



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

**JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

**ÇORAK, KARAKAYA VE GÜMÜŞKENT (NEVŞEHİR)
MİNERALLİ SULARININ ve KAYNAK ALANLARINDAKİ
TRAVERTENLERİN HİDROJEOKİMYASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mustafa Murat KAVURMACI

**DANIŞMAN
Prof. Dr. Mustafa AFŞİN**

**TEMMUZ 2010
AKSARAY**

Her hakkı saklıdır

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

**JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

**ÇORAK, KARAKAYA VE GÜMÜŞKENT (NEVŞEHİR)
MİNERALLİ SULARININ ve KAYNAK ALANLARINDAKİ
TRAVERTENLERİN HİDROJEOKİMYASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mustafa Murat KAVURMACI

**DANIŞMAN
Prof. Dr. Mustafa AFŞİN**

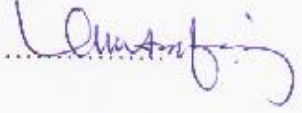
**TEMMUZ 2010
AKSARAY**


Her hakkı saklıdır

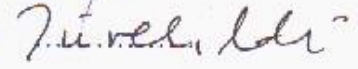
T.C.
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KABUL ve ONAY BELGESİ

Mustafa Murat KAVURMACI tarafından hazırlanan "Çorak, Karakaya ve Gümüşkent (Nevşehir) Mineralli sularının ve kaynak alanlarındaki travertenlerin hidrojeokimyası" adlı bu çalışma Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 08.06.2010 tarih ve 2010/12-1 sayılı kararı ile oluşturulan aşağıdaki jüri tarafından Jeoloji Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak oy birliği/oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

İmza

Danışman : Prof. Dr. Mustafa AFŞİN Aksaray Üniversitesi 

1. Jüri : Prof. Dr. Hatim ELHATİP Aksaray Üniversitesi 

2. Jüri : Yrd. Doç. Dr. Ali GÜREL Niğde Üniversitesi 

Tezin Savunulduğu Tarih : 01.07.2010

ONAY

Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nuntarih vesayılı kararı ile.....'ın..... Anabilim Dalında **Yüksek Lisans/Doktora** derecesi alması onaylanmıştır.

ÖNSÖZ

Mineralli sular geçmişten günümüze kadar, oluşumları, görünümleri ve kullanım alanları bakımından insanların dikkatini çekmiştir. Günümüzde sağlık ve turizm sektörünün vazgeçilmez öğelerinden birisini oluşturan mineralli sular içerdikleri minerallerle vücudun su - elektrolit dengesini düzenler. Türkiye kaynak bakımından zengin olmasına rağmen ne yazık ki mineralli su tüketimi son derece azdır. Bu az tüketimin birçok nedeni olmakla beraber en önemli neden, mineralli su tanıtım yetersizliğidir.

Mevcut mineralli su kaynaklarının geliştirilmesi ve yeni kaynakların keşfedilmesi için bilimsel çalışmalara ağırlık verilmesi gerekmektedir.

Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Ana Bilim Dalı'na Yüksek Lisans Tezi olarak sunulan "Çorak, Karakaya ve Gümüşkent (Nevşehir) mineralli sularının ve kaynak alanlarındaki travertenlerin hidrojeokimyası" konulu çalışma traverten çökelten mineralli su kaynaklarının hidrojeokimyasal özelliklerinin ortaya konulmasını hedeflemektedir. Çalışma Giriş, Jeoloji, Hidrojeoloji, Su Kimyası, İzotop Hidrolojisi, Travertenler ve Sonuçlar olmak üzere yedi bölümden oluşmaktadır.

TEŞEKKÜR

Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Ana Bilim Dalı'na Yüksek Lisans Tezi olarak sunulan bu çalışmanın tüm aşamalarında bilgi ve tecrübeleri ile saha, laboratuvar ve değerlendirme çalışmalarında yol gösterici olan Prof. Dr. Mustafa Afşin'e, su kimyası analizlerinin gerçekleştirilmesinde katkıda bulunan Doç. Dr. Mustafa Işık'a, Yrd. Doç. Dr. Levent Altaş'a, Uzman Samet Özcan'a, Çevre Mühendisi İsmail Şimşek'e, arazi çalışmaları sırasında desteklerini ve yardımlarını esirgemeyen Öğr. Gör. Yakup Kurmaç'a, Jeoloji Müh. Yusuf Bilen'e, traverten örneklerinin XRD analizlerini gerçekleştiren Arş. Gör. Bahattin Güllü'ye ayrıca Arş. Gör. Fatma Geneli'ye ve bu çalışmanın çeşitli aşamalarında destek ve katkılarından dolayı emeği geçen herkese sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	SAYFA NO
ÖNSÖZ	i
TEŞEKKÜR	ii
ÖZET	v
ABSTRACT	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı ve Önemi	1
1.2. Veri Toplama ve Değerlendirme Yöntemleri.....	1
1.3. İnceleme Alanının Konumu.....	3
1.4. İnceleme Alanının Coğrafik Özellikleri.....	4
1.5 Önceki Çalışmalar	5
2. BÖLGESEL JEOLJİ	8
2.1. Genel Jeoloji.....	8
2.2. Yapısal Jeoloji.....	15
3. HİDROJEOLJİ	18
3.1. Hidrojeolojik Özellikler.....	18
3.1.1. Geçirimli birimler.....	19
3.1.2. Yarıgeçirimli birimler.....	19
3.1.3. Geçirimsiz birimler.....	19
3.2. Su Kaynakları.....	20
4. SU KİMYASI DEĞERLENDİRMESİ	26
4.1. Suların Hidrojeokimyasal Değerlendirmesi.....	26
4.1.1. Suların iyon dağılımları.....	31
4.2. Ağır Metal İçeriklerinin Değerlendirilmesi.....	42
4.3. Doygunluk İndisleri.....	50
5. İZOTOP HİDROLOJİSİ	55
5.1. Oksijen-18 ($\delta^{18}\text{O}$) - Döteryum ($\delta^2\text{H}$) İlişkisi.....	55
5.2. Oksijen-18 ($\delta^{18}\text{O}$)-Tritiyum (^3H) İlişkisi.....	58

5.3. Cl - Tritiyum (^3H) ve EC - Tritiyum (^3H) İlişkisi.....	59
5.4. $\delta^{13}\text{C}$ - ^{14}C ilişkisi.....	60
5.5. $\delta^{34}\text{S}$ - SO_4 ilişkisi.....	63
5.6. Beslenme Sıcaklık ve Yükseltisinin Belirlenmesi.....	63
5.7 Jeotermometre Uygulamaları.....	67
5.7.1 Katyon jeotermometreleri.....	68
5.7.2 SiO_2 jeotermometresi.....	69
5.7.3 Karışım modelleri.....	71
5.8. Hidrotermal Model.....	72
6. TRAVERTENLER.....	76
6.1. Travertenin Tanımı.....	76
6.2. Gümüşkent, Çorak ve Karakaya Kaynak Alanlarındaki Traverten Çökelimlerinin İncelenmesi.....	77
6.3. Travertenlerin Mineralojik-Petrografik ve Jeokimyasal Özellikleri.....	83
6.3.1. Bayramhacı travertenleri.....	84
6.3.2. Çorak travertenleri.....	86
6.3.3. Ballica travertenleri.....	87
6.3.4. Gölbağları travertenleri.....	89
6.3.5. Gümüşkent travertenleri.....	90
6.3.6. Karakaya travertenleri.....	93
6.3.7. Kozluca travertenleri.....	95
7. TARTIŞMA ve SONUÇLAR.....	97
KAYNAKLAR.....	101
ÖZGEÇMİŞ	

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ÇORAK, KARAKAYA VE GÜMÜŞKENT (NEVŞEHİR) MİNERALLİ SULARININ ve KAYNAK ALANLARINDAKİ TRAVERTENLERİN HİDROJEOKİMYASI

Mustafa Murat KAVURMACI

T.C.

Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mustafa AFŞİN

Çalışma alanının temelinde Kırşehir masifine ait mermerlerle karakteristik Bozçaldağ metamorfikleri yer alır. Granit, granodiyorit türü kayalarla temsil edilen Orta Anadolu Granitoyitleri metamorfik kayaları keserler. Temeldeki birimlerin üzerine uyumsuzlukla Tersiyer ve Kuvaterner yaşlı çökeller gelir. Söz konusu birimler geçirimli, yarı geçirimli ve geçirimsiz olmak üzere üç farklı hidrojeolojik grupta tanımlanmıştır. İnceleme alanının temelinde yer alan Paleozoyik yaşlı metamorfikler, hidrotermal sistemin ana hazne kayacını, Tersiyer ve Kuvaterner yaşlı birimlerin geçirimsiz seviyeleri örtü kayacı, gelişen kırık hatlar ise akışkanların yüzeye taşınmasına neden olan akım yollarını oluşturur.

İncelenen tüm soğuk, mineralli, sıcak ve mineralli sular geçirimli birimler ile geçirimsiz birimlerin dokanağında ve Salanda (Gümüşkent), Kızılırmak Fay Zonuna bağlı olarak eklem veya kırık düzlemlerinden açığa çıkarlar. Kayaların litolojik ve tektonik özelliklerine göre farklı dolaşım sistemleri gelişmiştir. Karakaya mineralli su-1 (KMS-1), Karakaya mineralli su-2 (KMS-2), Gümüşkent mineralli su (GMS), Çorak mineralli su (ÇMS) ile Bayramhacı sıcak ve mineralli su (BHMS) kaynakları diğer sulara oranla daha derin ve uzun süreli yeraltı dolaşım sistemine, Ballica mineralli su (BLMS), Gölbağları mineralli su (GLMS) ve Kozoğlu mineralli suları (KOMS) ise daha kısa süreli dolaşım sistemine sahiptir.

Su kimyası verilerinin değerlendirilmesi sonucu sular Ca-HCO₃, Na-HCO₃, Na-SO₄ ve Na-Cl şeklinde dört su kimyası fasiyesine ayrılmıştır. GMS, BLMS, KOMS, GLMS, Değirmenbaşı Soğuk Su (DGMS) ve BHMS Ca-HCO₃, ÇMS, KMS-1 ve KMS-2 Na-Cl, Karakaya Soğuk Su (KSS) Na-HCO₃ ve Kızılırmak Soğuk Su (KZLK) Na-SO₄ fasiyesi özelliği gösterir. Suların fiziksel parametrelerinden sıcaklık; 12.3 °C - 44.4 °C, pH; 6.1 - 8.2, elektriksel iletkenlik; 931 - 17610 µS/cm, toplam çözünmüş katı madde; 575 - 9975 mg/L, yükseltgenme indirgenme potansiyeli; 8.4 - 80.4 mg/L, çözünmüş oksijen; % 7.6 - % 83 arasında değişmiştir. Örneklem dönemleri boyunca ÇMS, KMS-1, KMS-2,

GMS, KOMS, GLMS ve KZLK kalsit, dolomit ve aragonite doygun olup, bunları çökeltebilme; jips, halit ve anhidrite doygun olmayıp bunları çözebilme özelliklerine sahiptir.

CO₂'ce zengin mineralli sular akış yolu boyunca su kalınlığının az; kanal eğimi, CO₂ gazı kaybı, pH ve sıcaklık değerlerinin yüksek olduğu, türbülant rejimde suyun sıçrayarak aktığı, alg faaliyetinin arttığı yerlerde traverten ökeltirler. Morfolojilerine göre Gümüşkent travertenleri tabaka tipi, Karakaya ve çorak travertenleri fay önü tipi şeklinde gelişmişlerdir.

İzotop verileri su kaynaklarına ait akiferlerin meteorik kökenli yağışlardan beslendiğini göstermektedir. İncelenen sular 2.7⁰C - 4.3⁰C arasında değişen beslenme sıcaklıklarına ve 1050 - 1320 metre kotları arasında değişen beslenme yükseltilerine sahiptir. Yağışlı dönemde BHMS, MS ve KMS-1 için hazne kaya sıcaklıkları sırasıyla 82 - 124 - 66 °C olup, kurak dönemde ise BHMS, MS, KMS-1 ve GMS için sırasıyla 88 - 117 - 74 - 137 °C'dir. Suların δ¹³C (‰PDB) analiz sonuçlarına göre ¹³C değerleri MS'de en düşük (-13.8), GMS' de ise en yüksektir (9.5). δ¹³C değerlerine göre sulardaki CO₂ GMS ve KMS'de metamorfik; BHMS'de tatlı su karbonatı, denizel kireçtaşı, ve metamorfik kökenli olabilir.

2010, 106 sayfa

Anahtar kelimeler: Mineralli su, Hidrojeoloji, Traverten, CO₂, Nevşehir

Bilim kodu: 920/1.137 - 1.061

ABSTRACT

Master of Science Thesis

HYDROGEOCHEMISTRY OF THE MINERAL WATER AND THEIR RESOURCES TRAVERTINE FROM ÇORAK, KARAKAYA and GUMUSKENT (NEVSEHİR) REGION

Mustafa Murat KAVURMACI

T.C.
Aksaray University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Geological Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Mustafa AFŞİN

Bozçaldağ metamorphics characterized by marble which belongs to Kırşehir massive are exposed in the studied area as the basement rocks. Central Anatolian Granitoids rocks represented by granites and granodiorites cut the metamorphic rocks of the basement. Tertiary- Quaternary sedimentary units unconformably overlie the basement rocks. The studied units are classified in three different hydrogeological groups as permeable, semi-permeable and impermeable. Paleozoic metamorphic rocks and impermeable level of the Tertiary- Quaternary units constitute the reservoir and the cover rocks of the hydrothermal system, respectively. The fluids are used existent crack lines as the pathway to the surface.

All of the studied waters such as cold, mineral, hot and hot mineral reach to the surface from contact area of permeable and impermeable units and Salanda (Gümüşkent), joints and crack plane of the Kızılırmak fault zone. There are different circulation systems based on the lithological and tectonic properties of the rocks. KMS-1, KMS-2, GMS, ÇMS and BHMS have relatively deeper and long term circulation system, whereas BLMS, GLMS and KOMS are characterized by shallow and short term circulation system.

