



**T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**ŞİRAN (GÜMÜŞHANE) İLÇE MERKEZİ İÇME SULARININ FİZİKSEL VE
JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ümmühan SEMİZ

**MAYIS 2019
GÜMÜŞHANE**

**T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ŞİRAN (GÜMÜŞHANE) İLÇE MERKEZİ İÇME SULARININ FİZİKSEL VE
JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ümmühan SEMİZ

**Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
“Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı”
Yüksek Lisans Programında Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 31.05.2019
Tezin Sözlü Savunma Tarihi : 18.07.2019**

MAYIS 2019



KABUL ve ONAY



Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Ali GÜCER danışmanlığında Ümmühan SEMİZ tarafından hazırlanan “ŞİRAN (GÜMÜŞHANE) İLÇE MERKEZİ İÇME SULARININ FİZİKSEL VE JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI” isimli bu çalışma jürimiz tarafından Gümüşhane Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak Oy Birliği ile kabul edilmiştir.

Başkan : Dr. Öğr. Üyesi Özgür BİLİCİ

Üye : Doç. Dr. Enver AKARYALI

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Ali GÜCER

ONAY

Bu tez 2. / 10 / 2019 tarihinde Enstitü Yönetim Kurulunca kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Ferkan SİPAHİ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Bu çalışma, Gümüşhane Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (GÜBAP) Koordinatörlüğü’nce desteklenmiştir. Proje No: 19.F5114.07.02

TEZ BEYANNAMESİ

Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlamış olduğum. “**Şiran (Gümüşhane) İlçe Merkezi İçme Sularının Fiziksel ve Jeokimyasal Özelliklerinin Araştırılması**” isimli tez çalışmada; bütün bilgi ve belgeleri genel akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel ve yazılı bütün bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak hazırlayıp sunduğumu, başka kaynaklardan yararlandığım bilgileri metin ve kaynaklarda eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma süresince bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksi durumda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

31/05/2019

Ümmühan SEMİZ

ÖZET
YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ŞİRAN (GÜMÜŞHANE) İLÇE MERKEZİ İÇME SULARININ FİZİKSEL VE
JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

Ümmühan SEMİZ

Gümüşhane Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Ali GÜCER

2019, 56 sayfa

İnceleme alanı, Gümüşhane (KD Türkiye) ilinin güneybatısında yer alan Şiran İlçe merkezi ve yakın çevresini kapsamaktadır. Bu çalışmada Şiran İlçe merkezindeki içme sularının fiziksel ve jeokimyasal özellikleri incelenmiş ve metal element içerikleri belirlenmiştir. Çalışma alanında, temel birimler kumtaşı, kilitaşı, marn, şeyl ve tuf ardışımından meydana gelen Erken-Orta Eosen yaşlı sedimanter kayalar (Kelkit Formasyonu) tarafından temsil edilmektedir. Kelkit formasyonu, çalışma alanının en genç birimlerini oluşturan Kuvaterner yaşlı alüvyon ile uyumsuz bir şekilde örtülmektedir. Su numuneleri genel olarak halka açık kamu kurumlarının su depoları ile Alüvyon ve Kelkit Formasyonu üzerinde yer alan kaynaklardan derlenmiştir.

Örneklerin pH değerleri 5.41-7.68, iletkenlikleri 106.9-827.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ve sertlikleri (Fr) 5.2-52.8 arasında değişmektedir. Bu veriler, Kıta içi yerüstü su kaynakları sınıflamasına göre, suların çoğunlukla I. ve II. sınıf, az oranda ise III. sınıf kalitede olduğunu göstermekte ve asidik ortamdan ziyade bazik bir karakteri işaret etmektedir. Ayrıca, elde edilen sertlik sonuçları, Şiran ilçesindeki su örneklerinin çok yumuşak-sert sınıf aralığında olduklarını göstermiştir. Suların fiziksel parametreleri tüm numunelerde renk, bulanıklık, tat ve koku değerleri açısından uygundur. Çalışma alanındaki sular genel olarak karbonatlı ($\text{Ca}+\text{Mg}>\text{Na}+\text{K}$) ve sülfatlı sular sınıfında olup, genellikle zayıf asit kökleri güçlü asit köklerinden ($\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-}+\text{Cl}^-$) daha fazladır. Bunun yanı sıra, incelenen örneklerin Ca, Mg, Na, K, Fe, Mn ve Al değerleri genel olarak izin verilebilir aralıkta olup, TS-266 ve Dünya Sağlık Teşkilatı (WHO) standartlarına uygundur. Örneklerdeki çözünmüş metallerin (Fe, Zn, Cu, Co, Ni, Pb) içerikleri, birkaç örnek dışında, kabul edilebilir sınırlar arasında dağılım göstermektedir. Örneklerin fiziksel ve jeokimyasal parametreleri aynı zamanda Gümüşhane İl merkezi içme suyu değerleri ile de benzer dağılım sergilemektedir. Sonuç olarak, örneklerin büyük bir çoğunluğunun içme suyu açısından iyi sınıf sular kategorisinde yer aldığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: İçme suyu, Jeokimya, Su kalitesi, Su jeokimyası, Şiran (Gümüşhane)

ABSTRACT

MS THESIS

THE INVESTIGATION OF PHYSICAL AND GEOCHEMICAL PROPERTIES OF DRINKING WATERS IN THE ŞİRAN (GÜMÜŞHANE) DISTRICT CENTER

Ümmühan SEMİZ

Gümüşhane University

The Graduate School of Natural and Applied Science

Department of Geological Engineering

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Mehmet Ali GÜCER

2019, 56 pages

The study area is located of Şiran District Center in the southwest of Gümüşhane (NE Turkey) and their surroundings. In this study, physical and geochemical features of drinking water in Şiran district center were examined and metal element contents were determined. In the study area, the basement rocks are represented by Early-Middle Eocene sedimentary rocks (Kelkit Formation). This formation composed of sandstone, claystone, marl, shale and tuff. The Kelkit formation is covered unconformably by the Quaternary aged alluvium, which constitutes the youngest units of the study area. Water samples were generally collected from water reservoirs in public buildings and sources on Alluvium and Kelkit Formation rocks. The pH, conductivity and hardness values of the samples vary between 5.41-7.68, 106.9-827.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ and 8.4-70.8 Fr, respectively.

According to the classification of Intra-Continental Water Resources, these data show that the samples are mostly class-I and II, rarely class-III water quality characteristics, and indicating basic character rather than the acidic environment. In addition, the hardness results showed that the water samples in Şiran area were classified as a range of the very soft-hard water. The physical parameters of water for all samples are suitable in terms of color, turbidity, taste and odor values. The waters in the study area are generally classified as carbonated ($\text{Ca}+\text{Mg} > \text{Na}+\text{K}$) and sulfated waters and generally, their weak acid roots are more than strong acid roots ($\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} + \text{Cl}^-$). Besides, Ca, Mg, Na, K, Fe, Mn and Al values of the studied samples are generally within the permissible range and comply with TS-266 and World Health Organization (WHO) standards. Except for a few, the concentration of dissolved metals (Fe, Zn, Cu, Co, Ni, Pb) in the samples were distributed within acceptable limits. The physical and geochemical parameters of the waters also show similar distribution with the drinking water values of Gümüşhane Province. Consequently, it was determined that most of the samples were in the category of good class waters in terms of drinking water.

Keywords: Drinking water, Geochemistry, Water quality, Water geochemistry, Şiran (Gümüşhane)

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır. Çalışmaya maddi destek sağlayan Gümüşhane Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (GÜBAP) Koordinatörlüğü'ne teşekkür ederim.

Çalışmalarım sırasında bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım başta yol göstericim danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Ali GÜCER'e sonsuz teşekkürlerimi borç bilirim.

Tez çalışmam süresince her türlü desteğini esirgemeyen başta Prof. Dr. Ferkan SİPAHİ olmak üzere Doç. Dr Enver AKARYALI ve Dr. Öğr. Üyesi İbrahim ÇAVUŞOĞLU'na teşekkürlerimi sunarım.

Arazi çalışmalarım ve örneklerimin hazırlanmasında katkıları olan değerli dostum ve meslektaşım, Jeoloji Mühendisi Nadire YAZICI ve kıymetli hayat arkadaşı Mustafa YAZICI'ya, ince kesitlerimizin hazırlanmasındaki büyük katkılarından dolayı laboratuvar teknikerimiz Ferdi DAYANÇ'a, numune alımı sırasında bizlere yardımını esirgemeyen meslektaşım Jeoloji Mühendisi Orbay ŞAHİN'e teşekkürü borç bilirim.

Bana her zaman ileriye gösteren, maddi ve manevi desteğini esirgemeyen, bugünlere gelmeme vesile olan annem Fatma SEMİZ'e, babam Ali SEMİZ'e ve kardeşlerim Oğuzhan SEMİZ, Bilgehan SEMİZ ve Neslihan SEMİZ'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ümmühan SEMİZ
Gümüşhane, 2019

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖZET	IV
ABSTRACT	VI
TEŞEKKÜR	VIII
İÇİNDEKİLER	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ	XI
TABLolar DİZİNİ	XIII
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ	XIV
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş	1
1.2. Konum, Yerleşim ve Ulaşım	1
1.3. Jeomorfoloji, İklim ve Bitki Örtüsü	2
1.4. Çalışmanın Amacı	3
1.5. Bölgesel Jeoloji	3
1.6. Önceki Çalışmalar	6
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	11
2.1. Giriş	11
2.2. Arazi Çalışması	11
2.3. Laboratuvar Çalışmaları	11
2.3.1. Mikroskopik Tayinler	11
2.3.2. Su Analizleri	13
2.4. Büro Çalışmaları	16
3. BULGULAR	17
3.1. Giriş	17
3.2. Stratigrafi ve Petrografi	17
3.2.1. Kelkit Formasyonu	17
3.2.2. Alüvyon	19
3.3. İçme Sularının Fiziksel ve Jeokimyal Özellikleri	20
3.3.1. Giriş	20
3.3.2. Suların Fiziksel Özellikleri	22
3.3.2.1. Hidrojen İyon Aktivitesi (pH)	23
3.3.2.2. Elektriksel İletkenlik (EI)	23

3.3.3.	Suların Jeokimyasal Özellikleri.....	23
3.3.3.1.	Fransız Su Sertliği (Fr)	23
3.3.3.2.	Majör İyonlar.....	26
3.3.3.3.	İz Metaller	29
3.3.3.4.	Piper Diyagramı	33
4.	TARTIŞMA.....	36
4.1.	Fiziksel ve Jeokimyasal Parametrelerin İrdelenmesi	36
4.2.	Potansiyel Toksik Element İçerikleri	44
5.	SONUÇ VE ÖNERİLER	49
6.	KAYNAKLAR.....	51
	ÖZGEÇMİŞ	

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1.	Çalışma alanının yerbulduru haritası	2
Şekil 1.2.	Gümüşhane yöresinin genelleştirilmiş dikme kesiti	5
Şekil 1.3.	(a) Doğu Pontidler'in jeolojisi ve çalışma alanının konumu (Güven, 1993'den değiştirilerek). (b) Çalışma alanı ve çevresinin jeoloji haritası (Güven, 1993)	7
Şekil 2.1.	Çalışma alanında içme ve sulama amaçlı kullanılan çeşmeden su numunesi alımı (Mertekli Mahallesi, Şiran)	12
Şekil 2.2.	(a) Petrografik kesit yapımında kullanılan PetroThin marka cihazın görünümü. (b) Alınan kayaç numunelerinden yapılan petrografik incelemeler	13
Şekil 2.3.	Şiran İlçe merkezi ve yakın çevresinden alınan su örneklerine ait noktaların Google Earth uydu görüntüsü	13
Şekil 3.1.	İnceleme sahasında Kelkit Formasyonu'nun muhtelif alanlardaki yayılımı. (a) ve (b) İlçe merkezinde açık yeşilimsi renk tonu ve yumuşak topografyaya sahip görünüm. (c) ve (d) İstifde düşük tabaka eğimine sahip birimlerin ardışıklı görünümü. (e) ve (f) Sıkışma rejimine bağlı olarak formasyon içerisinde gelişmiş yersel ölçekli kıvrımlar, antiklinal ve senklinal yapıları	18
Şekil 3.2.	Kelkit Formasyonu'ndan alınan ince taneli kumtaşı örneğinin mikroskopik görünümü. (a) Bol miktarda kristal içeren kumtaşı örneğinin tek nikol görünümü. (b) Polijen konglomerada bulunan kayaç parçaları ve polikristalin kuvarslar. Ku: kuvars, Pl: plajiyoklas, Bt biyotit, Kp: kayaç parçası, Kal: kalsit, P.Ku: polikristalin kuvars.	19
Şekil 3.3.	Kelkit-Şiran yol güzergâhında yüzeyleme veren alüvyon ve taraça.	20
Şekil 3.4.	İnceleme alanından alınan su numunelerinin iletkenliği ile katyonlar (mg/l) arasındaki ilişkiyi gösteren diyagramlar	28
Şekil 3.5.	İnceleme alanından alınan su örneklerinin Cl^- (mg/l) içeriğinin HCO_3^- (mg/l) ve SO_4^{-2} (mg/l) içeriklerine göre değişimi (semboller Şekil 3.4'deki gibidir)	29
Şekil 3.6.	Tüm örneklerin Piper diyagramındaki dağılımı. Kapalı alanlar Gümüşhane İl Merkezi içme sularının değerlerini (Uslu, 2014) göstermektedir.	34
Şekil 4.1.	İnceleme alanından alınan su numunelerinin iletkenliği ile pH'ı arasındaki ilişkisi (semboller Şekil 3.4'deki gibidir)	37

Şekil 4.2.	İnceleme alanından alınan su numunelerinin iletkenlik ile sertlik (Fr) değerleri arasındaki ilişki (semboller Şekil 3.4'deki gibidir)	38
Şekil 4.3.	Su örneklerinin Fransız sertlik derecesi (Fr) ile pH'ı arasındaki ilişki (semboller Şekil 3.4'deki gibidir)	39
Şekil 4.4.	Örneklerin K^+ , Na^+ , Ca^{+2} ve Mg^{+2} içeriği ile Fransız sertlik derecesi (Fr) arasındaki ilişki (semboller Şekil 3.4'deki gibidir)	40
Şekil 4.5.	Tüm örneklere ait SO_4^{-2} , Cl^- , HCO^{-3} ve sertlik (Fr) parametrelerinin karşılaştırılmış dağılımı	44
Şekil 4.6.	Tüm örneklere ait ağır metal (Fe, Zn, Cu, Co ve Pb) element içeriklerinin karşılaştırılmış dağılımı	47

TABLÖLER DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 2.1. MP–AES cihazının çalışma şartları ve sistemin analitiksel karakteristiği	16
Tablo 3.1. Şiran ilçe merkezinden alınan su örneklerinin alındığı yerler ve konumları.....	21
Tablo 3.2. Şiran ilçe merkezlerinden alınan suların fiziksel özellikleri.....	22
Tablo 3.3. Şiran İlçe merkezinden alınan örneklerin önemli bazı element analiz sonuçları.....	24
Tablo 3.4. Su numunelerine ait Piper diyagramında kullanılan parametre değerleri (meq/l).....	35
Tablo 4.1. Suların iletkenliklerine göre sınıflandırılması (Kıtaici Yerüstü Su Kaynaklarının Sınıflarına göre Kalite Kriterleri RG-15/04/2015-29327).....	37
Tablo 4.2. Suların iletkenliğine göre sınıflandırılması (Erguvanli ve Yüzer, 1987).....	37
Tablo 4.3. Örneklerin sertlik derecelerine göre sınıflandırılması (Tuncay, 1994)	38
Tablo 4.4. Şiran ilçesinde alınan numunelerin kirletici parametreleri ve su sınıfları (anyon-kasyon ve ağır element konsantrasyon değerleri µg/l cinsindedir) ...	41

SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Al	: Alüminyum
Ag	: Gümüş
An	: Anortit
Ba	: Baryum
BSS	: Bağlı Standart Sapma
Bt	: Biyotit
Ca	: Kalsiyum
Cd	: Kadmiyum
Cl	: Klor
CO ₃	: Karbonat
Cpx	: Klinopiroksen
Cr	: Krom
Cu	: Bakır
DSTİSS	: Dünya sağlık Teşkilatı İçme Suyu Standartı
FAAS	: Flame Atomic Absorbtion
Fe	: Demir
Fr	: Frasnı su sertliği
GD	: Güney Doğu
Hbl	: Hornblend
HCO ₃ ⁻	: Bikarbonat
MP-AES	: Inductively Coupled plazma- Atomic emisyon Sperctrometer
K	: Potasyum
Kal	: Kalsit
KB	: Kuzey Batı
KD	: Kuzey Doğu
Kfs	: Potasyum feldspat
Kp	: Kayaç parçası
LOD	: Gözlenebilme sınırı
LOQ	: Tayin sınırı
Met.kp	: Metamorfik kayaç parçası
mg/l	: Miligram/litre
Mn	: Mangan
MP-AES	: Mikrodalga plazma- Atomik Emisyon Spektrometre
My	: Milyon yıl
Na	: Sodyum
NO ₃	: Nitrat
SN	: Su numunesi
NTU	: Nephelometric turbidity unit (Bulanıklık birimi)

Ni	: Nikel
OH ⁻	: Hidroksit
Pb	: Kurşun
Plj	: Plajiyoklas
Qz	: Kuvars
TİSS	: Türkiye İçme Suyu Standartı
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
U	: Uranyum
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü
Zn	: Çinko

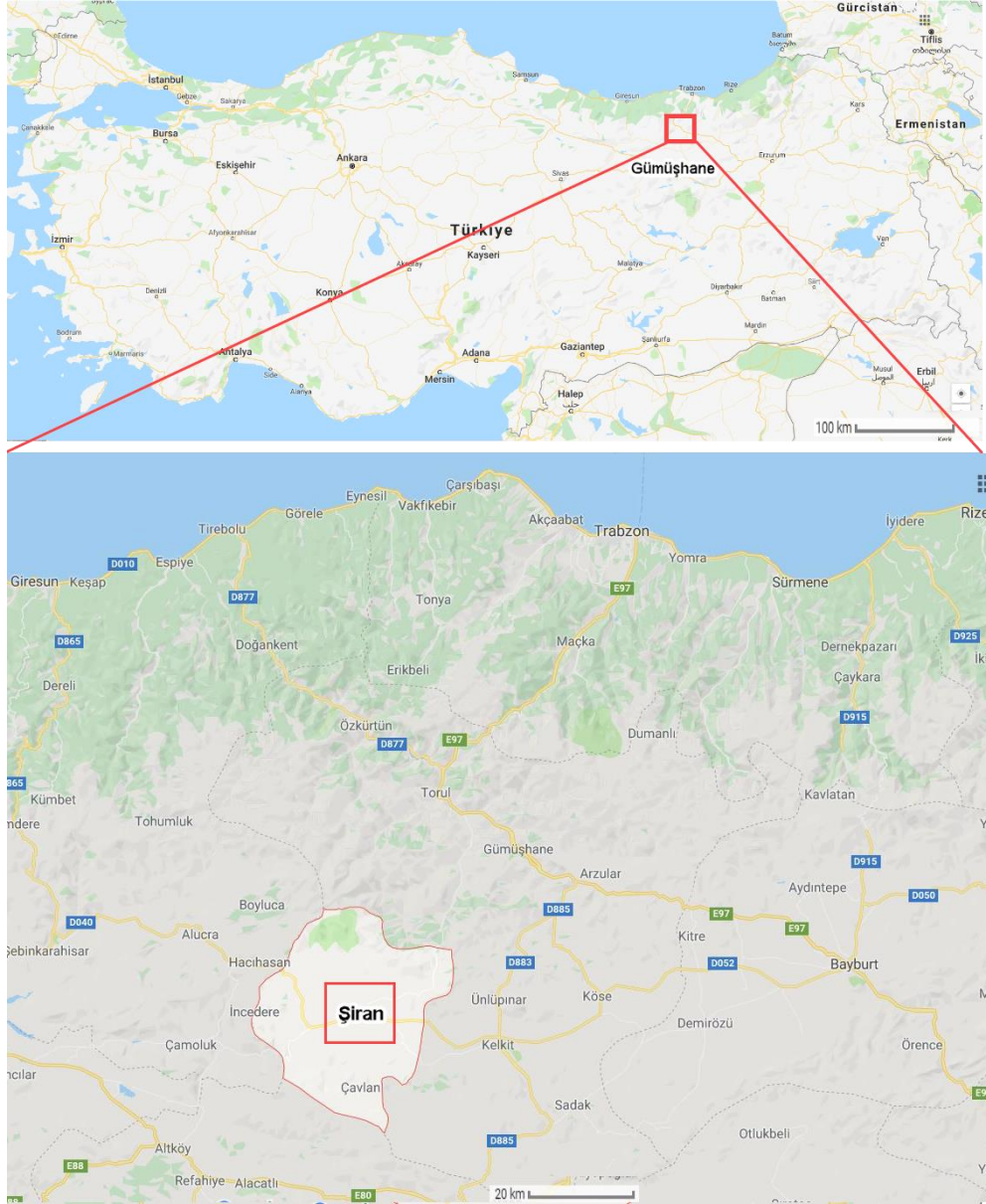
1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Su, canlıların yaşamlarını sürdürmesi için gereken en önemli temel unsurlardan birini oluşturmaktadır. Yaşamsal faaliyetlerin devam ettirilebilmesi, suların etkin bir şekilde kullanılmasına ve su kalitesinin izlenerek kontrol altında tutulmasına bağlıdır. Yeraltı ve yüzey sularının kalitesi (fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik vb.) suların içme, kullanma ve sulamaya uygunluğunun belirlenmesinde ve kalitesinin korunmasında en önemli kriterleri oluşturmaktadır. Sıkıştırılamayan, rengi ve kokusu olmayan, katı, sıvı ve gaz halde bulunabilen suyun özkütlesi, deniz seviyesinde ve +4°C'de 1g/cm³ olmaktadır. Su analizlerinin çeşitli alanlardaki kullanımına ilişkin bazı standartlar bulunmaktadır. Ülkemizde Türk Standartları Enstitüsü tarafından belirlenen içme suyu standartları kullanılmaktadır (TS266). Bunun yanı sıra Dünya Sağlık Örgütü (WHO), Amerika Çevre Koruma Ajansı (US EPA) ve Avrupa Birliği (EU) standartları da içme suyu sınıflamasında kullanılan diğer standartları oluşturmaktadır. Ayrıca, yeraltı ve yerüstü su kaynakları potansiyelinin korunması ve etkin bir biçimde kullanımının sağlanması için, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nde yer alan, kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre suların kalite kriterleri de belirlenmiştir.

1.2. Konum, Yerleşim ve Ulaşım

İnceleme alanı Doğu Karadeniz Bölgesi, Gümüşhane ili, Şiran ilçe merkezi ve yakın civarında, Trabzon H42d08 pafta sınırları içerisinde yer almaktadır. (Şekil 1.1). Şiran ilçe merkezi, Kelkit ilçesine 30 km, Köse İlçesine 45 km ve Gümüşhane il merkezine ise 90 km uzaklıktadır. İlçeye ulaşım Şiran (Gümüşhane)-Alucra (Giresun) devlet karayoluna bağlı olan tali asfalt yolla sağlanmaktadır.



Şekil 1.1. Çalışma alanının yerbulduru haritası

1.3. Jeomorfoloji, İklim ve Bitki Örtüsü

Gümüşhane ili, Karadeniz ve Doğu Anadolu Bölgesi ile komşu olması sebebiyle her iki ikliminde özelliklerini taşıyan geçiş iklimi özelliğindedir. Yazları kurak, kışları ise soğuk ve kar yağışlıdır. İlçe merkezleri ve yakın civarının sıcaklığı yılın büyük bir bölümünde 1 derecenin altındadır.

İnceleme alanında topografya oldukça engebeli olup, en önemli yükseltileri Şirangüneyi Tepe (1900 m) Hacalen Tepe (1967 m) ve Karameşe Tepe (1950 m)'dir. İlçe

merkezlerinde genel olarak yumuşak bir topografya hâkim iken, yerleşim alanları dışına çıktıkça yüksek eğimli bir topografyaya geçiş gözlenmektedir.

