

**KAMAN (KIRŞEHİR) KUZeyİ'NİN
YERALTISUYU KİRLİLİĞİ AÇISINDAN
İNCELENMESİ**

**2017
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ**

BAHADIR SUBAŞI

**KAMAN (KIRŞEHİR) KUZEYİ'NİN YERALTISUYU KİRLİLİĞİ
AÇISINDAN İNCELENMESİ**

Bahadır SUBAŞI

Karabük Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında

Yüksek Lisans Tezi

Olarak Hazırlanmıştır

KARABÜK

Aralık 2017

Bahadır SUBAŞI tarafından hazırlanan “KAMAN (KIRŞEHİR) KUZEYİ’NİN YERALTISUYU KİRLİLİĞİ AÇISINDAN İNCELENMESİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Tülay EKEMEN KESKİN

Tez Danışmanı, İnşaat Mühendisliği Hidrolik Anabilim Dalı



Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 22/12/2017

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Doç. Dr. Emrah DOĞAN (SAÜ)

Üye : Doç. Dr. Tülay EKEMEN KESKİN (KBÜ)

Üye : Yrd. Doç. Dr. Ertuğrul ESMERAY (KBÜ)



...../...../2017

KBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Filiz ERSÖZ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdür V.





“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Bahadır SUBAŞI

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KAMAN (KIRŞEHİR) KUZEYİ'NİN YERALTISUYU KİRLİLİĞİ AÇISINDAN İNCELENMESİ

Bahadır SUBAŞI

Karabük Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Doç. Dr. Tülay EKEMEN KESKİN

Aralık 2017, 66 sayfa

Bu çalışma, Kaman (Kırşehir) kuzeyi ve çevresinde yeralan yeraltısularının hidrojeolojik, hidrojeokimyasal, su kalitesi ve izotopik özelliklerinin tayin edilmesi ve ayrıca su kayaç etkileşimlerinden ve/veya madencilik faaliyetlerinden ve/veya tarımsal çalışmalardan kaynaklanan kirliliklerin saptanması ve boyutlarının belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir. İnceleme alanı yaklaşık 760 km²'lik yüzölçümüne sahiptir.

Bölgede temeli oluşturan en yaşlı birim Paleozoyik yaşlı metamorfik birimlerdir. Bu metamorfitlerin üzerine bölgede geniş yüzeylenmeler gösteren ve Baranadağ Granitoyidi ve Buzlukdağ Siyenitoyidi olarak isimlendirilmiş, Kampaniyen-Maestrityen yaşlı intrüzifler gelmektedir. Çalışma alanında geniş yer kaplayan bir diğer birim ise katmansız, bloklu, çakıltaşı, kumtaşı ve karasal çamurtaşları içeren Kızılırmak Formasyonu olarak tanımlanmaktadır.

Çalışma alanındaki suların kurak dönemde elektriksel iletkenlik (EC) değerleri 199-731 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında; debileri 0.035-3.32 L/s arasında; toplam çözünmüş madde miktarı (TDS) 131-475 mg/L arasında; pH değerleri 7.86-8.15 arasında; yükseltgenme-indirgenme potansiyeli (ORP-Eh) değerleri 257-649 mV arasında değişmektedir. Yağışlı dönem değerleri ise sırasıyla 229-768 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 0.09-0.99 L/s, 149-511 mg/L, 7.28-7.87 ve 326-363 mV arasında değişmektedir.

İnceleme alanı içerisinde içme ve kullanma amaçlı olarak kullanılan 19 farklı noktadan su numuneleri alınmış ve bu noktaların bazılarının major element ve/veya iz elementler açısından standart değerleri aşmakta oldukları saptanmıştır. Bölgede bulunan yeraltısuları As, F, U, NO_3 , NH_4 kirlilikleri bulundurmaktadır. Bu kirliliklerin kaynağının bölgede işletilmiş demir ve florit maden alanlarında yapılan tahribatlar, cevherleşmiş kayaçların doğal yıkanması ve tarımsal faaliyetler esnasında bilinçsiz olarak kullanılan gübre ve pestisitler olabileceği düşünülmektedir.

İzotopik açıdan yapılan analizlere göre, bölgedeki sular meteorik kökenli olup, trityum değerleri 2.71 TU ile 4.45 TU arasında değişmektedir. Bu sonuçlardan suların “Yarı modern ve şimdiki besleniminin karışımı” beslenimine sahip olduğu anlaşılmaktadır.

Anahtar Sözcükler : Su-kayaç etkileşimi, hidrojeoloji, yeraltısuyu kirliliği, Kaman (Kırşehir), arsenik.

Bilim Kodu : 903.5.074

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

INVESTIGATION OF GROUNDWATER POLLUTION IN NORTH OF KAMAN (KIRŞEHİR)

Bahadır SUBAŞI

Karabük University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Environmental Engineering

Thesis Advisor:

Assoc. Prof. Dr. Tülay EKEMEN KESKİN

December 2017, 66 pages

This study aims to determine the hydrological and hydrogeological features, water quality and isotopic features and the size of pollution which may cause by water-rock interaction or/and mining activities or/and agricultural activities of the North of Kaman (Kırşehir) and its vicinity. The study area is 760 km².

The basic and oldest rock of the study region is Paleozoic aged metamorphic units. These metamorphic rocks are overlain by Campanian-Maestrichian aged intrusions named Baranadağ Granitoid and Buzlukdağ Siyenitoid which show large expansions in the region. Another unit occupying a large area in the study area is defined as Kızılırmak Formation, which contains layerless, blocky, conglomerate, sandstone and mudstones.

In the dry periods, the electrical conductivity (EC) values of the waters in the study area range between 199-731 $\mu\text{S}/\text{cm}$; discharge range between 0.035-3.32 L/s; the total dissolved solid (TDS) range between 131-475 mg/L; pH values range between 7.86-8.15; the oxidation-reduction potential (ORP-Eh) values range between 257-649 mV. In rainy periods, the values range between 229-768 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 0.09-0.99 L/s, 149-511 mg/L, 7.28-7.87 and 326-363 mV respectively.

Water samples have been taken from 19 different measurement point that used for drinking and domestic water in the study area. Some of these points exceed the standard values in terms of major element and / or trace element. The groundwaters in the region contains As, F, U, NO_3 , NH_4 pollutions. It is thought that the sources of these pollutions are destruction in the exploited iron and fluorite mines, natural washing of mineralized rocks and fertilizier and pesticides which are used unconsciously during agricultural activities.

Isotopical analyzes show that the water in the region has meteoric origin and the tritium values range between 2.71-4.45 TU. According to these results, it is understood that the waters have a "mix of half-modern and present recharge ".

Key Word : Water-rock interaction, hydrogeology, groundwater pollution, Kaman (Kırşehir), arsenic.

Science Code : 903.5.074

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Karabük Üniveristesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Koordinatörlüğü tarafından KBÜ-BAP-16/1-YL-091 nolu proje olarak desteklenmiştir. Bu nedenle öncelikle bu tez çalışmasının gerçekleşmesi için maddi destek sağlayan Karabük Üniveristesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Koordinatörlüğüne teşekkür ederim. Bu tez çalışmasının planlanmasında, araştırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalışmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren sayın hocam Doç. Dr Tülay EKEMEN KESKİN'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Arazi çalışmaları sırasında yardımlarını esirgemeyen, Ahi Evran Üniversitesi Öğretim Üyesi Zeynel BAŞIBÜYÜK'e ve Kaman Halk Sağlığı Müdürlüğü personeli Hacı Emin DEMİR'e ve çalışma alanı içerisinde bulunan köy muhtarlıklarına ve köy halkına çok teşekkür ederim.

Ayrıca sevgili aileme maddi ve manevi hiçbir yardımı esirgemedен yanımda oldukları için tüm kalbimle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

KABUL	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
EKLER DİZİNİ.....	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
BÖLÜM 1	1
ÇALIŞMANIN AMACI	1
1.1. ÇALIŞMA ALANININ TANITILMASI.....	1
1.1.1. Çalışma Alanının Yeri	1
1.1.2. İklim.....	1
1.2. ÇALIŞMA VE DEĞERLENDİRME YÖNTEMİ	3
1.3. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	4
BÖLÜM 2	7
JEOLOJİ.....	7
2.1. LİTOSTATİGRAFİK BİRİMLER.....	7
2.1.1. Kalkanlıdağ Formasyonu (Pzk)	9
2.1.1.1. Kargasekmezdağ Kuvarsit Üyesi (Pzkk)	9
2.1.2. Kervansaraydağ Formasyonu (Pzke).....	9
2.1.2.1. Çatalçövtape Kuvarsit Üyesi (Pzkeç)	10
2.1.3. Bozçaldağ Formasyonu (Pzb).....	10
2.1.4. Hacıselimli Formasyonu (Pzh)	10
2.1.5. Çiçekdağ Formasyonu (Kç).....	11
2.1.6. Baranadağ Granitoyidi (Kb)	11

Sayfa

2.1.6.1. Karahıdır Volkanit Üyesi (Kbk)	11
2.1.7. Buzlukdağ Siyenitoyidi (Kbu)	12
2.1.8. Kartal Formasyonu (Kk)	12
2.1.9. Kızılırmak Formasyonu (Tk)	12
2.1.9.1. Mucur Tüf Üyesi (Tkm)	13
2.1.9.2. Kozaklı Kireçtaşı Üyesi (Tkk)	13
2.1.10. Traverten (Qt)	13
2.1.11. Alüvyon (Qa)	13
2.2. BÖLGESEL ÖLÇEKTE YAPISAL JEOLJİ	14
 BÖLÜM 3	 15
HİDROJEOLJİ	15
 BÖLÜM 4	 26
SU KİMYASI	26
4.1. GENEL KİMYASAL DEĞERLENDİRME	27
4.1.2. İçme Suyu Açısından Değerlendirme	32
4.1.3. Sulama Suyu Açısından Değerlendirme	40
4.2. DOYGUNLUK ANALİZİ	47
 BÖLÜM 5	 49
İZOTOP HİDROJEOLJİSİ	49
5.1. İZOTOP VERİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ	50
5.1.1. Oksijen-18-Döteryum İlişkisi	51
5.1.2. Tritiyum İle Yeraltısuyu Yaşlarının Tayini	53
 BÖLÜM 6	 55
SONUÇLAR	55
KAYNAKLAR	59
 ÖZGEÇMİŞ	 66

EKLER DİZİNİ
(Aşağıdaki ek arka kapaktaki ceptedir)

EK-I. Kaman (Kırşehir) Kuzeyi Jeoloji- Hidrojeoloji Haritasi



ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1.	Çalışma alanı ve çevresinin yer bulduru haritası.	2
Şekil 2.1.	Bölgenin genelleştirilmiş ölçeksiz kolon kesiti.....	8
Şekil 3.1.	As ve NH ₄ kirlilikleri saptanan KMK-3 Kaynağı ve beslenme alanı. ...	16
Şekil 3.2.	As ve NH ₄ kirlilikleri saptanan KMK-5 Kaynağı ve beslenme alanı.	17
Şekil 3.3.	As, U, F kirlilikleri saptanan KMK-9 Kaynağı beslenme alanı ve yakınlarındaki Büğüz Demir Madeni sahası.	18
Şekil 3.4.	As, U, F kirlilikleri saptanan KMK-17 kaynağı, beslenme alanı ve yakınlarındaki Bayındır Florit Madeni sahası.	19
Şekil 3.5.	U kirliliği saptanan KMK-14 Kaynağı ve beslenme alanı.	20
Şekil 3.6.	U kirliliği saptanan KMK -16 Kaynağı ve yakınlarındaki Durmuşlu Demir Madeni sahası.	21
Şekil 3.7.	F kirliliği saptanan KMK-15 Kaynağı ve beslenme alanı.	22
Şekil 3.8.	As kirliliği saptanan KMK-18 Kaynağı ve beslenme alanı.....	23
Şekil 4.1.	Çalışma alanındaki kaynak sularının Üçgen Diyagramda karşılaştırılması (Kurak dönem).	30
Şekil 4.2.	Çalışma alanındaki kaynak sularının Üçgen Diyagramda karşılaştırılması (Yağışlı dönem).	30
Şekil 4.3.	Çalışma alanındaki kaynak sularının Yarı Logaritmik Diyagramda karşılaştırılması (Kurak dönem).	31
Şekil 4.4.	Çalışma alanındaki kaynak sularının Yarı Logaritmik Diyagramda karşılaştırılması (Yağışlı dönem).	31
Şekil 4.5.	Çalışma alanındaki sularının sulama suyu sınıflandırılması (Wilcox Diyagramı) (Kurak dönem).	43
Şekil 4.6.	Çalışma alanındaki sularının sulama suyu sınıflandırılması (Wilcox Diyagramı) (Yağışlı dönem).	44
Şekil 4.7.	Çalışma alanındaki sularının sulama suyu sınıflandırılması (ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı) (Kurak dönem).	45
Şekil 4.8.	Çalışma alanındaki sularının sulama suyu sınıflandırılması (ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı) (Yağışlı dönem).	46
Şekil 5.1.	Çalışma alanındaki bazı kaynakların Oksijen-18-Döteryum grafiği.....	52

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 3.1. Çalışma alanındaki suların arazi ölçüm verileri.....	25
Çizelge 4.1. Çalışma alanındaki suların kimyasal analiz sonuçları.....	29
Çizelge 4.2. Türk İnsani Tüketim Amaçlı Sular Yönetmeliği ve Dünya Sağlık Örgütü Standartları.	34
Çizelge 4.3. Çalışma alanındaki suların iz element sonuçları (ppb).	36
Çizelge 4.4. İntrüzif kayalarda arsenik miktarı (ppm).....	38
Çizelge 4.5. Çalışma alanındaki suların mineral doyumluk indeksleri.	48
Çizelge 5.1. Çalışma alanındaki bazı sularının izotop analiz sonuçları.	50
Çizelge 5.2. Clark ve Fritz' in önerdiği kıtasal bölgeler için geçerli olan kalitatif yaklaşım.	54

BÖLÜM 1

ÇALIŞMANIN AMACI

Bu çalışma kapsamında, Kaman (Kırşehir) kuzeyi ve çevresindeki su kaynaklarının hidrojeolojik, hidrojeokimyasal ve izotopik özelliklerinin araştırılması, bölgedeki yeraltı suyu kirliliklerinin tespit edilmesi ve bu kirliliklerin olası sebeplerinin incelenmesi ayrıca bu suların sulama suyu ve içme suyu olarak kullanımlarının değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

1.1. ÇALIŞMA ALANININ TANITILMASI

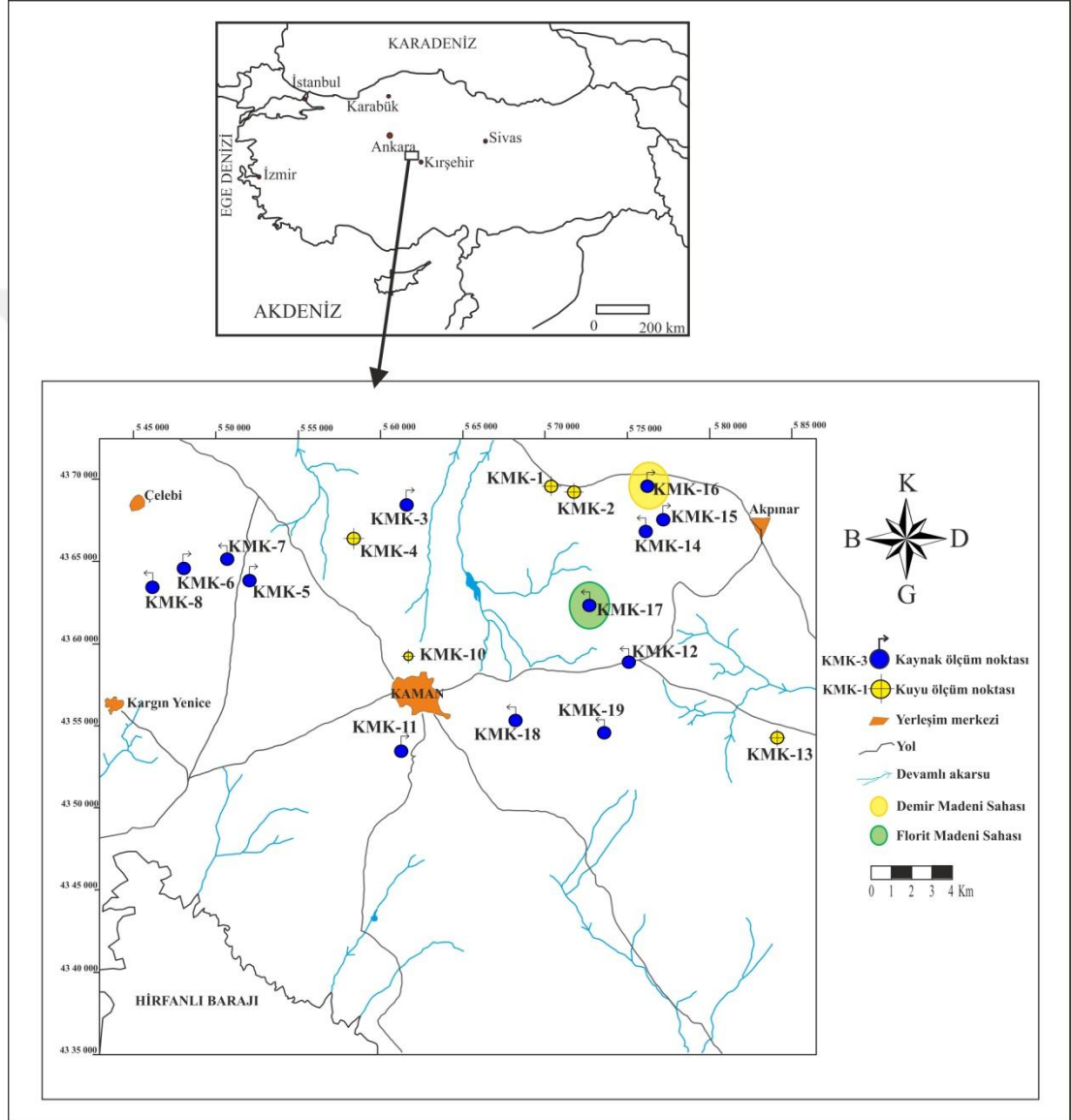
1.1.1. Çalışma Alanının Yeri

Çalışma alanı Kırşehir ilinin kuzeybatısında yer alan Kaman ilçesini ve kuzeyini içine almaktadır. Yaklaşık 760 km²’lik alana sahip olan çalışma bölgesi 1/100.000 ölçekli Kırşehir J30-J31 paftaları içerisinde yer almaktadır (Şekil 1.1).

1.1.2. İklim

Karasal iklim özellikleri gösteren Kırşehir’de kışları soğuk ve kar yağışlı, yazları sıcak ve kurak geçmektedir. İldeki uzun yıllara ait ortalama sıcaklık 11.3 °C iken çalışma alanı olan Kaman ilçesinde sıcaklık 10.9°C’dir. İklim özelliği olarak gece ve gündüz sıcaklık farkı yüksek değerler sunmaktadır. 66 yıllık ölçüm sonuçlarına göre en yüksek sıcaklık 1954 yılı Ağustos ayında 39.4°C, en düşük sıcaklık 1942 yılı Ocak ayında -28 °C olarak ölçülmüştür. İlin 62 yıllık verilerine dayanarak yağış rejimi incelendiğinde yıllık aritmetik ortalama yağış miktarı 378 mm olduğu ayrıca Kaman ilçesinin ortalama yağış miktarının 455 mm olduğu görülmektedir. Bu yağışların büyük çoğunluğu Aralık, Ocak, Nisan ve Mayıs aylarında düşmektedir.

Yıllık olarak en fazla yağış miktarı 1966 yılında 483 mm ile en az yağış miktarı 202 mm ile 1932 yılında gerçekleşmiştir. Kırşehir ili genellikle kuzey güney yönlü rüzgarlar etkisinde kalmaktadır ve ortalama rüzgar hızı 2.0 m/sn'dir (www.kirsehir.gov.tr).



Şekil 1.1. Çalışma alanı ve çevresinin yer bulduru haritası.

1.2. ÇALIŞMA VE DEĞERLENDİRME YÖNTEMİ

Kırşehir ili Kaman ilçesinin kuzeyini konu alan çalışmanın arazi çalışmaları Haziran 2016 tarihinde başlamış ve Mayıs 2017 tarihinde son bulmuştur. İnceleme alanının jeolojisi bugüne kadar birçok araştırmanın araştırma konusu olmuştur. Yapılan bu çalışmada Kara ve Dönmez (1990) ve Akçay vd. (2008)'nin jeoloji çalışmaları temel alınarak 1/100 000 ölçekli hidrojeoloji haritası hazırlanmıştır (Ek-I).

Saha incelemeleri sırasında kurak dönemde 19 yeraltısuyu (15 kaynak, 4 kuyu) noktasından, yağışlı dönemde ise çalışmanın amacı ve proje bütçesine uygun olarak bu 19 noktanın 14 (12 kaynak, 2 kuyu) adedinden major iyon, iz element ve izotopik ölçümler için su numuneleri alınmıştır. Ayrıca yerinde debi, pH, elektriksel iletkenlik (EC), sıcaklık (°C), toplam çözünmüş madde (TDS) ve ORP (Eh) ölçümleri yapılmıştır. ORP ölçümleri YSI 256 marka cihaza ait zobell (potasyum klorür, potasyum ferrosiyanit trihidrat, potasyum ferrosiyanit) çözeltisi referans alınarak yapılmıştır. Daha sonra alınan ORP ölçümleri, sıcaklığa bağlı YSI 256 kataloğunda belirtildiği gibi yaklaşık 200 mV eklenerek Eh değerlerine çevrilmiştir. EC ve pH propları ise saha çalışması yapılmadan önce kalibrasyon çözeltileri ile kalibre edilmiştir. İz element analizleri için alınan su numuneleri filtrelendikten sonra nitrik asit çözeltisi ile pH'ları 2'nin altına düşürülmüştür. Ayrıca major, iz element ve izotopik analizler için alınan tüm numuneler analizler yapılmadan önce +4 °C buzdolabında saklanmıştır. Major anyon ve katyon analizleri Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü Su Kimyası Laboatuvarında, yüksek performanslı iyon kromatografi cihazı kullanarak yapılmış, Tritiyum analizleri, Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü Çevresel Tritiyum Laboratuvarında elektrolitik zenginleştirmeli sıvı sintilasyon sayıcı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İz element analizleri ise Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği ICP-MS Laboratuvarında ICP-MS (endüktif eşlenik plazma kütle spektrometresi) kullanılarak yapılmıştır. Oksijen-18 ve döteryum analizleri ise Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü Uluslararası Karst Su Kaynakları Uygulama ve Araştırma Merkezi (UKAM) Laboatuvarında kütle spektrometresi kullanılarak yapılmıştır. Elde edilen analiz sonuçları kullanılarak

Türk İnsani Tüketim Amaçlı Sular Yönetmeliği (Sağlık Bakanlığı, 2005) ve Dünya Sağlık Örgütü Standartları (WHO-2006) ile karşılaştırmaları yapılarak içme suyuna uygun olup olmadıklarına karar verilmiştir. Ayrıca suların kimyasal özellikleri kullanılarak hazırlanan çeşitli grafikler ve diyagramlar yardımıyla suların fasiyes bilgileri ve sulama suyuna uygunlukları saptanmıştır.

1.3. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Çalışma alanı ve yakın çevresi çeşitli araştırmacılar tarafından jeoloji, maden yatakları, mineroloji ve petrografi konularında araştırılmıştır.