The waters can be subdivided into 4 hydrochemical facies as Ca-HCO₃, Na-HCO₃, Na-SO₄ ve Na-Cl based on the evaluation of the water chemistry results. GMS, BLMS, KOMS, GLMS, DGMS and BHMS show Ca-HCO₃, ÇMS, KMS-1 and KMS-2 display Na-Cl, KSS Na-HCO₃ and KZLK represents Na-SO₄ facies, respectively Some physical parameters of the waters can be summarized as follows; 12.3 °C - 44.4 °C, pH; 6.1 - 8.2; electrical conductivity 931 - 17610 µS/cm; total dissolved solids 575 - 9975 mg/L; oxidation-reduction potential 8.4 - 80.4 mg/L; dissolved oxygen 7.6 % - 83 %, severally.

During the all sampling period, ÇMS, KMS-1, KMS-2, GMS, KOMS, GLMS and KZLK saturated in terms of calcite, dolomite and aragonite and have the potential to precipitate them, while they are unsaturated with respect to gypsum, halite and anhydrite and can dissolve aforementioned rocks.

Mineral waters rich in CO₂ accumulate travertine along flow path where the depth of the water and channel slope are less, loss of CO₂, pH and temperature values are high, turbulence flows and alg activity have been observed. When morphology is considered; Gümüşkent travertines are layered type, Karakaya and Çorak travertines are modified range - front fault type.

Isotopes data indicates that aquifer of the water resources are fed by meteoric precipitation. Investigated water has the temperature of 2.7⁰C - 4.3⁰C and the elevation ranging between from 1050 to 1320 meters. During the precipitation period, reservoir rock temperature is 82 - 124 - 66 °C for BHMS, ÇMS KMS-1 and GMS, respectively although BHMS, ÇMS, KMS-1 and GMS are characterized by the temperature of 88 - 117 - 74 - 137 °C during the arid period. On the basis of the δ¹³C (‰PDB) data, ¹³C values have the lowest rate (-13.8) in ÇMS, on the other hand, it has the highest value (9.5) in GMS. In terms of their δ¹³C values, CO₂ content of the water could be metamorphic in GMS and KMS and soft water carbonate, marine limestone and metamorphic in BHMS.

2010, 106 pages

Key words: Mineral water, Hydrogeology, Travertine, CO₂, Nevşehir

Science code: 920/1.137 - 1.061

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1	İnceleme alanının yer bulduru haritası.....	4
Şekil 2.1	İnceleme alanının basitleştirilmiş jeoloji haritası.....	8
Şekil 2.2	Nevşehir ve civarının genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesiti.....	10
Şekil 2.3	Gümüşkent mineralli su kaynağı ve çevresinin jeoloji haritası.....	12
Şekil 2.4	Karakaya ve Ballica mineralli su kaynakları ve çevresinin jeoloji haritası.....	13
Şekil 2.5	Çorak mineralli su kaynağı ve çevresinin jeoloji haritası.....	14
Şekil 2.6	Bayramhacı sıcak ve mineralli su kaynağı ve çevresinin jeoloji haritası.....	15
Şekil 2.7	Tuz Gölü ve Orta Anadolu fay kuşakları kontrolünde çalışma alanında oluşan yapısal unsurlar.....	16
Şekil 3.1	Kızılırmak nehrinden bir görünüm.....	21
Şekil 3.2	Çorak mineralli su kaynağının görünümü.....	22
Şekil 3.3	Karakaya mineralli su kaynağının görünümü.....	23
Şekil 3.4	Karakaya mineralli su kaynağından bir görünüm.....	24
Şekil 3.5	Gümüşkent mineralli su kaynağının görünümü.....	24
Şekil 3.6	Bayramhacı'da termal amaçlı hizmet veren bir tesisten görünüm.....	25
Şekil 4.1	İncelenen sulara ait pH, tuzluluk, oksijen ve Eh diyagramı (Nisan - Ekim 2009).....	29
Şekil 4.2	Nisan 2009 dönemine ait EC - Cl diyagramı.....	30
Şekil 4.3	İnceleme alanındaki suların iyon dağılımı (Nisan - Ekim 2009).....	31
Şekil 4.4	İnceleme alanındaki sulara ait zamansal iyon değişim grafiği.....	34
Şekil 4.5	İnceleme alanındaki suların Piper diyagramı.....	38
Şekil 4.6	İnceleme alanındaki suların yarı logaritmik Schoeller diyagramı.....	39
Şekil 4.7	İnceleme alanındaki suların Na ⁺ - Cl ⁻ grafiği (Ekim 2009).....	41
Şekil 4.8	İnceleme alanındaki suların Ca ⁺ - Cl ⁻ grafiği (Ekim 2009).....	41
Şekil 4.9	İnceleme alanındaki suların SO ₄ ⁻² - Cl ⁻ grafiği (Ekim 2009).....	42
Şekil 4.10	İnceleme alanındaki suların Nisan 2009 ve Ekim 2009 analiz sonuçlarına ait bazı iyon oranlarının değişim grafiği.....	43
Şekil 4.11	İnceleme alanındaki suların ağır metal iyon değişim grafiği (Nisan 2009).....	44
Şekil 4.12	İnceleme alanındaki suların ağır metal iyon değişim grafiği (Ekim 2009).....	47
Şekil 4.13	İnceleme alanındaki suların Nisan 2009 ve Ekim 2009 analiz sonuçlarına ait ağır metal analiz grafiği.....	48
Şekil 4.14	İnceleme alanındaki suların B (mg/L) derişimleri.....	49

Şekil 4.15	ÇMS, KMS-1,GMS, KSS ve BHMS'ye ait doygunluk indisi değerleri.....	52
Şekil 4.16	İnceleme alanındaki suların doygunluk indisi değerleri (Nisan ve Ekim 2009).....	53
Şekil 5.1	İncelenen suların $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^2\text{H}$ ilişkileri (Örnekleme Tarihleri: a: 18.05.2005, b: 18.11.2005).....	57
Şekil 5.2	İncelenen suların $\delta^{18}\text{O}$ - ^3H grafiği.....	59
Şekil 5.3	İncelenen suların ^3H - Cl ilişkisi.....	60
Şekil 5.4	İncelenen suların ^3H – EC ilişkisi.....	61
Şekil 5.5	Doğal karbon bileşiklerinin kökenlerine bağlı sulardaki $\delta^{13}\text{C}$ değerlerinin Clark ve Fritz, (1997)'e göre konumu.....	62
Şekil 5.6	İnceleme alanındaki sularda ^{14}C ve $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ değişimleri.....	62
Şekil 5.7	İnceleme alanındaki sulara ait $\delta^{34}\text{S}$ - SO_4 grafiği.....	63
Şekil 5.8	$\delta^{18}\text{O}$ - Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) ilişkisini gösterir grafik.....	65
Şekil 5.9	İnceleme alanında yer alan meteoroloji istasyonları.....	66
Şekil 5.10	Topografik yükselti - Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) ilişkisini gösterir grafik.....	67
Şekil 5.11	Suların Na-K-Mg üçgen diyagramı (Giggenbach, 1991) üzerindeki dağılımı (Nisan 2009).....	69
Şekil 5.12	Çalışma alanının basitleştirilmiş hidrotermal modeli.....	74
Şekil 6.1	Karakaya mineralli su kaynağı-1 ve güncel traverten oluşumları.....	78
Şekil 6.2	Karakaya mineralli su kaynağı-2'den CO_2 gaz çıkışı.....	79
Şekil 6.3	Gümüşkent havuzunda traverten çökelim modeli a) Yandan görünüş, b) Üstten görünüş.....	80
Şekil 6.4	Gümüşkent havuzunun çıkış noktasında görülen traverten çökelişi....	81
Şekil 6.5	Gümüşkent travertenlerinden bir görünüm.....	81
Şekil 6.6	Karakaya mineralli su-1 kaynağı	82
Şekil 6.7	Karakaya'da eski ve yeni traverten oluşumları.....	83
Şekil 6.8	Bayramhacı travertenlerinde gözlenen gözenekli-süngerimsi doku.....	84
Şekil 6.9	Bayramhacı travertenlerine ait XRD dağılım desenleri.....	84
Şekil 6.10	Çorak travertenlerinin makroskobik görüntüsü.....	86
Şekil 6.11	Çorak travertenleri içerisinde yer alan boşluklarda gelişen ikincil kalsit kristallerinin fotomikrografi.....	86
Şekil 6.12	Çorak travertenlerine ait XRD dağılım desenleri.....	87
Şekil 6.13	Balıca travertenlerinin makroskobik görüntüsü.....	87
Şekil 6.14	Balıca travertenlerinde yer yer gözlenen ışınal dokulu aragonit kristalleri	88
Şekil 6.15	Balıca travertenlerine ait XRD dağılım desenleri.....	88