Yörede ana akarsu kaynağı olarak Tersun Çayı ve Şiran Çayı bulunmaktadır. Çalışma alanı içinde Tersun Çayı ve Şiran Çayı'na bağlı birçok küçük dere de mevcuttur. Bölgedeki iklim karasal iklim ile denizel iklimi arasında geçiş niteliğindedir. Yazları sıcak ve bazen yağışlı, kışları ise soğuk ve kar yağışlıdır. Yöre bitki örtüsü bakımından zengin olmayıp, bitki toplulukları daha çok akarsu vadileri boyunca gözlenirler. Yüksek kesimlerde ise çam, meşe ve ardıç ağaçları görülmektedir. Topografinin tarımcılığa elverişsiz olması ve iklimin sert olması nedeniyle yöre halkı daha çok hayvancılıkla geçimini sağlamaktadır. Ekili araziler ancak yöre halkının kendi geçimlerini karşılayacak kadardır ve meraya kalan alanlar hayvancılık için otluklar olarak kullanılmaktadır. Yüksek kesimlerde çam ve meşe türü ağaçlar gözlenirken, akarsu kenarlarında ise söğüt ve kavak ağaçları gözlenmektedir.

1.4. Çalışmanın Amacı

Bu çalışmada, Şiran (Gümüşhane) ilçe merkezindeki içme sularının fiziksel ve jeokimyasal karakteristiklerinin ortaya konması amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında, söz konusu sulardan ve bu suların geçtiği litolojilerden numuneler alınarak, analizleri yapılmış ve elde edilen verilerden içme suyu ile yan kayaç arasındaki ilişkiler ortaya konmuştur. Çalışmanın amacına yönelik seçilen yerleşim merkezlerinde yer alan içme sularında, fiziksel ve jeokimyasal özellikleri üzerine bugüne kadar yapılmış herhangi bir çalışma bulunmamaktadır.

1.5. Bölgesel Jeoloji

Alp-Himalaya orojenik kuşağı içerisinde yer alan ve daha yaşlı orojenik dönemleri temsil eden alanların da bulunduğu Türkiye, farklı jeolojik kökenlere sahip birçok tektonik birliğin bir araya gelmesi sonucu oluşmuş ve birçok tektono-stratigrafik birlikten meydana gelmiştir. Tetis olarak adlandırılan okyanusun değişik kollarının açılıp kapanması sırasında oluşan aktif ve pasif kıta kenar çökeltileri ile yay ve sütur karmaşıkları içermekte olan kıta parçaları Geç Tersiyer'de bir araya gelerek tek bir kara parçası halini almıştır (Okay, 2008; Göncüoğlu, 2010). Karadeniz'in güneydoğu kesimi boyunca uzanan Doğu Pontidler ise,

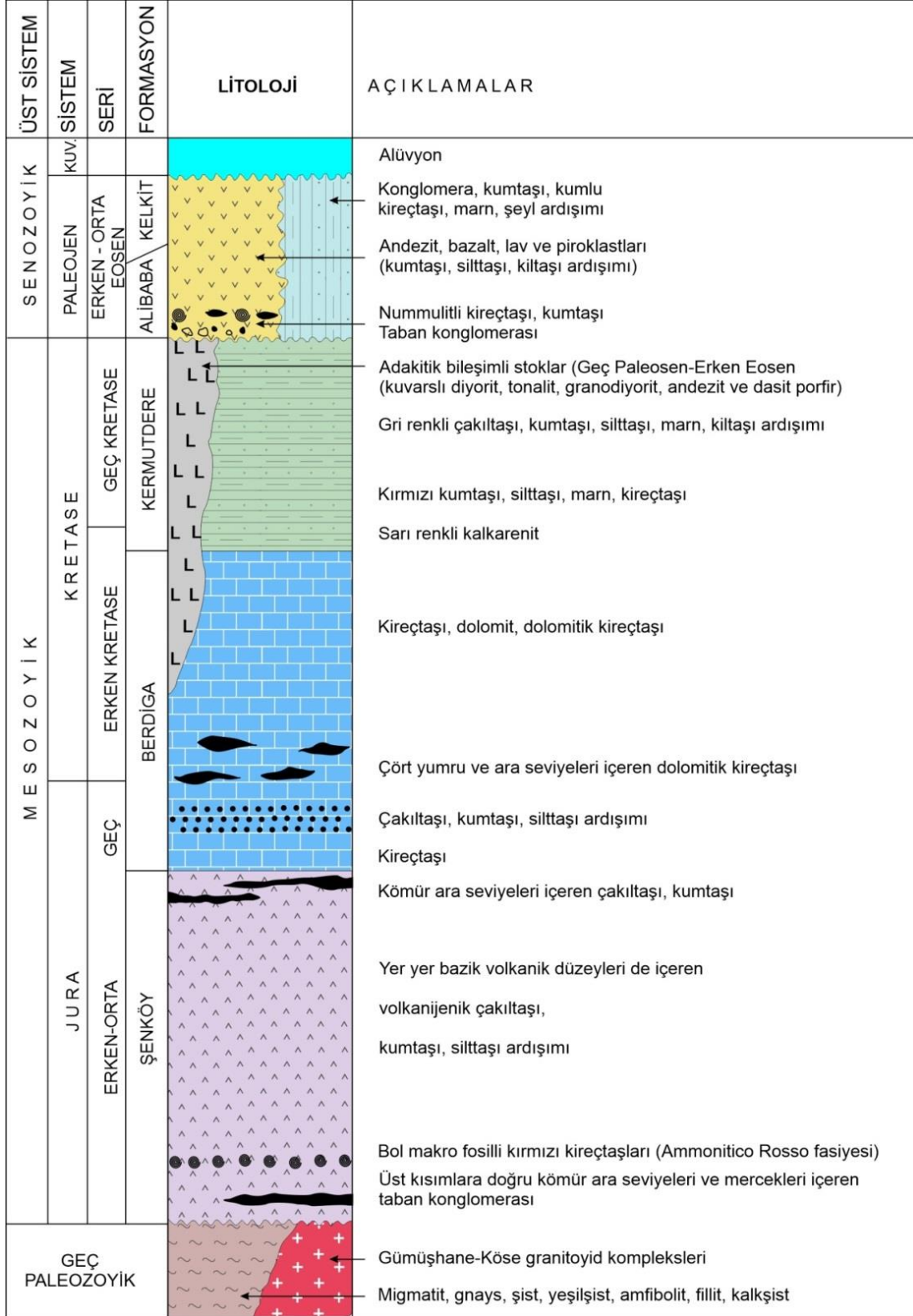
yaklaşık 500 km uzunluğa ve 100 km genişliğe sahip bir orojenik kuşağı temsil etmektedir. Bu kuşak, Geç Kretase (Senoniyen) döneminde kuzeyde Avrasya levhası altına yiten Neotetis okyanusunun kuzey kolu üzerinde üzerinde gelişmiş ve iyi korunmuş eski bir adayayı olarak bilinmektedir (Akın, 1979; Şengör ve Yılmaz, 1981; Akıncı, 1984; Okay ve Şahintürk, 1997; Yılmaz vd., 1997). Doğu Pontid orojenik kuşağı, tektonik olaak Sakarya Zonu'nun doğu kesimini teşkil etmektedir (Okay, 1989; Okay ve Tüysüz, 1999; Şekil 1.2).

Doğu Pontid orojenik kuşağı, gerek yapısal gerekse litolojik farklılıklarına göre “Kuzey” ve “Güney” olmak üzere iki farklı zona ayrılarak tanımlanmıştır (Ketin, 1966; Akın, 1979; Özsayar vd., 1981; Güven, 1993). Özellikle Üst Kretase’de belirgin farklılıklar göze çarpmakta olup, Kuzey Zon’da Üst Kretase öncesi jeoloji birimleri pek gözlenmezken, Senoniyen ve Orta Eosen volkanik ve volkanoklastik kayalar daha hâkimdir. Buna karşın, Kuzey Zon’a nazaran daha fazla deformasyona uğrayan Güney Zon’da ise Üst Kretase öncesi birimler daha geniş alanlarda yüzeyleme vermektedir (Özsayar vd., 1981; Güven, 1993).

Güney Zon içerisinde yer alan inceleme alanının temel birimlerini Karbonifer yaşlı metamorfik kayalar (Pulur Masifi; Topuz ve Altherr, 2004; Topuz vd., 2004a, 2004b, 2007; Ağvanis Masifi; Okay, 1984; Altunkaynak, 2000; Tokat Masifi, Alp, 1972; Özcan vd., 1980; Rojay, 1993; Tüysüz, 1996; Yılmaz vd., 1997; Eyüboğlu, 2006; Kurtoglu Metamorfikleri; Topuz vd., 2007, 2010; Karadağ Metamorfikleri; Dokuz, 2000; Dokuz ve Tanyolu, 2006; Ustaömer ve Robertson, 2010, Kopuzsuyu Metamorfikleri) ve onları keserek yerleşen Karbonifer plütonlar (Gümüşhane ve Köse Plütonları: Yılmaz, 1972; Çoğulu, 1975; Topuz vd., 2007, 2010; Dokuz, 2011; Kaygusuz vd., 2016; Karlı vd., 2016) oluşturmaktadır (Şekil 1.2).

Bölgede Paleozoyik temel, Alt-Orta Jura yaşlı volkanik ve volkanoklastik kayalardan oluşan ve Liyasik transgresyon (200-190 My) sonucu meydana gelen Şenköy Formasyonu tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir (Kandemir, 2004; Yılmaz ve Kandemir, 2003, 2006; Topuz vd., 2007; Kandemir ve Yılmaz, 2009). Bu birim birçok araştırmacı tarafından rift ile ilişkili subalkalen karakterli volkano-sedimanter istif olarak nitelendirilmiştir (örneğin, Ağar, 1977; Robinson vd., 1995; Dokuz ve Tanyolu, 2006; Şen, 2007; Kandemir ve Yılmaz, 2009). Bölgede volkano-sedimanter istif üzerine Dogger-Malm-Alt Kretase yaşlı sığ platform karbonatları uyumlu olarak gelmekte olup, genellikle gri-bej renkli, kalın, yer yer masif katmanlı, çok zengin bentik foraminifer fosilleri içeren, taban seviyeleri yer yer dolomitlerden üst seviyeleri ise çört yumru ve bantlı

kireçtaşlarından oluşan, sıg denizel bir istif özelliği sunmaktadır (Pelin, 1977; Taslı, 1990; Kırmacı, 1992; Yılmaz, 2002; Saydam Eker vd., 2012).



Şekil 1.2. Gümüşhane yöresinin genelleştirilmiş dikme kesiti

Üst Kretase, taban kesimlerinde türbiditik istif, üst kesimlerinde volkanik ağırlıklı kayalarla temsil edilirken, tüm bu birimler üzerine taban konglomerası ile uyumsuz olarak gelen Eosen ise üst kesimlere doğru volkanik tuf, nummulitli kireçtaşı ve volkanitler ile temsil edilmektedir (örneğin Saydam Eker vd., 2012, 2016). Kuvaterner yaşlı alüvyon ve yamaç molozları çalışma alanının en genç birimini oluşturur.

İnceleme alanında stratigrafik olarak yaşlıdan gence doğru Kurtoğlu Metamorfitleri (Erken Karbonifer), Gümüşhane Graniti (Geç Karbonifer), Şenköy Formasyonu (Liyas), Berdiga Formasyonu (Dogger-Malm-Alt Kretase), Kermutdere Formasyonu (Geç Kretase), Kelkit Formasyonu (Erken-Orta Eosen), Alibaba Formasyonu (Erken-Orta Eosen) ve güncel oluşumu devam eden alüvyon/yamaç molozu birimleri gözlenmektedir (Şekil 1.2).

1.6. Önceki Çalışmalar

Tektonik olarak Sakarya Zonu içerisinde yer alan çalışma alanında, geçmişten günümüze birçok jeolojik inceleme gerçekleştirilmiştir. Bölgede yapılan başlıca çalışmalar ise şu şekilde özetlenebilir;

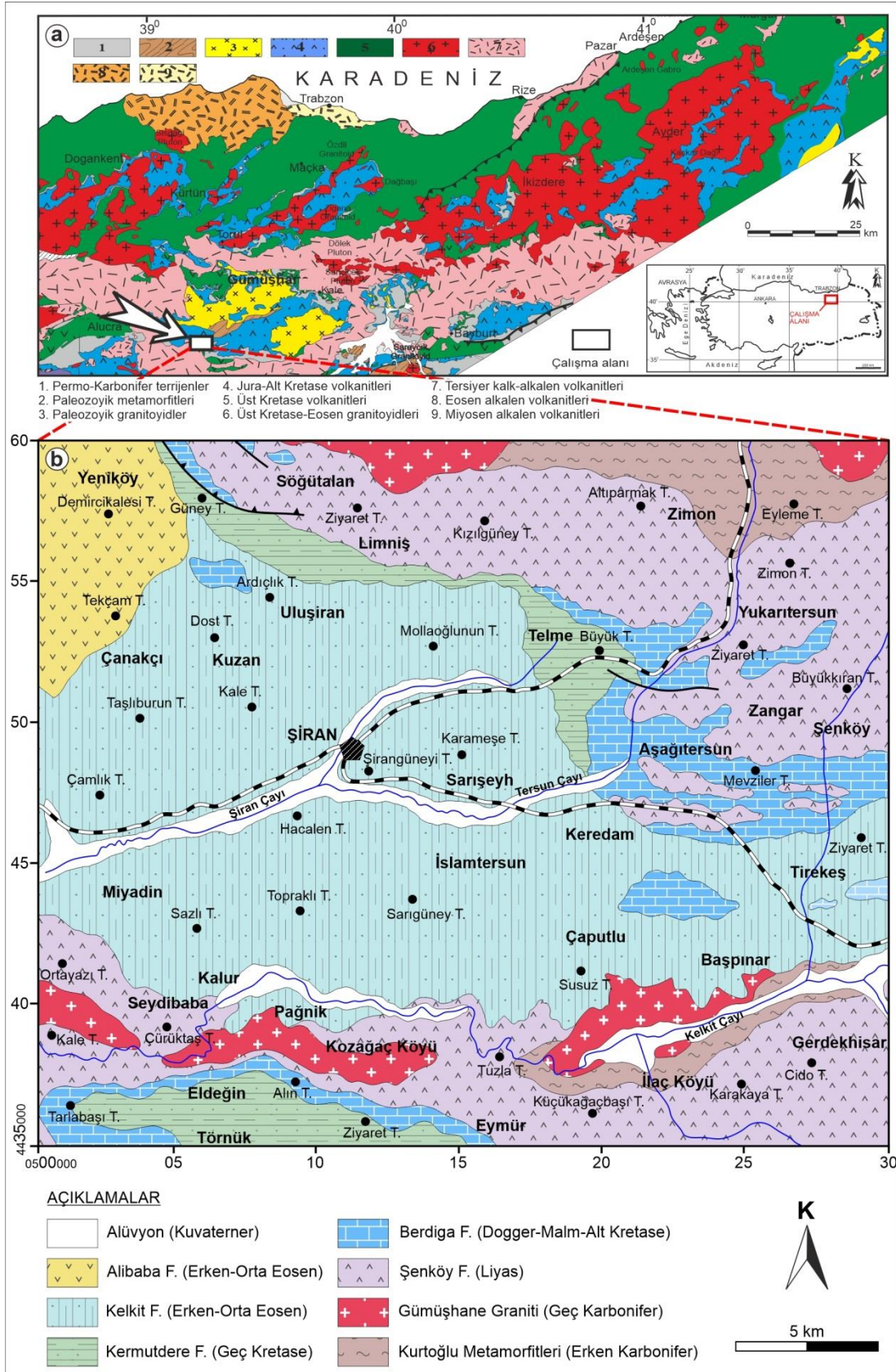
Ketin (1951), Bayburt ve Gümüşhane Bölgesinin 1/100000 ölçekli jeoloji haritası yapılmış ve birimleri litostratigrafik olarak belirlemiştir.

Baykal (1952), Kelkit-Şiran Bölgesinde Jeolojik araştırmalar yapmış ve mevcut olan birimleri belirlemiştir.

Ağar (1977), Kurtoğlu Metamorfitlerine ait başlıca kayaç türlerini fillatlar, grafit şistler, mikaşist, amfibolit, kuvarsit, kuvars fillat ve gnayslar olarak belirtmiş, güney zonda bu birimler Kelkit, Şiran-Zimon (Çevrepınar), Kurtoğlu, Kale, Köse, Demirözü, Yeniköy ve kuzeyinde yaygın olarak gözlemlendiklerini tezinde belirtmiştir.

Güner (1986), Gümüşhane – Kelkit-Şiran yöresinin 1/25000 ölçekli jeoloji haritasını yapmıştır. Berdiga Formasyonunun kalınlığı 200-300 m olarak belirlemiş ve ayrıca yörede gözlenen filişlerin Eosen yaşlı olduğu belirtmiştir.

Gültekin (1998), Gümüşhane ve Bayburt yörelerindeki yapmış olduğu doktora çalışmasında mineralli su kaynaklarının tektonik hatlarla ilişkileri, fiziko-kimyasal özellikleri, izotopik özellikleri, iz element içerikleri, çözünmüş gaz içerikleri, radyoaktiflikleri ve içmeye uygunluklarını araştırmış ve bunların çoğunlukla içmeye uygun olmadıklarını belirlemiştir.



Şekil 1.3. (a) Doğu Pontidler'in jeolojisi ve çalışma alanının konumu (Güven, 1993'den değiştirilerek). (b) Çalışma alanı ve çevresinin jeoloji haritası (Güven, 1993)

Lermi (2003), İnceleme alanın kuzeyinde Midi (Karamustafa-Şiran) yöresinde Liyas yaşlı Şenköy Formasyonu içinde yer alan Pb-Zn cevherleşmesini çalışmış ve sonucunda cevherleşmenin genelde fay ve kırıklar boyunca, devamı olmayan merccekler şeklinde yerleşmiş olduğunu, cevherleşmenin mineral parajenezinde pirit, pirotin, kalkopirit, manyetit, tetrahedrit, bornit, arsenopirit, nabit altın, elektrum, enarjit-luzonit, simitsonit, serizit, sfalerit, galen gang olarak ise limonit, hematit, kalsit, dolomit, ankerit, siderit, kuvars, epidot, klorit, illit ve kaolinit bulunduğunu ifade etmiştir.

Kandemir (2004), ‘Gümüşhane yakın yörelerindeki Erken-Orta Jura yaşlı Şenköy Formasyonu’nun çökel özellikleri ve birikim koşulları’ isimli doktora çalışmasında, Gümüşhane yöresinde çok sayıda lokasyonda Liyas yaşlı birimlerden Ölçülü Stratigrafik Kesitler almış, birimi en iyi yüzeyleme verdiği Şenköy yöresine izafeten ‘Şenköy Formasyonu’ olarak isimlendirilmiştir.

Tahmasebzadeh Bastam (2014), Değirmendere (Trabzon) Havzası’nda yaptığı çalışmada sulara yüksek olan Zn, Br, Sr ve Ba elementlerinin varlığını tespit etmiştir. Bu elementlerin sulara altere andezit, tuf, basalt ve volkanik breş türü volkanik kayalardan geçmiş olabileceğini belirtmiştir. Kaynak sularına Na^+ , plajyoklasların ayrışması ve iyon değişimi sonucu, Mg^{+2} ’un kaynağının ise kayalardaki ferromagnezyen minerallerden karıştığını belirlemiştir.

Uslu (2014), Gümüşhane İli’ndeki suları Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, kıta İçi Su Kaynakları Kalite Kriterleri’ne göre değerlendirmiş ve suların çıktığı yerlerde su-kayaç etkileşimi ile Fe, Ni, Cd, Pb, Zn ve Cu gibi elementlerin sulara zenginleştiğini belirtmiştir. Maden atıklarının veya endüstriyel atıkların sulara karışması ile bu elementlerin sulara artış gösterdiğini, bazı su örneklerinin içme suyu açısından iyi sular sınıfında olduğunu ifade etmiştir.

Sipahi ve Uslu (2016), Gümüşhane il merkezi içme sularının fiziksel (bulanıklık, renk, koku, tat, pH ve iletkenlik) ve jeokimyasal (Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Al, K, Cl^- , HCO_3^- , SO_4^{-2} , Fe, Cu, Co, Ni, Zn, Cd, Pb ve Cr) karakterlerini ortaya koymuşlardır. Ayrıca, suların alındığı kaynakların su-kayaç etkileşimlerini de incelemişlerdir. Yapmış oldukları çalışmalar neticesinde, Gümüşhane il merkezi içme sularının iyi sınıf sular kategorisinde olduğunu ortaya koymuşlardır.

Gündoğdu vd. (2017) Gümüşhane yöresinde bazı akarsuların (Demirören, Tandırlık, Süngübayır-Söğütağlı, Kaletaş-Balıca, Dölek-Kabaköy-Yitirmez, ve Arzular) florid konsantrasyonlarını ortaya koymuşlardır. Araştırmacılar, çalışma sonucunda, florür

konsantrasyonlarının 0.12 ile 9.95 mg/l arasında değiştiğini ve bazı sahalarda florür değerlerinin limit değeri aştığını tespit etmiştir. Bu durumu florür değerlerini bol apatit mineralleri içeren magmatik kayaçlar ile ilişkilendirmişlerdir.

Vural ve Gündoğdu (2017), Gümüşhane yöresinde Akgedik, Düğünyazı, Nazlıayır, Beyçam ve Gökdere dere sularının florür konsantrasyonlarını incelemiş ve 0.19 ile 9.87 mg/l (ortalama 3.78 mg/l) arasında olduğunu tespit etmiştir. Florür değerlerini bol apatit mineralleri içeren magmatik kayaçlar ile ilişkilendirmişlerdir.

Vural vd. (2017) Sarıecek ve yakın evresinin (Gümüşhane) alterasyon alanının yüzey suları üzerindeki potansiyel ağır metal risklerini tespit etmişlerdir. Araştırmacılar, bölgeden akan yüzey suyunun Mn, Ba, Sr, As ve Hg gibi bazı ağır metallerden etkilendiğini ve bu nedenle, alterasyon alanlarının yüzey sularındaki ağır metal kirlenmesine daha fazla dikkat edilmesi gerektiğini ortaya koymuştur.

Akaryalı vd. (2018), Tekke (Gümüşhane) yöresinde Gümüştaş Madenciliğe ait işletme sahası, cevher stok ve atık depolama alanlarında asit maden drenajı oluşumunu belirlemeye yönelik işlemler yapmış ve asit maden drenajı gelişme potansiyeli ile muhtemel asit maden drenajı gelişmesi durumunda alınacak tedbirleri ortaya koymuştur. Maden sahasından alınan numuneler üzerinde tüm kayaç jeokimyası, temas sızıntı testleri ve asit-baz testleri gerçekleştirmişlerdir. Yapılan alışmalar neticesinde, söz konusu alanda kısa dönem içerisinde asit kaya drenajı potansiyelinin gerçekleşmeyeceğini sonucuna varmışlar, ancak, maden işletme alanında, uzun sürelerde muhtemel asit maden drenajı oluşumundan kaynaklanacak evre kirliliği için de ek tedbirler ortaya koymuşlardır.

Gündoğdu vd. (2018), Gümüşhane ili şiran yolu vadisi boyunca mevcut bazı derelerde, hem insan aktivitelerinden hem de maden sahalarından kaynaklanan su kirliliğinin varlığını ve boyutunu araştırmıştır. Araştırmacılar, belirlenen istasyonlardan dere suyu numunesi toplamış ve su kalitesini ortaya çıkarmak için bazı fizikokimyasal para-metreler açısından analizlerini gerçekleştirmiştir. Çalışma kapsamında suların fiziksel ve kimyasal özellikleri ortaya konmuştur. Araştırmacılar, elde ettikleri ilk bulgulardan, su kalite parametreleri açısından numunelerin içeriklerinin TS 266, WHO ve EPA'ya göre yüzey suları için belirlenen sınır değerlerin genelde altında kaldığını, ancak bazı numunelerde insan aktivitelerinden ve doğal jeolojik kayaç ve topraklardan kaynaklanan kirlenmeye maruz kaldığını tespit etmiştir. Bu durumun, çalışılan bölgelerde özellikle yoğun antropojonik faaliyetlerin gerçekleştirildiğine işaret ettiğini belirtmiş ve genel olarak ciddi ağır metal kirliliğine rastlandığını tespit etmişlerdir.

Bulut vd. (2018), Gümüşhane ili Harşit Çayı boyunca belirlenen istasyondan alınan su numunelerinin iyon seçici elektrot (ISE) ile florür içeriklerini tespit etmişlerdir. Araştırmacılar, florür içeriklerinin 0.14–9.33 mg/l (\bar{x} =1.35 mg/l ve s =2.74 mg/l) aralığında olduğunu ve bazı istasyonlardaki florür içeriğinin sınır değerlerinin üzerinde bulunduğunu ortaya koymuşlardır. Araştırmacılar bu durumu başlıca evsel atıkların ve ayrıca Gümüşhane ilinin madensel bir bölgede yer alması ve bu bölgede zengin asidik magmatik kayalar içerisinde apatit minerallerinin bolca bulunması sonucuna bağlamışlardır.

