

**ORTAKENT (KOYULHISAR-SIVAS) VE
ÇEVRESİNİN HİDROJEOLOJİ İNCELEMESİ**

SONAY TOPTAŞ
Yüksek Lisans Tezi

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
HAZİRAN 2011

T.C.
CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
SİVAS

ORTAKENT (KOYULHISAR-SİVAS) VE ÇEVRESİNİN
HİDROJEOLOJİ İNCELEMESİ

Yüksek Lisans Tezi

Sonay TOPTAŞ

Haziran-2011

SİVAS

T.C.
CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
SİVAS

ORTAKENT (KOYULHİSAR-SİVAS) VE ÇEVRESİNİN
HİDROJEOLOJİ İNCELEMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Tülay EKEMEN KESKİN

(Danışmanın Adı)

Jeoloji-Yrd. Doç. Dr

(Bölümü-Ünvanı)

(İmzası)

FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ'NE

Bu çalışma, jürimiz tarafından, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

İmza

Başkan Prof. Dr. Fikret KAÇAROĞLU

Üye Prof. Dr. Mustafa DEĞİRMENCİ

Üye Yrd. Doç. Dr. Tülay EKEMEN KESKİN

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

09.06.2011

Prof. Dr. Mustafa DEĞİRMENCİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

Bu tez, Cumhuriyet Üniversitesi Senatosunun 24.09.2008 tarihli ve 009 sayılı toplantısında kabul edilen Fen/Sağlık Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Tez Yazım Kılavuzu adlı yönergeye göre hazırlanmıştır.

ÖZET**Yüksek Lisans Tezi****ORTAKENT (KOYULHİSAR-SİVAS) VE ÇEVRESİNİN HİDROJEOLOJİ
İNCELEMESİ****Sonay TOPTAŞ****Cumhuriyet Üniversitesi****Fen Bilimleri Enstitüsü****Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı****Danışman: Yrd. Doç.Dr. Tülay EKEMEN KESKİN**

Bu çalışmada, Ortakent (Koyulhisar-Sivas) ve çevresinin hidrolojik ve hidrojeolojik özelliklerinin, su kimyası, su kalitesi ve suların izotopik özelliklerinin belirlenmesi ve değerlendirilmesi amaçlanmıştır. İnceleme alanı 390 km² yüzölçümüne sahiptir.

Bölgenin temelini Permien yaşlı metamorfikler oluşturmaktadır (birim çalışma alanında mostra vermemektedir). Metamorfikler, Jura ve Alt Kretase yaşlı volkanikler, volkano-sedimanterler, kireçtaşı ve ofiyolitler tarafından üzerlenmektedir (birim çalışma alanında mostra vermemektedir). Çalışma alanının en yaşlı birimini, Üst Kretase yaşlı volkanikler oluşturmaktadır. Bu birim içerisinde çevherleşmeler gözlenmektedir. Birim Üst Kretase-Paleosen yaşlı plütonik kayalar tarafından üzerlenmektedir. Bu birim, Eosen yaşlı plütonik, volkanik ve sedimanter kayalar tarafından örtülmektedir. Bu kayalar üzerine ise Pliyosen yaşlı volkanikler ve Kuvaterner yaşlı alüvyonlar gelmektedir.

Bu çalışma kapsamında, inceleme alanının 1/100 000 ölçekli hidrojeoloji haritası hazırlanmış ve bu alanda yer alan birimlerin su taşıma (akifer) özellikleri belirlenmiştir. Çalışma alanında bulunan 31 kaynak, 7 akarsu ve 1 maden atık su noktasının arazideki yeri ve yükseltileri saptanarak haritalanmış ve debi (Q), elektriksel iletkenlik (EC), pH, toplam çözünmüş iyonlar (TDS), yükseltgenme-indirgenme potansiyeli (ORP-Eh) ve sıcaklık (T) değerleri arazide ölçülmüştür. Ayrıca kimyasal ve izotopik analizler için su örnekleri alınmıştır.

Çalışma alanının yakın çevresinde bulunan yağış gözlem istasyonlarının ortalama yıllık yağışları 414-597 mm arasında değişmektedir. Çalışma alanının yıllık ortalama yağışı (1976-2009 yılları arasında) 502 mm olarak hesaplanmıştır.

Çalışma alanında bulunan kaynakların debileri 0.2-60 L/s arasında değişmektedir. Kaynakların çoğunluğu volkanik kayalardan boşalmaktadır.

İnceleme alanındaki kaynakların EC değerleri 17-668 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında değişmekte, sertlikleri ise 0.7-23 Fransız sertlik derecesi (FS) arasında değişmektedir. Çalışma alanında aktif olarak çalıştırılan Pb-Zn-Cu madeni bulunmaktadır. Bölgedeki sülfür mineralleri, çalışma alanındaki yeraltısularının asidik karaktere sahip olmasına ve yüksek SO_4 ve Fe içermelerine neden olmaktadır. Ayrıca düşük pH değerleri çalışma alanındaki yeraltısuları ve akarsuların bazı ağır metallerce (Al, Fe, Mn, Pb, Zn) zengin olmasına neden olmaktadır. Bunun yanısıra katı ve sıvı maden atıkları da, suların iz elementlerce kirlenmelerine katkıda bulunmaktadır. Çalışma alanındaki asidik ve düşük Eh (ORP) değerlerine sahip yeraltısuları, yüksek Fe ve Mn konsantrasyonuna sahip olan suları temsil etmekte olup, asidik suların Al, Fe ve Mn içerikleri Türk İçme Suyu Standartlarını birkaç kat aşmaktadır. Ayrıca bazı kaynakların SO_4 ve Pb konsantrasyonları, içme suyu standartlarından daha yüksek değerlere sahiptir.

Kaynakların büyük çoğunluğu sulama suyu açısından; ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramında “C₁-S₁ ve C₂-S₁” sınıfında, Wilcox Diyagramında ise “Çok iyi-İyi” sınıfında yer almaktadır. Çalışma alanındaki akarsuların EC değerleri 32-403 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında, sertlikleri ise 1.7-16 FS arasında değişmektedir.

Anahtar Kelimeler: hidrojeoloji, su kimyası, su kirliliği, Ortakent (Koyulhisar)

SUMMARY**M. Sc. Thesis****HYDROGEOLOGICAL INVESTIGATION OF THE ORTAKENT
(KOYULHİSAR-SİVAS) and ITS VICINITY****Sonay TOPTAŞ****Cumhuriyet University****Graduate School of Natural and Applied Sciences****Department of Geological Engineering****Supervisor: Asist.Prof. Dr. Tülay EKEMEN KESKİN**

This study aims to determine the hydrological and hydrogeological features, water chemistry, water quality and isotopic features of the Ortakent (Koyulhisar–Sivas) and its vicinity. The study area is 390 km².

The base rocks of region is made up of Permian metamorphics (unit not outcropped in the study area). Metamorphics are overlain by Jurrasic and Early Cretaceous volcanics, volcano-sedimentary, limestone and ophiolite (unit not outcropped in the study area). The oldest unit of the study area is made up of Upper Cretaceous Volcanics. Ore deposits are found in the Upper Cretaceous Volcanics. This unit is overlain by Upper Cretaceous-Paleocene Plutonics. These units are covered by Eocene plutonics, volcanics and sedimentary rocks. These rocks are overlain by Pliocene Basalt and Quaternary alluviums.

1/100.000 scaled hydrogeological map of the study area was prepared and water bearing (aquifer) characteristics of the formations were determined. Locations and altitudes of 31 springs, 7 rivers and 1 mine waste water sampling points were determined and mapped, and flow rate (Q), electrical conductivity (EC), pH, total dissolved solids (TDS), oxidation-reduction potential (ORP-Eh) and temperature (T) were measured in the field. In addition, water samples were taken for chemical and isotopical analyses.

The mean annual precipitations of the precipitation gauging stations around the study area range between 414-597 mm. The mean annual precipitation

of the study area (between 1976-2009 years) was calculated as 502 mm. The flow rates of the springs in the study area range between 0.2-60 L/sec. Most of the springs issue from volcanic rocks.

EC and hardness values of the springs in the study area range between 17-668 $\mu\text{S}/\text{cm}$, and 0.7-23 FS (French Hardness), respectively. The study area has active Pb-Zn-Cu mining. Sulfide minerals in the region generally contribute acidification and groundwater contain high SO_4 and Fe. Low pH values are also responsible for dissolved metals (Al, Fe, Mn SO_4 , Pb, Zn) in the groundwater and river. Furthermore solid and liquid mine wastes contribute on the trace element contamination of the water. High Fe and Mn concentrations are found generally in the spring which have acidic and lower Eh and Al, Fe and Mn concentrations in the acidic waters exceed the limits Turkish Drinking Water Standard. In addition several springs have SO_4 and Pb concentrations higher than drinking water standards.

In regard of irrigation water quality, most of the spring water plot in “C₁-S₁ and C₂-S₁” class in US Salinity Laboratory Diagram, and in “Very good to good” class in Wilcox Diagram. EC and hardness values of the rivers range between 32-403 $\mu\text{S}/\text{cm}$, and 1.7-16 FS, respectively.

Keywords: hydrogeology water chemistry, water contamination, Ortakent (Koyulhisar)

TEŞEKKÜR

Öncelikle tezin her aşamasında bilgi ve deneyimleriyle araştırma konusu ve yöntemlerinin belirlenmesinde, arazi ve laboratuvar çalışmalarının yönlendirilmesinde, tez yazım ve değerlendirilmesi konusunda katkılarını esirgemeyen, çalışmalarına titizlikle ve sabırla yardım eden tez danışmanın Sayın Yrd. Doç. Dr. Tülay EKEMEN KESKİN'E sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmalarım sırasında bana yardımcı olan Sayın Prof. Dr. Fikret KAÇAROĞLU'na, Sayın Doç. Dr. Hüseyin YILMAZ'a, Mustafa YILDIRIM'a ve Burçin SEVİNÇ'e teşekkür ederim.

Arazi çalışmalarım sırasındaki yardım ve desteklerinden dolayı Necati NANIÇ'e, Ferhat ATEŞ'e ve Orhan DOĞANAY'a teşekkür ederim.

Arazi çalışmaları sırasındaki yardım ve desteklerinden dolayı çalışma alanı içerisinde bulunan köy muhtarlıklarına ve köy halkına teşekkür ederim.

Ayrıca bana maddi ve manevi desteklerinden dolayı aileme sonsuz teşekkür ederim.

Sonay TOPTAŞ

Haziran, 2011

SİVAS

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
SUMMARY	iii
TEŞEKKÜR.	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı	1
1.2. Çalışma Alanının Tanıtılması	1
1.2.1. Çalışma alanının yeri	1
1.2.2. İklim	1
1.3. Çalışma ve Değerlendirme Yöntemleri	2
1.4. Önceki Çalışmalar	5
2. JEOLJİ	8
2.1. Litostratigrafik Birimler	8
2.1.1. Üst Kretase Volkanikleri	8
2.1.2. Üst Kretase-Paleosen Plütonikleri	9
2.1.3. Üst Kretase kireçtaşı	10
2.1.4. Eosen Plütonikleri	10
2.1.5. Eosen Volkanikleri	11
2.1.6. Eosen Sedimanter Kayaçları	11
2.1.7. Pliyosen Volkanikleri	12
2.1.8. Kuvaterner	12
2.2. Bölgesel Ölçekte Yapısal Jeoloji	12
2.2.1. Üst Kretase Paleosen tektoniği	13
2.2.2. Eosen tektoniği	14
2.2.3. Üst Oligosen-Alt Miyosen tektoniği	14
2.2.4. Orta-Üst Miyosen günümüz tektoniği	14
3. HİDROLOJİ	15
3.1. Yağış Verileri ve Analizleri	15
3.2. Akarsular, Akım Verileri ve Analizleri	19

4. HİDROJEOLOJİ	21
5. SU KİMYASI	27
5.1. Kaynak Suları	27
5.1.1. Genel kimyasal değerlendirme	27
5.1.2. Sulama suyu açısından değerlendirme	29
5.1.3. İçme suyu açısından değerlendirme	34
5.2. Akarsular	47
5.2.1. Genel kimyasal değerlendirme	47
5.2.2. Sulama suyu açısından değerlendirme	51
5.2.3. İçme suyu açısından değerlendirme	56
5.2. Doygunluk Analizi	57
6. İZOTOP HİDROJEOLOJİSİ	61
6.1. İzotop Verilerinin Değerlendirilmesi	61
6.1.1. Oksijen-18-Döteryum ilişkisi	62
6.1.2. Tiryum ile yeraltısuyu yaşlarının tayini	63
7. SONUÇLAR	66
8. KAYNAKLAR	69
ÖZGEÇMİŞ	75

EKLER

EK-1. Yukarı Melet Irmağı Havzasının (Koyulhisar-Sivas) Jeoloji-Hidrojeoloji Haritası

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Çalışma alanı ve çevresinin yer bulduru haritası	3
Şekil 1.2. Çalışma alanı ve yakın çevresinin üç boyutlu kabartma haritası	4
Şekil 1.3. Çalışma alanının üç boyutlu uydu görüntüsü	4
Şekil 3.1. Sivas, Suşehri, Zara ve Şebinkarahisar yağış gözlem istasyonlarının yıllık toplam yağış grafiği	17
Şekil 3.2. Sivas yağış gözlem istasyonunun birikimli sapma grafiği	18
Şekil 3.3. Suşehri yağış gözlem istasyonunun birikimli sapma grafiği	18
Şekil 3.4. Zara yağış gözlem istasyonunun birikimli sapma grafiği	18
Şekil 3.5. Şebinkarahisar yağış gözlem istasyonunun birikimli sapma grafiği	19
Şekil 3.6. Çalışma alanındaki bazı maden atık alanları	20
Şekil 4.1. Çalışma alanındaki Pb-Zn-Cu sülfürlü cevherleşmeler ve maden galerileri	21
Şekil 4.2. Cevherli Üst Kretase volkanitlerinden boşalan bazı kaynakların görüntüleri	23
Şekil 4.3. Çalışma alanındaki eosen volkanitleri (foto 1-3), Üst Kretase-Paleosen plütonikleri (foto 4-5) ve Pliyosen-Eosen volkanitleri sınırından (foto 6-8) boşalan kaynakların görüntüleri	24
Şekil 5.1. Çalışma alanındaki kaynak sularının yarı logaritmik (Schoeller 1955, 1962) diyagramda karşılaştırılması (kurak dönem)	31
Şekil 5.2. Çalışma alanındaki kaynak sularının yarı logaritmik (Schoeller 1955, 1962) diyagramda karşılaştırılması (yağışlı dönem, *:şebeke suyu)	32
Şekil 5.3. Çalışma alanındaki kaynak sularının üçgen (Piper,1944) diyagramda karşılaştırılması (kurak dönem)	32
Şekil 5.4. Çalışma alanındaki kaynak sularının üçgen (Piper,1944) diyagramda karşılaştırılması (yağışlı dönem, *:şebeke suyu)	33
Şekil 5.5. Çalışma alanındaki kaynak sularının sulama suyu sınıflandırılması (ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı) (kurak dönem)	36
Şekil 5.6. Çalışma alanındaki kaynak sularının sulama suyu sınıflandırılması (ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı) (yağışlı dönem)	37

5.7. Çalışma alanındaki kaynak sularının sulama suyu sınıflandırılması (Wilcox Diyagramı) (kurak dönem)	38
Şekil 5.8. Çalışma alanındaki kaynak sularının sulama suyu sınıflandırılması (Wilcox Diyagramı) (yağışlı dönem)	39
Şekil 5.9. Çalışma alanındaki akarsuların yarı logaritmik (Schoeller 1955, 1962) diyagramda karşılaştırılması (kurak dönem), (KA-1: Maden Atık Suyu)	48
Şekil 5.10. Çalışma alanındaki akarsuların yarı logaritmik (Schoeller 1955, 1962) diyagramda karşılaştırılması (yağışlı dönem)	50
Şekil 5.11. Çalışma alanındaki akarsuların üçgen (Piper,1944) diyagramda karşılaştırılması (kurak dönem), (KA-1: Maden Atık Suyu)	50
Şekil 5.12. Çalışma alanındaki kaynak sularının üçgen (Piper,1944) diyagramda karşılaştırılması (yağışlı dönem)	51
Şekil 5.13. Çalışma alanındaki akarsuların sulama suyu sınıflandırılması (ABD Tuzluluk laboratuvarı Diyagramı) (kurak dönem), (KA-1: Maden Atık Suyu)	52
Şekil 5.14. Çalışma alanındaki akarsuların sulama suyu sınıflandırılması (ABD Tuzluluk laboratuvarı Diyagramı) (yağışlı dönem)	53
Şekil 5.15. Çalışma alanındaki akarsuların sulama suyu sınıflandırılması (Wilcox Diyagramı) (kurak dönem), (KA-1: Maden Atık Suyu)	54
Şekil 5.16. Çalışma alanındaki kaynak sularının sulama suyu sınıflandırılması (Wilcox Diyagramı) (yağışlı dönem)	55
Şekil 6.1. Çalışma alanındaki bazı kaynakların Oksijen-18-Döteryum grafiği	65

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Yağış istasyonlarına ait bilgiler	15
Çizelge 3.2. Yağış istasyonlarının özlenen ve hesaplanan değerlere göre aylık ortalama yağış değerleri (mm) ve ortalama sıcaklık değerleri °C	16
Çizelge 3.3. Akarsularda yapılan arazi ölçüm değerleri	20
Çizelge 4.1. Çalışma alanındaki suların arazi ölçüm verileri	25
Çizelge 5.1. Çalışma alanındaki suların kimyasal analiz sonuçları	30
Çizelge 5.2. Çalışma alanındaki suların kimyasal ve iz element sonuçları(ppb)	43
Çizelge 5.3. Çalışma alanındaki suların toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite analiz sonuçları	47
Çizelge 5.4. Türk İnsani Tüketim Amaçlı Sular Standartları (TS-266-2005) ve Dünya Sağlık Örgütü Standartları (WHO-1006)	49
Çizelge 5.5. Çalışma alanındaki suların mineral doygunluk indeksleri	59
Çizelge 6.1. Çalışma alanındaki büyük debili ve/veya asidik kaynakların izotop analiz sonuçları	62
Çizelge 6.2. Clark ve Fritz (1997)'in önerdiği kıtasal bölgeler için geçerli olan kalitatif yaklaşım	65

1. GİRİŞ

1.1. Çalışmanın Amacı

Bu çalışma kapsamında, Ortakent (Koyulhisar-Sivas) ve civarındaki su kaynaklarının hidrojeolojik, hidrojeokimyasal ve izotopik özelliklerinin, birbiriyle ilişkilerinin, yıllık su potansiyellerinin, sulama suyu ve içme suyu olarak kullanılabilme olanaklarının ve bölgedeki yeraltısuyu kirliliğinin incelenmesi ve değerlendirilmesi amacıyla yapılmıştır.

1.2. Çalışma Alanının Tanıtılması

1.2.1. Çalışma alanının yeri

Çalışma alanı Sivas ilinin kuzeydoğusunda yer alan Koyulhisar ilçesinin kuzeydoğusunda olup, Giresun G-39, G-40, H-39 ve H-40 paftaları içerisinde bulunan 390 km² lik alanı kapsamaktadır (Şekil 1.1, Şekil 1.2, Şekil 1.3).

1.2.2. İklim

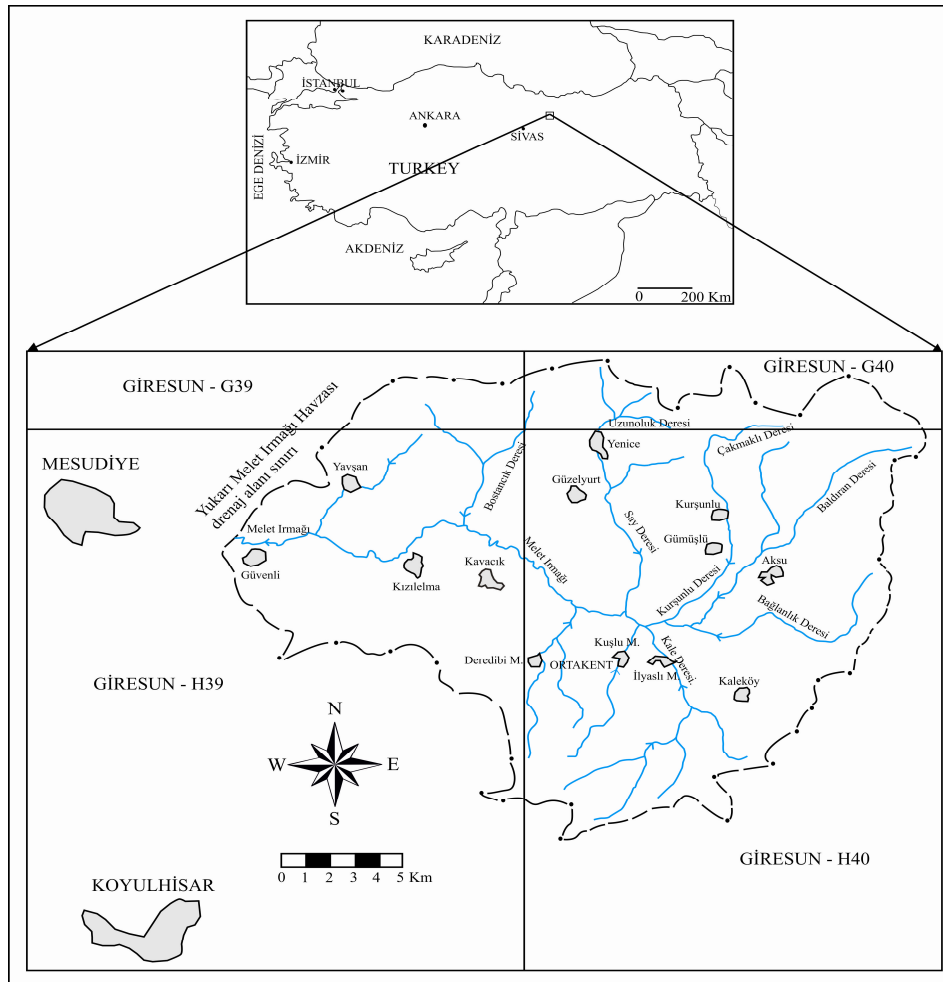
Çalışma alanı, genel olarak İç Anadolu'ya özgü olan sert karasal iklim ile Karadenize özgü yağışlı iklim arasında geçiş göstermektedir. Yazları sıcak ve kurak, kışlar soğuk, kar ve yağmur yağışlıdır. Çalışma alanı içerisinde yağış gözlem istasyonu bulunmamasıyla birlikte, yakın çevresinde birkaç adet bulunmaktadır. Bu istasyonlardan 1976-2009 yılları arasında ölçülmüş ve hesaplanmış değerlere göre olan yıllık yağış miktarları; Sivas 448.4 mm, Suşehri 426.5 mm, Zara 536.2 ve Şebinkarahisar 596.6 mm'dir. Koyulhisar istasyonunun 1988 yılından sonra ölçümleri yapılmadığından dolayı 1954 ve 1988 yılları arasındaki yağış değerleri dikkate alınmış olup bu yıllar arasındaki yıllık ortalama yağışı 414.1 mm'dir. Bu istasyonların aynı yıllardaki ortalama sıcaklık değerleri; Sivas 9.1 °C, Suşehri 10.1 °C, Zara 9.0 °C ve Şebinkarahisar 9.0 °C'dir.

1.3. Çalışma ve Değerlendirme Yöntemleri

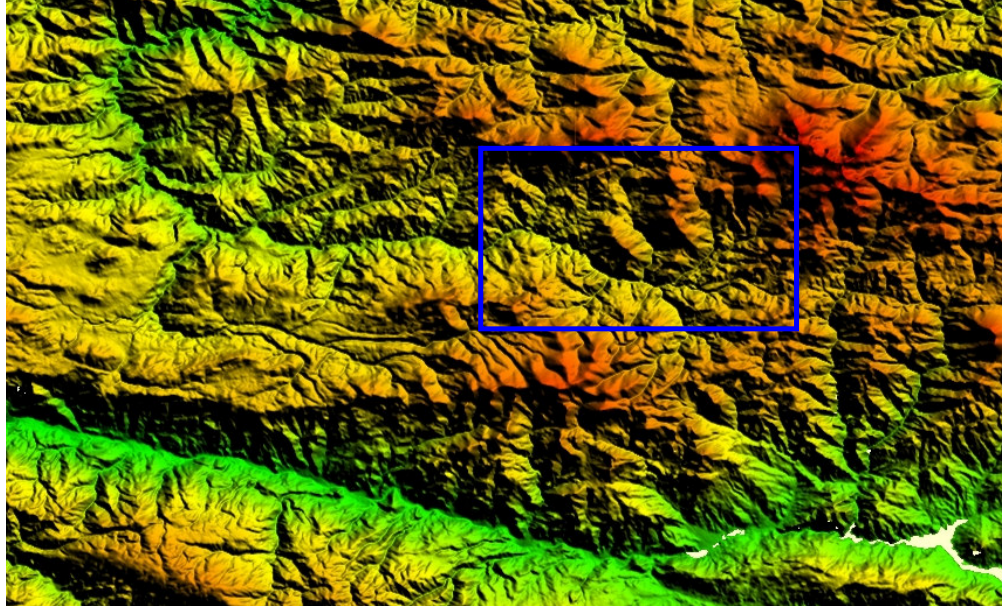
Ortakent ve çevresinin hidrojeolojisini konu alan araştırmanın arazi çalışmaları kurak ve yağışlı dönemleri kapsayacak şekilde, Temmuz 2009 tarihinde başlamış olup Mayıs 2010 tarihinde tamamlanmıştır. Çalışma alanının jeolojisi bugüne kadar birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir. Bu çalışmada MTA (2009), Altun ve diğ. (1994), Uysal ve diğ. (1995) ve Gökçe ve Özgüneylioğlu (1988)'in jeoloji çalışmaları esas alınarak alanın 1/100 000 ölçekli hidrojeoloji haritası oluşturulmuştur (Ek-1).

Arazi çalışması sırasında çalışma alanındaki 31 kaynak, 7 akarsu ve 1 maden atıksu noktasından yerinde debi, elektriksel iletkenlik (EC), toplam çözünmüş madde miktarı (TDS), pH, ORP (Eh) ve sıcaklık ölçümleri yapılmış ve major iyon, iz element, radyoaktivite ve izotopik analizler için su örnekleri alınmıştır. Kimyasal ve izotopik analizler için su örnekleri polietilen şişelere alınmıştır. EC ve pH ölçüm problemleri araziye çıkmadan önce ikişer adet kalibrasyon çözeltisi ile kalibre edilmiştir. Eh ölçümleri gümüş-gümüş klorür referans çözeltisi kullanılarak platin elektrodu ile yapılmış olup, ORP doğruluğu periyodik olarak arazide 475 mV değerine sahip kontrol çözeltisi ile kontrol edilmiştir. Ayrıca ORP değerleri, sıcaklığa bağlı olarak Consort ölçüm cihazının katoloğunda belirtildiği gibi 208-220 mV eklenerek Eh'a dönüştürülmüştür. İz element analizleri için su örnekleri 0.45 µm filtresi ile filtrelendikten sonra nitrik asit çözeltisi ile pH'ları 2.0'nin altına düşürülmüştür. Tüm analizler için su örnekleri analizlerden önce buzdolabında saklanmıştır. Major anyon ve katyon analizleri Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü Su Kimyası Laboatuvarında iyon kromatografi cihazı kullanarak ve Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü Su Kimyası Laboatuvarında, yüksek performanslı iyon kromatografi cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tritiyum analizleri, Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü Çevresel Tritiyum Laboratuvarında elektrolitik zenginleştirmeli sıvı sintilasyon sayıcı kullanılarak yapılmıştır. İz element analizleri çift plazma kütle spektrometresi (ICP-MS) kullanılarak Kanada Acme Laboratuvarında, oksijen-18 ve döteryum analizleri Kanada Ottawa Üniversitesi Kararlı İzotop Laboratuvarında GasBench+DeltaPlus XP izotop kütle spektrometresi kullanılarak yapılmıştır. Radyoaktivite analizleri

ise Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol Laboratuvarında yapılmıştır. SiO_2 değerleri Acme Laboratuvarında yaptırılan Si elementinden dönüştürülerek bulunmuş ve doygunluk analizleri için kullanılan PhreeqCi programına SiO_2 olarak girilmiştir. Suların fiziksel, kimyasal, izotopik bileşimleri yardımıyla ilgili diyagram ve grafikler kullanılarak suların çeşitli özellikleri saptanmış ve ayrıca Türk İnsani Tüketim Amaçlı Sular Standartları (TS-266-2005) ve 29 Nisan 2005’de revize edilen Dünya Sağlık Örgütü Standartları (WHO-2006) ile karşılaştırılarak içme suyuna uygun olup olmadıkları saptanmıştır.



Şekil 1.1. Çalışma alanı ve çevresinin yer bulduru haritası



Şekil 1.2. Çalışma alanı ve yakın çevresinin üç boyutlu kabartma haritası



Şekil 1.3. Çalışma alanının üç boyutlu uydu görüntüsü

1.4. Önceki Çalışmalar

Çalışma alanını ve yakın çevresini kapsayan bazı jeoloji ve maden yatakları araştırmaları değişik araştırmacılar tarafından yapılmıştır. Bu araştırmaların başlıcaları aşağıda özetlenmiştir.

Stchepinsky (1945), çalışma alanında maden jeolojisi amaçlı ilk çalışmayı gerçekleştirmiştir.

Westrum (1961), çalışma alanındaki Kurşunlu köyü civarında 1/5 000 ölçekli topografik harita üzerine cevher damarlarının dağılımlarını işlemiş, cevher damarlarının doğu-batı doğrultulu devamlılıklarını 750-1500 m arasında değiştiğini belirtmiş ve 300 000-350 000 ton civarında bir rezervin bulunduğunu hesaplamıştır.

Kaaden (1962), Ovalıoğlu (1964), Petrascheck (1967), Kaptanoğlu (1967), Özbayoğlu (1968), Çavuşoğlu (1969), Fatih ve diğ. (1972), Takashima ve diğ. (1974), çalışma alanındaki cevherleşmeler ile ilgili olarak çeşitli çalışmalar yapmışlardır.

Terlemez ve Yılmaz (1980), Ünye-Ordu-Reşadiye-Koyulhisar-Karaçayır-Hafik arasında kalan bölgenin jeolojini incelemişlerdir.

Gökçe ve Özgüneylioğlu (1988), Kurşunlu (Ortakent-Koyulhisar-Sivas) Pb-Zn-Cu yataklarının jeolojisini, oluşumunu ve kökeni tespit etmek amacıyla çalışmışlardır. Kurşunlu Pb-Zn-Cu yataklarının Doğu Karadeniz bölgesinin güney kuşağı boyunca gözlenen damar tipi Pb-Zn-Cu yataklarının tipik örneklerinden birisi olduğunu vurgulamışlardır. Yataklar çevresinde Doğu Karadeniz bölgesinde yaygın olarak gözlenen Alt Kretase-Kuvaterner arasında değişik yaşlarda volkanik ve volkano-tortul kayalar ve bunları kesen plütonik sokulumların yüzeylemekte olduğunu ve litostratigrafik dizilimlerinde alttan üste doğru “Kurşunludere Otobreş-Andeziti, Geyikkayatepe Dasiti ve Tüfü, Eskiköy Andeziti-Aglomerası, Evliyatepe Andeziti, Deliktaş Porfiri Andeziti, Menekşeli Çökelleri, Seğgüneytepe Granitoyiti, Leykün Bazaltı, Yamaç Döküntüsü ve Alüvyon” olarak adlandırmıştır. Tanımladıkları bu birimlerden Leykün Bazaltı dışında olanların ileri derecede bozunmuş (serisitleşme, propilitleşme, epidotlaşma gibi) ve silisleşmiş olduklarını ifade etmişlerdir. Yaptıkları incelemeler sonucunda Pb-Zn-Cu cevher damarlarının Üst Kretase-Eosen arası bir zaman aralığında olmak üzere Seğgüneytepe Granitoyitinin artçı hidrotermal

çözeltilerinin içermiş olabilecekleri Pb, Zn ve Cu'ı bu kırık ve faylar içinde çökeltilmelerinden daha çok bölgesel olarak Pb, Zn ve Cu içeriği yüksek olan yan kayaçlardan elementlerin derinlere indikçe (Seğgüneytepe Granotoyiti kütleline yaklaştıkça) ısınmış ve çözücü özelliği artmış yüzey sularınca çözülüp kırık ve faylar içinde yeniden çökeltilmeleri sonucu oluşmuş olabilecekleri neticesine varmışlardır. Cevher damarlarından aldıkları örneklerde cevher minerali olarak sfalarit, galanit, pirit, kalkopirit, kalkosin ve hematit, gang minerali olarak ise kuvars, kalsit ve az miktarda barit mineralleri saptamışlardır.

Gökçe (1990), Kurşunlu (Ortakent-Koyulhisar-Sivas) damar tipi Pb-Zn-Cu yataklarındaki kükürt izotoplarını incelemiştir. Cevher minarelerinden yalnızca sfalerit ile galenit arasında olasılıkla sınırlı bir izotopsal dengenin varlığını düşünmüş ve kükürt izotopları ayrımlanma termometresine göre oluşum sıcaklığını ortalama 327 °C olarak hesaplamıştır.

Altun ve diğ. (1994), Giresun-Piraziz-Şebinkarahisar arasında kalan bölgenin jeolojisini çalışmışlardır. Çalışmacılar, yörede Liyas öncesi metamorfik kayaçlar ile Liyastan başlayan ve günümüze değin oluşmuş kaya birimlerinin yüzeylediğini belirtmişlerdir.

Uysal ve diğ. (1995), Koyulhisar (Sivas) bölgesinin jeodinamiğini tespit etmek amacıyla bölgenin jeolojisini çalışmışlardır. Araştırmacılar çalışma alanının yaklaşık ortasından geçen ve doğu-batı yönünde uzanan Kuzey Anadolu Fayı'nın kuzeyinde kalan bölgeyi Kuzey Blok, güneyinde kalan bölgeyi ise Güney Blok adı altında irdelemişlerdir. Kuzey Blok da kendi arasında farklı stratigrafik özellikler göstermesi nedeni ile Kuzey Bölüm ve Güney Bölüm olarak adlandırmışlardır. Kuzey Blok'ta Senomaniyen-Maestrihtiyen yaşlı birimlerle başlayan ve Pliyosenle son bulan çoğunlukla mağmatik ve sedimanter kayaçlardan oluştuğunu belirtmişler. Güney Blok'ta ise Üst Senoniyen öncesi yaşta Tekelidağ Karışığı ile başlayıp alüvyon'a kadar uzanan çoğunlukla çeşitli mağmatik ve sedimanter kayaçlarından oluşan bir stratigrafiye sahip olduğunu saptamışlardır.