Şekil 6.16	Gölbağları travertenleri üzerinde gözlenen alg yumruları.....	89
Şekil 6.17	Gölbağları travertenlerinin iç yapısı.....	89
Şekil 6.18	Gölbağları travertenlerine ait XRD dağılım desenleri.....	90
Şekil 6.19	Gümüşkent travertenlerinin, a- masif yapılı taban seviyeleri, b- süngerimsi-boşluklu tavan seviyeleri.....	91
Şekil 6.20	Gümüşkent travertenleri taban seviyelerinin fotomikrografı.....	91
Şekil 6.21	Gümüşkent travertenlerine ait XRD dağılım desenleri.....	92
Şekil 6.22	Gümüşkent (GMS) (1) travertenlerine ait ince kesit fotoğrafı	92
Şekil 6.23	Bantlı yapıdaki Karakaya traverteninin görünümü.....	93
Şekil 6.24	Karakaya travertenine ait fotomikrograf.....	94
Şekil 6.25	KMS-2 travertenlerine ait ince kesit fotoğrafı.....	94
Şekil 6.26	Karakaya travertenlerine ait XRD dağılım desenleri.....	95
Şekil 6.27	Masif-tıkız yapılı, yer yer boşluklu Kozluca travertenlerinin el örneği görünümü.....	95
Şekil 6.28	Kozluca travertenine ait fotomikrograf.....	96
Şekil 6.29	Kozluca travertenlerine ait XRD dağılım desenler.....	96

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1	Örnekleme noktaları ve konumları.....	26
Çizelge 4.2	İnceleme alanındaki suların fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları.....	27
Çizelge 4.3	Sularda bulunan iyonların dizilimleri ve su türleri.....	32
Çizelge 4.4	İnceleme alanındaki suların ağır metal analiz sonuçları.....	45
Çizelge 4.5	İnceleme alanındaki suların doygunluk indisi sonuçları.....	51
Çizelge 5.1	İnceleme alanındaki suların izotop analiz sonuçları.....	56
Çizelge 5.2	Farklı yıllara ait trityum analiz sonuçları ve hesaplanan trityum değerleri.....	59
Çizelge 5.3	1963 – 2001 yılları için yağış ağırlıklı yıllık ortalama ¹⁸ O değerleri (Temmuz, Ağustos, Eylül ayları hariç) ve yıllık ortalama hava sıcaklığı.....	64
Çizelge 5.4	İnceleme alanında yer alan meteoroloji istasyonlarının yükselteleri ve ortalama sıcaklık değerleri.....	65
Çizelge 5.5	Yıllara göre ortalama aylık sıcaklık dağılımları.....	66
Çizelge 5.6	2005 yılları için hesaplanan beslenme sıcaklıkları ve beslenme yükselteleri.....	68
Çizelge 5.7	İnceleme alanındaki sıcak ve mineralli sulara ait jeotermometre sonuçları.....	70
Çizelge 5.8	Mineralli su kaynaklarının karışım oranları.....	72
Çizelge 6.1	Mineralli sulara ait sıcaklık, pH ve CO ₂ ölçüm değerleri.....	78
Çizelge 6.2	Gümüşkent havuzunda yapılan fiziksel ölçümler.....	79
Çizelge 6.3	Traverten örneklerine ait kimyasal analiz sonuçları.....	85

SİMGELER DİZİNİ

δ	‰ (binde)
C_{ab}	Sıcaklığa bağlı katsayı
^2H	Döteryum
^3H	Tritiyum
^{18}O	Oksijen-18
meq/l	Miliekivelan/litre
mg/l	Miligram/litre
T	Akışkanın sıcaklığı

KISALTMALAR DİZİNİ

BHMS	Bayramhacı sıcak ve mineralli su kaynağı
BLMS	Balıca mineralli su kaynağı
ÇMS	Çorak mineralli su kaynağı
DGMS	Değirmenbaşı soğuk su kaynağı
DO	Çözünmüş Oksijen
EC	Elektriksel iletkenlik
Eh	Yükseltgenme - indirgenme potansiyeli
GLMS	Gölbağları mineralli su kaynağı
GMS	Gümüşkent mineralli su kaynağı
KMS	Karakaya mineralli su kaynağı
KOMS	Kozoğlu mineralli su kaynağı
KSS	Karakaya soğuk su kaynağı
KZLK	Kızılırmak soğuk su kaynağı
OAKK	Orta Anadolu Kristalin Karmaşığı
P_{CO_2}	Karbondioksit kısmi basıncı
SI	Doygunluk indisi
TDS	Toplam çözünmüş katı madde
TU	Tritiyum birimi
XRD	X-Işını Difraksiyonu
XRF	X-Işını Floresans

1. GİRİŞ

1.1. Çalışmanın Amacı ve Önemi

Mineralli su kaynakları insan sağlığının korunması ve geliştirilmesi açısından yeraltı suları içerisinde önemli bir yer tutar. Mineralli sular içerdikleri minerallerle vücudun su - elektrolit dengesini düzenler. Teknolojinin gelişimine paralel olarak hızla tırmanan kimyasal tarım ürünlerinin içerdikleri minerallerin yetersizliği insan sağlığını ciddi bir şekilde tehdit etmektedir. Günümüzde ortaya çıkan hastalıkların önemli bir bölümünün temelinde düzensiz beslenme ve mineral eksikliği yatmaktadır. Bu da mineralli suların toplum sağlığı açısından önemini bir kat daha arttırmaktadır.

Türkiye'nin, Alp - Himalaya tektonik kuşağında bulunması nedeni ile bol miktarda mineralli su kaynaklarına sahip olmasına rağmen mineralli su tüketim oranı oldukça düşüktür. Az tüketimin nedeni mineralli suların tanıtım yetersizliğidir.