Vural vd. (2018a), Büyük Çit Deresi'nde (Torul) çalışmalar yapmış ve dere suyunun fiziko-kimyasal özelliklerini ortaya koymuştur. Fiziksel parametreler açısından BüyükÇit Deresi'nin içme suyu kalitesine sahip olduğunu, Piper diyagramına göre ise karma sular sınıfında yer aldığını ortaya koymuşlardır. Araştırmacılar, suya risk oluşturabilecek metal içeriğinin izin verilen sınırların altında olduğunu ancak kurşun için sadece bir risk noktası olabileceğini ifade etmiş, sonuç olarak, Büyük Çit Deresi'nin su kalitesinin fiziko-kimyasal yönünden, içme suyu standartlarına uygun olduğunu belirlemiştir.

Vural vd. (2018b) Gökdere-Beyçam (Gümüşhane) drenaj ağının fiziko-kimyasal karakterizasyonunu ortaya koymuştur. Fiziko-kimyasal parametreler açısından Gökdere-Beyçam drenaj şebekesinin sularının Mg-HCO₃ tipi ve içme suyu kalitesine sahip olduğu, suya risk oluşturabilecek metal içeriğinin ise kabul edilebilir değerlerin altında yer aldığı tespit edilmiştir.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Giriş

Şiran (Gümüşhane) ilçe merkezinde yer alan su depoları, su kaynakları, çeşmeler, kamu kurum depolarından su örneklemeleri yapılarak fiziksel ve jeokimyasal özellikleri ile geçtikleri litolojilerle olan ilişkileri belirlenmiştir. Bu kapsamda alınan numunelerden bulanıklık, renk, tat, koku, iletkenlik ve pH parametreleri ortaya konmuştur. Bunun yanı sıra jeokimyasal özellikleri (iz ve potansiyel toksik element içerikleri) ve bazı önemli majör katyon-anyon değerleri belirlenerek kimyasal açıdan irdelenmiştir. Bu amaçla arazide, su ve kayaç örneğinin alınması belirli standartlara uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler geçtikleri litolojiler ile korele edilerek, ilişkileri yorumlanmaya çalışılmıştır. Bu kapsamda yapılan çalışmalar; arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları olarak üç ayrı aşamada gerçekleştirilmiştir.

2.2. Arazi Çalışması

Bu çalışma kapsamında ilk olarak hedef sahalar belirlenmiş ve ilgili alanların literatür bilgileri (yayınlar, haritalar vb.) derlenmiştir. Su ve kayaç örneği alınan lokasyonlar için Macellan marka GPS cihazı kullanılarak, numune alınan koordinatlar belirlenmiştir. Alanda yüzeyleme veren birimlerin mevcut jeoloji haritaları revize edilerek petrografik inceleme amaçlı örnekler alınmıştır. Yine, bu çalışmalarla eş zamanlı olarak, belirlenen lokasyonlardan fiziksel ve jeokimyasal analizler için içme suyu numuneleri derlenmiştir (Şekil 2.1).

2.3. Laboratuvar Çalışmaları

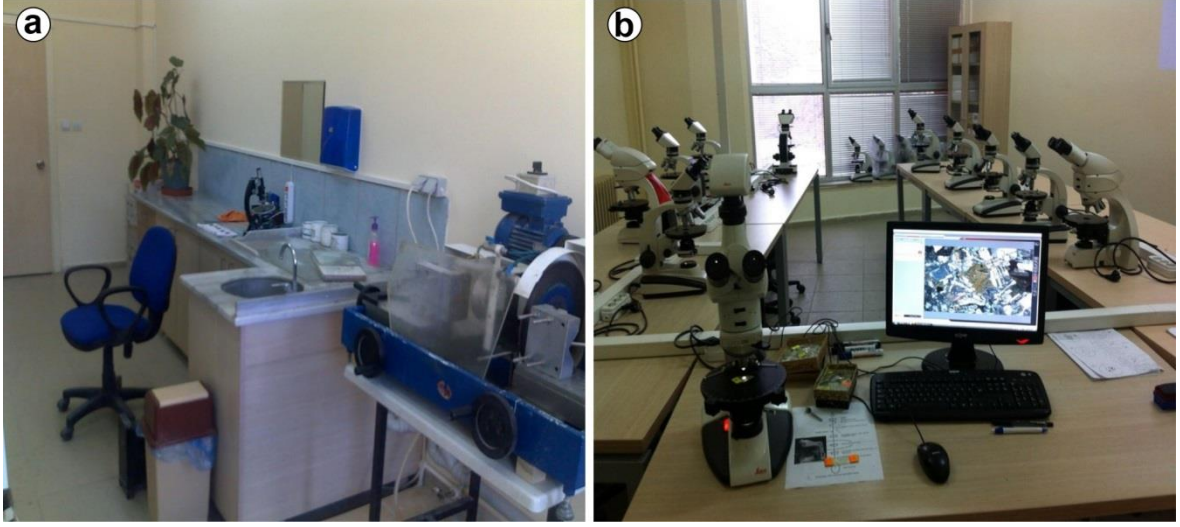
2.3.1. Mikroskopik Tayinler

İnceleme alanlarından derlenen kayaç örneklerinin, mineralojik ve petrografik tayinlerine yönelik petrografik ince kesitler, Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, ince kesit hazırlama laboratuvarında yapılmıştır.



Şekil 2.1. Çalışma alanında içme ve sulama amaçlı kullanılan çeşmeden su numunesi alımı (Mertekli Mahallesi, Şiran).

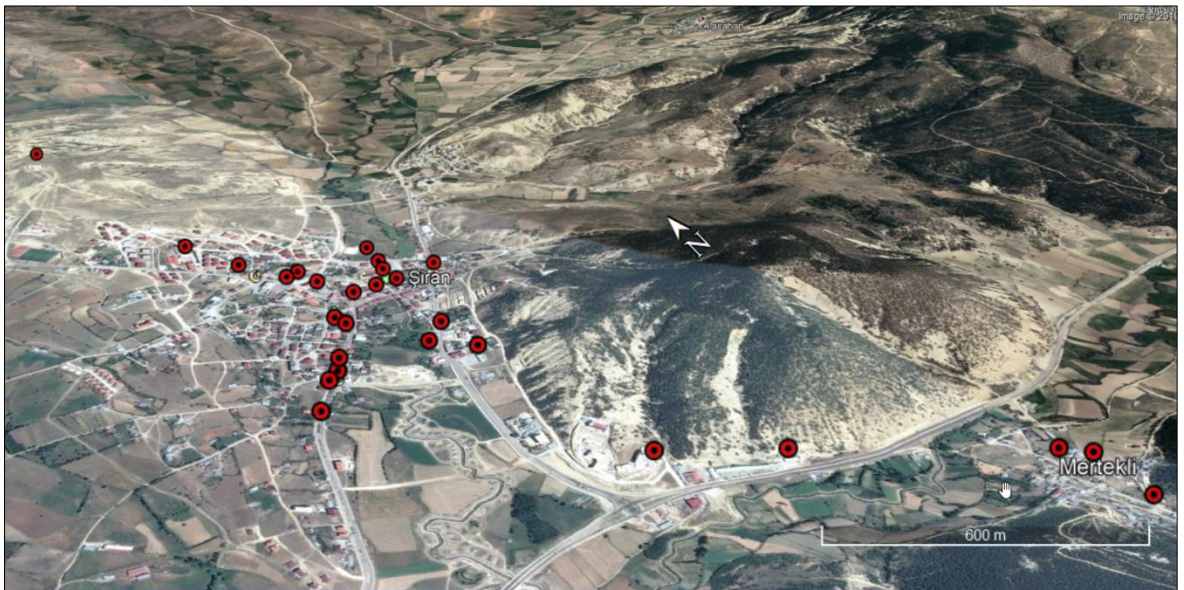
Alınan kayaçlar 0.5x2x4 cm boyutundaki plakalar şeklinde kesilmiş, bir yüzeylerinin pürüzlülükleri giderilerek 1 mm kalınlığındaki 2.5x5 cm boyutundaki cam üzerine kanada balzamu kullanılarak yapıştırılmıştır. Cam üzerine yapışmış olan plaka, PetroThin (MA381450) marka cihazda aşındırılarak 0.025 mm kalınlığa kadar inceltilmiş ve petrografik tayin için hazır hale getirilmiştir. Hazırlanan kesitler, Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü Araştırma Laboratuvarı'ndaki LEICA DM-EP marka mikroskopta ayrıntılı olarak incelenmiştir. Mineral dağılımları ve dokusal özellikleri ortaya konan örneklerin petrografik adlandırmaları yapılarak önemli olanlardan, LEICA DFC295 marka kamera ile mikro fotoğrafları çekilmiştir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. (a) Petrografik kesit yapımında kullanılan PetroThin marka cihazın görünümü. (b) Alınan kayaç numunelerinden yapılan petrografik incelemeler.

2.3.2. Su Analizleri

Şiran (Gümüşhane) ilçe merkezi ve yakın çevresinde bulunan ve içme suyu olarak kullanılan ve farklı türde kayaçların bulunduğu kaynaklardan (su deposu, artezyen kuyu, çeşme vb.) toplam 30 farklı noktadan su numunesi alınmıştır. (Şekil 2.3). Alınan her bir numune için, örnek alım şişesi en az 3 kez örnek suyu ile çalkalanıp, içerisinde hava kabarcığı kalmayacak şekilde kapakları kapatılmıştır. Su örnekleri şişelenip etiketlendikten sonra $+4^{\circ}\text{C}$ 'de muhafaza edilmiştir.



Şekil 2.3. Şiran İlçe merkezi ve yakın çevresinden alınan su örneklerine ait noktaların Google Earth uydu görüntüsü.

Örneklerin kimyasal analizleri (çeşitli anyon ve katyon) ve fiziksel analizleri (bulanıklık, pH ve iletkenlik) Gümüşhane Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Laboratuvarı'nda yapılmıştır. Laboratuvar çalışmaları kapsamında inceleme alanlarından alınan su örnekleri üzerinde katyon (Ca, Mg, Na, K, Cu, Fe, Al, Cd, Mn, Ni, Co, Pb, Cr, Zn) ve anyon (SO_4^{2-} , Cl^- , HCO_3^-) analizleri gerçekleştirilmiştir. Bununla birlikte, su örneklerinin fiziksel özelliklerinin de belirlenmesi amacıyla pH, iletkenlik ve sertlik ölçümleri YSI Procomm II Instruction Manuel multiparameter cihazı ile gerçekleştirilmiştir.

Sülfat (SO_4^{2-}) analizleri TS 5095 (1987) Türbidimetre yöntemine, klorür (Cl^-) içerikleri TS 4161 (1998) titrimetrik yöntemine, bikarbonat (HCO_3^-) analizi TS 3790 (1988) titrimetrik yöntemine ve metal element konsantrasyonları (Cu, Fe, Al, Cd, Mn, Ni, Co, Pb, Cr, Zn, Ca, Mg, Na, K) ise MP-AES (Mikrodalga Plazma-Atomik Emisyon Spektrometrisi) yöntemine göre gerçekleştirilmiştir.

Sülfat (SO_4^{2-}) analizinin Türbidimetre cihazında uygulanış prensibi kısaca şöyledir; Sülfat iyonları suda çok az çözünen baryum sülfat oluşturmak üzere baryum klorür ile reaksiyona girer. Sonuçlanan bulanıklık NTU birimi cinsinden fotometrik olarak ölçülür. Cihazdan okunan NTU değerleri, standart kalibrasyon grafiğinin doğrusal denkleminde yerine konular ve örneğin konsantrasyonu mg/l birimi olarak belirlenir. Hesaplanan bulanıklık değeri ne kadar büyük çıkarsa çözelti sülfat yönünden o kadar derişik olarak yorumlanır.

Su numunelerinin klorür (Cl^-) tayini standart gümüş nitrat (AgNO_3) çözelti titrasyonu ile yapılmıştır. 2.395 g AgNO_3 distile suda çözülerek 1 litreye tamamlanır. 0.0141 N NaCl çözeltisi ile standartize edilerek saklanır. 25 mL NaCl çözeltisi erlenmayere alınarak üzerine 1 mL AgNO_3 indikatörü eklenir ve üzeri AgNO_3 çözeltisi ile doldurulur. Çözeltinin rengi kiremit kırmızısına dönene kadar işleme devam edilir ve elde edilen veriler ile aşağıdaki formül kullanılarak klorür miktarı hesaplanır:

$$\text{Klorür (Cl}^-\text{) meq/l} = \frac{(V_{\text{AgNO}_3} - V_B) \times N}{\text{Örnek hacmi (ml)}} \times 1000 \quad (2.1)$$

V_{AgNO_3} = Örnek için harcanan gümüş nitrat, mL

V_B = K ör için harcanan gümüş nitrat, mL

N = Gümüş nitrat çözeltisinin Normalitesi

$\text{NaCl (mg/l)} = \text{Cl} \times 1,65 \text{ (mg/l)}$

Su numunelerinin bikarbonat (HCO_3^-) toplam alkalinite miktarı, hidroksit, karbonat ve bikarbonat iyonlarının asit bağlama gücü olarak tanımlanabileceğinden, uygun indikatörler eşliğinde H_2SO_4 ile yapılacak titrasyon sonucunda elde edilmektedir. Numune üzerine fenolftalein indikatörü eklendiğinde ortamdaki hidroksit ve karbonat iyonu derişiminden kaynaklanan pH değerinden dolayı renk pembeye dönecektir. Numuneye fenolftalein indikatörü eklendiğinde renk değişimi olmaz ise ortamda sadece bikarbonat alkanitesi vardır. Daha sonra ortama eklenecek olan H_2SO_4 ile CO_3^{2-} iyonları HCO_3^- iyonlarına dönüşeceğiinden ortamın pH'ı düşer ve çözelti renksiz bir hâl alır. Metiloranj indikatörünün pH'ın 4.5 olduğu anda sarı renkten soğan kırmızısı renge dönüştüğünden titrasyonda indikatör olarak kullanılır. Karbonat iyonları üzerine H_2SO_4 eklenmesi ile bikarbonat iyonu eldesi ve H_2SO_4 eklenmesi ile bikarbonat iyonlarından karbonik asit elde edilmesi ile toplam alkanite tespit edilmiş olur.

Alkalinite aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmakta ve birimi mg/l CaCO_3 olarak ifade edilmektedir:

$$\text{Toplam alkalinite} = (T \cdot N \cdot 5000) / V \quad (2.2)$$

T = ikinci dönüm noktası sonuna (fenolftalein+metiloranj) kadar sarf edilen toplam H_2SO_4 miktarı, ml

N = H_2SO_4 çözeltisinin normalitesi

V = Numune hacmi, ml

Su numunelerinin metal analizleri, MP-AES cihazında gerçekleştirilmiştir. Öncelikle; berrak sıvı numuneler cihaza verilmeden önce cihaza her bir metal için önce standart kalibrasyon grafikleri çizdirilmekte, bunun için her bir elementin 1000 mg/l'lik stok çözeltileri uygun oranlarda seyreltilerek artan derişimlerde bir seri (10'ar adet) multi element içerikli standart çözeltiler hazırlanmaktadır. Bu çözeltiler içerdikleri metaller açısından cihazda ölçülerek sinyal (count) değerleri elde edilmektedir. Sinyale karşı konsantrasyon grafikleri çizdirilerek her bir metal için $y = mx + n$ doğrusal denklemler türetilir. Daha sonra numuneler cihaza tek tek verilerek numuneler için de sinyal değerleri üretilerek, ilgili doğru denklemlerinde sinyal değerleri yerine konup derişimler cihaz tarafından otomatik olarak hesaplanır. Cihazın çalışma şartları ve sistemin analitiksel karakteristikleri Tablo 2.1'de verilmiştir.

Tablo 2.1. MP–AES cihazının çalışma şartları ve sistemin analitiksel karakteristiği

Element	Dalga boyu (nm)	Sisleştirici basıncı (kPa)	Kararlılık ve numune alma süresi (s)	Peristaltik pompa hızı (rpm)	LOD ¹ (µg/l)	LOQ ² (µg/l)	BSS ³ (%)
Al	396.152	240	10	15	1.4	4.7	4.9
Cd	228.802	140	10	15	0.3	1	0.4
Co	340.512	240	10	15	0.1	0.3	0.7
Cr	425.433	240	10	15	0.2	0.6	1.3
Cu	324.754	240	10	15	0.3	1	0.6
Fe	371.993	120	10	15	1.6	5.3	1.2
Mn	403.076	240	10	15	0.4	1.3	0.7
Ni	352.454	240	10	15	1	3	0.9
Pb	405.781	240	10	15	0.4	1.3	1.5
Zn	213.857	140	10	15	1.2	4	1
Na	588.995	240	10	15	2.3	7.8	1.2
K	766.491	240	10	15	3.4	11.4	0.7
Ca	393.366	120	10	15	3.2	10.6	4.7
Mg	285.213	240	10	15	3.2	6.4	6.4

1-LOD: Gözlenebilme sınırı, 2-LOQ: Tayin sınırı, 3-BSS: Bağlı Standart Sapma

2.4. Büro Çalışmaları

Arazi ve laboratuvar çalışmaları sonucunda elde edilen bulgular büro çalışmaları aşamasında değerlendirilmiştir. Saha çalışmaları sırasında ve sonrasında hazırlanan haritalar, kesitler, petrografik ve kimyasal analiz sonuçları sayısal ortamda çeşitli paket programlar kullanılarak çizilmiş ve tablolar oluşturulmuştur. Su örneklerinden elde edilen veriler farklı tanımlama ve sınıflama diyagramları kullanılarak yorumlanmıştır. Ayrıca hazırlanan Piper diyagramları yardımı ile suların sınıflandırılması ve karşılaştırılması yapılmıştır. Sonuç olarak elde edilen tüm veriler değerlendirilmiş ve Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kuralları'na göre tezin yazımı gerçekleştirilmiştir.

3. BULGULAR

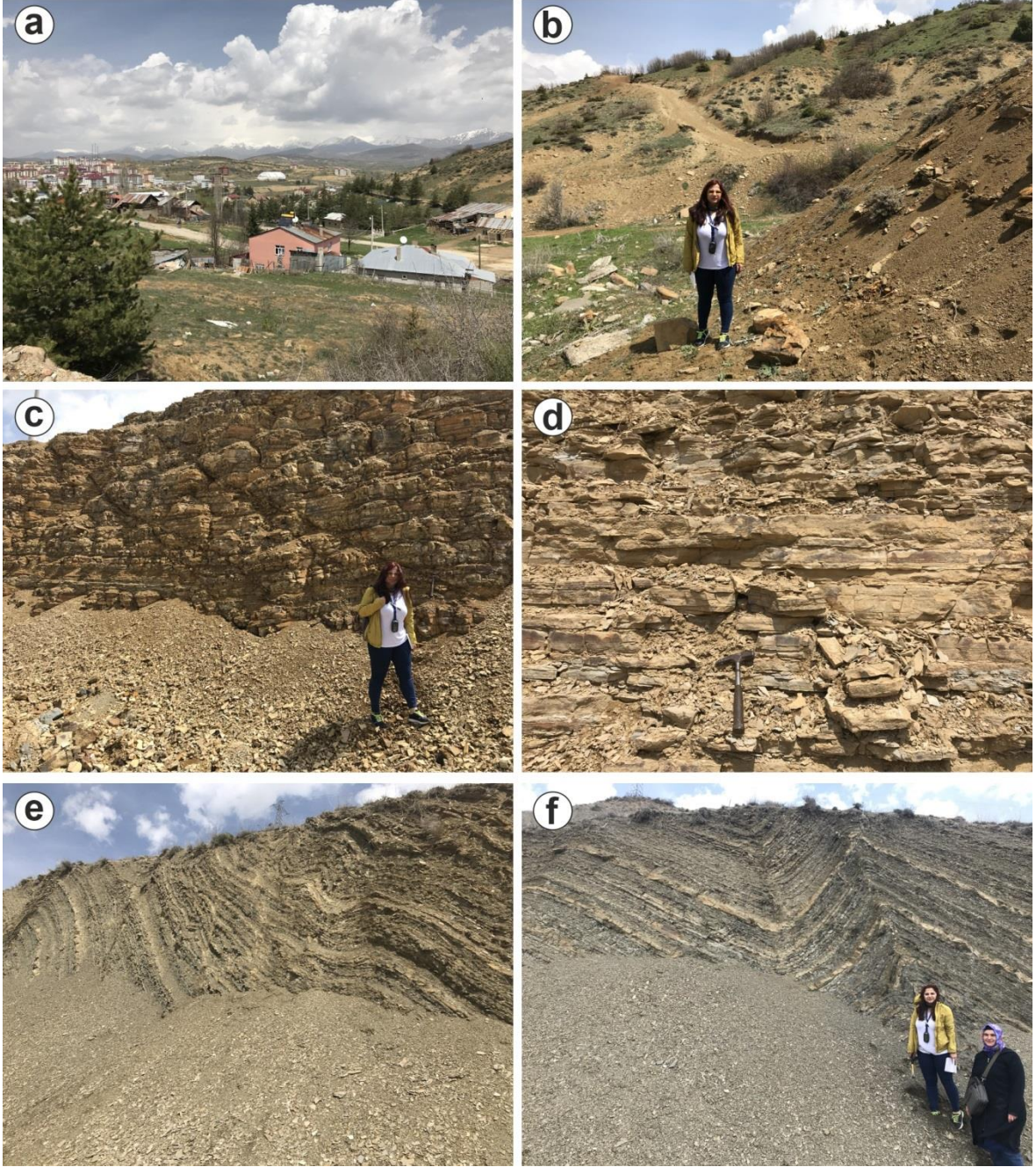
3.1. Giriş

Şiran (Gümüşhane) ilçe merkezini kapsayan inceleme alanında ise baskın litolojiyi Kelkit Formasyonu'na ait konglomera, kumtaşı, marn, kumlu kireçtaşı ve şeyl ardışımından oluşan Erken-Orta Eosen yaşlı birimler meydana getirmektedir. İnceleme alanında derlenen su numuneleri genel olarak yerleşim merkezinde yer alan kamu kurumlarına ait depolar ile alüvyon, yamaç molozu ve Kelkit Formasyonu'nda yer alan kaynak, göze ve çeşmelerden derlenmiştir. Su örneklerinin derlendiği birimlerin genel özellikleri ise aşağıda özetlenmiştir.

3.2. Stratigrafi ve Petrografi

3.2.1. Kelkit Formasyonu

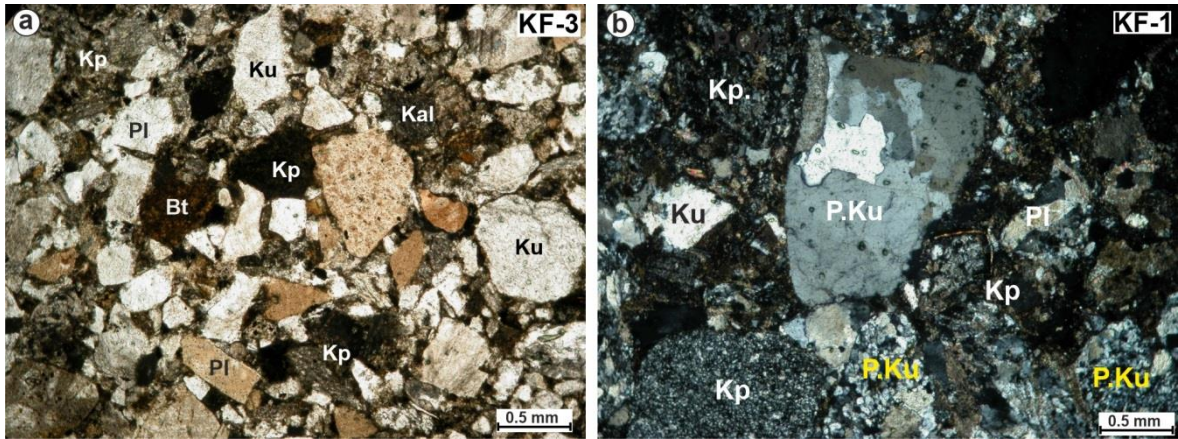
Çalışma alanında Şiran yerleşim merkezi ve yakın çevresini de içerisine alan geniş bir bölgede yayılım göstermektedir. Kuzey Zon'da geniş yayılım alanlarına sahip olan volkano-tortul karakterli Alibaba Formasyonu ile yer yer yanal ve düşey olarak birbirlerine tedrici geçişlidir (Güven, 1993; Kandemir ve Yılmaz, 2009; Saydam Eker vd., 2012). Kretase yaşlı birimler üzerine uyumsuz olarak gelen birim çok ince, ince-orta tabakalı, açık yeşilimsi renk tonu ve yumuşak topografik görünümü ile dikkat çekmektedir (Şekil 3.1a ve b). Formasyon genel olarak konglomera, kumtaşı, kumlu kireçtaşı, şeyl, tuf ardalımalı fliş özelliğinde olup, oldukça iyi tabakalı ve yer yer küçük ölçekli antiklinal ve senklinal kıvrımlı olarak görülmektedir (Şekil 3.1c ve d). Birimi oluşturan kayaçlar bol çatlaklı ve kırıklı bir yapı sunmaktadır. İstifi oluşturan birimlerin türüne göre tabaka kalınlıkları birkaç mm'den 30 cm ye kadar değişmektedir. Formasyon içindeki birimlerden marnlar koyu renkli ve bol kırıklı, kumtaşları ise ince taneli olup koyu gri renkli ve serttir. Ayırmaya karşı dirençli olduklarından yüksek rölyefte gözlenmekte ve daha kalın tabakalı yapı sunmaktadırlar. İstif içerisinde devamlılık arz etmeyen ve kalınlıkları birkaç cm'den birkaç metreye kadar değişen konglomeratik seviyeler gözlenmektedir. Kelkit'in kuzey kesiminde mostra veren alanlarda yersel ölçekli kıvrımlanmalar, antiklinal ve senklinal yapıları belirgin olarak izlenmektedir (Şekil 3.1e ve f).