İskit (1966)'ın "Bayındır-Kaman Radyoaktif Fluorit Zuhurlarının ve Civar Kayaçların Petrografik Etüdü" isimli çalışmasında Bayındır-Mollaosmanlar köyleri arasında kalan bölgede meydana gelen florit cevherleşmesi üzerinde durulmuş ayrıca bölgede bulunan kayaçların stratigrafisi ve petrografisi incelenmiştir. Bölgede bulunan magmatik kayaçlarda meydana gelen alterasyonlar ve florit damarlarının yönelimleri, fiziki özellikleri ve oluşum ortamları hakkında bilgi verilmiştir. Ayrıca araştırmacılar tarafından florit damarlarının derinlere inildikçe yoğunlaştığı ve bölgenin florit potansiyelinin araştırılması gerektiği tavsiye edilmiştir.

Seymen (1981)'in "Kaman (Kırşehir) Dolayısında Kırşehir Masifi'nin Stratigrafisi ve Metamorfizması" adlı çalışmasında ilk kez Kaman grubu olarak incelenen Kırşehir masifi alttan üste doğru gnays, biyotitist, piroksenist, amfibolist, kuvarsit ve kuvarssist karmaşığından oluşan Kalkanlıdağ Formasyonu, mermerist, gnays ardalanmasından oluşan Tamadağ Formasyonu ve mermer, metaçörtlü yarı mermer ve metaçörtten oluşan Bozçaldağ Formasyonu olarak üç ayrı birime ayrılmıştır. Yine aynı çalışmada Kaman grubunun önce düşük basınç yüksek sıcaklık altında da gerileyen başkalaşım geçirdiği belirtilmiştir.

Lünel ve Akıman (1985) tarafından Hamitköy, Kaman, Kırşehir Bölgesinde petrografik amaçlı olarak yapılan çalışmada Hamitköy ve çevresinde siyenitik özellik gösteren Kırşehir batolitinin D-B ve KD-GB doğrultularında uzanan dayklar tarafından kesildiği belirtilmiştir. İri fenokristaller şeklinde bulunan psödolösit

kristallenmesinin basınca duyarlı olduğunu ve basınç göstergesi olarak kullanılabilineceği anlatılmıştır.

Bayhan (1988), “Bayındır-Akpınar (Kaman) Yöresindeki Alkali Kayaçların Jeokimyası ve Kökensel Yorumu” isimli makalesinde Bayındır-Akpınar bölgesinde yeralan alkali kayaçların petrografik ve kimyasal özelliklerini belirleyerek kökenlerini saptanmıştır. Çalışma konusu olan kayaçların tek bir magmadan kristallenerek değil farklı kaynak malzemelerden oluşan değişik magmadan oluştuğunu ifade etmiştir.

Koç ve Özmen (2000), Bayındır, İsağacı, Yeniyapan ve Alishar (Kaman-Kırşehir) çevresinde bulunan Fluoritlerinin sıvı kapanımlarını inceleyen araştırmacılar fluorit oluşumlarının siyenit, nefelinsiyenit gibi kayaçların içersinde yeraldığını, damar kalınlıklarının 50-60 cm arasında değiştiğini ve cevherleşmenin hidrotermal kökenli olduğunu ifade etmişlerdir.

Doğan vd. (2002) Kırşehir kuzeyindeki mağmatik kayaçları ve maden yataklarını araştıran yazarlar bölgedeki magmatik kayaçların meta-bazik kayaçlar, lökograditler, Cefalik dağı granitleri, gabro-bazaltlar, gabro-monzolitler, granodiyorit-granitler, siyenitler, çok alkali kayaçlar, Tersiyer yaşlı volkanik kayaçlar olmak üzere 9 sınıfa ayırmışlardır.

Koç (2005), “Kaman Kırşehir Bölgesindeki Fluorit Cevherleşmesinin Çevre Kirliliği Üzerine Etkileri” adlı çalışması esnasında yeraltısuyu, bitki ve toprak numuneleri alınmış ve kirlilik indisi hesaplamaları yapılmıştır. Toprak ve yeraltısularında fluorit kirliliği yanında başka kirliliklerde saptayan yazar bitki numunelerinde ise ana kirliletiçi kaynağının fluorit olduğunu ifade etmiştir.

Demir ve Uzun (2007), Kırşehir-Kaman Yöresi Granitlerinin Kırmataş Agrega Olarak Kullanılabilirlik Özelliklerini inceledikleri çalışmalarında Kaman ve çevresinde belirlenen dört farklı taş ocağından granit numuneleri alınmış ve bölgedeki kayaçların kırmataş agrega olmak için uygun olmakla beraber en iyi sonucun Ömerhacılı bölgesinden alındığı belirtilmiştir.

Demirtaş vd (2015), tarafından Kırşehir, Kaman, B    z bölgesi içerisinde yer alan demir madeninin rezervinin geometrik, yapısal ve tektonik özellikleri belirlenmiştir. Yazarlar ayrıca bölgede zuhur eden cevherleşmenin granit birimler ve mermer birimler arasında bulunan skarn zonlarında ve mermerlerdeki kırık çatlaklar içerisinde hidrotermal dolaşım ile meydana geldiğini saptamışlardır.

Bu   alı  malar dışında bölgede Arni (1938), Bailey ve McCallien (1950), Egeran ve Lahn (1951), Ketin (1953), Zeschke (1954), Vicker (1957), Ataman (1972),   zt  rk (1972), Erkan (1975),   zt  rk (1978),   rg  n (1979), Oktay (1981), Seymen (1982), Bayhan (1988), Kara ve Dönmez (1990), Daniş ve Akalın (1992), Bayhan ve Girgin (1993), Sayın (1994), Koç ve   zmen (2005), Karakurt (2008),   a  layan (2010),   zmen vd. (2011), Deniz ve Kadioğlu (2016) gibi farklı araştırmacılar bölgenin jeolojisine dair saptamalar yapmışlardır.

BÖLÜM 2

JEOLOJİ

2.1. LİTOSTATİGRAFİK BİRİMLER

İnceleme alanının litostatigrafik birimleri birçok araştırmacı tarafından çalışılmıştır. Bu çalışmada, daha önceki çalışmaları da değerlendirerek bölgenin jeolojisine dair değerli bilgiler sunan Dönmez ve Kara (1990), Seymen (1981), Akçay vd. (2008)'in çalışmaları dikkate alınmıştır. Buna göre Bölgedeki yaşıdan gence doğru jeolojik birimler aşağıdaki şekilde sıralanmaktadır (Şekil 2.1).

1. Kalkanlıdağ Formasyonu

1.1. Kargasekmezdağ Kuvarsit Üyesi

2. Kervansaraydağ Formasyonu

2.1. Çatalçövtape Kuvarsit Üyesi

3. Bozçaldağ Formasyonu

4. Haciselimli Formasyonu

5. Çiçekdağ Formasyonu

6. Baranadağ Granitoyidi

6.1. Karahıdır Volkanit Üyesi

7. Buzlukdağ Siyetoyidi

8. Kartal Formasyonu

9. Kızılırmak Formasyonu

9.1. Mucur Tüf Üyesi

9.2. Kozaklı Kireçtaşı Üyesi

10. Traverten

11. Alüvyon

ÜST SİSTEM	SİSTEM	SERİ	KAT	GRUP	FORMASYON	ÜYE	SİMGİ	KALINLIK	KAYA TÜRÜ	AÇIKLAMA
SENOZOİK	KUVA- TERNER						Qa-Qt			Alüvyon, traverten UYUMSUZLUK
	TERSİYER	PLİYO- SEN			KI	MK	Tk Tkm Tkk			Çamurtaşı, çakıltası, kumtaşı, tuf, kireçtaşı Çakıltası, kumtaşı, çamurtaşı UYUMSUZLUK
	MİYO- SEN				BA		Tb			Kireçtaşı-çamurtaşı-kumtaşı UYUMSUZLUK
MESOZOYİK	KRETAŞE	ÜST KRETASE	Maestrit- tlen		KF		Kk			Siyenit, nefelinsiyenit Riyolit-riyodasit Granit granodiyorit Diyabaz-bazalt-splittikbazalt pelajik. TEKTONİK
PALEOZOYİK					BS BG	KV	Kbu Kb Kbk			Metagabro-Amfibolit
					ÇD		Kç			Mermer
							Pzh Pzb Pzke Pzkeç Pzk Pzkk			Mermer, şistler amfibolit kuvarsit Gnayslar-şistler-amfibolit-kuvarsit

Şekil 2.1.Bölgenin geliştirilmiş ölçeşiz kolon kesiti. (Dönmez ve Kara (1990)'dan revize edilerek hazırlanmıştır.) (KAF; Kalkanlıdağ Formasyonu- KK; Kargasekmezdağ Kuvarsit Üyesi- KEF; Kervansaraydağ Formasyonu- ÇK: Çatalçöltepe kuvarsit üyesi- BF; Bozçaldağ Formasyonu- HF: Hacıselimli Formasyonu- KF; Kartal Formasyonu- BS; Buzlukdağ Siyenitoyidi- BG; Baranadağ Granitoyidi- KV; Karahıdır Volkanik Üyesi- ÇD; Çiçekdağ Formasyonu- BA; Baraklı Formasyonu- KI; Kızılırmak Formasyonu- MK; Mucur Kozaklı Üyesi).

İnceleme alanında yüzeylenen en yaşlı birim Paleozoyik yaşlı gnays, kuvarsit, amfibolit ve yer yer demirli kuvarsit düzeyleri içeren Kalkanlıdağ Formasyonu içerisinde bulunan Kargasekmezdağ Kuvarsit Üyesi'dir. Kalkanlıdağ Formasyonu üzerine mermer, şist, gnays, amfibolit, kuvarsit içeren Kervansaraydağ Formasyonu ve bu formasyonun üzerine ise çört amfibolit-amfibolitşist arayüzeyleri içeren mermerlerden oluşan Bozçaldağ Formasyonu gelmektedir. Bozçaldağ Formasyonu üzerine gelen Hacıselimli Formasyonu ise bölgeye sil ve dayk şeklinde gelmiş olup metamorfizma geçirerek metagabro ve amfibollite dönüşmüştür. Bu metamorfitlerin üzerine Üst Kreatese yaşlı diyabaz, bazalt, pelajikçamurtaşı-kireçtaşı içeren Çiçekdağ Formasyonu tektonik olarak gelmiştir. Bu formasyon ise Kampaniyen-Maestrityen yaşlı intrüzifler tarafından kesilmektedir. Bu intrüzifler bölgede geniş yüzeylenmeler gösteren granitoyid ve siyenitoyid olarak tanımlanan birimlerdir ve Baranadağ Granitoyidi ve Buzlukdağ Siyenitoyidi olarak isimlendirilmektedirler.

Ayrıca Baranadağ Granitoidinin kenar bölgelerinde gelişen ve riylit, riylodasit, dasit birimlerinden oluşan yapı Karahıdır Volkanit Üyesi olarak tanımlanmaktadır. İntrüzifler üzerine uyumsuzluk ile gelen Maestrihtiyen yaşlı Kartal Formasyonu karasal çakıltası, kumtaşı, çamurtaşı birimlerinden oluşmaktadır. Çalışma alanında geniş yer kaplayan katmansız, bloklu, çakıltaları, kumtaşları, karasal çamurtaşları Kızılırmak Formasyonu olarak tanımlanmaktadır. Bölgede meydana gelen genç tektonik hareketlerin etkisiyle ortaya çıkan sıcak ve soğuk sulardan çökelen travertenler ve akarsuların etkisiyle ova ve vadilere çökelen alüvyonlar bölgenin en genç birimlerini oluşturmaktadır (Seymen, 1981; Dönmez ve Kara, 1990).

2.1.1. Kalkanlıdağ Formasyonu (Pzk)

Formasyon Seymen (1981) tarafından adlandırılmış olup, Palezoik yaşlıdır. Çalışma alanındaki Kalkanlıdağ, Tamadağ ve Aliöflezdağ'da yayılım göstermektedir. Kaman grubu olarak adlandırılan yapının en yaşlı birimini oluşturan formasyon birbirleriyle farklı oranlarda ardışım gösteren pelitik, psammitik ve magmatik kökenli kayaçların ardalanmasından meydana gelmektedir. Birimin alt yüzeyinde gnayslar diğer bölgelerinde ise şistler yoğunluk göstermektedir (Seymen, 1981; Dönmez ve Kara 1990).

2.1.1.1. Kargasekmezdağ Kuvarsit Üyesi (Pzkk)

Birim Kalkanlıdağ Formasyonu içerisinde ara ara kendisini gösteren kalınlığı 5-20 m arasında değişen, gri kahve renkli, orta-masif katmanlı, yer yer demir içeren kuvarsit düzeyleri olarak tanımlanmıştır (Dönmez ve Kara, 1990).

2.1.2. Kervansaraydağ Formasyonu (Pzke)

Tamadağ, Aliöflezdağ ve Kalkanlıdağ da yüzeylenen birimin en iyi örnekleri Tamadağ da görülmekte olup, çok evreli bir kıvrılmaya maruz kalmış ve bu yüzden birkaç kez katlanmıştır. Formasyonun görünen genişliği 1750 m'lere kadar ulaşabilmektedir. Formasyon kalınlığı 10 m'ye varabilen mermer bantlar ve mercerler ile ayrıca biyotit-muskovit şist, kalksilikatik şist, kalkşist, kuvarsşist,

piroksen şist, amfibol şist az oranda gnays, kuvarsit ve amfibolitlerden oluşmaktadır. Birim Bozçaldağ Formasyonu tarafından uyumlu olarak örtülmekte olup, batıda Ankara melanjı tarafından üzerlenmekte ve doğuda Baranadağ Plütunu tarafından kesilmektedir. Birim Paleozoik yaşlıdır (Seymen, 1981; Dönmez ve Kara, 1990).

2.1.2.1. Çatalçöftepe Kuvarsit Üyesi (Pzkeç)

Üyenin kalınlığı 5-30 m arasında değişmekte olup, gri-kahve renkli, orta-kalın katmanlı, yer yer demirli kuvarsitlerden oluşmaktadır (Dönmez ve Kara, 1990).

2.1.3. Bozçaldağ Formasyonu (Pzb)

Masif mermerlerin egemen olduğu Paleozoik yaşlı formasyon Çelebi, Akpınar ve Kaman dolayında Tamadağ ile Bozçaldağ da gözlenmekte olup, açık gri, nadiren pembe, beyaz renkli, mm-cm hatta dm büyüklüğünde iri kristallerden oluşmaktadır. Ayrıca mermerle ara yüzeyler şeklinde çört, amfibolit-amfibolit şist birimler içermekte olup mermerlerin granitoyitler tarafından kesilmesinden dolayı kontak zonlarında çeşitli mineral gelişimleri gözlenmektedir (Kara, 1997; Akçay vd., 2008).

2.1.4. Haciselimli Formasyonu (Pzh)

Formasyon Kaman dolayları ve Kızılırmak güneyinde yüzeylenmekte olup, bölgeye sedimantasyonla eş zamanlı yada sedimantasyonun hemen sonrasında stok, sil ve dayk şeklinde yerleşmiştir. Birim Paleozoik yaşlı, siyahımsı yeşil ve yeşil renklere metagabro, metadiyabaz ve amfibolitten oluşan bazik kayalardan oluşmaktadır. Stok şeklinde gelişen bölümler masif metagabro şeklindedir. Metagabrolarda alterasyon olarak çokça uralitleşme ve nadiren serpantinleşme gözlenmektedir (Dönmez ve Kara, 1990).

2.1.5. Çiçekdağ Formasyonu (Kç)

Kaman güneybatısında ve Kızılırmak vadisi içerisinde mostra veren birimin, alt dokanağında siyah koyu yeşil renkli gabro ve mikro gabro yer almakta, bunları bazalt, spilitik bazalt, diyabaz daykları, bunlara ardalanmalı olarak gelen pelajik kireçtaşı, çamurtaşı, radyolarit, çört bantları takip etmekte ve üst kesimlerinde ise sarı ve kahverengi volkanik materyal bulunan kumtaşı ve siltaşlarından oluşmaktadır. Formasyon içerisinde bazı noktalarda Fe ve Mn cevherleşmeleri gözlenmektedir. Birim metamorfizmaları tektonik olarak üzerlemekte, Orta Anadolu granitoidleri tarafından kesilmekte ve geç Maastrichtiyen-Kuvaterner yaşlı birimler tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir. Formasyon saptanan fosiller içeriği nedeni ile Senomaniyen-Kampaniyen olarak yaşlandırılmıştır (Dönmez ve Kara, 1990; Akçay vd., 2008).

2.1.6. Baranadağ Granitoidi (Kb)

Çalışma alanı içerisinde geniş mostralara veren formasyon, granit, granit porfir, granodiyorit, granodiyorit porfir, kuvarsdiyorit, kuvarsmonzonit, kuvarsmonzonit porfir, siyenit ve mikrosiyenit türü kayalardan oluşmaktadır. Granitoid Bozcaldag ve Çiçekdağ formasyonlarını sıcak dokanak ile kesmektedir. Kalınlığı 10 m'ye ulaşan birimin skarn zonunda yüksek ısıdan düşük ısıya doğru çeşitli mineral oluşumları gözlenmektedir. Kayaç içerisinde manyetit, pirit, kalkopirit gibi minerallere rastlanılmaktadır (Akçay vd., 2008). Birimde yapılan radyometrik yaş tayinleri sonuçlarına göre Ayan (1963) 54 My, Ataman (1972) 71 My, Göncüoğlu (1982, 1986) 95 My yaş elde etmişlerdir. Ayrıca bazı araştırmacılar tarafından Tuz Gölü havzasında granitoidlerin Maastrichtiyen yaşlı formasyonlara malzeme vermelerinden dolayı birimin yaşı Senomaniyen?-Senoniyen olarak kabul edilmiştir (Akçay vd., 2008).

2.1.6.1. Karahıdır Volkanit Üyesi (Kbk)

Seymen (1981) tarafından Geç Kretase-Erken Paleosen ve Kara (1997) tarafından erken Senoniyen olarak yaşlandırılan üye, Baranadağ granitoidinin kenar zonlarında

granitoyidin son evresini oluşturan dasitik ve riolitik kayalardan oluşmaktadır (Akçay vd., 2008).

2.1.7. Buzlukdağ Siyenitoyidi (Kbu)

Birim Bayındır-Hamitköy arasında yüzeylenmekte olup, siyenit, nefelinli siyenit, trakit, lösitli, psödolösitli fonolit'ten meydana gelen alkali-kalkalkali bileşiminde silisçe doygun olmayan intrüzif kayalardan oluşmaktadır. Siyenitoyid içerisinde hidrotermal olarak kırık çatlaklarda oluşmuş olan fluorit cevherleri gözlenmektedir. Bölgedeki intrüzif oluşumlar Maestrihtiyen öncesi veya Santoniyen-Kampaniyen? olarak yaşlandırılmıştır (Dönmez ve Kara, 1990; Özmen ve Koç, 2005).

2.1.8. Kartal Formasyonu (Kk)

Kaman güneybatısında küçük bir alanda mostra veren formasyonun Seymen (1982) tarafından Maestrihtiyen yaşlı olabileceği belirtilmiştir. Birim, kırmızı renkli, orta kalın tabakalı, kötü boylanmalı ve kötü derecelenmeli çakıltası-çakıllı kumtaşı ve ince-orta katmanlı, çakıltası-kumtaşı ve ayrıca paralel ve çapraz laminalı çamurtaşı ardalanmasından meydana gelmiştir ve malzemesini çalışma alanı içerisindeki metamorfik ve volkanosedimanter kayalardan almıştır (Dönmez ve Kara, 1990).

2.1.9. Kızılırmak Formasyonu (Tk)

Yatay konumda olan, içerdiği fosiller nedeniyle Gökçen, Erkan, Ozansoy (1980) ve Gürbüz (1988) tarafından Üst Miyosen-Pliyosen olarak yaşlandırılan ve çalışma alanında çok geniş kesimde yüzeylenen birimin kalınlığı 5-100 m arasında değişmektedir. Formasyon kırmızı kahve renkli, katmansız, bloklar içeren, çakıllı, kumlu gevşek taneli karasal çamurtaşlarından ve çakıltası, kumtaşı, killi kireçtaşı, tuf, jips, anhidrit bant ve merceklerinden oluşmaktadır (Dönmez ve Kara, 1990).

2.1.9.1.Mucur TüfÜyesi (Tkm)

Muhtemelen Kayseri-Nevşehir volkanizmasından taşınan küllerin birikimiyle oluşmuşan tüfler, 1-10 m arasında değişiklik göstermekte ve Kızılırmak formasyonu içerisinde yatay bantlanmalar ve mercekler şeklinde mostra vermektedir (Dönmez ve Kara, 1990).

2.1.9.2.Kozaklı Kireçtaşı Üyesi (Tkk)

Kızılırmak Formasyonu içerisinde yatay bant ve mercekler şeklinde mostra veren ve Üst Miyosen yaşlı olan üye, beyaz renkli, masif, kırıntılı, çok sert, killi ve boşluklu kireçtaşı düzeylerinden oluşmaktadır (Kara ve Dönmez, 1990; Akçay vd., 2008).

2.1.10. Traverten (Qt)

Yatay konumlu, masif ve açık kahve, açık yeşil renklerde olan ve Kuvaterner öncesi birimlerin üzerine uyumsuzluk ile gelen birim yer yer 10 m kalınlığa ulaşmaktadır. Genç tektonik hareketler ile oluşan faylardan boşalan sıcak ve soğuk suların etkisiyle çökelen ve çökmeye devam eden birim, çalışma alanının güneyi ve güney doğusunda yer almaktadır (Dönmez ve Kara, 1990).

2.1.11. Alüvyon (Qa)

Çalışma alanı içerisinde Kuvaterner en genç oluşumlar olup, ova ve düzlüklerde, vadi ve akarsu yataklarında çakıl, kum ve kil şeklinde depolanmaktadır. Ayrıca yüksek eğimli yamaçlardan gelen yamaç molozları ve Kızılırmak vadisi yanlarında kalan taraça oluşumları bölgedeki bir diğer genç birimleri oluşturmaktadır (Dönmez ve Kara, 1990).

2.2.BÖLGESEL ÖLÇEKTE YAPISAL JEOLoji

Çalışma alanının batısında Kaman grubu olarak isimlendirilen birim Ankara Karışığı tarafından bir tektonik dokanak tarafından örtülmektedir. Ayrıca bölge, geçmişten günümüze yükselmeler, alçalmalar, blok faylanmalar ve bindirmeler şeklinde kabuk devinimlerine uğramıştır (Seymen, 1983).

Bölgedeki önemli faylardan biri Kaman kuzey doğusunda yeralan Akpınar ilçesinde yer alan Jackson ve McKenzie (1984)'e göre sağ yanal doğrultu atımlı olan geçmişte 6.6 büyüklüğünde bir deprem üretmiş ve hala aktif olan “Akpınar Fayı”dır (Temiz, 2004). Bölgede bulunan bir diğer yapı Savcılı Fay Zonu olarak isimlendirilen yapıdır ve yerin sığ derinliklerinde sıcaklığın düşük olduğu kuzey-güney doğrultulu bir sıkışma sonucunda oluşmuştur (Çağlayan, 2010).

BÖLÜM 3

HİDROJEOLOJİ

İnceleme alanı içerisindeki kaynak ve kuyular genellikle iyi çimentolanmamış çakıllı, kumlu seviyelerden, granit ve siyenitten oluşan plütonik kayalar ve metamorfik birimlerin kırık çatlaklarından ve bu kayaların dokanaklarından boşalmaktadırlar. Dolayısıyla çalışma alanı içerisinde akifer özelliği gösteren jeolojik birimler, bloklar içeren gevşek kırıntılı kayalardan oluşan ve bölgede geniş yer kaplayan Kızılırmak Formasyonunun çakıllı ve kumlu seviyeleri, siyenitlerden oluşan ve ikincil gözenekliliğe sahip Buzlukdağ Siyenitoyidi, (bu birim içerisinde hidrotermal dolaşım sonucu oluşan fluorit cevherleşmeleri bulunmaktadır) ve geniş yayılım gösteren, granitten oluşan ve ikincil gözenekliliğe sahip olan Baranadağ Granitoyididir. Ayrıca kuvarsit, şist, yer yer mermer bantlarına sahip olan Kervansaraydağ Formasyonu ve mermerden oluşan Bozçaldağ Formasyonunun kırıklı-çatlaklı seviyelerinde yer yer akifer özelliği göstermektedir. Kızılırmak Formasyonu taneli akifer niteliği taşıırken diğer birimler ise çoğunlukla kırık çatlaklı akifer özelliği göstermektedirler. Çalışma alanı içerisindeki ölçümleri yapılmış bu kaynak ve kuyuların tümü içme, kullanma ve/veya sulama amaçlı olarak kullanılmaktadırlar.