Şahin ve diğ. (1999), Aksu köyü (Koyulhisar-Sivas) çevresinde derekumu örnekleri jeokimyasını incelemek ve olası Pb-Zn-Cu anomali sahalarını tespit etmek amacıyla çalışma yapmışlardır. Pb-Zn-Cu yataklarının Üst Kretase yaşlı Kurşunlu volkanitleri içinde gelişmiş, kırıklar içinde yataklanmış damar tipi oluşumlar olduğunu vurgulamışlardır. Alınan örneklerde gang minareli olarak

kuvars, kalsit ve az miktarda barit, cevher minerali olarak sfalerit, galenit, pirit, kalkopirit, kalkosin ve hematit gözlemlenmişlerdir. Jeokimyasal veriler doğrultusunda Pb için eşik değeri 153.54 ppm, Zn için 169.9 ppm olarak belirlenmişlerdir. Cu için ise tek bir topluluğun bulunduğunu düşünmüşlerdir. Anomalilerin harita üzerindeki konumlarına göre ise; Pb anomalilerinin dar, Zn anomalilerinin ise geniş olduğunu tespit etmişlerdir. Özellikle Aksu Dere ve Küllücek Dere vadilerinin yeni yataklar aranması için önemli gibi gözüktüğünü vurgulamışlardır.

MTA (2009), Ordu, Koyulhisar, Giresun, Şebinkarahisar, Suşehri bölgelerini içeren çalışmada, 1/100 000 ölçekli Giresun G-39, G-40, H-39 ve H-40 paftalarının jeoloji haritaları derlenerek bölgenin stratigrafisi hakkında bilgi verilmiştir.

2. JEOLOJİ

2.1. Litostratigrafik Birimler

Çalışma alanındaki litostratigrafik birimler yaşlıdan gence doğru aşağıdaki gibi sıralanmaktadır (MTA, 2009, Altun ve diğ., 1994, Uysal ve diğ., 1995 ve Gökçe ve Özgüneylioğlu, 1988).

- 1) Üst Kretase Volkanikleri: andezit, bazalt, dasit, piroklastik kaya, volkanik-çökel kaya
- 2) Üst Kretase-Paleosen Plütonikleri: granitoyit, siyenit
- 3) Üst Kretase Kireçtaşı: kireçtaşı, yamaç-çökel kaya
- 4) Eosen Plütonikleri: granodiyorit, siyenit, diyorit, gabro, monzonit
- 5) Eosen Volkanikleri: andezit, bazalt, piroklastik kaya, trakiandezit,
- 6) Eosen Sedimanter Kayaçları: kumtaşı, çamurtaşı, kireçtaşı
- 7) Pliyosen Volkanikleri: dasitik lav, aglomera tüfleri, andezitik-trakiandezitik lav, bazaltik lav
- 8) Kuvaterner: alüvyon

2.1.1. Üst Kretase Volkanikleri

Üst Kretase yaşlı birim başlıca andezit, bazalt, dasit, piroklastik kaya, volkanik-çökel kayaçlarından oluşmaktadır. Çalışma alanında oldukça geniş alanlarda gözlenmektedir. Andezitler, kahverengimsi, koyu gri, gri renklerde, orta-iri feldispatlı, ışınal sütünsal soğuma yapılı, kırıklı-çatlaklı ve tipik akma yapılıdır. Andezitler ince kesitte; porfirik dokulu, andezit, bazaltik andezit, piroksen andezit ve horblend andezit türlerindedir. Bileşenleri, makrofenokristal, mikrofenokristal ve mikrolitler halinde sıkça zonal yapılı, yer yer kenarlarından itibaren mağmatik korozyona uğramış, yoğun şekilde kloritleşmiş, serisitleşmiş, kalsitlemiştir. Andezitler, diğer kaya türleriyle uyumlu ilişkili olup, merceksel konumludur. Kalınlıkları değişken olup, yaklaşık 200 m kalınlık sunmaktadırlar (Uysal ve diğ., 1995).

Bazaltlar, yer yer spilitik karakterdedir. Koyu gri, kahverengi, yeşil, siyah ve mor renk tonlarında, orta-kalın tabakalı görünümlü, yer yer yastık yapılı (pillow lavas), eklem sistemi iyi gelişmiş, çatlaklı, çatlakları ikincil kalsit ve

kuvars dolguludur. Yer yer aglomeratik görünümde, sütunsal soğuma yapılı ve gaz boşlukludur (Uysal ve diğ., 1995).

Bazaltlar mikroskobik olarak; genellikle bazalt ve olivinli bazalt bileşimlerinde, porfirik ve mikrolitik-porfirik dokuludur. Bileşenleri; sıkça zonal yapılı, yaygın şekilde kloritleşmiş, karbonatlaşmıştır. Birim formasyonun diğer kaya türleriyle geçişli olup, yanal süreklilikleri görülmemektedir. Kalınlıkları sıkça değişmekte olup, yaklaşık 100 m'dir (Uysal ve diğ., 1995).

Dasitler porfirik dokuludur. Fenokristaller; kuvars, tümüyle ayrıışmış, kristal izleri kalmış plajiyoklas ve amfibol'dür. Kloritleşme, karbonatlaşma ve serisitleşme görülmektedir (Altun ve diğ., 1994).

Çalışma alanı dışında Terlemez ve Yılmaz (1980) bu birimin Senomaniyen-Kampaniyen yaşlı olduğunu belirtmişlerdir. Çalışma alanındaki galanit, sfalarit, pirit, kalkopirit, kalkosin ve hematitten oluşan cevher mineralleri bu volkanikler içerisinde gözlenmektedir (Özgüneylioğlu ve Gökçe, 1988).

Çalışma alanında Yenice Köyü kuzeyindeki ve batısındaki Üst Kretase Volkanikleri ile Eosen Volkaniklerinin sınırı ve çalışma alanının güneyinde yer alan Üst Kretase Volkanikleri ile Pliyosen Volkanikleri sınırı bölgenin jeolojisi konusunda bilgili araştırmacılarından yardım alınarak olası olarak çizilmiştir (Ek-1).

2.1.2. Üst Kretase-Paleosen Plütonikleri

Birim, granit, diorit ve granodiyorit'den oluşmaktadır ve Ortakent kuzeyi ve çalışma alanının kuzey, doğu ve güney kesimlerinde gözlenmektedir. Kayaçların taze yüzeyleri kırmızı, pembe, gri renkli, bozuşma yüzeyleri kirli sarı, kahverengi ve beyaz renklerdedir. Genellikle ince kristalli, yer yer iri kristalli, plajiyoklas, ortoklas, mikroklin, kuvars, piroksen, muskovit ve biyotit bileşenlidir. Bol eklemlili ve çatlaklı, kuvars ve kalsit damarlıdır. Feldispatlar, yaygın şekilde serisitleşmiş, karbonatlaşmış, killeşmişlerdir. Birim, içerisine sokulum yaptığı volkano-tortul ve volkanitlerin anklavlarını kapsamaktadır. Yoğun hidrotermal alterasyon göstermektedirler. Ayrışma ürünleri; hematitleşme, killeşme, kloritleşme, pritleşme'dir. Granitoidler, sokulum yaptıkları kayaları ornatmış ve yoğun olarak kontakt metamorfizmaya uğratmıştır. Yer yer volkanik dayklar tarafından kesilmektedir. Granitoidler, Senomaniyen-Maestrihtiyen yaşlı birimleri kestiğinden ve Eosen yaşlı birimler ile açısız uyumsuzlukla

üstlendiğinden, Maestrihtiyen sonu-Alt Paleosen (?) yaşı verilmiştir (Uysal ve diğ., 1995).

2.1.3. Üst Kretase Kireçtaşı

Güzelyurt batısında küçük bir alanda gözlenen birim, genellikle beyazımsı, sarı, krem, pembe renklerde, yaygın olarak ince-orta tabakalı, yer yer kalın-çok kalın tabakalı, oldukça kıvrımlı, ince kristalli, bol rudist kavkılı, bol makrofosilli, dayanımlı, pürüzlü, kırıklı, çatlaklı, kalsit damarlı kumlu-killi kireçtaşlarından oluşmaktadır. Kireçtaşları arasında seyrek olarak, sarı renkli, ince-orta tabakalı, fosil kavkılı kumtaşı ve kırmızı-pembe renkli, laminalı çamurtaşı ve gri renkli, laminalı kiltası mercikleri bulunmaktadır ve yaklaşık 175-250 m arasında bir kalınlık sunmaktadır (Uysal ve diğ., 1995).

Uysal ve diğ. (1995), kireçtaşının çeşitli düzeylerinden aldıkları örneklerde saptadıkları fosillere göre, birimin Üst Maestrihtiyen yaşta olabileceğini belirtmişlerdir.

2.1.4. Eosen Plütonikleri

Çalışma alanının kuzey kesiminde küçük bir alanında gözlenen Eosen yaşlı birim granodiyorit, diyorit, siyenit ve gabrodan oluşmaktadır. Birim koyu siyah, gri, yeşil renkli, masif görümlü, bol kırıklı ve çatlaklı, orta-iri kristalli olup, alterasyon sonucu kısmen silisleşme ve epidotlaşmaya maruz kalmıştır. İçerisinde pirit kristalleri bulunmaktadır. Çatlaklarında ikincil kalsit kristalleri bulunan birim ince kesitte taneli doku göstermektedir (Altun ve diğ., 1994).

Altun ve diğ. (1994) ve MTA (2009), stratigrafik konumlarına göre birimin Eosen ve Üst Eosen sonrası yaşta olabileceğini kabul etmişlerdir.

2.1.5. Eosen Volkanikleri

Çalışma alanının doğu, kuzey ve güneyinde geniş yayılım gösteren birim andezit, bazalt, piroklastik kaya ve trakiandezitten oluşmaktadır. Andezitler mikroskobik olarak; bazaltik andezit, andezit, horblend andezit türlerinde, porfirik dokulu, sık sık mağmatik korozyona uğramış, sıkça zonlu yapılı, yer yer

kloritleşmiş ve kalsitleşmiştir. Fenokristaller, volkanik cam, plajiyoklas mikrolitleri, granüle piroksen ve opak mineralden oluşan bir hamur içerisinde yer almaktadır. Andezitlerin yanal devamlılıkları gözlenmeyip merceksel konumludur. Birim, 50-100 m arasında kalınlık sunmaktadır (Uysal ve diğ., 1995).

Bazaltlar, siyah, gri, kahverenklerde, kırıklı ve çatlaklı, altıgen soğuma eklemlili, sert yapılı ve gaz boşlukludur. Yer yer aglomera-tüf ve andezitik lav akıntıları içermektedir. Bazaltlar olivin, bazalt, andezitik bazalt bileşiminde olup, yaygın şekilde volkanik camdan türeyen kloritli bir hamur içerisinde izlenmektedir. Yanal devamlılıkları gözlenmeyip, 150-200 m arasında kalınlık sunmaktadır (Uysal ve diğ., 1995).

Aglomera-tüfler, genellikle gri, koyu gri, siyah, sarı renk tonlarında, tabakasız, masif görünümlü, değişik boyutlarda yarı köşeli, çoğunlukla bazalt ve daha az andezitik çakıllarının sıkı çimentolanması ile oluşmuştur. Agolera-tüfler, porfirik dokulu, karbonatlaşmış, kloritleşmiş, sık sık zonlu yapılı, yer yer olivin kapanımları içeren ve plajiyoklas mikrolitleri, volkanik cam, granüle piroksen, granüle olivin ve opak mineralden oluşan bir hamur içerisinde yer almaktadırlar (Uysal ve diğ., 1995).

2.1.6. Eosen Sedimanter Kayaçları

Çoğunlukla çalışma alanının doğu kesiminde gözlenen Alt-Orta Eosen yaşlı birim, kumtaşı, çamurtaşı, silttaşı, kiltası ve kireçtaşından oluşmaktadır. Kumtaşları; yeşilimsi boz, kırmızı, sarı renklerde, ince-orta tabakalı (3-25 cm), orta-iri taneli, silttaşları; grimsi yeşil renkli, laminalı, kilttaşları; gri renkli, laminalı ve dağılgan özellikte, kumlu kireçtaşı; sarı-kahverenkli, bol Nummulites’li, kırıklı, çatlaklı ve pürüzlü’dür. Kayaç örneklerinden alınan fosillere ve stratigrafik konumuna göre Alt-Orta Eosen yaşlı verilen birimin kalınlığı, yaklaşık 100 m civarındadır (Uysal ve diğ., 1995).

2.1.7. Pliyosen Volkanikleri

Birim, çoğunlukla beyaz, gri, pembe, kahverengi, sarıya kadar değişen renk tonlarında, genellikle dasitik bileşimli lavlardan ve aglomera-tüflerinden, daha az andezitik-trakiandezitik bileşimli lavlardan ve daha seyrek olarak bazaltik bileşimli lav akıntılarında oluşmaktadır. Çoğunlukla çalışma alanının güney-güney batı kesiminde gözlenen birim bol eklemli ve masif görünümlüdür. Çoğunlukla ışınal soğuma eklemli ve domsal yapıya sahip olan birim karasal ortamda gelişmiştir (Uysal ve diğ., 1995).

Dasitler, porfirik dokulu, sıkça zonlu yapıya sahip, albit-andezin karakterli olup, plajiyoklas, amfibol, piroksen, kuvars ve biyotit fenokristallerinden oluşmuştur. Aglomeralar, gri, siyah renkte olup, değişik boyutlarda dasit ve bazalt çakıllarının birbirleriyle volkanik ve karbonat çimento ile sıkı bağlanmasından oluşmuştur. Tüfler, tipik sarı-beyaz ayrışma renkli, katmansız görünümlü, dasitik nitelikte volkanik kayaç parçalarının kloritik ve camsı bir hamur içinde yer almasından oluşmaktadır. Andezitler; gri, mor renkte olup, katmansız görünümlü, yer yer akma yapıya sahip, soğuma çatlaklıdır (Uysal ve diğ., 1995).

Bazaltlar, siyah, koyu gri, gri renkte olup akma yapıya sahip, porfirik dokulu, sıkça zonlu yapıya sahip, labrador karakterli, plajiyoklas, piroksen (ojit), olivin, hornblend ve biyotit fenokristallerinden oluşmaktadır (Uysal ve diğ., 1995). Uysal ve diğ. (1995), birimin Eosen yaşlı kayaçlar üzerine açısal uyumsuzlukla geldiğinden dolayı yaşının Eosen'den genç ve Kuvaternerden daha yaşlı olması gerektiğini belirtmişler ve Pliyosen yaşlı olabileceğini ifade etmişlerdir. MTA (2009)'da birimin yaşını Pliyosen olarak kabul etmiştir.

2.1.8. Kuvaterner

Akarsu yataklarındaki alüvyon yelpazelerindeki tutturulmamış olan bu birim, başlıca çakıl, kum, kil ve siltten oluşmaktadır.

2.2. Bölgesel Ölçekte Yapısal Jeoloji

Çalışma alanının güneyinde Kuzey Anadolu Fayı (KAF) bulunmaktadır. Kuzey Anadolu Fayı, yerleşim yeri bazında doğudan, batıya olacak şekilde

Karlıova, Yedisu, Tanyeri, Erzincan, Akıncılar, Suşehri, Koyulhisar, Reşadiye, Niksar, Erbaa, Taşova, Destek, Ladik, Havza, Köprübaşı, Kamil, Tosya, Ilgaz, İsmetpaşa, Gerede, Yeniçağa, Bolu, Dokurcun, Sapanca, İzmit, Gölcük ve Hersek deltasından geçmektedir. Kuzey Anadolu Fayı sağ yönlü doğrultu atımlı bir fay olup, KAF Zonun'daki yanal ilk devinimin Orta-Üst Miyosen'de başladığı öne sürülmektedir (Herece ve Akay, 2003).

Gökçe ve Özgüneylioğlu (1988), Kurşunlu civarında yaptıkları incelemede, çalışma alanı içerisindeki kırık ve fayları cevherli ve cevhersiz olmak üzere iki kısma ayırmışlardır. Cevherli kırık ve faylar genellikle $K50^{\circ}-80^{\circ} B / 75^{\circ}-85^{\circ} KD$ konumlu olup birbirlerine paralel kırık zonları şeklinde olduğunu vurgulamışlardır. Bunların genellikle atımlarının çok az (en çok 10 m kadar) veya belirsiz eğim atımlı normal faylar şeklinde olduğunu söylemişlerdir. Bu nedenle de cevherli kırık ve faylar demişlerdir. Cevhersiz fayları ise çalışma alanının çeşitli yerlerinde dağılmış olduklarını ve genellikle yerel, doğrultuları değişken, doğrultu ve eğim atımlı faylar şeklinde olduğunu vurgulamışlardır. Cevherli kırık ve fayların Üst Kretase-Eosen arasında oluştuğunu, cevhersiz fayların ise Eosen sonrası tektonik olaylar sonucu oluştuklarını savunmuşlardır.

Uysal ve diğ. (1995), Koyulhisar (Sivas) dolayının jeolojisi ile ilgili yaptıkları çalışmalarda KAF'ın kuzeyinde kalan kısmı Kuzey Blok olarak güneyinde kalan kısmı ise Güney Blok olarak incelemişlerdir. Araştırmacılar, tektonik unsurları başlıca Üst Kretase-Paleosen, Eosen, Üst Oligosen-Alt Miyosen ve Orta-Üst Miyosen-günümüz sıralanımına göre ele almışlardır.

2.2.1. Üst Kretase-Paleosen tektoniği

Çalışma alanında, Kuzey Blok'un kuzey bölümünde (Giresun-H39) düzenli bir Üst Kretase istifi bulunmaktadır. Üst Kretase-Paleosen arasında granitoid yerleşimi olmuştur (Uysal ve diğ., 1995). Yılmaz (1982 ve 1983)'a göre ise Üst Kretase-Paleosen sırasında sıkışma tektoniği egemen olup, bir bölümü Üst Senoniyen öncesi, bir bölümü de Üst Senoniyen-Paleosen dönemi sırasında olmak üzere bazı bindirmeler gelişmiş, buna bağlı olarak ofiyolitlerin ilksel konumunda ikincil konuma gelip yerleşirken ofiyolitli karışık oluşmuştur. Paleosen sonrası ise K-G yönlü bir sıkışma sonucu bölgede D-B doğrultulu kıvrımlanmalar gelişmiştir (Uysal ve diğ., 1995).

2.2.2. Eosen tektoniği

Alt-Orta Eosen yaşı kayaçlar alttan ve üsten açısız uyumsuzluklarla sınırlanmışlardır. Alt-Orta Eosen yaşı kayaçlarda gözlenen olistostromal düzeyler, bu dönemde gerilmeye bağı çekim kaymaları yada yatay hareketlerin olduğunu göstermekte, gerilme tektoniği sonucu ise özellikle Orta Eosen'de havzadaki çökeline daha çok andezitik olmak üzere bazaltik lav akıntılarının eşlik ettiği söylenmektedir. Üst Eosen sırasında ise gerilmenin son safhasında Köseadađ mağmatiklerinin (çalışma alanı güneyinde yer almaktadır) yerleşiminin gerçekleştiği ve bu sırada Eosen yaşı birimlerde egemen olan D-B, KD-GB doğrultulu kıvrımlar yada devrik kıvrımlar oluştuğu saptanmıştır (Uysal ve diğ., 1995).

2.2.3. Üst Oligosen-Alt Miyosen tektoniği

Üst Oligosen-Alt Miyosen yaşı kayaçlar da alttan ve üsten açılı uyumsuzluklarla sınırlanmışlardır. Özellikle Alt Miyosen yaşı birimlerde gözlenen KB-GD uzanımlı kıvrımlar ve devrik kıvrımlar, olasılıkla Orta Miyosen'de yaklaşık K-G veya KD-GB yönünde bir sıkışmanın olabileceğini düşündürmektedir (Uysal ve diğ., 1995).

2.2.4. Orta-Üst Miyosen Günümüz tektoniği

Kelkit vadisi boyunca yoğunlaşan yer yer de çalışma alanının kuzey ve güneyinde çeşitli fay demetleri olarak ortaya çıkan, KB-GD doğrultulu sağ yanal atımlı; KD-GB doğrultulu sol yanal atımlı; ve K-G doğrultulu normal fayların (Koyulhisar Fayı, Üst Pliyosen-Kuvaterner yaşı), Orta-Üst Miyosen günümüz arasında K-G yönlü bir sıkıştırma sonucu oluşan Kuzey Anadolu Fayı'nın ürünleri oldukları ifade edilmektedir (Uysal ve diğ., 1995).

3. HİDROLOJİ

Çalışma alanı 390 km²'dir. Bu bölümde yağış verileri değerlendirilmiş ve akarsular üzerinde yapılan ölçümler hakkında bilgiler verilmiştir.

3.1. Yağış Verileri ve Analizleri

Çalışma alanı içerisinde yağış gözlem istasyonu bulunmamaktadır. Ancak çalışma alanı dışında Sivas, Koyulhisar, Suşehri, Zara, Şebinkarahisar gözlem istasyonları bulunmaktadır. Bununla birlikte, çalışma alanını temsil edebilecek şekilde alanın kuzey bölümünde yağış gözlem istasyonu bulunmamasından dolayı çalışma alanının yağış haritası yapılamamıştır. Bu nedenle çalışma alanının yıllık ortalama yağışı varolan istasyonların uzun yıllara ait aritmetik ortalamaları kullanılarak hesaplanmıştır. Suşehri, Zara, Şebinkarahisar istasyonların bazı yıllarının yağış verilerinin tamam, bazı yıllarının birkaç aylık verisi eksik olduğundan dolayı, eksik veriler korelasyon analizleri yapılarak tamamlanmıştır. Koyulhisar istasyonunun 1988 yılından sonra verileri olmadığından dolayı bu istasyon için korelasyon işlemi yapılamamıştır. Korelasyon analizleri, Sivas istasyonunun verileri tam olduğundan dolayı Sivas istasyonu baz alınarak yapılmıştır. Korelasyon işlemi, Sivas, Suşehri, Zara, Şebinkarahisar istasyonlarının 1976-2009 yılları arasında yapılmış ve regresyon eşitlikleri ve korelasyon katsayıları bulunmuştur (Çizelge 3.1). Koyulhisar istasyonunun verilerinin sadece 1954-1988 yılları arasında olmasından dolayı, Çizelge 3.2'de verilen ortama değerler bu yılları kapsamaktadır ve çalışma alanının genel yıllık ortalama yağışı hesaplamasına katılmamıştır.

Çizelge 3.1. Yağış gözlem istasyonlarına ait bilgiler

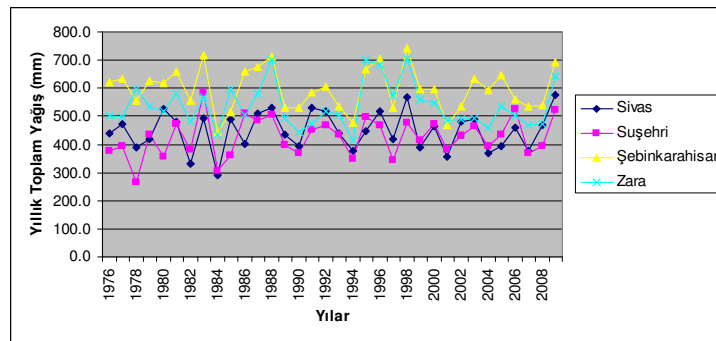
İstasyon Adı	Gözlem Süresi	Verisi Eksik Olan Yıllar	Korele Edilen İstasyonlar	Korelasyon Katsayısı
Sivas	1975-2009	-		
Suşehri	1976-2009	-	Sivas-Suşehri	0.77
Zara	1975-2009	-	Sivas-Zara	0.84
Şebinkarahisar	1975-2009	-	Sivas-Şebinkarahisar	0.80
Koyulhisar	1954-1988	1964-1965-1984-1985		

Çizelge 3.2. Yağış gözlem istasyonlarının gözlenen ve hesaplanan değerlere göre aylık ortalama yağış değerleri (mm) ve ortalama sıcaklık değerleri (°C)

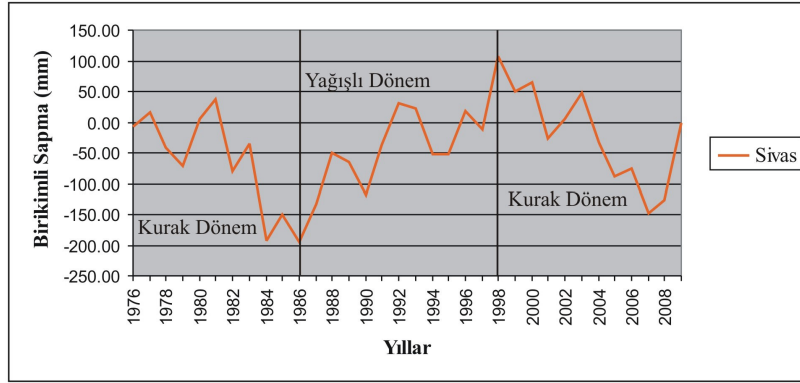
İstasyon Adı	Kapsadığı Yıllar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık Toplam	Ortalama Sıcaklık
Sivas	1976-2009	41.9	39.4	48.0	63.9	61.6	32.5	10.2	5.6	18.2	37.8	45.2	44.1	448.4	9.1
Suşehri	1976-2009	37.3	35.2	36.5	57.7	59.1	35.7	10.6	9.4	17.9	40.8	49.1	37.2	426.5	10.1
Zara	1976-2009	48.7	42.5	55.7	81.1	73.0	39.7	11.4	8.3	21.5	49.3	55.1	49.9	536.2	9.0
Şebinkarahisar	1976-2009	50.2	51.2	60.9	87.2	75	41.1	15.3	9.8	24.8	57.9	68.5	54.7	596.6	9.0
Koyulhisar	1954-1988	42.9	36.4	38.8	54.6	62.2	32.4	7.4	4.6	16.9	33.2	36.9	47.8	414.1	-

Sivas, Suşehri, Zara ve Şebinkarahisar istasyonlarının 1976-2009 yılları arasındaki yıllık toplam yağışları Şekil 3.1'de yer almaktadır. Şekile bakıldığında, Suşehri ve Sivas yağış gözlem istasyonu Zara ve Şebinkarahisar istasyonlarından daha az yağışa sahip olduğu anlaşılmaktadır. Bununla birlikte istasyonlardaki aylık bazdaki yağış artışları birbirleriyle uyumlu olarak değişmektedir. Çizelge 3.2'ye bakıldığında ise Koyulhisar istasyonunun 1954-1988 yılları arasındaki yağışlarının, Suşehri ve Sivas istasyonları ile uyumlu olduğu gözükmemektedir. Sivas, Suşehri, Zara ve Şebinkarahisar istasyonlarının 1976-2009 yılları arasındaki yağışların aritmetik ortalaması alınarak çalışma alanının uzun yıllara ait yıllık ortalama yağışı 502 mm olarak hesaplanmıştır.

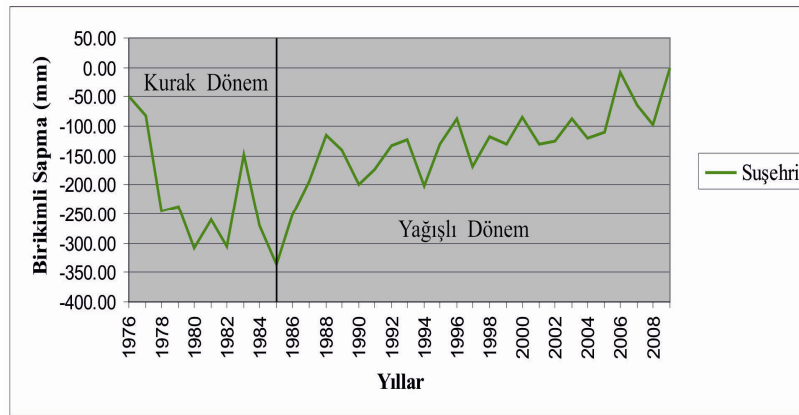
Yağış gözlem istasyonlarının 1976-2009 yılları arasındaki yağışlarının ortalama yağıştan birikimli sapma grafiği çizilerek Şekil 3.2, Şekil 3.3, Şekil 3.4 ve Şekil 3.5'de gösterilmiştir. Bu şekillere göre; Sivas istasyonu, 1976-1986 yılları arası kurak dönem, 1986-1998 yılları arası yağışlı dönem ve 1998-2009 yılları arasında ise kurak döneme sahip olup, Suşehri istasyonu 1976-1985 yılları arası kurak dönem, 1985-2009 yılları arası yağışlı döneme sahiptir. Zara istasyonu 1976-1984 yılları arası kurak dönem, 1984-1988 yılları arası yağışlı dönem, 1988-1994 yılları arası kurak dönem, 1994-2000 yılları arası yağışlı dönem, 2000-2009 yılları arası ise kurak dönemde olup, Şebinkarahisar istasyonunda 1976-1983 yılları arası yağışlı dönem, 1983-1985 yılları arası kurak dönem, 1985-1988 yılları arası yağışlı dönem, 1988-1994 yılları arası kurak dönem, 1994-1999 yılları arası yağışlı dönem, 1999-2009 yılları arası ise kurak döneme sahiptir. Birikimli sapma değerleri açısından istasyonlar birbirleriyle tam olarak uyumlu değildir. Bu durumun, çalışma alanı ve çevresinin Orta Anadolu ve Karadeniz iklimi arasında bir geçişe sahip olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca Sivas, Zara ve Şebinkarahisar istasyonlarının verilerine bakıldığında, son yıllardaki kurak dönemlerin varlığı göze çarpmaktadır.



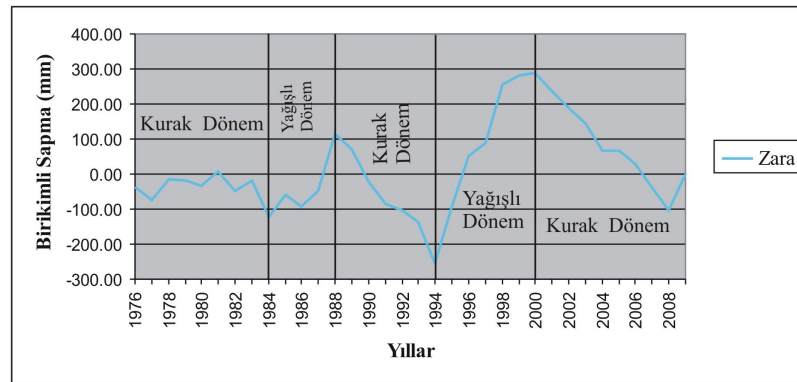
Şekil 3.1. Sivas, Suşehri, Zara ve Şebinkarahisar yağış gözlem istasyonlarının yıllık toplam yağış grafiği



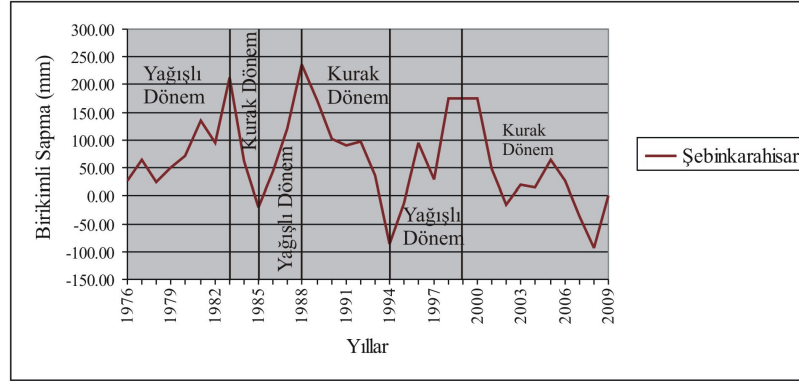
Şekil 3.2. Sivas yağış gözlem istasyonunun birikimli sapma grafiği



Şekil 3.3. Suşehri yağış gözlem istasyonunun birikimli sapma grafiği



Şekil 3.4. Zara yağış gözlem istasyonunun birikimli sapma grafiği



Şekil 3.5. Şebinkarahisar yağış gözlem istasyonunun birikimli sapma grafiği

3.2. Akarsular, Akım Verileri ve Analizleri

Çalışma alanında yer alan akarsular Melet ırmağı tarafından drene edilmektedir. Bu akarsuların bir kısmı devamlı, bir kısmı ise mevsimlik akarsular olup, kış aylarında akışı olan bu sular yaz aylarında kurumaktadırlar. Bu akarsular üzerinde akım gözlem istasyonu (AGİ) bulunmamaktadır.

Arazi çalışmaları sırasında akarsularda 7 ölçüm noktası seçilmiş ve ölçüm noktalarında yerinde ölçüm ve su örnekleme yapılmıştır. Bu 7 ölçüm noktasında arazi çalışmaları sırasında sıcaklık, debi, pH, elektriksel iletkenlik (EC), toplam çözünmüş katı miktarı (TDS) ve yükseltgenme-indirgenme potansiyeli (ORP-Eh) değerleri ölçülmüştür. İlk ölçüm Temmuz-Ağustos 2009'da ikinci ölçüm ise Nisan 2010'da yapılmıştır. Yapılan ölçümlere ilişkin veriler Çizelge 3.3'de yer almaktadır. Çalışma alanındaki akarsuların debileri kurak dönemde 78 L/s ile 679 L/s arasında değişmekte olup, yağışlı dönemde akım ölçümleri mevsimsel şartlardan dolayı düzenli bir şekilde yapılamamıştır. Ek-1'de verilen jeoloji-hidrojeoloji haritasına göz atıldığında, Melet Irmağı'nın akım yönünün genellikle doğu (yer yer KD ve GD)-batı doğrultusunda olduğu görülmektedir. Kurşunlu, Gümüşlü ve Aksu köyleri yakınlarından geçen akarsular çevresinde yoğun madencilik faaliyetleri gerçekleştirilmekte ve genellikle maden katı atıkları akarsu kenarlarına, sıvı atıkları ise akarsu içerisine boşaltılmaktadır (Şekil 3.6). Bu durumun akarsular üzerine etkisi Su Kimyası bölümünde açıklanmıştır.



Şekil 3.6. Çalışma alanındaki bazı maden atık alanları

Çizelge 3.3. Akarsularda yapılan arazi ölçüm değerleri

Akarsu No	Akarsu Adı	Ölçüm Tarihi	Debi (L/s)	T (°C)	Eh (mV)	EC (µS/cm)	TDS (mg/L)	pH
KD-1	Say Deresi	27.07.09	78.3	15.9	143	403	214	7.63
KD-1	Say Deresi	25.04.10	1254	10.1	83	110	58	7.73
KD-2	Kurşunlu Deresi	28.07.09	167	13.7	218	139	74	7.04
KD-3	Melet Deresi	28.07.09	-	14	265	188	100	7.47
KD-4	Kabaoğlu Deresi	30.07.09	316	15.6	33	37.8	20.2	7.43
KD-4	Kabaoğlu Deresi	25.04.10	-	4.1	159	31.5	16.8	7.48
KD-5	Yeni Mah.Deresi	30.07.09	-	13.2	245	182	97	7.31
KD-5	Yeni Mah.Deresi	25.04.10	-	7.4	141	66.4	35.2	7.69
KD-6	Çermik Deresi	31.07.09	-	14.4	20	147	78	7.50
KD-7	Melet Deresi-2	02.08.09	679	18	240	208	110	7.80
KD-7	Melet Deresi-2	25.04.10	-	10.4	175	92.6	49.1	7.78

- işareti debi ölçümünün yapılmadığını ifade etmektedir.