Şekil 3.1. İnceleme sahasında Kelkit Formasyonu'nun muhtelif alanlardaki yayılımı. (a) ve (b) İlçe merkezinde açık yeşilimsi renk tonu ve yumuşak topografyaya sahip görünüm. (c) ve (d) İstifde düşük tabaka eğimine sahip birimlerin ardışıklı görünümü. (e) ve (f) Sıkışma rejimine bağlı olarak formasyon içerisinde gelişmiş yersel ölçekli kıvrımlar, antiklinal ve senklinal yapıları.

Formasyona ait ince-orta taneli kumtaşı örneklerinde gerçekleştirilen petrografik çalışmalarda örneklerin başlıca kuvars, plajiyoklas, biyotit, K-feldispat, kalsit gibi mineraller ile değişik kökene ait kayaç parçaları içerdiği belirlenmiştir (Şekil 3.2).

Kuvars mineralleri özşekilsiz ve çoğunlukla monokristalin, yer yer ise polikristalin olarak görülür. Ancak metamorfik kökenden gelen kuvarslar polikristalin özellikte olup, dalgalı sönme gösterir. Taşınmanın etkisi ile yer yer kırıklı ve küçük parçalara ayrılmıştır. Aynı zamanda çimento da çok ince kristaller halinde bulunmaktadır. Feldispat, yarı öz şekilli ve öz şekilsiz parçalanmış kristaller halinde bulunmakta olup, iri kristalleri albit ikizlenmesi gösterir. Çoğunlukla plajiyoklas ve yer yer ise ortoklas türünde gözlenmektedir. Kayaç parçaları, kaynak alanda mevcut kayalardan koparak taşınmış metamorfik (çoğunlukla fillat), volkanik kayaç (çoğunlukla bazalt), mikritik kireçtaşı ve çört parçaları türünde görülmektedir. Kayaç parçaları genellikle koyu renkli olarak görülmektedir. Mikritik kireçtaşı parçaları koyu renkli kırıntılar halinde kayacın her yerine dağılmış durumdadır. Çört parçaları tek nikolde sarımsı kirli beyaz renkleri ile ayırt edilirler. Opak mineraller kayaç içerisinde az miktarda ve dağınık olarak bulunmaktadır. Bağlayıcı malzeme olarak genellikle matriks destekli kalsit çimentodan oluşur (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Kelkit Formasyonu'ndan alınan ince taneli kumtaşı örneğinin mikroskobik görünümü. (a) Bol miktarda kristal içeren kumtaşı örneğinin tek nikol görünümü. (b) Polijen konglomerada bulunan kayaç parçaları ve polikristalin kuvarslar. Ku: kuvars, Pl: plajiyoklas, Bt biyotit, Kp: kayaç parçası, Kal: kalsit, P.Ku: polikristalin kuvars.

3.2.2. Alüvyon

Çalışma alanında Kuvaterner'in büyük bir kısmını alüvyon ve yamaç molozu oluşturmaktadır. Yer yer kalın bir örtü tabakası oluşturan alüvyonlar Kelkit ovası ile ovanın kuzey ve güneyinde dere ve çayların ova ile birleştiği yerlerde geniş alanlar

boyunca yayılım gösterirler (Şekil 3.3). Birim içerisinde çevre kayaların kil boyutundan blok boyutuna kadar değişen malzemeleri gözlenmektedir. Örtü kalınlığı bazı alanlarda yüzeyden itibaren birkaç metreyi geçmekte ve güncel olarak oluşmaya devam etmektedir. Yan derelerin ovaya girdiği yerlerde yer yer alüvyon konileri bulunmaktadır ve oldukça iri malzemeler (blok, kum, çakıl) içermektedir.



Şekil 3.3. Kelkit-Şiran yol güzergâhında yüzeyleme veren alüvyon ve taraça.

3.3. İçme Sularının Fiziksel ve Jeokimyal Özellikleri

3.3.1. Giriş

Şiran ilçe merkezi ve yakın çevresinden derlenen su numunelerinin alındığı yerler ve konumları Tablo 3.1’de verilmiştir. İnceleme alanından alınan su numunelerinin fiziksel ve jeokimyasal sınıflandırması, ana anyon, ana katyon ve iz element kimyası ile suların sınıflandırılması bu başlık altında değerlendirilmiştir.

Tablo 3.1. Şiran ilçe merkezinden alınan su örneklerinin alındığı yerler ve konumları

Sıra No	Örnek No	Alındığı yer	Konumu (Boylam-Enlem)	
1	SN-1	Çilhoroz Geçidi Hayratı	39.123268	40.188410
2	SN-2	Mahmut Demir Hayratı	39.123815	40.191482
3	SN-3	Şeyhi Şirani Çeşmesi	39.124412	40.190813
4	SN-4	Tekke Gözesi	39.125784	40.189753
5	SN-5	Osman Keleş Hayratı	39.126768	40.190441
6	SN-6	Mertekli Mahallesi Merkez Çeşmesi	39.124367	40.191616
7	SN-7	Mertekli Mahallesi Meydan Çeşmesi	39.122474	40.203658
8	SN-8	Meydan Çeşmesi	39.127087	40.190960
9	SN-9	İlçe su deposu	39.124864	40.189755
10	SN-10	Devlet Hastanesi	39.123248	40.188835
11	SN-11	Yeniçeri Petrol Ofisi	39.121734	40.187059
12	SN-12	Köşebaşı Çayevi	39.126900	40.177936
13	SN-13	Merkez Çarşı Camii Şadırvanı	39.132074	40.173739
14	SN-14	Tekke Camii Şadırvanı	39.130866	40.172316
15	SN-15	Esentepe Camii Şadırvanı	39.131724	40.174284
16	SN-16	15 Temmuz YİBO	39.125077	40.185312
17	SN-17	Belediye Hamamı	39.125417	40.186895
18	SN-18	Reis Ekmek Fırını	39.155824	40.219212
19	SN-19	Terminal	39.127563	40.191941
20	SN-20	Mertek Mahallesi Camii Şadırvanı	39.122525	40.194755
21	SN-21	Küçük Sanayi Sitesi	39.123094	40.192838
22	SN-22	Güner Petrol Ofisi	39.120738	40.186367
23	SN-23	Meslek Yüksekokulu	39.119554	40.185389
24	SN-24	Şebeke Kanalı	39.121243	40.186599
25	SN-25	Hükümet konağı	39.128209	40.189709
26	SN-26	Atapark Şadırvanı	39.126574	40.189694
27	SN-27	Belediye Çayevi	39.124392	40.186402
28	SN-28	Lezzet Lokantası ve Aşevi	39.124317	40.179633
29	SN-29	Mithat Paşa İlkokulu	39.217279	40.168581
30	SN-30	Kafe Reis & Restoran	39.252654	40.170074

3.3.2. Suların Fiziksel Özellikleri

Suların fiziksel özelliklerini sıcaklık, bulanıklık, renk, tat, koku, iletkenlik ve pH gibi önemli parametreler oluşturmaktadır. İnceleme alanından alınan içme suyu örneklerinin fiziksel özellikleri Tablo 3.2’de verilmiştir. İncelenen örneklerin sıcaklık, bulanıklık, renk, tat ve koku bakımından uygun olması nedeniyle bu parametreler için ölçüm analizi yaptırılmamıştır. İnceleme alanlarından alınan suların tadı, kokusu, rengi numune alımı esnasında kontrol edilmiş ve uygun olduğu belirlenmiştir.

Tablo 3.2. Şiran ilçe merkezlerinden alınan suların fiziksel özellikleri

Sıra No	Örnek No	Bulanıklık ve Tad	Renk	Koku	pH	İletkenlik (µS)
1	SN-1	Uygun	Renksiz	Kokusuz	7.48	456.0
2	SN-2	Uygun	Renksiz	Kokusuz	7.14	780.0
3	SN-3	Uygun	Renksiz	Kokusuz	7.41	506.8
4	SN-4	Uygun	Renksiz	Kokusuz	7.68	488.0
5	SN-5	Uygun	Renksiz	Kokusuz	7.41	353.1
6	SN-6	Uygun	Renksiz	Kokusuz	7.48	141.3
7	SN-7	Uygun	Renksiz	Kokusuz	7.13	827.0
8	SN-8	Uygun	Renksiz	Kokusuz	7.01	110.9
9	SN-9	Uygun	Renksiz	Kokusuz	6.76	140.8
10	SN-10	Uygun	Renksiz	Kokusuz	6.97	108.3
11	SN-11	Uygun	Renksiz	Kokusuz	6.99	111.1
12	SN-12	Uygun	Renksiz	Kokusuz	6.88	110.3
13	SN-13	Uygun	Renksiz	Kokusuz	6.96	110.7
14	SN-14	Uygun	Renksiz	Kokusuz	6.95	110.3
15	SN-15	Uygun	Renksiz	Kokusuz	6.96	140.5
16	SN-16	Uygun	Renksiz	Kokusuz	6.88	110.8
17	SN-17	Uygun	Renksiz	Kokusuz	6.88	110.6
18	SN-18	Uygun	Renksiz	Kokusuz	6.89	106.9
19	SN-19	Uygun	Renksiz	Kokusuz	6.93	110.1
20	SN-20	Uygun	Renksiz	Kokusuz	7.00	137.8
21	SN-21	Uygun	Renksiz	Kokusuz	6.77	110.5
22	SN-22	Uygun	Renksiz	Kokusuz	6.75	112.0
23	SN-23	Uygun	Renksiz	Kokusuz	6.67	128.1
24	SN-24	Uygun	Renksiz	Kokusuz	6.52	111.1
25	SN-25	Uygun	Renksiz	Kokusuz	6.36	112.0
26	SN-26	Uygun	Renksiz	Kokusuz	6.36	111.7
27	SN-27	Uygun	Renksiz	Kokusuz	6.35	111.4
28	SN-28	Uygun	Renksiz	Kokusuz	6.20	112.0
29	SN-29	Uygun	Renksiz	Kokusuz	5.93	111.4
30	SN-30	Uygun	Renksiz	Kokusuz	5.41	111.2

3.3.2.1. Hidrojen İyon Aktivitesi (pH)

Hidrojen iyon aktivitesi (pH), sudaki hidrojen iyonu derişiminin bir göstergesi olup sudaki asit ve bazlar arasındaki dengeyi gösterir. Sudaki karbonat, hidroksit ve bikarbonat iyonları suyun bazik özelliğini arttırırken, serbest mineral asitleri ve karbonik asit suyun asidik özelliğini arttırmaktadır (Doğan, 1981). Çalışma alanından derlenen su numunelerinin pH değerleri 5.41 ile 7.68 (n= 30) arasında değişmektedir (Tablo 3.2).

3.3.2.2. Elektriksel İletkenlik (EI)

Elektriksel iletkenlik, suyun elektrik akımını iletebilme özelliğinin sayısal ifadesi olarak 25°C’de mikromoho/cm veya mikrosiemens/cm ($\mu\text{S/cm}$) olarak verilmektedir. Su örneklerinin iletkenlik değerleri 106.9-827.0 μS aralığında değişmektedir (Tablo 3.2).

3.3.3. Suların Jeokimyasal Özellikleri

İnceleme alanından derlenen su numunelerinde bazı önemli anyon-kasyon ve iz element analizleri gerçekleştirilmiş ve sonuçlar Tablo 3.3’de verilmiştir. Elde edilen bulgular jeokimyasal açıdan irdelenmiştir. Türkiye İçme Suyu Standardı (TS 266, 2005) ve Dünya Sağlık Teşkilatı İçme Suyu Standardına (WHO, 2014) göre izin verilebilir sınırın üzerinde çıkan sonuçlar koyu gösterilmiştir.

3.3.3.1. Fransız Su Sertliği (Fr)

Suların sertliğinin belirlenmesinde yaygın olarak Fransız (Fr) sertlik derecesi yönteminden faydalanılmaktadır. Sertlik, laboratuarda elde edilen Ca^{+2} (mg/l) ve Mg^{+2} (mg/l) değerleri kullanılarak aşağıda verilen formül ile hesaplanmaktadır (Lenntech, 2014).

$$M_{\text{CaCO}_3}/M_{\text{Ca}}=100.1/40.1=2.5 \quad (3.1)$$

$$M_{\text{CaCO}_3}/M_{\text{Mg}}=100.1/24.3=4.1 \quad (3.2)$$

$$[\text{CaCO}_3]=2.5 \times [\text{Ca}^{+2}] + 4.1 \times [\text{Mg}^{+2}] \quad (3.3)$$

$$\text{Fr}=[\text{CaCO}_3]/10 \quad (3.4)$$

Burada, $[\text{CaCO}_3]$ sertliği “Fr” ise Fransız su sertliği birimini ifade etmektedir. Suların toplam sertliği aşağıdaki şu formülle hesaplanabilmektedir.

$$[\text{Toplam sertlik } (\text{CaCO}_3\text{'a eş değerli}) = 2.495\text{Ca}^{+2} + 4.115\text{Mg}^{+2} + 1.792\text{Fe} + 1.822\text{Mn}]$$

Tablo 3.3. Şiran İlçe merkezinden alınan örneklerin önemli bazı element analiz sonuçları

Element	SO ₄ ⁻²	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Sertlik	Ca	Mg	Na	K	Fe	Zn	Cu	Al	Mn	Cd	Co	Ni	Pb	Cr
Örn./Birim	mg/l	mg/l	mg/l	#Fr	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
SN-1	16.9	190.7	182.4	30.4	69.1	15.7	29.8	0.40	58.6	358.8	19.4	11.6	<12.5	<15.0	<10.0	<10.0	75.8	<10.0
SN-2	36.3	136.6	383.0	40.4	120.9	16.8	32.3	1.82	54.3	471.7	36.8	21.7	<12.5	<15.0	<10.0	<10.0	95.0	<10.0
SN-3	15.3	73.9	263.8	24.4	56.1	1.6	20.7	0.62	67.3	232.8	28.4	<10.0	<12.5	<15.0	32.0	<10.0	<15.0	<10.0
SN-4	15.5	57.5	262.4	29.2	38.0	11.6	19.9	0.80	67.5	242.4	26.3	10.5	<12.5	<15.0	17.4	<10.0	<15.0	<10.0
SN-5	6.5	19.6	214.7	24.8	32.1	13.0	22.1	0.38	67.0	252.5	26.4	12.3	<12.5	<15.0	<10.0	<10.0	<15.0	<10.0
SN-6	7.4	17.9	80.0	16.4	13.0	7.2	12.8	0.81	68.3	249.4	25.7	32.7	<12.5	<15.0	<10.0	10.3	<15.0	<10.0
SN-7	73.9	21.9	381.6	52.8	100.7	29.4	36.7	2.42	59.8	262.9	28.1	14.1	<12.5	<15.0	<10.0	<10.0	23.5	<10.0
SN-8	14.5	10.8	47.7	13.2	11.1	5.0	11.1	0.36	60.4	267.0	20.4	17.3	<12.5	<15.0	<10.0	<10.0	16.1	<10.0
SN-9	10.9	19.3	74.4	10.4	13.4	7.0	12.6	0.82	61.5	272.4	22.0	42.2	<12.5	<15.0	<10.0	12.1	24.6	<10.0
SN-10	16.6	12.6	50.5	25.2	10.7	4.4	10.8	0.36	73.4	318.0	25.0	15.9	<12.5	<15.0	<10.0	11.0	<15.0	<10.0
SN-11	19.9	11.2	47.7	11.6	10.9	4.9	11.2	0.36	63.7	264.7	24.9	17.7	<12.5	<15.0	81.0	<10.0	<15.0	<10.0
SN-12	21.4	10.4	49.1	15.6	13.0	4.5	11.1	0.35	65.6	256.9	25.5	15.1	<12.5	<15.0	128.9	<10.0	<15.0	<10.0
SN-13	21.6	11.1	53.3	13.2	13.1	4.5	11.2	0.36	66.7	263.7	25.8	14.0	<12.5	<15.0	123.5	<10.0	<15.0	<10.0
SN-14	22.4	13.5	50.5	16.8	13.3	4.7	11.1	0.36	66.1	259.5	25.8	<10.0	<12.5	<15.0	106.2	<10.0	<15.0	<10.0
SN-15	12.4	13.2	74.4	15.2	14.8	7.5	12.9	0.79	67.0	260.1	30.1	23.7	<12.5	<15.0	87.8	<10.0	<15.0	<10.0
SN-16	21.2	12.7	60.3	14.4	12.9	4.8	10.8	0.32	71.4	278.8	25.4	<10.0	<12.5	<15.0	69.3	<10.0	<15.0	<10.0
SN-17	21.5	11.1	44.9	9.2	12.8	4.9	10.8	0.32	96.2	249.7	27.1	<10.0	<12.5	<15.0	66.5	10.5	<15.0	<10.0
SN-18	20.5	9.8	53.3	6.4	12.8	4.6	10.8	0.31	72.2	240.3	26.6	<10.0	<12.5	<15.0	50.2	<10.0	<15.0	<10.0
SN-19	22.3	11.6	44.9	11.2	12.7	4.7	11.0	0.34	72.2	233.5	26.3	<10.0	<12.5	<15.0	50.9	<10.0	<15.0	<10.0
SN-20	13.6	25.5	73.0	14.0	13.0	9.4	12.1	0.78	73.9	228.8	26.5	33.1	<12.5	<15.0	<10.0	15.0	23.5	<10.0
SN-21	21.3	11.0	61.7	5.6	11.8	4.4	11.0	0.37	71.9	218.6	27.0	<10.0	<12.5	<15.0	<10.0	23.8	29.5	<10.0
SN-22	24.0	11.3	56.1	8.0	12.6	4.5	10.9	0.36	69.7	224.5	27.2	<10.0	<12.5	<15.0	<10.0	55.7	36.3	<10.0

Tablo 3.3 devamı.

Element	SO ₄ ⁻²	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Sertlik	Ca	Mg	Na	K	Fe	Zn	Cu	Al	Mn	Cd	Co	Ni	Pb	Cr
Örn./Birim	mg/l	mg/l	mg/l	#Fr	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
SN-23	20.4	12.0	65.9	20.8	13.4	6.0	11.9	0.55	68.6	227.0	28.0	11.0	138.8	<15.0	<10.0	487.2	49.6	<10.0
SN-24	20.8	10.2	49.1	7.6	12.0	4.5	10.7	0.36	64.8	230.0	53.8	16.1	<12.5	<15.0	<10.0	<10.0	49.4	<10.0
SN-25	22.3	9.0	56.1	6.4	11.6	4.4	10.5	0.35	66.8	336.6	23.9	<10.0	<12.5	<15.0	<10.0	<10.0	39.3	<10.0
SN-26	22.1	8.1	61.7	7.6	13.8	4.3	10.9	0.36	63.8	188.6	24.8	11.7	<12.5	<15.0	12.7	<10.0	19.3	<10.0
SN-27	18.2	7.8	51.9	5.2	14.0	4.5	11.2	0.35	67.2	182.6	26.0	10.6	<12.5	<15.0	82.3	<10.0	<15.0	<10.0
SN-28	19.8	7.3	54.7	6.8	13.4	4.6	11.1	0.36	66.2	166.1	27.3	11.0	<12.5	<15.0	115.2	<10.0	<15.0	<10.0
SN-29	21.6	6.7	53.3	6.4	13.7	4.6	11.1	0.38	66.9	168.0	31.7	10.3	<12.5	<15.0	97.6	<10.0	<15.0	<10.0
SN-30	22.8	5.7	56.1	16.0	14.5	4.7	11.0	0.34	64.7	134.0	44.0	<10.0	<12.5	<15.0	83.1	<10.0	<15.0	<10.0
TİSS*	<250	<250		<50	<75	<50	<200	<12	<200	<5000	<2000	<200	<50	<5	≤10	<20	<10	<50
DSTİSS**	<250	<250		<50	<200	-	<200	-	<300	<15000	<2000	<200	<100	<3	-	<20	<10	<50

#Fr: Fransız su sertliği, *TİSS: Türkiye İçme Suyu Standardı, **DSTİSS: Dünya Sağlık Teşkilatı İçme Suyu Standardı.

İçme sularındaki sertlik belli bir düzeye kadar insan sağlığı açısından yararlı olmaktadır. Ancak, bu değerin artması ile birlikte, suyun tadında bozulmalar meydana gelecektir. Ayrıca, içme sularının istenen değerden yüksek sertliğe sahip olması sonucu, su iletim borularında ve su depolarında kireçlenme meydana gelebilmektedir

3.3.3.2. Majör İyonlar

Suların toplam iyonik içeriğinin %90'ından fazlasını oluşturan Na, Ca, Mg, K, Cl, HCO₃ ve SO₄ iyonları major iyon olarak adlandırılmaktadır. İncelenen içme sularının major iyon analiz sonuçları Tablo 3.3'de verilmiştir.

Sodyum (Na) ve Potasyum (K): Na elementi doğal suların bileşiminde en yaygın olarak bulunan alkali metaldir. Magmatik kayalar, kil mineralleri, feldispatlar, evaporitler (NaCl) gibi sodyum içeren başlıca kayaç ve minerallerdir (Goldschmidt, 1958). İnceleme alanından alınan örneklerin Na değeri 10.47-36.66 mg/l aralığındadır. TSE standardı (TS-266, 2005)'nda içme sularının Na değerinin 200 mg/l'den az olması gerektiği belirtilmiş olup, inceleme alanındaki su numunelerinin Na değerleri kabul edilebilir sınırlar içerisinde yer almaktadır. Sodyum suların bileşimine plajyoklasların ayrışması ve kil minerallerine dönüşmesiyle karışmıştır. K elementi yer kabuğunun %2.5'ini oluşturur ve esas olarak feldispat, feldispatoid, mika ve kil minerallerinde bulunur (Rankama and Sahama, 1964). İnceleme alanından alınan örneklerin K değeri 0.31-2.42 mg/l aralığındadır. TSE standardı (TS-266, 2005)'nda içme sularının K değerinin 12 mg/l'den az olması gerektiği belirtilmiş olup, inceleme alanındaki su numunelerinin K değerleri kabul edilebilir sınırlar içerisinde yer almaktadır.

