilimleri Enstitüsü'nde yüksek lisansa başlamıştır.



TEZ METNİNDEN TÜRETİLEN YAYINLAR

Vural Yurtsever S., Öncel M.S. (2024). “Gebze (Kocaeli) Bölgesinde Yer Alan Tarihi Su Kaynakların Kalitesinin Araştırılması”. International Caucasus Water and Energy Symposium, Artvin Çoruh Üniversitesi.