4. HİDROJEOLOJİ

Çalışma alanında akifer özelliği gösteren birimler Üst Kretase Volkanikleri, Üst Kretase-Paleosen Plütonikleri, Eosen ve Pliyosen Volkanikleri'dir. Bu birimler, yoğun kırıklı-çatlaklı, altere olmuş bazalt, andezit, dasit, volkano-sedimanter kayalar ve granit, diyorit ve granodiyorit'ten oluşan kayalardan oluşmaktadır. Üst Kretase Volkanikleri içerisinde işletilmekte olan Pb-Zn-Cu yatakları bulunmakta olup, sfalerit, galanit, pirit, kalkopirit, kalkosin ve hematit gibi cevher mineralleri yer almaktadır (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Çalışma alanındaki Pb-Zn-Cu sülfürlü cevherleşmeleri ve maden galerileri

Çalışma alanındaki suların arazi ölçüm değerleri Çizelge 4.1'de verilmiştir. Ölçümler kurak ve yağışlı dönemleri kapsayacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Çizelge'de görülebildiği gibi çalışma alanında geniş alanlarda gözlenen Üst Kretase yaşlı volkaniklerden, debileri 0.2 L/s ile 60 L/s arasında değişen 13 kaynak boşalımı gözlenmektedir (Şekil 4.2). Ayrıca debileri 0.8 L/s ve 2 L/s arasında değişen 3 kaynak,

Üst Kretase ve Eosen Volkaniklerinin kontağından boşalmaktadır. Birim, çalışma alanının kaynak boşalımı açısından iyi bir akiferini temsil etmekle birlikte, Su Kimyası bölümünde ayrıntı olarak anlatıldığı gibi, birim içerisinde bol miktarda sülfürlü cevherleşmelerin bulunması suların fiziksel ve kimyasal kalitesini olumsuz yönde etkilemiştir. Birimden boşalan birçok kaynak birçok açıdan içme suyu olarak kullanılmaya uygun olmadığı halde, çevre köylerin içme, kullanma ve sulama suyu ihtiyaçlarını karşılamaktadırlar. KK-1 ve KK-2 kaynakları 393 (<http://tuikapp.tuik.gov.tr>. - 2010 yılı verileri) kişinin yaşadığı Güzelyurt Köyünde içme ve kullanma amaçlı olarak kullanılmakta, Yenice Köyü KK-7 kaynağı köy çeşmesi olarak kullanılmakta, 103 (<http://tuikapp.tuik.gov.tr>. - 2010 yılı verileri) kişilik nüfusa sahip olan Kurşunlu Köyü KK-11 kaynağından içme ve kullanma suyu ihtiyacını karşılamakta ve bu kaynak yetersiz kaldığı için K-12 Kaynağından takviye yapılması planlanmaktadır, KK-19 eski yıllarda Gümüşlü Köyü içme suyu olarak kullanılmış olup, KK-31 ise yol kenarında çeşme olarak yapılması planlanan bir kaynaktır. KK-18 Çermik Deresine karışmakta olup, KK-30 ise çevre bahçelerin sulanmasında kullanılmaktadır. Üst Kretase Volkanitlerinin cevherli zonlarının bulunmadığı alanlarından boşalan (Ortakent güneyinde bulunan (KK-15 ve KK-16) kaynaklarında içme suyu açısından herhangi bir kirlilik saptanmamıştır.

Debileri 0.5 L/s ve 40 L/s arasında değişen 3 kaynak Üst Kretase-Paleosen Plütoniklerinden boşalmaktadır (Şekil 4.3). Plütonikler yoğun kırıklı-çatlaklı granit, diorit ve granodiyorit'den oluşmaktadır. Kırıklı ve çatlaklı andezit, bazalt, piroklastik kaya ve trakiandezitten oluşan Eosen volkaniklerinden debileri 0.2 L/s ve 6.5 L/s arasında değişen 5 kaynak boşalımı gözlenmektedir. Dasitik, andezitik ve bazaltik bileşimli lavlardan ve aglomera-tüflerinden oluşan Pliyosen Volkanikleri'nden ise debileri 0.6 L/s ve 9.3 L/s arasında değişen 2 kaynak boşalmakta olup, debileri 1.4 L/s ve 17 L/s arasında değişen 5 kaynak da Pliyosen ve Eosen Volkaniklerinden boşalmaktadır (Şekil 4.3).

Genellikle volkanik ve plütonik kayalardan beslenmekte ve boşalmakta olan çalışma alanındaki kaynaklar, oldukça düşük toplam çözünmüş madde miktarına sahiptir. Çoğunlukla birimlerin kırık ve çatlaklarından boşalan kaynakların yağışlı dönemde debileri kurak döneme göre genellikle 1.5-2 kat artmakta olup, Üst Kretase Volkaniklerinin birkaç noktasından boşalan Delikçe Kaynakları (KK-3) ise boşaldığı yüksek kotlu tepenin kar yağışlarından direkt olarak ve kısa sürede fazlaca etkilendiğinden dolayı yağışlı dönem debisi (60 L/s) kurak dönem debisine (3.2 L/s)

göre fazlaca artmaktadır. Beklenildiği gibi kaynakların yağışlı dönemde toplam çözülmüş madde miktarları debi artışlarına paralel olarak azalmaktadır (Çizelge 4.1).



Şekil 4.2. Cevherli Üst Kretase Volkanitlerinden boşalan bazı kaynakların görüntüleri



Şekil 4.3. Çalışma alanındaki Eosen Volkanitleri (foto 1-3), Üst Kretase-Paleosen Plütönikleri (foto 4-5) ve Pliyosen-Eosen Volkanitleri sınırından (foto 6-8) boşalan kaynakların görüntüleri

Çizelge 4.1. Çalışma alanındaki suların arazi ölçüm verileri

Kaynak-Akarsu No	Kaynak-Akarsu Adı	Formasyon	Yükseklik (m)	Boylam	Enlem	Önekleme Tarihi	EC (µS/cm)	TDS (mg/L)	pH	Eh (mV)	Sıcaklık (°C)	Debi (L/s)
KK-1	Küçükgölanı Kaynağı	Üst Kretase Volkanikleri	1889	418340	4478704	27.07.2009	53	28	4.80	588	10.1	1.7
"	Küçükgölanı Kaynağı-2	"	1745	417368	4480419	23.04.2010	36	19	5.48	480	5.2	1.5
KK-2	Topalın Tarlası Kaynağı	Üst Kretase Volkanikleri	1952	418187	4477725	27.07.2009	151	80	3.84	694	8.6	0.2
"	"	"	"	"	"	24.04.2010	141	74	3.74	670	6.7	0.4
KK-3	Delikçe Kaynağı	Üst Kretase Volkanikleri	1991	420185	4481005	27.07.2009	30	17	6.73	350	15.4	3.2
"	"	"	"	"	"	23.04.2010	17	9	7.18	375	4.2	60.0
KK-4	Başalan Kaynağı	Üst Kretase Volkanikleri	2089	420408	4481463	27.07.2009	84	45	6.61	482	8.2	0.2
KK-5	Eğrikar Kaynağı	Eosen - Üst Kretase Volkanikleri sınırı	2460	417836	4487273	28.07.2009	33	18	6.44	495	4.2	2.0
"	Eğrikar Şebeke Suyu	"	1841	418921	4484633	23.04.2010	24	14	6.58	390	4.2	(-)
KK-6	Gözeler Kaynağı	Eosen - Üst Kretase Volkanikleri sınırı	2165	420405	4483744	28.07.2009	66	35	7.69	461	10.1	2.0
KK-7	Avuludere Çeşmesi	Üst Kretase Volkanikleri	1734	418023	448332	28.07.2009	210	114	6.27	492	12.2	1.1
"	"	"	"	"	"	23.04.2006	247	131	6.60	377	7.1	1.4
KK-8	Borucak Kaynağı	Eosen Volkanikleri	2147	417137	4485724	28.07.2009	27	14	7.09	496	10.0	6.5
KK-9	Aksu Kaynağı	Üst Kretase-Paleosen Plütonikleri	2543	429324	4482600	29.07.2009	27	14	7.09	470	4.7	6.0
"	Aksu Şebeke Suyu	"	1905	425538	4477140	24.04.2010	39	21	7.07	353	4.8	(-)
KK-10	Devecik Boynu Kaynağı	Üst Kretase-Paleosen Plütonikleri	2455	429581	4480292	29.07.2009	26	14	6.90	524	5.1	0.5
KK-11	Kurtgözü Kaynağı	Üst Kretase Volkanikleri	1935	422215	4479966	29.07.2009	112	59	3.94	654	6.9	0.5
"	"	"	"	"	"	24.04.2010	73	39	4.56	479	4.8	1.2
"	Kurtgözü Şebeke Suyu	"	"	"	"	24.04.2010	35	19	4.72	514	6.7	(-)
KK-12	Kızıtlarla Kaynağı	Üst Kretase Volkanikleri	1851	423019	4480990	29.07.2009	211	112	3.53	663	6.8	2.5
"	"	"	"	"	"	24.04.2010	204	108	3.42	623	6.7	3.5
KK-13	Karaçakıl Kaynağı	Üst Kretase-Paleosen Plütonikleri	2701	428646	4485262	30.07.2009	18	10	7.37	419	3.3	4.0
KK-14	Çiftegözeler Kaynağı	Eosen Volkanikleri	1847	418888	4471127	31.07.2009	88	47	6.90	470	7.9	0.3
"	Çiftegözeler Şebeke Suyu	"	"	"	"	26.04.2010	88	46	7.02	419	7.4	(-)
KK-15	Alakavak Kaynağı-1	Üst Kretase Volkanikleri	1985	417813	4468206	31.07.2009	38	20	6.90	456	5.9	4.9
KK-16	Alakavak Kaynağı-2	Üst Kretase Volkanikleri	2002	418018	4468377	31.07.2009	45	24	7.28	528	7.5	1.0
KK-17	Şekeroluk Kaynağı	Eosen - Üst Kretase Volkanikleri sınırı	2088	424941	4481484	31.07.2009	37	19	6.93	486	7.5	0.8
"	Şekeroluk Şebeke Suyu	"	1793	421839	4477089	24.06.2010	35	19	7.25	343	8.3	(-)
KK-18	Çermikboğazı Kaynağı	Üst Kretase Volkanikleri	2007	422517	4482389	31.07.2009	488	239	3.49	421	8.0	0.3
KK-19	Danışmanlı Kaynağı	Üst Kretase Volkanikleri	1886	421477	4478392	31.07.2009	248	132	3.65	626	8.5	0.9
"	"	"	"	"	"	24.04.2010	145	77	3.83	610	7.1	1.5
KK-20	Kürsücü Kaynağı	Eosen Volkanikleri	1725	415944	4472434	01.08.2009	103	55	6.63	455	6.8	0.4
KK-21	Veliningözesi Kaynağı	Pliyosen - Eosen Volkanikleri sınırı	1779	415216	4472179	01.08.2009	47	25	6.42	490	6.5	14

Çizelge 4.1. Devam ediyor

Kaynak-Akarsu No	Kaynak-Akarsu Adı	Formasyon	Yükseklik (m)	Boylam	Enlem	Önekleme Tarihi	EC (µS/cm)	TDS (mg/L)	pH	Eh (mV)	Sıcaklık (°C)	Debi (L/s)
KK-21	Veliningözesi Kaynağı	Pliyosen - Eosen Volkanikleri sınırı	1779	415216	4472179	24.04.2010	58	31	6.94	387	6.5	(-)
"	Veligözesi Şebeke Suyu	"	1714	415318	4472861	26.04.2010	43	23	7.44	362	9.0	(-)
KK-22	Çataloluk Kaynağı	Pliyosen - Eosen Volkanikleri sınırı	1843	415053	4471779	01.08.2009	39	21	7.96	418	10.3	12
"	"	"	"	"	"	26.04.2010	43	23	7.38	392	9.7	17
KK-23	Gözeler Kaynağı	Pliyosen - Eosen Volkanikleri sınırı	2008	413422	4472291	01.08.2009	49	26	6.80	511	5.6	4.6
KK-24	Demirasar Kaynağı	Pliyosen - Eosen Volkanikleri sınırı	2102	415315	4470159	01.08.2009	33	18	6.84	481	5.4	8.9
"	"	"	"	"	"	26.04.2010	34	16	7.32	410	4.4	11.0
KK-25	Güldireği Kaynağı	Pliyosen - Eosen Volkanikleri sınırı	1704	410978	4475316	01.07.2009	113	61	6.97	501	8.8	1.4
"	Güldireği Şebeke Suyu	"	"	"	"	26.04.2010	98	53	7.34	418	9.3	(-)
KK-26	Oymalık Kaynağı	Pliyosen Volkanikleri	1890	411008	4474248	01.07.2009	73	39	7.57	463	9.4	9.3
KK-27	Akçapınar Kaynağı	Pliyosen Volkanikleri	1778	410534	4474910	01.07.2009	88	47	7.31	488	9.4	0.6
KK-28	Çiftapınar Kaynağı	Eosen Volkanikleri	1908	413458	4474764	02.08.2009	204	108	7.20	490	6.8	0.2
KK-29	Karanlıkdere Kaynağı	Eosen Volkanikleri	1827	413292	4475615	02.08.2009	138	73	7.30	510	7.1	0.4
KK-30	Acısu Kaynağı	Üst Kretase Volkanikleri	1548	420384	4477733	02.08.2009	664	352	3.34	490	10.1	2.3
"	"	"	"	"	"	23.04.2010	668	355	3.34	491	9.0	1.4
KK-31	Eyeklik Çeşmesi	Üst Kretase Volkanikleri	1491	419775	4477460	27.07.2009	272	133	3.60	646	9.0	0.2
"	"	"	"	"	"	24.04.2010	171	91	3.56	617	13.5	0.2
KD-1	Say Deresi	"	1487	419806	4477449	27.07.2009	403	214	7.63	338	15.9	78.3
"	"	"	"	"	"	24.04.2010	110	58	7.73	288	10.1	1254
KD-2	Kurşunlu Deresi	"	1690	423402	4479702	28.07.2009	139	74	7.04	415	13.7	167
"	"	"	"	"	"	24.04.2010	43	23	7.7	369	3.7	(-)
KD-3	Melet Irmağı	"	1432	419278	4475363	28.07.2009	188	100	7.47	462	14.0	(-)
"	"	"	"	"	"	24.04.2010	82	44	7.77	381	10.0	(-)
KD-4	Kabaoğlu Deresi	"	1684	425466	4478571	30.07.2009	38	20	7.43	199	15.6	316
"	"	"	"	"	"	25.04.2010	32	17	7.48	368	4.1	(-)
KD-5	Yenimahalle Deresi	"	1583	423572	4478394	30.07.2009	182	97	7.31	443	13.2	(-)
"	"	"	"	"	"	25.06.2010	66	35	7.69	348	7.4	(-)
KD-6	Çermik Deresi	"	2007	422517	4482389	31.07.2009	147	78	7.50	217	14.4	(-)
KD-7	Melet Irmağı-2	"	1431	419063	4475369	02.08.2009	208	110	7.80	435	18.0	679
"	"	"	"	"	"	25.04.2010	93	49	7.78	380	10.4	(-)
KA-1	Maden Atık Suyu	"	1628	423546	4479308	30.07.2009	431	221	7.80	447	14.5	(-)

5. SU KİMYASI

Çalışma alanı içerisinde yer alan kaynak ve akarsuların kimyasal özelliklerini belirlemek ve kalitesini ortaya koymak amacıyla 2009 ve 2010 yıllarında kurak dönem (Temmuz) ve yağışlı dönemde (Nisan) arazi ölçümleri ve su örneklemeleri yapılmıştır. Arazi çalışmaları sırasında sıcaklık (T), pH, elektriksel iletkenlik (EC), toplam çözülmüş katılar (TDS), yükseltgenme-indirgenme potansiyeli (ORP-Eh) değerleri ölçülmüştür. Major anyon-katyon, iz element, radyoaktivite ve izotop analizleri amacıyla alınan su örneklerinin analizleri sırasıyla, Cumhuriyet Üniversitesi ve Hacettepe Üniversitesi Su Kimyası laboratuvarında, Acme (Kanada) Laboratuvarında, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol Laboratuvarında ve Ottawa Üniversitesi (Kanada) Kararlı İzotop Laboratuvarında yaptırılmıştır. Kaynakların kökenleri ve göreceli yaşlarını saptamak amacıyla oksijen-18, döteryum, trityum izotoplarının analizi ve toplam alfa ve toplam beta radyoaktivitelerini saptamak amacıyla yaptırılan radyoaktivite analizleri, çalışmanın amacına uygun olarak seçilen pH'ı düşük olan yani sülfürlü cevherleşmelerden etkilenen kaynaklar ve bazı büyük debili kaynaklarda yaptırılmıştır.

Kaynak ve akarsuların major anyon-katyon analizleri Çizelge 5.1'de, iz element sonuçları Çizelge 5.2'de, radyoaktivite analizleri Çizelge 5.3'de verilmiştir. Çizelge 5.4'de Türk ve Dünya İçme Suyu Standartları, Çizelge 5.5'de ise çalışma alanındaki suların uygunluk analizi sonuçları yer almaktadır. Çalışma alanı içerisinde 31 kaynaktan, 7 dereden ve 1 atık sahasından alınan örneklerin major anyon ve katyon değerleri yarı logaritmik (Schoeller, 1955, 1962) diyagramında karşılaştırılmıştır. Kimyasal yönden sınıflandırılması üçgen diyagramda (Piper, 1944) yapılmış, ayrıca suların sulama suyu açısından sınıflaması ABD Tuzluluk diyagramı ve Wilcox Diyagramı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

5.1. Kaynak Suları

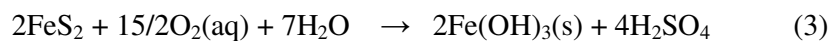
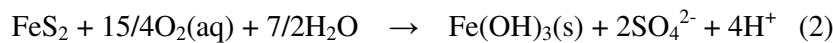
5.1.1. Genel Kimyasal Değerlendirme

Çalışma alanı içerisinde yer alan kaynakların büyük bir kısmı volkaniklerden ve bir kısmı ise plütoniklerden boşalmaktadır. Çalışma alanındaki tüm kaynakların genel olarak elektriksel iletkenlik (EC) değerleri; kurak dönemde 18-664 mikrosimens/cm

($\mu\text{S}/\text{cm}$) arasında, yağışlı dönemde ise 17-668 mikrosimens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$) arasında değişmektedir. Sıcaklık değerleri kurak dönemde 3.3-15.4 °C arasında, yağışlı dönemde ise 4.2-13.5 °C arasında değişmektedir. TDS değerleri kurak dönemde 17-352 mg/L, yağışlı dönemde ise 9-355 mg/L arasındadır. pH değerleri ise kurak dönemde 3.49-7.96 arasında, yağışlı dönemde ise 3.74-7.44 arasında değişmektedir. Yükseltgenme-indirgenme potansiyeli (Eh) değerleri ise kurak dönemde 418-663 mV arasında, yağışlı dönemde ise 343-670 mV arasında değişmektedir.

Çalışma alanındaki kaynaklar boşaldıkları birimlere göre oldukça farklı fiziksel ve kimyasal özellik göstermektedir. Cevherli Üst Kretase Volkaniklerinden boşalan kaynaklar (KK-1, KK-2, KK-11, KK-12, KK-18, KK-19, KK-30, KK-31) asidik karakter göstermekte olup, pH'ları 3.34 ve 4.8 arasında değişmektedir. Bu kaynakların kurak ve yağışlı dönemde pH değerleri çok belirgin bir şekilde değişmemektedir. Kaynakların EC değerleri 35 ve 668 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında, Eh değerleri ise 421 ve 694 mV arasında değişmektedir. KK-3, KK-4 ve KK-7 kaynakları da Üst Kretase Volkaniklerinden boşalmakta birlikte, pH değerleri çok düşük değildir. Bunun nedeninin, KK-3 ve KK-4 kaynaklarının yüksek kotlardan beslenmesi ve çok sığ dolaşıma sahip olmasından; KK-7'nin ise iki ayrı suyun karışımından oluşan bir çeşme olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Diğer jeolojik birimlerden boşalan kaynaklar ise genellikle alkalın ve alkalın-düşük asidik karaktere sahiptirler. Bu kaynakların pH değerleri ise 6.42 ve 7.96 arasında değişmekte, EC değerleri ise 18 ve 204 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında değişmektedir.

Bölgedeki sülfür mineralleri (özellikle pirit) çalışma alanındaki yeraltısularının asidik karaktere sahip olmasına ve yüksek SO_4 ve Fe içermelerine neden olmaktadır. Pirit'in oksidasyonu yüksek asidik koşullar üretebilmektedir (Gündüz ve diğ., 2007; Gündüz ve Baba, 2008; Seal ve diğ., 2008; Baba ve Gündüz 2010). Birçok çalışmada, piritin oksidasyonu için verilen farklı reaksiyon tipleri aşağıda gösterilmiştir;



Maden atıkları içinde sülfür oksidasyonu hızlıca olmakta ve *Thiobacillus group* and *Ferrobacillus genera* gibi kemoterotrofik bakteriler tarafından katalizlenmektedir

(Boorman ve Watson, 1976; Blowes, 1997; Tuttle ve diğ., 1968; Akyol ve diğ., 2003). Bu reaksiyonlar, sülfür mineralleri ile etkileşimde olan yeraltı ve yüzeysularının asidikleşmesine sebep olmaktadır. Asidikleşme ile bazı minerallerin çözünürlüğü artmakta ve iz element açısından suların zenginleşmesine neden olmaktadır. Genellikle asidik maden sularının sulu yaşama, bitki ve hayvanlara zarar verdiği bilinmektedir (Nordstrom, 2000; Karakaya ve diğ., 2007). Bazı elementler (özellikle Al, Be, Pb, Cd, Fe, and Mn) asidik koşullar altında hareketlidir ve asidik sularda problemleri durumlara neden olmaktadır (Smedley ve diğ., 1996; Karakaya ve diğ., 2007).

Çalışma alanındaki kaynakların major anyon ve katyon analizlerine göre kurak ve yağışlı dönem için çizilen yarı logaritmik (Şekil 5.1 ve Şekil 5.2) ve üçgen diyagramlarında (Şekil 5.3 ve Şekil 5.4), cevherli Üst Kretase Volkaniklerinden ve diğer birimlerden boşalan kaynakların farklılıkları açıkça görülmektedir. Cevherli olmayan birimlerden boşalan kaynaklar birbirleriyle uyumlu olup, Şekil 5.1’de verilen yarı logaritmik diyagramda birbirlerine paralel oldukları görülmektedir. Cevherli Üst Kretase Volkaniklerinden boşalan kaynakların (KK-1, KK-2, KK-3, KK-4, KK-7, KK-11, KK-12, KK-18, KK-19, KK-30, KK-31) Ca-SO₄ fasiyesinde olduğu ve KK-1, KK-2, KK-3, KK-12 ve KK-31 kaynaklarının ayrıca Mg ve/vaya Na miktarlarının bir miktar yüksek olduğu kurak dönem için çizilen yarı logaritmik ve Piper diyagramlarında kendini göstermektedir. Diğer jeolojik birimlerden boşalan kaynaklar ise Ca-Na-Mg-HCO₃ fasiyesine sahiptir. Yağışlı dönem grafiklerinde ise kurak dönem ile benzer ilişkilerin olduğu ve kaynakların fasiyeslerinin değişmediği görülmektedir.

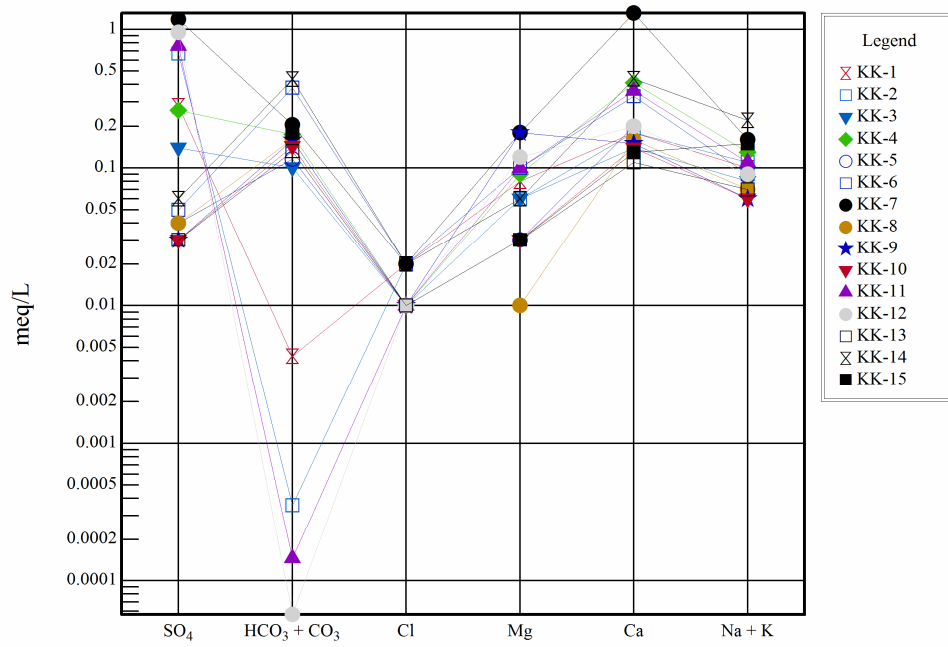
5.1.2. Sulama suyu açısından değerlendirme

Sulama suyu kalitesinin sınıflandırılmasında kullanılan kriterler şunlardır (Erözel, 1986):

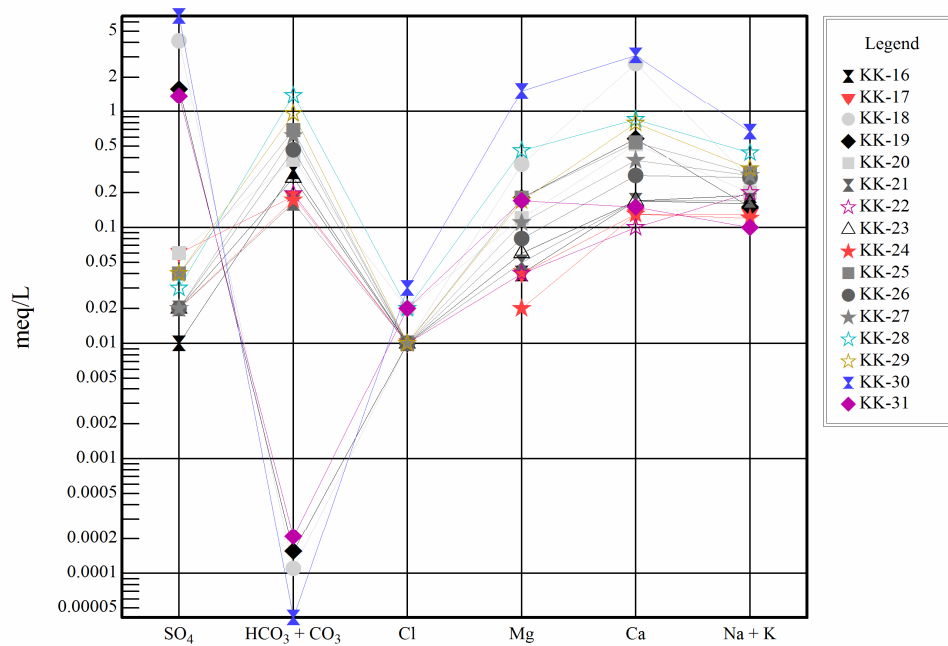
1. Suda çözünebilir iyonların toplam konsantrasyonu: Genellikle elektriksel iletkenliğe göre yapılan sınıflamada EC değeri 0-250 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$ ’ye kadar olan sular, drenaj sorunu olmayan alanlarda geniş çapta kullanılmaktadır. Ancak bu değerden fazla olursa, tuzluluk sorunu ortaya çıkmaktadır. Bu topraklarda yalnız tuza dayanımları fazla olan bitkiler yetiştirilebilir.

Çizelge 5.1. Çalışma alanındaki suların kimyasal analiz sonuçları

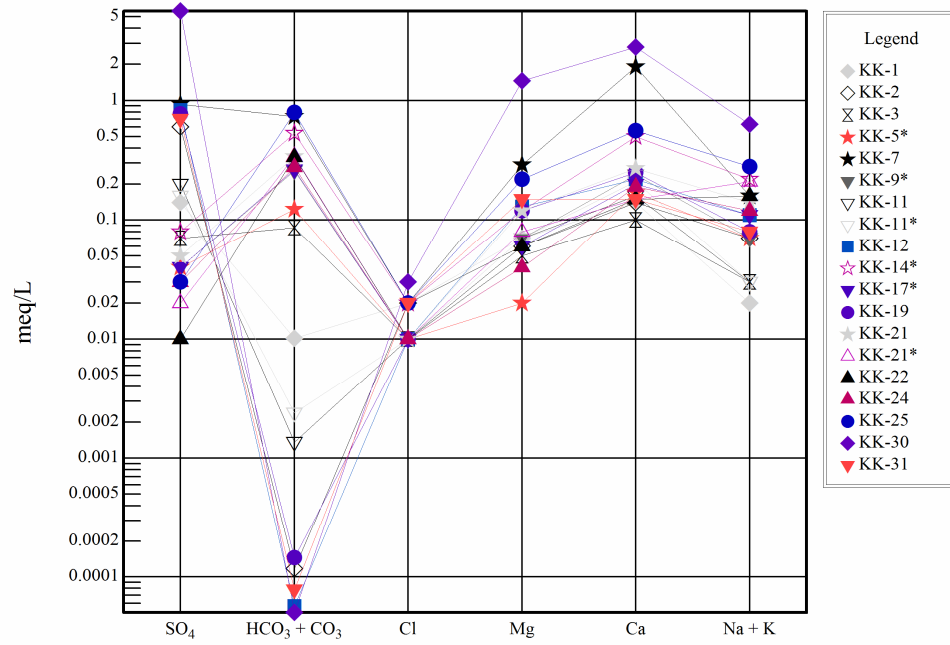
Örnek No	Kaynak-Irmak Adı	Örnekleme Tarihi	Katyonlar (meq/L)				Anyonlar (meq/L)					SiO ₂ mg/L
			Na ⁺	K ⁺	Mg ⁺⁺	Ca ⁺⁺	CO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻	
KK-1	Küçükgöialanı Kaynağı	27.07.2009	0.07	0.03	0.08	0.18	0.00	0.20	0.02	0.01	0.28	8.67
"	Küçükgöialanı Kaynağı -2	23.04.2010	0.01	0.01	0.07	0.14	"	0.09	0.02	0.03	0.14	7.06
KK-2	Topalın Tarlası Kaynağı	27.07.2009	0.06	0.05	0.06	0.18	0.00	0.15	0.02	<0.01	0.67	16.37
"	"	24.04.2010	0.05	0.02	0.06	0.14	"	<0.01	0.02	<0.01	0.60	13.96
KK-3	Delikçe Kaynağı	27.07.2009	0.05	0.03	0.06	0.14	0.00	0.15	0.01	<0.01	0.14	8.04
"	"	23.04.2010	0.02	0.01	0.05	0.10	"	0.10	0.01	0.01	0.07	3.86
KK-4	Başalan Kaynağı	27.07.2009	0.11	0.02	0.09	0.41	0.00	0.30	0.01	0.04	0.26	15.86
KK-5	Eğrikar Kaynağı	28.07.2009	0.07	0.02	0.03	0.20	0.00	0.25	0.01	0.10	0.04	9.44
"	Eğrikar Şebeke Suyu	23.04.2010	0.06	0.01	0.02	0.17	"	0.20	0.01	<0.01	0.04	8.21
KK-6	Gözeler Kaynağı	28.07.2009	0.07	0.02	0.10	0.33	0.00	0.40	0.02	0.06	0.05	9.50
KK-7	Avuludere Çeşmesi	28.07.2009	0.13	0.03	0.18	1.31	0.00	0.50	0.02	0.01	1.18	28.91
"	"	23.04.2006	0.14	0.02	0.29	1.91	"	1.15	0.02	<0.01	0.93	23.18
KK-8	Borucak Kaynağı	28.07.2009	0.06	0.01	0.01	0.16	0.00	0.20	0.00	<0.01	0.04	7.34
KK-9	Aksu Kaynağı	29.07.2009	0.06	0.00	0.18	0.15	0.00	0.25	0.01	0.02	0.03	7.59
"	Aksu Kaynağı	24.04.2010	0.07	0.00	0.07	0.24	"	0.31	0.01	0.01	0.04	9.23
KK-10	Devecik Boynu Kaynağı	29.07.2009	0.05	0.01	0.03	0.14	0.00	0.20	0.01	0.04	0.03	8.81
KK-11	Kurtgözü Kaynağı	29.07.2009	0.06	0.05	0.10	0.36	0.00	0.05	0.01	<0.01	0.76	15.23
"	"	24.04.2010	0.02	0.01	0.07	0.16	"	0.09	0.01	<0.01	0.20	8.09
"	Kurtgözü Şebeke Suyu	24.04.2010	0.02	0.01	0.07	0.21	"	0.11	0.01	<0.01	0.16	7.23
KK-12	Kızıllarla Kaynağı	29.07.2009	0.04	0.05	0.12	0.20	0.00	0.05	0.01	<0.01	0.95	19.10
"	"	24.04.2010	0.06	0.05	0.13	0.22	"	<0.01	0.01	<0.01	0.83	17.07
KK-13	Karaçakıl Kaynağı	30.07.2009	0.06	0.01	0.03	0.11	0.00	0.15	0.01	0.02	0.03	4.65
KK-14	Çiftgözeler Kaynağı	31.07.2009	0.13	0.09	0.06	0.44	0.00	0.60	0.02	0.01	0.06	41.15
"	Çiftgözeler Şebeke Suyu	26.04.2010	0.13	0.09	0.12	0.50	"	0.65	0.02	<0.01	0.08	42.36
KK-15	Alakavak Kaynağı-1	31.07.2009	0.12	0.03	0.03	0.13	0.00	0.25	0.00	0.02	0.00	32.99
KK-16	Alakavak Kaynağı-2	31.07.2009	0.15	0.04	0.04	0.17	0.00	0.35	0.01	0.04	0.01	29.38
KK-17	Şekeroluk Kaynağı	31.07.2009	0.12	0.01	0.04	0.13	0.00	0.25	0.01	0.04	0.06	12.81
"	Şekeroluk Şebeke Suyu	24.06.2010	0.10	0.01	0.06	0.20	"	0.30	0.01	0.02	0.04	11.78
KK-18	Çermikboğazı Kaynağı	31.07.2009	0.18	0.08	0.35	2.63	0.00	0.10	0.01	<0.01	4.12	41.51
KK-19	Danışmanlı Kaynağı	31.07.2009	0.11	0.04	0.18	0.58	0.00	0.10	0.01	<0.01	1.58	35.04
"	"	24.04.2010	0.06	0.02	0.12	0.25	"	<0.01	0.01	<0.01	0.77	18.70
KK-20	Kürsücü Kaynağı	01.08.2009	0.17	0.03	0.12	0.52	0.00	0.65	0.02	0.09	0.06	25.20
KK-21	Veliningözesi Kaynağı	01.08.2009	0.12	0.05	0.05	0.17	0.00	0.35	0.01	0.02	0.02	30.89
"	"	24.04.2010	0.09	0.05	0.12	0.27	"	0.43	0.01	<0.01	0.05	30.60
KK-21	Veligözesi Şebeke Suyu	26.04.2010	0.17	0.04	0.08	0.15	0.00	0.37	0.01	<0.01	0.02	42.56
KK-22	Çataloluk Kaynağı	01.08.2009	0.16	0.04	0.04	0.10	0.00	0.25	0.01	0.01	0.00	44.66
"	"	26.04.2010	0.13	0.03	0.06	0.15	"	0.37	0.01	<0.01	0.01	39.56
KK-23	Gözeler Kaynağı	01.08.2009	0.12	0.04	0.06	0.17	0.00	0.40	0.01	0.02	0.02	34.15
KK-24	Demirasar Kaynağı	01.08.2009	0.09	0.03	0.02	0.13	0.00	0.25	0.00	0.02	0.02	29.86
"	"	26.04.2010	0.10	0.02	0.04	0.19	"	0.31	0.01	<0.01	0.03	19.66
KK-25	Güldireği Kaynağı	01.07.2009	0.28	0.01	0.18	0.54	0.00	0.90	0.01	0.01	0.04	23.39
"	Güldireği Şebeke Suyu	26.04.2010	0.27	0.01	0.22	0.56	"	0.88	0.02	0.02	0.03	21.73
KK-26	Oymalık Kaynağı	01.07.2009	0.27	0.00	0.08	0.28	0.00	0.50	0.01	0.03	0.02	19.52
KK-27	Akçapınar Kaynağı	01.07.2009	0.27	0.01	0.11	0.38	0.00	0.70	0.01	0.02	0.02	21.30
KK-28	Çiftapınar Kaynağı	02.08.2009	0.37	0.07	0.46	0.85	0.00	1.65	0.02	0.02	0.03	38.68
KK-29	Karanlıkdere Kaynağı	02.08.2009	0.25	0.07	0.17	0.79	0.00	1.10	0.01	0.01	0.04	22.29
KK-30	Acısu Kaynağı	02.08.2009	0.62	0.05	1.52	3.09	0.00	0.05	0.03	<0.01	6.75	52.97
"	"	23.04.2010	0.57	0.06	1.46	2.79	"	<0.01	0.03	<0.01	5.56	52.14
KK-31	Eyedik Çeşmesi	27.07.2009	0.07	0.03	0.17	0.15	0.00	0.15	0.02	<0.01	1.38	21.28
"	"	24.04.2010	0.06	0.02	0.15	0.15	"	<0.01	0.02	<0.01	0.70	14.54
KD-1	Say Deresi	27.07.2009	0.25	0.05	0.55	2.55	0.00	1.20	0.04	<0.01	2.33	16.55
"	"	24.04.2010	0.09	0.02	0.18	0.77	"	0.71	0.01	0.01	0.34	9.66
KD-2	Kurşunlu Deresi	28.07.2009	0.08	0.03	0.13	0.73	0.00	0.20	0.01	0.01	0.83	12.02
"	"	24.04.2010	0.03	0.01	0.06	0.28	"	0.24	0.01	<0.01	0.10	5.56
KD-3	Melet Irmağı	28.07.2009	0.20	0.03	0.26	1.06	0.00	1.00	0.03	0.01	0.50	16.03
"	"	24.04.2010	0.09	0.02	0.13	0.52	"	0.54	0.01	<0.01	0.11	12.38
KD-4	Kabaoğlu Deresi	30.07.2009	0.10	0.02	0.07	0.23	0.00	0.40	0.01	0.02	0.04	8.48
"	"	25.04.2010	0.06	0.01	0.06	0.21	"	0.26	0.01	0.01	0.03	8.21
KD-5	Yenimahalle Deresi	30.07.2009	0.15	0.04	0.18	0.96	0.00	0.30	0.03	<0.01	1.07	14.87
"	"	25.06.2010	0.05	0.02	0.10	0.42	"	0.32	0.01	0.01	0.19	6.87
KD-6	Çermik Deresi	31.07.2009	0.09	0.02	0.11	0.91	0.00	0.55	0.01	0.00	0.57	10.35
KD-7	Melet Irmağı-2	02.08.2009	0.19	0.04	0.28	1.18	0.00	1.00	0.04	0.02	0.59	18.27
"	"	25.04.2010	0.10	0.02	0.18	0.64	"	0.74	0.01	0.01	0.16	12.47
KA-1	Maden Atık Suyu	30.07.2009	1.53	0.13	0.57	2.16	0.00	1.65	0.22	0.08	2.51	38.23