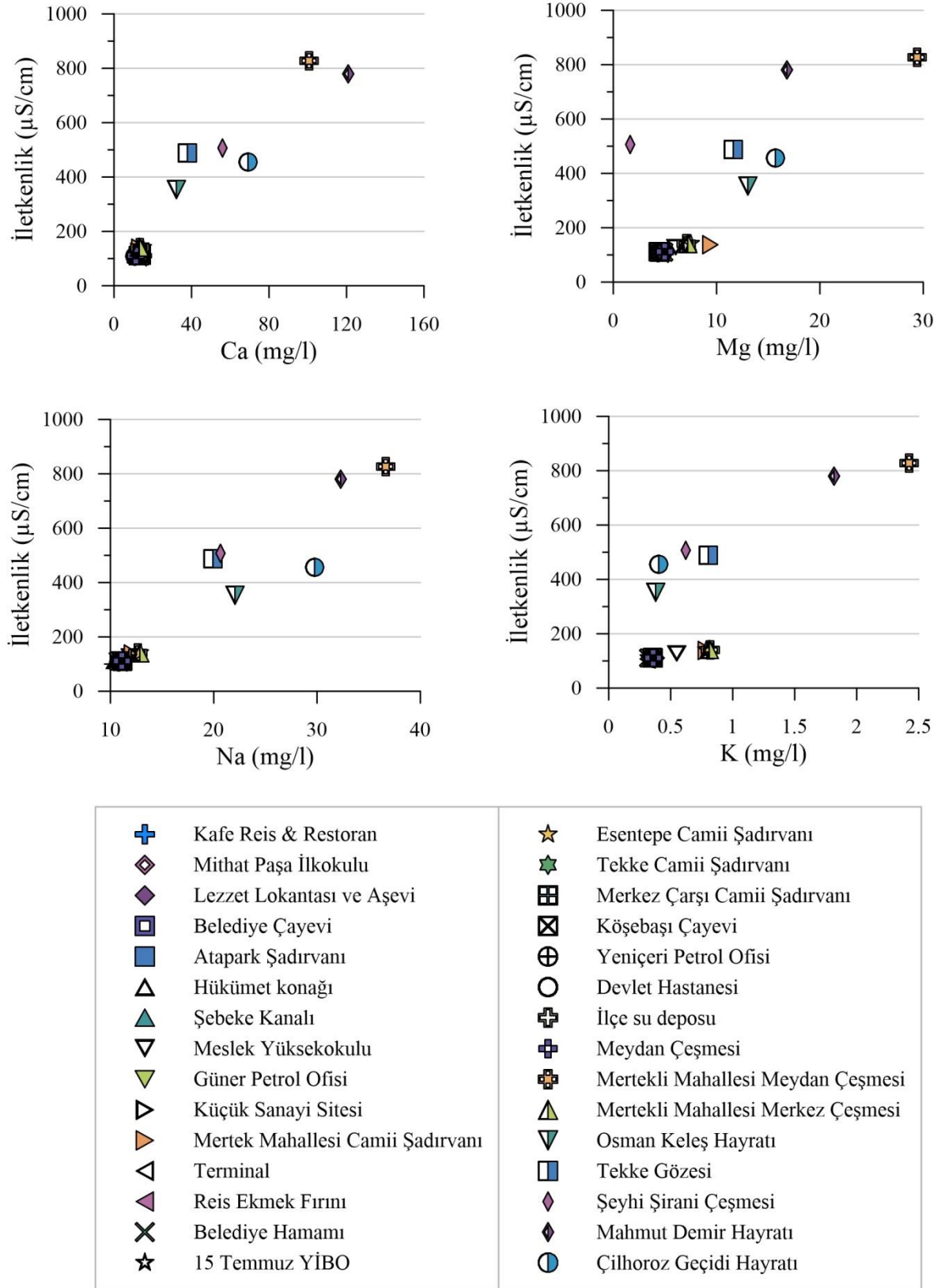
Kalsiyum (Ca) ve Magnezyum (Mg): Ca⁺², doğal suların bileşiminde en yaygın olarak bulunan katyonlardan biridir. Kalsiyumun kaynağı, kalsit, dolomit, jips, anhidrit, florit, aragonit, plajiyoklas, piroksen ve amfiboller olabilir. Ca⁺² suların sertliğini oluşturan ana iyondur. İnceleme alanından alınan örneklerin Ca⁺² değeri 10.68-120.87 mg/l aralığındadır. TSE standardı (TS-266, 2005)'nda içme sularının Ca⁺² değerinin 75 mg/l'den az olması gerektiği belirtilmiş olup, inceleme alanındaki su numunelerinin Ca⁺² değerleri SN-7 (Mertekli Mahallesi Meydan Çeşmesi) ve SN-3 (Mahmut Demir Hayratı) örneği hariç kabul edilebilir sınırlar içerisinde yer almaktadır. Magnezyum suyun sertliğine neden olan katyonlardan biridir. Mg⁺², olivin, piroksen, amfibol gibi koyu renkli minerallerin önemli bileşenlerindendir. İnceleme alanından alınan örneklerin Mg⁺² değeri 1.63 -29.39 mg/l

aralığındadır. TSE standardı (TS-266, 2005)'nda içme sularının Mg^{+2} değerinin 50 mg/l'den az olması gerektiği belirtilmiş olup, inceleme alanındaki su numunelerinin Mg^{+2} değerleri kabul edilebilir sınırlar içerisinde. İnceleme alanındaki su numunelerinin iletkenliğe karşı katyon ve anyonlar arasındaki ilişki irdelenmiş olup, Ca^{+2} ve Mg^{+2} katyonlarının belirgin pozitif yönseme gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 3.4). Bununla birlikte Na^{+} iyonu genellikle dağınık olmakla beraber pozitif yönde bir ilişki sergilemektedir. Buna karşın, K^{+} iyonunda dağınık negatif bir yönseme görülmektedir (Şekil 3.4).

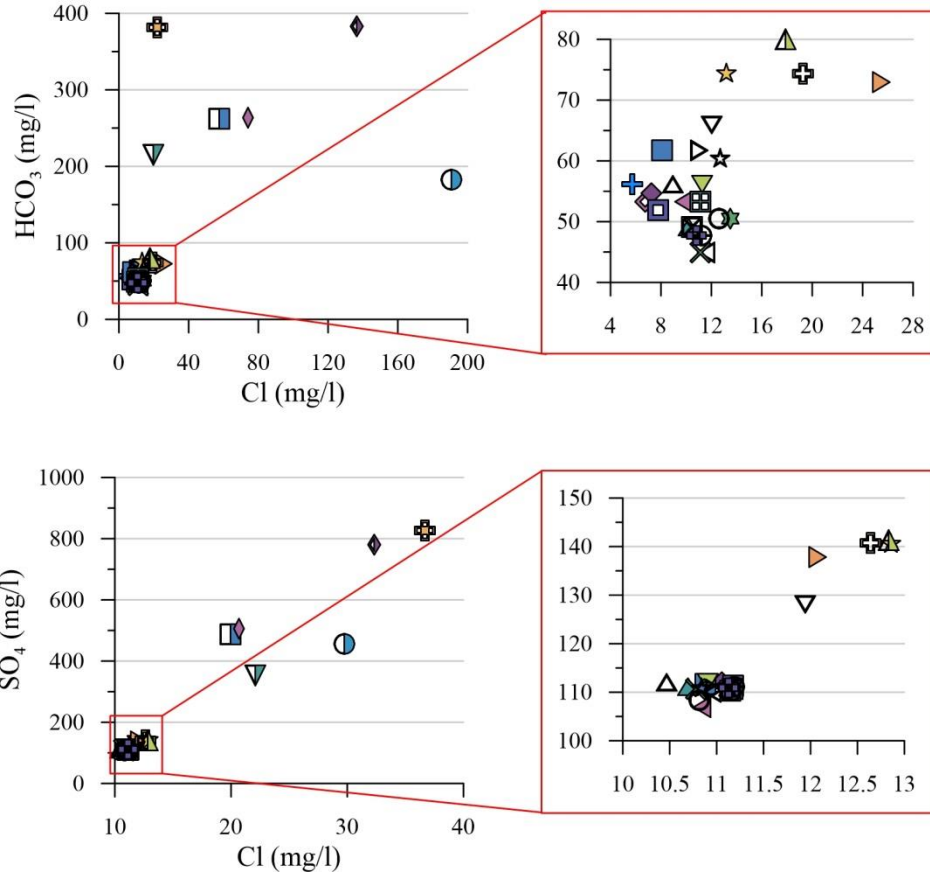
Alkalinite (HCO_3^-): Doğal sularda alkaliniteyi oluşturan temel unsurlar, atmosferik karbondioksit ile toprakta ve doymun olmayan bölgede üretilen gazlardır. İnceleme alanından alınan örneklerin HCO_3^- değeri 44.90-383.02 mg/l aralığındadır. TSE standardı (TS-266, 2005)'nda alkalinite için bir sınır değeri verilmemektedir.

Sülfat (SO_4): Kükürt, indirgenmiş halde metal sülfürleri olarak magmatik ve sedimanter kayalarda yaygın olarak bulunmaktadır. Sülfürlü mineraller su ile temas ederek bozunur, zamanla oksitlenerek sülfat iyonlarını oluşturur ve bu iyonlar suya geçer. İnceleme alanından derlenen su numunelerinin sülfat (SO_4^{-2}) miktarları 6.53-73.9 mg/l aralığındadır. TSE standardı (TS-266, 2005)'nda içme sularının SO_4^{-2} değerinin 250 mg/l'den az olması gerektiği belirtilmiş olup, inceleme alanındaki su numunelerinin SO_4^{-2} değerleri kabul edilebilir sınırlar içerisinde.

Klorür (Cl): Cl^- iyonu, sedimanter kayalarda özellikle evaporitlerde bulunmakta olup, doğadaki dağılımı oldukça geniştir. Ayrıca, biyotit, hornblend gibi magmatik kökenli minerallerde klorür iyonu bulunmaktadır. İnceleme alanından derlenen su numunelerinin Cl^- miktarları 5.72-190.72 mg/l aralığındadır. TSE standardı (TS-266, 2005)'nda içme sularının Cl^- değerinin 250 mg/l'den az olması gerektiği belirtilmiş olup, inceleme alanındaki örneklerin Cl^- değerleri kabul edilebilir sınırlar içerisinde. Tüm örneklerle ilişkin Cl^- iyonuna karşılık HCO_3^- ve SO_4^{-2} verileri karşılaştırıldığında, aralarında genellikle birkaç örnekten kaynaklı dağınık pozitif bir ilişki gözlenmektedir (Şekil 3.5). Cl^- iyonuna karşılık HCO_3^- arasında kuvvetli bir pozitif ilişki ($R^2= 0.62$) gözlenirken, SO_4^{-2} verilerinde zayıf bir pozitif yönsemenin ($R^2= 0.1$) olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 3.5).



Şekil 3.4. İnceleme alanından alınan su numunelerinin iletkenliği ile katyonlar (mg/l) arasındaki ilişkiyi gösteren diyagramlar



Şekil 3.5. İnceleme alanından alınan su örneklerinin Cl⁻ (mg/l) içeriğinin HCO₃⁻ (mg/l) ve SO₄²⁻ (mg/l) içeriklerine göre değişimi (semboller Şekil 3.4'deki gibidir)

3.3.3.3. İz Metaller

Doğal sularda majör iyonlar dışında eser miktarlarda bulunan bazı maddeler minör bileşenler olarak adlandırılmaktadır. Demir dışında diğer ağır metaller sularda 1 ppm'den daha düşük derişimlerde bulunur (Freze ve Cherry, 1979). Ağır metaller doğal sulara, evsel, endüstriyel atık suları ve madencilik faaliyetleri atıklarının aracılığı ile katılabilir. Suyun dolaşımı esnasında geçtiği litolojik birimlerin minerolojik yapısı da, sulardaki ağır metal içeriğinin kaynaklarından birini oluşturmaktadır.

Yapılan bu çalışmada iz element tayinine yönelik kimyasal analizlerde suların Fe, Mn, Cu, Cr, Pb, Zn, Ni, Cd, Al içerikleri saptanmış olup Tablo 3.3'de iz element değerleri verilmiştir. İzin verilebilir en yüksek değerlerin üzerinde çıkan sonuçlar koyu olarak gösterilmiştir.

Metal elementlerin büyük çoğunluğunun (Fe, Zn, Cu, Al, Mn, Cd, Co, Ni ve Cr) analiz sonuçları Türkiye (TS-266, 2005) ve WHO (2014) içme suyu standartlarının kabul edilebilir maksimum değerleri ile karşılaştırılmış olup, kabul edilebilir aralıklar içerisinde olduğu belirlenmiştir.

Analiz edilen elementler, Türkiye içme suyu standartları açısından ayrı ayrı irdelendiğinde ise pH miktarına göre Hükümet konağı (SN-25), Atapark Şadırvanı (SN-26), Belediye Çayevi (SN-27), Lezzet Lokantası ve Aşevi (SN-28), Mithat Paşa İlkokulu (SN-29), Kafe Reis & Restoran (SN-30) sınıf (az kirlenmiş su) diğer örneklerin tümü I. sınıf (yüksek kaliteli su); iletkenlik miktarlarına göre Çilhoroz Geçidi Hayratı (SN-1), Mahmut Demir Hayratı (SN-2), Şeyhi Şirani Çeşmesi (SN-3), Tekke Gözesi (SN-4), Mertekli Mahallesi Meydan Çeşmesi (SN-7), örnekleri II. sınıf (az kirlenmiş su) diğer örneklerin tümü ise I.sınıf (yüksek kaliteli su); Na, SO₄, Fe, Mn, Al, Ni, Co, Cl, Cu, Cd ve Cr miktarlarına göre I. ve II. sınıf (az kirlenmiş sular); Pb miktarlarına göre suların tümü II. sınıf (az kirlenmiş su) ve III. sınıf (kirlenmiş su) sular; Zn miktarlarına göre ise Atapark Şadırvanı (SN-26), Belediye Çayevi (SN-27), Lezzet Lokantası ve Aşevi (SN-28), Mithat Paşa İlkokulu (SN-29), Kafe Reis & Restoran (SN-30) nolu sular I. sınıf ve diğerleri II. sınıf sular sınıfında yer almaktadır.

Demir (Fe) ve Mangan (Mn): Demir, magmatik kayalarda bulunan özellikle piroksen, amfibol, magnetit, pirit, biyotit ve granat gibi demirli minerallerin bozunumundan ortaya çıkar. Karbonlu kayalardan gelen sularda fazla miktarlarda demir iyonları izlenebilir. Doğada bulunan sularda yüksek demir konsantrasyonu canlı yaşamı ve çevresel etkiler açısından ciddi problemler teşkil etmektedir (örneğin Dündar ve Aslan, 2005). Metal içeriği yüksek elementlerin içme suyu dışındaki kullanımları da çevresel açıdan olumsuz etkilere neden olabilmektedir. İnceleme alanından alınan örneklerin Fe değerleri 54,34-96,21 µg/l aralığındadır. TSE standardı (TS-266, 2005)'nda içme sularının Fe değerinin 200 µg/l'den az olması gerektiği belirtilmiş olup, inceleme alanındaki su numunelerinin Fe değerleri kabul edilebilir sınırlar içerisinde. Mangan genellikle magmatik ve metamorfik kayalarda olivin, piroksen ve amfibol minerallerinde bulunur. Demir içeriği yüksek olan sularda çoğunlukla mangana da rastlanır. Manganın çözünürlüğünü Eh-pH etkiler. pH'ın yükselmesi manganın çökmesine neden olur. Mangan içme sularında istenmeyen renk ve bulanıklığa sebep olur (Hem 1985). İnceleme alanından alınan örneklerin Mn değerleri <12.5 µg/l aralığındadır. TSE standardı (TS-266, 2005)'nda içme sularının Mn değerinin 50 µg/l'den az olması gerektiği belirtilmiş olup, inceleme

alanındaki su numunelerinin Mn değerleri Meslek Yüksekokulu (SN-23) (138,8 µg/l) rneği hariç kabul edilebilir sınırlar içerisindedir.

Çinko (Zn): Zn, doğada pek çok mineralde bulunmakta olup, içme suyu, buğday unu, ekmek, bazı et ve su ürünleri tüketimi ile vcudada alınabilmektedir. Ancak insan vücudunda Zn elementi için depo sisteminin olmayışı, bu elementin vücutta artması ile ciddi sağlık problemleri meydana getirecektir. İçme sularında izin verilebilir maksimum Zn değeri ise 5000 µg/l dir. İnceleme alanlarından derlenen su numunelerin Zn değeri 134,03-471,71 µg/l aralığında olup TSE standardı (TS-266, 2005) izin verilebilir maksimum değere uygundur.

Bakır (Cu): Bir başka istenmeyen metal olan Cu elementi doğal ortamda, kayalarda, toprakta, suda ve havada bulunur. Ayrıca, doğada bitkilerde ve hayvanlarda da çok küçük miktarlarda bulunmaktadır. Bununla birlikte belirli bir seviyede Cu elementi bulunması, canlı yaşamı açısından nemnem arz etmektedir. Ancak belirli oranların üzerinde olması, gerek canlı yaşamı açısından, gerekse çevresel etkileri bakımından ciddi problemler ortaya çıkaracaktır. İçme ve kullana sularında Cu miktarının yüksek olması durumunda suyun tadı metalik olmakla beraber, suyun dibinde mavimsi veya yeşil bir çökelti oluşabilmektedir. İnceleme alanlarından alınan su numunelerin Cu değeri 19,37-53,80 µg/L aralığında olup TSE standardı (TS-266, 2005) izin verilebilir en üst değere uygundur.

Alüminyum (Al): Alüminyum yer kabuğunda en çok bulunan üçüncü element olmasına rağmen az çözülmesi sebebiyle yeryüzündeki sularda önemsiz miktarda bulunur. pH'ın 5-9 aralığında olduğu sularda, alüminyum 1 ppm 'den azdır. Alüminyumun suda bulunuşu, özellikle suyun kökeni ve maden yatakları hakkında bilgi vermesi bakımından önemlidir (şahinci, 1986). Bu nedenle bazı suların bileşiminde daha yüksek konsantrasyonda alüminyuma rastlanır. Alüminyum silikat halinde magmatik kayalarda, feldisplatlarda, feldispatoitlerde ve mikalarda, boksitte ve demirce zengin lateritte bulunur. İnsanlar için Al temel besin maddelerinden değildir. Fosfat tuzları halinde kompleks olarak su ve gıdalardan alınır. Al iyonu, organik madde, sülfat ve florür ile kuvvetli kompleks iyonlar verir. İçme sularında izin verilebilir maksimum Al değeri <200 µg/l'dir. Örneklerin Al değerleri 200 µg/l'nin altındadır. Bu değerler TSE içme ve kullanma suyu standardına (TS-266, 2005) uygundur.

Kadmiyum (Cd): Cd, doğada genelde Zn, Cu ve Pb elementleri ile birlikte ince partiküller halinde bulunur. Cd ve bileşikleri kanserojenik olup, başağrısı, susuzluk hissi, bronşit, sinirlilik, anemi, böbrek taşı gibi rahatsızlıklara neden olabilmektedir (Güler ve

Çobanoğlu, 1997). İnceleme alanlarından alınan su numunelerin Cd değeri $<15 \mu\text{g/l}$ olup TSE standardı (TS-266, 2005) izin verilebilir sınırlar içerisinde.

Kobalt (Co): Co, canlıların beslenmesinde önem taşımakta olup, B12 vitamininin merkez yapı taşı konumundadır. Günlük kobalt ihtiyacı ise $5 \mu\text{g}$ kadardır. Eksikliğinde ise kansızlık riski artmaktadır. Dayanıklı ve oksitlenmeye karşı dirençli bir metal olması nedeniyle sanayide kullanımı yaygındır. İnceleme alanından alınan örneklerin Şeyhi Şirani Çeşmesi (SN-3), Tekke Gözesi (SN-4), Yeniçeri Petrol Ofisi (SN-11), Köşebaşı Çayevi (SN-12), Merkez Çarşı Camii Şadırvanı, (SN-13), Tekke Camii Şadırvanı (SN-14), Esentepe Camii Şadırvanı (SN-15), 15 Temmuz YİBO (SN-16), Belediye Hamamı (SN-17), Reis Ekmek Fırını (SN-18), Terminal (SN-19), Belediye Çayevi (SN-27), Lezzet Lokantası ve Aşevi (SN-28), Mithat Paşa İlkokulu (SN-29), Kafe Reis & Restoran (SN-30) Co değerleri Kıta İçi Yerüstü Su Kaynaklarının sınıflamasına göre (RG-15/04/2015-29327) izin verilebilir maksimum değer olan $\leq 10 \mu\text{g/l}$ üzerinde oldukları saptanmıştır (Tablo 3.3).

Nikel (Ni): Ni bileşikleri pratik olarak suda çözünmeyip, sulardaki doğal nikel miktarı çok düşüktür. Bu element vücuda solunum, içilen su ve beslenme yoluyla alınmaktadır. Ni toksik bir element olmadığından, gıda ve sularda belirli bir miktarda bulunması ciddi bir sağlık problemi yaratacağı düşünülmemektedir (Güler ve Çobanoğlu, 1997). İçme ve kullanma sularında izin verilebilir maksimum Ni değeri $<20 \mu\text{g/l}$ olup, inceleme alanlarından alınan suların Ni değerleri birkaç örnek dışında $10 \mu\text{g/l}$ nin altındadır. Genel olarak Ni içerikleri TSE standardı (TS-266, 2005) izin verilebilir aralıklara uygundur.

Kurşun (Pb): Bir diğer ağır metal olan Pb elementi doğada en çok PbS, PbZn vb. bileşikleri halinde bulunmaktadır. İnsan vücudunda çok farklı (içme suyu, yiyecek, sigara, toz, toprak, hava, boya) yollardan alınmakta olup toksik etkisi bulunmaktadır. İçme ve kullanma sularında izin verilebilir maksimum Pb değeri $<10 \mu\text{g/l}$ dir. İnceleme alanlarından alınan sularda ise Pb değerlerinin bazı örneklerde Çilhoroz Geçidi Hayratı (SN-1), Mahmut Demir Hayratı (SN-2), Mertekli Mahallesi Meydan Çeşmesi (SN-7), Meydan Çeşmesi (SN-8), İlçe su deposu (SN-9), Mertek Mahallesi Camii Şadırvanı (SN-20), Küçük Sanayi Sitesi (SN-21), Güner Petrol Ofisi (SN-22), Meslek Yüksekokulu (SN-23), Şebeke Kanalı (SN-24), Hükümet konağı (SN-25), Atapark Şadırvanı (SN-26) izin verilebilir maksimum değer olan $\leq 10 \mu\text{g/l}$ üzerinde oldukları saptanmıştır (Tablo 3.3)

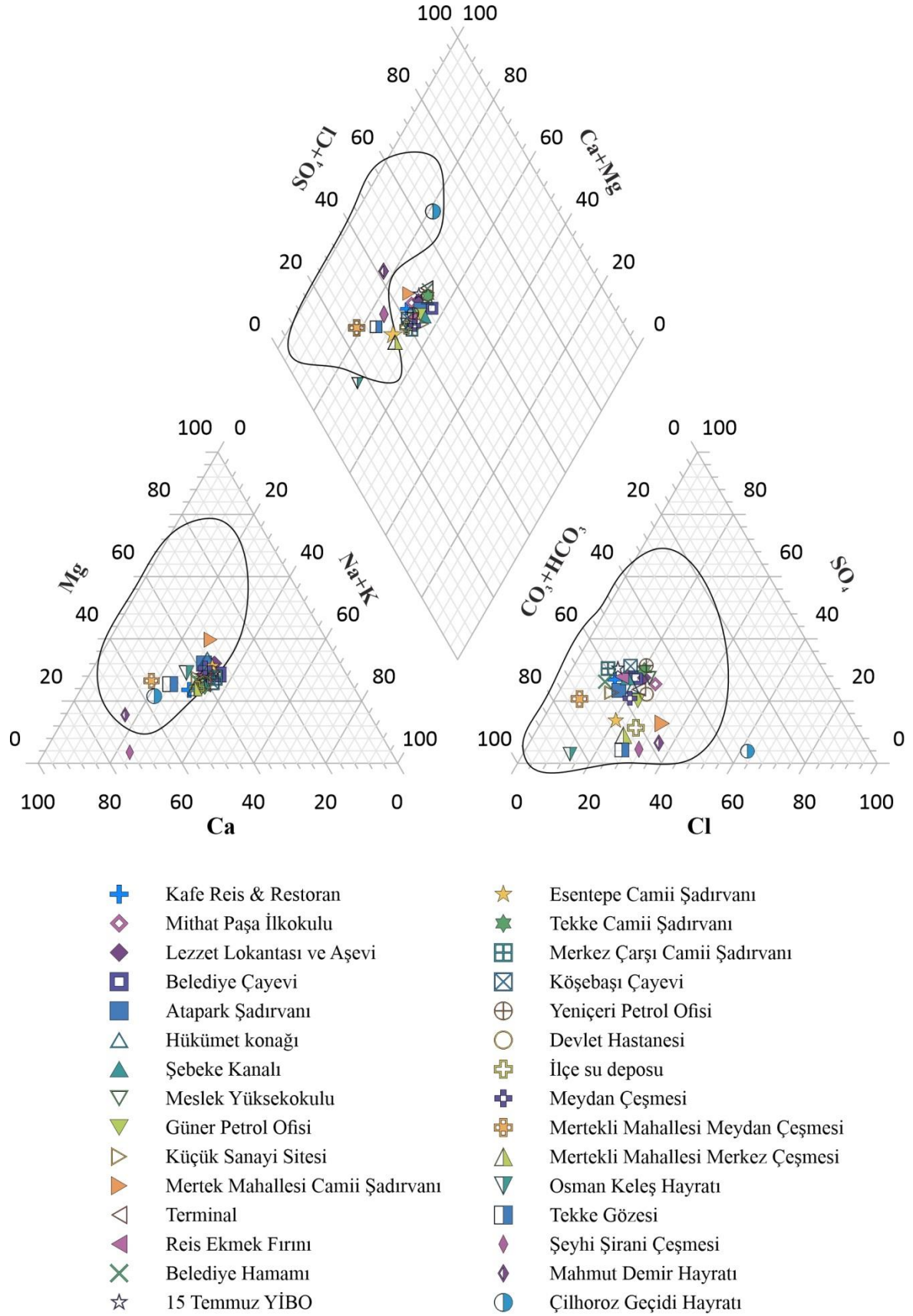
Krom (Cr): Bir diğer ağır metal olan Cr elementinin Cr^{+6} iyonu kanserojen özellikte olup, içme sularında bulunması ciddi sağlık problemlerine neden olabilmektedir. Sularda

Cr elementinin bulunması su kirliliğine işaret etmektedir. İçme ve kullanma sularında izin verilebilir maksimum Cr değeri $<50 \mu\text{g/l}$ 'dir. Cr elementinin en önemli kaynak kayalarından olan ultramafik kayaların çalışma alanı ve yakın civarında gözlenmemesi nedeniyle örneklerin Cr değerleri $10 \mu\text{g/l}$ 'nin altındadır. Bu değerler TSE içme ve kullanma suyu standardına (TS-266, 2005) uygundur.