Bu çalışmanın amacı, Çorak, Karakaya, ve Gümüşkent (Nevşehir) mineralli sularının su kimyası ve izotopik yöntemlerle değerlendirilmesi, mineralli suların tanıtımının yapılması, ülke ekonomisine katkısının artırılması ve kaynakların bilinçli kullanımını sağlamaktır. İnceleme alanı içerisinde Değirmenbaşı, Karakaya ve Kızılırmak (Nevşehir) soğuk suları ile Gölbağları, Kozoğlu, Ballıca (Nevşehir) mineralli suları ve Bayramhacı sıcak ve mineralli suları karşılaştırmalı köken değerlendirmesi yapmak için kullanılmıştır.

1.2. Veri Toplama ve Değerlendirme Yöntemleri

Yüksek lisans tezi kapsamındaki yapılan çalışmalar, literatür, arazi ve büro çalışmaları olmak üzere üç aşamada gerçekleştirilmiştir.

Literatür çalışmaları, kaynak alanları ve çevresi hakkında jeolojik, hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal verilerin toplanması ve değerlendirilmesi şeklinde yapılmıştır.

Bu tez kapsamında yalnızca su kimyası ve traverten örneklemeleri yağışlı ve kurak dönem dikkate alınarak (Nisan 2009, Ekim 2009) yapılmış, daha önce Afşin (1999, 2002) Afşin vd. (2007) tarafından gerçekleştirilmiş hidrojeoloji, hidrojeokimya ve izotopik çalışmalarının sonuçları karşılaştırılma amacıyla kullanılmıştır.

İnceleme kapsamında mineralli suların hidrojeokimyasal değerlendirilmesini yapabilmek için mineralli suların yanı sıra karşılaştırma amacı ile sığ yeraltı suyu dolaşım sistemlerini temsil eden ve mineralli suların beslenme alanı içerisinde yer alan Karakaya ve Değirmenbaşı soğuk su kaynaklarından, Kızılırmak nehrinden ve Bayramhacı sıcak ve mineralli su kaynağından örnekleme ve analiz çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Arazi çalışmaları kapsamında, söz konusu suların sıcaklık (T), pH, Eh, elektriksel iletkenlik (EC), çözülmüş oksijen, toplam çözülmüş katı madde içeriği (TDS) gibi parametreler yerinde ölçülmüş ölçümlerde W.T.W-LT 330 marka portatif kondüktivite metre (SCT), Orion marka "pH metre" ve YSI- 055 "oksijenmetre" kullanılmıştır.

Çalışma kapsamındaki su noktalarından yağışlı ve kurak dönemlerde, asitli ve asitsiz olarak çift kapaklı 1 litrelik polietilen şişelere su örnekleri alınmıştır. Su kimyası örneklemeleri sırasında su örneklerinin analizi gerçekleştirilinceye kadar meydana gelebilecek etkileşimlerin minimuma indirilmesi amacı ile örneklere HNO₃ ve H₂SO₄ katılmıştır.

2005 dönemine ait su örneklerinin analizleri H.Ü. Uluslararası Karst Su Kaynakları Uygulama ve Araştırma Merkezi Su Kimyası Laboratuvarı'nda; izotop analizleri ise DSİ Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol Dairesi İzotop Laboratuvarı'nda yapılmıştır (Afşin vd., 2007). Nisan 2009 ve Ekim 2009 dönemlerinde alınan su örneklerinin su kimyası analizleri Aksaray Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü Su Kimyası Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir. Yeni örnekleme dönemlerine ait suların sülfat, fosfat, nitrat, nitrit, florür, klorür, bromür gibi anyon değerleri Dionex Ics-1000 ion chromatography tipi cihaz ile APHA-AWWA-WEF (2005) standartlarına uygun olarak ölçülmüştür. Suların kimyasal katyon ve ağır metal analizleri ise Perkinelmer Optima 2100 DV ICP-OES- USA (eş zamanlı indüktif eşleşmiş plazma - optik emisyon spektrometresi) ile APHA-AWWA-WEF (2005) standartlarına uygun olarak gerçekleştirilmiştir.

Arazi çalışmaları sırasında bölgenin jeolojisi incelenerek jeolojik haritası güncellenmiş ve travertenlerden petrografik ve jeokimyasal amaçlı kayaç örnekleme yapılmıştır. Travertenlerin mineralojik petrografik ve jeokimyasal karakteristiklerini ortaya koymak amacı ile inceleme alanından alınan 11 adet örneğin ince kesiti yapılmıştır. Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü ince kesit laboratuvarında yapılan kesitler Leica marka binoküler mikroskop altında incelenmiş ve fotoğraflanmıştır.

Petrografi çalışmalarını desteklemesi amacı ile seçilen 7 adet örnekten XRD (X-Ray Difraksiyonu) analizi yapılmıştır. XRD analizler Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Mikroanaliz Laboratuvarı'nda yapılmıştır. Analizi yapılacak örnekler 20 mikron boyutunda öğütülerek analize hazır duruma getirilmiştir. XRD analizleri Inel marka Equinox 1000 model XRD cihazında yapılmış ve sonuçlar Search Match programında değerlendirilmiştir. XRD analizlerinde X-Ray kaynağı olarak dalga boyu $\lambda=1.788970 \text{ \AA}$ olan Co tüp kullanılmıştır.

Minerali su kaynaklarının fiziksel ve kimyasal özellikleri, önceki çalışmalara ait izotop analiz sonuçları ile birlikte değerlendirilerek, bölgedeki yeraltı suyu dolaşım sistemleri açıklanmıştır.

Büro çalışmaları kapsamında elde edilen veriler doğrultusunda, hidrojeokimyasal yorum için gerekli şekil ve grafikler hazırlanmıştır.

Rapor yazımında "A.S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans ve Doktora Tez Yazım Kılavuzu, 2010" esas alınmıştır.

1.3. İnceleme Alanının Konumu

İnceleme konusu minerali su kaynakları, İç Anadolu Bölgesi'nde Nevşehir İl sınırlarında 750 km²'lik bir alan içerisinde yer almaktadır (Şekil 1.1).

Gümüşkent minerali su kaynağı Kayseri K33 a4, Karakaya ve Ballica minerali su kaynakları, Değirmenbaşı ve Karakaya soğuk su kaynakları Kayseri K33 c1, Çorak minerali su kaynağı Kayseri K33 d2, Kozoğlu ve Gölbağları minerali su kaynakları

Kayseri K33 c2 ve Bayramhacılı sıcak ve mineralli su kaynağı ise, Kayseri K33 b3 1/25.000'lik pafta sınırları içerisinde yer alır.