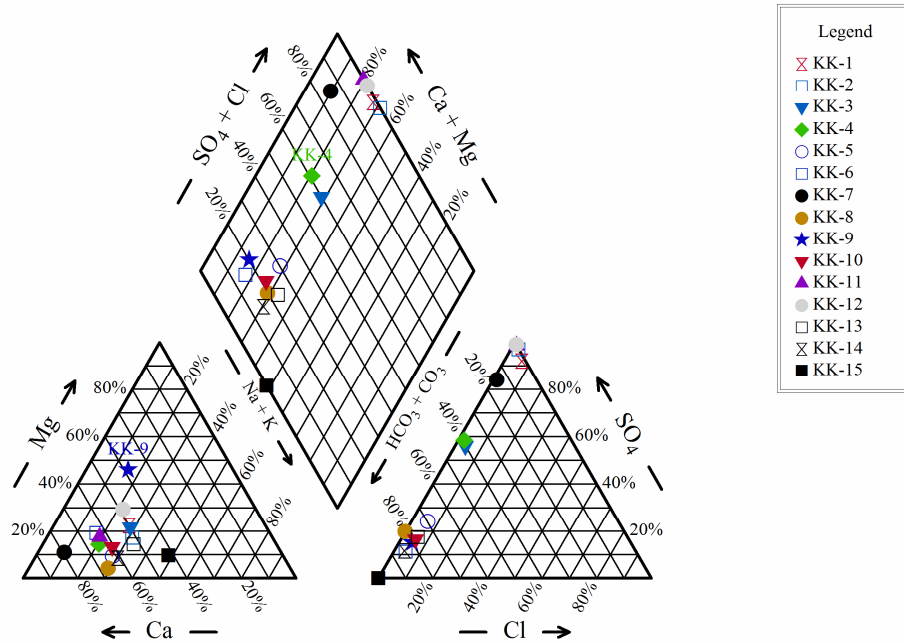
Şekil 5.1. Çalışma alanındaki kaynak sularının yarı logaritmik (Schoeller 1955, 1962) diyagramda karşılaştırılması (kurak dönem)



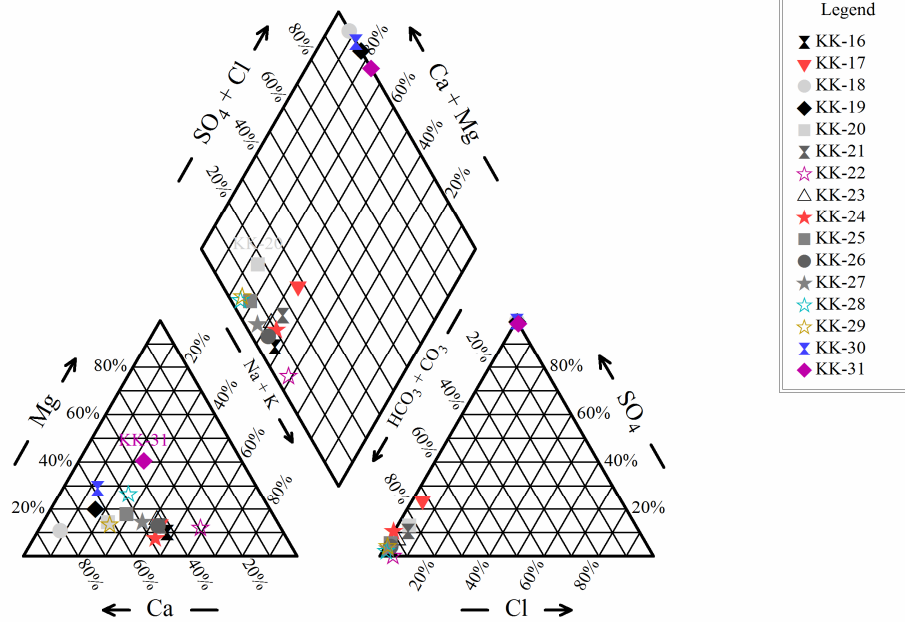
Şekil 5.1. Devam ediyor



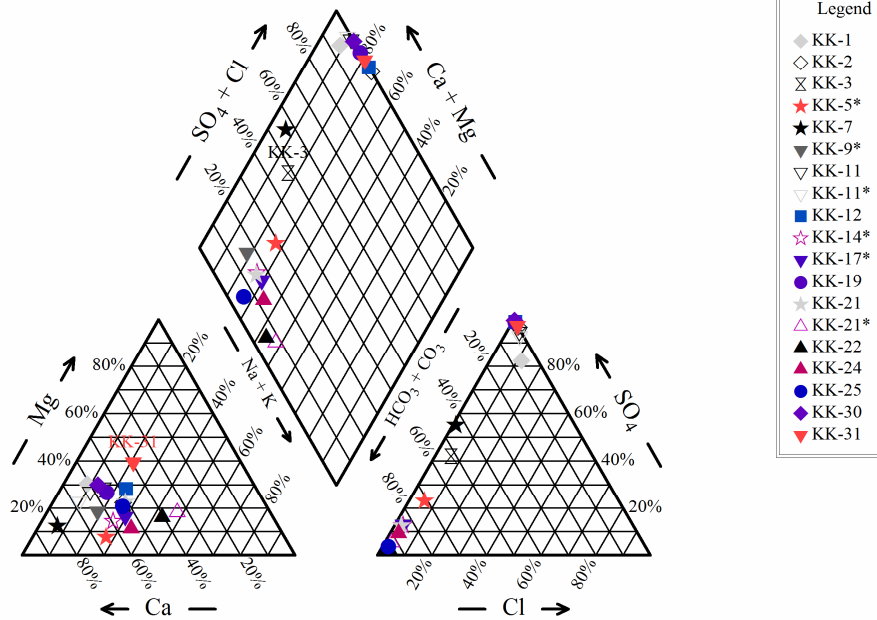
Şekil 5.2. Çalışma alanındaki kaynak sularının yarı logaritmik diyagramda (Schoeller 1955, 1962) karşılaştırılması (yağışlı dönem, * : Şebeke Suyu)



Şekil 5.3. Çalışma alanındaki kaynak sularının üçgen diyagramda (Piper, 1944) karşılaştırılması (kurak dönem)



Şekil 5.3. Devam ediyor



Şekil 5.4. Çalışma alanındaki kaynak sularının üçgen diyagramda (Piper, 1944) karşılaştırılması (yağışlı dönem, * : Şebeke Suyu)

2. Sodyum katyonunun suda (çözeltide) bulunan diğer katyonlara oranı: Sodyum iyonunun zararlı ve istenmeyen etkisinin oluşmaması için, sodyum zararının bir ölçüsü olarak önceleri “sodyum yüzdesi” değeri kullanılmıştır. Bu değer,

$$\% \text{Na} = (\text{Na}^+ / \sum \text{Katyon})$$

şeklinde hesaplanır ve genellikle 50 veya 60’ dan yüksek olması istenmez.

Sodyum zararının saptanmasında en çok kullanılan bir diğer kriter de “sodyum adsorpsiyon oranı (SAR)” dır. SAR değeri aşağıdaki eşitlikle hesaplanmaktadır.

$$\text{SAR} = \text{Na}^+ / [(\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++} /)]^{1/2}$$

SAR değeri 0-10 arasında olan sularda sodyum zararı düşük, 10-18 arasında orta, 18-26 arasında yüksek ve 26’ dan fazla ise çok yüksektir.

Çalışma alanı içerisinde yer alan 31 kaynak suyu ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramında (Şekil 5.5 ve Şekil 5.6) ve Wilcox Diyagramında (Şekil 5.7 ve Şekil 5.8) gösterilmiştir. ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı, SAR ve EC; Wilcox Diyagramı ise %Na ve EC esas alınarak çizilmektedir. ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı kullanılarak yapılan sulama suyu sınıflamasına göre, çalışma alanında bulunan kaynak suları kurak dönemde 9 tanesi “düşük sodyumlu-düşük tuzlu” yani C₁-S₁ sınıfında, 3 tanesi “düşük sodyumlu-orta tuzlu” yani C₂-S₁ sınıfında yer almakta olup 19 tanesinin EC değerleri ise 100 µS/cm’den düşük olduğundan bu diyagramda yer alamamıştır.

Yağışlı dönemde ise genelde sınıflamalarda bir değişiklik olmamakta, sadece KK-31 C₂-S₁ sınıfından C₁-S₁ sınıfına girmektedir. C₁-S₁ sınıfındaki sular, çoğu topraklarda, her türlü bitkinin sulanmasında kullanılabilirken, C₂ sınıfındaki sular orta derecede bir yıkama varsa, tuzluluk kontrolüne gerek kalmaksızın, tuza orta derecede dayanıklı bütün bitkilerin sulanmasında kullanılabilir (Doğan, 1981).

Wilcox Diyagramı kullanılarak yapılan sulama suyu sınıflamasına göre ise çalışma alanı içerisinde bulunan kaynak suları hem kurak dönem hemde yağışlı dönem analiz sonuçlarına göre “Çok iyi-iyi” sınıfında yer almaktadırlar. Sulama suyu diyagramlarından, kaynak sularının çoğunlukla sulama açısından uygun olduğu sonucuna varılabilmektedir.

5.1.3. İçme suyu açısından değerlendirme

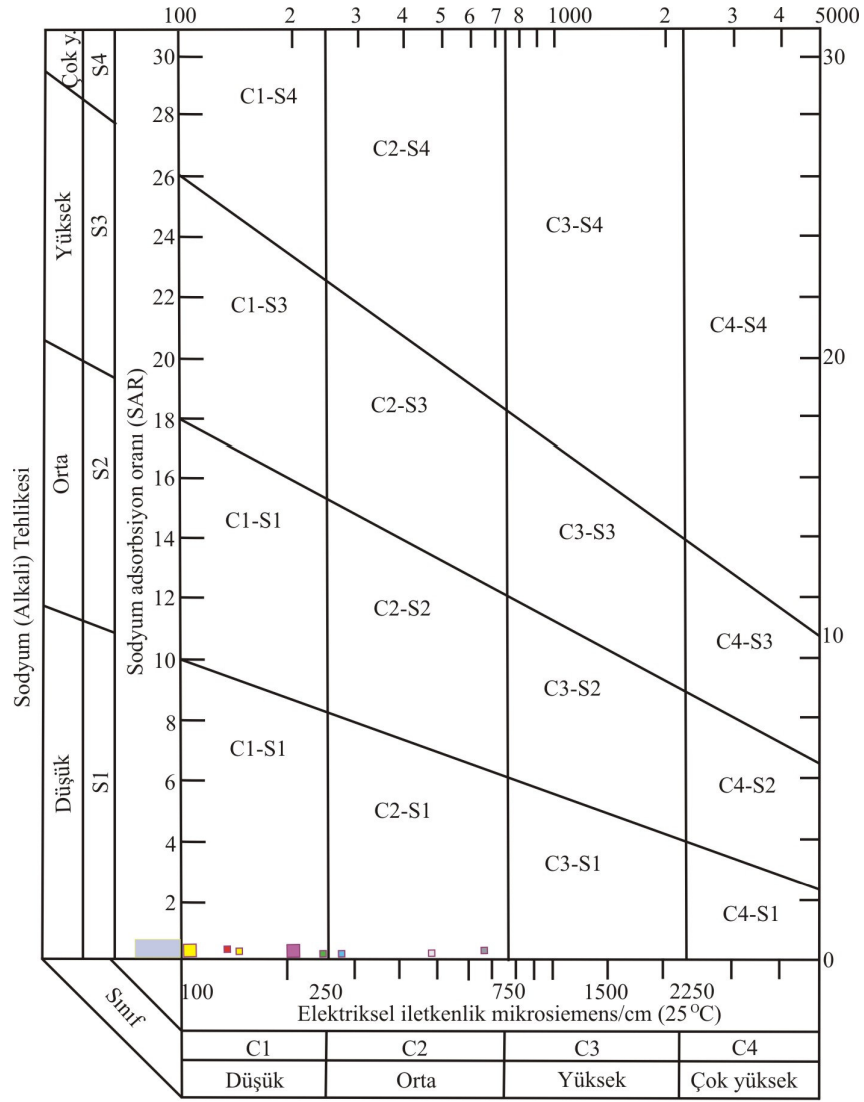
İçme sularında aranan başlıca özellikler, sağlığa zararlı olmaması ve içiminin hoş olmasıdır. Suyun hoş içimli ve serinletici olması; fiziksel ve kimyasal özellikleri, sağlık yönünden uygunluğu ise kimyasal, bakteriyolojik özellikleri ile ilgilidir (Doğan,

1991). İçme sularında ağır metallerin miktarı oldukça önemlidir. Bazı metaller çok küçük miktarda bile insan sağlığı açısından ters etki yapabilmektedir. Metallerin hareketliliği kayaçtaki toplam konsantrasyona, kayaç özelliklerine, metal özelliklerine ve çevresel faktörlere (yağış, sıcaklık, pH, Eh, vb.) bağlıdır. İz elementlerin durumu ve hareketliliği çözünme-çökelme, adsorbsiyon-desorpsiyon, kompleksleşme-ayırışma ve yükseltgenme-indirgenme reaksiyonları gibi bazı kimyasal ve biyokimyasal süreçler tarafından kontrol edilmektedir (He ve diğ., 2005; Keskin, 2010). Farklı metaller farklı hareketliliğe sahiptirler. Yükseltgeyici ve sulu çevre koşulları altında sülfürler hızlı bir şekilde yükseltgenir ve Fe, Cu, Zn ve Pb elementleri sülfürlerden ayrılır ve yeraltı ve yüzeysularına katılabilir. İndirgeyici koşullar altında, Fe ve Mn oksitler Fe^{3+} - Fe^{2+} ve Mn^{4+} - Mn^{2+} olarak yavaş bir şekilde çözünürler (He ve diğ., 2005).

Sularda bulunabilecek çeşitli maddeler için farklı ülkelerde değişik limitler kabul edilmiştir. Bu tez çalışması kapsamında çalışma alanındaki sular içme suyu açısından değerlendirilirken Türk ve Dünya İçme Suyu Standartları dikkate alınmış ve bu standart Çizelge 5.4'de verilmiştir.

Türk ve Dünya İçme Suyu Standartları ile çalışma alanında bulunan kaynak sularının tüm dönemlerdeki analizlerinden elde edilen değerler karşılaştırılmıştır. Buna göre kaynak sularının EC değerleri kurak dönemde 18-664 $\mu S/cm$ arasında, yağışlı dönemde ise 17-668 $\mu S/cm$ arasında değişmekte olup Türk İçme Suyu Standartlarında verilen 2500 $\mu S/cm$ olan üst sınırı geçmemektedir.

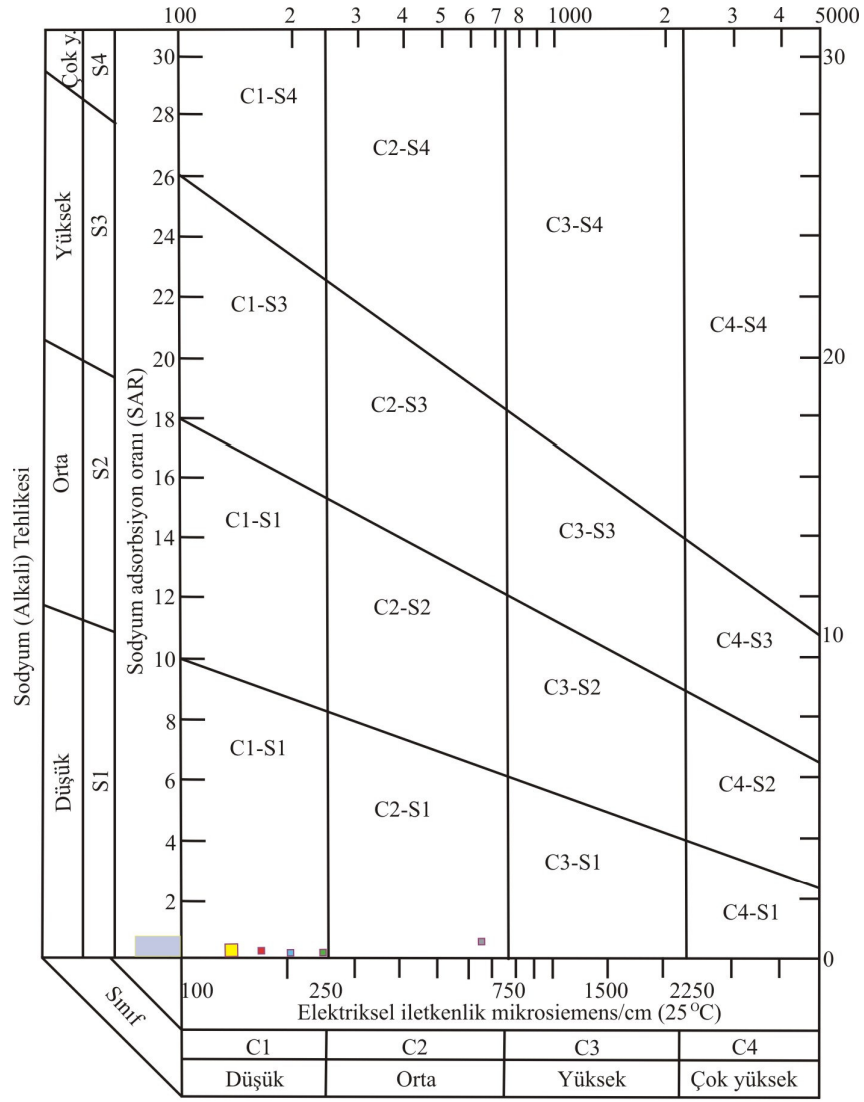
Kaynak sularının pH değerleri kurak dönemde 3.49-7.96 arasında, yağışlı dönemde ise 3.74-7.44 arasında değişmektedir. Cevherli Üst Kretase Volkaniklerinden boşalan Küçükgölalanı Kaynağı (KK-1), Topalın Tarlası Kaynağı (KK-2), Kurtgölü Kaynağı (KK-11), Kızıtlarla Kaynağı (KK-12), Çermikboğazı Kaynağı (KK-18), Danışmanlı Kaynağı (KK-19), Acısu Kaynağı (KK-30) ve Eyeklik Çeşmesi (KK-31) Türk İçme Suyu Standartlarında verilen alt limit değerinin (6.5) epeyce altında kalmaktadır. Ayrıca Üst Kretase Volkanikleri ve Eosen Volkaniklerinin sınırından boşalan Eğrikar Kaynağı (KK-5) ve Pliyosen ve Eosen Volkaniklerinin sınırından boşalan Veliningözesi Kaynağı (KK-21), 6.44 ve 6.42 pH değerleriyle sadece kurak dönemde Türk İçme Suyu Standardındaki alt limit değerinin çok az bir miktar altında kalmaktadır.



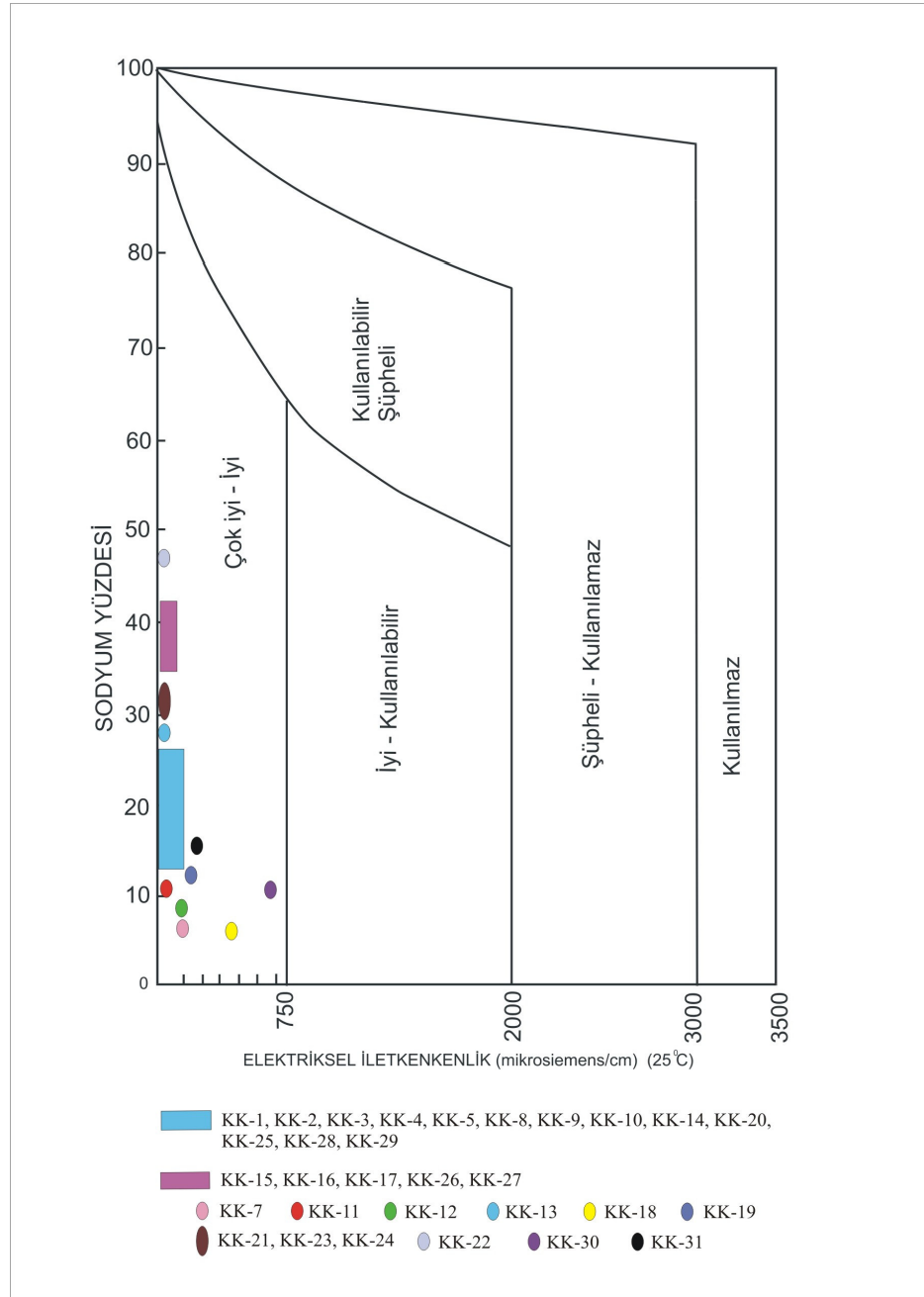
KK-1, KK-3, KK-4, KK-5, KK-6, KK-8, KK-9, KK-10, KK-13, KK-14, KK-15, KK-16, KK-17, KK-21, KK-22, KK-23, KK-24, KK-26, KK-27

KK-11, KK-20, KK-25 KK-7, Kk12, KK-28 □ KK-18
 KK-29 □ KK-2 ■ KK-19 ■ KK-31 ■ KK-30

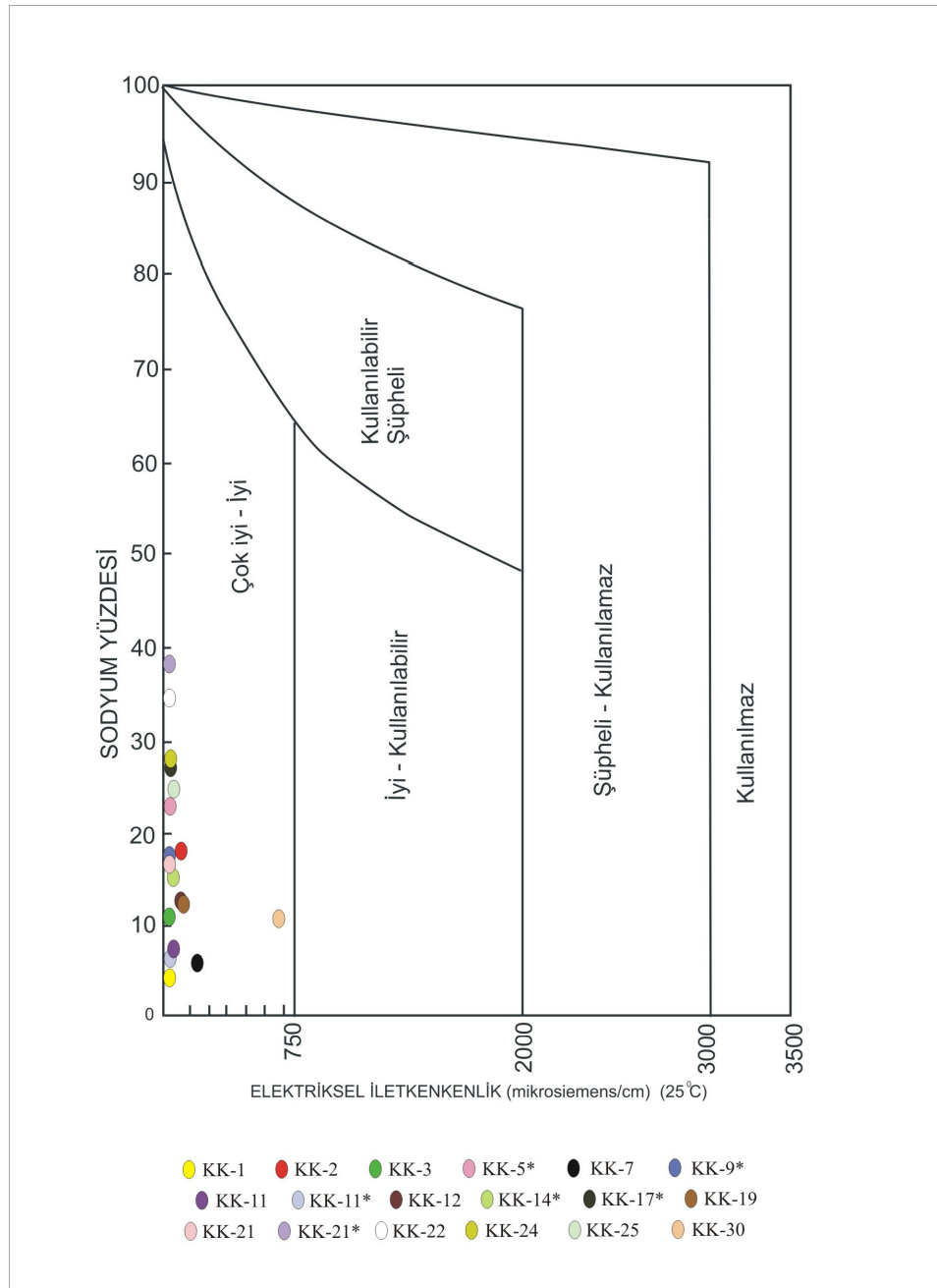
Şekil 5.5. Çalışma alanındaki kaynak sularının sulama suyu sınıflandırılması (ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı) (kurak dönem)



Şekil 5.6. Çalışma alanındaki kaynak sularının sulama suyu sınıflandırılması (ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı) (yağışlı dönem)



Şekil 5.7. Çalışma alanındaki kaynak sularının sulama suyu sınıflandırılması (Wilcox Diyagramı) (kurak dönem)



Şekil 5.8. Çalışma alanındaki kaynak sularının sulama suyu sınıflandırılması (Wilcox Diyagramı) (yağışlı dönem)

Kaynakların sodyum değerleri kurak ve yağışlı dönemde 0.23-14.26 mg/L arasında değişmekte olup Türk İçme Suyu Standartlarına göre üst sınır olan 200 mg/L'yi geçmemektedir. Klorür değerleri kurak ve yağışlı dönemde 0.36-1.07 mg/L arasında olup üst sınır olan 250 mg/L değerini aşmamaktadır. Çalışma alanında yer alan

kaynakların sülfat değerleri ise kurak dönemde 0-198 mg/L arasında olup genellikle üst sınır değeri olan 250 mg/L aşmamaktadır, bununla birlikte Acısu Kaynağı (KK-30) 324 mg/L değeri ile üst sınır değeri aşmaktadır. Ayrıca Çermikboğazı Kaynağı (KK-18) sınır değeri aşmamakla birlikte sınır değere yakın olarak saptanmıştır. Yağışlı dönemde ise Acısu Kaynağının (KK-30) sülfat değerleri 267 mg/L olup üst sınırı aşmaktadır. Diğer kaynakların yağışlı dönemdeki sülfat değerleri ise sınırı aşmayıp 0.48-44.6 mg/L arasında değişmemektedir. Genel olarak Üst Kretase Volkaniklerinden boşalan kaynakların SO₄ değerleri diğer birimlerden boşalan kaynakların SO₄ değerlerinden daha yüksek olarak bulunmaktadır. Sularda yüksek oranda NaSO₄ ve MgSO₄'ın bulunması insanlar üzerinde mushil etkisi gösterebilmektedir (Atabey, 2005).

Çalışma alanındaki suların iz element analizleri Çizelge 5.2'de verilmiştir. Bu çizelgedeki bazı kaynak sularının bazı elementler (özellikle Al, Fe, Mn, ve yer yer Pb, Zn) açısından Türk İçme Suyu Standartlarında izin verilebilecek en yüksek miktarlarını geçtiği anlaşılmaktadır. Ağır metal kirliliği saptanan kaynaklar sülfürlü cevherleşmelere sahip Üst Kretase Volkaniklerinden boşalan kaynaklardır. Bunun nedenin çoğunlukla, kayaçların bünyesinde doğal olarak bulunan bu elementlerin, özellikle piritli seviyelerin oksidasyonu ile yeraltısularının asidik karakter kazanması ve bu elementleri çözerek kendi bünyesine katmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca bu duruma çalışma alanında aktif olarak çalıştırılan Pb-Zn-Cu madenlerin atıklarının da katkısı olacağı da belirtilmelidir. Çalışma alanındaki diğer birimlerden boşalan kaynaklarda belirgin bir major yada iz element kirliliği saptanmamıştır.