3.3.3.4. Piper Diyagramı

İnceleme alanından derlenen su numunelerinin jeokimyasal sınıflaması Piper diyagramı kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.6; Tablo 3.4). Üçgen diyagramlarda suların sınıflaması farklı şekillerde yorumlanıp, anyon ve katyon sınıflamaları ayrı ayrı yapılmıştır (Piper, 1944). Yapılan sınıflamaların kalitatif olması nedeniyle, suların geldiği kaya hakkında kesin yargıya varılamayıp, jeolojik ve diğer verilerin ışığı altında suların kökeni açıklığa kavuşturulabilir. Bu nedenle Piper diyagramı, suların karşılaştırılmasında kolaylık sağlamaktadır.

İnceleme alanından alınan su numunelerinden, Piper diyagramı çiziminde kullanılan parametreler meq/l birimine çevrilerek diyagrama atılmıştır. Derlenen su numunelerinin katyonlarından Ca^{+2} iyon değerleri 0.53-6.05 meq/l aralığındadır. Mg^{+2} iyon değerleri ise 0.14-2.45 meq/l arasındadır. Na^+ iyon değerleri 0.46-1.59 meq/l arasında değişmekte iken, K^+ iyon değerleri 0.01-0.06 meq/l aralığında değişim sergilemektedir. Ayrıca alınan su numunelerinin anyonlarından Cl^- iyon değerleri 0.16-5.45 meq/l aralığında, SO_4^{-2} iyon değerleri 0.14-1.54 meq/l aralığında, HCO_3^- iyon değerleri 0.74-6.28 meq/l aralığında değişmektedir. Alınan tüm örneklerden katyon olarak en yüksek Ca^{+2} iyon değeri ve anyon olarak en yüksek HCO_3^- iyon değeri bulunmaktadır. Piper diyagramında eşkenar üçgenlerde örneklerin dağılımına göre çalışma alanından derlenen suların bileşimlerinin bikarbonatlı (HCO_3^-) ve Ca'lu bileşimli oldukları, eşkenar dörtgende ise düşük $\text{SO}_4^{-2}+\text{Cl}^-$ içeren Ca+Mg'lu karışık bileşimli sular olarak sınıflandırılmıştır.



Şekil 3.6. Tüm örneklerin Piper diyagramındaki dağılımı. Kapalı alanlar Gümüşhane İl Merkezi içme sularının değerlerini (Uslu, 2014) göstermektedir.

Tablo 3.4. Su numunelerine ait Piper diyagramında kullanılan parametre değerleri (meq/l)

Element	SO ₄ ⁻²	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Ca	Mg	Na	K
SN-1	0.35	5.45	2.99	3.45	1.31	1.29	1.29
SN-2	0.76	3.90	6.28	6.04	1.40	1.40	1.40
SN-3	0.32	2.11	4.32	2.81	0.14	0.90	0.90
SN-4	0.32	1.64	4.30	1.90	0.97	0.87	0.87
SN-5	0.14	0.56	3.52	1.61	1.08	0.96	0.96
SN-6	0.16	0.51	1.31	0.65	0.60	0.56	0.56
SN-7	1.54	0.63	6.26	5.04	2.45	1.59	1.59
SN-8	0.30	0.31	0.78	0.56	0.42	0.48	0.48
SN-9	0.23	0.55	1.22	0.67	0.59	0.55	0.55
SN-10	0.35	0.36	0.83	0.53	0.36	0.47	0.47
SN-11	0.41	0.32	0.78	0.55	0.40	0.49	0.49
SN-12	0.45	0.30	0.81	0.65	0.37	0.48	0.48
SN-13	0.45	0.32	0.87	0.66	0.38	0.49	0.49
SN-14	0.47	0.39	0.83	0.66	0.39	0.48	0.48
SN-15	0.26	0.38	1.22	0.74	0.62	0.56	0.56
SN-16	0.44	0.36	0.99	0.64	0.40	0.47	0.01
SN-17	0.45	0.32	0.74	0.64	0.41	0.47	0.01
SN-18	0.43	0.28	0.87	0.64	0.38	0.47	0.01
SN-19	0.47	0.33	0.74	0.63	0.39	0.48	0.01
SN-20	0.28	0.73	1.20	0.65	0.78	0.53	0.02
SN-21	0.44	0.32	1.01	0.59	0.37	0.48	0.01
SN-22	0.50	0.32	0.92	0.63	0.37	0.47	0.01
SN-23	0.43	0.34	1.08	0.67	0.50	0.52	0.01
SN-24	0.43	0.29	0.81	0.60	0.37	0.47	0.01
SN-25	0.46	0.26	0.92	0.58	0.37	0.46	0.01
SN-26	0.46	0.23	1.01	0.69	0.36	0.47	0.01
SN-27	0.38	0.22	0.85	0.70	0.38	0.49	0.01
SN-28	0.41	0.21	0.90	0.67	0.38	0.48	0.01
SN-29	0.45	0.19	0.87	0.69	0.38	0.48	0.01
SN-30	0.48	0.16	0.92	0.73	0.39	0.48	0.01

4. TARTIŞMA

4.1. Fiziksel ve Jeokimyasal Parametrelerin İrdelenmesi

Su, canlılığın temelini oluşturan ve yaşamsal işlevlerin gerçekleştirilmesinde en ihtiyaç duyulan doğal bir kaynak olup, birçok metabolik olayda önemli rol oynamaktadır. Ayrıca, biyolojik sistemlerde değişik görevleri olan H, Na, K gibi elementler suda çözülmüş olarak bulunmakta ve canlıların başlıca besin maddelerini oluşturmaktadır. Bu özellik, suda çözülmüş element düzeylerinin önemini vurgulamaktadır. Fizyolojik olayların sürdürülmesinde su, doğrudan veya dolaylı olarak, metabolik işlemlere katılır. Bu sebeple suların belli bir amaç için kullanılabilirliği, su kalitesi ile belirlenmektedir.

İnceleme alanından alınan toplam 30 adet numunenin fiziksel ve jeokimyasal parametreleri, Türkiye İçme Suyu Standartları (TS 266; TSE, 2005) ve Dünya Sağlık Teşkilatı (WHO, 2014) standartları açısından ayrı ayrı irdelendiğinde; Türkiye İçme Suyu Standartı (TS 266; TSE, 2005)'na göre içme sularının pH değerlerinin 6.5-9.5, Dünya Sağlık Teşkilatı (WHO, 2014) İçme Suyu Standartına göre ise pH'ların 6.5-9.2 sınırları içinde olması gerekmektedir. Çalışma alanındaki suların pH'ı 5.41 ile 7.68 (n= 30) arasında değişmekte olup, içme suları için TSE standardı (TSE-266, 2005) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2014) İçme Suyu Standartı'nda verilen sınırlar içerisinde yer almaktadır.

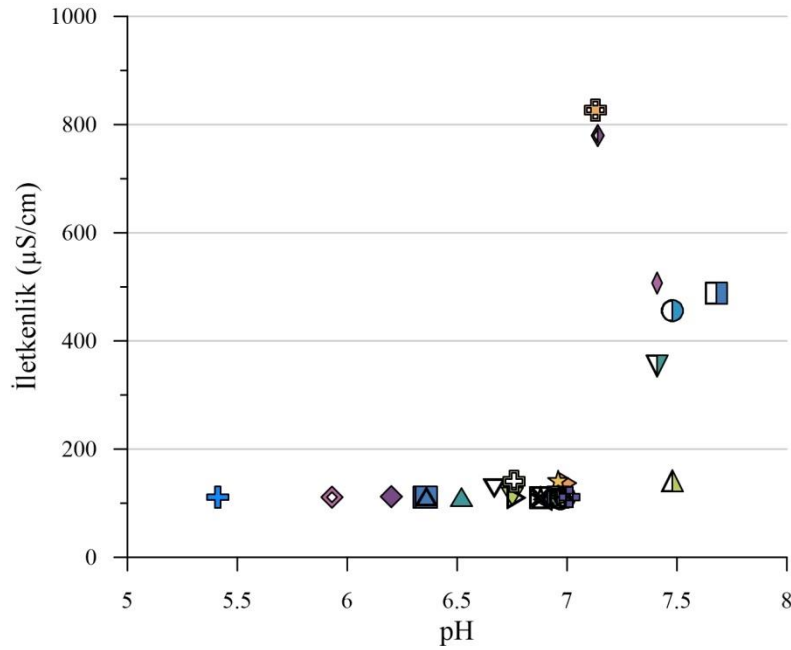
İçme suları için iletkenlik değerlerinin Türkiye İçme Suyu Standardına (TS 266; TSE, 2005) ve Dünya Sağlık Teşkilatı'na (WHO, 2014) göre <2500 μ S olması gerekmektedir. İnceleme alanındaki suların iletkenlik değerleri 106.9-827.0 μ S (n= 30) arasında değişmekte olup, standartlara uygun olduğunu işaret etmektedir. Bununla birlikte, örnekler, iletkenlik değerleri açısından, çoğunlukla "I. sınıf" ve "çok iyi kalitede sular" sınıfında yer aldığı tespit edilmiştir (Tablo 4.1 ve Tablo 4.2). Su numunelerinin pH'ı ile iletkenlikleri arasında bir bağlantı olup olmadığı incelenmiş, Gümüşhane il merkezi örnekleri ile benzer özellikler sergilediği tespit edilmiştir (Şekil 4.1). Örneklerin iletkenliğinin artmasına karşın, pH değerlerinde dikkate değer bir aralıkta artış olmadığı gözlenmiştir. Suların iletkenliğini, içerisinde çözülmüş halde bulunan iyonlar belirlemekte olup, Cu, Fe, Mn, Zn gibi metaller pH'ı düşürme eğilimi göstermektedir. Bu sebeple, çözülmüş iyon miktarı artsa bile, pH değeri pek değişim göstermeyecektir.

Tablo 4.1. Suların iletkenliklerine göre sınıflandırılması (Kıtaici Yerüstü Su Kaynaklarının Sınıflarına göre Kalite Kriterleri RG-15/04/2015-29327)

İletkenlik (μs/cm)	Su Kalite Sınıfı	Çalışma alanındaki su örneklerinin iletkenliği
<400	I	106.9-353.1(25 örnek)
<1000	II	456.0-827.0 (5 örnek)
<3000	III	
>3000	IV	-

Tablo 4.2. Suların iletkenliğine göre sınıflandırılması (Erguvanli ve Yüzer, 1987)

İletkenlik(μs/cm)	Sınıf	Çalışma alanındaki Su örneklerinin iletkenliği
250 den az	Çok iyi	(106.9-141.3) (24 Örnek)
250-750	İyi	(353.1-506.8) (4 örnek)
750-2000	Kullanılabilir	(780-827) (2 örnek)
2000-3000	Şüpheli	
3000 den >	Kullanılamaz	



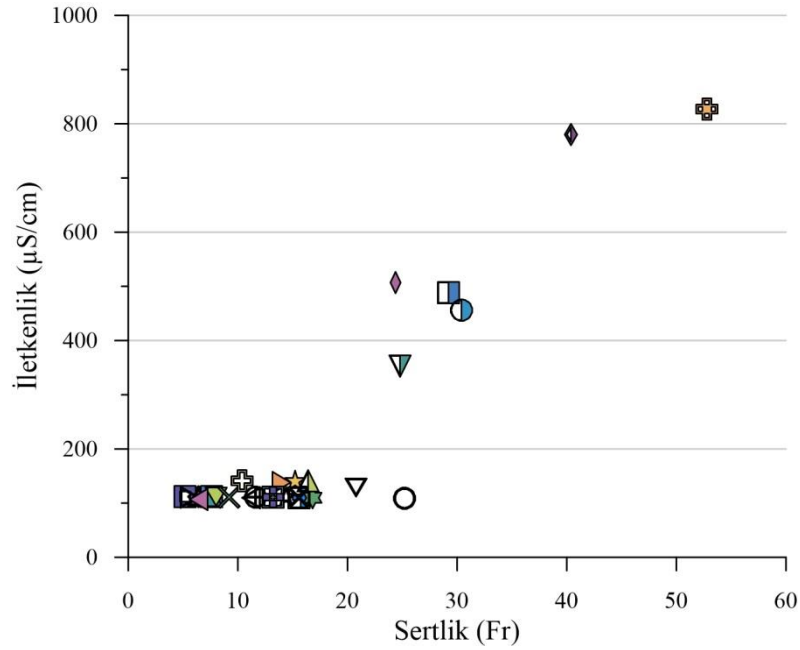
Şekil 4.1. İnceleme alanından alınan su numunelerinin iletkenliği ile pH'ı arasındaki ilişkisi (semboller Şekil 3.4'deki gibidir)

Şiran ilçesinden alınan su numunelerinin sertlik dereceleri incelendiğinde, 6 örnek 'çok yumuşak' (Fr = 5.2-6.8), 11 örnek 'yumuşak' (Fr = 7.6-14.4), 6 numune 'orta sert' (Fr = 15.2-20.8), 5 örnek 'oldukça sert' (Fr = 24.4-29.6) ve 2 numune 'sert' (Fr = 40.4-

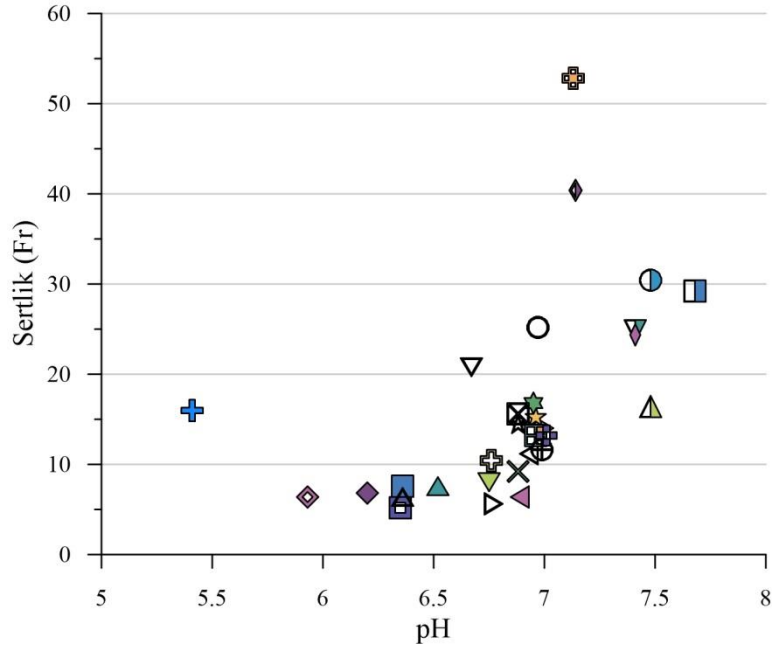
52.8) su olarak sınıflandırılmıştır (Tablo 4.3). Yerleşim alanlarına göre yapılan genel değerlendirmede ise, Şiran ilçesine ait su örneklerinin ‘çok yumuşak’, ‘yumuşak’, ‘orta sert’ ve ‘oldukça sert’ su niteliğinde olduğu belirlenmiştir. Örneklerin sertlik ve iletkenlik değerleri arasında pozitif bir yönseme gözlenirken (Şekil 4.2), sertlik ile pH değerleri arasında herhangi bir ilişki gözlenmemektedir (Şekil 4.3).

Tablo 4.3. Örneklerin sertlik derecelerine göre sınıflandırılması (Tuncay, 1994)

Su Sınıfı	Sertlik Derecesi		Örneklerinin sertlik değerleri (mg/l)
	mg/l veya ppm CaCO_3	Fr (Fransız)	
Çok yumuşak	0-72	0-7.2	5.2-6.8 (6 adet)
Yumuşak	72-145	7.2-14.5	7.6 – 14.4 (11 adet)
Orta sert	145-215	14.5-21.5	15.2 - 20.8 (6 adet)
Oldukça sert	215-325	21.5-32.5	24.4 - 29.2 (5 adet)
Sert	325-540	32.5-54	40.4 - 52.8 (2 adet)
Çok sert	>540	>54	--



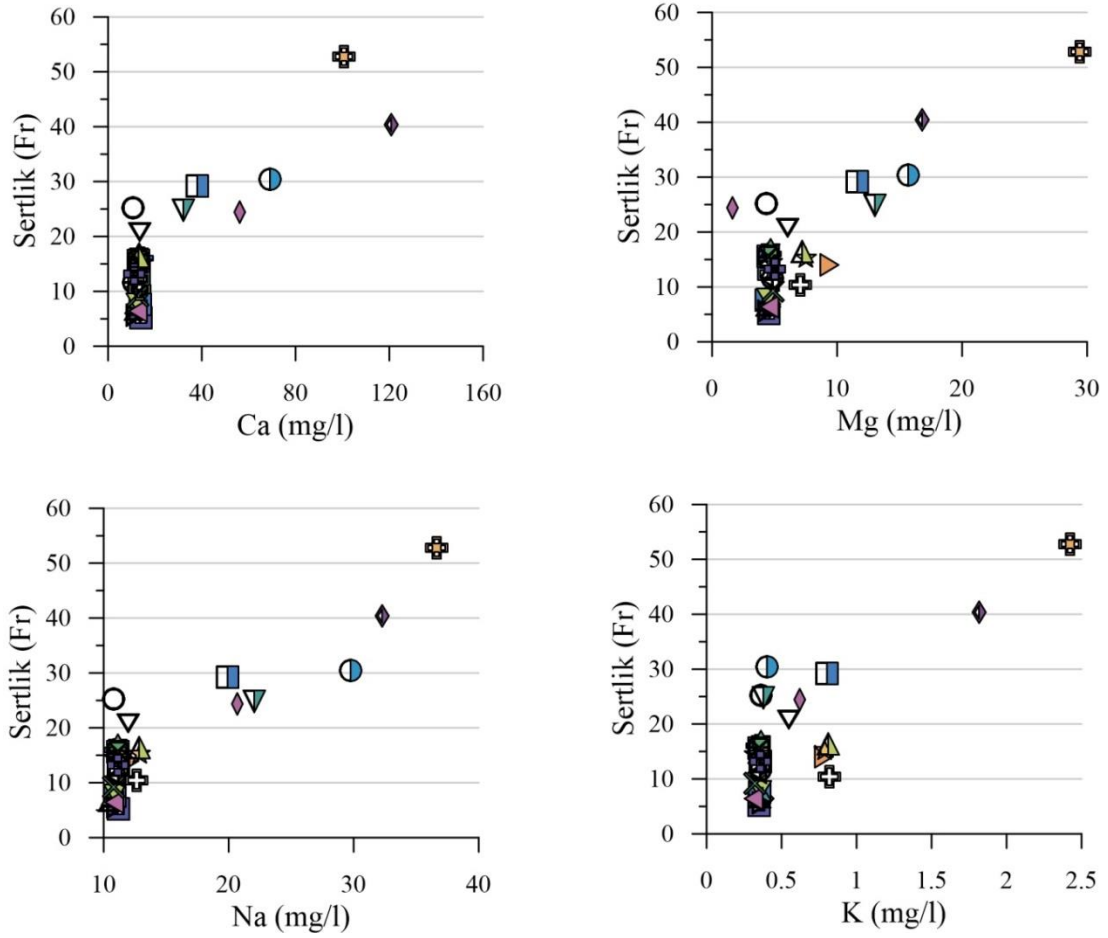
Şekil 4.2. İnceleme alanından alınan su numunelerinin iletkenlik ile sertlik (Fr) değerleri arasındaki ilişki (semboller Şekil 3.4’deki gibidir)



Şekil 4.3. Su örneklerinin Fransız sertlik derecesi (Fr) ile pH'ı arasındaki ilişki (semboller Şekil 3.4'deki gibidir)

Sertlik değerleri ile K^+ iyonu değerleri karşılaştırıldığında, aralarında negatif bir ilişki olduğu belirlenmiş olup, birkaç örnek dışında, artan K^+ iyonu konsantrasyonuna karşılık, sertlik değerleri azalmaktadır (Şekil 4.4). Na^+ değerleri ise iki farklı grupta toplamış, ancak genel olarak pozitif yönde bir ilişki belirlenmiştir (Şekil 4.4). Yine, sertlik değerlerine karşılık Ca^{+2} ve Mg^{+2} katyonları karşılaştırıldığında, örneklerin pozitif yönde belirgin bir yönseme gösterdiği, Ca^{+2} ve Mg^{+2} konsantrasyonundaki artış ile birlikte sertliğin de arttığı tespit edilmiştir (Şekil 4.4).

Şiran yerleşim merkezi içme suyu örnekleri, Türkiye içme suyu standartları açısından ayrı ayrı irdelendiğinde pH miktarına göre Hükümet konağı (SN-25), Atapark Şadırvanı (SN-26), Belediye Çayevi (SN-27), Lezzet Lokantası ve Aşevi (SN-28), Mithat Paşa İlkokulu (SN-29), Kafe Reis & Restoran (SN-30), II. sınıf (az kirlenmiş su) diğer örneklerin tümü I. sınıf (yüksek kaliteli su); iletkenlik miktarlarına göre Çilhoroz Geçidi Hayratı (SN-1), Mahmut Demir Hayratı (SN-2), Şeyhi Şirani Çeşmesi (SN-3), Tekke Gözesi (SN-4), Mertekli Mahallesi Meydan Çeşmesi (SN-7), örnekleri II. sınıf (az kirlenmiş su) diğer örneklerin tümü ise I.sınıf (yüksek kaliteli su); Na , SO_4 ve Cl , miktarlarına göre I. ve II. sınıf (az kirlenmiş sular) sularda yer almaktadır. İnceleme alanlarından alınan su numunelerinin Kıta İçi Su Kaynakları Sınıfı (RG, 2015)'na göre sınıflaması Tablo 4.1 ve 4.2'de verilmiştir.



Şekil 4.4. Örneklerin K^+ , Na^+ , Ca^{+2} ve Mg^{+2} içeriği ile Fransız sertlik derecesi (Fr) arasındaki ilişki (semboller Şekil 3.4'deki gibidir)

İnceleme alanlarından derlenen numunelerin alındığı yerdeki kayaç türü (suların geçtiği litolojiler) ile sertlik, pH ve elementlerin konsantrasyonu arasında belirgin bir ilişki görülmemiştir. Ancak, alüvyondan geçen suların sertlikleri genellikle “çok yumuşak” (n= 3) ve “yumuşak” (n= 7) özelliktedir. Bununla birlikte, bazı örnekler ise “orta sert” (n= 5) ve “sert” (n= 1) sular sınıfındadır. Bu örneklerin pH değerleri 5.41 ile 7.48 (n= 16) aralığında değişmektedir. Kelkit formasyonuna ait birimlerden (Kumtaşı, kıltaşı, marn, şeyl, tuf) geçen suların ise genellikle yumuşak (3 örnek çok yumuşak, 4 örnek yumuşak) ve sert (5 örnek oldukça sert, 1 örnek orta sert, 1 örnek sert) sınıfında olduğu tespit edilmiştir. Bu örneklerde pH değerleri ise 6.36-7.68 arasındadır (n= 14). Her iki litolojiden de alınan suların kalitesi büyük bir çoğunlukla I. ve II. sınıf, bazı örneklerde ise III. sınıf kalitededir. Ayrıca, tüm örnekler genel olarak değerlendirildiğinde, suların çok yumuşak-sert sınıf aralığında oldukları söylenebilir.