Çalışma alanındaki bazı kaynak ve kuyular major ve iz element açısından standart değerleri bir veya birkaç kat aşmaktadırlar. Kızılırmak Formasyonu içerisinde boşalan KMK-3, KMK-5, KMK-6, KMK-7, KMK-8 kaynakları As ve NH₄ bakımından limit değerlerin üzerinde değerlere sahiptirler. KMK-3 ve KMK-5 ölçüm noktaları sırasıyla Şekil 3.1 ve Şekil 3.2’de görülebilmektedir. Baranadağ Granitiyodinden boşalan ve Büğüz Demir Madenine yakın bir noktada bulunan KMK-9 ve Buzlukdağ Siyenitoyidinden boşalan ve Bayındır Florit Madenine yakın bir noktada bulunan KMK-17 kaynaklarında As, U, F kirlilikleri saptanmış olup, bu sular sırasıyla Şekil 3.3 ve Şekil 3.4’de görülebilmektedir. Yine Buzlukdağ Siyenitoyidlerinden boşalan KMK-14 ve siyenitler ile metamorfiklerin kontağından

boşalan KMK-16 kaynaklarında U kirliliği saptanmıştır. KMK-14 ve KMK-16 kaynakları sırasıyla Şekil 3.5 ve Şekil 3.6’da görülebilmektedir. Siyenitlerden boşalan bir başka kaynak olan KMK-15 kaynağında ise F kirliliği belirlenmiş olup, bu kaynak görüntüleri Şekil 3.7’de verilmiştir. Baranadağ Granitoyidinden boşalan KMK-18 suyunda ise As kirliliği saptanmıştır ve Şekil 3.8’de verilmiştir.



Şekil 3.1. As ve NH₄ kirlilikleri saptanan KMK-3 Kaynağı ve beslenme alanı.



Şekil 3.2. As ve NH_4 kirlilikleri saptanan KMK-5 Kaynağı ve beslenme alanı.



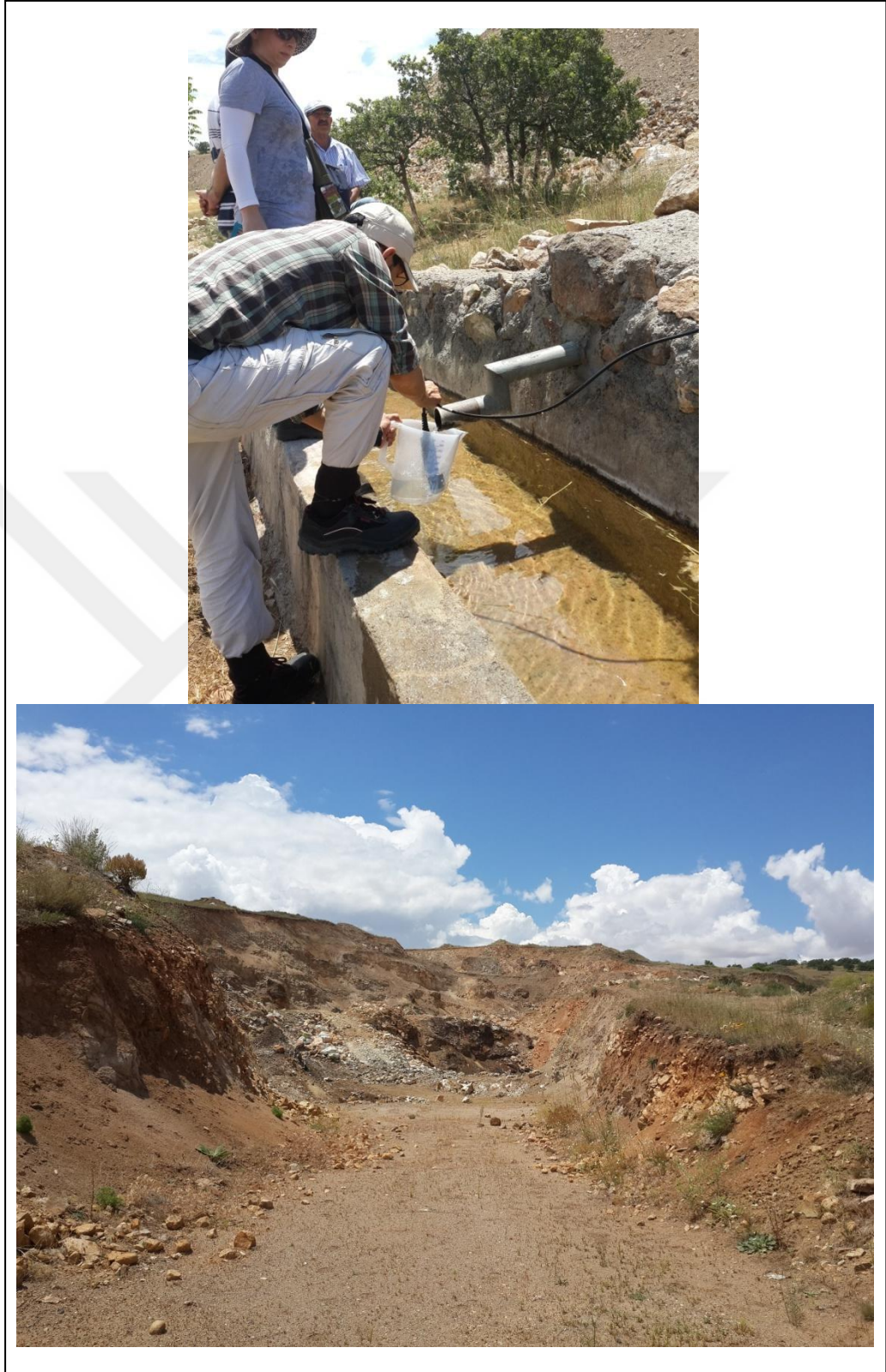
Şekil 3.3. As, U, F kirlilikleri saptanan KMK-9 Kaynağı beslenme alanı ve yakınlarındaki Büğüz Demir Madeni sahası.



Şekil 3.4. As, U, F kirlilikleri saptanan KMK-17 kaynağı, beslenim alanı ve yakınlarındaki Bayındır Florit Madeni sahası.



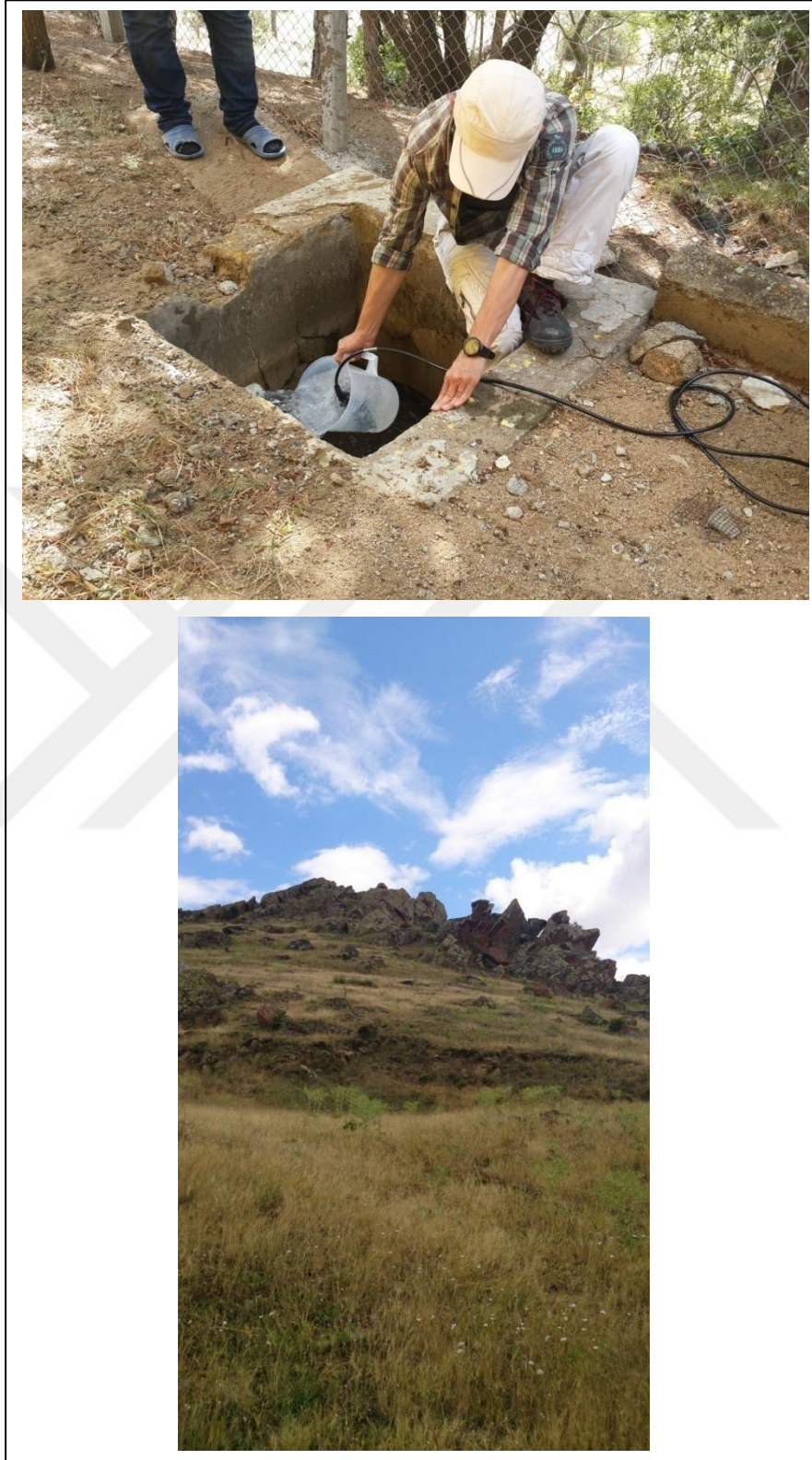
Şekil 3.5. U kirliliği saptanan KMK-14 Kaynağı ve beslenme alanı.



Şekil 3.6. U kirliliği saptanan KMK -16 Kaynağı ve yakınlarındaki Durmuşlu Demir Madeni sahası.



Şekil 3.7. F kirliliği saptanan KMK-15 Kaynağı ve beslenme alanı.



Şekil 3.8. As kirliliği saptanan KMK-18 Kaynağı ve beslenme alanı.

Çalışma alanında örneklenen sulara aittir ölçüm bilgileri Çizelge 3.1’de verilmiştir. Ölçümler kurak ve yağışlı olmak üzere iki dönem için gerçekleştirilmiştir. Çizelgeden de anlaşılabileceği gibi çalışma alanında geniş yer kaplayan Kızılırmak Formasyonundan debileri 0.15 L/s ile 3.32 L/s arasında değişen 6 adet kaynak boşalmaktadır. Ayrıca formasyon içinde açılmış 3 adet kuyu mevcuttur. Çalışma alanında bir diğer akifer özelliği gösteren Buzlukdağ Siyenitoyidinden 0.035 L/s ile 0.40 L/s arasından değişen debilerde 4 adet kaynak boşalmaktadır. Bir diğer intrüzif birim olan Baranadağ granitoyidinden ise debileri 0.23 L/s ile 2.97 L/s arasında değişen 3 adet kaynak boşalımı gözlenmektedir. Kuvarsit, amfibolit, şist ve mermer bantlarından oluşan Kervansaraydağ Formasyonundan ise debisi 0.092 L/s olan 1 adet kaynak boşalımı gözlenmiştir. Ayrıca mermerlerden oluşan Bozçaldağ Formasyonu, sil, dayk şeklinde bölgeye yerleşen metagabro, diyabaz ve amfibolitten oluşan Haciselimli Formasyonu ve Buzlukdağ Siyenitoyidinin kontağından 0.15 L/s debiye sahip olan 1 adet kaynak bulunmaktadır. Bir diğer kontak boşalımı ise Kervansaraydağ Formasyonu ile Baranadağ Granitoyidinin kontağında gözlenmektedir. Yağışlı dönemde suların debileri bir miktar artmış ve bununla beraber genellikle hafif asidik olan yağış sularının (pH genel ortalama 5.7 civarında) etkisiyle pH değerlerinde düşmeler gözlenmiştir. Su kimyası bölümünde de belirtildiği gibi bu duruma paralel olarak birçok suda EC, TDS, Ca, Na, SO₄ ve bazı suların HCO₃ değerlerinde artışlar saptanmıştır.

Çizelge 3.1. Çalışma alanındaki suların arazi ölçüm verileri (Kay.: Kaynak, Kuy.: Kuyu, Çeş.: Çeşme, For.: Formasyon, Siy.:Siyenitoyid, Granit.: Granitoyid).

No	Kaynak-Kuyu Adı	Formasyon	Kot	Boylam	Enlem	Örnekleme Tarihi	EC (µS/cm)	TDS (mg/L)	pH	Eh (mV)	Sıcaklık (°C)	Debi (L/s)
KMK-1	Kırcı Kay.	Kızılırmak For.	1088	0570935	04368660	28.06.2016	499	325	8.15	275	18.58	(-)
KMK-2	Cevizli Kay. veKuy.	Buzlukdağ Siy.-Kızılırmak For.	1074	0571022	04369137	28.06.2016	461	299	8.11	283	19.71	(-)
"	"	"	"	"	"	03.05.2017	494	321	7.64	326	12.65	(-)
KMK-3	Aktoprak Kay.	Kızılırmak For.	997	0562156	04367646	28.06.2016	731	475	8.04	292	20.78	0.26
"	"	"	"	"	"	03.05.2017	786	511	7.28	354	13.65	(-)
KMK-4	Kamışlı Kuy.	Kızılırmak For.	1008	0558931	04365518	28.06.2016	481	313	8.15	302	19.98	(-)
"	"	"	"	"	"	03.05.2017	515	335	7.62	347	13.52	(-)
KMK-5	Halakaçayır Kay.	Kızılırmak For.	1010	0552656	04362975	28.06.2016	613	399	8.02	649	17.55	(-)
"	"	"	"	"	"	03.05.2017	637	414	7.75	344	12.20	(-)
KMK-6	Kafa ve Taşçeşme Kay.	Kızılırmak For.	1126	0548667	04363724	28.06.2016	488	317	8.14	367	17.34	(-)
"	"	"	"	"	"	03.05.2017	512	333	7.62	347	11.58	(-)
KMK-7	Selimağa Çeş.	Kızılırmak For.	1054	0551306	04364275	28.06.2016	469	305	8.04	352	14.14	0.15
"	"	"	"	"	"	03.05.2017	503	327	7.56	356	11.65	0.2
KMK-8	Karaönü Kay.	Kızılırmak For.	1115	0546648	04362481	28.06.2016	529	344	7.94	334	14.13	3.32
"	"	"	"	"	"	03.05.2017	568	369	7.53	361	12.91	(-)
KMK-9	Karamistiklar Çeş.	Baranadağ Granit.	976	0540830	04358849	28.06.2016	637	414	7.99	327	13.43	0.81
"	"	"	"	"	"	03.05.2017	676	439	7.50	363	11.61	1.00
KMK-10	Kaman Kuy.	Kızılırmak For.	1066	0561762	04359220	29.06.2016	624	406	7.65	313	16.01	(-)
"	"	"	"	"	"	04.05.2017	711	462	7.30	348	16.19	(-)
KMK-11	Çal Çeş.	Kervansaraydağ For.	1265	0561301	04353468	29.06.2016	390	253	8.07	295	14.39	0.09
KMK-12	Kıble Kay.	Baranadağ Granit.	1225	0575146	04358912	29.06.2016	314	204	7.92	301	13.85	0.23
KMK-13	Demirli Kuy.	Kızılırmak For.	1216	0584206	04354231	29.06.2016	352	229	7.91	300	22.03	(-)
KMK-14	Yaylayurt Kay.	Buzlukdağ Siy.	1213	0576218	04366858	29.06.2016	457	297	8.05	257	14.15	0.40
KMK-15	Armutlu Kay.	Buzlukdağ Siy.	1229	0577224	04367552	30.06.2016	268	174	7.87	282	16.23	0.04
"	"	"	"	"	"	03.05.2017	289	185	7.53	339	11.55	0.04
KMK-16	Durmuşlu-Moda Kay.	Kontakt (Siyenit-Metamorfik)	1134	0576286	04369581	30.06.2016	459	298	7.8	279	16.51	0.15
"	"	"	"	"	"	03.05.2017	500	325	7.65	317	12.91	(-)
KMK-17	Gülfire-TacettinKay.	Buzlukdağ Siy.	1234	0572759	04362353	30.06.2016	491	319	7.86	272	14.76	0.12
"	"	"	"	"	"	03.05.2017	516	335	7.36	354	13.75	0.13
KMK-18	Çağırkan Kay.	Baranadağ Granit.	1176	0568307	04355314	30.06.2016	199	131	8.03	275	15.42	2.97
"	"	"	"	"	"	03.05.2017	229	149	7.92	333	11.19	(-)
KMK-19	Büyükpınar Kay.	Kontakt (Metamorfik-Granit)	1314	0573663	04354547	30.06.2016	299	135	7.87	277	15.95	(-)
"	"	"	"	"	"	03.05.2017	233	151	7.61	350	11.97	(-)

BÖLÜM 4

SU KİMYASI

İnceleme alanı içerisinde yer alan kaynak ve kuyuların hidrojeokimyasal özelliklerini belirlemek ve su kalitesini ortaya koymak amacıyla 2016 ve 2017 yıllarında kurak dönem (Haziran ayı sonu) ve yağışlı dönem (Mayıs ayı başı) olmak üzere iki farklı dönemde arazi ölçümleri yapılmış ve major anyon-kasyon, iz element ve izotop analizleri için su numuneleri alınmıştır. Arazi çalışmaları ile pH, sıcaklık (T), elektriksel iletkenlik (EC), toplam çözünmüş madde (TDS), yükseltgenme-indirgenme potansiyeli (ORP-Eh) değerleri saptanmıştır. Yağışlı dönemde yapılan ölçümler ve numune alımları, proje bütçesi nedeniyle kurak dönem ölçümleri göz önüne alınarak sadece iz element kirliliği saptanan sular için gerçekleştirilmiştir. Yeraltısularının kökenlerinin ve yeraltı dolanım sürelerinin (görelî yaş) tayin edilmesi amacıyla oksijen-18, döteryum ve trityum izotoplarının analizleri, çalışma amacına uygun sadece görelî olarak büyük debili ve/veya florit ve demir madeni yakınlarındaki sular için yapılmıştır.

İnceleme alanındaki yeraltısularının major anyon-kasyon analiz sonuçları Çizelge 4.1’de, iz element analiz sonuçları ise Çizelge 4.2’de verilmiştir. Çizelge 4.3’te Türk İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik (Sağlık Bakanlığı, 2005) ve Dünya Sağlık Örgütü İçme Suyu Standartları (WHO, 2006), Çizelge 4.4’de ise doyumluk analizi sonuçları görülebilmektedir. 15 kaynak ve 4 kuyudan alınan su numyelerinin kimyasal yönden sınıflandırılması Üçgen Diyagramda (Piper, 1944) yapılmış ve Şekil 4.1 ve Şekil 4.2’de verilmiştir. Çalışılan bölgedeki suların beslenme alanları hakkında bilgi sunabilen ve major anyon ve kasyon değerleri kullanılarak çizilen Yarı Logartimik (Schoeller, 1955, 1962) diyagramı ise Şekil 4.3 ve Şekil 4.4’de görülebilmektedir. Çalışma alanındaki suların sulama suyu açısından değerlendirilmesi ABD Tuzluluk Diyagramı (Şekil 4.7 ve Şekil 4.8) ve Wilcox diyagramı (Şekil 4.5 ve Şekil 4.6) kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

4.1. GENEL KİMYASAL DEĞERLENDİRME

Çalışma alanı içerisindeki kaynak ve kuyuların büyük bir kısmı çakıllı, kumlu, gevşek malzemelerden oluşan Kızılırmak Formasyonundan boşalmaktadır. Bunun yanında siyenit, granit, mermer ve bunların diğer birimler ile olan dokanaklarından boşalan kaynaklarda bulunmaktadır. Çalışmada ölçüm ve örneklemeler kurak ve yağışlı dönemleri kapsayacak şekilde yapılmıştır. Kurak dönem ölçümleri ve analizleri inceleme alanı içerisinde bulunan farklı jeolojik birimlerin özelliklerini temsil edecek şekilde, maden sahaları çevresinde bulunan ve diğer sulara oranla göreceli olarak büyük debili sulara gerçekleştirilirken, yağışlı dönem ölçüm ve analizleri proje bütçesinde değerlendirmeye katılarak çalışma amacına uygun olarak kurak dönemde iz element kirliliği gözlenen sulardan gerçekleştirilmiştir.

Çalışma alanı içerisindeki suların genel olarak elektriksel iletkenlik (EC) değerleri kurak dönemde 199-731 mikrosimens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$) aralığında, yağışlı dönemde 229-786 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında değişirken, toplam çözünmüş madde miktarları (TDS) ise sırasıyla 131-475 mg/L ve 149-511 mg/L arasında değişmektedir. pH ve yükseltgenme-indirgenme potansiyeli (ORP-Eh) değerleri ise sırasıyla kurak dönemde 7.86-8.15 ve 257-649 mV arasında, yağışlı dönemde 7.28-7.92 ve 326-363 mV arasında değişim göstermektedirler.

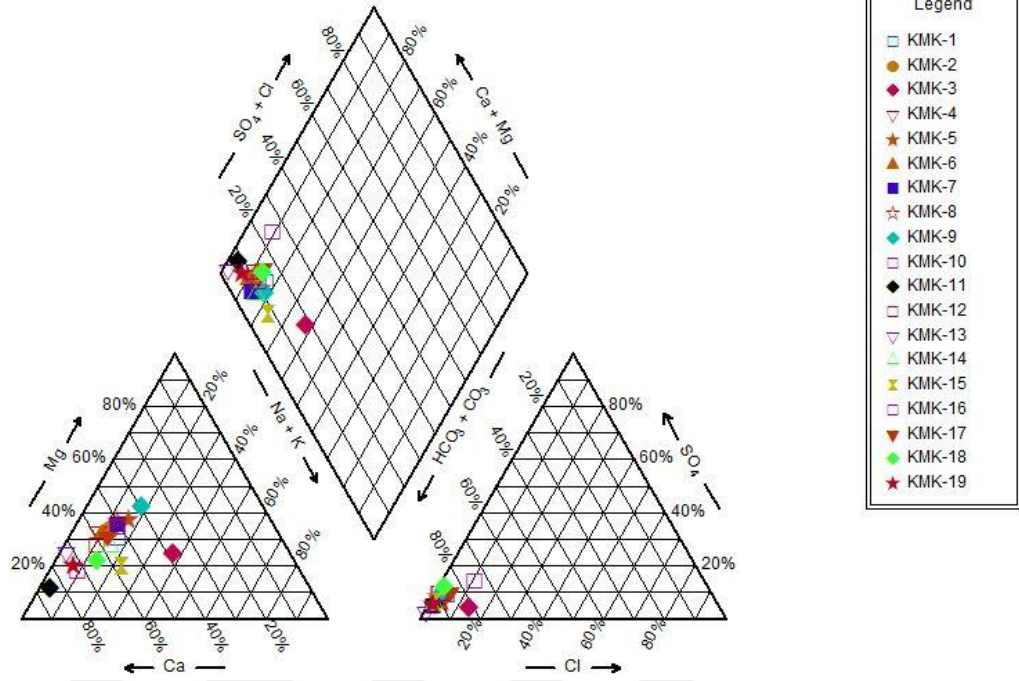
Çalışma alanındaki sular içerisinden geçtikleri litolojilere göre farklı fiziksel ve kimyasal özellikler göstermektedirler. Kızılırmak Formasyonu içerisinden boşalan suların (KMK-1, KMK-3, KMK-4, KMK-5, KMK-6, KMK-7, KMK-8, KMK-10, KMK-13) EC değerleri kurak dönemde 352-731 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında, yağışlı dönemde ise 494-786 $\mu\text{S}/\text{cm}$ değerleri arasında değişmektedir. pH değerleri ise kurak dönemde 7.65-8.15 aralığında, yağışlı dönemde 7.30-7.62 arasında değerler almaktadır. Buzlukdağ Siyenitoyidinden boşalan kaynakların (KMK-2, KMK-14, KMK-15, KMK-17) EC değerleri kurak dönemde 268-491 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında, yağışlı dönemde 438-516 $\mu\text{S}/\text{cm}$ aralığında değişmektedir. pH değerleri kurak dönemde 7.86-8.11 arasında yağışlı dönemde ise 7.35-7.51 aralığında değişmektedir.