Çalışma sahasında yer alan kaynaklarda antimon değerleri, kurak ve yağışlı dönemde <0.00005-0.00049 mg/L arasında değişmekte olup Türk ve Dünya İçme Suyu Standartlarında sırasıyla üst sınırı olan 0.005 ve 0.02 mg/L değerlerini geçmemektedir. Arsenik değerleri, <0.0005-0.005 mg/L arasında değişmekte olup standartlarda 0.01 mg/L olan sınır değerinin altında kalmaktadır. Bor değerleri, kurak dönemde <0.005-0.014 mg/L arasında değişmekte ve Türk ve Dünya İçme Suyu standartlarında üst sınır olan 1 ve 0.5 mg/L'yi geçmemektedir. Kadmiyum değerleri, <0.00005-0.00053 mg/L arasında değişmekte, krom değerleri <0.0005-0.0014 mg/L arasında değişmekte olup açısından Türk ve Dünya İçme Suyu Standartlarında izin verilebilecek maksimum değerleri aşmamaktadırlar.

Bakır değerleri, <0.0022-0.2968 mg/L arasında; Nikel miktarları <0.0003-0.0117 mg/L arasında değişmekte olup Türk ve Dünya İçme Suyu Standartlarında izin verilebilecek maksimum miktarların altında kalmaktadırlar. KK-2 Kaynağının Cu

değeri ise sınırı aşmamakla birlikte, diğer kaynakların Cu değerinden bir miktar daha yüksek konsantrasyonda bulunmaktadır. Civa değerleri bütün kaynaklarda <0.0001 mg/L olup üst sınır değerlerinin altında kalmaktadırlar. Selenyum değerleri, KK-31 hariç diğerleri <0.0005 mg/L değerine sahiptirler. KK-31'in selenyum değeri ise kurak dönemde 0.0012 mg/L, yağışlı dönemde ise 0.0015 mg/L' değerine sahip olup, Türk ve Dünya İçme Suyu Standartlarında izin verilebilecek maksimum miktar olan 0.01 mg/L değerini bir miktar aşmamaktadır.

Çalışma alanındaki kaynakların kurşun değerleri, kurak dönemde <0.0003-0.016 mg/L arasında, yağışlı dönemde ise <0.0005-0.0122 mg/L arasında değişmekte olup, standartlarda üst sınır olan 0.01 mg/L değerinin üzerinde değerlere sahip kaynaklar bulunmaktadır. Topalın Tarlası Kaynağı (KK-2), kurak dönemdeki 0.016 mg/L değeri ile ve yağışlı dönemdeki 0.0122 mg/L değeri ile üst sınırı aşmaktadır. Önemli oranda toksik etkiye sahip kurşun vücutta kırmızı kan hücrelerine girmekte, demiri hücrelerin dışına atmakta ve demir eksikliğine bağlı kansızlığa neden olmaktadır (Peker, 1970; Atabey, 2005; Keskin, 2010). Kemiklerde biriken kurşun zamanla çözünerek, böbreklerde enfeksiyona ve anormal beyin ve sinir sistemi fonksiyonlarına neden olabilmekte ve kanda kurşun miktarının artması çocuklarda IQ seviyesi azalmasına sebep olabilmektedir (Kahvecioğlu ve diğ., 2003; Keskin, 2010). Ayrıca yönetmeliklerde verilen sınır değerini aşan kurşun miktarı metabolik zehirlenme, yorgunluk, kansızlık ve sinirlilik gibi hastalıklara neden olabilmektedir (Damış, 2005; Atabey, 2005; Keskin, 2010).

Kaynakların alüminyum konsantrasyonu kurak dönemde 0.032-6.667 mg/L arasında, yağışlı dönemde ise <0.021-8.829 mg/L arasında değişmekte ve üst sınır olan 0.2 mg/L değerinin üstünde olan kaynaklar bulunmaktadır. Cevherli Üst Kretase Volkaniklerinden boşalan KK-1, KK-2, KK-7, KK-11, KK-12, KK-18, KK-19, KK-30, KK-31 kaynaklarının Al değerleri 0.0456-8.829 mg/L arasında olup sınır değerinin birkaç kat üzerine çıkmaktadır. Alüminyum vücutta birikmesi durumunda kemik rahatsızlıkları, anemi (Akpolat ve Dilek, 2001), sinir sistemi bozuklukları (Yalçın ve Akpolat, 2001) ve alzheimer (Onur, 1997) rahatsızlıkları ortaya çıkabilmektedir. Ayrıca alüminyum DNA değişikliği ve epijenetik etkilerine sebep olmasıyla, genotoksik özelliğe sahip olup, bu etki göğüs hücrelerine etki ederse, göğüs kanserine yol açabilmektedir (Darbre, 2005).

Demir değerleri kurak dönemde 0.01-17.992 mg/L arasında, yağışlı dönemde ise <0.01-19.084 mg/L arasında değişmektedir. KK-2, KK-30 kaynaklarının Fe değerleri

Türk İçme Suyu Standartlarında üst sınır değeri olan 0.2 mg/L'yi kurak ve yağışlı dönemde birkaç kat aşmaktadır. KK-3, KK-18 kurak dönemde (yağışlı dönemde ölçümü yapılamamıştır), KK-7 ise yağışlı dönemde sınır değerini aşmaktadır. Bu kaynaklar yine cevherli birimden boşalan kaynaklar olup, Fe konsantrasyonu özellikle asidik ve düşük yükseltgenme-indirgenme potansiyeline kaynaklarda (KK-18, KK-30) oldukça yüksektir (5.269-19.084 mg/L). Demir sınır değerleri aştığında zehirleyici etki göstermekte olup, karaciğer yetmezliği, mide krampları, baş dönmesi, kusma, bakterilerin büyüme ve bitki zehirlenmesine yol açabilmektedir. Ayrıca içme sularının tadını acılaştırmakta, kumaşlarda ve borularda pas oluşumuna neden olmaktadır (McNeely ve diğ., 1979; WHO 1984 b., Department of National Health and Welfare, 1969; Akpınar, 2007).

Mangan değerleri kurak dönemde 0.00054-1.658 mg/L arasında, yağışlı dönemde ise <0.00008-1.708 mg/L arasında değişmekte olup, KK-18 kurak dönemde, KK-12, KK-19, KK-30 ve KK-31 ise hem kurak dönemde hemde yağışlı dönemde Türk İçme Suyu Standartlarında üst sınır olan 0.05 mg/L değerini aşmaktadır veya aşmaya çok yakındır. Diğer kaynakların Mn değerleri ise bu sınırın altında kalmaktadır. Mn konsantrasyonu da Fe konsantrasyonuna benzer şekilde özellikle asidik ve düşük yükseltgenme-indirgenme potansiyeline sahip kaynaklarda (KK-18, KK-30) oldukça yüksektir (0.5-1.708 mg/L). Mangan, insan ve hayvan beslenimindeki ana elementlerden biridir (WHO, 1984 b., McNeely ve diğ., 1979). Mangan eksikliği büyüme yavaşlaması, sinir sistemi bozuklukları, kansızlık, çocuklarda kemik bozukluklarına yol açarken, limit değeri aşması durumunda alzheimer'a ve bakteri büyümesine neden olmaktadır. Ayrıca suyun tadını bozmakta, koku oluşturmakta, bulanıklılık oluşturmakta ve mutfak malzemelerinde pas oluşumuna neden olmaktadır (McNeely ve diğ., 1979, Griffin, 1960; Wolfe, 1960; WHO 1984 a, Akpınar, 2007).

Çalışma alanındaki büyük debili ve/veya asidik suların toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite sonuçları Çizelge 5.3'de verilmiştir. Kaynakların toplam alfa radyoaktivite değeri 0.007 Bq/L ve 0.092 Bq/L arasında; beta radyoaktivite değeri ise 0.02 Bq/L ve 0.13 Bq/L arasında değişmekte olup, standartlardaki sınır değerleri aşmamaktadırlar. Bununla birlikte KK-2 Kaynağının toplam alfa değeri (0.092 Bq/L) standartdaki üst limit değerine (0.1 Bq/L) yakın olarak bulunmaktadır.

Çizelge 5.2. Çalışma alanındaki suların iz element sonuçları (ppb)

Su No	Tarih	Ag	Al	As	Au	B	Ba	Be	Bi	Br	Cd	Ce	Co	Cr	Cs	Cu	Dy	Er	Eu	Fe	Ga	Gd	Ge	Hf	Hg	Ho	La	Li
KK-1	27.07.2009	<0.05	600	<0.5	<0.05	7	123.7	<0.05	<0.05	17	0.06	0.66	1.89	<0.5	0.01	65.5	0.04	0.03	<0.01	21	<0.05	0.04	<0.05	<0.02	<0.1	<0.01	0.89	0.5
"	23.04.2010	<0.05	456	<0.5	<0.05	6	168.3	<0.05	<0.05	33	<0.05	0.49	0.88	1.0	0.01	11.8	0.09	0.07	<0.01	113	<0.05	0.10	<0.05	<0.02	<0.1	0.03	0.20	0.2
KK-2	27.07.2009	<0.05	2700	1.9	<0.05	11	48.68	<0.05	<0.05	16	0.38	0.66	5.29	<0.5	0.02	296.8	0.03	0.02	<0.01	776	<0.05	0.03	<0.05	<0.02	<0.1	<0.01	0.73	0.6
"	24.04.2010	<0.05	2517	1.4	<0.05	<5	80.58	0.09	<0.05	29	0.27	0.31	5.30	0.9	0.01	242.5	0.04	0.02	<0.01	487	<0.05	0.04	<0.05	<0.02	<0.1	0.01	0.11	0.4
KK-3	27.07.2009	<0.05	73	<0.5	<0.05	8	88.23	<0.05	<0.05	5	<0.05	0.65	0.18	<0.5	<0.01	16.2	<0.01	<0.01	<0.01	282	<0.05	<0.01	<0.05	<0.02	<0.1	<0.01	0.92	0.4
"	23.04.2010	<0.05	52	<0.5	<0.05	<5	70.42	<0.05	<0.05	20	<0.05	0.12	0.12	0.5	<0.01	2.9	0.02	0.01	<0.01	54	<0.05	0.01	<0.05	<0.02	<0.1	<0.01	0.04	0.2
KK-4	27.07.2009	<0.05	72	<0.5	<0.05	9	55.22	<0.05	<0.05	15	<0.05	0.21	0.03	<0.5	0.02	13.2	<0.01	<0.01	<0.01	12	<0.05	<0.01	<0.05	<0.02	<0.1	<0.01	0.26	0.5
KK-5	28.07.2009	<0.05	41	<0.5	<0.05	<5	5.43	0.05	<0.05	<5	<0.05	0.68	0.03	<0.5	<0.01	5.5	0.01	<0.01	<0.01	21	<0.05	0.02	<0.05	<0.02	<0.1	<0.01	0.54	0.2
KK-5*	23.04.2010	<0.05	21	<0.5	<0.05	<5	5.38	<0.05	<0.05	11	<0.05	0.3	0.03	<0.5	<0.01	2.2	0.01	<0.01	<0.01	<10	<0.05	<0.01	<0.05	<0.02	<0.1	<0.01	0.07	0.2
KK-6	28.07.2009	<0.05	143	<0.5	<0.05	6	41.15	0.05	<0.05	20	<0.05	0.86	0.08	1.0	0.02	10.9	0.02	0.01	<0.01	102	<0.05	<0.01	<0.05	<0.02	<0.1	<0.01	0.83	0.5
KK-7	28.07.2009	<0.05	1730	<0.5	<0.05	11	36.57	<0.05	<0.05	16	0.10	0.89	3.62	<0.5	0.05	10.3	0.04	0.01	<0.01	144	<0.05	0.05	<0.05	<0.02	<0.1	<0.01	1.11	6.8
"	23.04.2010	<0.05	1437	<0.5	<0.05	5	29.81	<0.05	<0.05	47	0.12	0.16	2.82	1.3	0.06	11.8	0.03	0.01	<0.01	329	<0.05	0.03	<0.05	<0.02	<0.1	<0.01	0.07	4.4
KK-8	28.07.2009	<0.05	38	<0.5	<0.05	<5	3.42	<0.05	<0.05	6	<0.05	0.23	<0.02	<0.5	<0.01	4.3	<0.01	<0.01	<0.01	<10	<0.05	<0.01	<0.05	<0.02	<0.1	<0.01	0.29	<0.1
KK-9	29.07.2009	<0.05	78	3.2	<0.05	9	2.72	<0.05	<0.05	11	<0.05	0.16	0.06	0.5	0.57	15.9	<0.01	<0.01	<0.01	22	<0.05	<0.01	<0.05	<0.02	<0.1	<0.01	0.17	0.6
KK-9*	24.04.2010	<0.05	28	2.3	<0.05	<5	2.23	<0.05	<0.05	24	<0.05	0.07	0.04	0.8	0.36	3.7	<0.01	<0.01	<0.01	26	<0.05	<0.01	<0.05	<0.02	<0.1	<0.01	0.03	0.3
KK-10	29.07.2009	<0.05	62	<0.5	<0.05	9	2.45	<0.05	<0.05	10	<0.05	0.38	0.03	<0.5	0.10	14.3	<0.01	<0.01	<0.01	15	<0.05	<0.01	<0.05	<0.02	<0.1	<0.01	0.48	0.1
KK-11	29.07.2009	<0.05	2306	<0.5	<0.05	9	31.29	<0.05	<0.05	11	<0.05	0.37	2.45	<0.5	0.06	12.3	0.04	0.02	<0.01	52	<0.05	0.04	<0.05	<0.02	<0.1	<0.01	0.18	1.5
"	24.04.2010	<0.05	870	<0.5	<0.05	<5	30.90	<0.05	<0.05	24	0.05	0.35	1.02	0.9	0.02	9.7	0.05	0.02	<0.01	74	<0.05	0.04	<0.05	<0.02	<0.1	<0.01	0.13	0.5
KK-11*	24.04.2010	<0.05	587	<0.5	<0.05	<5	32.26	0.06	<0.05	28	<0.05	0.34	0.56	1.3	0.02	18.8	0.03	0.02	<0.01	110	<0.05	0.05	<0.05	<0.02	<0.1	<0.01	0.11	0.4
KK-12	29.07.2009	0.95	3452	<0.5	<0.05	7	25.48	0.08	<0.05	<5	<0.05	1.08	3.72	<0.5	0.05	4.3	0.08	0.05	0.02	<10	<0.05	0.10	<0.05	<0.02	<0.1	0.02	0.88	2.0
"	24.04.2010	<0.05	379	<0.5	<0.05	<5	27.18	0.09	<0.05	21	0.05	0.52	3.46	0.8	0.05	8.5	0.08	0.04	<0.01	17	<0.05	0.06	<0.05	<0.02	<0.1	0.01	0.22	1.6
KK-13	30.07.2009	<0.05	44	<0.5	<0.05	6	1.69	<0.05	<0.05	10	<0.05	0.28	<0.02	<0.5	<0.01	7.5	<0.01	<0.01	<0.01	<10	<0.05	<0.01	<0.05	<0.02	<0.1	<0.01	0.37	<0.1
KK-14	31.07.2009	<0.05	127	1.0	<0.05	11	21.87	<0.05	<0.05	16	<0.05	0.40	0.03	<0.5	0.06	9.5	0.01	0.01	<0.01	35	<0.05	0.03	<0.05	<0.02	<0.1	<0.01	0.27	1.8
KK-14*	26.04.2010	<0.05	244	1.0	<0.05	10	29.70	0.08	<0.05	38	<0.05	0.81	0.12	1.4	0.08	14.3	0.06	0.04	<0.01	118	0.05	0.08	<0.05	<0.02	<0.1	<0.01	0.32	2.0
KK-15	31.07.2009	<0.05	37	<0.5	<0.05	5	4.69	<0.05	<0.05	7	<0.05	0.05	<0.02	<0.5	0.08	4.6	<0.01	<0.01	<0.01	<10	<0.05	<0.01	<0.05	<0.02	<0.1	<0.01	0.05	1.4
KK-16	31.07.2009	<0.05	70	<0.5	<0.05	7	4.84	<0.05	<0.05	11	<0.05	0.13	0.02	<0.5	0.09	8.0	<0.01	<0.01	<0.01	<10	<0.05	<0.01	<0.05	<0.02	<0.1	<0.01	0.06	1.9
KK-17	31.07.2009	<0.05	78	<0.5	<0.05	<5	3.55	<0.05	<0.05	9	<0.05	0.18	0.06	<0.5	0.14	14.3	<0.01	<0.01	<0.01	20	<0.05	<0.01	<0.05	<0.02	<0.1	<0.01	0.12	0.3
KK-17*	24.04.2010	<0.05	88	0.5	<0.05	<5	8.09	<0.05	<0.05	29	<0.05	0.18	0.06	1.0	0.04	9.0	<0.01	<0.01	<0.01	53	<0.05	<0.01	<0.05	<0.02	<0.1	<0.01	0.07	0.3
KK-18	31.07.2009	<0.05	5167	5.0	<0.05	9	13.17	0.16	<0.05	<5	0.23	0.68	5.58	<0.5	0.27	7.5	0.10	0.06	0.01	5269	0.12	0.09	<0.05	<0.02	<0.1	0.02	0.27	4.9
KK-19	31.07.2009	<0.05	5700	<0.5	<0.05	13	29.70	0.11	<0.05	16	0.14	0.58	5.42	<0.5	0.07	21.1	0.10	0.06	0.01	84	<0.05	0.10	<0.05	<0.02	<0.1	0.02	0.29	3.0
"	24.04.2010	<0.05	2731	<0.5	<0.05	<5	45.77	0.23	<0.05	29	0.11	0.50	3.08	0.8	0.04	13.0	0.08	0.05	<0.01	85	<0.05	0.10	<0.05	<0.02	<0.1	0.02	0.17	1.6
KK-20	01.08.2009	<0.05	75	<0.5	<0.05	10	17.24	<0.05	<0.05	15	<0.05	0.17	0.02	<0.5	0.04	8.3	<0.01	<0.01	<0.01	<10	<0.05	<0.01	<0.05	<0.02	<0.1	<0.01	0.11	0.5

Çizelge 5.2. Devam ediyor

Su No	Tarih	Ag	Al	As	Au	B	Ba	Be	Bi	Br	Cd	Ce	Co	Cr	Cs	Cu	Dy	Er	Eu	Fe	Ga	Gd	Ge	Hf	Hg	Ho	La	Li
KK-21	01.08.2009	<0.05	55	<0.5	<0.05	7	5.05	<0.05	<0.05	10	<0.05	0.16	<0.02	<0.5	0.09	6.2	<0.01	<0.01	<0.01	<10	<0.05	<0.01	<0.05	<0.02	<0.1	<0.01	0.06	1.2
"	26.04.2010	<0.05	73	<0.5	<0.05	<5	8.69	<0.05	<0.05	20	<0.05	1.86	0.05	0.5	0.12	4.2	0.02	0.01	<0.01	29	<0.05	0.01	<0.05	<0.02	<0.1	<0.01	0.15	1.3
KK-21*	26.04.2010	<0.05	65	1.1	<0.05	6	4.95	<0.05	<0.05	24	<0.05	2.17	0.06	0.9	0.15	4.2	<0.01	<0.01	<0.01	38	<0.05	<0.01	0.06	<0.02	<0.1	<0.01	0.09	2.8
KK-22	01.08.2009	<0.05	58	1.1	<0.05	8	2.25	<0.05	<0.05	6	<0.05	0.07	<0.02	<0.5	0.16	5.5	<0.01	<0.01	<0.01	<10	<0.05	<0.01	0.06	<0.02	<0.1	<0.01	0.06	3.2
"	26.04.2010	<0.05	30	0.9	<0.05	6	2.99	<0.05	<0.05	17	<0.05	0.10	0.03	0.5	0.15	2.3	<0.01	<0.01	<0.01	15	<0.05	<0.01	0.06	<0.02	<0.1	<0.01	0.04	2.9
KK-23	01.08.2009	<0.05	80	<0.5	<0.05	11	3.63	<0.05	<0.05	17	<0.05	0.38	<0.02	<0.5	0.05	8.4	<0.01	<0.01	<0.01	11	<0.05	<0.01	<0.05	<0.02	<0.1	<0.01	0.14	1.8
KK-24	01.08.2009	<0.05	46	<0.5	<0.05	8	3.10	<0.05	<0.05	13	<0.05	0.09	<0.02	<0.5	0.07	4.6	<0.01	<0.01	<0.01	<10	<0.05	<0.01	<0.05	<0.02	<0.1	<0.01	0.04	1.1
"	26.04.2010	<0.05	29	<0.5	<0.05	<5	3.57	0.08	<0.05	21	<0.05	0.09	<0.02	<0.5	0.05	3.6	<0.01	<0.01	<0.01	11	<0.05	0.01	<0.05	<0.02	<0.1	<0.01	0.06	0.8
KK-25	01.07.2009	<0.05	66	<0.5	<0.05	8	6.05	<0.05	<0.05	14	<0.05	0.11	<0.02	<0.5	0.03	10.5	<0.01	<0.01	<0.01	<10	<0.05	<0.01	<0.05	<0.02	<0.1	<0.01	0.04	0.8
KK-25*	26.04.2010	<0.05	54	<0.5	<0.05	<5	5.27	<0.05	<0.05	29	<0.05	0.32	0.07	0.9	0.04	8.7	<0.01	<0.01	<0.01	25	<0.05	<0.01	<0.05	<0.02	<0.1	<0.01	0.07	0.8
KK-26	01.07.2009	<0.05	70	<0.5	<0.05	10	3.35	<0.05	<0.05	17	<0.05	0.07	<0.02	<0.5	0.04	7.1	<0.01	<0.01	<0.01	<10	<0.05	<0.01	<0.05	<0.02	<0.1	<0.01	0.02	1.2
KK-27	01.07.2009	<0.05	32	<0.5	<0.05	8	5.24	<0.05	<0.05	8	<0.05	0.05	<0.02	<0.5	0.07	3.2	<0.01	<0.01	<0.01	<10	<0.05	<0.01	<0.05	<0.02	<0.1	<0.01	0.01	1.0
KK-28	02.08.2009	<0.05	100	<0.5	<0.05	7	5.11	<0.05	<0.05	19	<0.05	0.23	0.05	0.8	0.01	8.1	0.01	<0.01	<0.01	31	<0.05	0.01	<0.05	<0.02	<0.1	<0.01	0.08	0.7
KK-29	02.08.2009	<0.05	85	0.6	<0.05	10	4.02	<0.05	<0.05	18	<0.05	0.07	<0.02	<0.5	0.01	8.4	<0.01	<0.01	<0.01	<10	<0.05	<0.01	<0.05	<0.02	<0.1	<0.01	0.02	0.1
KK-30	02.08.2009	<0.05	6667	1.0	<0.05	14	19.42	0.62	<0.05	20	0.47	4.23	19.83	<0.5	0.04	10.5	1.06	0.62	0.23	17992	0.05	1.14	<0.05	<0.02	<0.1	0.22	1.38	6.1
"	23.04.2010	<0.05	8829	1.0	<0.05	8	13.55	0.89	<0.05	25	0.38	5.77	23.41	0.6	0.03	2.8	1.57	0.89	0.37	19084	<0.05	1.73	<0.05	<0.02	<0.1	0.33	2.00	5.7
KK-31	27.07.2009	<0.05	5462	<0.5	<0.05	6	25.46	<0.05	<0.05	9	0.53	1.02	9.26	<0.5	<0.01	89.2	0.12	0.07	0.02	30	<0.05	0.12	<0.05	<0.02	<0.1	0.02	0.30	1.5
"	24.04.2010	0.22	2657	<0.5	<0.05	8	39.05	0.21	<0.05	34	0.34	0.82	5.27	0.8	<0.01	199.0	0.08	0.04	0.01	63	<0.05	0.08	<0.05	<0.02	<0.1	0.02	0.24	0.7
KD-1	27.07.2009	<0.05	604	0.6	<0.05	21	75.17	<0.05	<0.05	14	0.15	1.04	1.76	<0.5	0.01	18.9	0.09	0.04	0.01	282	<0.05	0.11	<0.05	<0.02	<0.1	0.02	0.59	0.8
"	24.04.2010	<0.05	391	<0.5	<0.05	<5	44.48	<0.05	<0.05	12	<0.05	0.56	0.71	0.5	0.02	6	0.03	0.02	<0.01	158	<0.05	0.06	<0.05	<0.02	<0.1	<0.01	0.22	0.3
KD-2	28.07.2009	<0.05	337	<0.5	<0.05	11	34.68	0.10	<0.05	10	0.07	0.53	0.79	<0.5	0.02	12.9	0.01	<0.01	<0.01	80	<0.05	0.02	<0.05	<0.02	<0.1	<0.01	0.65	0.8
"	24.04.2010	<0.05	229	<0.5	<0.05	<5	25.51	0.06	<0.05	17	<0.05	0.56	0.35	0.7	0.03	4.3	0.04	0.01	<0.01	157	<0.05	0.05	<0.05	<0.02	<0.1	<0.01	0.23	0.2
KD-3	28.07.2009	<0.05	183	0.6	<0.05	22	36.50	<0.05	<0.05	5	0.19	0.51	0.18	<0.5	0.02	9.9	0.03	0.01	<0.01	160	0.05	0.04	<0.05	<0.02	<0.1	<0.01	0.35	1.9
"	24.04.2010	<0.05	212	<0.5	<0.05	6	22.72	<0.05	<0.05	29	0.12	0.86	0.26	1.0	0.04	4.6	0.05	0.02	0.01	177	<0.05	0.07	<0.05	<0.02	<0.1	<0.01	0.32	0.3
KD-4	30.07.2009	<0.05	106	<0.5	<0.05	7	5.13	<0.05	<0.05	11	<0.05	0.58	0.08	<0.5	0.03	10.3	<0.01	<0.01	<0.01	80	<0.05	0.02	<0.05	<0.02	<0.1	<0.01	0.54	0.3
"	25.04.2010	<0.05	147	<0.5	<0.05	<5	8.25	0.06	<0.05	9	<0.05	0.70	0.15	<0.5	0.04	6.9	0.03	0.02	<0.01	98	<0.05	0.04	<0.05	<0.02	<0.1	<0.01	0.27	0.1
KD-5	30.07.2009	<0.05	619	<0.5	<0.05	12	54.11	<0.05	0.11	15	0.66	0.79	1.06	<0.5	0.13	20.6	0.03	0.02	<0.01	520	0.08	0.04	<0.05	<0.02	<0.1	<0.01	0.36	2.0
"	25.04.2010	<0.05	252	<0.5	<0.05	<5	31.24	0.06	<0.05	21	0.19	0.39	0.39	0.8	0.04	7.6	0.03	0.01	<0.01	153	<0.05	0.05	<0.05	<0.02	<0.1	<0.01	0.22	0.4
KD-6	31.07.2009	<0.05	474	<0.5	<0.05	6	27.58	<0.05	<0.05	9	0.06	0.48	0.56	<0.5	0.02	12.5	0.02	<0.01	<0.01	414	<0.05	0.03	<0.05	<0.02	<0.1	<0.01	0.47	0.7
KD-7	02.08.2009	<0.05	166	0.6	<0.05	19	33.19	<0.05	<0.05	17	0.19	0.22	0.17	<0.5	0.02	10.2	0.02	<0.01	<0.01	87	<0.05	0.02	<0.05	<0.02	<0.1	<0.01	0.10	1.2
"	25.04.2010	<0.05	240	<0.5	<0.05	8	25.46	<0.05	<0.05	26	0.10	0.82	0.34	1.2	0.03	14.2	0.03	0.02	<0.01	127	<0.05	0.06	<0.05	<0.02	<0.1	<0.01	0.25	0.4
KA-1	30.07.2009	0.17	9025	5.3	<0.05	74	99.89	0.63	0.87	15	10.03	8.84	5.55	6.1	2.84	62.6	0.66	0.35	0.18	16214	2.05	0.80	0.17	0.06	<0.1	0.13	4.25	24.6

* : Şebeke Suyu

Çizelge 5.2. Devam ediyor

Su No	Tarih	Mn	Mo	Nb	Nd	Ni	P	Pb	Pd	Pr	Rb	Re	S	Sb	Sc	Se	Si	Sm	Sn	Sr	Ti	Tl	U	V	W	Y	Yb	Zn	Zr
KK-1	27.07.2009	22.61	<0.1	<0.01	0.11	4.5	<20	2.5	<0.2	0.02	0.78	0.09	5	0.09	<1	<0.5	4050	0.02	1.13	35.91	<10	0.07	0.06	<0.2	<0.02	0.32	0.02	29.3	0.04
"	24.04.2010	9.11	<0.1	0.01	0.32	1.8	23	2.7	<0.2	0.07	0.82	<0.01	2	0.08	<1	<0.5	3296	0.08	<0.05	21.04	<10	0.03	0.03	0.3	<0.02	0.64	0.06	10.3	0.27
KK-2	27.07.2009	6.34	<0.1	<0.01	0.10	4.1	<20	16.0	<0.2	0.03	1.11	0.32	10	0.49	<1	<0.5	7650	0.02	0.32	36.35	<10	0.42	0.12	<0.2	<0.02	0.21	0.01	75.5	0.02
"	24.04.2010	9.31	0.1	<0.01	0.14	3.1	28	12.2	<0.2	0.03	1.12	<0.01	10	0.38	<1	<0.5	6517	0.03	0.06	28.63	<10	0.31	0.04	<0.2	<0.02	0.25	0.03	45.9	0.05
KK-3	27.07.2009	31.40	<0.1	<0.01	0.03	1.8	20	2.4	<0.2	<0.01	0.80	<0.01	3	0.13	<1	<0.5	3759	<0.02	0.51	21.85	<10	<0.01	0.03	<0.2	<0.02	0.06	<0.01	56.1	<0.02
"	24.04.2010	7.81	<0.1	<0.01	0.08	0.9	<20	1.8	<0.2	0.02	0.48	<0.01	1	0.08	<1	<0.5	1802	<0.02	<0.05	10.22	<10	<0.01	<0.02	<0.2	<0.02	0.11	0.01	5.9	<0.02
KK-4	27.07.2009	2.72	<0.1	<0.01	0.03	1.4	21	1.8	<0.2	<0.01	0.64	<0.01	5	<0.05	<1	<0.5	7413	<0.02	0.81	41.50	<10	<0.01	0.05	<0.2	<0.02	0.03	<0.01	22.6	<0.02
KK-5	28.07.2009	2.37	0.3	<0.01	0.13	0.7	31	0.3	<0.2	0.03	0.41	<0.01	<1	0.06	<1	<0.5	4413	0.03	0.14	18.71	<10	<0.01	0.62	<0.2	<0.02	0.07	<0.01	5.9	0.03
KK-5*	23.04.2010	0.08	0.2	<0.01	0.08	0.3	41	0.5	<0.2	0.02	0.27	<0.01	1	0.08	<1	<0.5	3835	<0.02	<0.05	13.73	<10	<0.01	0.39	<0.2	<0.02	0.05	<0.01	1.6	0.03
KK-6	28.07.2009	7.27	0.2	<0.01	0.18	1.5	40	5.6	<0.2	0.04	0.83	<0.01	<1	0.18	<1	<0.5	4440	0.03	0.54	203.2	<10	<0.01	0.20	0.8	<0.02	0.12	<0.01	12.6	0.09
KK-7	28.07.2009	18.93	0.1	<0.01	0.14	3.5	20	2.1	<0.2	0.03	1.39	<0.01	19	0.12	<1	<0.5	13511	0.03	0.57	169.7	<10	0.54	0.13	<0.2	<0.02	0.25	0.01	26.3	<0.02
"	25.04.2010	17.26	0.3	<0.01	0.10	2.0	40	3.0	<0.2	0.02	1.54	<0.01	16	0.17	<1	<0.5	10823	<0.02	0.08	138.4	<10	0.41	0.07	<0.2	0.03	0.17	0.02	22.6	<0.02
KK-8	28.07.2009	0.96	0.1	<0.01	0.04	0.3	24	0.8	<0.2	<0.01	0.26	<0.01	<1	<0.05	<1	<0.5	3432	<0.02	0.06	23.42	<10	<0.01	0.07	<0.2	<0.02	0.04	<0.01	2.5	<0.02
KK-9	29.07.2009	4.18	1.9	<0.01	0.03	1.8	23	4.6	<0.2	<0.01	1.47	<0.01	1	0.21	<1	<0.5	3548	<0.02	1.49	29.89	<10	<0.01	0.74	0.2	0.38	0.03	<0.01	44.5	0.02
KK-9*	24.04.2010	2.6	1.3	<0.01	0.02	0.4	62	2.0	<0.2	<0.01	0.6	<0.01	1	0.16	<1	<0.5	4311	<0.02	<0.05	34.32	<10	<0.01	0.29	0.4	0.29	0.02	<0.01	4.7	<0.02
KK-10	29.07.2009	2.55	0.4	<0.01	0.02	1.6	39	2.7	<0.2	<0.01	0.77	<0.01	1	0.12	<1	<0.5	4121	<0.02	0.82	30.36	<10	<0.01	0.05	0.5	<0.02	0.02	<0.01	19.3	<0.02
KK-11	29.07.2009	48.61	<0.1	<0.01	0.16	2.0	<20	3.0	<0.2	0.04	1.84	<0.01	12	0.05	<1	<0.5	7116	0.04	0.91	62.84	<10	0.29	0.11	<0.2	<0.02	0.31	0.02	16.6	0.04
"	24.04.2010	22.80	<0.1	<0.01	0.17	1.4	36	3.0	<0.2	0.04	1.67	<0.01	5	0.13	<1	<0.5	3779	0.04	0.05	18.81	<10	0.10	0.03	<0.2	<0.02	0.29	0.03	20.8	0.08
KK-11*	24.04.2010	14.86	<0.1	<0.01	0.13	1.8	42	4.9	<0.2	0.03	1.01	<0.01	3	0.15	<1	<0.5	3376	0.03	<0.05	13.22	<10	0.06	0.03	0.2	<0.02	0.26	0.02	44	0.09
KK-12	29.07.2009	86.08	<0.1	<0.01	0.34	2.1	<20	0.9	<0.2	0.08	2.67	<0.01	14	<0.05	<1	<0.5	8926	0.08	<0.05	37.24	<10	0.55	0.05	<0.2	<0.02	0.61	0.05	10.0	<0.02
"	24.04.2010	83.66	<0.1	<0.01	0.32	2.4	22	2.7	<0.2	0.07	2.92	<0.01	15	0.09	<1	<0.5	7971	0.06	<0.05	37.98	<10	0.48	0.05	<0.2	<0.02	0.48	0.04	17.6	<0.02
KK-13	30.07.2009	1.11	0.1	<0.01	<0.01	0.4	28	1.6	<0.2	<0.01	0.29	<0.01	<1	<0.05	<1	<0.5	2175	<0.02	0.85	20.54	<10	<0.01	0.05	<0.2	<0.02	<0.01	<0.01	6.5	<0.02
KK-14	31.07.2009	2.30	0.2	<0.01	0.11	1.3	81	2.4	<0.2	0.02	6.15	<0.01	<1	0.07	<1	<0.5	19229	<0.02	0.89	59.47	<10	<0.01	0.26	1.3	<0.02	0.14	0.01	9.0	0.11
KK-14*	26.04.2010	9.66	0.3	0.01	0.35	1.6	144	4.3	<0.2	0.08	7.28	<0.01	2	0.15	<1	<0.5	19779	0.07	<0.05	49.65	<10	<0.01	0.24	1.7	0.03	0.42	0.04	25.7	0.27
KK-15	31.07.2009	1.11	0.3	<0.01	0.01	0.3	44	0.9	<0.2	<0.01	5.05	<0.01	<1	<0.05	<1	<0.5	15419	<0.02	0.25	28.09	<10	<0.01	0.09	1.7	0.07	0.02	<0.01	3.4	0.02
KK-16	31.07.2009	2.31	0.3	<0.01	0.03	1.0	32	1.3	<0.2	0.01	3.06	<0.01	<1	0.10	<1	<0.5	13729	<0.02	0.85	32.24	<10	<0.01	0.16	1.6	0.04	0.03	<0.01	5.8	0.04
KK-17	31.07.2009	4.20	0.2	<0.01	0.05	1.6	58	3.4	<0.2	<0.01	0.85	<0.01	<1	0.37	<1	<0.5	5987	<0.02	0.93	29.51	<10	<0.01	0.04	0.5	<0.02	0.04	<0.01	21.8	0.02
KK-17*	24.04.2010	9.29	0.3	<0.01	0.07	1.4	103	4.0	<0.2	0.01	1.2	<0.01	2	0.18	<1	<0.5	5499	<0.02	0.1	33.57	<10	<0.01	<0.02	0.7	0.02	0.07	<0.01	16	0.05
KK-18	31.07.2009	500.2	<0.1	<0.01	0.28	2.8	73	6.3	<0.2	0.06	7.53	<0.01	72	<0.05	<1	<0.5	19398	0.07	0.36	316.8	<10	0.02	0.24	3.8	<0.02	0.79	0.05	33.5	<0.02
KK-19	31.07.2009	66.23	<0.1	<0.01	0.26	3.7	<20	3.4	<0.2	0.05	2.43	0.02	21	<0.05	<1	<0.5	16375	0.06	1.79	105.5	<10	0.23	0.21	<0.2	<0.02	0.70	0.04	37.7	<0.02
"	24.04.2010	47.71	0.1	<0.01	0.28	2.5	44	3.2	<0.2	0.06	2.18	<0.01	13	0.22	<1	<0.5	8730	0.08	0.09	36.49	<10	0.13	0.04	<0.2	0.02	0.56	0.04	33.0	0.04
KK-20	01.08.2009	2.01	0.2	<0.01	0.03	1.0	102	2.4	<0.2	0.01	1.28	<0.01	<1	<0.05	<1	<0.5	11776	<0.02	3.34	115.2	<10	<0.01	0.12	1.8	<0.02	0.05	<0.01	7.3	<0.02