Tablo 4.4. Şiran ilçesinde alınan numunelerin kirlenici parametreleri ve su sınıfları (anyon-kasyon ve ağır element konsantrasyon değerleri µg/l cinsindedir)

Örnek No	Alındığı yer	Kirlilik parametresi	Su sınıfı
SN-1	Çilhoroz Geçidi Hayratı	pH, SO ₄ , Na, Ca, Fe, Al, Mn, Cr, Cd, Ni, Cl, HCO ₃ , Co, Cu,	I
		İletkenlik, Zn	II
SN-2	Mahmut Demir Hayratı	pH, SO ₄ , Na, Ca, Fe, Al, Mn, Cr, Cd, Ni, Cl, HCO ₃ , Co	I
		İletkenlik, Zn, Cu	II
		Pb	IV
SN-3	Şeyhi Şirani Çeşmesi	pH, SO ₄ , Na, Ca, Fe, Al, Mn, Cr, Cd, Ni, Cl, HCO ₃ , Co	I
		İletkenlik, Zn, Pb, Cu	II
SN-4	Tekke Gözesi	pH, SO ₄ , Na, Ca, Fe, Al, Mn, Cr, Cd, Ni, Cl, HCO ₃ , Co	I
		Cu İletkenlik, Zn, Pb	II
SN-5	Osman Keleş Hayratı	pH, İletkenlik, SO ₄ , Na, Ca, Fe, Al, Mn, Cr, Cd, Ni, Cl, HCO ₃ , Co,	I
		Cu, Zn, Pb	II
SN-6	Mertekli Mahallesi Merkez Çeşmesi	pH, İletkenlik, SO ₄ , Na, Ca, Fe, Al, Mn, Cr, Cd, Ni, Cl, HCO ₃ , Co	I
		Pb, Zn, Cu	II
SN-7	Mertekli Mahallesi Meydan Çeşmesi	pH, SO ₄ , Na, Ca, Fe, Al, Mn, Cr, Cd, Ni, Cl, HCO ₃ , Co	I
		İletkenlik, Zn, Cu	II
		Pb	III
SN-8	Meydan Çeşmesi	pH, İletkenlik, SO ₄ , Na, Ca, Fe, Al, Mn, Cr, Cd, Ni, Cl, HCO ₃ , Co,	I
		Cu, Zn, Pb	II
SN-9	İlçe su deposu	pH, İletkenlik, SO ₄ , Na, Ca, Fe, Al, Mn, Cr, Cd, Ni, Cl, HCO ₃ , Co	I
		Zn, Cu	II
		Pb	III
SN-10	Devlet Hastanesi	pH, İletkenlik, SO ₄ , Na, Ca, Fe, Al, Mn, Cr, Cd, Ni, Cl, HCO ₃ , Cso	I
		Cu, Zn, Pb	II
SN-11	Yeniçeri Petrol Ofisi	pH, İletkenlik, SO ₄ , Na, Ca, Fe, Al, Mn, Cr, Cd, Ni, Cl, HCO ₃ , Co, Zn,	I
		Cu, Pb	II
SN-12	Köşebaşı Çayevi	pH, İletkenlik, SO ₄ , Na, Ca, Fe, Al, Mn, Cr, Cd, Ni, Cl, HCO ₃ , Co	I
		Zn, Pb, Cu	II
SN-13	Merkez Çarşı Camii Şadırvanı	pH, İletkenlik, SO ₄ , Na, Ca, Fe, Al, Mn, Cr, Cd, Ni, Cl, HCO ₃ , Co	I
		Zn, Pb, Cu	II
SN-14	Tekke Camii Şadırvanı	pH, İletkenlik, SO ₄ , Na, Ca, Fe, Al, Mn, Cr, Cd, Ni, Cl, HCO ₃ , Co	I
		Zn, Pb, Cu	II
SN-15	Esentepe Camii Şadırvanı	pH, İletkenlik, SO ₄ , Na, Ca, Fe, Al, Mn, Cr, Cd, Ni, Cl, HCO ₃ , Co, Cu	I
		Zn, Pb	II
SN-16	15 Temmuz YİBO	pH, İletkenlik, SO ₄ , Na, Ca, Fe, Al, Mn, Cr, Cd, Ni, Cl, HCO ₃ , Co	I
		Zn, Pb, Cu	II
SN-17	Belediye Hamamı	pH, İletkenlik, SO ₄ , Na, Ca, Fe, Al, Mn, Cr, Cd, Ni, Cl, HCO ₃ , Co	I
		Zn, Pb, Cu	II

Tablo 4.3 devamı

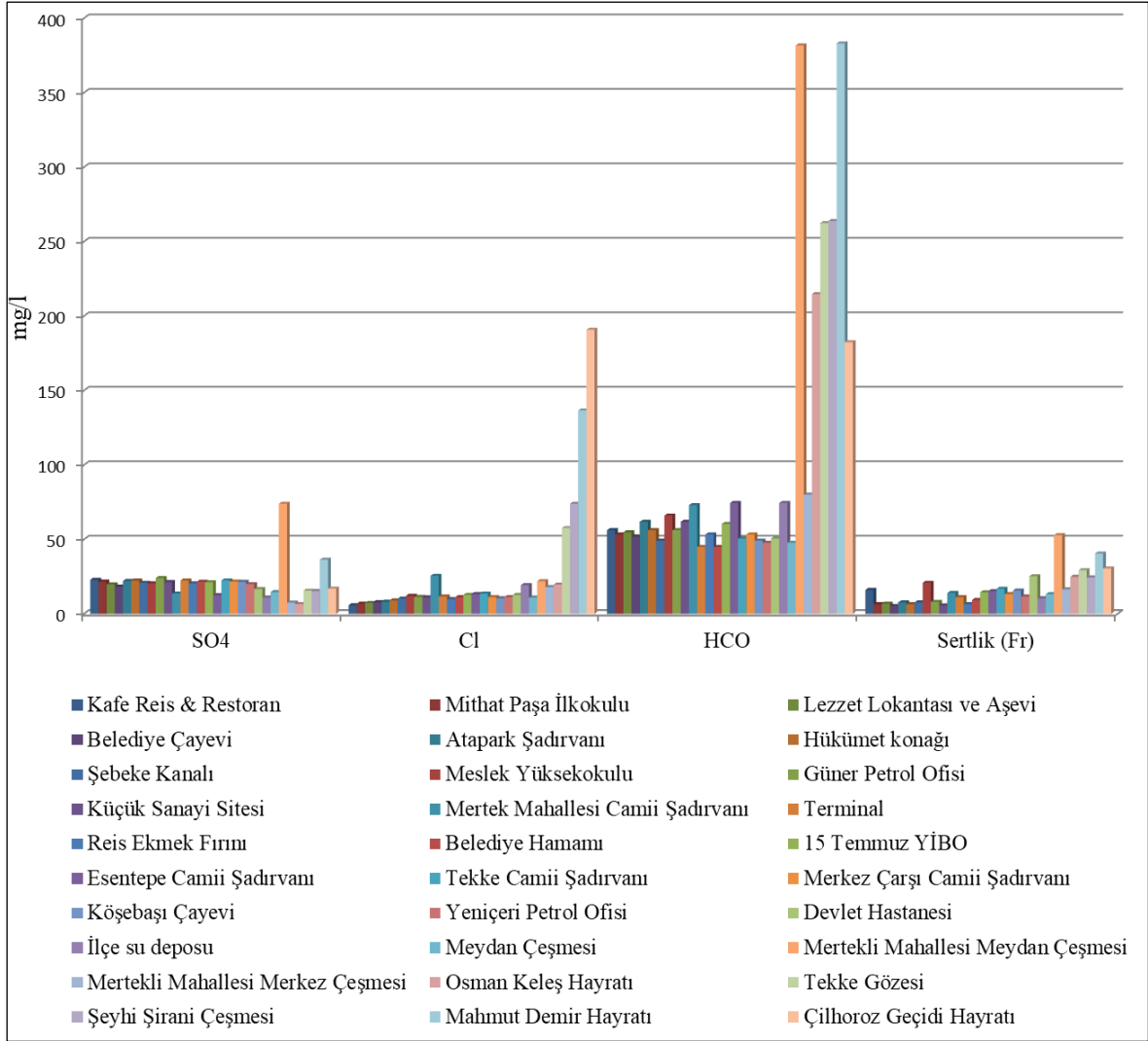
Örnek No	Alındığı yer	Kirlilik parametresi	Su sınıfı
SN-18	Reis Ekmek Fırını	pH, İletkenlik, SO ₄ , Na, Ca, Fe, Al, Mn, Cr, Cd, Ni, Cl, HCO ₃ , Co	I
		Cu, Zn, Pb	II
SN-19	Terminal	pH, İletkenlik, SO ₄ , Na, Ca, Fe, Al, Mn, Cr, Cd, Ni, Cl, HCO ₃	I
		Zn, Pb, Cu	II
		Co	III
SN-20	Mertek Mahallesi Camii Şadırvanı	pH, SO ₄ , Na, Ca, Fe, Al, Mn, Cr, Cd, Ni, Cl, HCO ₃ , Co, İletkenlik, Zn; Cu	I
		Pb	II
			III
SN-21	Küçük Sanayi Sitesi	pH, İletkenlik, SO ₄ , Na, Ca, Fe, Al, Mn, Cr, Cd, Ni, Cl, HCO ₃	I
		Zn; Cu	II
		Co, Pb	III
SN-22	Güner Petrol Ofisi	pH, İletkenlik, SO ₄ , Na, Ca, Fe, Al, Mn, Cr, Cd, Ni, Cl, HCO ₃ ,	I
		Cu, Zn	II
		Co, Pb	III
SN-23	Meslek Yüksekokulu	İletkenlik pH, SO ₄ , Na, Ca, Fe, Al, Mn, Cr, Cd, Ni, Cl, HCO ₃ , Co, Co	I
		Zn, Cu	II
		Pb	III
SN-24	Şebeke Kanalı	İletkenlik, pH, SO ₄ , Na, Ca, Fe, Al, Mn, Cr, Cd, Ni, Cl, HCO ₃ , Co	I
		Zn, Cu	II
		Pb	III
SN-25	Hükümet konağı	İletkenlik, SO ₄ , Na, Ca, Fe, Al, Mn, Cr, Cd, Ni, Cl, HCO ₃ , Co	I
		Zn, Cu	II
		pH, Pb	III
SN-26	Atapark Şadırvanı	İletkenlik, SO ₄ , Na, Ca, Fe, Al, Mn, Cr, Cd, Ni, Cl, HCO ₃ , Co, Zn	I
		Pb, Cu	II
		pH	III
SN-27	Belediye Çayevi	İletkenlik, SO ₄ , Na, Ca, Fe, Al, Mn, Cr, Cd, Ni, Cl, HCO ₃ , Pb, Zn,	I
		Pb, Cu	II
		pH	III
SN-28	Lezzet Lokantası ve Aşevi	İletkenlik, SO ₄ , Na, Ca, Fe, Al, Mn, Cr, Cd, Ni, Cl, HCO ₃ , Co, Zn	I
		Pb, Cu	II
		pH	III
SN-29	Mithat Paşa İlkokulu	İletkenlik, SO ₄ , Na, Ca, Fe, Al, Mn, Cr, Cd, Ni, Cl, HCO ₃ , Co, Zn	I
		Pb, Cu	
		pH	III
SN-30	Kafe Reis & Restoran	İletkenlik, SO ₄ , Na, Ca, Fe, Al, Mn, Cr, Cd, Ni, Cl, HCO ₃ , Co, Zn	I
		Pb, Cu	II
		pH	III

Çalışma alanında yüzeyleme veren birimlerin kaya türleri dikkate alındığında, Na^+ değerlerindeki değişimler ve Çilhoroz Geçidi Hayratı (SN-1), Mahmut Demir Hayratı (SN-2), Şeyhi Şirani Çeşmesi (SN-3), Tekke Gözesi (SN-4), Osman Keleş Hayratı (SN-5), Mertekli Mahallesi Meydan Çeşmesi (SN-7) eklerindeki göreceli yüksek değerler kumtaşlarında plajiyoklasların ayrışması ile ilişkilendirilebilir. Ayrıca, Mg^{+2} ve $\text{Fe}^{+2}/\text{Fe}^{+3}$ içeriklerindeki değişimlerin (örneğin Çilhoroz Geçidi Hayratı (SN-1), Mahmut Demir Hayratı (SN-2), Tekke Gözesi (SN-4), Osman Keleş Hayratı (SN-5), Mertekli Mahallesi Meydan Çeşmesi (SN-7)) ise özellikle kumtaşlarındaki amfibol ve biyotit gibi mafik minerallerin ayrışmasına bağlı olarak geliştiği düşünülmektedir. Ca^{+2} iyonu plajiyoklas, amfibol ve kalsit gibi minerallerin, K^+ değerleri ise K-feldspat ve biyotit gibi minerallerinin ayrışması sonucu sulara bulunabilmektedir.

Su kalite sınıflamasının bir diğer ölçütü ise sulardaki HCO_3^- , SO_4^{-2} ve Cl^- içerikleridir. Şiran ilçe merkezi ve yakın civarından alınan örneklerdeki bu parametreler, Gümüşhane il merkezi içme sularındaki değerlere kıyasla benzer bir dağılım sergilemektedir (bkz. Şekil 3.6, Tablo 3.4). Gümüşhane il merkezi örneklerine kıyasla Şiran örneklerinin Ca^{+2} , Mg^{+2} ve K^+ katyon ve SO_4^{-2} anyon değerleri düşük, buna karşın Cl^- ve HCO_3^- anyon değerlerinin ise yüksek olduğu gözlenmektedir. Bu farklılıkların, suların geçtiği litolojiler ile ilişkili olduğu düşünülmektedir.

Çalışma alanından derlenen su örneklerinin SO_4^{-2} , Cl^- , HCO_3^{-3} ve sertlik (Fr) parametreleri topluca değerlendirildiğinde, farklı lokasyonlarda farklı kayaç türünden alınan örneklere ait değerlerin genellikle benzer dağılım sergilediği belirlenmiştir (Şekil 4.5).

Çalışma alanındaki sular genel olarak karbonatlı ($\text{Ca}+\text{Mg}>\text{Na}+\text{K}$) ve sülfatlı sular sınıfında olup, genellikle zayıf asit kökleri güçlü asit köklerinden ($\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{-2}+\text{Cl}^-$) daha fazladır. Buna ek olarak, örneklerden elde edilen HCO_3^{-3} ve Cl^- değerlerinin kayaçların türüne bağlı olarak daha yüksek çıktığı belirlenmiştir.



Şekil 4.5. Tüm örneklere ait SO_4^{2-} , Cl^- , HCO^{3-} ve sertlik (Fr) parametrelerinin karşılaştırılmış dağılımı

4.2. Potansiyel Toksik Element İçerikleri

Doğada bulunan sularda yüksek metal element (Fe, Mn, Cr, Cd, Al, Zn, Cu, Co, Ni, Pb vb.) konsantrasyonları canlı yaşamı ve çevresel etkiler açısından büyük problemlere yol açabilmektedir. Bu elementlerden bazıları sularda istenmeyen metalik bir tad ve bulanıklığa sebep olmakta iken, Cu, Pb gibi elementler sağlık açısından ciddi problemler teşkil etmektedir (Dündar ve Aslan, 2005). Metal içeriği yüksek elementlerin içme suyu dışındaki kullanımları da çevresel açıdan olumsuz etkilere neden olabilmektedir. Örneğin, Fe elementi açısından içme ve kullanma sularında izin verilebilir maksimum değer 200

$\mu\text{g/l}$ olup, bu değerden fazla oranda çözünmüş halde bulunması ve kullanılması ciddi sağlık sorunları oluşturabilmektedir. İncelenen örneklerde Fe değerleri 54.3-96.2 $\mu\text{g/l}$ olup, bu değerler izin verilebilir aralıklar içerisinde kalmaktadır.

Zn, doğada pek çok mineralde bulunmakta olup, içme suyu, buğday unu, ekmek, bazı et ve su ürünleri tüketimi ile vücuda alınabilmektedir. Ancak insan vücudunda Zn elementi için depo sisteminin olmayışı, bu elementin vücutta artması ile ciddi sağlık problemleri meydana getirecektir. İçme ve kullanma sularında izin verilebilir maksimum Zn değeri ise 5000 $\mu\text{g/l}$ dir. İnceleme alanlarından derlenen su numunelerin Zn değeri 134.1-471.7 $\mu\text{g/l}$ aralığında olup TSE standardı (TS-266, 2005) izin verilebilir maksimum değere uygundur. Ancak Şiran ilçesinden alınan su umunelerinin Zn değeri (134.1-471.7 $\mu\text{g/l}$) tavsiye edilen sınır değerin (100 $\mu\text{g/l}$) üzerinde bulunmaktadır. Bu örnekler petrol istasyonu ve bina depolarında kullanım amaçlı depolanan sulardan alındığından, Zn miktarının depoların metal korezyonundan kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

Bir başka istenmeyen metal olan Cu elementi doğal ortamda, kayalarda, toprakta, suda ve havada bulunur. Ayrıca, doğada bitkilerde ve hayvanlarda da çok küçük miktarlarda bulunmaktadır. Bununla birlikte belirli bir seviyede Cu elementi bulunması, canlı yaşamı açısından önem arz etmektedir. Ancak belirli oranların üzerinde olması, gerek canlı yaşamı açısından, gerekse çevresel etkileri bakımından ciddi problemler ortaya çıkaracaktır. İçme ve kullanma sularında Cu miktarının yüksek olması durumunda suyun tadı metalik olmakla beraber, suyun dibinde mavimsi veya yeşil bir çökelti oluşabilmektedir. İnceleme alanlarından alınan su numunelerin Cu değeri 19.4-53.8 $\mu\text{g/L}$ aralığında olup TSE standardı (TS-266, 2005) izin verilebilir en üst değere uygundur.

Cd, doğada genelde Zn, Cu ve Pb elementleri ile birlikte ince partiküller halinde bulunur. Cd ve bileşikleri kanserojenik olup, başağrısı, susuzluk hissi, bronşit, sinirlilik, anemi, böbrek taşı gibi rahatsızlıklara neden olabilmektedir (Güler ve Çobanoğlu, 1997). İnceleme alanlarından alınan su numunelerin Cd değeri $<5 \mu\text{g/l}$ olup TSE standardı (TS-266, 2005) izin verilebilir sınırlar içerisinde.

Co, canlıların beslenmesinde önem taşımakta olup, B12 vitamininin merkez yapı taşı konumundadır. Günlük kobalt ihtiyacı ise 5 μg kadardır. Eksikliğinde ise kansızlık riski artmaktadır. Dayanıklı ve oksitlenmeye karşı dirençli bir metal olması nedeniyle sanayide kullanımı yaygındır. İnceleme alanlarından alınan su numunelerin TSE (TS-266) ve WHO (2014) standartlarına göre Co elementleri Şeyhi Şirani Çeşmesi (SN-3), Tekke Gözesi (SN-4), Yeniçeri Petrol Ofisi (SN-11), Köşebaşı Çayevi (SN-12), Merkez Çarşı Camii

Şadırvanı, (SN-13), Tekke Camii Şadırvanı (SN-14), Esentepe Camii Şadırvanı (SN-15), 15 Temmuz YİBO (SN-16), Belediye Hamamı (SN-17), Reis Ekmek Fırını (SN-18), Terminal (SN-19), Atapark Şadırvanı (SN-26), Belediye Çayevi (SN-27), Lezzet Lokantası ve Aşevi (SN-28), Mithat Paşa İlkokulu (SN-29), Kafe Reis & Restoran (SN-30) dışında 10 µg/l'nin altındadır. Co değeri yüksek çıkan numunelerin alındığı lokasyonlardaki sular kullanım alanı açısından sağlık konusunda herhangi bir risk teşkil etmemektedir.

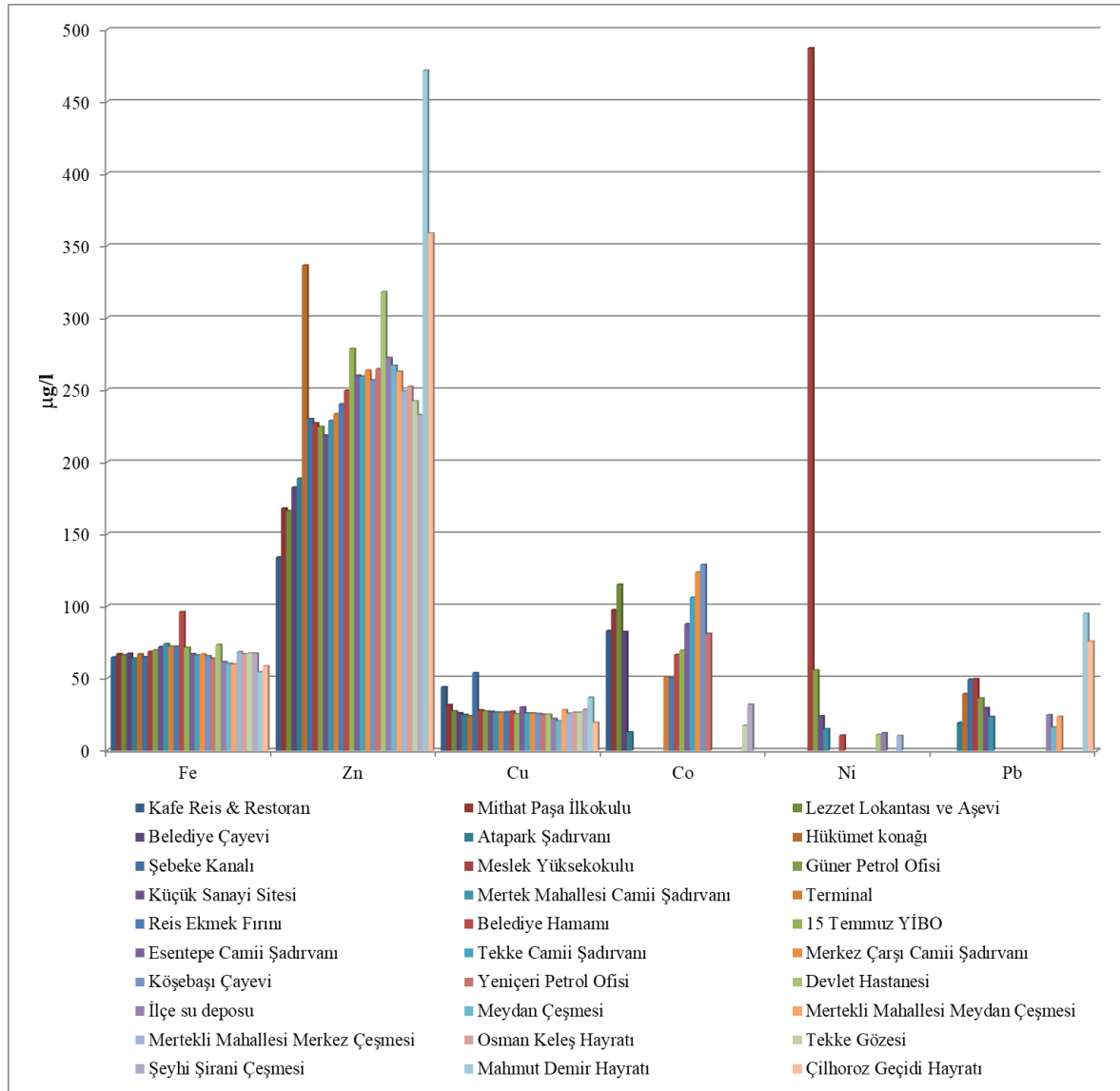
Ni bileşikleri pratik olarak suda çözünmeyip, sulardaki doğal nikel miktarı çok düşüktür. Bu element vücuda solunum, içilen su ve beslenme yoluyla alınmaktadır. Ni toksik bir element olmadığından, gıda ve sularda belirli bir miktarda bulunması ciddi bir sağlık problemi yaratacağı düşünülmemektedir (Güler ve Çobanoğlu, 1997). İçme ve kullanma sularında izin verilebilir maksimum Ni değeri <20 µg/l olup, inceleme alanlarından alınan suların Ni değerleri birkaç örnek Mahallesi Camii Şadırvanı (SN-20), Küçük Sanayi Sitesi (SN-21), Güner Petrol Ofisi (SN-22), Meslek Yüksekokulu (SN-23), dışında 20 µg/l nin altındadır. Genel olarak Ni içerikleri TSE standardı (TS-266, 2005) izin verilebilir aralıklara uygundur.

Bir diğer ağır metal olan Cr elementinin Cr^{+6} iyonu kanserojen özellikte olup, içme sularında bulunması ciddi sağlık problemlerine neden olabilmektedir. (Özbolat ve Tuli 2016). Sularda Cr elementinin bulunması su kirliliğini işaret etmektedir. İçme ve kullanma sularında izin verilebilir maksimum Cr değeri <50 µg/l'dir. Cr elementinin en önemli kaynak kayaçlarından olan ultramafik kayaçların çalışma alanı ve yakın civarında gözlenmemesi nedeniyle örneklerin Cr değerleri 10 µg/l'nin altındadır. Bu değerler TSE içme ve kullanma suyu standardına (TS-266, 2005) uygundur.