Baranadağ Granitoyidinden boşalan kaynakların (KMK-9, KMK-12) EC ve pH değerleri sırasıyla 314-676 $\mu\text{S/cm}$ ve 7.45-8.07 arasında değişmektedir. KMK-9 Büğüz Demir Madeni yakınlarında yer alan bir kaynaktır. Buzlukdağ Siyenitoyidi, Bozçaldağ Formasyonu ve Hacıselimli Formasyonu kontağından boşalan ve yakın zamanda terkedilmiş Durmuşlu Demir Madeni yakınlarından boşalan bir kaynak olan KMK-16'nın EC ve pH değerleri ise sırasıyla 459-500 $\mu\text{S/cm}$ ve 7.61-7.8 arasında değişim göstermektedir. Özellikle maden yatakları çevresindeki siyenit ve granit gibi mağmatik kayalardan boşalan suların EC değerlerinin beklenenin bir miktar üzerinde olmasında bu kayalar bünyesinde bulunan cevherleşmelerin ve madencilik faaliyetleri sırasında meydana gelen tahribatların etkisi olabileceği düşünülmektedir. Yağışlı dönemde suların debileri bir miktar artış göstermiş ve paralel olarak genellikle hafif asidik olan yağış sularının (genel ortalama pH 5.7 civarında) etkisiyle pH değerlerinde düşme meydana gelmiştir. Bu düşüş birçok suyun EC, TDS, Ca, Na, SO_4 ve bazı sularda HCO_3 değerlerinde artışa neden olmuştur. Bu artışların sebebinin çalışma alanının birçok bölgesinde bulunan maden yatakları ve bunlarla ilişkili kayaların yağış suları etkisiyle çözünürlüğünün artması olduğu düşünülmektedir.

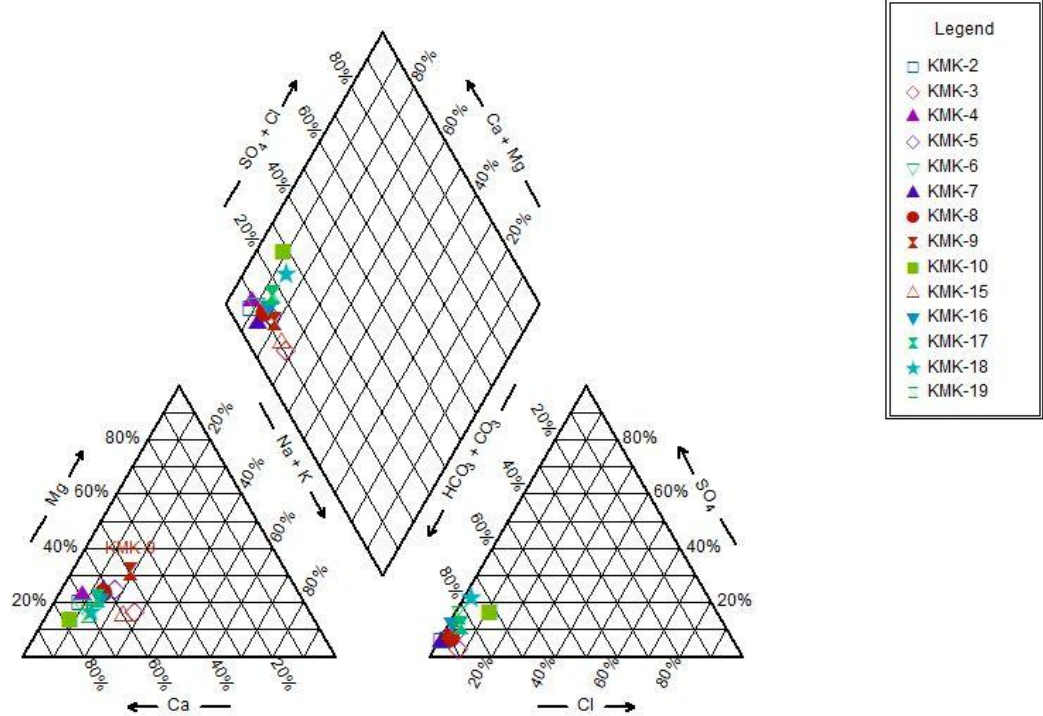
Çalışma alanı içerisinde alınan numunelerden elde edilen major anyon ve katyon analiz sonuçlarına göre oluşturulan ve suların fasiyeslerine bağlı özelliklerini anlamamızı sağlayan Yarı Logaritmik (Scholler, 1955, Scholler, 1962) ve Üçgen (Piper, 1944) diyagramları sırasıyla Şekil 4.1, Şekil 4.2'de ve Şekil 4.3, Şekil 4.4'de verilmiştir. Piper Diyagramına göre kurak dönem içerisinde çalışma alanındaki suların büyük bölümü Ca-HCO_3 fasiyesinde yer almaktadır. Kızılırmak Formasyonundan boşalan KMK-3, KMK-5 ve Baranadağ Granitoyidin'den boşalan KMK-9 kaynakları ise karışık tipte kaynaklar olup Na-Ca-Mg-HCO_3 tipindedirler. Yağışlı dönem sonuçlarına göre ise tüm sular Ca-HCO_3 fasiyesinde bulunmaktadırlar. Benzer sonuçlar Şekil 4.3 ve Şekil 4.4'de verilen Yarı Logaritmik diyagramda da kendini göstermektedir. Ayrıca diyagramda karışık tipe sahip kaynaklar dışındaki sular birbirleriyle paralellik göstermekte ve bu durum ise benzer kimyasal bileşime sahip suların benzer beslenme koşullarını temsil etmektedir.

Çizelge 4.1. Çalışma alanındaki suların kimyasal analiz sonuçları.

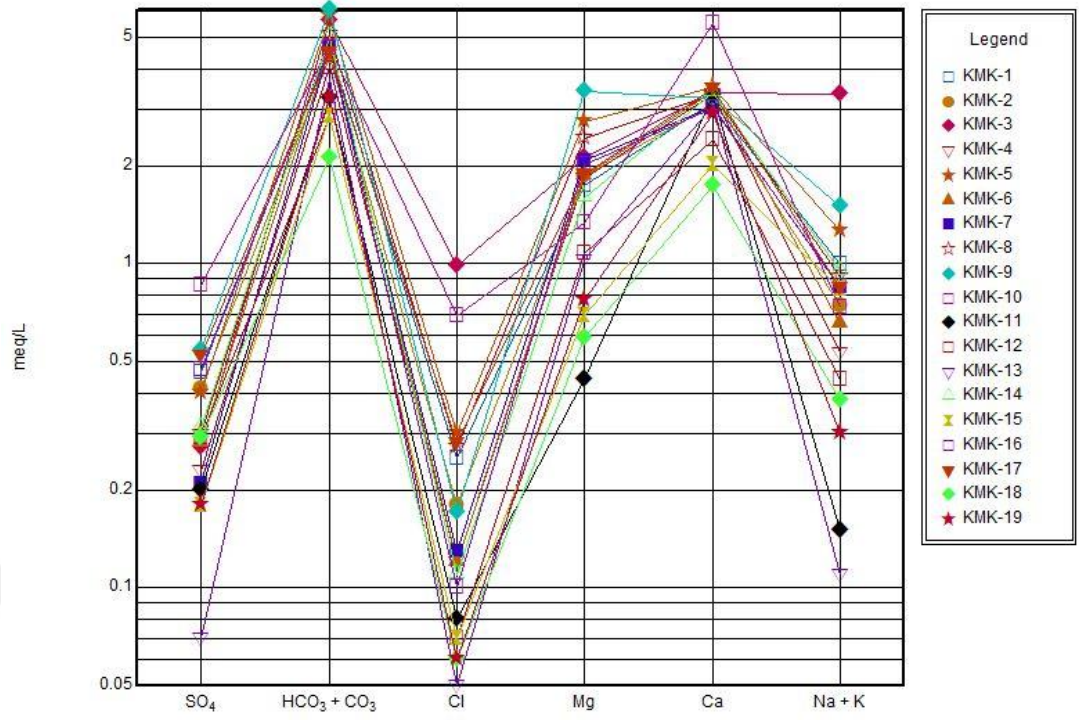
Örnek No	Örnekleme Tarihi	Kasyonlar (meq/L)				Anyonlar (meq/L)							
		Na ⁺	K ⁺	Mg ⁺⁺	Ca ⁺⁺	CO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	F ⁻
KMK-1	28.06.2016	0.94	0.05	1.75	3.14	0.00	4.71	0.25	0.46	0.00	0.38	0.11	0.05
KMK-2	28.06.2016	0.72	0.02	1.87	3.08	0.00	4.41	0.18	0.41	0.00	0.24	0.05	0.08
“	03.05.2017	0.39	0.01	0.86	3.17	0.00	4.37	0.07	0.23	0.00	0.15	0.00	0.03
KMK-3	28.06.2016	3.30	0.03	2.12	3.36	0.59	5.10	0.98	0.27	0.00	1.17	0.04	0.06
“	03.05.2017	1.80	0.01	1.00	3.56	0.00	5.73	0.46	0.15	0.00	0.57	0.00	0.02
KMK-4	28.06.2016	0.52	0.01	1.84	3.35	0.00	4.12	0.12	0.23	0.00	0.91	0.02	0.03
“	03.05.2017	0.46	0.01	1.24	3.91	0.00	3.88	0.09	0.27	0.00	0.88	0.00	0.03
KMK-5	28.06.2016	1.24	0.02	2.75	3.51	0.00	5.88	0.30	0.40	0.00	0.48	0.04	0.03
“	03.05.2017	1.30	0.00	1.78	4.32	0.00	5.73	0.28	0.49	0.00	0.40	0.00	0.02
KMK-6	28.06.2016	0.63	0.02	1.86	3.42	0.00	4.71	0.12	0.28	0.00	0.46	0.04	0.02
“	03.05.2017	0.57	0.01	1.07	4.11	0.00	4.37	0.13	0.31	0.00	0.42	0.00	0.03
KMK-7	28.06.2016	0.82	0.02	2.09	3.05	0.59	4.12	0.13	0.21	0.00	0.43	0.03	0.02
“	03.05.2017	0.86	0.00	1.46	3.74	0.00	4.76	0.09	0.23	0.00	0.43	0.00	0.04
KMK-8	28.06.2016	0.87	0.04	2.43	3.35	0.00	5.20	0.27	0.30	0.00	0.37	0.07	0.04
“	03.05.2017	0.91	0.03	1.50	4.04	0.00	4.95	0.21	0.35	0.00	0.40	0.00	0.02
KMK-9	28.06.2016	1.49	0.01	3.41	3.24	0.00	6.18	0.17	0.54	0.00	0.59	0.02	0.08
“	03.05.2017	1.52	0.01	2.50	3.96	0.00	5.83	0.15	0.63	0.00	0.71	0.00	0.08
KMK-10	29.06.2016	0.66	0.07	1.34	5.52	0.00	4.90	0.69	0.86	0.00	0.63	0.07	0.00
“	04.05.2017	0.63	0.09	1.06	6.28	0.00	5.24	0.76	1.05	0.00	0.68	0.00	0.00
KMK-11	29.06.2016	0.14	0.01	0.44	3.32	0.00	3.31	0.08	0.20	0.00	0.11	0.01	0.00
KMK-12	29.06.2016	0.42	0.02	1.08	2.42	0.00	2.94	0.07	0.29	0.00	0.43	0.01	0.02
KMK-13	29.06.2016	0.10	0.01	1.02	3.08	0.00	3.82	0.05	0.07	0.00	0.25	0.01	0.00
KMK-14	29.06.2016	0.93	0.02	1.59	3.36	0.00	5.10	0.11	0.31	0.00	0.01	0.01	0.07
KMK-15	30.06.2016	0.81	0.02	0.69	2.03	0.00	2.94	0.07	0.18	0.00	0.01	0.01	0.10
“	03.05.2017	0.83	0.02	0.50	2.02	0.00	2.72	0.08	0.23	0.00	0.01	0.00	0.10
KMK-16	30.06.2016	0.83	0.02	2.03	3.03	0.00	4.80	0.10	0.47	0.00	0.19	0.03	0.05
“	03.05.2017	0.86	0.02	1.27	3.82	0.00	4.66	0.08	0.62	0.00	0.21	0.00	0.05
KMK-17	30.06.2016	0.82	0.02	1.88	3.49	0.00	4.61	0.28	0.52	0.00	0.17	0.02	0.18
“	03.05.2017	0.85	0.01	1.35	4.13	0.00	4.76	0.25	0.58	0.00	0.17	0.00	0.17
KMK-18	30.06.2016	0.37	0.01	0.59	1.74	0.00	2.16	0.06	0.29	0.00	0.01	0.01	0.01
“	03.05.2017	0.40	0.01	0.46	2.04	0.00	2.04	0.08	0.56	0.00	0.01	0.00	0.01
KMK-19	30.06.2016	0.27	0.03	0.77	2.90	0.00	3.33	0.06	0.18	0.00	0.07	0.01	0.01
“	03.05.2017	0.37	0.02	0.44	2.03	0.00	2.14	0.05	0.36	0.00	0.04	0.00	0.02



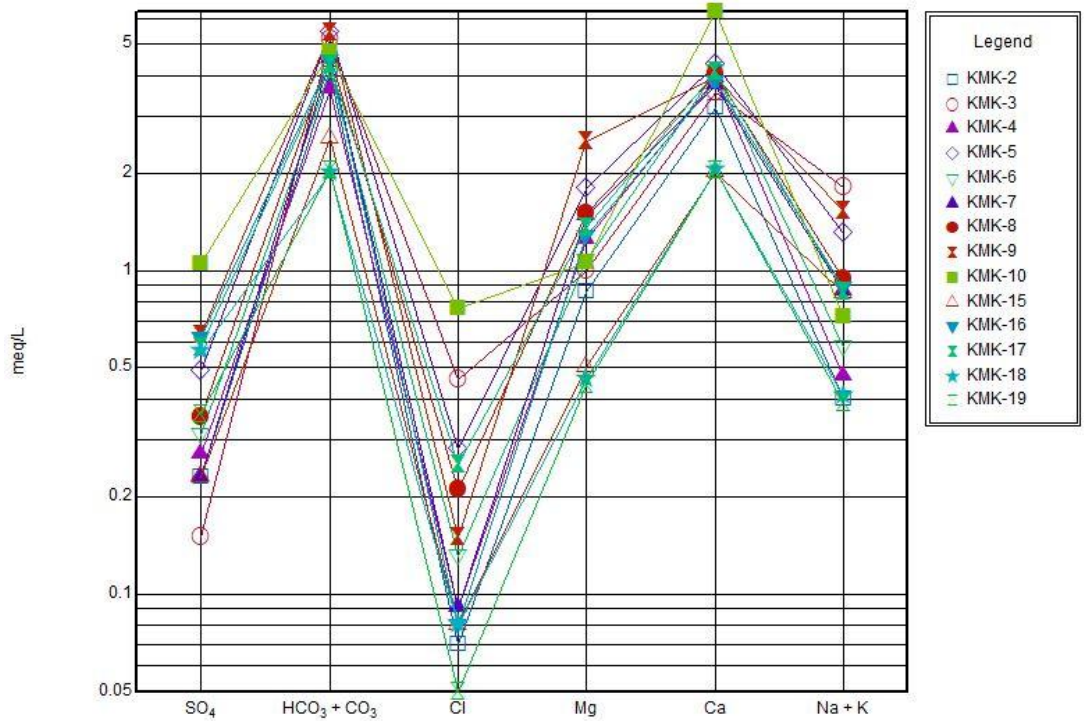
Şekil 4.1. Çalışma alanındaki kaynak sularının Üçgen Diyagramda (Piper, 1944) karşılaştırılması (Kurak dönem).



Şekil 4.2. Çalışma alanındaki kaynak sularının Üçgen Diyagramda (Piper,1944) karşılaştırılması (Yağışlı dönem).



Şekil 4.3. Çalışma alanındaki kaynak sularının Yarı Logaritmik (Scholler, 1955, 1962) Diyagramda karşılaştırılması (Kurak dönem).



Şekil 4.4. Çalışma alanındaki kaynak sularının Yarı Logaritmik (Scholler, 1955, 1962) Diyagramda karşılaştırılması (Yağışlı dönem).

4.1.2. İçme Suyu Açısından Değerlendirme

Su hayati vücut olaylarının sürdürülebilmesi için önemli bir maddedir. İçmesuyu olarak tanımlayabileceğimiz suyun güvenle içilebilmesi, tatsız, kokusuz, renksiz ve tortusuz olması gerekmektedir (Güler ve Çobanoğlu, 1994). Yeraltında çeşitli derinliklerde bulunan sular buralarda bulunan değişik kimyasal yapıya sahip kayaçlar ile etkileşim halinde bulunmaktadır. Kayaçların suda çözünbilme dereceleri sıcaklık, basınç, ortamın pH ve Eh değeri, zaman, mikrobiyolojik faaliyetler vb. parametrelere bağlı olup, bu değerlere göre yeraltısularıkayaçlardan az veya çok miktarda element çözebilmektedir. Bazı elementlerin miktarları da oldukça önemlidir. Etkileşim süresi ve miktara bağlı olarak bazı elementler sınır değerleri aşarak zehirli etkiler gösterebilmektedir (Varol vd, 2008). İz elementlerin miktar ve hareketliliği çözünme-çökelme, adsorbsiyon-desorpsiyon, kompleksleşme-ayırışma ve yükseltgenme-indirgenme reaksiyonları gibi bazı kimyasal ve biyokimyasal süreçler tarafından kontrol edilmektedir (He vd., 2005; Keskin, 2010).

Suların içerisinde bulunabilecek çeşitli maddeler için farklı ülkelerde farklı limit değerlerinin kabulü söz konusudur. Bu tez çalışması kapsamında sular, Türk İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik (Sağlık Bakanlığı, 2005) ve Dünya Sağlık Örgütü İçme Suyu Standartları (WHO, 2006) dikkate alınarak değerlendirilmiş ve değerler Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Türk ve Dünya İçme Suyu Standartları ile inceleme alanında bulunan suların kurak ve yağışlı dönemlerdeki arazi ölçümleri ve analizlerinden elde edilen değerler karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmaya göre suların EC değerleri kurak dönemde 199-731 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında yağışlı dönemde ise 229-786 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında yer almakta ve bu haliyle suların hiçbirisi Sağlık Bakanlığı (2005) standartlarında belirlenen 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ üst sınırı değerini aşmamaktadırlar.

Bölgedeki suları pH değerleri kurak dönemde 7.65-8.15, yağışlı dönemde ise 7.28-7.87 değerleri arasında değişmekte ve standartlara uymaktadırlar. Bölgedeki suların sodyum değerleri kurak dönemde 3.18-75.89 mg/L, yağışlı dönemde ise 9.07-41.37 mg/L değerleri arasında değişmektedir ve standartları aşmamaktadırlar. Klorür

değerleri kurak dönemde 1.82-34.69 mg/L, yağışlı dönemde 1.89-27.06 mg/L aralığında değerler almış ve üst limit olan 250 mg/L'yi geçmemişlerdir. Sülfat değerleri kurak dönemde 8.81-41.35 mg/L arasında, yağışlı dönemde ise 7.11-50.41 mg/L arasında değişmekte olup, benzer şekilde üst sınır değer olan 250 mg/L değerini aşmamaktadırlar.

İnceleme alanı içerisinde bulunan kaynakların nitrat (NO_3) değerleri kurak dönemde 0.68-72.35 mg/L, yağışlı dönemde 0.77-54.33 mg/L arasında değişmektedir. Suların NO_3 değerleri çoğunlukla 50 mg/L olan üst sınırı aşmamakla birlikte, kısıtlı birimlerden (Kızılırmak Formasyonu) boşalan KMK-3 ve KMK-4 kaynakları sırasıyla 72.35 mg/L ve 56.18 mg/L değerleri ile standartları aşmaktadırlar. Ayrıca KMK-9 ve KMK-10 kaynakları standartları aşmamakla birlikte üst sınıra yakın değerler almaktadırlar. NO_3 'ın insan vücuduna etkisi özellikle bebeklerde ölüme yol açan mavi bebek sendromudur. Vücuda giren nitrat bebek midesinde nitrite indirgenmekte, dolaşım sistemindeki hemoglobini okside ederek oksijen taşınmasını engellemekte ve ölüme varan sonuçlara yol açabilmektedir (WHO, 2004). Çalışma alanındaki suların amonyum (NH_4) değerleri kurak dönemde 0.13-1.99 mg/L arasında değişmekte olup, üzerinde tarımsal faaliyetler gerçekleştirilen ve kısıtlı birimlerden oluşan Kızılırmak Formasyonundan boşalan KMK-1, KMK-2, KMK-3, KMK-5, KMK-6, KMK-7, KMK-8, KMK-10 sularının NH_4 değerleri Türk İçme Suyu Standartlarında verilen 0.5 mg/L değerini birkaç kat aşmaktadırlar. KMK-10 kuyusu Kaman İlçesinin içme suyunun sağladığı için özellikle önemli olduğu düşünülmektedir. Doğal koşullar altında yeraltısularında amonyum miktarı 0.2 mg/L'nin altında bulunmaktadır ve kirlilik kaynakları metabolik, tarımsal, endüstriyel olarak sayılabilmektedir. Amonyum filtre problemleri, koku ve tat problemlerine sebep olabilmektedir (WHO, 2004). Havalandırılmış toprak ortamlarında nitrate okside olabilen ve amonyağın iyonize türü olan NH_4 (Dermont vd., 1992), NO_2 ve NO_3 kirliliği ile beraber değerlendirilmektedir. Çalışma alanında bu kirliliklerin saptandığı suların beslenme ve boşalım bölgelerinde yoğun tarımsal aktiviteler gerçekleştirilmesinden dolayı bu kirliliklerin tarımsal kaynaklı olduğu düşünülmektedir.

Çizelge 4.2. Türk İnsani Tüketim Amaçlı Sular Yönetmeliği (Sağlık Bakanlığı, 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.

Çalışma alanındaki iz element analizleri Çizelge 4.3’de verilmiştir. Çizelgeden birçok yeraltısuyunun (KMK-2, KMK-3, KMK-4, KMK-5, KMK-6, KMK-7, KMK-8, KMK-9, KMK-10, KMK-14, KMK-15, KMK-16, KMK-17, KMK-18, KMK-19) bazı iyon/elementlerin (As, F, U, NH₄, ve NO₃) bir ve/veya birkaçı açısından Türk ve Dünya İçme Suyu Standartlarını aştığı görülmektedir. Bu kirliliklerin saptandığı sular genellikle cevherleşmelerin görüldüğü Buzlukdağ Siyenitoyidi ve Baranadağ Granitoyidi içerisinde ve özellikle maden sahalarının yakınlarında bulunan sular ve üzerinde yoğun tarımsal faaliyetler gerçekleştirilen Kızılırmak Formasyonundan boşalan sulardır.