*: Şebeke Suyu

Çizelge 5.2. Devam ediyor

Su No	Tarih	Mn	Mo	Nb	Nd	Ni	P	Pb	Pd	Pr	Rb	Re	S	Sb	Sc	Se	Si	Sm	Sn	Sr	Ti	Tl	U	V	W	Y	Yb	Zn	Zr
KK-21	01.08.2009	1.10	0.2	<0.01	0.04	0.7	38	1.2	<0.2	<0.01	5.15	<0.01	<1	<0.05	<1	<0.5	14437	<0.02	0.58	32.37	<10	<0.01	0.09	1.4	0.03	0.05	<0.01	3.5	0.09
"	26.04.2010	2.29	0.2	<0.01	0.15	0.5	60	1.0	<0.2	0.03	6.29	<0.01	<1	0.08	<1	<0.5	14287	0.03	<0.05	32.15	<10	<0.01	0.07	1.6	0.04	0.15	0.02	7.6	0.13
KK-21*	26.04.2010	4.16	0.5	<0.01	0.07	1.4	97	2.5	<0.2	0.01	4.97	<0.01	<1	0.33	<1	<0.5	19870	<0.02	0.05	15.41	<10	<0.01	0.04	4.6	0.21	0.05	<0.01	9.1	0.02
KK-22	01.08.2009	0.95	0.5	<0.01	0.01	0.7	62	2.8	<0.2	<0.01	4.69	<0.01	<1	0.07	<1	<0.5	20871	<0.02	0.63	18.00	<10	<0.01	0.11	4.4	0.20	<0.01	<0.01	2.9	<0.02
"	26.04.2010	1.56	0.5	<0.01	0.04	0.3	84	0.6	<0.2	<0.01	4.79	<0.01	<1	0.07	<1	<0.5	18471	<0.02	<0.05	15.89	<10	<0.01	0.05	4.7	0.21	0.04	<0.01	5.4	0.03
KK-23	01.08.2009	1.53	0.2	<0.01	0.08	0.8	26	1.1	<0.2	0.03	4.97	<0.01	<1	<0.05	<1	<0.5	15960	<0.02	1.85	38.24	<10	<0.01	0.12	1.6	0.03	0.06	<0.01	5.3	0.17
KK-24	01.08.2009	0.82	0.3	<0.01	0.02	0.7	45	2.2	<0.2	<0.01	4.26	<0.01	<1	<0.05	<1	<0.5	13955	<0.02	0.89	27.26	<10	<0.01	0.08	1.6	0.06	0.03	<0.01	3.0	0.05
"	26.04.2010	1.78	0.2	<0.01	0.05	0.3	40	0.7	<0.2	0.01	3.09	<0.01	<1	0.08	<1	<0.5	9177	<0.02	<0.05	18.30	<10	<0.01	0.04	1.2	0.04	0.04	<0.01	5.7	0.03
KK-25	01.07.2009	1.78	0.2	<0.01	0.03	1.0	39	0.4	<0.2	<0.01	0.51	<0.01	<1	<0.05	<1	<0.5	10933	<0.02	0.90	74.16	<10	<0.01	0.23	1.3	<0.02	0.03	<0.01	8.9	<0.02
KK-25*	26.04.2010	4.82	0.4	<0.01	0.07	1.2	106	2.4	<0.2	0.01	0.72	<0.01	<1	0.30	<1	<0.5	10146	<0.02	<0.05	51.30	<10	<0.01	0.14	1.4	0.03	0.05	<0.01	15.5	<0.02
KK-26	01.07.2009	1.48	0.2	<0.01	0.02	0.7	<20	0.6	<0.2	<0.01	0.33	<0.01	<1	<0.05	<1	<0.5	9123	<0.02	1.23	52.16	<10	<0.01	0.13	1.0	<0.02	0.03	<0.01	3.2	<0.02
KK-27	01.07.2009	0.54	0.1	<0.01	<0.01	0.4	43	1.2	<0.2	<0.01	0.54	<0.01	<1	<0.05	<1	<0.5	9954	<0.02	0.51	63.60	<10	<0.01	0.24	0.8	0.02	0.02	<0.01	1.9	<0.02
KK-28	02.08.2009	2.77	0.3	<0.01	0.11	1.3	74	2.5	<0.2	0.02	2.22	<0.01	<1	<0.05	<1	<0.5	18077	<0.02	1.42	154.7	<10	<0.01	0.37	5.6	<0.02	0.08	<0.01	6.0	0.07
KK-29	02.08.2009	1.57	0.1	<0.01	0.02	0.8	63	1.3	<0.2	<0.01	0.59	<0.01	<1	<0.05	<1	<0.5	10417	<0.02	1.31	61.45	<10	<0.01	0.19	4.8	<0.02	0.03	<0.01	5.3	0.03
KK-30	02.08.2009	1658	0.1	<0.01	2.88	5.4	32	1.3	<0.2	0.55	1.92	0.04	<1	<0.05	<1	<0.5	24755	0.78	1.23	397.5	<10	0.03	0.10	2.6	<0.02	8.36	0.48	199.4	<0.02
"	23.04.2010	1708	<0.1	<0.01	4.48	4.1	51	0.9	<0.2	0.84	1.87	<0.01	100	0.08	<1	<0.5	24342	1.19	<0.05	303.7	<10	0.02	<0.02	4.0	<0.02	11.17	0.76	216.5	<0.02
KK-31	27.07.2009	89.76	<0.1	<0.01	0.58	5.3	<20	4.6	<0.2	0.12	1.45	0.08	18	0.07	<1	1.2	9946	0.12	<0.05	32.87	<10	0.21	0.10	<0.2	<0.02	0.79	0.07	94.9	0.04
"	24.04.2010	65.48	0.1	<0.01	0.42	11.7	45	6.7	<0.2	0.09	1.42	<0.01	13	0.34	<1	1.5	6788	0.10	0.56	37.69	<10	0.13	0.05	<0.2	0.02	0.52	0.04	396.8	0.06
KD-1	27.07.2009	174.2	0.3	<0.01	0.43	2.7	31	1.6	<0.2	0.09	0.81	0.01	42	0.18	<1	<0.5	7733	0.09	0.51	269.6	<10	0.02	0.14	0.2	<0.02	0.62	0.04	33.9	0.02
"	24.04.2010	43.76	0.2	<0.01	0.29	1.1	38	1.8	<0.2	0.06	0.68	<0.01	8	0.19	<1	<0.5	4513	0.06	<0.05	74.37	<10	0.01	0.06	0.4	<0.02	0.28	0.03	10.2	0.08
KD-2	28.07.2009	60.87	0.2	<0.01	0.07	1.6	21	1.8	<0.2	0.02	1.48	<0.01	13	<0.05	<1	<0.5	5617	<0.02	0.72	111.6	<10	0.07	0.11	<0.2	<0.02	0.10	<0.01	14.2	<0.02
"	24.04.2010	29.52	0.2	<0.01	0.29	0.7	51	2.4	<0.2	0.06	0.66	<0.01	2	0.11	<1	<0.5	2589	0.06	<0.05	27.02	<10	0.01	0.04	<0.2	<0.02	0.22	0.01	7.4	0.04
KD-3	28.07.2009	35.93	0.3	<0.01	0.16	1.1	43	6.0	<0.2	0.04	1.15	<0.01	8	0.09	<1	<0.5	7490	0.03	0.21	153.4	<10	<0.01	0.16	1.0	<0.02	0.15	<0.01	40.0	0.02
"	24.04.2010	34.73	0.2	<0.01	0.34	1.1	71	9.9	<0.2	0.08	1.62	<0.01	2	0.10	<1	<0.5	5780	0.08	<0.05	61.03	<10	<0.01	0.09	1.0	<0.02	0.3	0.02	25	0.08
KD-4	30.07.2009	9.55	0.3	<0.01	0.13	0.7	26	1.6	<0.2	0.03	0.68	<0.01	<1	0.08	<1	0.6	3962	0.03	0.71	44.16	<10	<0.01	0.07	0.8	<0.02	0.09	<0.01	6.9	<0.02
"	25.04.2010	13.65	0.2	<0.01	0.32	1.9	55	3.5	<0.2	0.07	0.77	<0.01	<1	0.15	<1	<0.5	3832	0.05	<0.05	33.57	<10	<0.01	0.03	0.6	<0.02	0.21	0.01	11.4	0.34
KD-5	30.07.2009	116.6	0.2	<0.01	0.22	2.7	<20	93.5	<0.2	0.05	2.17	<0.01	14	0.16	<1	0.6	6947	0.04	1.21	170.1	<10	0.09	0.16	0.8	<0.02	0.26	0.02	107.4	0.04
"	25.04.2010	36.81	0.2	<0.01	0.21	1.0	69	11.9	<0.2	0.04	1.42	<0.01	4	0.16	<1	<0.5	3208	0.04	<0.05	53.02	<10	0.02	0.04	<0.2	0.03	0.20	0.02	39.2	0.05
KD-6	31.07.2009	62.07	0.4	<0.01	0.11	2.3	22	1.8	<0.2	0.03	1.48	<0.01	8	0.07	<1	<0.5	4836	<0.02	1.23	107.9	<10	0.02	0.20	0.5	<0.02	0.14	<0.01	25.8	<0.02
KD-7	02.08.2009	40.88	0.3	<0.01	0.12	0.9	25	3.2	<0.2	0.03	1.34	<0.01	8	0.15	<1	<0.5	8539	<0.02	1.39	184.3	<10	0.01	0.27	0.9	<0.02	0.10	0.01	21.3	<0.02
"	25.04.2010	30.90	0.3	<0.01	0.29	1.7	76	11.4	<0.2	0.06	1.83	<0.01	4	0.35	<1	<0.5	5822	0.05	0.06	66.88	<10	<0.01	0.09	0.8	0.03	0.24	0.02	29.9	0.08
KA-1	30.07.2009	1632	1.1	0.02	4.32	4.4	251	3850	<0.2	1.00	11.51	0.03	30	0.74	<1	<0.5	17865	0.93	0.76	704.7	33	0.12	1.17	19.5	0.09	3.70	0.32	2049	1.89

* : Şebeke Suyu

Çizelge 5.3. Çalışma alanındaki suların toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite analiz sonuçları

Kaynak No	Örnekleme Tarihi	Toplam Alfa (Bq/L)	Toplam Beta (Bq/L)
KK-2	27.07.2009	0.092 ± 0.006	0.13 ± 0.01
KK-5	28.07.2009	0.058 ± 0.004	0.12 ± 0.01
KK-9	29.07.2009	0.031 ± 0.003	0.05 ± 0.01
KK-11	29.07.2009	0.083 ± 0.006	0.13 ± 0.01
KK-13	30.07.2009	0.007 ± 0.002	0.02 ± 0.01
KK-21	01.08.2009	0.010 ± 0.003	0.08 ± 0.01
KK-30	02.08.2009	0.065 ± 0.026	0.13 ± 0.04

5.2. Akarsular

5.2.1. Genel kimyasal değerlendirme

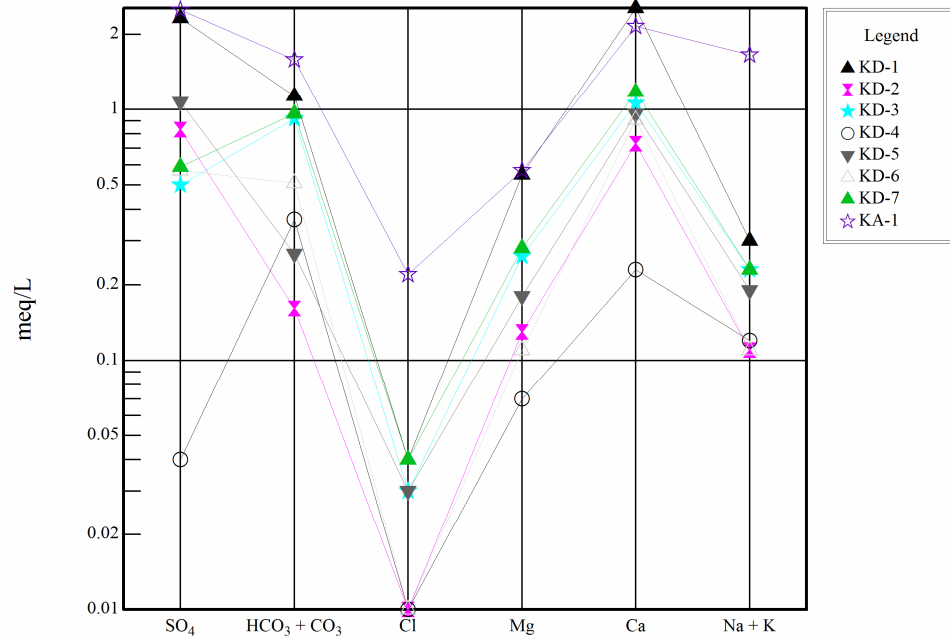
Çalışma alanında yer alan Melet deresi ve kollarında seçilen 7 ayrı noktada yerinde ölçümler ve kimyasal analizler için örnek alma işlemleri yaptırılmıştır. Akarsuların kurak dönemde elektiriksel iletkenlikleri 38-403 $\mu\text{S}/\text{cm}$, sıcaklık değerleri 13.2-18 °C, pH değerleri 7.04-7.80, toplam çözülmüş katı madde miktarı 20-214 mg/L, yükseltgenme-indirgenme potansiyeli 199-462 mV arasında değişmektedir. Yağışlı dönemde ise; EC değerleri 32-110 $\mu\text{S}/\text{cm}$, sıcaklık değerleri 4.1-10.4 °C, pH değerleri 7.48-7.78, TDS değerleri 17-58 mg/L, Eh değeri 288-381 arasında değişmektedir.

Çalışma alanında yer alan akarsular bazik karakterli olup sertlikleri kurak dönemde 1.5-15.5 FS arasında ve yağışlı dönemde ise 1.7-4.6 FS arasında değişmektedir. Şekil 5.9 ve Şekil 5.10'da akarsuların kurak ve yağışlı dönem verilerine göre çizilmiş yarı logaritmik diyagramı, Şekil 5.11 ve Şekil 5.12'de ise yine kurak ve yağışlı dönem verilerine göre çizilmiş üçgen diyagramları verilmiştir.

Kurak dönemde çizilen üçgen diyagram yardımıyla KD-1, KD-2, KD-5 ve KD-6 ölçüm noktaları sularının Ca-SO₄ fasiyesinde olduğu anlaşılmakta olup, bu ölçüm noktaları cevherli alanlar ve maden atıklarının bulunduğu sahalardan beslenen sulardır. Yine kurak dönem verilerine göre çizilen üçgen diyagramına göre KD-3, KD-4 ve KD-7 ölçüm noktaları suları ise Ca-HCO₃ fasiyesindedir (Şekil 5.11). KD-4 ölçüm noktasından daha üst seviyelerde maden galerisi ve atığı bulunmamaktadır. KD-3 ve KD-7 ölçüm noktalarının suları, cevherli Üst Kretase Volkaniklerinden ve maden

atıklarının bulunduğu sahalardan gelen dere suları ile maden alanlarının gözlenmediği diğer jeolojik birimlerden gelen dere sularının karışımından oluşturmaktadır. Bu durum, bu suların Ca-HCO₃ fasiyesinde olmasıyla farklılığını göstermektedir. Ayrıca, KD-4'ün Na yüzdesi diğer ölçüm noktalarının yüzdelerinden daha yüksek olup, KD-3 ve KD-7 ölçüm noktalarının SO₄ konsantrasyonları ise KD-4'ün SO₄ konsantrasyonundan daha yüksek seviyede bulunmaktadır (Şekil 5.9, Şekil 5.11). Şekil 5.10 ve Şekil 5.12'de verilen yağışlı dönem verilerine göre çizilen yarı logaritmik ve üçgen diyagramına göre, tüm akarsular birbirine paralellik göstermekte ve Ca-HCO₃ fasiyesine dönüşmektedir. bu durum yağışlı dönemde fazlaca yağış alan bölgedeki akarsuların seyrelmesinden ve cevherleşme ve maden atıklarından gelen etkilerin azalmasından kaynaklanmaktadır.

Ayrıca kurak dönem için çizilen yarı logaritmik diyagramda (Şekil 5.8) Pb-Zn-Cu madeni çıkartma esnasında açığa çıkan Maden Atık Suyunun (KA-1), bazı dere suları (KD-1, KD-2, KD-5 ve KD-6) ile paralellik göstermekle birlikte, iyon içeriklerinin dere sularından daha fazla olduğu görülmektedir. Şekil 5.10 verilen üçgen diyagramı sınıflamasına göre ise bu atık su Ca-Na-SO₄ bileşimine sahiptir.

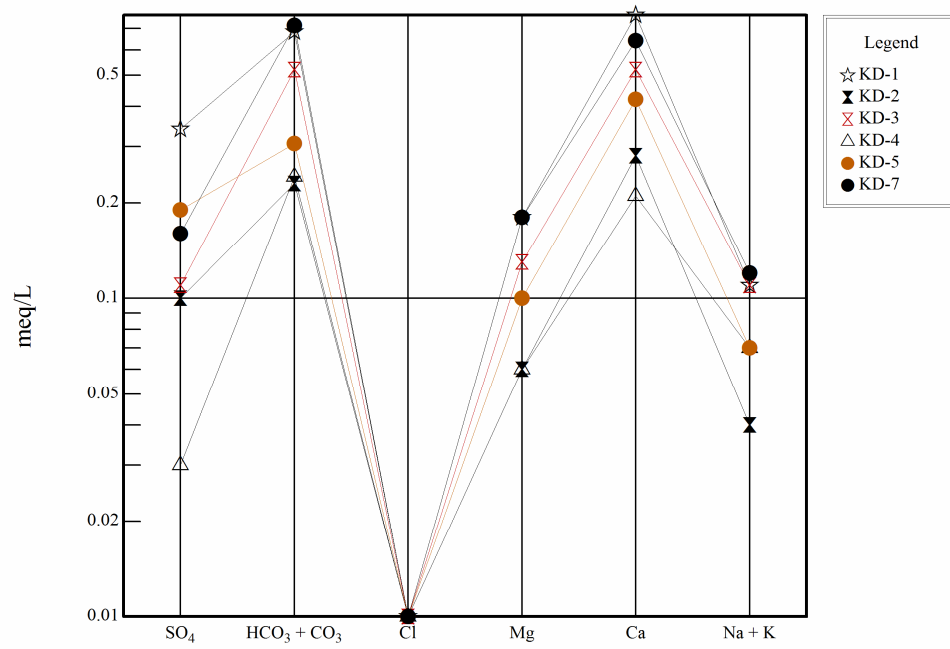


Şekil 5.9. Çalışma alanındaki akarsuların yarı logaritmik (Schoeller 1955, 1962) diyagramda karşılaştırılması (kurak dönem), (KA-1: Maden Atık Suyu)

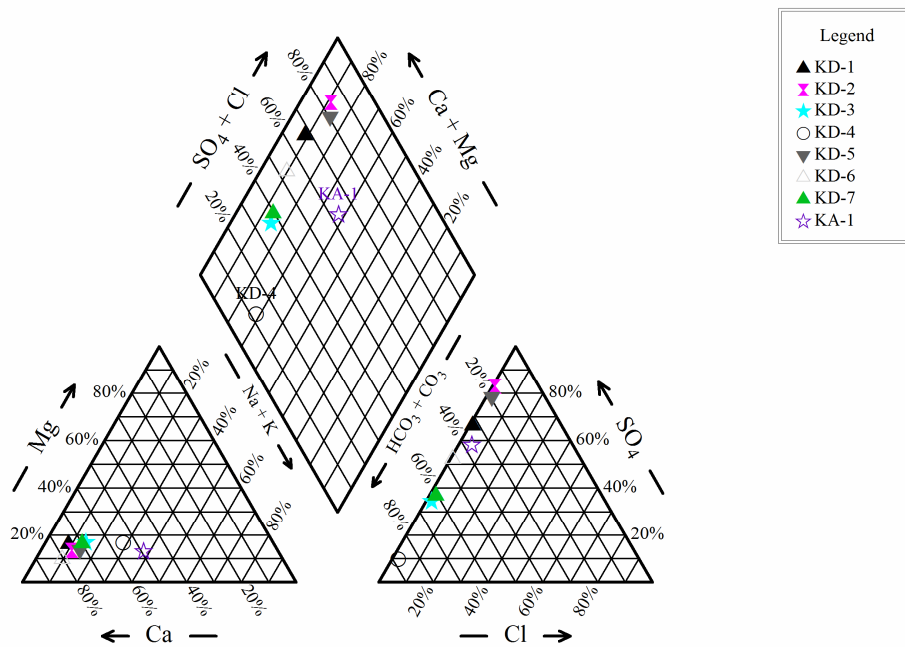
Çizelge 5.4. Türk İnsani Tüketim Amaçlı Sular Standartları (TS-266, 2005) ve Dünya Sağlık Örgütü Standartları (WHO-2006)

STANDART	TS 266-2005	WHO-2006
Maddenin Adı	İzin Verilebilecek Max. Miktar (mg/l)	Yönetmelik Değeri
1. Organoleptik Özellikler		
Berrak, tortusuz, kendine has renkte ve kokusuz olmalıdır		
2. Mikrobiyolojik Özellikler		
2.1. Escherichia coli (E. Coli)	0	
2.2. Enterococci	0	
2.3. Pseudomonas aeruginosa	(-)	
2.4. Koloni sayısı, 22 °C'de	(-)	
2.5. Koloni sayısı, 37 °C'de	(-)	
3. Kimyasal Özellikler		
3.1. Antimon (Sb)	0.005	0.02
3.2. Arsenik (As)	0.01	0.01
3.3. Baryum (Ba)		0.7
3.3. Benzen	0.001	0.01
3.4. Bor (B)	1	0.5
3.5. Bromat (BrO ₃)	0.01	0.01
3.6. Kadmiyum (Cd)	0.005	0.003
3.7. Krom (Cr)	0.05	0.05
3.8. Bakır (Cu)	2	2
3.9. Siyanür (CN)	0.05	0.07
3.10. Florür (F)	1.5	1.5
3.11. Kurşun (Pb)	0.01	0.01
3.12. Civa (Hg)	0.001	0.006
3.13. Molibden (Mo)		0.07
3.14. Nikel (Ni)	0.02	0.07
3.15. Nitrat (NO ₃)	50	50
3.16. Nitrit (NO ₂)	0.5	3 - 0.2
3.17. Pestisitler	0.0001	
3.18. Toplam Pestisit	0.0005	
3.19. Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar	0.0001	
3.20. Selenyum (Se)	0.01	0.01
4. Yukarıdaki Standartlara Uygunluğun İzlenmesinde Dikkate Alınacak Özellikler		
4.1. Alüminyum (Al)	0.2	0.2
4.2. Amonyum (NH ₄)	0.5	
4.3. Klorür (Cl)	250	
4.4. Clostridium perfringens	0	
4.5. Renk	20 (pt-Co) skalası	
4.6. İletkenlik	2500 µS/cm	
4.7. pH	6,5 - 9,5	
4.8. Demir (Fe)	0.2	
4.9. Mangan (Mn)	0.05	0.4
4.10. Koku	Suyun kokusunda fark edilebilir bir değişiklik olmamalıdır	
4.11. Sülfat (SO ₄)	250	
4.12. Sodyum (Na)	200	
4.13. Tat	Suyun kendine has tadında fark edilebilir değişiklik olmamalıdır	
4.14. Koloni sayısı 22 °C'de	Fark edilebilir bir değişiklik olmamalıdır	
4.15. Koliform bakteri	0	
4.16. Toplam organik karbon	Fark edilebilir bir değişiklik olmamalıdır	
4.17. Bulanıklık	5 NTU	
4.18. Tritiyum (³ H)	100 Bq/L	
4.19. Toplam gösterge dozu	0,1 mSv/yıl	
4.20. Alfa aktivitesi	0,1 Bq/L	
4.21. Beta Aktivitesi	1 Bq/L	
4.22. Uranyum		0.015

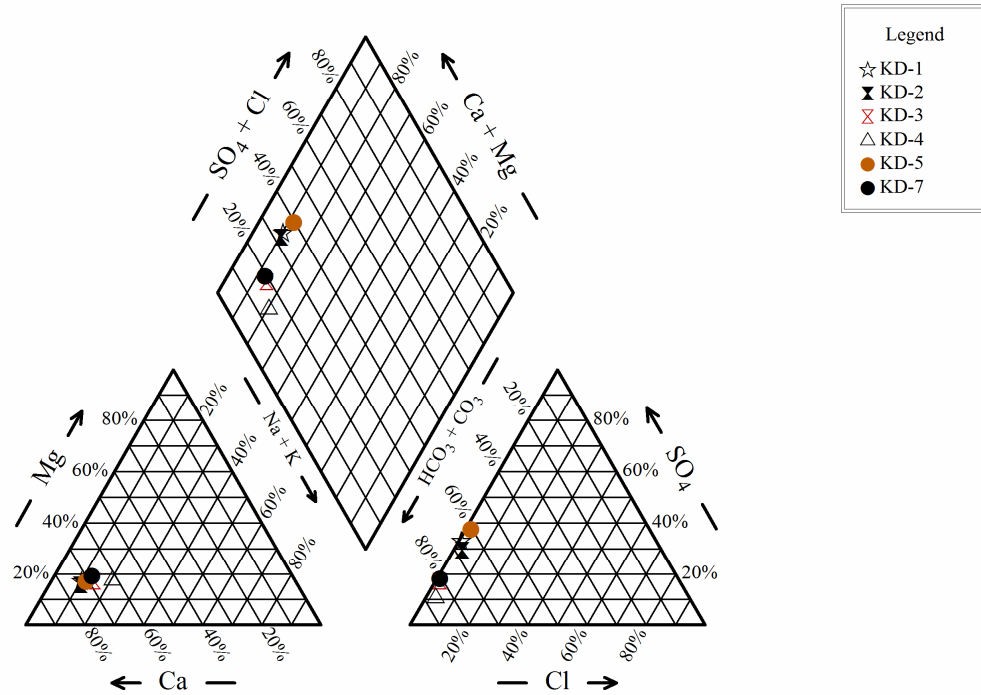
(-) işareti bu özelliğin aranmayacağı, boş alanlar ise yönetmelikte herhangi bir değer olmadığını ifade etmektedir.



Şekil 5.10. Çalışma alanındaki akarsuların yarı logaritmik (Schoeller 1955, 1962) diyagramda karşılaştırılması (yağışlı dönem)



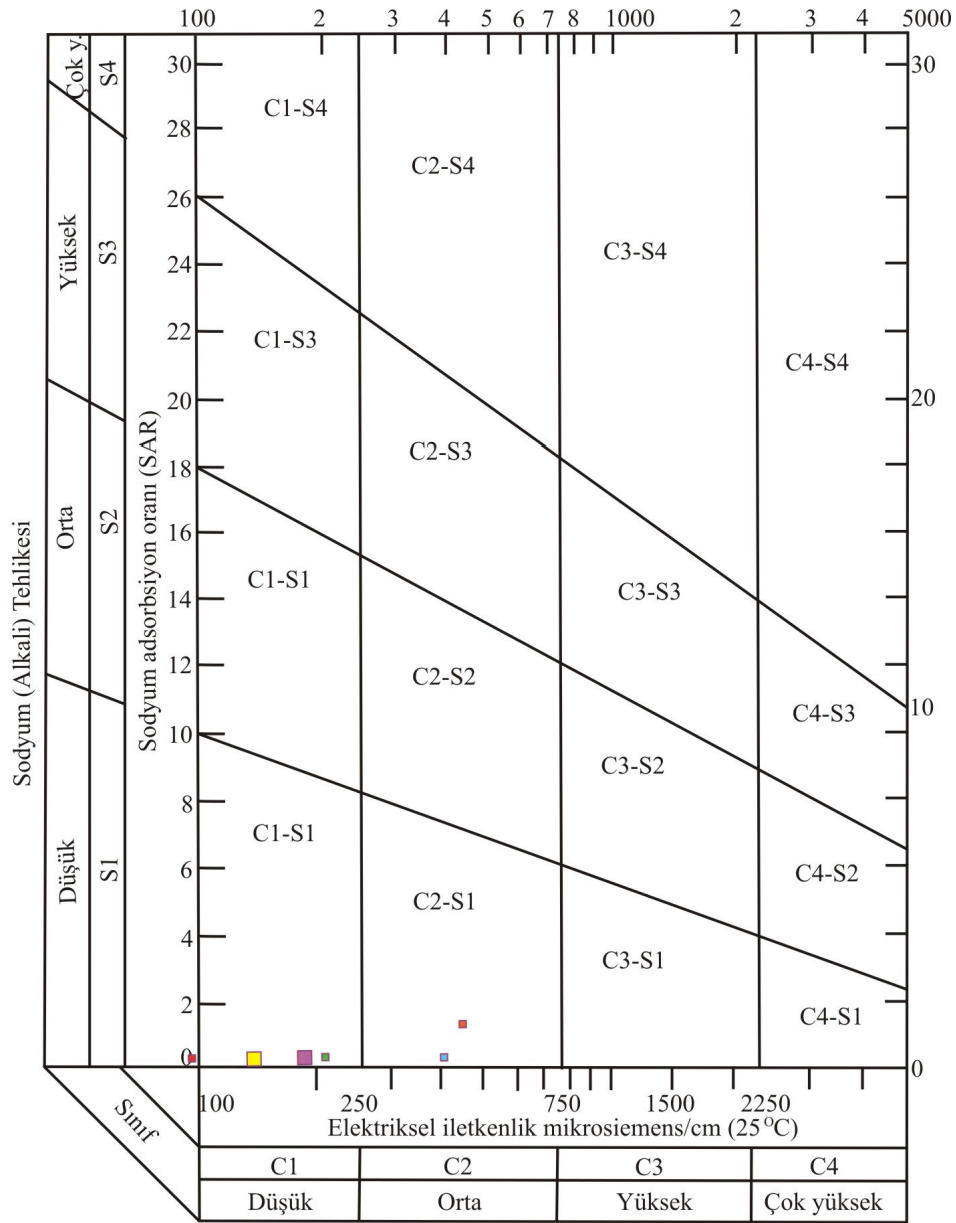
Şekil 5.11. Çalışma alanındaki akarsuların üçgen (Piper, 1944) diyagramında karşılaştırılması (kurak dönem) (KA-1: Maden Atık Suyu)



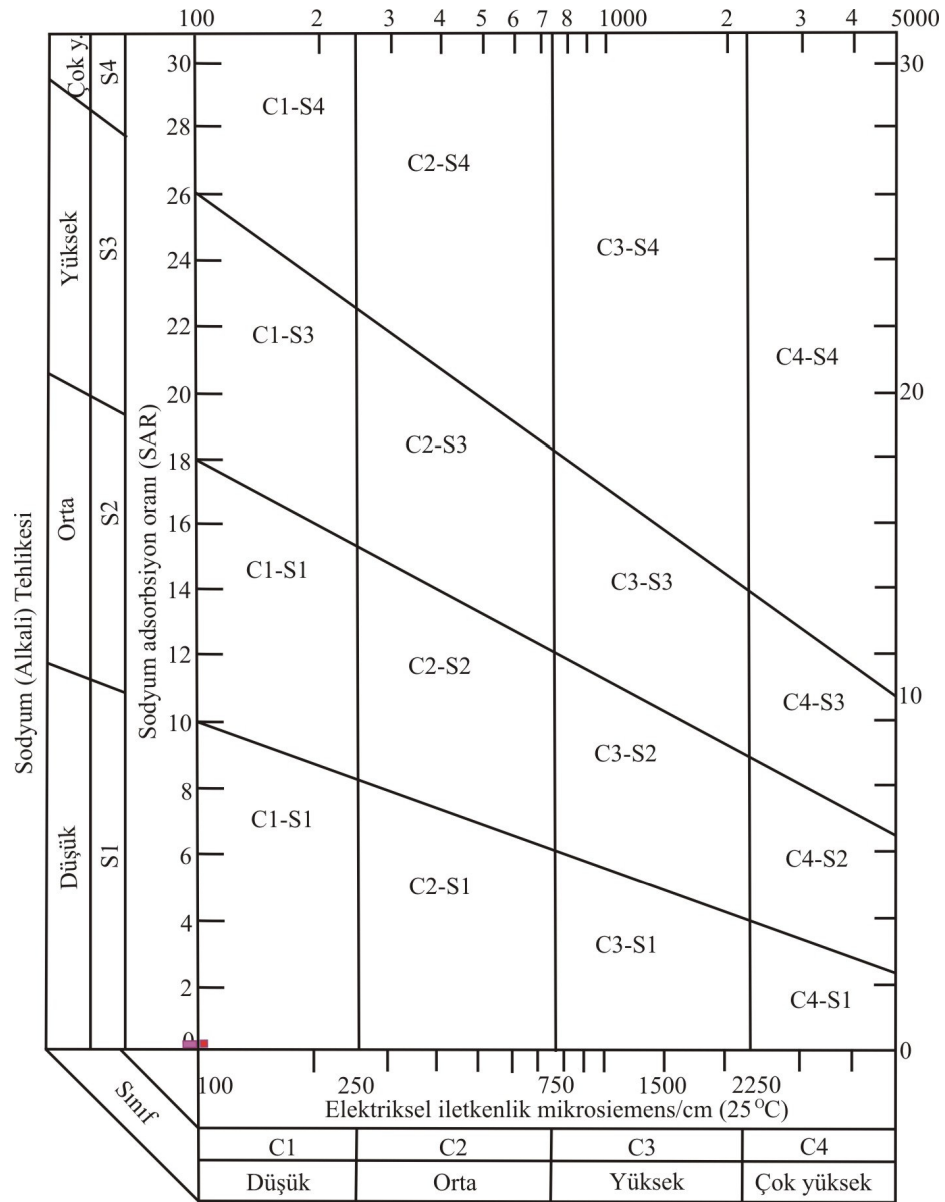
Şekil 5.12. Çalışma alanındaki akarsuların üçgen (Piper,1944) diyagramında karşılaştırılması (yağışlı dönem)