Şekil 1.1. İnceleme alanının yer bulduru haritası

1.4. İnceleme Alanının Coğrafik Özellikleri

İnceleme alanının yarısından çoğu platolarla kaplıdır. III. Jeolojik zamanın sonlarıyla IV. Jeolojik zamanın başlarında ortaya çıkan kıvrılma - sıkışmalar ve volkanik hareketler sonucunda, daha önce Neojen gölleri altında olan inceleme alanı yükselmiştir. Bu alan Orta Anadolu'da volkanik Erciyes, Melendiz ve Hasan dağlarının kül ve lavlarının birikmesiyle oluşmuş çok geniş bir plato üzerinde bulunmakta ve tipik

bir horst - graben yapısı özelliği sunmaktadır. Bu platoyu ülkenin en uzun akarsuyu olan Kızılırmak, doğu - batı doğrultusunda derin vadiler oluşturarak aşındırmıştır. Bu alan, Kızılırmak Nehri'ne kuzeyden ve güneyden karışan yan derelerin oluşturduğu derin vadilerle de parçalanmıştır. Akarsuyun taşıdığı önem dolayısıyla inceleme alanı ve çevresinde yer alan platoların tümüne birden Kızılırmak Platosu adı verilmektedir (Gürler, 2007).

İl alanının yarısından fazlasını (%53.6) platolar, dörtte birini (%25) ovalar oluşturur. %18.5 oranındaki bir alanı kaplayan dağlar ise, Kızılırmak vadisinin kuzey ve güneyine serpilmiş durumdadır (Emre ve Güner, 1985). Bölgede Kızılırmak havzasının kuzey ve güney sınırları boyunca yer alan önemli yükseltiler Hırka (1683 m.), Topuz (1600 m.) ve Ziyaret (İdiş) (1581 m.) dağlarıdır.

İnceleme alanı ve çevresinde Kızılırmak nehrinden başka Derinöz, Bölükören, Gökçetoprak, Kızılöz ve Akçataş önemli akarsulardır.

1.5. Önceki Çalışmalar

İnceleme alanı ve çevresi, litolojik ve morfolojik yapısı nedeniyle ilgi çekmiştir. Yöreye ait jeoloji çalışmalarında genel olarak bölgeye ve morfolojinin gelişimine etki eden Erciyes volkanizmasının ürünleri ve bölgenin tektonizması araştırılmıştır. Bölgenin hidrojeolojik durumu ile ilgili ilk çalışmalar yerleşim alanlarının su ihtiyacına yönelik kaynakların belirlenmesi ve kullanımı üzerine yapılmıştır.

Becker (1956), Hacıbektaş ile Gülşehir arasında linyit yataklarının özelliklerini belirlemeye yönelik bu çalışmada, Ayhan yöresindeki kireçtaşlarının Yipresiyen ile Alt Lütésiyen yaşlı olduğunu belirtmiş, kırmızı renkli birimlerin, göl veya deniz ortamında oluştuğunu ifade etmiştir.

Lebküchner (1957), Kırşehir Masifi, metamorfik kayalarından oluşan Hırka Dağı ve çevresinin, şist ve mermerlerden oluştuğunu belirtmiş, Özkonak - Ayhan arasındaki Nummulitli kireçtaşlarından, kırmızı renkli ve Oligosen yaşlı çakıltaşı ve kumtaşlarından, kil, killi marn ve linyit damarlı seviyelerden söz etmiştir.

Sassano (1964), bölgede, genel olarak volkanolojik incelemelerde bulunmuş olduğu bu çalışmada, Gülşehir ve çevresindeki Neojen birimlerini Kavak Tüfü ve Akkepes üyesi olarak adlandırmış, Kuvaterner'de ise Karakepez bazaltı ve Kızılırmak'ın alüvyonundan oluşan birimlerden, Akkepes üyesinin ise, kireçtaşı, kumtaşı, tuf, ve marndan oluştuğundan söz etmiştir.

Aydın (1984), Orta Anadolu Kristalen Masifi'nin Gümüşkent (Saland) civarının jeolojik ve petrografik incelemesini yapmış; Tamadağ Metamorfitlelerinden ve bu birimleri kesen, granit, diyorit ve granodiyoritlerden oluşan Akçataş Granitlerinden; çakıltaşı, kumtaşı, silttaşı ve kireçtaşından oluşan Eosen yaşlı birimleri Akmezardere formasyonu; Üst Miyosen yaşlı çakıltaşı, kumtaşı, kiltası ve tüfitten oluşan birimleri Yüksekli formasyonu olarak adlandırmış; Pleyistosen - Holosen yaşlı travertenlerden söz etmiştir.

Atabey ve diğerleri (1987), Ortaköy - Tuzköy yöresi jeoloji etüdünü yaptıkları bu çalışmada; Tamadağ Metamorfitleleri ve bunları kesen granitoid kayalardan bahsetmişler; ayrıca, denizel ve Lütésiye yaşlı fliş karakterli birimi Akmezardere formasyonu ve bu birimin üzerine uyumsuzlukla gelen, Oligosen yaşlı, karasal - akarsu - göl fasiyesli birimi Avcıköy formasyonu olarak adlandırmışlar; Miyosen yaşlı gölssel Tuzköy formasyonu, akarsu fasiyesli Üst Miyosen - Pliyosen yaşlı Peçenek formasyonu ve Kuvaterner yaşlı çakıltaşları üzerine gelen bazaltların varlığını ortaya koymuşlardır.

Atabey ve diğerleri (1988), Hacıbektaş - Gülşehir - Kalaba (Nevşehir) - Himmetdede (Kayseri) arasının jeolojik incelemelerine yönelik bu çalışmada, bölgedeki birimlerin, stratigrafik, tektonik ve petrografik özellikleri ortaya konularak sedimanter birimlerin ortam yorumları yapılmıştır.

Özgür ve diğerleri (2000), Kırşehir metamorfitlelerine ait mermerlerin ana rezervuarı oluşturduklarını, Kızılırmak formasyonu ile tüflerin ise örtü kaya olduklarını saptamışlar; ısı kaynağı konumunda bulunan Erciyes volkanlar topluluğunun enerjisini fay düzlemleri aracılığıyla yüzeye taşıdıklarını belirtmişlerdir.

Afşin (1999), tez konusu mineralli su kaynaklarına ait ilk hidrojeokimyasal ve izotopik incelemesine yönelik bu çalışmada, mineralli suları su kimyası ve izotop bileşimleri

açısından değerlendirmiş; kaynakların tektonizma ile olan ilişkilerini; akifer tipine bağlı yeraltı suyu dolaşım sisteminin özelliklerini saptamış, kayaç - su arasındaki reaksiyonların ürünü olan iyon değişimlerini açıklamış; elde ettiği tüm sonuçlarla mineralli suların köken yorumunu yapmıştır.

Afşin (2002), inceleme alanındaki mineralli su kaynaklarına ait bölgesel ölçekte detaylı gerçekleştirilen hidrojeokimyasal ve izotopik çalışmada Gümüşkent mineralli su kaynaklarının Ca-HCO₃, Çorak ve Karakaya mineralli su kaynaklarının ise Na-Cl-HCO₃ su tipli olduklarını belirlemiş; mineralli sular üzerinde etkin olan jeolojik parametreleri tespit etmiş ve izotop verilerinden de faydalanarak kaynakların dolaşımı ile ilgili yorumlarda bulunmuş; kaynak alanlarına ait travertenlerin çökelme ortamları ile ilgili yorumlamalara da yer vermiştir.