İnceleme alanındaki yeraltısularında kurak dönem içerisinde arsenik (As) değerleri 0.4-27.4 µg/L (ppb) arasında değişmekte olup, kırıntılı kayaçlardan oluşan Kızılırmak Formasyonundan boşalan KMK-3, KMK-5, KMK-6, KMK-7, KMK-8, Buzlukdağ Siyenitoyidinden boşalan ve yakın çevresinde terk edilmiş florit madeni bulunan KMK-17, Baranadağ Granitoyidinden boşalan KMK-18 (Şekil 3.8), metamorfik (Kervansaraydağ) birimler ve granit (Baranadağ) kontağından boşalan KMK-19 sularının As konsantrasyonları 10 µg/L (ppb) olan standart değerleri aşmaktadır. Ayrıca Baranadağ Granitoyidin’den boşalan yakın çevresinde terk edilmiş demir madeni bulunan KMK-9 ve Kızılırmak Formasyonunda açılmış KMK-10 sularının As değerleri standartları aşmamakla birlikte sınır değere çok yakın bir değere sahiptirler. Yağışlı dönemde suların As konsantrasyonları 0.33-23.94 µg/L (ppb) arasında değişmekte olup, çoğunlukla değerler yağışların etkisiyle çok az bir miktar seyrelmiş ve genel anlamda kurak dönem ile çok fazla bir değişim göstermemektedir. Arsenik kirliliği doğal ve antropolojik olmak üzere iki şekilde görülebilmektedir. Toprakta ve suda doğal yollardan kaynaklanan arsenik miktarında jeolojik yapı büyük önem taşımaktadır. Kıtasal kabuk üzerinde genelde görülen ortalama arsenik değeri 1.5-2 ppm arasında değişmektedir. Çizelge 4.4’te Ulusal Bilimler Akademisi (1977), Onishi (1955), Boyle ve Jonasson (1973)’ün hazırlamış olduğu magmatik kayaçlardaki ortalama arsenik değerleri görülmektedir (NAS, 1977).

Çizelge 4.3. Çalışma alanındaki suların iz element sonuçları (ppb).

Kaynak	Örnekleme Tarihi	Ag	Al	As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Mo	Ni	Pb
KMK-1	28.06.2016	<0.01	<0.1	5.5	6.89	0.014	0.09	16.2	0.76	<0.1	<0.01	<0.1	6.91	1.94	<0.01
KMK-2	28.06.2016	<0.01	<0.1	2.4	4.85	<0.01	0.06	17.2	0.42	<0.1	<0.01	<0.1	4.85	1.33	<0.01
“	03.05.2017	<0.01	<0.1	1.90	26.6	0.02	0.09	15.56	0.35	<0.1	<0.01	<0.1	4.55	1.99	<0.01
KMK-3	28.06.2016	<0.01	<0.1	11.7	6.93	0.015	0.09	20.3	1.03	<0.1	<0.01	<0.1	6.96	1.91	<0.01
“	03.05.2017	<0.01	0.41	10.36	130.0	0.02	0.11	21.21	0.40	<0.1	<0.01	<0.1	6.45	2.08	0.16
KMK-4	28.06.2016	<0.01	<0.1	0.4	1.53	<0.01	0.09	14.3	0.36	<0.1	<0.01	<0.1	1.53	1.91	<0.01
“	03.05.2017	<0.01	<0.1	0.33	53.5	<0.01	0.10	15.00	0.33	<0.1	<0.01	<0.1	1.40	2.22	<0.01
KMK-5	28.06.2016	<0.01	<0.1	24.6	1.93	<0.01	0.08	19.7	0.52	<0.1	<0.01	<0.1	1.93	1.75	<0.01
“	03.05.2017	<0.01	<0.1	21.53	122.1	<0.01	0.12	20.58	1.01	<0.1	<0.01	<0.1	1.63	2.52	0.07
KMK-6	28.06.2016	<0.01	<0.1	23.4	29.0	<0.01	0.10	16.7	0.40	<0.1	<0.01	<0.1	0.87	1.99	<0.01
“	03.05.2017	<0.01	8.18	20.32	22.8	<0.01	0.11	17.53	0.52	<0.1	<0.01	<0.1	0.71	2.14	<0.01
KMK-7	28.06.2016	<0.01	2.14	19.4	153.4	<0.01	0.08	16.0	1.34	<0.1	<0.01	<0.1	1.69	1.99	<0.01
“	03.05.2017	<0.01	3.01	18.13	144.1	<0.01	0.10	15.67	0.07	<0.1	<0.01	<0.1	1.62	1.89	<0.01
KMK-8	28.06.2016	<0.01	<0.1	12.7	82.9	<0.01	0.04	8.6	0.17	<0.1	<0.01	<0.1	1.74	0.42	<0.01
“	03.05.2017	<0.01	<0.1	16.22	100.5	0.01	0.12	18.54	0.21	<0.1	<0.01	<0.1	1.63	2.07	0.05
KMK-9	28.06.2016	<0.01	<0.1	9.1	64.4	<0.01	0.04	12.0	0.35	<0.1	<0.01	<0.1	4.69	0.46	<0.01
“	03.05.2017	<0.01	<0.1	9.85	100.9	0.02	0.12	20.74	0.28	<0.1	<0.01	<0.1	4.47	2.14	<0.01
KMK-10	29.06.2016	<0.01	<0.1	7.9	88.0	<0.01	0.07	4.6	0.32	<0.1	<0.01	<0.1	0.33	1.20	<0.01
“	04.05.2017	<0.01	<0.1	9.03	131.8	<0.01	0.19	18.72	0.38	<0.1	<0.01	0.27	0.34	3.67	0.16
KMK-11	29.06.2016	<0.01	<0.1	1.1	10.3	<0.01	0.07	12.5	<0.01	<0.1	<0.01	<0.1	0.26	1.62	<0.01
KMK-12	29.06.2016	<0.01	<0.1	1.3	45.5	<0.01	0.05	9.3	0.05	<0.1	<0.01	<0.1	2.10	1.01	<0.01
KMK-13	29.06.2016	<0.01	<0.1	0.7	48.8	<0.01	0.02	5.7	0.39	<0.1	<0.01	<0.1	0.45	3.65	<0.01
KMK-14	29.06.2016	<0.01	<0.1	6.8	49.8	<0.01	0.07	17.3	0.56	<0.1	<0.01	<0.1	2.88	2.03	<0.01
KMK-15	30.06.2016	<0.01	<0.1	2.3	1.6	<0.01	0.03	9.3	0.07	<0.1	<0.01	<0.1	1.72	0.82	<0.01
“	03.05.2017	<0.01	3.26	2.03	1.6	0.01	0.05	10.23	<0.01	<0.1	<0.01	<0.1	1.58	0.83	<0.01
KMK-16	30.06.2016	<0.01	<0.1	2.0	16.3	0.003	0.06	15.2	0.07	<0.1	<0.01	<0.1	2.64	1.39	<0.01
“	03.05.2017	<0.01	<0.1	1.77	17.5	<0.01	0.09	15.48	<0.01	<0.1	<0.01	<0.1	2.39	1.71	<0.01
KMK-17	30.06.2016	<0.01	<0.1	10.5	7.6	0.011	0.09	15.4	0.10	<0.1	<0.01	<0.1	5.11	1.72	<0.01
“	03.05.2017	<0.01	<0.1	9.39	6.8	0.03	0.09	15.19	<0.01	<0.1	<0.01	<0.1	4.83	1.88	0.02
KMK-18	30.06.2016	<0.01	<0.1	27.4	5.1	<0.01	0.02	6.2	0.10	<0.1	<0.01	<0.1	1.36	0.69	<0.01
“	03.05.2017	<0.01	8.95	23.94	5.8	<0.01	0.05	6.28	0.11	<0.1	<0.01	6.00	1.04	0.87	<0.01
KMK-19	30.06.2016	<0.01	<0.1	23.9	13.5	<0.01	0.05	10.2	0.12	<0.1	<0.01	<0.1	0.39	1.07	<0.01
“	03.05.2017	<0.01	<0.1	2.85	16.1	<0.01	0.05	6.77	0.49	<0.1	<0.01	<0.1	0.58	0.76	<0.01

Çizelge 4.3. (Devam ediyor).

Kaynak	Örnekleme Tarihi	Be	Ti	V	Sr	Zn	S	Si	Sn	Sb	Se	Rb	U	TI
Birim	-	ppb	Ppb	ppb	ppm	ppm	ppm	ppm	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb
KMK-1	28.06.2016	<0.01	0.29	6.7	0.70	<0.01	10.2	11.5	<0.01	0.33	1.1	1.58	9.6	<0.01
KMK-2	28.06.2016	0.075	0.24	6.7	0.46	<0.01	9.4	13.7	<0.01	0.08	1.0	0.77	17.5	<0.01
“	03.05.2017	0.20	0.72	5.06	0.41	<0.01	7.2	13.9	<0.01	0.07	0.90	0.74	16.48	<0.01
KMK-3	28.06.2016	<0.01	0.14	10.0	0.72	<0.01	6.0	9.0	<0.01	0.04	1.5	0.42	8.0	<0.01
“	03.05.2017	<0.01	0.57	7.76	0.66	<0.01	4.5	9.7	<0.01	0.08	1.54	0.37	7.32	<0.01
KMK-4	28.06.2016	<0.01	0.06	3.2	0.54	<0.01	5.5	8.1	<0.01	0.03	0.8	0.04	2.4	<0.01
“	03.05.2017	<0.01	0.39	2.73	0.48	<0.01	3.6	9.1	<0.01	0.02	0.71	0.07	2.30	<0.01
KMK-5	28.06.2016	<0.01	0.31	15.3	0.96	<0.01	8.7	9.0	<0.01	0.17	1.3	0.12	5.4	<0.01
“	03.05.2017	<0.01	0.67	11.67	0.81	0.02	6.5	9.7	<0.01	0.15	1.23	0.12	4.78	<0.01
KMK-6	28.06.2016	<0.01	0.15	14.2	0.55	<0.01	6.2	12.8	<0.01	0.34	0.7	0.54	2.9	<0.01
“	03.05.2017	<0.01	0.73	11.41	0.47	<0.01	3.9	16.1	<0.01	0.31	0.55	0.58	2.67	<0.01
KMK-7	28.06.2016	<0.01	0.05	20.7	0.72	<0.01	4.7	10.3	<0.01	0.20	0.7	0.02	2.5	<0.01
“	03.05.2017	<0.01	0.55	16.92	0.67	<0.01	2.8	12.7	<0.01	0.28	0.84	0.07	2.47	<0.01
KMK-8	28.06.2016	<0.01	0.15	15.7	0.71	<0.01	6.8	10.7	<0.01	0.17	0.9	1.05	4.7	<0.01
“	03.05.2017	<0.01	0.51	12.74	0.75	<0.01	3.9	13.3	<0.01	0.17	0.81	1.12	4.99	<0.01
KMK-9	28.06.2016	0,011	0.41	33.2	1.08	<0.01	12.9	10.5	<0.01	0.10	0.9	0.02	15.6	<0.01
“	03.05.2017	<0.01	0.88	23.69	1.22	<0.01	7.0	11.7	<0.01	0.09	0.95	0.05	16.37	<0.01
KMK-10	29.06.2016	<0.01	0.95	3.5	0.28	<0.01	19.1	6.9	<0.01	0.25	0.3	0.70	0.7	<0.01
“	04.05.2017	<0.01	1.39	2.43	0.30	<0.01	10.6	8.5	<0.01	0.24	0.33	0.77	1.50	<0.01
KMK-11	29.06.2016	0.023	<0.01	2.1	0.12	<0.01	4.4	6.2	<0.01	0.18	0.1	0.08	2.6	<0.01
KMK-12	29.06.2016	0.019	0.08	2.5	0.27	<0.01	6.0	10.6	<0.01	0.04	0.4	0.16	3.3	<0.01
KMK-13	29.06.2016	0.013	<0.01	0.5	0.11	<0.01	1.8	3.9	<0.01	0.03	0.1	0.50	0.6	<0.01
KMK-14	29.06.2016	0.022	0.17	2.0	0.45	<0.01	6.1	11.1	<0.01	0.20	0.3	0.48	14.9	<0.01
KMK-15	30.06.2016	0.203	<0.01	0.5	0.25	<0.01	3.9	12.8	<0.01	0.14	0.4	1.80	13.1	<0.01
“	03.05.2017	0.43	0.47	0.38	0.22	<0.01	1.2	15.4	<0.01	0.10	0.53	1.51	9.56	<0.01
KMK-16	30.06.2016	0.012	0.40	9.9	0.42	<0.01	9.2	12.2	<0.01	0.18	2.4	2.85	20.7	<0.01
“	03.05.2017	0.01	0.82	7.72	0.38	<0.01	5.5	15.0	<0.01	0.06	2.14	2.76	19.95	<0.01
KMK-17	30.06.2016	0.244	0.47	7.6	0.49	<0.01	9.8	13.1	<0.01	0.28	0.7	1.63	36.9	<0.01
“	03.05.2017	0.56	0.80	6.03	0.42	<0.01	5.2	16.6	<0.01	0.26	0.75	1.46	33.69	<0.01
KMK-18	30.06.2016	0.012	0.10	1.1	0.16	<0.01	5.4	11.2	<0.01	0.06	0.3	0.60	2.3	<0.01
“	03.05.2017	0.03	1.05	0.75	0.15	<0.01	4.5	13.8	<0.01	0.06	0.28	0.55	1.44	<0.01
KMK-19	30.06.2016	<0.01	<0.01	3.9	0.13	<0.01	3.1	11.2	<0.01	0.06	0.3	0.23	1.2	<0.01
“	03.05.2017	0.01	0.56	1.45	0.14	<0.01	2.7	15.3	<0.01	0.03	0.35	0.21	0.90	<0.01

Çizelge 4.4. İntrüzif kayaçlarda arsenik miktarı (ppm) (NAS, 1977).

Kayaç	Genel Aralık	Ortalama
Ultrabazik	0.3-16	3
Bazaltik, Gabroik	0.06-113	2
Andezitik, Dasitik	0.5-5.8	2
Granitik	0.2-13.8	1.5
Silisik Voklanik	0.2-12.2	3

Arsenik kuvars, feldispat, alüminosilikatlarda ve demir cevheri minerallerinde bulunabilmektedir. Mağmatik kayaçlarda bulunan feldispat muhtemelen toplam arsenik miktarının yarısından fazlasını oluşturmaktadır (Onishi ve Sandell, 1955). Bu bilgi ışığında çalışma alanı içerisinde Buzlukdağ Siyenitoyidinden boşalan ve Bayındır bölgesi terk edilmiş florit madeni yakınlarında bulunan KMK-17 Kaynağı, Baranadağ Granitoyidinden boşalan KMK-18 Kaynağı, Büğüz Demir Madeni yakınlarında bulunan ve aynı birimden boşalan KMK-9 Kaynağı ve Kervansaraydağ Formasyonu ve Baranadağ Granitoyidinin kontağından boşalan KMK-9 Kaynağındaki kirlilik sebepleri, mağmatik kayaçlar ve cevherleşmelerden doğal yıkanma yoluyla gelen kirlilik olduğu düşünülmektedir. Bununla birlikte maden çıkartma aşamasında yapılan tahribatların da kayaçlardan iz elementlerin çözünmesini hızlandırdığı ve sularda daha yüksek miktarda iz element bulunmasına sebep olduğu düşünülmektedir. Ayrıca kaynak kayasını özellikle üst kotlardaki mağmatik kayaçlardan alan ve üzerinde tarımsal aktiviteler gerçekleştirilen Kızıllırmak Formasyonunu oluşturan kırıntılı seviyelerden boşalan KMK-3, KMK-5, KMK-6, KMK-7, KMK-8 sularındaki As kirliliğinin ise iki sebebinin olduğu düşünülmektedir. İlki su-kayaç etkileşimi yani suların kayaçları doğal yollarla yıkaması, ikincisi ise antropolojik kaynaklı olan tarımsal aktivitelerdir. Arseniğin geniş kullanım alanları arasında tarımsal verimlilik için kullanılan pestisitler, kurutucu maddeler ve yem katkı maddeleri sayılabilir (NAS, 1977; Hindmarsh vd., 1986). Bu sularda As kirliliği ile birlikte NH_4 kirliliğininde gözlenmesi ve bu iki parametrenin konsantrasyonları açısından pozitif bir paralellik sunması, bu düşüncüyü güçlendirmektedir. Uzun süreli arsenik tüketimi vücutta çeşitli rahatsızlıklara sebep olabilmektedir. Deri, saç ve tırnaklarda birikme yapan arsenik zamanla deride, el ve ayaklarda renk değişimlerine sebep olmakta, ilerleyen safhalarda cilt kanseri ve siyah ayak (blackfoot) olarak isimlendirilen hastalığa sebep olabilmektedir (WHO, 2011;

Tseng, 1977; Borgono, 1972; Zaldivar, 1980; Zaldivar ve Ghai, 1980; Valentine vd., 1982; Cebrian vd., 1983). Bu rahatsızlıklar dışında solunum, böbrek, mide, kalp rahatsızlıkları, kan bozuklukları, şeker hastalığı, çocuklarda büyüme sorunlarına ve zeka geriliği gibi sorunlara sebep olabileceğine dair çalışmalar da bulunmaktadır (Tchounwou vd. 2003; Wang vd., 2007). As ve NH₄ kirliliği açısından standart değerleri aşan suların sağlık üzerindeki negatif etkilerinden dolayı arıtma vb. işlemlerden geçirilmeden, halihazır haliyle içme suyu olarak kullanılması önerilmemektedir.

Çalışma alanı içerisindeki sulara florür (F) değerleri kurak dönemde 0.06-3.35 mg/L, yağışlı dönemde ise 0-3.28 mg/L arasında değişmektedir. Yakın zamanda terkedilmiş florit madeni yakınında bulunan ve siyenitlerden boşalan KMK-17, 3.35 mg/L ve 3.28 mg/L değerleri ile sınır değeri olan 1.5 mg/L'yi iki kat aşmaktadır. Sırasıyla Büğüz Demir madeni ve Durmuşlu Demir madeni yakınlarında yer alan ve granit ve siyenit birimlerden boşalan KMK-9 ve KMK-15 kaynaklarında da florür değerleri standart değer üzerinde bulunmaktadır. Bu sulara gözlenen F kirliliğinin su-kayaç etkileşiminden kaynaklı olduğu ve bu etkileşime madencilik faaliyetlerinin katkıda bulunduğu düşünülmektedir. Bayındır bölgesindeki florit cevherleşmesi damar tipi cevherleşmeler şeklinde gelişmekte ve bölgeye intrüzif olarak gelen Kampanien-Maestrityen yaşlı Buzlukdağ Siyenitoidinin kırık çatlakları içerisinde 60-70 cm damarlar halinde bulunmaktadır (Koç ve Özmen, 2000). Doğan vd.(2013) tarafından florit cevherlerinin oluşumundan asıl sorumlu olan birimin ise siyenit içerisinde daha genç bir faz olan ve florit içeren siyenit kuvars yapısı olduğu düşünülmektedir. Durmuşlu ve Büğüz bölgelerindeki cevherleşmelerin sebebi ise Paleozoik yaşlı mermerlerin orojenik faaliyetler ile yükselmesi ve uzun süreler boyunca aşınması ardından Üst Kretase zamanında bu mermerlerin bazik magma bloklarıyla karışması ve sonrasında orojenik faaliyetler ve bunu takip eden asit intrüzyonlara bağlı olarak gelişen skarn zonlarında manyetit ve fluorit cevherlerinin oluşmasıdır (Öztürk, 1978). Florür tüketimi genelde dişlerde rahatsızlıklara yol açabilmekte ve iskelet sisteminde kemik yapısını bozabilmektedir. Uzun süreli florür içeren suların tüketimi dişlerde dental fluoroza sebep olabilmekte ve aşırı durumlarda diş minesinde erozyona neden olabilmektedir. Kronik florür tüketimi iskelet sisteminde iskeletsel fluorosise sebep olabilmekte aşırı durumlarda kemik yapısını

bozarak kemik sertleşmesi gibi ciddi hastalıklara yol açabilmektedir (Fawell vd., 2006). Sağlık üzerindeki etkileri göz önüne alınarak F kirliliği açısından standart değeri aşan suların güncel haliyle içme amaçlı olarak kullanılmaması gerekmektedir.

Bölgenin yeraltısularında uranyum değeri kurak dönemde 0.6-36.9 µg/L (ppb) arasında, yağışlı dönemde ise 0.90-33.69 µg/L arasında değişmekte olup KMK-9, KMK-17, KMK-2 (siyenitlerden boşalan kaynak ve kırıntılı kayalarda açılmış olan bir kuyunun birleşiminden oluşan çeşme) ve ayrıca siyenit (Buzlukdağ) ve metamorfik (Bozçaldağ ve Hacıselimli) kayaçların kantağından boşalan ve yakın çevresinde terk edilmiş demir madeni bulunan KMK-16'nın uranyum konsantrasyonları sınır değeri olarak belirlenen 15 µg/L'yi aşmaktadır. Ayrıca yine siyenitlerden boşalan KMK-14 ve KMK-15 noktaları sırasıyla 14.9 µg/L (ppb) ve 13.1 µg/L (ppb) ile standart değerine çok yakın değerler almaktadırlar. Çalışma alanı içerisinde en yüksek kirlilik, 36.9 µg/L ve 33.9 µg/L değerleri ile florit madeni yakınında olan KMK-17 Kaynağında tespit edilmiştir. Koç (2005), Bayındır Florit Maden sahası içerisinde nefelin siyenit birimler içerisinde uranyum miktarının artışından bahsetmiştir. Uzun süreli ve yüksek miktarda uranyum tüketimi böbrek rahatsızlıklarına sebebiyet vermekte ayrıca radyoaktif bir element olmasından dolayı çok düşük bir ihtimalde olsa kanser riski taşıyabilmektedir (HHS, 1999). U kirliliği açısından standart değeri aşan suların sağlık üzerindeki riskleri dikkate alınarak halihazır halleriyle içme amaçlı kullanılmaması daha doğru olacaktır.

4.1.3. Sulama Suyu Açısından Değerlendirme

Sulama amacıyla kullanılacak suların içeriğinde bulunan çözünmüş fazla miktardaki iyonlar, tarım yapılan toprakta ve bitkide fiziksel ve/veya kimyasal zararlara yol açabilmektedir. Sulama suyu olarak kullanılacak suların belli kriterlerde olması gerekmektedir (Erdoğan, 2013). Sulama suyu kalitesinin sınıflandırılmasında kullanılan kriterler aşağıda verildiği gibidir (Erözel, 1986; Bauder vd., 2011):

1. Suda çözünebilir iyonların toplam konsantrasyonu: Genellikle elektriksel iletkenliğe göre yapılan sınıflamada EC değeri 0-250 µS/cm'ye kadar olan sular, drenaj sorunu olmayan alanlarda geniş çapta kullanılmaktadır. Ancak

bu değerdan fazla olursa, tuzluluk sorunu ortaya çıkmaktadır. Bu topraklarda yalnız tuza dayanımları fazla olan bitkiler yetiştirilebilir.

2. Sodyum katyonunun suda bulunan diğer katyonlara oranı: Sodyum iyonunun zararlı ve istenmeyen etkisinin oluşmaması için, sodyum zararının bir ölçüsü olarak “sodyum yüzdesi” kullanılmaktadır. Bu değeri;

$$\% \text{ Na} = (\text{Na}^+ / \sum \text{Katyon}) \quad (4.1)$$

şeklinde hesaplanmakta ve genellikle 50 veya 60’ dan yüksek olması istenmemektedir (Hesaplarken konsantrasyonlar mek/L olmalıdır).