Bir diğer ağır metal olan Pb elementi doğada en çok PbS, PbZn vb. bileşikleri halinde bulunmaktadır. İnsan vücudunda çok farklı (içme suyu, yiyecek, sigara, toz, toprak, hava, boya) yollardan alınmakta olup toksik etkisi bulunmaktadır. İçme ve kullanma sularında izin verilebilir maksimum Pb değeri <10 µg/l dir. İnceleme alanından alınan suların Pb değerlerinin 12 tanesi (Çilhoroz Geçidi Hayratı (SN-1), Mahmut Demir Hayratı (SN-2), Mertekli Mahallesi Meydan Çeşmesi (SN-7), Meydan Çeşmesi (SN-8), İlçe su deposu (SN-9), Mertek Mahallesi Camii Şadırvanı (SN-20), Küçük Sanayi Sitesi (SN-21), Güner Petrol Ofisi (SN-22), Meslek Yüksekokulu (SN-23), Şebeke Kanalı (SN-24), Hükümet konağı (SN-25), Atapark Şadırvanı (SN-26) izin verilebilir maksimum değer olan ≤10 µg/l üzerinde oldukları saptanmıştır (Tablo 3.3)

Pb miktarlarına göre suların tümü II. sınıf (az kirlenmiş su) ve III. sınıf (kirlenmiş su) sular; Zn miktarlarına göre ise Atapark Şadırvanı (SN-26), Belediye Çayevi (SN-27), Lezzet Lokantası ve Aşevi (SN-28), Mithat Paşa İlkokulu (SN-29), Kafe Reis & Restoran (SN-30) nolu sular I. sınıf ve diğerleri II. sınıf sular sınıfında;. Cu, Cd, Cr Fe, Mn, Al, Ni, Co I. ve II. sınıf (az kirlenmiş sular) sularda yer almaktadır.

Çalışma alanından derlenen tüm su numunelerindeki çözünmüş metal elementlerin (Fe, Zn, Cu, Co, Ni, Pb) dağılımları (Şekil 4.6)'da verilmiştir.



Şekil 4.6. Tüm örneklere ait ağır metal (Fe, Zn, Cu, Co ve Pb) element içeriklerinin karşılaştırılmış dağılımı

İçme sularının kalitesini, çıktığı lokasyonlarda bulunan çakıl, kum, kumtaşı, granit, marn gibi jeolojik birimler olumlu yönde etkilemektedir. Özellikle fay zonlarında meydana gelen su-kayaç etkileşimi ile bazı ağır metallerin (Al, Ag, As, Ba, Cd, Co, Cu, Cr, Hg, Fe, Mn, Ni, Sb, Se, Pb ve Zn) konsantrasyonlarında artış gözlemlenebilir. Bununla birlikte suların dağıtımında kullanılan boruların ilksel özellikleri kaybetmesi, aşınması ve deforme olması Pb, Ni, SO₄ değerlerinin artışına sebep olabilmektedir. İnceleme alanından alınan örneklerinde kirletici olarak rol oynayan elementlerin başında Cu, Pb, Co ve Zn gelmektedir. Bazı örneklerde gözlenen bu kirliliğin kurşun boruların korozyonu, endüstriyel ve maden atıklarının içme suyuna karışmış olma ihtimali gösterilebilir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Şiran (Gümüşhane) ilçe merkezindeki içme sularının fiziksel ve jeokimyasal karakteristikleri ortaya konmuş ve bu suların geçtiği litolojiler ile olan ilişkisi irdelenmiştir. Yapılan çalışmalar kapsamında elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

1. Doğu Pontidler'in Güney Zonu'nda yer alan ve Şiran (Gümüşhane) ilçe merkezini kapsayan inceleme alanında baskın litolojiyi konglomera, kumtaşı, marn, kumlu kireçtaşı ve şeyl ardışımından oluşan Erken-Orta Eosen yaşlı Kelkit Formasyonu ile güncel oluşumu devam eden alüvyon/yamaç molozu oluşturmaktadır. Su numuneleri genel olarak halka açık kamu kurumlarının su depoları ile Alüvyon ve Kelkit Formasyonu üzerinde yer alan kaynaklardan derlenmiştir.
2. Örneklerin pH değerleri 5.41-7.68 arasında dağılım sergilemekte olup, bu değerler yerleşim merkezinden alınan suların bazik karakterli alkali su olduğunu işaret etmektedir. Elde edilen pH değerleri Hükümet konağı (SN-25), Atapark Şadırvanı (SN-26), Belediye Çayevi (SN-27), Lezzet Lokantası ve Aşevi (SN-28), Mithat Paşa İlkokulu (SN-29), Kafe Reis & Restoran (SN-30), örnekleri hariç hem TS 266, hem de Dünya Sağlık Teşkilatı (WHO) standartlarına uygundur.
3. Suların 106.9-827.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ aralığında dağılım sergileyen iletkenlik değerleri TS 266 ve Dünya Sağlık Teşkilatı (WHO) standartları ile uyumludur.
4. Su kalitesi bakımından Şiran örnekleri genel olarak 'çok yumuşak', 'yumuşak', 'orta sert' ve 'oldukça sert'e kadar değişiklik sergilemekte olup, genellikle I. ve II. ve III. sınıf kaliteli su kategorisinde yer almaktadır.
5. İnceleme alanı su örneklerinin bikarbonatlı (HCO_3^-) ve Ca'lu bileşimli ile düşük $\text{SO}_4^{-2}+\text{Cl}^-$ içeren Ca+Mg'lu karışık bileşimli sular olarak sınıflandırılmıştır. Örnekler genel olarak karbonatlı ($\text{Ca}+\text{Mg}>\text{Na}+\text{K}$) ve sülfatlı sular sınıfında olup, genellikle zayıf asit kökleri güçlü asit köklerinden ($\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{-2}+\text{Cl}^-$) daha fazladır.
6. İncelenen örneklerin Ca, Mg, Na, K, Fe, Mn ve Al değerleri genel olarak izin verilebilir aralıkta olup, TS-266 ve Dünya Sağlık Teşkilatı (WHO) standartlarına uygundur. Çözünmüş metal (Fe, Zn, Cu, Co, Ni, Pb) içerikleri ise birkaç örnek dışında, kabul edilebilir sınırlar arasında dağılım göstermektedir.

7. Gümüşhane İl merkezi içme sularının fiziksel ve jeokimyasal özellikleri ile bu çalışma kapsamında elde edilen bulgular kıyaslandığında; çalışma alanından elde edilen Cu, Co, Pb, Mn, Zn, Al, Fe değerlerinin Gümüşhane İl merkezi içme sularına göre yüksek değerler verdiği, buna karşın, Ni, Cd, Cr, SO_4^{-2} , Cl^- ve HCO_3^- değerlerinin benzer; iletkenlik, sertlik, K, Na, Ca ve Mg değerlerinin ise daha düşük dağılım sergilediği ortaya konmuştur. Genel olarak değerlendirildiğinde ise benzer dağılım sergiledikleri ortaya konmuştur.
8. Bu çalışma, Şiran İlçe merkezi içme sularında gerçekleştirilen ve sağlık açısından önemli olan elementlerin analiz edildiği ve jeokimyasal açıdan yorumlandığı ilk çalışma olma özelliğindedir. Bu nedenle, canlı yaşamın sürdürülebilirliği açısından içme ve kullanma sularının, Gümüşhane'nin maden yatakları bakımından zengin olması da göz önünde bulundurularak, belirli dönemlerde anyon, katyon ve ağır metal analizlerinin yapılması ve izlenmesi son derece önem arz etmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Ağar, Ü., 1977. Demirözü (Bayburt) ve Köse (Kelkit) Bölgesinin Jeolojisi. Doktora tezi, İ.Ü., Fen Fakültesi, İstanbul, 56.
- Akaryalı, E., Gücer, M.A. ve Alemdağ, S., 2018. Atık Barajı Rezervuarı ve Cevher Stok Alanlarında Asit Maden Drenajı (AMD) Oluşumunun Değerlendirilmesi: Gümüşhane Örneği. Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, 4, 2, 192-209.
- Akıncı, Ö.T., 1984. The Eastern Pontide Volcano-Sedimentary Belt and Associated Massive Sulphide Deposits. in: J.E. Dixon and A.H.F. Robertson (eds.), The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean, Geological Society, London, Special Publications, 17, 415-428.
- Alp, D., 1972. Amasya Yöresinin Jeolojisi. İÜ Fen Fak. Monografileri, 22, İstanbul, 135.
- Altunkaynak, L., 2000. Ağvanis Masifi Doğu Kesimi ve Çevre Kayaçlarının Jeolojisi, Petrografisi ve Jeokimyası. Doktora Tezi, KTÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Baykal, F., 1952. Kelkit-Şiran Bölgesinde Jeolojik Araştırmalar. MTA Raporu No: 2205, Ankara.
- Bulut, V.N., Gündoğdu, A., Vural, A., Baltacı, C. ve Soylak, M., 2018. Gümüşhane Harşit Çayı'nın Florür İçeriğinin Jeolojik ve Antropojenik Olarak İncelenmesi. International Trace Analysis Congress (ITAC 2018), s. 74, Sivas-Turkey.
- Çoğulu, E., 1975. Gümüşhane ve Rize Granitik Plütonlarının Mukayeseli Petrolojik ve Jeokronometrik Etüdü. Doçentlik Tezi, İÜ Maden Mühendisliği, 186s. İstanbul.
- Doğan, L., 1981. Hidrojeolojide Su Kimyası, DSİ yayınları, Ankara, 178s.
- Dokuz, A., 2011. A slab detachment and delamination model for the generation of Carboniferous high potassium I-type magmatism in the Eastern Pontides: The Köse composite Pluton. Gondwana Research, 19, 926-944.
- Dokuz, A. ve Tanyolu, E., 2006. Geochemical Constraints on the Provenance, Mineral Sorting and Subaerial Weathering of Lower Jurassic and Upper Cretaceous Clastic Rocks from the Eastern Pontides, Yusufeli (Arvin), NE Turkey. Turkish Journal of Earth Sciences, 15, 181-209.
- Dokuz, A., 2000. Yusufeli yöresinin jeolojisi, jeotektoniği, magmatik-metamorfik kayaçların jeokimyası ve petrojenezi. Doktora Tezi, KTÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Dündar, Y. ve Aslan, R., 2005. Yaşamı kuşatan ağır metal kurşunun etkileri. Kocatepe Tıp Dergisi, 6, 1-5.

- Erguvanlı, K. ve Yüzer, E., 1987. Yer altı Suları Jeolojisi. İTÜ Maden Fakültesi Yayınları, İstanbul.
- Eyüboğlu, Y., 2006. Doğu Pontid Magmatik Yayı'nda (KD Türkiye) Alaska-tip mafik-ultramafiklerin tanımı ve jeotektonik önemi. Doktora Tezi, KTÜ., Fen Bilimler Enstitüsü, Trabzon.
- Göncüoğlu, M.C., 2010. Türkiye Jeolojisine Giriş: Alpin ve Alpin Öncesi Tektonik Birliklerin Jeodinamik Evrimi. MTA Gen. Müd. Monografi Serisi No: 5, 69s., Ankara.
- Güler, Ç. ve Çobanoğlu, Z., 1997. Gecekondular ve Çevre Sağlığı. Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi No: 48, Ankara.
- Gültekin, F., 1998. Gümüşhane ve Bayburt Yöresi Mineralli Su Kaynaklarının Hidrokimyası ve İzotopik Özellikleri. Doktora Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 188.
- Gündoğdu, A., Vural, A. ve Baltacı, C., 2017. Fluoride Levels of Surface Waters in Gümüşhane City (NE Turkey) as Drinking and Usage Water Resources. 2nd International Conference on Civil and Environmental Engineering (Cappadocia-2017), Nevşehir-Turkey, s.3677.
- Gündoğdu, A., Vural, A., Bulut, V.N., Baltacı, C. ve Soylak, M., 2018. Gümüşhane'deki Bazı Yüzey Sularının Su Kalitesi Açısından İzlenmesi ve Değerlendirilmesi. International Trace Analysis Congress (ITAC 2018/ES-AN 2018), sayfa:54, Sivas-Turkey.
- Güner, S., 1986. Gümüşhane-Kelkit-Şiran Yöresinin Jeolojisi. MTA, Trabzon.
- Güven, İ.H., 1993. Doğu Karadeniz Bölgesi'nin 1/25.000 ölçekli jeolojisi ve komplikasyonu. MTA, Ankara.
- Kandemir, R. ve Yılmaz, C., 2009. Lithostratigraphy, Facies and Deposition Environment of the Lower Jurassic Ammonitico Rosso Type Sediments (ARTS) in the Gumushane Area, NE Turkey: Implications for the Opening of the Northern Branch of the Neo-Tethys Ocean. *Journal of Asian Earth Sciences*, 34, 586-598.
- Kandemir, R., 2004. Gümüşhane ve Yakın Yörelerindeki Erken-Orta Jura Yaşlı Şenköy Formasyonu'nun Çökel Özellikleri ve Birikim Koşulları. Doktora Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Karlı, O., Dokuz, A. ve Kandemir, R., 2016. Subduction-related Late Carboniferous to Early Permian magmatism in the Eastern Pontides, the Camlik and Casurluk plutons: Insights from geochemistry, whole-rock Sr-Nd and in situ zircon Lu-Hf isotopes, and U-Pb geochronology. *Lithos*, doi: 10.1016/j.lithos.2016.10.007.
- Kaygusuz, A., Arslan, M., Sipahi, F. ve Temizel, İ., 2016. U-Pb zircon chronology and petrogenesis of Carboniferous plutons in the northern part of the Eastern Pontides,

NE Turkey: Constraints for Paleozoic magmatism and geodynamic evolution. Gondwana Research, 39, 327–346.

Ketin, İ., 1951. Bayburt Bölgesinin Jeolojisi. İÜ. Fen Fakültesi Mecmuası, Cilt:16, İstanbul.

Ketin, İ., 1966. Anadolu'nun Tektonik Birlikleri. MTA Dergisi, 66, 20-34.

Kırmacı, Z. 1992. Alucra-Gümüşhane-Bayburt Yörelerindeki (Doğu Pontid Güney Zonu) Üst Jura-Alt Kretase Yaşlı Berdiga Kireçtaşı'nın Sedimentolojik İncelemesi. Doktora Tezi, KTÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Lenntech, 2014. <http://www.lenntech.com/ro/water-hardness.htm>

Lermi, A., 2003. Midi (Karamustafa/Gümüşhane, KD Türkiye) Zn-Pb Yatağının Jeolojik, Mineralojik, Jeokimyasal ve Kökensel İncelemesi. Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Okay, A.I. ve Şahintürk, Ö., 1997. Geology of the Eastern Pontides, in: Robinson, A.G. (Eds.), Regional and petroleum geology of the Black Sea and surrounding region. AAPG Bulletin, 68, 291-311.

Okay, A.I. ve Tüysüz, O., 1999. Tethyan Sutures of Northern Turkey. The Mediterranean Basin: Tertiary Extension within the Alpine Orogen. Geol. Soc. London Spec. Publ., 156, 475-515.

Okay, A.I., 1984. Distribution and characteristics of the northwest Turkish blueschists. In: The geological evolution of the Eastern Mediterranean (eds. J.E. Dixon, A.H.F. Robertson), Geological Society, London, Special Publications. 17, 455-466.

Okay, A.I., 1989, Tectonic units and sutures in the Pontides, northern Turkey. in A.M.C. Şengör, ed., Tectonic evolution of the Tethyan region: NATO ASI Series C259, Kluwer, Dordrecht, 109-116.

Okay, A.I., 2008. Geology of Turkey: A Synopsis. Anschnitt, 21, 19-42.

Özbolat, G. ve Tuli, A., 2016. Ağır Metal Toksisitesinin İnsan Sağlığına Etkileri. Arşiv Kaynak Tarama Dergisi 25(4), 502-521. Doi: 10.17827/aktd.253562

Özcan, A., Erkan, A., Keskin, A., Keskin, E., Oral, A., Özer, S., Sümege, M. ve Tekeli, O., 1980. Amasya-Turhal Arasındaki Bölgenin Jeolojisi. MTA Rap. No: 6722.

Özsayar, T., Gedikoglu, A. ve Pelin, S., 1981. Artvin Yöresi Yastık-Lavların Yaşına İlişkin Paleontolojik Veriler. KTÜ. Yerbilimleri Dergisi, 1, 1, 38-42.

Pelin, S., 1977. Alucra (Giresun) Güneydoğu Yöresinin Petrol Olanakları Bakımından Jeolojik İncelemesi. KTÜ yayını, 87, 103.

- Piper, A.M. 1944. A Graphic Procedure in Geochemical Interpretation of Water Analyses. Transactions of the American Geophysical Union 25, 914-923.
- Rankama, K. ve Sahama, T.H.G., 1964. Geochemistry, The univ. of Chicago Pres, Chicago and London, 912s.
- Resmi Gazete, 15/04/2015. Yüzeysel Su Kalitesi Yönetim Yönetmeliği. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Sayı: 29327, Ankara.
- Robinson, A.G., Banks, C.J., Rutherford, M.M. ve Hirst, J.P.P., 1995. Stratigraphic and structural development of the Eastern Pontides, Turkey. Journal of Geological Society of London, 152, 861-872.
- Rojay, B., 1993. Tectonostratigraphy and Neotectonic Characteristics of the Southern Margin of Merzifon-Suluova Basin (Central Pontides, Amasya), Phd Thesis, Middle East Technical University, Ankara.
- Saydam Eker, Ç., Akpınar, İ. ve Sipahi, F., 2016. Organic geochemistry and element distribution in coals formed in Eocene lagoon facies from the Eastern Black Sea Region, NE Turkey. Turkish Journal of Earth Sciences, 25, 467-489.
- Saydam Eker, Ç., Sipahi, F. ve Kaygusuz, A., 2012. Trace and Rare Earth Elements as Indicators of Provenance and Depositional Environments of Lias Cherts in Gumushane NE Turkey. Chemie der Erde Geochem., 72, 167-177.
- Sipahi, F. ve Uslu S., 2016. Investigation of the quality and physical-geochemical characteristics of the drinking water in Gümüşhane (Turkey) city central. Arabian Journal of Geosciences, 9, 600. doi.org/10.1007/s12517-016-2620-6
- Şen, C., 2007. Jurassic volcanism in the Eastern Pontides: Is it rift related or subduction related?. Turkish Journal of Earth Sciences, 16, 523-539.
- Şengör, A.M.C. ve Yılmaz, Y., 1981. Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach. Tectonophysics, 75, 181-241.
- Tahmasebzadeh Bastam, E., 2014. Değirmendere (Trabzon) havzası kaynak sularında su-kayaç ilişkisi. Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Taşlı, K., 1990. Gümüşhane-Bayburt Yörelerindeki Üst Jura-Alt Kretase Yaşlı Karbonat İstiflerinin Stratigrafisi ve Mikropaleontolojik İncelemesi, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Topuz, G., Altherr, R., Kalt, A., Satır, M., Wemer, O. ve Schwarz, W.H., 2004a. Aluminous granulites from the Pulur complex, NE Turkey: a case of partial melting, efficient melt extraction and crystallization. Lithos, 72, 183-207.
- Topuz, G., Altherr, R., Schwarz, W.H., Dokuz, A. ve Meyer, H.P., 2007. Variscan amphibolite-facies rocks from the Kurtoğlu metamorphic complex. Gümüşhane area, Eastern Pontides, Turkey. International Journal of Earth Sciences, 96, 861-873.

- Topuz, G., Altherr, R., Wolfgang, S., Schwarz, W.H., Zack, T., Hasanözbek, A., Mathias, B., Satır, M. ve Şen, C., 2010. Carboniferous high-potassium I-type granitoid magmatism in the Eastern Pontides: The Gümüşhane pluton (NE Turkey). Lithos, 116, 92-110.
- Topuz, G. ve Altherr, R., 2004. Pervasive rehydration of granulites during exhumation-an example from the Pulur complex, Eastern Pontides, Turkey. Mineralogy and Petrology, 81, 165-185.
- Topuz, G., Altherr, R., Satır, M. ve Schwarz, W.H., 2004b. Low-grade metamorphic rocks from the Pulur complex, NE Turkey: implications for pre-Liassic evolution of the Eastern Pontides. International Journal of Earth Sciences, 93, 72-91.
- TS 3790, 1988. Su Kalitesi-Alkalilik Tayini. Türk Standartları Enstitüsü (TSE).
- TS 4161 ISO 9297, 1998. Su Kalitesi-Klorür Tayini-Kromat İndikatörü Yanında Gümüş Nitrat ile Titrasyon (Mohr Metodu). Türk Standartları Enstitüsü (TSE).
- TS 5095, 1987. Suyun Analiz Metotları-Sülfat Tayini- Gravimetrik, Türbitimetrik ve Titrimetrik Metotlar (Methods for the Analysis of Water-Determination of Sulfate Content Gravimetric, Turbidimetric and Titrimetric Methods), Türk Standartları Enstitüsü (TSE).
- TSE, 2005. TS 266, Türk İçme Suyu Standartları. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Tuncay, H., 1994. Su Kalitesi. EU., Ziraat Fakültesi Yayınları, İzmir, 243s.
- Tüysüz, O., 1996. Amasya ve çevresinin jeolojisi, Türkiye 11. Petrol Kongresi Bildirileri, 32-48.
- Uslu, S., 2014. Gümüşhane İl Merkezi İçme Sularının Fiziksel ve Jeokimyasal Özelliklerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gümüşhane.
- Ustaömer, T. ve Robertson, H.F.A., 2010. Late Paleozoic-Early Cenozoic development of the Eastern Pontides (Artvin area), Turkey: stages of closure of Tethys along the southern margin of Eurasia. Geological Society, London, Special Publications, 340, 281-327.
- Vural, A. ve Gündoğdu, A., 2017. Determination of Excess Fluoride Content in Surface Waters from Gümüşhane (NE Turkey) Mining/Alteration Areas. 3rd International Congress on Environmental Researches and Technology (ICERAT), Belgrade, Serbia.
- Vural, A., Bulut, V.N., Alemdağ, S. ve Soylak, M., 2018a. Geochemical investigation of the potability of surface water in Torul Çit River (Gümüşhane, NE Turkey). 3rd International Health Sciences and Management Conference, p.280-286, Sofia, Bulgaria.

- Vural, A., Gündoğdu, A. ve Saka, F., 2018b. Hydro-chemical evaluation of water quality in Gökdere-Beyçam drainage network (Gümüşhane, NE Turkey). 3rd International Health Sciences and Management Conference, p.259-263, Sofia, Bulgaria.
- Vural, A., Gündoğdu, A., Saka, F., Bulut, V.N., Alemdağ, S. ve Soylak, M., 2017. The heavy metal effects of alteration fields on the surface waters: Sarıççek (Gümüşhane-Turkey) and its near vicinity. The 3rd International Conference on Engineering and Natural Sciences (ICENS). p.559, Budapest, Hungary.
- WHO (World Health Organization), 2014. <http://www.permoakdeniz.com/icme-suyu-standardi.html>.
- Yılmaz, C. ve Kandemir, R., 2003. Şenköy Formasyonu: yeni bir Formasyon adlaması. 3.Stratigrafi çalıştay bildirisi özetleri, Ankara, 14.
- Yılmaz, C., 2002. Gümüşhane-Bayburt Yöresindeki Mesozoyik Havzalarının Tektono-Sedimentolojik Kayıtları ve Kontrol Etkenleri. Türkiye Jeoloji Bülteni, 45, 1, 141-165.
- Yılmaz, Y., 1972. Petrology and Structure of the Gümüşhane Granite and Surrounding Rock. NE Anatolia. Ph.D Thesis, University of London, 266 s.(Yayınlanmamış).
- Yılmaz, Y., Tüysüz, O., Yiğitbaş, E., Genc, Ş.C. ve Şengör, A.M.C., 1997. Geology and tectonics of the Pontides. In: Robinson, A.G.(eds), regional and petroleum geology of the Black Sea and surrounding region. AAPG Memoirs. 68, 183-226.
- Yılmaz, C. ve Kandemir R., 2006. Sedimentary records of the extensional tectonic regime with temporal cessation: Gumushane Mesozoic Basin (NE Turkey). Geologica Carpathica, 57, 3-13.

ÖZGEÇMİŞ

Ümmühan SEMİZ, 06.02.1992 yılında Samsun’da doğdu. İlkokulu Samsun Atatürk İlköğretim Okulu’nda 2006 yılında, lise eğitimini ise Samsun Ayvacık Çok Programlı Lisesi’nde 2010’da tamamladı. 2015 yılında Gümüşhane Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü’nden mezun oldu. Şu anda da Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Bölümü’nde yüksek lisans eğitimine devam etmektedir.