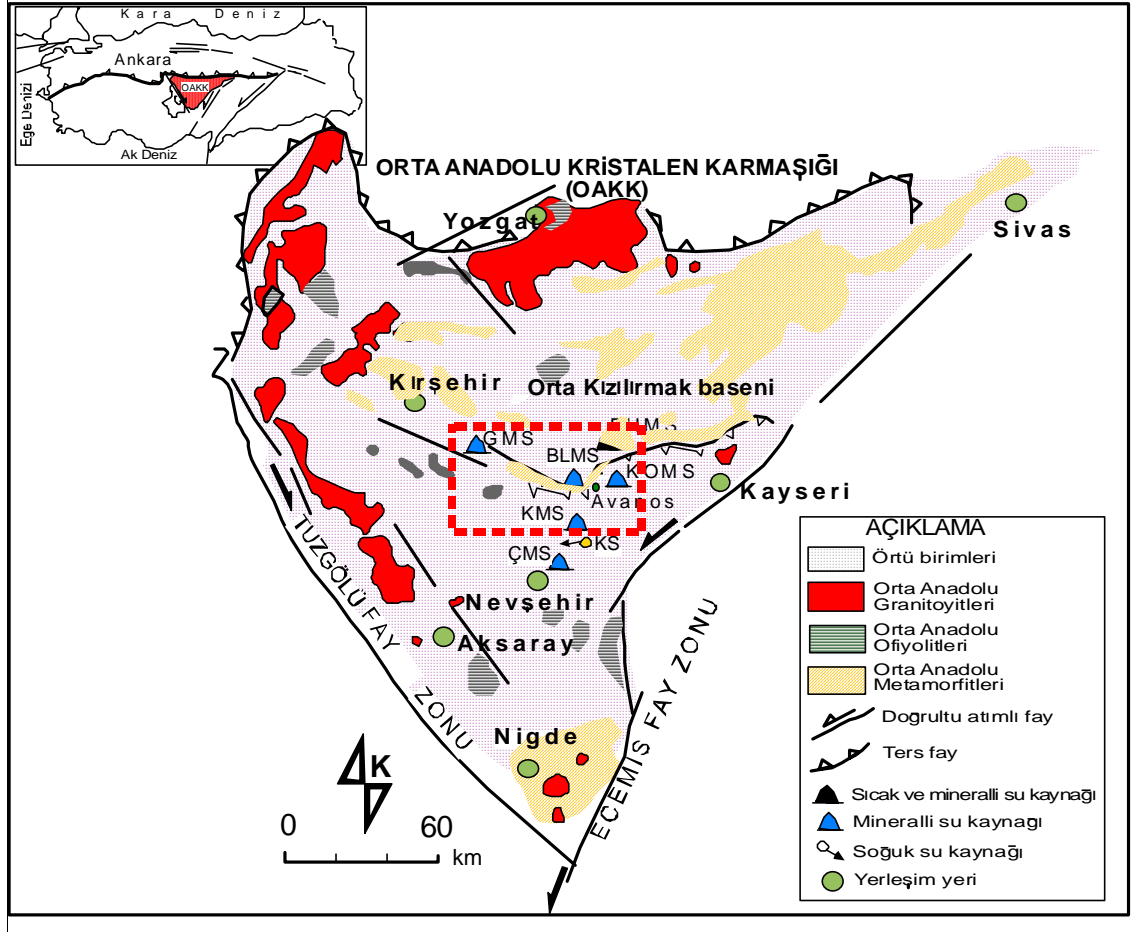
Afşin ve diğerleri (2007)'ye ait çalışmada, Orta Anadolu'daki sıcak ve mineralli sular ve travertenler jeoloji, hidrojeoloji, hidrojeokimyasal, izotopik, tıbbî ve biyoiklimsel özellikleri açısından araştırılmış; balneoterapi ve klimaterapi amaçlı olarak kullanılabilirliği ve suların jeotermal enerji ve çevresel etkileri belirlenmiştir.

Dokuz (2008), çalışmasında Himmetdede ilçesi jeotermal alanında bulunan Tekgöz, Çiftgöz ve Bayramhacılı sıcak ve mineralli su kaynaklarının hidrokimyasal özelliklerini incelemiş ve kayaç jeokimyasından yararlanarak, jeotermal sistemdeki akışkanların özelliklerini ve hidrojeolojik oluşum modelini ortaya koymuştur.

2. BÖLGESEL JEOLojİ

2.1. Genel Jeoloji

İnceleme alanı, Ankara - Sivas - Ulukışla arasında kalan Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı (OAKK) (Göncüoğlu vd., 1991) olarak adlandırılan Paleozoyik - Mesozoyik yaşlı kompleks içerisinde yer almaktadır (Şekil 2.1). Kırşehir, Akdağmadeni ve Niğde masiflerini içerisine alan OAKK genel olarak metamorfitle ve bunları sıcak dokanakla kesen farklı felsik intrüzif kayalardan oluşan bir topluluktur (Göncüoğlu vd., 1991). OAKK inceleme alanında litodem birimlerinden oluşmuştur. Tersiyer - Kuvaterner yaşlı örtü birimlerini ve Miyosen - Kuvaterner yaşlı magmatizmanın ürünlerini temsil eden volkanitler OAKK üzerine uyumsuz olarak gelmektedir.



Şekil 2.1. İnceleme alanının basitleştirilmiş jeoloji haritası (Göncüoğlu vd., 1993)

Çalışma alanının temelinde Kırşehir masifine ait Tamadağ ve Bozçaldağ metamorfileri yer alır. Metamorfiler gnays, şist, mermer, kuvarsit gibi kayalardan oluşmuş olup, genel olarak magmatik katkılı platform çökellerin düşük - orta dereceli basınç, yüksek sıcaklık koşullarında, yeşil şist – almandin - amfibolit fasiyesinde metamorfizmaya uğramasıyla oluşmuştur (Atabey, 1989). Kırşehir masifinin doğu uzantısı olan bu birimler bölgedeki yüksek topoğrafyaları oluşturur. İlk kez Seymen (1981) tarafından Tamadağ formasyonu olarak adlandırılmış olan Tamadağ metamorfiti Gümüşkent'in KB ve GD yönünde geniş bir alanda yüzeylenmektedir (Şekil 2.3). Genelde fillit, serisit - klorit şist, kalkşist ve orta kalın tabakalı, gri - beyaz renkli mermer araldanmasından oluşur. Birim Paleozoyik yaşlı (Atabey, 1989) olup, granit, granodiyorit ve monzonitlerden oluşmuş Orta Anadolu Granitoyitleri tarafından kesilmiştir (Göncüoğlu vd., 1991). Tamadağ metamorfileri üzerine ilk kez Seymen (1981) tarafından adlandırılan Bozçaldağ metamorfileri gelir. İri kristalli, yer yer orta - kalın tabakalı açık gri, beyaz nadiren pembe renkli iri masif mermerlerden oluşmuş bu birim, Paleozoyik yaşlı (Atabey, 1989) olup, Tersiyer yaşlı birimlerle tektonik dokanaktır.

Granit, granodiyorit, diyoritporfir, monzonit, lökogradit, siyenit, kuvarsporfir türü kayalarla temsil edilen Orta Anadolu Granitoyitleri inceleme alanında istifin tabanında yer alan metamorfik kayaları keserler. Birimin sokulum yaşı Üst Kretase'dir. Alterasyonlar sonucu breşimsi ve kırılğan bir yapı kazanan birim genelde koyu grimsi - siyahımsı renklerde olup, orta - iri tanelidir.