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

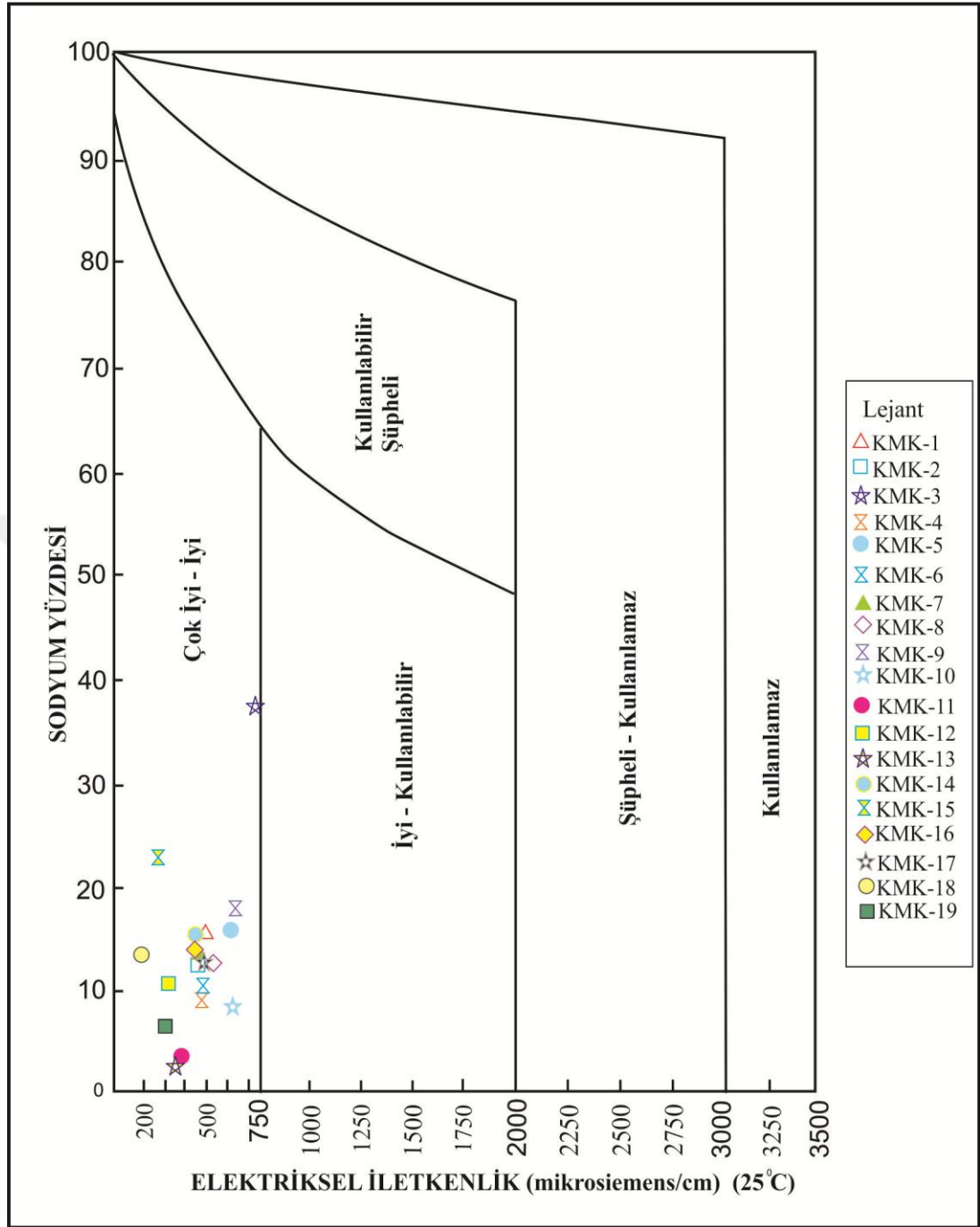
$$\text{SAR} = \text{Na}^+ / [(\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++})]^{1/2} \quad (4.2)$$

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(Hesaplarken konsantrasyonlar mek/L olmalıdır).

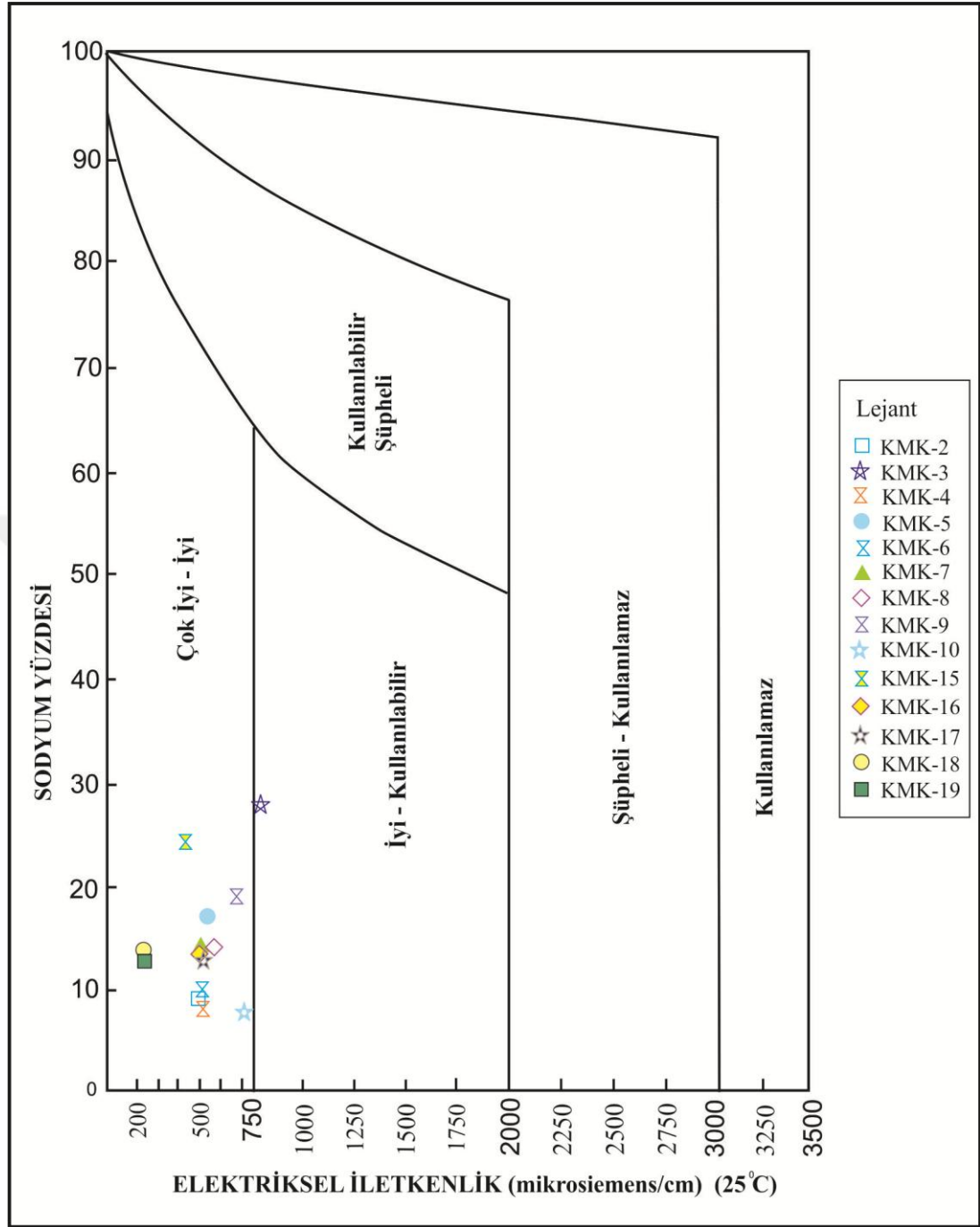
3. Alkalinite ve pH: Sulama suları için pH aralığı 6.5 ila 8.4 arasında olmalıdır. Düşük pH’lı sular sulama sistemi içerisinde korozyonlara sebep olabilmekte, yüksek pH’lı sular ise (>8.5) yüksek bikarbonat (HCO_3^-) ve karbonat (CO_3^{--}) konsantrasyonlarına sebep olmaktadır. Yüksek karbonat miktarı su içerisindeki magnezyum ve kalsiyum iyonlarını çözünmez bir forma sokmakta, ve bu durum su içerisindeki baskın iyonun sodyum olmasına sebep olmakta ve bu da yüksek SAR oranlarına sebep olabilmektedir. Yüksek bikarbonat konsantrasyonu ise kalsit birikimlerine sebep olabileceği için damlama ve sprey şeklinde yapılan sulamalarda düşük akış miktarlarına neden olabilmektedir.

4. Spesifik iyon miktarları: Klorür, sülfat, bor ve nitrat gibi iyonların miktarı sulama suları için önemlidir. Klorür ve bor gibi iyonlar az miktarlarda birçok bitki için gerekli olmakla birlikte fazla oldukları durumlarda zararlı olabilmektedirler. Sülfat ve nitrat iyonları ise gübreleme gibi amaçlar için kullanılsada fazla miktarda olmaları ürün kalitesini etkilemektedir.

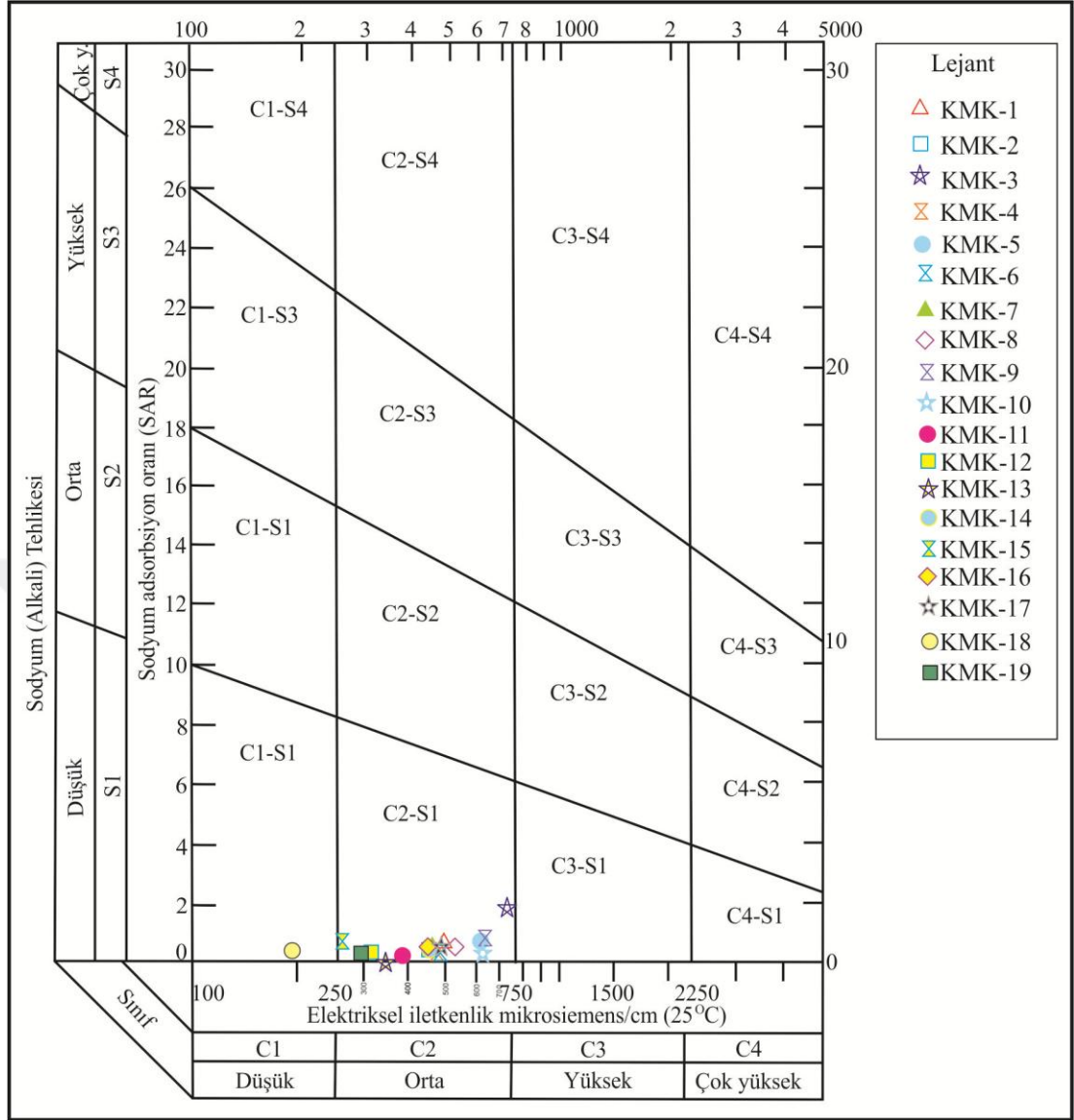
İnceleme alanı içerisinde yer alan kaynak ve kuyuların sulama suyu açısından değerlendirilebilmesi için Wilcox Diyagramı (Şekil 4.5, Şekil 4.6) ve ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı (Şekil 4.7, Şekil 4.8) çizilmiştir. Wilcox Diyagramı %Na ve EC değerleri baz alınarak, ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı ise SAR ve EC değerleri baz alınarak çizilmektedir. Wilcox diyagramına göre yapılan sulama suyu sınıflamasında kurak dönemdeki bütün sular “Çok iyi-iyi” sınıfında bulunmakta yağışlı dönemde ise genel sınıflama değişmemekle birlikte sadece KMK-3 toplama kaynağı “İyi-kullanılabilir” sınıfında yer alarak değişiklik sunmaktadır. Bu değişimin sebebinin toplama sulardan oluşan bu kaynağa başka suların eklenmesi olduğu düşünülmektedir. ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramı kullanılarak yapılan sulama suyu sınıflamasında ise kurak dönemde suların geneli C2-S1 yani “düşük sodyumlu-orta tuzlu” sınıfında yer almakta sadece KMK-18 kaynağı C1-S1 yani “düşük sodyum-düşük tuzlu” sınıfında yer almaktadır. Yağışlı dönem sınıflamasında suların geneli yine C2-S1 sınıfında, KMK-18 ve KMK-19 kaynakları C1-S1 sınıfında, KMK-3 toplama kaynağı ise C3-S1 yani “düşük sodyumlu-yüksek tuzlu” sınıfında yer almaktadır.



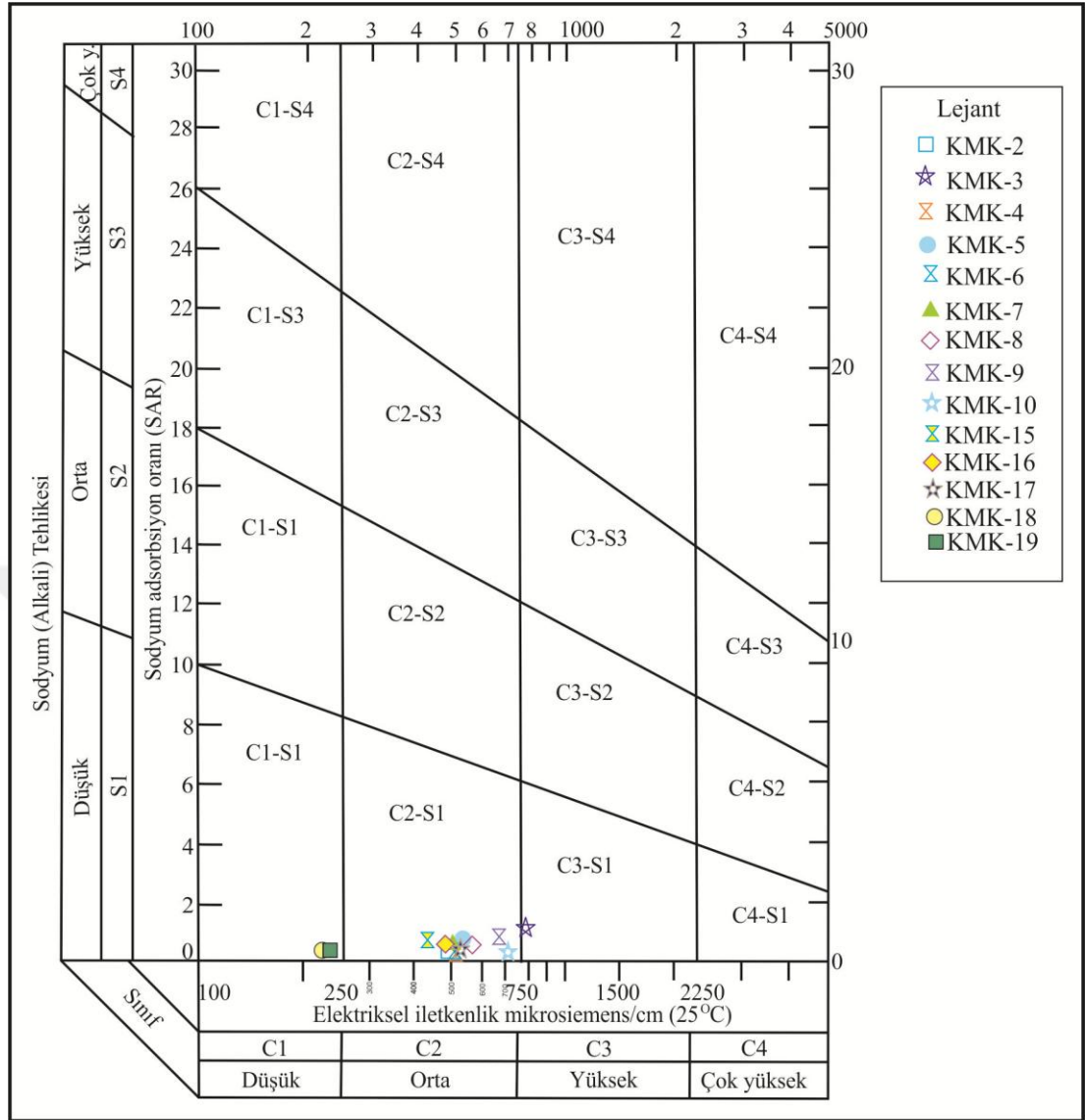
Şekil 4.5. Çalışma alanındaki sularının sulama suyu sınıflandırılması (Wilcox Diyagramı) (Kurak dönem).



Şekil 4.6. Çalışma alanındaki sularının sulama suyu sınıflandırılması (Wilcox Diyagramı) (Yağışlı dönem).



Şekil 4.7. Çalışma alanındaki sularının sulama suyu sınıflandırılması (ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı) (Kurak dönem).



Şekil 4.8. Çalışma alanındaki sularının sulama suyu sınıflandırılması (ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı) (Yağışlı dönem).

4.2. DOYGUNLUK ANALİZİ

Su yeraltında çok farklı derinliklerde bulunmakta ve suyun bileşimi içerisinde geçtiği kayalar tarafından belirlenmektedir (Varol vd., 2008). Bu çeşitli derinliklerde meydana gelen kimyasal tepkimeler ortamın hidrokimyası hakkında fikir yürütmemize yardımcı olmaktadır. Bu sebeple yeraltısuyunun çeşitli minerallere doygunluğunun incelenmesi gerekmektedir. Doygunluk indeksi (SI) olarak adlandırılan bu durum yeraltısularının, bünyesinde çözünmüş olan mineraller açısından denge durumunda olup olmadığını ve/veya bu denge durumundan sapmaları sayısal olarak açıklamaktadır. Eğer SI değeri sıfır ise su, çözünmüş mineral bakımından tam doygundur. SI değeri pozitif değerli ise aşırı doygundur, negatif değerli ise doygundur olmayan durum söz konusudur. Aşırı doyguluk durumunda mineral çökelişi beklenirken, doygundur olmayan durumda mineral çözünmesi beklenmektedir (Apello ve Postma, 1996; Drever, 1996; Langmuir, 1997).

İnceleme alanındaki yeraltısularının çeşitli mineraller açısından doyguluk durumlarını saptamak amacıyla PhreeqCi (Parkhurst ve Appelo, 1999) programı kullanılmış ve bu suların kurak ve yağışlı dönemlerdeki doyguluk durumları saptanmıştır (Çizelge 4.5). Bölgedeki sular genellikle götit (FeOOH), hematit (Fe_2O_3), aragonit (CaCO_3), kalsit (CaCO_3) ve dolomit ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) minerallerine aşırı doygundur iken, alunit ($\text{KAl}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$), anhidrit (CaSO_4), serisit (PbCO_3), halit (NaCl), pirit (FeS_2), rodokrosit (MnCO_3), siderit (FeCO_3), sfalerit (ZnS), gipsit ($\text{Al}(\text{OH})_3$) gibi bazı sülfat, karbonat ve sülfür minerallerine ise doygundur değildir. Yağışlı dönemde bazı sular seyrelmeden dolayı aragonite ve dolomit minerallerine doygunluğunu yitirmektedirler.

Çizelge 4.5. Çalışma alanındaki suların mineral doygunluk indeksleri.