5.2.2. Sulama suyu açısından değerlendirme

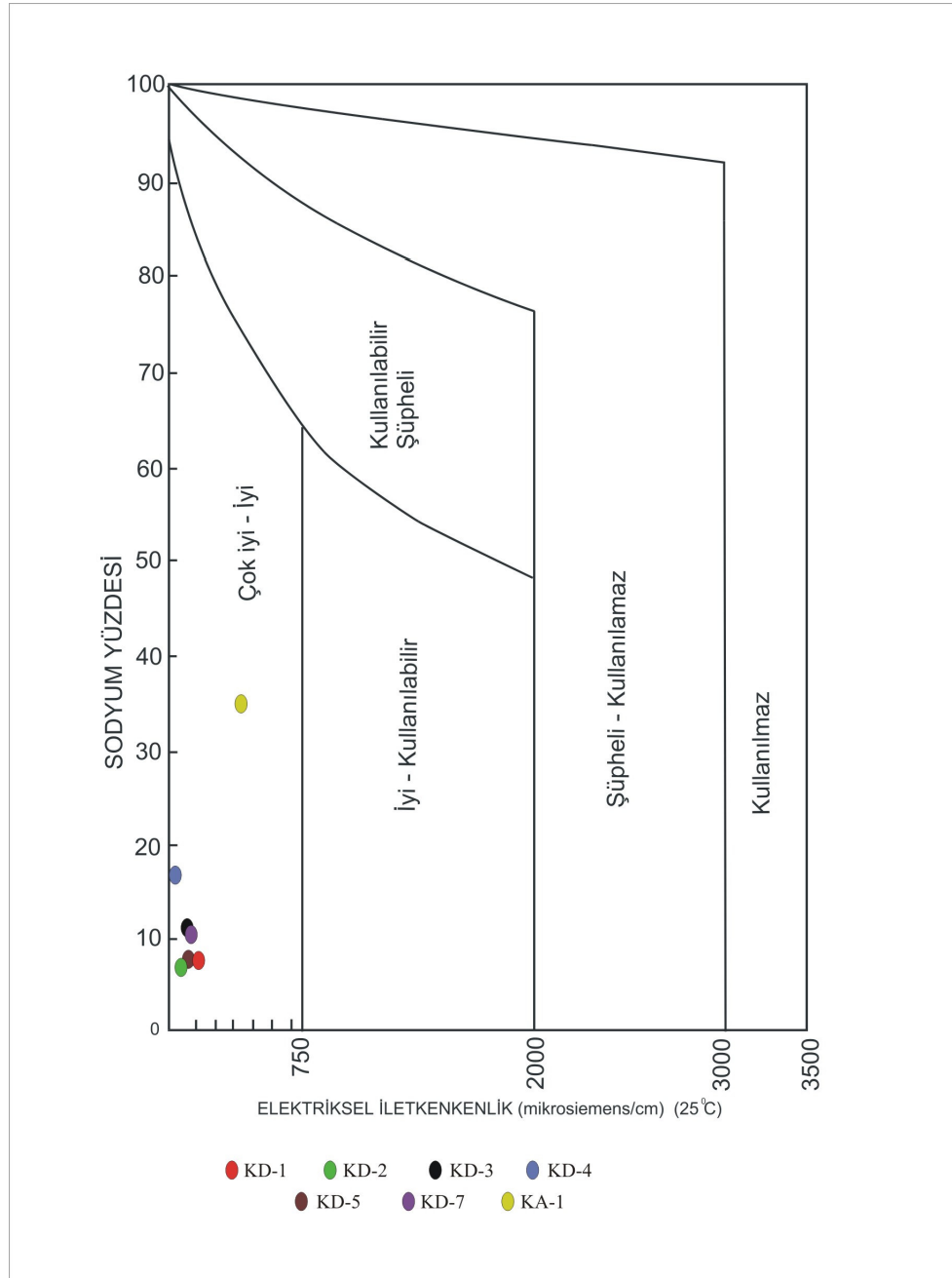
Çalışma alanı içerisinde akarsuların kurak ve yağışlı dönem için çizilen ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı Şekil 5.13 ve Şekil 5.14’de, Wilcox Diyagramı ise Şekil 5.15 ve Şekil 5.16’da gösterilmiştir. Kurak dönem verilerine göre çizilen ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı kullanılarak yapılan sulama suyu sınıflamasına göre, KD-1 akarsu ölçüm noktası “düşük sodyumlu-orta tuzlu” yani C_2-S_1 sınıfında yer alırken diğer akarsu ölçüm noktaları “düşük sodyumlu-düşük tuzlu” yani C_1-S_1 sınıfında yer almaktadırlar. Yağışlı dönemde ise tüm akarsular seyrelmekte ve C_1-S_1 sınıfında bulunmaktadırlar. Wilcox Diyagramı kullanılarak yapılan sulama suyu sınıflamasına göre ise tüm akarsular kurak ve yağışlı dönemde “Çok iyi-iyi” sınıfında yer almaktadırlar. Sulama suyu diyagramlarından, akarsuların çoğunlukla sulama açısından uygun olduğu sonucuna varılabilmektedir.



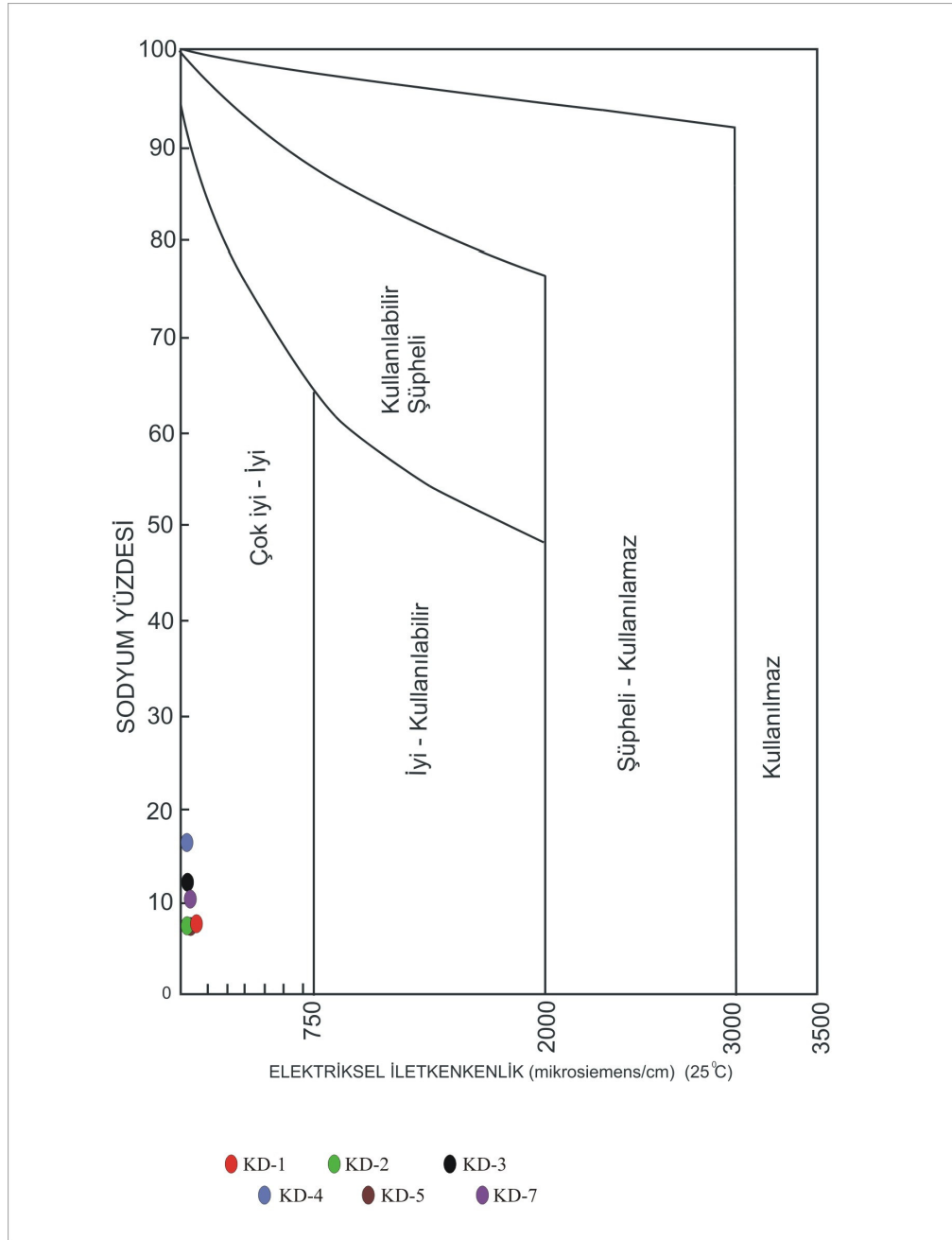
Şekil 5.13. Çalışma alanındaki akarsuların sulama suyu sınıflandırılması (ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı) (kurak dönem) (KA-1: Maden Atık Suyu)



Şekil 5.14. Çalışma alanındaki akarsuların sulama suyu sınıflandırılması (ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı) (yağışlı dönem)



Şekil 5.15. Çalışma alanındaki akarsuların sulama suyu sınıflandırılması (Wilcox Diyagramı) (kurak dönem) (KA-1: Maden Atık Suyu)



Şekil 16. Çalışma alanındaki akarsuların sulama suyu sınıflandırılması (Wilcox Diyagramı) (yağışlı dönem)

5.2.3. İçme suyu açısından değerlendirme

Çalışma alanındaki akarsular üzerinde ileride içme suyu amaçlı olarak baraj yapılabilme ihtimaline karşı akarsular içme suyu açısından Türk ve Dünya İçme Suyu Standartlarına göre değerlendirilmiştir. Tüm dönem sonuçlarına göre akarsuların EC değerleri 32-403 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında değişmektedir. Buna göre hiçbir akarsu Türk İçme Suyu Standartlarında üst sınır olan 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 'yi geçmemektedir. pH değerleri 7.04-7.80 arasında değişmektedir, dolayısıyla standartlara uymaktadır. Akarsuların sodyum, klorür değerleri ve sülfat değerleri standartları aşmamaktadır. Akarsuların iz element analizleri Çizelge 5.2'de verilmiştir.

Çalışma alanındaki akarsuların Al, Fe, Mn ve Pb konsantrasyonları (KD-4 hariç) kurak ve/veya yağışlı dönemde Türk ve Dünya İçme Suyu Standartlarında verilen üst sınır değerleri aşmakta veya yakın değerde bulunmaktadır. KD-3, KD-5 ve KD-7 akarsu ölçüm noktaları çevresinde güncel maden atıkları bulunmaktadır. Ayrıca KD-5 ölçüm noktası hemen üzerine maden sıvı atıkları (KA-1) boşaltılmaktadır. Çizelge 5.2'de verilen iz element verilerine bakıldığında KA-1'in birçok iz element açısından oldukça zengin olduğu görülmektedir. KD-1, KD-2, KD-4 ve KD-6 akarsu ölçüm noktaları yukarılarında ise güncel maden atıkları bulunmamaktadır. Bununla birlikte KD-1, KD-2 ve KD-6 ölçüm noktalarından önce, sülfürlü cevherleşmelerden oldukça etkilenmiş kaynaklar boşalmaktadır.

Akarsuların Al konsantrasyonları 0.212 mg/L ve 0.619 mg/L arasında değişmekte (KD-4 hariç) olup, kurak ve/veya yağışlı dönemde Türk ve Dünya İçme Suyu kriterlerini aşmaktadırlar. Fe değerleri 0.080 mg/L ve 0.520 mg/L arasında değişmekte olup, KD-4 hariç diğer akarsuların kurak ve/veya yağışlı dönemdeki Fe değerleri standartlardaki üst sınırı geçmekte veya yakın değerde bulunmaktadırlar. Mn miktarları 0.030 mg/L ve 0.174 mg/L arasında değişmekte olup (KD-4 hariç), Fe konsantrasyonlarına benzer şekilde, kurak ve/veya yağışlı dönemde standartlardaki üst sınırı geçmekte veya yakın değerde bulunmaktadırlar. Pb değerleri 0.0016 mg/L ve 0.094 mg/L arasında değişmekte olup, güncel maden atıklarının çevresinde bulunan KD-3, KD-5 ve KD-7 akarsu ölçüm noktalarının Pb değerleri farklı dönemlerde standartlarda üst sınır olan 0.01 mg/L değerini aşmaktadırlar veya sınıra yakın değere sahiptirler. Birçok iz element açısından zengin olan Maden Atık Suyundan (KA-1) hemen sonra yer alan KD-5'in özellikle Al, Fe, Mn, Pb ve Zn konsantrasyonları diğer akarsu ölçüm noktalarının konsantrasyonları ile (özellikle, sıvı atıklardan önce yer alan KD-2 ölçüm noktası ile) karşılaştırıldığında daha yüksek seviye bulunduğu açıkça saptanabilmektedir.

Bu metallerin akarsularda bulunmasında, çoğunlukla Üst Kretase Volkanitlerinde yer alan sülfürlü cevherleşmelerin, özellikle pirit'in oksidasyonu sonucu yüzeyaltı ve yeraltısularının asidikleşmesi ve zamanla Eh değerlerinin azalması sonucu, birçok iz elementin çözünürlüğünün artarak yüzey ve yeraltısularına karışmasından ve benzer şekilde bir miktar da, asidik olan yağış sularının (pH 5.5 civarında) çalışma alanında iz element yönünden zengin olan kayalardaki ağır metalleri uygun pH ve Eh koşullarında çözmesinin ve yüzey, yüzeyaltı ve yeraltısuyu olarak akarsulara ulaştırmasının etkili olabileceği düşünülmektedir. Çalışma alanındaki çoğu akarsuda Al, Fe, Mn ve Pb değerlerinin Türk ve Dünya İçme Suyu Standartlarını aşmasından dolayı bu akarsulardan içme suyu sağlanması düşünüldüğünde bu şartların değerlendirilmesi gerektiği düşünülmektedir.

5.3. Doygunluk Analizi

Yeraltısuyu sisteminde oluşan kimyasal tepkimeler hidrokimyasal ortam hakkında yorum yapabilme olanağı sağlamaktadır. Bu amaçla yeraltısuyunun çeşitli mineraller bakımından doygunluk durumunun araştırılması gerekmektedir. Doygunluk indeksi (SI), suların çözülmüş mineraller açısından denge durumundan olan sapmalarını sayısal olarak ifade etmektedir. Eğer su çözülmüş mineral açısından tam doygun ise SI sifıra eşittir. SI'nin pozitif değerleri aşırı doygunluğu, negatif değerleri ise doygun olmayan durumu göstermektedir. Doygun olmayan durumda mineral çözünmesi, aşırı doygunluk durumunda ise mineral çökelişi beklenir (Appelo ve Postma, 1996; Drever, 1996; Langmuir, 1997).

Çalışma alanındaki kaynak ve akarsuların çeşitli mineraller açısından doygunluk durumlarını saptamak amacıyla PhreeqCi (Parkhurst ve Appelo, 1999) programı kullanılmış ve bu suların kurak dönemlerdeki doygunluk durumları saptanmıştır (Çizelge 5.5). Genellikle çalışma alanındaki tüm sular kalsedon, kristobalit, kuvars gibi silikat minerallerine doygun iken, karbonat, sülfür ve klorür minerallerine göre ise doygun değildirler.

Çalışma alanındaki asidik yeraltısuları genellikle Al minerallerine doygun değildirler. Sadece pH'ı diğer asidik kaynaklardan bir miktar daha yüksek olan (4.8) KK-1 Kaynağı, alünit ($KAl_3(SO_4)_2(OH)_6$), basaluminit ($Al_4(OH)_{10}SO_4$), diyaspor

(AlOOH), gibsit ($\text{Al}(\text{OH})_3$), kaolinit ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$), Kmika ($\text{KAl}_3\text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$), profillit ($\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$) gibi bazı Al içeren minerallere doygundur. Bununla birlikte asidik olmayan kaynaklar ve akarsular genellikle adularya (KAlSi_3O_8), alunite ($\text{KAl}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$), basaluminit ($\text{Al}_4(\text{OH})_{10}\text{SO}_4$), böhmit (AlOOH), diyaspör (AlOOH), gibsit ($\text{Al}(\text{OH})_3$), halloysit ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$), illit ($\text{K}_{0.6}\text{Mg}_{0.25}\text{Al}_{2.3}\text{Si}_{3.5}\text{O}_{10}(\text{OH})_2$), kaolinit ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$), Kmika ($\text{KAl}_3\text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$), NaK-montmorillonit ($\text{HNaK}_{0.09}\text{Mg}_{0.29}\text{Fe}_{0.24}\text{Al}_{1.57}\text{Si}_{3.93}\text{O}_{10}(\text{OH})_2$), Ca-montmorillonit ($\text{Ca}_{0.165}\text{Al}_{2.33}\text{Si}_{3.67}\text{O}_{10}(\text{OH})_2$) ve profillit ($\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$) gibi Al içeren minerallere aşırı doygundurlar. Asidik kaynaklar, asidik olmayan kaynaklar ve akarsular genellikle Cu ve Fe içeren kuproferrit (CuFeO_2) mineraline doygundurlar. Ayrıca asidik olmayan kaynaklar ve akarsular genellikle Fe içeren götit (FeOOH), hematit (Fe_2O_3) ve magnetit (Fe_3O_4) minerallerine aşırı doygün iken asidik sular doygün değildirler. Asidik suların birçok mineral açısından doygün olmaması, bu sularda Al ve Fe gibi bazı iz elementlerin daha fazla çözünebilir olması ve bu sularda bu elementlerin diğer sulara oranla daha fazla bulunması ile desteklenmektedir.

Çizelge 5.5. Çalışma alanındaki suların mineral doygunluk indeksleri

Mineral	KK-1	KK-2	KK-3	KK-4	KK-5	KK-6	KK-7	KK-8	KK-9	KK-10	KK-11	KK-12	KK-13	KK-14	KK-15	KK-16	KK-17	KK-18	KK-19	KK-20
Adularya	-4.3	-6.6	-0.6	0.4	-0.5	0.4	2.0	-1.0	-0.5	-0.4	-6.4	-7.7	0.8	2.9	1.8	2.0	0.3	-6.7	-6.3	1.5
Albit	-6.7	-9.3	-3.0	-1.5	-2.8	-1.9	0.0	-2.9	-2.2	-2.3	-9.1	-11	-2.9	0.3	-0.4	-0.2	-1.4	-9.2	-8.6	-0.6
Alunit	1.1	-2.2	0.7	2.5	1.1	-3.7	8.0	-2.6	-1.0	-0.4	-2.0	-4.0	-2.6	1.7	-2.2	-2.8	0.2	-3.3	-2.4	1.8
Anhidrit	-3.7	-3.4	-4.1	-3.4	-4.4	-4.2	-2.3	-4.6	-4.7	-4.7	-3.0	-3.2	-4.8	-4.0	-5.6	-5.1	-4.5	-1.7	-2.6	-3.9
Anortit	-12	-18	-3.4	-2.6	-4.5	-1.9	0.2	-3.7	-2.9	-3.2	-16	-21	-3.8	-0.8	-2.5	-1.8	-2.7	-19	-18	-2.1
Aragonit	-5.2	-6.1	-3.5	-3.0	-3.6	-1.8	-2.7	-3.0	-3.0	-3.3	-6.0	-6.3	-3.1	-2.3	-3.2	-2.6	-3.2	-5.2	-5.8	-2.5
Basaluminit	1.6	-5.2	4.6	8.0	7.6	2.5	13	3.6	7.2	7.4	-4.5	-8.0	5.4	7.6	5.2	4.2	6.9	-8.6	-6.2	7.9
Böhmit	-0.2	-2.6	2.0	2.1	1.8	1.7	3.3	1.6	2.1	2.1	-2.5	-3.6	1.7	2.3	1.9	1.8	2.1	-3.8	-3.0	2.2
Kalsit	-5.1	-5.9	-3.3	-2.8	-3.4	-1.7	-2.6	-2.9	-2.9	-3.2	-5.8	-6.2	-3.0	-2.2	-3.1	-2.4	-3.0	-5.1	-5.6	-2.4
Serisit	-4.1	-4.2	-2.5	-2.5	-3.4	-1.6	-2.7	-2.7	-1.8	-2.2	-5.0	-5.7	-2.3	-2.1	-2.6	-2.3	-2.1	-5.0	-5.1	-2.2
Kalsedon	-0.1	0.2	-0.2	0.2	0.0	-0.1	0.4	-0.2	-0.1	0.0	0.2	0.3	-0.3	0.6	0.5	0.5	0.1	0.6	0.5	0.4
Kalkopirit	-53	-34	-86	-82	-79	-103	-76	-93	-90	-87	-37	-32	-95	-88	-90	-96	-88	-28	-32	-83
Klorit	-41	-56	-17	-18	-24	-7.8	-16	-18	-13	-19	-54	-60	-16	-14	-18	-13	-17	-56	-55	-17
Kristobalit	0.0	0.3	-0.2	0.3	0.1	0.0	0.5	-0.1	0.0	0.0	0.3	0.4	-0.2	0.7	0.6	0.5	0.2	0.7	0.6	0.5
KuproFerrit	4.6	2.9	13	11	9.8	14	10	12	12	12	0.7	-2.2	12	12	11	12	12	0.5	-0.1	10
Diyaspor	1.6	-0.8	3.8	4.0	3.7	3.5	5.1	3.5	4.0	4.0	-0.7	-1.8	3.6	4.2	3.8	3.7	4.0	-2.0	-1.2	4.1
Dolomit	-11	-13	-7.0	-6.4	-7.8	-3.9	-6.0	-6.8	-5.9	-7.3	-12	-13	-6.7	-5.4	-7.0	-5.7	-6.8	-11	-12	-5.5
Galenit	-33	-24	-50	-47	-47	-57	-45	-53	-51	-50	-25	-22	-54	-50	-51	-54	-50	-21	-23	-48
Gibsit	0.5	-1.9	2.6	2.9	2.6	2.3	4.0	2.3	2.9	2.9	-1.8	-2.9	2.5	3.1	2.6	2.6	2.9	-3.1	-2.3	2.9
Götit	-1.0	-2.5	6.2	4.0	3.5	7.9	4.3	5.5	5.5	4.8	-3.5	-5.5	5.8	5.3	4.6	5.8	5.2	-2.9	-4.1	3.8
Jips	-3.5	-3.1	-3.8	-3.1	-4.2	-4.0	-2.1	-4.3	-4.4	-4.5	-2.8	-3.0	-4.6	-3.8	-5.4	-4.9	-4.2	-1.4	-2.4	-3.7
Halit	-11	-11	-11	-10	-11	-11	-10	-11	-11	-11	-11	-11	-11	-10	-11	-11	-10	-10	-10	-10
Halloysit	-2.8	-7.0	1.3	2.5	1.6	1.0	5.2	0.7	2.0	2.1	-6.8	-8.8	0.8	3.8	2.7	2.5	2.3	-8.6	-7.1	3.1
Hematit	-0.2	-3.0	14	9.9	8.9	18	11	13	13	12	-5.0	-9.1	14	13	11	14	12	-3.8	-6.2	9.6
Illit	-3.8	-9.2	2.9	4.5	3.0	3.8	7.7	2.2	3.8	3.7	-8.8	-12	2.6	7.2	5.5	5.6	4.4	-11	-9.1	5.6
Jarosit-Na	-27	-28	-12	-17	-20	-11	-14	-16	-16	-18	-31	-36	-16	-15	-20	-16	-16	-26	-31	-19
Kaolinit	2.5	-1.7	6.4	7.8	7.0	6.2	10	6.0	7.3	7.4	-1.5	-3.5	6.2	9.0	8.0	7.7	7.6	-3.3	-1.9	8.4
Kmika	2.1	-4.9	10	12	10	11	16	9.2	11	11	-4.5	-7.9	9.7	15	13	13	12	-7.5	-5.4	13
Magnetit	-5.6	-8.9	14	7.8	6.5	18	8.9	12	12	9.9	-12	-18	13	11	9.4	13	11	-9.7	-14	7.3
Malachit	-7.4	-9.0	-3.1	-3.7	-5.0	-3.3	-4.5	-4.1	-3.2	-3.4	-12	-14	-4.1	-3.4	-4.3	-3.5	-3.2	-13	-12	-3.9
NaK-Montmorillonit	-2.3	-6.1	4.5	5.0	3.0	5.2	7.9	3.4	4.2	3.9	-6.3	-8.4	2.8	7.4	5.9	6.4	4.9	-6.6	-5.9	5.8
Ca-Montmorillonit	-0.5	-5.3	4.7	6.7	5.4	5.0	10	4.3	5.9	6.0	-5.0	-7.4	4.3	8.8	7.4	7.2	6.4	-6.6	-5.0	7.7
Pirit	-56	-38	-88	-85	-82	-104	-79	-95	-93	-90	-40	-34	-97	-92	-98	-91	-30	-35	-86	
Profillit	3.3	-0.5	7.9	8.9	7.0	7.1	13	6.6	7.3	7.5	-0.6	-2.4	5.5	11	9.4	9.3	8.4	-1.4	0.0	9.6
Kuvars	0.4	0.7	0.3	0.7	0.5	0.4	0.9	0.3	0.4	0.5	0.7	0.8	0.2	1.1	1.0	0.9	0.6	1.1	1.0	0.9
Rodokrosit	-4.8	-6.2	-2.8	-3.8	-4.1	-2.1	-3.2	-3.9	-3.2	-3.7	-5.5	-5.3	-3.8	-3.3	-4.0	-3.1	-3.3	-4.6	-5.3	-3.6
Siderit	-5.1	-4.4	-2.1	-3.4	-3.5	-1.7	-2.6	-3.2	-2.8	-3.2	-5.7	-6.6	-3.2	-2.4	-3.3	-2.8	-3.0	-3.8	-5.5	-3.2
Sfalerit	-33	-24	-49	-47	-46	-57	-45	-53	-51	-50	-25	-22	-54	-50	-52	-54	-50	-21	-23	-48

Table 5.5. Devam ediyor

Mineral	KK-21	KK-22	KK-23	KK-24	KK-25	KK-26	KK-27	KK-28	KK-29	KK-30	KK-31	KD-1	KD-2	KD-3	KD-4	KD-5	KD-6	KD-7	KA-1
Adularya	1.4	2.3	2.2	1.8	0.8	0.4	0.5	2.8	2.0	-7.2	-7.3	1.6	0.9	1.0	-0.4	1.6	0.7	0.9	4.4
Albit	-1.0	0.1	-0.1	-0.6	-0.4	-0.6	-0.9	0.7	-0.3	-8.9	-9.6	-0.4	-1.4	-0.9	-2.4	-0.6	-1.5	-1.1	2.7
Alunit	1.1	-8.7	0.8	-0.4	-1.1	-5.1	-4.5	-0.8	-1.2	-3.9	-2.8	0.7	3.0	-0.8	-4.0	2.6	0.2	-3.6	4.0
Anhidrit	-4.8	-5.9	-4.8	-5.0	-4.2	-4.6	-4.6	-4.1	-3.9	-1.5	-3.2	-1.9	-2.7	-2.8	-4.5	-2.5	-2.8	-2.7	-1.9
Anortit	-3.2	-1.8	-1.8	-2.5	-1.7	-1.9	-2.4	-0.6	-1.2	-20	-19	0.4	-0.9	-0.9	-2.6	0.1	-0.5	-0.9	3.5
Aragonit	-3.5	-2.3	-3.0	-3.3	-2.0	-1.9	-1.9	-1.4	-1.5	-5.2	-6.3	-0.6	-2.5	-1.1	-2.1	-2.0	-1.4	-0.7	-1.7
Basaluminit	7.1	-2.0	7.8	6.6	5.6	2.0	2.0	5.9	5.1	-10	-6.7	4.2	7.2	3.4	0.9	7.1	4.8	-0.5	8.6
Böhmit	2.0	1.0	2.2	2.0	2.0	1.5	1.4	2.1	1.9	-4.2	-3.1	2.1	2.5	1.8	1.6	2.5	2.2	1.3	3.2
Kalsit	-3.3	-2.1	-2.9	-3.2	-1.8	-1.8	-1.7	-1.2	-1.3	-5.1	-6.1	-0.4	-2.4	-1.0	-2.0	-1.9	-1.3	-0.5	-1.6
Serisit	-2.7	-1.9	-2.5	-2.3	-2.8	-2.5	-2.3	-1.9	-2.2	-5.8	-4.9	-2.2	-2.5	-1.6	-2.2	-0.6	-2.1	-1.9	0.9
Kalsedon	0.5	0.6	0.6	0.5	0.3	0.3	0.3	0.6	0.3	0.7	0.3	0.1	0.0	0.1	-0.2	0.1	-0.1	0.1	0.5
Kalkopirit	-81	-112	-86	-88	-90	-102	-98	-94	-95	-25	-32	-100	-90	-98	-100	-93	-98	-107	-101
Klorit	-21	-6.2	-16	-18	-12	-9.1	-11	-7.9	-9.9	-56	-57	-2.3	-11	-6.3	-10	-7.6	-7.6	-2.7	2.3
Kristobalit	0.6	0.7	0.6	0.6	0.4	0.3	0.4	0.7	0.4	0.8	0.4	0.2	0.1	0.2	-0.1	0.2	0.0	0.2	0.5
KuproFerrit	9.5	13	11	11	12	13	12	12	12	0.5	-0.1	15	13	14	14	15	15	14	17
Diaspor	3.8	2.8	4.1	3.9	3.8	3.3	3.2	3.9	3.8	-2.3	-1.3	3.9	4.3	3.6	3.4	4.3	4.0	3.1	5.0
Dolomit	-7.3	-4.7	-6.4	-7.2	-4.3	-4.2	-4.1	-2.8	-3.4	-11	-12	-1.5	-5.5	-2.6	-4.5	-4.5	-3.5	-1.7	-3.7
Galenit	-47	-61	-50	-50	-52	-58	-55	-54	-54	-21	-22	-58	-52	-56	-57	-52	-56	-60	-54
Gibsit	2.7	1.7	3.0	2.8	2.7	2.2	2.1	2.8	2.6	-3.5	-2.4	2.7	3.1	2.4	2.2	3.2	2.8	1.9	3.8
Götit	3.2	7.0	4.4	4.4	5.0	6.6	6.0	6.0	5.8	-2.7	-4.6	8.2	6.4	7.8	7.5	7.9	8.3	7.8	10
Jips	-4.5	-5.7	-4.5	-4.8	-3.9	-4.3	-4.3	-3.9	-3.7	-1.2	-3.0	-1.6	-2.4	-2.5	-4.2	-2.2	-2.5	-2.4	-1.7
Halit	-10	-10	-11	-11	-10	-10	-10	-9.7	-10	-9.3	-10	-9.6	-11	-9.8	-10	-10	-11	-9.8	-8.1
Halloysit	2.8	1.0	3.5	2.9	2.5	1.3	1.2	3.2	2.4	-9.1	-7.8	2.1	2.7	1.6	0.5	3.0	1.9	0.5	5.0
Hematit	8.4	16	11	11	12	15	14	14	14	-3.5	-7.3	19	15	18	17	18	19	18	22
Illit	5.2	5.0	6.5	5.6	5.0	4.0	3.8	7.0	5.8	-11	-10	5.6	5.2	4.7	2.7	6.1	4.7	3.8	9.8
Jarosit-Na	-21	-16	-19	-19	-17	-14	-15	-14	-15	-24	-33	-5.6	-10	-7.8	-11	-6.3	-6.6	-8.6	0.5
Kaolinit	8.1	6.2	8.8	8.2	7.8	6.6	6.5	8.5	7.7	-3.9	-2.5	7.3	7.9	6.8	5.7	8.2	7.1	5.7	10
Kmika	12	11	14	13	12	10	10	14	13	-8.6	-6.6	13	13	11	9.5	14	12	10	17
Magnetit	5.7	16	8.8	8.8	10	15	13	13	13	-9.0	-15	19	15	18	17	19	20	18	25
Malachit	-4.8	-4.3	-3.8	-4.4	-3.1	-3.5	-4.0	-3.2	-3.2	-13	-11	-2.2	-3.1	-2.8	-2.9	-2.6	-2.8	-2.7	-2.4
NaK-Montmorillonit	5.3	6.7	6.5	5.8	6.0	5.7	5.4	7.5	6.2	-6.5	-7.0	7.4	6.2	6.5	4.8	7.3	6.3	6.4	11
Ca-Montmorillonit	7.3	5.9	8.4	7.6	7.1	5.7	5.6	8.3	7.1	-7.1	-6.2	6.6	6.9	5.9	4.1	7.5	6.1	4.8	11
Pirit	-83	-112	-89	-90	-93	-103	-99	-96	-97	-28	-35	-102	-92	-99	-102	-95	-99	-107	-102
Profillit	9.5	8.5	10	9.5	9.3	8.0	8.0	10	8.9	-1.5	-1.1	9.4	9.5	8.7	7.2	9.9	8.7	8.2	13
Kuvars	1.0	1.1	1.0	1.0	0.8	0.7	0.8	1.1	0.8	1.2	0.8	0.6	0.5	0.6	0.3	0.6	0.4	0.6	0.9
Rodokrosit	-4.3	-2.9	-3.7	-4.2	-3.1	-2.8	-3.4	-2.5	-2.8	-4.1	-5.1	-0.4	-2.2	-1.3	-2.2	-1.6	-1.3	-0.9	-0.5
Siderit	-3.7	-3.3	-3.2	-3.4	-2.7	-2.6	-2.5	-1.8	-2.4	-3.4	-5.9	-1.0	-2.4	-1.1	-1.8	-1.3	-1.0	-1.9	-0.6
Sfalerit	-47	-61	-50	-50	-51	-57	-55	-53	-54	-19	-22	-56	-51	-55	-56	-52	-55	-58	-55

6. İZOTOP HİDROJEOLJİSİ

Atom bir çekirdek ve bunun etrafında belirli yörüngelerde dönen elektronlardan meydana gelmiştir. Çekirdek ise nötron ve protonlardan meydana gelmiştir. Elementler birbirinden çekirdekteki proton sayılarının farklılığı ile ayrılırlar. Bu sayı atom numarası olarak ifade edilir. Çekirdekteki nötron ve proton sayılarının toplamı ise kütle numarası olarak ifade edilir. İzotoplar atom çekirdeğinden nötron çıkartılması veya eklenmesiyle oluşurlar. Bu nedenle çekirdeğinde aynı sayıda proton fakat farklı sayıda nötron bulunan atomlara o elementin izotopu denir. Kararlı bir çekirdeğe sahip izotoplara “Kararlı İzotoplar” denir. Çekirdekteki nötron fazlalığı bazen çekirdeğin kararsız olmasına neden olur. Bu izotoplara ise “Kararsız İzotoplar” denir. Kararsız çekirdeğin kararlı duruma geçinceye kadar nükleer değişime (bozunmaya) uğramasına “Radyoaktivite” denir. Bir radyoizotop kararlı bir çekirdeğe dönüşürken bazı bazı nükleer ışınlar yayarak radyoaktif parçalanmaya uğrar. Herhangi bir radyoizotopun parçalanma oranı o izotopun yarı ömrüne bağlıdır. Bir radyoizotopun yarı ömrü belirli bir andaki atomların sayısının yarıya düşmesi için geçen zamandır ve her radyoizotop için farklıdır. Kararlı izotoplar kütle spektrometresiyle ölçülmektedir. Ölçüm tekniği manyetik bir alanda kütlelerine göre saptırılmaları ilkesine dayanmaktadır (Günay, 1977; Kurttaş, 1997). Kararsız izotoplar ise alfa parçacığı spektrometresi (Back ve Zoetl, 1975), gaz kaynaklı spektrometre, katı kaynaklı kütle spektrometresi, sıvı parılda, gaz sayıcıları (Clark ve Fritz, 1997) gibi cihazlar kullanılarak ölçülmektedir.