	Alunit	Anhidrit	Aragonit	Kalsit	Serisit	Dolomit	Gipsit	Götit	Halit	Hematit	Pirit	Rodokrosit	Siderit	Sfalerit
KMK-1	-16.69	-2.53	0.68	0.83	-4.69	1.45	-2.05	4.60	-8.29	11.18	-117.70	-3.13	-5.22	-62.84
KMK-2	-17.26	-2.59	0.62	0.77	-4.70	1.39	-2.07	4.57	-8.53	11.12	-117.52	-3.15	-5.25	-62.71
“	-12.35	-2.78	-0.12	0.03	-4.61	-0.55	-1.03	4.05	-9.18	10.05	-102.70	-3.70	-4.07	-55.72
KMK-3	-17.29	-2.77	0.67	0.82	-4.72	1.52	-2.06	4.54	-7.15	11.07	-117.06	-3.15	-5.10	-62.58
“	-9.65	-2.96	-0.11	0.04	-3.13	-0.50	-0.04	3.69	-7.72	9.33	-101.05	-3.75	-4.07	-54.94
KMK-4	-18.50	-2.79	0.68	0.82	-4.71	1.46	-2.12	4.56	-8.85	11.11	-118.88	-3.14	-5.38	-63.33
“	-13.13	-2.66	-0.02	0.13	-4.62	-0.26	-1.14	4.21	-9.03	10.38	-103.95	-3.68	-4.12	-56.32
KMK-5	-16.41	-2.59	0.66	0.81	-4.68	1.55	-1.87	4.62	-8.09	11.21	-114.98	-3.18	-4.80	-61.67
“	-12.96	-2.40	0.20	0.35	-3.46	0.26	-1.13	4.25	-8.08	10.45	-104.03	-3.56	-3.98	-55.84
KMK-6	-17.27	-2.71	0.69	0.84	-4.67	1.44	-1.98	4.63	-8.76	11.24	-117.41	-3.15	-5.11	-62.74
“	-6.31	-2.57	0.15	0.30	-4.59	-0.05	1.05	4.39	-8.76	10.72	-105.30	-3.57	-4.07	-57.01
KMK-7	-11.43	-2.87	0.47	0.62	-4.63	1.06	-0.08	4.70	-8.62	11.36	-114.38	-3.24	-4.72	-61.32
“	-8.18	-2.74	0.06	0.22	-4.60	-0.04	0.69	4.23	-8.76	10.41	-104.22	-3.61	-4.03	-56.50
KMK-8	-14.99	-2.71	0.47	0.62	-4.63	1.09	-1.62	4.67	-8.27	11.30	-112.23	-3.28	-4.48	-60.36
“	-11.88	-2.54	0.03	0.19	-3.62	-0.10	-1.07	4.08	-8.35	10.12	-102.85	-3.66	-4.04	-55.82
KMK-9	-12.18	-2.50	0.55	0.70	-4.62	1.39	-0.63	4.70	-8.23	11.35	-112.38	-3.23	-4.45	-60.51
“	-11.67	-2.34	0.05	0.21	-4.60	0.15	-1.01	4.00	-8.28	9.95	-101.91	-3.65	-4.00	-55.39
KMK-10	-12.59	-2.07	0.39	0.54	-4.65	0.47	-1.43	4.47	-8.00	10.91	-106.82	-3.48	-4.21	-57.73
“	-10.31	-1.94	0.12	0.27	-3.16	-0.22	-1.10	3.86	-7.98	9.68	-100.70	-3.02	-4.10	-54.77
KMK-11	-16.71	-2.81	0.45	0.60	-4.63	0.30	-1.75	4.70	-9.60	11.36	-115.04	-3.27	-4.91	-61.51
KMK-12	-15.10	-2.77	0.11	0.26	-4.62	0.15	-1.57	4.68	-9.17	11.32	-111.65	-3.40	-4.65	-59.88
KMK-13	-18.14	-3.29	0.43	0.58	-4.72	0.77	-1.98	4.50	-9.92	11.00	-116.18	-3.26	-5.07	-62.02
KMK-14	-15.87	-2.67	0.58	0.73	-4.63	1.12	-1.72	4.70	-8.62	11.36	-114.23	-3.21	-4.68	-61.30
KMK-15	-15.53	-3.01	0.03	0.18	-4.65	-0.09	-1.65	4.62	-8.85	11.21	-112.08	-3.40	-4.71	-60.07
“	-6.93	-2.91	-0.43	-0.27	-4.60	-1.22	0.77	4.23	-8.78	10.39	-103.51	-3.77	-4.20	-56.04
KMK-16	-14.59	-2.53	0.30	0.45	-4.65	0.74	-1.60	4.58	-8.72	11.13	-110.21	-3.35	-4.43	-59.33
“	-12.51	-2.31	0.14	0.30	-4.61	0.07	-1.23	4.40	-8.77	10.74	-105.07	-3.55	-4.08	-56.90
KMK-17	-14.57	-2.44	0.37	0.52	-4.63	0.77	-1.57	4.63	-8.28	11.23	-110.51	-3.34	-4.43	-59.48
“	-11.32	-2.32	-0.06	0.09	-4.03	-0.33	-1.02	3.89	-8.32	9.73	-101.06	-3.75	-4.09	-54.92
KMK-18	-16.21	-2.86	-0.01	0.14	-4.64	-0.18	-1.76	4.68	-9.26	11.31	-114.32	-3.37	-5.08	-61.00
“	-6.98	-2.51	-0.20	-0.04	-4.58	-0.81	0.87	4.70	-9.08	11.34	-108.93	-1.49	-4.56	-58.54
KMK-19	-15.48	-2.89	0.22	0.37	-4.64	0.18	-1.63	4.63	-9.38	11.22	-112.01	-3.38	-4.65	-60.08
“	-12.58	-2.70	-0.42	-0.26	-4.60	-1.25	-1.17	4.43	-9.32	10.81	-104.96	-3.75	-4.32	-56.69

BÖLÜM 5

İZOTOP HİDROJEOLJİSİ

Çevremiz çeşitli elementler ve onların bileşiklerinden meydana gelmektedirler. Elementlerin tepkimeye girebilen en küçük parçaları atom olarak isimlendirilmektedir. Atomlarda proton ve nötronlardan oluşan bir çekirdek ve çekirdek etrafında dönen bir elektrondan oluşmaktadır. Çekirdek içerisindeki nötron ve protonların toplamı kütle numarası olarak adlandırılmaktadır. İzotoplar çekirdekten nötron çıkarılması veya eklenmesiyle oluşmaktadırlar. Bu nedenle çekirdeğinde aynı sayıda proton fakat farklı sayıda nötron bulunduran atomlara o elementin izotopu denilmektedir. Kararlı çekirdeğe sahip izotoplara “Kararlı İzotoplar” denilmekte, çekirdeğinde nötron fazlalığı bulunan çekirdeklere ise “Kararsız İzotoplar” denilmektedir. Kararsız yapıdaki elementler kararlı yapıda olan daha küçük atomlara dönüşmek istemekte ve bu esnada radyasyon yaymaktadırlar. Radyoaktif bozunma olarak isimlendirilen bu olay esnasında enerji dalgaları ve çekirdekten parçacıklar ortaya çıkmaktadır. Radyoizotopların parçalama oranı o izotopun yarılanma ömrüne bağlıdır. Belirli bir anda radyoizotop içindeki atomların sayısının yarıya düşmesi yarılanma ömrü olarak adlandırılmakta ve her izotop için farklılık göstermektedir. Kararlı izotopların ölçümü manyetik bir alanda kütlelere göre saptırmaya dayanan bir ölçüm tekniği olan kütle spektrometresiyle gerçekleştirilmektedir (Günay, 1977; Kurttaş, 1997; Dilaver vd., 2002). Kararsız izotoplar ise alfa parçacığı spektrometresi (Back ve Zoetl, 1975), gaz kaynaklı spektrometre, katı kaynaklı kütle spektrometresi, sıvı parıldama, gaz sayıcıları (Clark ve Fritz, 1997) gibi cihazlar kullanılarak ölçülmektedir (Ekemen, 2006; Özler, 2016).

Hidroloji ve hidrojeoloji alanlarında 1960’lı yıllardan sonra kullanılmaya başlayan izotoplar, yeraltısularının kökenlerinin belirlenmesi, beslenme alanlarının saptanması, akiferin su taşıma özelliklerinin belirlenmesi, yeraltısularının yeraltında dolanım sürelerinin tayin edilmesi, yüzey ve yeraltısu ilişkilerinin ortaya

konulması gibi çalışmalarda kullanılmaktadır. Hidroloji ve hidrojeolojide kullanılan kararlı izotoplar suyun yapısında bulunan oksijen-18 (^{18}O), döteryum (^2H) izotopları ve karbon-13 (^{13}C) vb. izotoplardır. Bunların dışında azot, kükürt, klorür, uranyum, toryum gibi izotoplarda kirlenici kaynağının belirlenmesi ve takibinin yapılması gibi çalışmalarda kullanılmaktadır. Kararsız yapıda olup yaş saptamada sıklıkla kullanılan izotoplar ise hidrojenin kütle numarası 3 olan izotopu trityum (^3H) ve karbonun kütle numarası 14 olan izotopu Karbon-14 (^{14}C)'tür (Çifter ve Sayın, 2002; Ekemen, 2006; Özler, 2016).

5.1. İZOTOP VERİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

İnceleme alanındaki suların kökenlerinin ve yeraltı dolanım sürelerinin saptanması amacıyla içmesuyu amaçlı olarak kullanılan, görelî olarak büyük debili olan ve florit ve demir maden alanları çevresinde bulunan sularda oksijen-18, döteryum ve trityum analizleri yaptırılmıştır (Çizelge 5.1).

Çizelge 5.1. Çalışma alanındaki bazı sularının izotop analiz sonuçları.

Kaynak No	Örnekleme Tarihi	Trityum (TU)	Döteryum (VSMOW ‰)	Oksijen-18 (VSMOW ‰)
KMK-8	28.06.2016	3.02±0.28	-63.41±1.49	-8.49±0.20
KMK-9	28.06.2016	2.71±0.28	-62.47±0.26	-8.31±0.08
“	03.05.2017	4.44±0.30	(-)	(-)
KMK-10	29.06.2016	3.09±0.28	-71.10±0.57	-10.31±0.05
KMK-13	29.06.2016	2.11±0.26	-70.16±1.23	-10.12±0.15
KMK-15	30.06.2016	3.92±0.29	-72.92±1.04	-10.74±0.21
“	03.05.2017	3.39±0.30	(-)	(-)
KMK-16	30.06.2016	4.45±0.30	-69.31±0.61	-9.81±0.05
KMK-17	30.06.2016	2.99±0.29	-74.28±1.90	-10.33±0.30
“	03.05.2017	3.87±0.32	(-)	(-)
KMK-18	30.06.2016	3.69±0.30	-71.02±0.55	-10.13±0.04

5.1.1. Oksijen-18-Döteryum İlişkisi

Oksijen-18 ve döteryum izotopları, kararlı yapıda izotoplar oldukları için zamanla bozunmaya uğramamaktadırlar. Bu sebeple hidrolojik ve hidrojeolojik çalışmalarda genellikle izleyici olarak kullanılmaktadırlar (Günay, 1977; Çifter ve Sayın, 2002). İzleyici özellikteki bu izotoplar ile suların beslenme yükseklikleri, kökenleri vb. özellikleri anlaşılabilmektedir. ^{18}O ve D izotopları okyanusta, 2000 ppm H_2^{18}O ve 320 ppm HDO konsantrasyonlarında bulunmaktadır. Su numunelerindeki kararlı izotop içeriği kesin bir değer olarak değil $\text{D}/^{18}\text{H}$ veya $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ gibi ağır olan izotopla hafif olan izotopun bolluk oranının, belirli bir standarttan farkı olarak ifade edilmektedir (Clark ve Fritz, 1997; Çifter ve Sayın, 2002). Bu amaçla belirlenmiş standartlar Ortalama Standart Okyanus Suyu (SMOW) ve ona çok yakın olan Viyana Standart Okyanus Suyu (VSMOW)'dur. Standartlardan fark olarak ölçülen izotop içerikleri 'binde ‰' olarak ifade edilmekte ve delta (δ) olarak gösterilmektedir. Bir numunenin oksijen-18 ve döteryum içeriği aşağıdaki eşitlikler yardımı ile bulunabilmektedir (Back ve Zoetl, 1975; Alişan, 2002).

$$\delta^{18}\text{O} = [(^{18}\text{O}/^{16}\text{O})_{\text{örnek}} - (^{18}\text{O}/^{16}\text{O})_{\text{SMOW-VSOW}}] / [(^{18}\text{O}/^{16}\text{O})_{\text{SMOW-VSOW}}] * 1000 \quad (5.1)$$

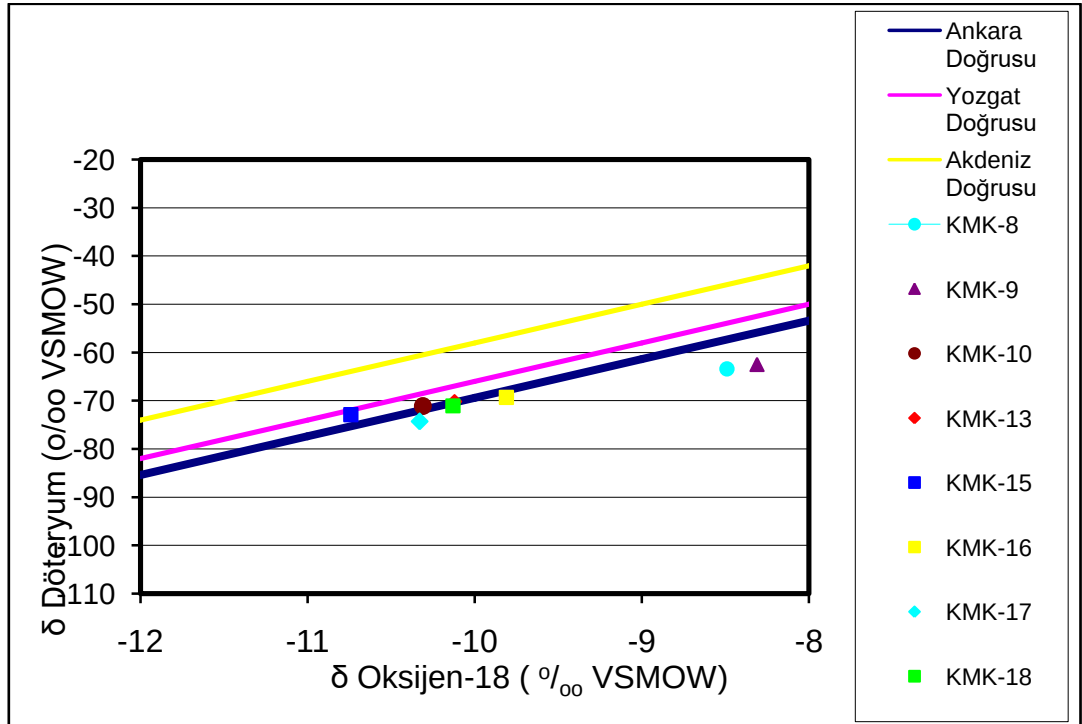
$$\delta\text{D} = [(\text{D}/\text{H})_{\text{örnek}} - (\text{D}/\text{H})_{\text{SMOW-VSOW}}] / [(\text{D}/\text{H})_{\text{SMOW-VSOW}}] * 1000 \quad (5.2)$$

Hidrolojik çevrim içerisinde su içerisindeki kararlı izotopların içerikleri bölgesel olarak ve zaman içerisinde değişmektedir. Su buharlaşma ve yoğunlaşma safhalarından geçerken havada farklı difüzyon hızları oluşmakta ve izotopik fonksiyonlanmadan dolayı H_2^{18}O ve HDO'nun buhar basınçları farklı olmaktadır. Bu sebeple buharlaşma olduğunda su ağır izotoplarca zenginleşmektedir. Okyanus suları için δD ve $\delta^{18}\text{O}$ ortalama değerleri sıfıra eşittir. Okyanus yüzeyi üzerinde δD ve $\delta^{18}\text{O}$ atmosferik buhar sırasıyla -85 ve -12 değerlerinde bulunmaktadır (Back ve Zoetl, 1975). Dansgaard (1964)'ün yaptığı global yağış incelemelerinde D ve ^{18}O arasındaki ilişki aşağıdaki gibi elde edilmektedir. Craig (1961)'e göre d'nin ortalama değeri 10'dur.

$$\text{‰ } \delta\text{D} = \text{‰ } ^{18}\text{O} + d \quad (5.3)$$

Boylam ve enlem artışı ile ve karalardan içeri gidildikçe yağıştaki D ve ^{18}O içeriği azalmaktadır. Ayrıca bu izotopların miktarı yaz aylarındaki yağışta, kış aylarındaki yağıştan daha fazla bulunmaktadır. Deniz seviyesinde yukarı çıktıkça D ve ^{18}O gibi ağır izotopların miktarı azalmaktadır (Günay, 1977).

İnceleme alanında görel olarak bazı büyük debili ve yakın zamanda terkedilmiş florit ve demir madeni yakınlarındaki suların $\delta^{18}\text{O}$ değerleri ‰-62.47 ve ‰-74.28 değerleri arasında, $\delta^2\text{H}$ değerleri ise ‰-8.31 ve ‰-10.74 değerleri arasında değişim göstermektedir. Suların kökenlerinin saptaması amacıyla $\delta^{18}\text{O}$ ve δD değerleri kullanılarak çizilen Oksijen-18-Döteryum grafiği Şekil 5.1’de verilmiştir. Bu grafiğe bakıldığında suların meteorik kökenli olduğu anlaşılmaktadır. Suların çoğunluğu Ankara Meteorik Su Doğrusu üzerinde yer almakla beraber KMK-8 ve KMK-9 kaynakları muhtemelen diğer kaynaklara göre daha düşük kotlardaki yağışlardan beslenmesi ve/veya su kayaç etkileşiminden dolayı $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^2\text{H}$ zenginleşmesi göstermiş ve Ankara Meteorik Su Doğrusunun bir miktar altında kalmışlardır. KMK-9 Kaynağı demir cevherleşmesi bulunan bölgeden boşalan bir sudur.



Şekil 5.1. Çalışma alanındaki bazı kaynakların Oksijen-18-Döteryum grafiği.

5.1.2. Trityum İle Yeraltısuyu Yaşlarının Tayini

Kararsız bir izotop olan hidrojen elementinin kütle numarası 3 olan izotopu yani trityumun yarılanma ömrü 12.43 yıldır. Bu izotop yarılanırken beta bozunması gerçekleştirmektedir (Clark ve Fritz, 1977; Çifter ve Sayın, 2002). Trityum hidrolojik sistem içerisinde iki ana yolla meydana gelmektedir. Birincisi doğal olarak atmosferin üst katmanlarında kozmik etkiler altındaki nötronların azot atomlarıyla tepkimeye girmesi sonucu oluşan trityum olup, ikincisi ise 1952 yılından sonra yapılan termonükleer denemeler sonucu atmosfere yayılan ve yapay olarak oluşan trityumdur. Trityum miktarı 1963 yılında, denemeler sonucu 8000 TU'ya kadar çıkmış olup, günümüzde doğal değerlerine geri dönmüştür (Back ve Zoetl, 1975; Clark ve Fritz, 1977; Çifter ve Sayın, 2002). Su içerisindeki trityum konsantrasyonu “Trityum Birimi (TU)” olarak ifade edilmekte ve sıvı parıldama ve gaz sayıcıları ile ölçülmektedir (Clark ve Fritz, 1977; Çifter ve Sayın, 2002). Yani 1 trityum birimi (TU), 10^{18} hidrojen atomuna karşılık 1 trityum atomunun bulunmasıdır. Trityum hidrojeolojide genellikle uğradığı zamansal değişim nedeniyle suların bağlı yaşlarının hesaplanmasında kullanılmaktadır. Deniz suyunda düşük seviyelerde bulunan trityum miktarının, deniz seviyesinden yukarılara çıktıkça sulardaki miktarı artmaktadır. Coğrafi enlem trityum değeri üzerinde küçük bir etkiye sahip olup, mevsimsel olarak maksimum değerine bahar ve yaz mevsimi sonunda ulaşmaktadır. Okyanus alanlarının farklı olmasında dolayı Güney Yarım Kürede trityum miktarı Kuzey Yarım Küreye oranla çok düşüktür (Back ve Zoetl, 1975; Günay, 1977; Çifter ve Sayın, 2002).

İnceleme alanında bazı büyük debili ve terkedilmiş florit ve demir madeni yakınlarındaki suların trityum değerleri kurak dönemde 2.71-4.45 TU arasında değişmektedir. Yağışlı dönemde ise yağışların etkisiyle bir miktar artış göstermektedir. Bu değerler bu suların direkt olarak modern beslenime sahip olmadığına işaret etmektedir. Analiz sonuçları, Çizelge 5.2’de verilen Clark ve Fritz (1997)’nin kalitatif yaklaşımına göre değerlendirildiğinde, suların “Yarımodern ve şimdiki beslenimin karışımı” beslenimine sahip olduğu anlaşılmaktadır. Suların debilerinin yağışlı dönemde çok fazla artış göstermemesi de bu durumu kanıtlamaktadır.

Çizelge 5.2. Clark ve Fritz (1997)' in önerdiği kıtasal bölgeler için geçerli olan kalitatif yaklaşım.

TriyumDeğeri (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 beslenim bileşenleri önemli miktarda bulunuyor
>30 TU	1960'lı yılların beslenimi baskın
>50 TU	Yarımodern-1952'den önce beslenmiş

BÖLÜM 6

SONUÇLAR

Kırşehir ili Kaman ilçesinin kuzeyindeki yakın zamanda terkedilmiş florit ve demir madeni sahalarını ve tarım alanlarını kapsayan çalışma alanındaki suların fiziksel, kimyasal ve izotopik özelliklerini belirlemek amacıyla yapılan bu çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda verildiği gibi özetlenebilir:

1. Çalışma alanındaki suların kurak dönemde elektriksel iletkenlik (EC) değerleri 199-731 $\mu\text{S/cm}$ arasında; debileri 0.035-3.32 L/s arasında; toplam çözünmüş madde miktarı (TDS) 131-475 mg/L arasında; pH değerleri 7.86-8.15 arasında; yükseltgenme-indirgenme potansiyeli (ORP-Eh) 257-649 mV arasında değişmektedir. Yağışlı dönem değerleri ise sırasıyla 229-768 $\mu\text{S/cm}$, 0.09-0.99 L/s, 149-511 mg/L, 7.28-7.87 ve 326-363 mV arasında değişmektedir.
2. İnceleme alanındaki suların büyük çoğunluğu Ca-HCO_3 fasiyesine sahip olmakla birlikte, Kızılırmak Formasyonundan boşalan KMK-3, KMK-5 kaynakları ve Büğüz Demir Madeni yakınlarında bulunan ve Baranadağ Granitoyidin'den boşalan KMK-9 Kaynağı karışık Na-Ca-Mg-HCO_3 tipteki sulardır. Yağışlı dönem sonuçlarında göre ise yağışların etkisiyle tüm sular Ca-HCO_3 fasiyesinde bulunmaktadır.
3. İnceleme alanı içerisinde bulunan kaynakların nitrat (NO_3) değerleri kurak dönemde 0.68-72.35 mg/L, yağışlı dönemde 0.77-54.33 mg/L arasında değişmektedir. Genel anlamda 50 mg/L olan üst sınırı aşmamakla birlikte kırıntılı birimlerden (Kızılırmak Formasyonu) boşalan KMK-3 Kaynağı ve KMK-4 Kuyusu standart değeri aşmaktadırlar. Suların amonyum (NH_4) değerleri kurak dönemde 0.13-1.99 mg/L arasında değerler almaktadır.

4. KMK-1, KMK-2, KMK-3, KMK-5, KMK-6, KMK-7, KMK-8, KMK-10 suları standart değeri birkaç kat aşmaktadırlar. KMK-10 Kuyusu Kaman ilçesinin içme suyunun sağlaması açısından ayrıca önem taşımaktadır. Kirlilik saptanan bu sular tarımsal faaliyetin yoğun olduğu bölgelerden boşalmakta olup, bu nedenle bu kirliliklerin bilinçsiz ve aşırı gübre kullanımından kaynaklandığı düşündürmektedir. Ayrıca NH_4 kirliliğinin daha fazla gözlenmesi, taze bir kirlilik kaynağı girişini işaret etmekte ve sulardaki NH_4 'ün NO_3 'e dönüşecek kadar yeraltında uzun dolanım süresine sahip olmadığını göstermektedir.
5. Çalışma alanındaki suların arsenik (As) değerleri kurak dönemde 0.4-27.4 $\mu\text{g/L}$ (ppb), yağışlı dönemde ise 0.33-23.94 $\mu\text{g/L}$ (ppb) arasında değişmekte olup kırıntılı kayalardan oluşan Kızılırmak Formasyonundan boşalan KMK-3, KMK-5, KMK-6, KMK-7, KMK-8, terkedilmiş florit madeni bölgesinde bulunan ve Buzlukdağ Siyenitoyidinden boşalan KMK-17, Baranadağ Granitoyidinden boşalan KMK-18, metamorfik (Kervansaraydağ) birimler ve granit (Baranadağ) kontağından boşalan KMK-19 sularının As konsantrasyonları 10 $\mu\text{g/L}$ (ppb) olan standart değeri aşmaktadır. Ayrıca terkedilmiş demir madeni bölgesinde yer alan ve Baranadağ Granitoyidin'den boşalan KMK-9 Kaynağı ve Kızılırmak Formasyonundan boşalan KMK-10 Kuyusunun As konsantrasyonu standardı aşmamakla birlikte sınır değere çok yakın bir değere sahiptir. Çalışma alanındaki As kirliliklerinin kirlilik kaynaklarından ilkinin, magmatik kayalar, kaynak kayası magmatik kayalar olan kırıntılı seviyeler ve maden alanlarındaki su-kayaç etkileşimiyle meydana gelen doğal yıkanma, ikincisinin ise kırıntılı kayalar üzerinde yoğun olarak yapılan tarımsal faaliyetler sırasında bilinçsiz kullanılan gübre, pestisit vb. kimyasalların olduğu düşünülmektedir. İlk kirlilik kaynağına madencilik faaliyetleri sırasındaki tahribatın da etkili olabilceği akıldan çıkarılmamalıdır. Kaynak kayasını çoğunlukla magmatik kayalar olan ve üzerinde yoğun tarımsal faaliyetler gerçekleştirilen kırıntılı kayaların boşalan sulardaki As kirliliğinde doğal yıkanmanın yanında tarımsal kirlenmenin de aynı anda etkili olduğu düşünülmektedir.

6. İnceleme alanı içerisindeki sulara kurak dönemde florür (F) değerleri 0.06-3.35 mg/L değerleri arasında yağışlı dönemde ise 0-3.28 mg/L arasında değişmektedir. Bayındır bölgesi terkedilmiş florit madeni yakınında bulunan ve siyenitlerden boşalan KMK-17 sınır değeri iki kat aşmaktadır. Sırasıyla Büğüz demir madeni ve Durmuşlu demir madeni yakınlarında yer alan ve granit ve siyenit birimlerden boşalan KMK-9 ve KMK-15 kaynaklarında da florür değerleri standart değerinin üzerinde bulunmaktadır. Florit ve demir cevherleşmelerinin yakınlarından boşalan sulara gözlenen F kirliliklerinin su-kayaç etkileşiminden kaynaklı olduğu ve bu etkileşime madencilik faaliyetlerinin katkıda bulunduğu düşünülmektedir.
7. Bölgenin yeraltısularında uranyum (U) değeri kurak dönemde 0.6-36.9 µg/L (ppb) arasında, yağışlı dönemde ise 0.90-33.69 µg/L (ppb) arasında değerler almaktadır KMK-9, KMK-17, siyenitlerden boşalan kaynak ve kırıntılı kayalarda açılmış olan bir kuyunun birleşiminden oluşan KMK-2 çeşmesi ve ayrıca siyenit (Buzlukdağ) ve metamorfik (Bozçaldağ ve Hacıselimli) kantağından boşalan, yakın çevresinde terkedilmiş demir madeni bulunan KMK-16'nın uranyum konsantrasyonları sınır değeri aşmaktadır. Ayrıca yine siyenitlerden boşalan KMK-14 ve KMK-15 noktaları standart değerine çok yakın değere sahiptirler.
8. İnceleme alanı içerisindeki sulara major ve iz element kirliliği açısından bir veya birden fazla kirlilik içeren sular saptanmıştır. Çalışma alanında NO₃ kirliliği saptanan KMK-3 ve KMK-4 suları, NH₄ kirliliği saptanan KMK-1, KMK-2, KMK-3, KMK-5, KMK-6, KMK-7, KMK-8, KMK-10 suları, F kirliliği belirlenen KMK-9, KMK-15, KMK-17 suları, As kirliliği saptanan KMK-3, KMK-5, KMK-6, KMK-7, KMK-8, KMK-9, KMK-17, KMK-18, KMK-19 suları ve U kirliliği saptanan KMK-2, KMK-9, KMK-14, KMK-16, KMK-17 suları arıtma vb. yapılmadan halihazır haliyle sağlık üzerindeki negatif etkileri dikkate alınarak içme suyu olarak kullanılmamalıdır.
9. Bölgedeki suların çoğunluğu götit, hematit, aragonit, kalsit ve dolomit minerallerine aşırı doygunlardır. Bununla birlikte, yağışlı dönemde bazı sular

seyrelmeden dolayı aragonit ve dolomit minerallerine doygunluğunu yitirmektedirler.

10. İnceleme alanında izotop analizi yaptırılan sular meteorik kökenli olup, trityum değerleri 2.71 TU ile 4.45 TU arasında değişmektedir. Bu sonuçlara göre suların “Yarımodern ve şimdiki beslenimin karışımı” beslenimine sahip olduğu anlaşılmaktadır.



KAYNAKLAR

Akçay, A.E., Dönmez M., Kara H., Yergök A.F. ve Esentürk K., “1/100.000 ölçekli Türkiye jeoloji haritaları-Kırşehir J30 paftası”, **MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi**, No, 91, Ankara (2008).

Alişan, M., “Eski Kadın Göletindeki Kaçakların Çevresel İzotoplarla İncelenmesi”, **Hidrolojide İzotop Tekniklerinin Kullanılması Sempozyumu**, Adana, 303-309 (2002).

Appello C.A.J. and Postma D., “Geochemistry, Groundwater and Pollution”, **Battema**, Rotterdam (1996).

Arıkan, Y., “ Tuz Gölü havzasının jeolojisi ve petrol olanakları”, **MTA Dergisi**, 85: 17-37 (1975).

Arni, P., “ Kırşehir, Keskin ve Yerköy Arasındaki Havalide Vukua Gelen Zelzele” , **MTA Yayınları**, B (1): 18 (1938).

Atabey, E., Tarhan, N., Akarsu, B. ve Taşkiran, A., “Şereflikoçhisar, Panlı (Ankara)-Acıpınar (Niğde) yöresinin jeolojisi “, **MTA Raporu Derleme No:8155 (yayınlanmamış)**, Ankara (1987).

Ataman , G., “Ankara’nın Güneydoğusundaki Granitik/Granodiyoritik Kütlelerden Cefalıkdağ’ın Radyometrik Yaşı Hakkında Ön Çalışma”, **Hacettepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi**, 2(1): 44-49 (1972).

Ayan, M., “Contribution a l’etude petrographique et ge’ologigue de la region située au Nord-Est de Kaman (Turquie)”, **MTA Yayınları No: 115**, (1963).

Aydın, N., “Orta Anadolu masifinin Gümüşkent batısı (Nevşehir) dolayında jeolojik ve petrografik incelemeler”, Doktora Tezi (yayınlanmamış), **Ankara Üniversitesi Fen ve Mühendislik Fakültesi**, Ankara (1984).

Back W. and Zoetl J., “Aplication of geochemical principles, isotopic methodology, and artifical 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** (1975).

Bailey, E. B. and McCallien, W. J., “The Ankara Melange and the anatolia thrust”, **MTA Yayınları**, 13 (40): 17-21 (1950).

Bauder, T. A., Waskom, R. M., Sutherland, P. L. and Davis, J. G., “İrrigation Water Quality Criteria”, **Colorado State University Extesinon**, No: 0.506, (2011).

- Bayhan, H., “Bayındır-Akpınar (Kaman) yöresindeki alkali Kayaçların jeokimyası ve kökensel yorumu”, *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 31: 59-70 (1988)
- Bayhan, H. ve Girgin, İ., “Bayındır-Akpınar (Kaman) Nefelin Siyenitlerini Zenginleştirilmesi”, *Bilimsel Madencilik Dergisi*, 32 (2): 20-26 (1993).
- Baykal, F., “Kırıkkale-Kalecik ve Keskin-Bala mıntıkalarındaki jeolojik etüdler “,*MTA Raporu Derleme No:1448 (yayınlanmamış)*, Ankara (1943).
- Bilgin , Z. R., Akarsu, B., Arbas, A., Elibol, E., Yaşar, T., Esentürk, K., Güner, E. ve Kara, H., “Kırıkkale-Kesikköprü-Çiçekdağ alanının jeolojisi”, *MTA Raporları No: 7876 (yayınlanmamış)*, Ankara (1986).
- Borgono, J. M. and Greiber, R., “Epidemiological study of arsenicism in the city of Antofagasta “,*Hemphill DD, ed. Trace substances in environmental health, V. A symposium, University of Missouri Press.*, Columbia, 13-14 (1972).
- Bouchard, D. C., Williams, M. K. and Surampalli, R. Y., “ Nitrate Contamination of Groundwater: Sources and Potential Health Effects”, *American Water Work Association*, (1992).
- Boyle, J. R. and Jonasson, I. R., “ The geochemistry of arsenic and its use as an indicator element in geochemical propecting”, *J. Geochem. Explor.*, 2: 251-296 (1973).
- Cebrian, M. E., Albores, A. and Aguilar, M., “Chronic arsenic poisoning in the north of Mexico”, *Human Toxicology*, 2: 121–133 (1983).
- Clark, I.D. and Fritz, P., “Environmental Isotopes in Hydrogeology”, *Lewis Publishers*, New York (1997).
- Craig H., “Isotopic variation in meteoric waters”, *Science*, 133: 1702-1703 (1961).
- Çağlayan, A., “Savcılı Fay Zonunun (Kırşehir) Yapısal Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara (2010).
- Çifter, C. ve Sayın, M.,”İzotopların Hidrolojide Kullanılması”, *Hidrolojide İzotop Tekniklerinin Kullanılması Sempozyumu*, Adana, 1-14 (2002).
- Danış, M. ve Akalın, N., “Kırşehir-Kaman Hamitköy-İsahocalı-Ömerhacılı Savcılı Cıvarı Mermer (Serttaş) Ruhsat Sahaları Maden Jeolojisi Raporu”, *Mta Raporları No: 9348 (yayınlanmamış)*, Ankara (1992).
- Dansgaard W., “Stable isotopes in precipitation”, *Tellus*, 16: 436-468 (1964).
- Demir, İ. ve Uzun, İ., “Kırşehir Kaman Yöresi Granitlerinin Kırmataş Agrega Olarak Kullanılabilirlik Özellikleri”, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 22 (3): 369-378 (2007).

Demirtaş, R., Özdemir, A. ve Arabacı, F., “Kırşehir, Kaman, Büğüz 75644 Nolu Demir Madeni Ruhsat Alanı Jeolojik Araştırma Raporu”, **Jeolojik Araştırma Raporu**, Ankara (2015)

Deniz, K. and Kadioğlu, Y. K., “Assimilation and fractional crystallization of foid-bearing alkaline rocks: Buzlukdağ intrusives, Central Anatolia, Turkey”, **Turkish Journal of Earth Sciences**, 25: 341-366 (2016).

Dilaver, A. T., Çifter, C. ve Altay, T., “Türkiye’deki İçme Ve Kullanma Sularının Radyoaktivite Yönünden Kalitesinin Belirlenmesi”, **Hidrolojide İzotop Tekniklerinin Kullanılması Sempozyumu**, Adana, 35-45 (2002).

Doğan, R., Ayaz, E., Önenç, D., Uçar, K. ve Zimitoğlu, O., “Kırşehir Kuzeyindeki Magmatik Kayaçlar ve Maden Yatakları”, **Türkiye Jeoloji Kurultayı**, Ankara, 72-75 (2002).

Doğan, R., Ayaz, E., Önenç, L. D., Uçar, K. ve Zimitoğlu, O., “Kırşehir Kuzeyindeki Mağmatik Kayaçlar ve Maden Yatakları”, **55. Türkiye Jeoloji Kurultayı**, (2013).

Drever J.I., “The Geochemistry of Natural Waters (3rd ed.)”, **Prentice Hall**, New Jersey (1996).

Egeran, N. and Lahn, E., “Note on the tectonic position of the northern and central Anatolia”, **MTA Yayınları**, 41: 23-27 (1950).

Ekemen, T., “Yıldız Irmağı Havzasının (Sivas) Hidrojeoloji İncelemesi”, Doktora Tezi, **Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Sivas (2006)

Erdoğan, M., “Burdur - Ağlasun Havzasının Hidrojeoloji İncelemesi”, Yüksek Lisans Tezi, **İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul (2013).

Erkan, Y., “Orta Anadolu masifi güneybatısında (Kırşehir bölgesinde) etkili rejyonel metamorfizmanın petrolojik incelemesi”, Doçentlik Tezi (yayınlanmamış), **Hacettepe Üniversitesi**, Ankara (1975).

Erözel Z., “Sulamada su kalitesi ve tuzluluk sorunları”, **Kültürteknik Giriş, Ankara Üniversitesi Ziraat Fak. Yayını** No.996: 96-110 (1986).

Fawell, J., Bailey, K., Chilton, J., Dahi, E., Fewtrell, L. and Magara, Y., “Flouride in Drinking Water”, **World Health Organization, Iwa Publishing Inc**, 134 (2006).

Göncüoğlu, M. C., “Geologic des westlichen Niğde Massivs.”, Doktora Tezi (yayınlanmamış), **Bonn Üniv.**, 181 (1977).

Göncüoğlu, M. C., “Niğde masifi paragnayslarından Zirkon U/Pb yaşları”, **Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni**, 25 (1): 61-66 (1982).

Göncüoğlu, M. C., ”Orta Anodolu masifinin güney ucunda jeokronolojik yaş bulguları”, **MTA Dergisi**, 105-106: 27-28 (1986).

Görür, N., “Tuz Gölü-Haymana havzasının stratigrafik analizi: İç Anadolu’nun Jeolojisi Sempozyumu”, **Türkiye Jeoloji Kurultayı Yayını**, 60-65 (1981).

Güler, Ç. ve Çobanoğlu, Z., “Su Kirliliği”, Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi No:12, **Aydoğdu Ofset**, Ankara (1994).

Günay G., “Hidrojeoloji İncelemelerinde Uygulanan Yeraltısuyu İzleme Teknikleri”, **DSİ-UNOPProjesi Karst Hidrojeolojisi Semineri**, Oymapınar, 17-28 Ekim, 215-245 (1977).

He Z. L., Yang X. E. and Stoffella P. J., “Trace elements in agroecosystems and impacts on the environment”, **Journal of Trace Elements in Medicine and Biology** 19:125-140 (2005).

HHS., “Agency for Toxic Substances and Disease Registry Division of Toxicology Information Branch”, **U.S. Department of Health and Human Services (Public Health Service)**, Atlanta Georgia, 462 (1999).

Hindmarsh, J. T., McCurdy, R. F. and Peters G. R., “Clinical and environmental aspects of arsenic toxicity.”, **CRC Critical Reviews in Clinical Laboratory Sciences**, 23: 315-347 (1986).

İnternet: T.C. Kırşehir Valiliği, “Coğrafya” <http://www.kirsehir.gov.tr/cografya>, (2017).

İskit, M., “Bayındır-Kaman Radyoaktif Fluorit Zuhurları ve Civar Kayaçların Petrografik Etüdü”, **Maden Teknik Arama Enstitüsü**, Ankara (1966).

Jackson, J. and Mckenzie, D., “Active tectonics of the Alpine-Himalaya Belt between western Turkey and Pakistan”, **Geoph. J.R. Ast. Soc.**, 77: 185-264 (1984).

Kara, H., “1/100.000 ölçekli açınısma nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları serisi: Yozgat G19 paftası”, **MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi**, No, 54, Ankara (1997).

Kara, H. ve Dönmez M., “1/100.000 ölçekli Açınısma Nitelikli Türkiye jeoloji haritaları-Kırşehir G17 paftası”, **MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi**, No, 34, Ankara (1990).

Karakurt, Ü., “Orta Anadolu Fluorit Provensi (OAFP) Fluorit Yataklarının Sınıflandırılması ve Cevherleşme Potansiyeli”, Yüksek Lisans Tezi, **Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İzmir (2008).

Keskin T.E., “Nitrate and heavy metal pollution resulting from agricultural activity: a case study from Eskipazar (Karabuk, Turkey)”, **Environmental EarthSciences** 61: 703-721 (2010).

Ketin, İ., “ 1/500.000 ölçekli Türkiye Jeoloji haritası, Kayseri paftası ve açıklaması”, **MTA Enstitüsü Yayınları**, 825, Ankara (1963).

Ketin, İ., “Yozgat Bölgesinin Jeolojik lövesi hakkında memuar”, **Mta Raporları No: 2141, 50 (yayınlanmamış)**, Ankara (1953).

Ketin, İ., “Yozgat bölgesinin jeolojisi ve Orta Anadolu masifinin tektonik durumu”, **Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni**, 9 (1): 1-40 (1955).

Koç, Ş., “Kaman (Kırşehir) Bölgesindeki Fluorit Cevherleşmelerinin Çevre Kirliliği Üzerine Etkileri”, **T.C. Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi Kesin Raporu**, Ankara (2005).

Koç, Ş. ve Özmen, Ö., “Bayındır, İsaöcalı, Yeniyapan ve Alişar (Kaman-Kırşehir) Fluoritlerinin Sıvı Kapanım İncelemeleri”, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**, 13 (2): 501-508 (2000)

Koç, Ş. ve Özmen, Ö., “Farklı Renkteki Fluoritlerin Nadir Toprak Elementleri (NTE) Konsantrasyonu Kaman”, **Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi**, 21 (2): 229-237 (2006).

Kurttaş T., “Gökova (Muğla) karst kaynaklarının çevresel izotop incelemesi”, **Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, (yayınlanmamış) (1997).

Langmuir D., “Aqueous Environmental Geochemistry”, **Prentice-Hall**, New Jersey (1997).

Lünel, A.T. ve Akıman, O., “Hamitköy , Kaman, Kırşehir Bölgesinde Bulunan Psödolit Oluşuğu ve Basınç Göstergesi Olarak Kullanımı”, **Maden Tetkik ve Arama Dergisi**, 103 : 103-104 (1985).

NAS., “ Medical and Biologic Effects of Environmental Pollutants: Arsenic”, **National Academy of Science**, Washington D.C., (1977).

Norman, T., “Ankara Yahşıyan bölgesinde Üst Kretase-Alt Tersiyer istifinin stratigrafisi”, **Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni**, 15 (2): 180-276 (1972).

Oktay, F. Y., “Savcılı-Büyükoba (Kaman) çevresinde Orta Anadolu masifi tortul örtüsünün jeolojisi ve sedimatolojisi”, Doçentlik Tezi (yayınlanmamış), **İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi**, İstanbul (1981).

Onishi. H., “Arsenic, Chapter 33”, **Handbook of Geochemistry In K.H. Wedepohl Ed.**, Berlin (1969).

Onishi. H. and Sandell E. B., “ Geochemistry of Arsenic”, **Geochimica et Cosmochimica Acta**, 7: 1-33 (1955).

Özler, E., “Küre (Kastamonu) Pb-Zn-Cu Maden Alanı Çevresinin Hidrojeokimyasal Özelliklerinin ve Su-Kayaç Etkileşiminin İncelemesi”, Yüksek Lisans Tezi, **Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Karabük, 75-81 (2016).

Özmen, Ö., Koç, Ş. and Çelik, M., “Evaluation of Groundwater Quality and Contamination around Fluorite Mineralization, Kaman Region, Central Anatolia, Turkey”, *Geochemistry International* , 49 (1): 76-89 (2011).

Öztürk, M., “Kaman Kuzeyi Demir Prospeksiyon Sahasındaki Zuhurların Jeolojik Etüdü”, *Mta Raporları No: 4944 (yayınlanmamış)*, Ankara (1972).

Öztürk, M., “Kırşehir-Kaman-Durmuşlu Demir Madeni Ruhsat Sahasının Jeolojik Etüt Raporu”, *Mta Raporları No: 6199 (yayınlanmamış)*, Ankara (1978).

Parkhurst D. L. and Appelo C. A. J., “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 (1999).

Pasquare, G., “Geology of Cenozoic volcanic area of Central Anatolia”, *Atti Della accademia Nazionale Des Lincei Memorie* , 7(9) Roma (1968).

Piper A. M., “A graphical procedure in the geochemical interpretation of water analyses”, *American Geophysical Union Trans* 25: 914-923 (1944).

Rigo de Righi, M. and Cortesini, A., “Regional studies Central Anatolia basin: Progress report 1”, *Petrol İşleri Genel Müdürlüğü (yayınlanmamış)*, Ankara (1959).

Sağlık Bakanlığı “İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik”, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara (2005).

Sayın, S. A., “Kırşehir Kaman Durmuşlu Köyü Ar.36167 Nolu Feldspat Sahası Maden Jeoloji Raporu”, *Mta Raporları No:13492 (yayınlanmamış)*, Ankara (1994).

Schoeller H., “Geochimie des eaux sauterraines”, *Rev. Inst. Franc. Petrolei*, Paris, 10, no.3, pp. 181-213 and 10, no.4, pp. 219-246 (1955).

Schoeller H., “Les Eaux souterraines”, *Mason et Cie*, Paris (1962).

Seymen, İ., “Kaman dolayında Kırşehir masifinin jeolojisi”, Doçentlik Tezi (yayınlanmamış), *İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi*, İstanbul (1982).

Seymen, İ., “Kaman(Kırşehir) dolayısında Kırşehir Masifi’nin statigrafisi ve metamorfizması”, *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 24: 7-14 (1981)

Seymen, İ., “Tamadağ (Kaman-Kırşehir) çevresinde Kaman grubunun ve onunla sınırdaş olduklarının karşılaştırmalı tektonik özellikleri”, *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 26: 88-98 (1983).

Tchounwou, P. B., Patlolla, A. K. and Centeno, J. A., “Carcinogenic and Systemic Health Effects Associated with Arsenic Exposure-A Critical Review”, *Toxicologic Pathology*, 31: 575-588 (2003).

Temiz, U., “Kırşehir dolayının neotektoniği ve depremselliği”, Doçentlik Tezi, *Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi*, 104 (2004).

Tseng, W. P., “Effect of dose-response relationship of skin cancer and blackfoot disease with arsenic”, *Environmental Health Perspectives*, 19: 109-119 (1977).

Ürgün, S., “Kırşehir-Kaman-Savcılı Büyükoba İlçasının Hidrojeolojik Etüt Raporu”, *Mta Raporları No: 6629 (yayınlanmamış)*, Ankara (1979).

Valentine, J. L., Campion, D. S. and Schluchter, M. D., “Arsenic effects on human nerve conduction. In: Howell JC, Gawthorne JM, White L, eds.”, *Proceedings of the 4th International Symposium on Trace Element Metabolism in Man and Animals*, Berlin, 409 (1981).

Varol, S., Varol, E. ve Davraz, A., “Yeraltı suyu Kimyası ve Sağlığa Etkisinin Tıbbi Jeoloji Açısından Değerlendirmesi”, *TAF Preventive Medicine Bulletin*, 7 (4) (2008).

Vicker, R. C., “Bir Radyoaktif Cevherler Yatağı Olarak Kaman (Kırşehir) Bölgesinin Jeolojik Değerlendirilmesi”, *Mta Raporları No: 3110 (yayınlanmamış)*, Ankara (1957).

Wang, S. X., Wang, Z. H., Cheng, X. T., Li, J., Sang, Z. P., Zhang, X. D., Han, L.L., Qiao, X. Y., Wu, Z. H. and Wang, Z. Q., “Arsenic and Fluoride Exposure in Drinking Water: Children’s IQ and Growth in Shanyin County, Shanxi Province, China”, *Environmental Health Perspectives*, 115 (4): 643-647 (2003).

WHO, “Guidelines for Drinking-Water Quality”, *First Addendum to Third Edition, 1, Recommendation*. Geneva Switzerland (2006).

WHO., “Arsenic in Drinking Water”, *Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality*, (2011).

WHO., “Guidelines for Drinking-Water Quality”, *Third Edition, Recommendations*, Geneva (2004).

Zaldivar, R., “ A morbid condition involving cardio-vascular, broncho-pulmonary , digestive and neural lesions in children and young adults after dietary arsenic exposure”, *Zentralblatt für Bakteriologie und Hygiene, Abteilung I: OriginaleB*, 170: 44–56 (1980).

Zaldivar, R. and Ghai, G.L., “Clinical epidemiological studies on endemic chronic arsenic poisoning in children and adults, including observations on children with high- and low-intake of dietary arsenic”, *Zentralblatt für Bakteriologie und Hygiene, Abteilung I: Originale B*, 170: 409–421 (1980).

Zeschke, G., “Kırşehir Vilayetinin Kaman Kazasındaki Radyoaktif Fluorit Zuhurunun Tetkikine Ait Rapor”, *Mta Raporları No: 2152 (yayınlanmamış)*, Ankara (1954).

ÖZGEÇMİŞ

Bahadır SUBAŞI 1990 yılında Safranbolu’da doğdu; ilk ve orta öğrenimini aynı şehirde tamamladı. Karabük Anadolu Öğretmen Lisesin’den mezun oldu. 2008 yılında Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Hidrojeoloji Mühendisliği bölümüne başlayıp 2014 yılında mezun oldu.

ADRES BİLGİLERİ

Adres : Üniversite Mah. İpek Sok. Yaşam Sitesi B Blok Kat:5 Daire:10
Merkez/KARABÜK
Tel : (554) 265 2672
E-posta : bahadir-subasi@hotmail.com