Hidrojeoloji ve hidroloji alanında yapılan çalışmalarda yeraltısuyunun kökeninin, yaşının (yeraltı dolanım süresi), beslenme yüksekliğinin, akış hızının, yeraltısuyu ve yüzeysuyu ilişkisinin, akiferin hidrolik karakteristiklerinin (transmissivite, permeabilite) saptanması, kirlenmiş yeraltısuyu sistemlerinde kirletici kaynakların belirlenmesi, sıcak suların ısıtıcı kaynaklarının araştırılması gibi birçok konuda oksijen-18 (^{18}O), döteryum (^2H), karbon-13 (^{13}C) gibi duraylı izotoplar ve trityum (^3H), karbon-14 (^{14}C), kükürt-34 (^{34}S) gibi radyoaktif izotoplardan geniş ölçüde yararlanılmaktadır.

6.1. İzotop Verilerinin Değerlendirilmesi

Çalışma alanındaki yeraltısularının kökenlerini araştırmak amacıyla büyük debili ve/veya asidik olan 8 adet kaynak üzerinde kurak dönemde alınan örnekler üzerinde

oksijen-18, döteryum, trityum izotoplarının analizleri yaptırılmıştır. Analiz sonuçları Çizelge 6.1’de yer almaktadır.

Çizelge 6.1. Çalışma alanındaki büyük debili ve/veya asidik kaynakların izotop analiz sonuçları

Kaynak No	Örnekleme Tarihi	Trityum (TU)	Oksijen-18 (VSMOW ‰) (± 0.15)	Döteryum (VSMOW ‰) (± 2)
KK-2	27.07.2009	5.79 \pm 0.37	-12.37	-84.6
KK-5	28.07.2009	8.10 \pm 0.40	-10.72	-71.4
KK-9	29.07.2009	8.99 \pm 0.41	-11.29	-73.4
KK-11	29.07.2009	8.62 \pm 0.41	-12.27	-84.5
KK-13	30.07.2009	8.97 \pm 0.41	-11.71	-78.5
KK-18	31.07.2009	9.35 \pm 0.42	-12.52	-87.8
KK-21	01.08.2009	5.73 \pm 0.37	-12.29	-82.0
KK-30	02.08.2009	6.38 \pm 0.37	-12.40	-81.4

6.1.1. Oksijen-18-Döteryum İlişkisi

Duraylı izotop olan oksijen-18 ve döteryum izotopları, radyoaktif olmadıkları için zamanla bozunmaları da söz konusu değildir. Bu özellikleri nedeniyle, sularda izleyici olarak kullanılmaktadır (Günay, 1977). Bu izotoplar ile suların kökenleri, beslenme yükseklikleri vb özellikler saptanabilmektedir. D ve ^{18}O izotopları okyanuslarda yaklaşık olarak 320 ppm HDO ve 2000 ppm H_2^{18}O konsantrasyonunda bulunmaktadır. Bu konsantrasyondaki değişimler kütle spektrometresiyle ölçülmektedir. Herhangi bir su örneğinin kararlı izotop içeriği, mutlak değer olarak değil, ağır olan izotopun hafif olan izotopa oranının, belirlenmiş bir standartta farkı olarak ifade edilir (Clark ve Fritz, 1997). Bu amaçla kullanılan standartlar Ortalama Standart Okyanus Suyu (SMOW) ve buna yakın olan Viyana Standart Okyanus Suyu (VSMOW)’ dur. Bu standartlardan fark olarak ölçülen kararlı izotop içeriği ‘binde ‰’ olarak ifade edilir ve delta (δ) değeri olarak gösterilir. Bir örneğin oksijen-18 ve döteryum içeriği aşağıdaki eşitlikler ile bulunur (Back ve Zoetl, 1975).

$$\delta^{18}\text{O} = \left[\frac{(^{18}\text{O}/^{16}\text{O})_{\text{örnek}} - (^{18}\text{O}/^{16}\text{O})_{\text{SMOW-VSOW}}}{(^{18}\text{O}/^{16}\text{O})_{\text{SMOW-VSOW}}} \right] * 1000$$

$$\delta\text{D} = \left[\frac{(\text{D}/\text{H})_{\text{örnek}} - (\text{D}/\text{H})_{\text{SMOW-VSOW}}}{(\text{D}/\text{H})_{\text{SMOW-VSOW}}} \right] * 1000$$

Hidrojeolojik çevrim içinde suyun bu izotoplarının içerikleri gerek yerel ve gerekse zaman içerisinde değişmektedir. Suyun buharlaşmasından ve yoğunlaşmasından dolayı havada farklı difüzyon hızları olmakta ve izotopik fonksiyonlanmadan dolayı HDO, H₂¹⁸O'nin buhar basınçları farklı olmaktadır. Bundan dolayı okyanustan su buharlaştığında buhar ağır izotopça fakirleşmektedir. δD ve δ¹⁸O ortalama değerleri okyanus suları için sıfıra eşittir. Okyanus yüzeyi üzerinde atmosferik buhar δD için -85 ve δ¹⁸O için yaklaşık -12 değerine sahiptir (Back ve Zoetl, 1975). Global yağış incelemelerinde Dansgaard (1964)'e göre D ve ¹⁸O konsantrasyonları arasındaki ilişki aşağıdaki şekilde elde edilmektedir. Craig (1961) d'nin global ortalama değerini 10 olarak bulmuştur.

$$\% \delta\text{D} = \% \delta^{18}\text{O} + d$$

Yağışta D ve ¹⁸O içeriği boylam ve enlem artışı ile ve kıyıda kara içine gidildikçe azalmaktadır, yine bu izotoplar kış aylarındaki yağışlarda, yaz aylarındaki yağışa göre daha az bulunmaktadır. Ağır izotoplar (D ve ¹⁸O) deniz seviyesinden yükseldikçe azalmaktadır (Günay, 1977). Yüksek sıcaklıklarda, suda ve jeotermal sistemlerde ¹⁸O içeriği artarken kayalarda azalmaktadır. Bunun nedeni kayaların suya göre daha az hidrojen içermesidir. δD değerinde ise görünür bir değişme yoktur (Coplen, 1985).

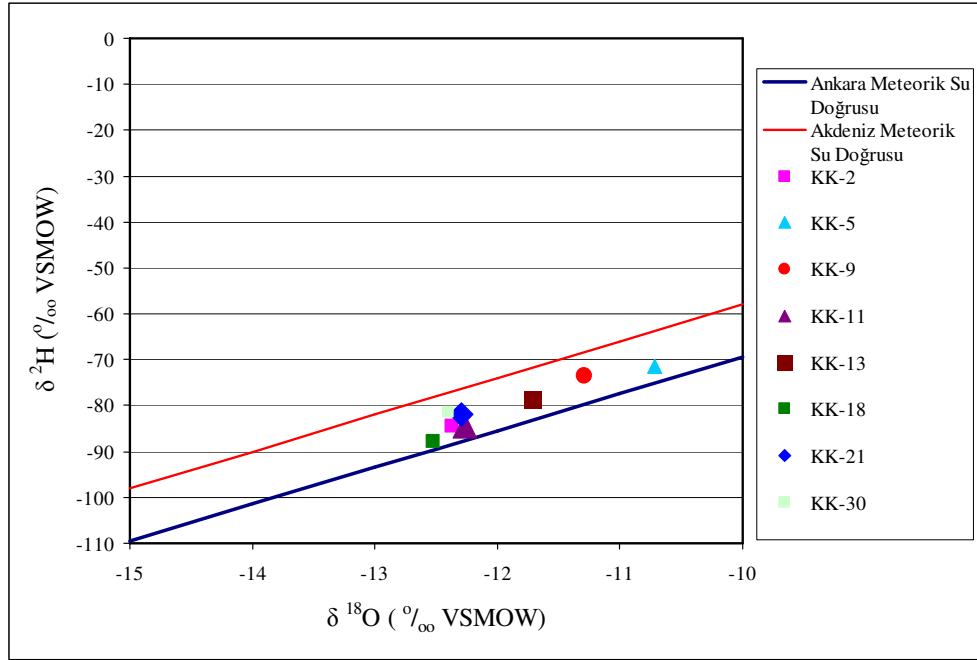
Çalışma alanındaki bazı büyük debili ve/veya asidik kaynakların δ¹⁸O değerleri ‰ -12.52 ve ‰ -10.72 arasında, δ²H değerleri ise ‰ -87.8 and ‰ -71.4 arasında değişmektedir. Bu kaynakların kökenlerini saptamak için δ¹⁸O ve δD değerleri kullanılarak Oksijen-18-Döteryum grafiği çizilmiş ve Şekil 6.1'de gösterilmiştir. Bu şekile bakıldığında kaynakların genellikle Ankara ve Akdeniz Meteorik Su Çizgilerinin arasında kaldıkları görülmektedir. Bu durum bu suların meteorik kökenli olduklarını göstermektedir.

6.1.2. Tritiyum ile Yeraltısuyu Yaşlarının Tayini

Tritiyum izotopu yarılanma ömrü 12.43 yıl olan radyoaktif (kararsız) bir izotopdur (Clark ve Fritz, 1977). Bu izotopun hidrojeolojik sistemin su içerisinde

görülmemesinin başlıca iki kaynağı vardır. Birincisi doğal bir olay sonucu, atmosferde bulunan nötronların kozmik ışınlar etkisi sonucu azot ile tepkimeye girmesiyle oluşmaktadır (Günay, 1977). İkincisi ise 1952 yılından beri yapılan termonükleer denemeler sonucu atmosfere yayılan yapay trityumdur. Bu denemeler sonucu 1963 yılında kuzey yarım kürede trityum 8000 TU'ya ulaşmıştır. Fakat günümüzde trityum değerleri doğal seviyesine ulaşmıştır (Back ve Zoetl, 1975, Clark ve Fritz, 1977). Trityum izotopu ölçümü sıvı parıldama ve gaz sayıcıları ile yapılmakta ve "Trityum Birimi (TU)" olarak ifade edilmektedir (Clark ve Fritz, 1977). Bir TU hidrojenin 10^{18} atomundaki 1 tane ^3H 'a karşılık gelmektedir. Trityum değeri hidrolojide genellikle suların bağlı yaşının hesaplanması için kullanılmaktadır. Deniz suyunda trityum değeri çok düşük olmakta, deniz seviyesinden yükseldikçe sularda trityum değeri artmaktadır. Coğrafi enlem trityum değerlerini küçük ölçüde etkilemektedir (Günay, 1977). Trityum miktarı mevsimsel olarak değişim göstermekte, bahar ve yaz mevsimi sonlarında maksimum olmaktadır. Güney yarım kürede trityum değeri kuzey yarım küreye göre çok düşüktür. Bu durum okyanus alanlarının farklılığından kaynaklanmaktadır (Back ve Zoetl, 1975).

Çalışma alanındaki bazı büyük debili ve/veya asidik kaynakların tritium değerleri 5.73 TU ve 9.35 TU arasında değişmektedir. Bu değerler Çizilge 6.2'de verilen kalitatif yaklaşım ile birlikte değerlendirildiğinde bu kaynakların "modern" beslenime sahip oldukları anlaşılmaktadır. Yani bu kaynaklar, boşalım yaptığı zamandan itibaren son birkaç yıllık yağış sularından beslenen kaynaklardır.



Şekil 6.1. Çalışma alanındaki bazı kaynakların Oksijen-18-Döteryum grafiği

Çizelge 6.2. Clark ve Fritz (1997)' in önerdiği kıtasal bölgeler için geçerli olan kalitatif yaklaşım

Triyum Değeri (TU)	Yaşlandırma
<0.8 TU	Yarımodern-1952'den önce beslenmiş
0.8 --4 TU	Yarımodern ve şimdiki beslenimin karışımı
5 -15 TU	Modern (<5-10yıl)
15 – 30 TU	1960 veya 1970'li yıllardaki beslenme bileşenleri önemli miktarda bulunuyor
>30 TU	1960'lı yılların beslenimi baskın
>50 TU	Yarımodern-1952'den önce beslenmiş

7. SONUÇLAR

1. 390 km²'lik çalışma alanında Üst Kretase'den Pliyosene kadar değişen yaş aralığında başta volkanik kayalar olmak üzere plütonik kayalar ve sedimanter kayalar yer almaktadır. Bu birimlerden farklı debilere sahip birçok kaynak boşalmaktadır.

2. Çalışma alanı ve çevresindeki yağış gözlem istasyonları kullanılarak aritmetik ortalama yöntemiyle ortalama yıllık yağış 502 mm olarak hesaplanmıştır.

3. Çalışma alanındaki kaynakların kurak ve yağışlı dönemdeki debileri 0.2-60 L/s arasında; elektriksel iletkenlik (EC) değerleri 17-668 µS/cm arasında; pH değerleri 3.34-7.96 arasında; Eh değerleri ise 343-694 mV arasında değişmektedir.

4. Çalışma alanındaki akarsuların kurak ve yağışlı dönemde elektriksel iletkenlik (EC) değerleri 32-403 µS/cm arasında; pH değerleri 7.04-7.80 arasında; Eh değerleri ise 199-462 mV arasında değişmektedir.

5. Cevherli Üst Kretase Volkaniklerinden boşalan kaynaklar Ca-SO₄ bileşiminde olup, diğer birimlerden boşalan kaynaklar ise Ca-Na-Mg-HCO₃ tipinde olan sulardır.

6. Yapılan arazi çalışmaları ve analitik deneyler sonucunda, sülfürlü cevherleşmelerin bulunduğu Üst Kretase Volkanikleri ve Kurşunlu Pb-Zn-Cu Maden zonlarındaki bozunma, oksidasyon prosesleri ve madencilik faaliyetleri bölgedeki yeraltı ve yüzeysularının fizikokimyasal proseslerini etkilemektedir. Bu durum sülfürlü cevherleşme zonlarının bulunduğu Üst Kretase Volkanitlerinden boşalan kaynak sularında ve akarsularda Al, Fe, Mn, Pb ve SO₄ kirliliklerinin oluşmasına neden olmuştur. Cevherli Üst Kretase Volkanitlerinden boşalan kaynaklar genellikle yüksek asiditeye sahiptirler. Özellikle çalışma alanındaki piritin oksidasyonundan kaynaklanan bu asidite, sulara iz element içeriğini direkt olarak etkilemektedir.

7. Al, Fe, Mn, Pb ve SO₄ kirliliği saptanan kaynakların birçoğu çevre köylerin içme ve kullanma suyu ihtiyacını karşılamak için kullanılmamaktadır. KK-2 Kaynağının kurşun konsantrasyonu kurak dönemdeki 0.016 mg/L değeri ile ve yağışlı dönemdeki 0.0122 mg/L değeri Türk ve Dünya İçme Suyu Standartlarındaki üst sınırı aşmaktadır. KK-1, KK-2, KK-7, KK-11, KK-12, KK-18, KK-19, KK-30, KK-31 kaynaklarının Al değerleri 0.0456-8.829 mg/L arasında olup, standartlardaki sınır değerinin birkaç kat üzerine çıkmaktadır. KK-2, KK-3, KK-18 ve KK-30 kaynaklarının Fe değerleri Türk İçme Suyu Standartlarında üst sınır değeri olan 0.2 mg/L'yi birkaç kat

aşmakta olup, KK-12, KK-18, KK-19, KK-30 ve KK-31 kaynaklarının Mn miktarları ise Türk İçme Suyu Standartlarında üst sınır olan 0.05 mg/L değerini aşmaktadır.

8. Çalışma alanındaki akarsuların Al, Fe, Mn ve Pb konsantrasyonları (KD-4 hariç) kurak ve/veya yağışlı dönemde standartlarında verilen üst sınır değerleri aşmakta veya yakın değerde bulunmaktadır.

9. Üst Kretase Volkaniklerinde cevherli zonların bulunmadığı (çalışma alanının güney kısmında) bölgelerinden ve çalışma alanındaki diğer birimlerden boşalan kaynaklarında herhangi bir kirlilik saptanmamıştır. Genellikle çalışma alanındaki büyük debili kaynakların bir kısmı çevre köylerin içme ve kullanma suyu ihtiyacını karşılamakta, bir kısmı ise kendi cazibesıyla boşa akmaktadır.

10. Çalışma alanındaki büyük debili kaynaklar ve/veya asidik kaynaklarda yapılan oksijen-18 ve döteryum izotopları analizlerine göre bu suların meteorik kökenli sular oldukları, trityum izotopu analizlerine göre ise kısa dolaşım ve modern beslenime sahip oldukları saptanmıştır.

11. Genellikle çalışma alanındaki tüm sular kalsedon, kristobalit, kuvars gibi silikat minerallerine doymuş iken, karbonat, sülfür ve klorür minerallerine göre ise doymuş değildirler. Ayrıca çoğunlukla asidik yeraltıları genellikle Al minerallerine doymuş değil iken, asidik olmayan kaynaklar ve akarsular genellikle adularya, alunite, basalunite, böhmit, diyaspor, gibsite, halloysit, illit, kaolinit, kmika, NaK-montmorillonit, Ca-montmorillonit ve profillit gibi Al içeren minerallere aşırı doymuşlardır. Asidik kaynaklar, asidik olmayan kaynaklar ve akarsular genellikle Cu ve Fe içeren kuproferit mineraline doymuşlardır. Asidik olmayan kaynaklar ve akarsular genellikle Fe içeren götit, hematit ve magnetit minerallerine aşırı doymuş iken asidik sular doymuş değildirler.

12. Çalışma alanında yer alan Küçükgölanı Kaynağı (KK-1) ve Topalın Tarlası Kaynağı (KK-2) Güzelyurt Köyü içme suyu olarak kullanılmakta, Avuludere Çeşmesi (KK-7) Yenice Köyü köy çeşmesi olarak kullanılmaktadır. Kurtgölü Kaynağı (KK-11) Kurşunlu Köyü içme suyu olarak kullanılmakta ve bu kaynak yetersiz kaldığında Kızıltarla Kaynağından (KK-12) takviye yapılması planlanmaktadır. Eyeklik Çeşmesi (KK-31) ise Güzelyurt Köyü güzergahında yol kenarında çeşme olarak kullanılması planlanmaktadır. Bununla birlikte pH değerleri açısından Türk İçme Suyu Standartlarına uygun olmayan bu kaynaklarda Al (tüm kaynaklarda), Fe (KK-2), Mn (KK-12, KK-31) ve Pb (KK-2) konsantrasyonları Türk ve Dünya İçme Suyu

Standartlarını aşmakta ve bu kaynakların insan sağlığı üzerinde etkileri düşünülerek içme suyu olarak kullanılmaması gerekmektedir. Bu köylerin su teminleri çalışma alanı içerisinde cevherli zonların bulunmadığı Eosen Volkaniklerinden ve Üst Kretase-Paleosen Plütoniklerinden boşalan büyük debili ve kullanımını uygun olan kaynaklardan sağlanması önerilmektedir.

8. KAYNAKLAR

- Akpınar K., 2007**, Su Kuyularının Açılması, İşletilmesi, Sorunlar ve Çözümler (Opening of Water Well, Operation, Problems and Solutions). Atlas Copco Publisher, İstanbul-Turkey.
- Akpolat, T. Ve Dilek, M., 2001**, Hemodiyaliz El Kitabı (Üremik Kemik Hastalığı-30. Konu). Anadolu Yayıncılık, Kayseri, 392 s.
- Akyol A., Budakoğlu M., Kumral M., Gültekin A.H., Turhan M., Esenli V., Yavuz F., Orgün Y., 2003**, Heavy metal pollution and acid drainage from the abandoned Balya Pb-Zn sulfide Mine, NW Anatolia, Turkey. *Environmental Geology* 45: 198-208.
- Altun İ.E, Senin M., Akbaş B., Keskin H., Mengi H., Köse Z., Arslan H., Deniz N., Yaşar T., Erdoğan K., Acar Ş., 1994**, Giresun-Piraziz-Şebinkarahisar arasında kalan bölgenin jeolojisi. MTA Genel Müdürlüğü Jeoloji Araştırma Dairesi, Ankara.
- Appello C.A.J. ve Postma D., 1996**, *Geochemistry, Groundwater and Pollution*. Battema, Rotterdam.
- Atabey E., 2005**, Tıbbi Jeoloji (Medical Geology) In: Atabey E (ed). Publications of Chamber of Geology Engineers of Turkey TMMOB, Ankara.
- Baba A., Gunduz O., 2010**, Effect of alteration zones on water quality: a case study from Biga Peninsula, Turkey. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 58: 499-513.
- Back W. ve Zoetl J., 1975**, Application of geochemical principles, isotopic methodology, and artificial traces to karst hydrology in hydrogeology of karst terrains. International Union of Geological Sciences, Series B, Number 3, Reprint from Hydrogeology of Karstic Terrains, Chapter IX, pp. 105-121.
- Blowes D.W. 1997**, The environmental effects of mine wastes. Proceedings of Exploration 97; Fourth Decennial International Conference on Mineral Exploration 119: 887-892.

- Boorman R.S., Watson D.M. 1976**, Chemical processes in abandoned sulfide tailings dumps and environmental implication for Northeastern New Brunswick, CIM Bulletin 69 772: 86-96.
- Clark I.D., Fritz P., 1997**, Environmental Isotopes in Hydrogeology. Lewis Publishers, New York.
- Coplen, T. B., 1985**, Environmental Isotopes in Ground-water Studies. Chapter 33.
- Craig, H., 1961**, Isotopic variation in meteoric waters. Science, 133: 1702-1703.
- Çavuşoğlu H., 1969**, Sivas-Koyulhisar-Sisorta-Muradınköy ve Aksu bölgeleri, Kurşun Çinko cevheri detay etüd ve sondajlı çalışmaları. MTA Raporu No: M.E-897 (yayınlanmamış).
- Danış M., 2005**, İthalat ve ithalatın denetimi, ağır metal kirlilikleri. Gübre ve gübre Hammaddeleri Çalıştay Bildirileri, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası yayınları, 25-27 Kasım Diyarbakır.
- Dansgaard W., 1964**, Stable isotopes in precipitation. Tellus, 16:436-468.
- Darbre P.D., 2005**, Aluminium, antiperspirants and breast cancer. Journal of Inorganic Biochemistry 99: 1912-1919.
- Department of National Health and Welfare, 1979**, The Joint Committee on Dringing Water Standartds, Canadian Drinking Water Standarts and Objectives, 1968. Catalogue No H48-1069. Queen's Printer for Canada, Ottawa.
- Doğan, L., 1991**, Hidrojeolojide Su Kimyası. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Yayınları.906.178s. Ankara.
- Drever, J. I., 1996**, The Geochemistry of Natural Waters (3rd ed.) Prentice Hall, New Jersey.
- Erözel Z., 1986**, Sulamada su kalitesi ve tuzluluk sorunları. Kültürteknige Giriş, Ankara Üniversitesi Ziraat Fak. Yayını no.996: 96-110.
- Fatih L., Schnierer K., Irmiler R., Bane R., Bystrica B., 1972**, C.S. Ekibinin 8.8.-22.11.1971 tarihleri arasında Türkiye'de Muradın Bölgesindeki Pb-Zn-Cu cevherleri zuhurunda yaptığı tetkik gezisi hakkında rapor. MTA Rapotu No: 5088 (yayınlanmamış).
- Gökçe A., 1990**, Kurşunlu (Ortakent-Koyulhisar-Sivas) damar tipi Pb-Zn-Cu yataklarında kükürt izotopları incelemesi. MTA Dergisi No. 111.

- Gökçe A. ve Özgüneylioğlu A., 1988**, Kurşunlu (Ortakent-Koyulhisar-Sivas) Pb-Zn-Cu yataklarının jeolojisi, oluşumu ve kökeni. *Yerbilimleri, Mühendislik Fakültesi Bülteni, Cumhuriyet Üniversitesi*, 5: 23-36.
- Griffin A.E., 1960**, Significance and removal of manganese in water supplies. *J. AWWA* 52: 1326.
- Günay G., 1977**, Hidrojeoloji İncelemelerinde Uygulanan Yeraltısuyu İzleme Teknikleri. DSI-UNOP Projesi Karst Hidrojeolojisi Semineri, Oymapınar, 17-28 Ekim, 215-245.
- Gündüz O., Baba A., 2008**, Fate of acidic mining lakes in Can Lignite District, Turkey. In Proceedings of the XXXVI IAH congress integrating groundwater science and human well-being, Proceedings CD-ROM, 26 October–1 November 2009, Toyoma, Japan.
- Gündüz O., Okumuşoğlu D., Baba A., 2007**, Acidic mining lakes and their influence on water quality: a case study from Can (Canakkale)-Turkey. In: Trefry MG (ed) Proceedings of the 6th groundwater quality conference (GW07: securing groundwater quality in urban and industrial environments), Fremantle, Western Australia.
- He Z.L., Yang X.E., Stoffella P.J., 2005**, Trace elements in agroecosystems and impacts on the environment. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology* 19:125-140.
- Herece E. ve Akay E., 2003**, Kuzey Anadolu Fayı (KAF) Atlası. 1/100 000 ölçekli, Ankara.
- [http:// tuikap.tuik.gov.tr](http://tuikap.tuik.gov.tr)**.
- Kaaden G.V.D., 1962**, Muradın Mahallesi, Kan Köyünün doğu bölgesinde yapılan Kurşun-Çinko prospeksiyon hakkında rapor. MTA Rapor No: ME.-346 (yayınlanmamış).
- Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A. ve Timur, S., 2003**, Metallerin çevresel etkileri-I. *Metalurji Dergisi*, 136, 47-53.
- Kaptanoğlu, H., 1967**. Sivas-Koyulhisar-Sisorta-Muradın Köy Kurşun-Çinko-Bakır zuhurları ve rezerv raporu: M.T.A. Rap. No: 3953 (yayınlanmamış).
- Karakaya N., Karakaya M.Ç., Nalbantçılar M.T., Yavuz F., 2007**, Relation between spring-water chemistry and hydrothermal alteration in the Şaplıca volcanic rocks, Şebinkarahisar (Giresun, Turkey).

- Keskin T.E., 2010**, Nitrate and heavy metal pollution resulting from agricultural activity: a case study from Eskipazar (Karabuk, Turkey) Environmental Earth Sciences 61: 703-721.
- Kurttaş T., 1997**, Gökova (Muğla) karst kaynaklarının çevresel izotop incelemesi. Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, (yayımlanmamış).
- Langmuir D., 1997**, Aqueous Environmental Geochemistry. Prentice-Hall, New Jersey
- McNeely R.N., Neimanis V.P., Dwyer L., 1979**, Water Quality Sourcebook-A Guide to Water Quality Parameters. Inland Waters Directorate, Water Quality Branch, Ottawa, Canada.
- MTA, 2009**, 1/100.000 ölçekli Türkiye jeoloji haritaları-Giresun G39, G40, H39, H40 paftaları. MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji Araştırma Dairesi, Ankara (yayımlanmamış).
- Nordstrom D.K., 2000**, Advances in the hydrochemistry and microbiology of acid mine waters. International Geology Review 42: 499-515.
- Ovalıoğlu R., 1964**, Koyulhisar-Sisorta-Muradınköy Pb-Zn-Cu zuhurları detay etüdü. MTA Rapor No: 3799 (yayınlanmamış).
- Özbayoğlu S., 1968**, Kurşunluköy ve civarında sondajlı arama çalışmaları. MTA Raporu.
- Petrasccheck W.E., 1967**, Sivas ile Giresun arasındaki Koyulhisar-Şebinkarahisar-Suşehri Kurşun-Çinko cevheri bölgesi isimli rapor. MTA Rapor No: M.E-862 (yayımlanmamış).
- Parkhurst D.L. ve Appelo C.A.J., 1999**, User's guide to PHREEQC (Version 2)-A computer program for speciation, batch-reaction, one-dimensional transport and inverse geochemical calculations. US Geological Survey, Denver.
- Piper A.M., 1944**, A graphical procedure in the geochemical interpretation of water analyses. American Geophysical Union Trans 25: 914-923.
- Schoeller, H., 1955**, Geochimie des eaux sauterraines. Rev. Inst. Franc. Petrolei Paris, 10, no.3, pp. 181-213 and 10, no.4, pp. 219-246.
- Schoeller, H., 1962**, Les Eaux souterraines. Mason et Cie, Paris.
- Seal R.R., II., Hammarstrom J.M., Johnson A.N., Piatak N.M., Wandless G.A., 2008**, Environmental geochemistry of a Kuroko-type massive sulfide deposit at

the abandoned Valzinco mine, Virginia, USA. Applied Geochemistry 23: 320-342.

Smedley P.L., Edmunds W.M., Pelig-Ba K.B., 1996, Mobility of arsenic in groundwater in the Obuasi gold-mining area of Ghana:some implications for human health. Special Publications Geological Society London 113: 163-181.

Stchepinsky V., 1945, Yukarı Kelkit Çayı ve Havzasının Jeolojisi ve Mineral Varlıkları. MTA Rapor No: 1617 (yayınlanmamış).

Şahin İ., Gökçe A., Bozkaya G., 1999, Aksu köyü (Koyulhisar-Sivas) çevresinde derekumu örnekleri jeokimyası incelemeleri ve olası Pb-Zn-Cu anomali sahalarına ait rapor. Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, Seri A-Yerbilimleri 16: 19-28.

Takashima K., Kawada K., Hakari N., Kılıç M., İşler F., 1974, Menka Madeni etrafındaki sahanın jeolojisi ve mineralizasyonu, Koyulhisar-Sivas ili, kuzey kısmı. MTA Raporu No: M-178 (yayınlanmamış).

Terlemez İ. ve Yılmaz A., 1980, Ünye-Ordu-Reşadiye-Koyulhisar-Karaçayır-Hafik arasında kalan bölgenin jeolojisi raporu. MTA, Ankara.

TS-266, 2005. İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Tuttle J.H., Randles C.I., Dugan P.R., 1968, Activity of microorganisms in acid mine water. Influence of acid water on aerobic heterotrophs of a normal stream. Journal of Bacteriology 95: 1495-1503.

Uysal Ş., Bedi Y., Kurt İ., Kılınc F., 1995, Koyulhisar (Sivas) dolayının jeolojisi. MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji Araştırma Dairesi, Ankara.

Westrum, H.H.S., 1961, Sivas-Koyulhisar-Sisorta Nahiyesi, Kanköy-Muradın Mahallesi Pb-Zn madeni hakkında ön etüdlere ait rapor. MTA. Rapor No: 3413 (yayınlanmamış).

WHO (World Health Organization), 1984a, Guidelines for Drinking-Water Quality. Vol. 1, Recommendations, WHO Publications, Geneva, Switzerland.

- WHO (World Health Organization), 1984b**, Guidelines for Drinking-Water Quality. Vol. 2, Health Criteria and Other Supporting Information, WHO Publications., Geneva, Switzerland.
- WHO, 2006**, Guidelines for Drinking-Water Quality. First Addendum to Third Edition, 1, Recommendation. Geneva Switzerland.
- Wolfe, R. S., 1960**, Microbial concentration of iron and manganese in water with low concentration of these elements. J. AWWA, Vol. 52: 1335.
- Yalçın, A., U ve Akpolat, T., 2001**, Hemodiyaliz El Kitabı (Kronik Böbrek Yetmezliği- 3. Konu). Anadolu Yayıncılık, Kayseri, 392 s.
- Yılmaz, A., 1982**, Dumanlıdağı (Tokat) ile Çeltekdağı (Sivas) arasının temel jeoloji özellikleri ve ofiyolitli karışığın konumu. MTA Rap no. 7230, Ankara, (yayımlanmamış).
- Yılmaz, A., 1983**, Tokat (Dumanlıdağı) ile Sivas (Çeltekdağı) dolaylarının temel jeolojik özellikleri ve ofiyolitli karışığın konumu. MTA Dergisi, 99-100: 1-18.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel bilgiler

Adı Soyadı	Sonay TOPTAŞ
Doğum Yeri ve Tarihi	Malatya, 04/10/1983
Medeni Hali	Bekar
Yabancı Dil	İngilizce
İletişim Adresi	Pulur Mah. 15. Sok. Aksu Apt. A. Blok ½-SİVAS
E-posta Adresi	sonaytoptas@hotmail.com

Eğitim ve Akademik Durumu

Lise	Manavgat Lisesi, 2000
Lisans	Cumhuriyet Üniversitesi, 2006

İş Tecrübesi

Aksu Mühendislik	Jeoloji Mühendisi, 2006-2007
Zemsuar Mühendislik	Jeoloji Mühendisi, 2007-2010