OAKK üzerine uyumsuzlukla Tersiyer ve Kuvaterner yaşlı çökeller gelir (Şekil 2.2). İlk birim Atabey vd. (1988) tarafından adlandırılan Ayhan formasyonudur. Bu formasyon içerisinde Saytepe, Esefin, Kubaca, İlice ve Lalelik üyeleri ayrılanmıştır. Birim içerisinde fosil bulunmamasına rağmen stratigrafik ilişkiye göre Lütésiyen öncesi yaşlı kabul edilmiştir (Aktimur vd., 1994; Yalçın ve Şener, 2009). Ayhan formasyonu akarsu, göl kıyısı ve göl çökellerinden oluşmuştur. Saytepe üyesi çakıltası, çamur - moloz akması ve taşkın ovası çökellerden oluşmuş olup, örgülü akarsu ortamını temsil eder. Ortalama 30 m kalınlığında olan Esefin üyesi yer yer paralel - çapraz tabakalı kumtaşı ve kumlu marnlardan oluşmuş olup, kıyı ovası ve sığ göl kenarı fasiyesindedir.

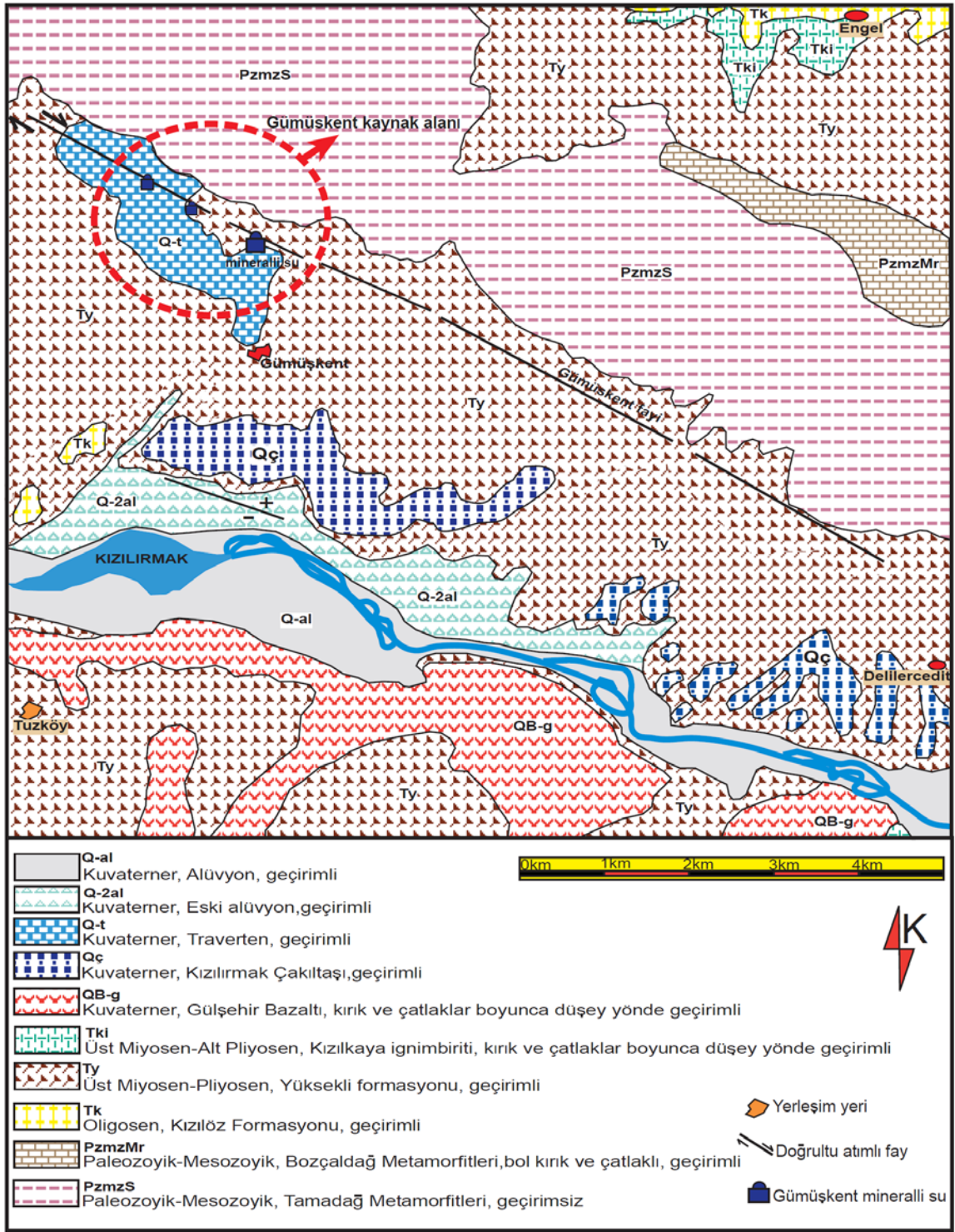
Orta - kalın tabakalı, silisli, çörtlü kireçtaşı, laminalı kumtaşı, silttaşı ve bitümlü şeylerden oluşan Kubaca üyesi göl ortamını temsil etmektedir.

ÜST SİSTEM	SİSTEM	SERİ	KAT	FORMASYON	ÜYE	KALINLIK (M)	KAYA TÜRÜ	AÇIKLAMALAR		
SENOZOYİK	TERSİYER	PLEYİTOSE N- HOLOSEN				50		Alüvyon		
								Balkaya Traverteni; Orta tabakalı ve gözenekli		
								Gülşehir Bazaltı; Siyah renkli lav akıntısı		
								Kızıldağ Bazaltı; Siyah-kahve renkli, olivin-bazalt		
								Kızılırmak Çakıltası; çapraz tabakalı çakıltası, kumtaşı, miltaşı		
		ÜST MİYOSEN - PLİYOSEN	YÜKSEKLİ	Özkonak	10	250	30	150		Tüf, ignimbirit, kumtaşı, siltaşı
										Pembemsi, gri, boz renkli, pomzalı tüf, üst seviye göl kalkerli
			TUZKÖY			150	30	800		Yelpaze çökelleri; Gevşek tutturulmuş çakıltası, kiltası, mam
										Kızılkaya İgnimbiriti; Biyotitli, kızıl renkli andezitik
			OLİGOSEN	KIZILÖZ	ARAFA	60	50	350		İnce - orta tabakalı kumtaşı, kiltası ve marn Tüfit ara katkılı siltaşı
										Bozdağ Volkaniti; Volkanik breş, aglomera, lapilli tüf Üst seviyelerde anhidrit ve jips kırıntıları kapsar
										Kırmızı renkli, kaba çakıl, kumtaşı, miltaşı ve alüvyon yelpazesi
			EOSEN	LÜTESİYEN	ALTIPINAR	BOZTEPE	50	300		Gri, çakıllı kumtaşı, linyitli marn ve kumtaşı Taşkın bataklığı çökelleri
										Orta ince tabakalı killi kireçtaşı, biyomikrit
				LÜTESİYEN ÖNCESİ	AYHAN	LALELİK	300	400	150	
		Tabanda çakıltası kırıklı, kıvrımlı yapıda çörtlü kireçtaşı kumtaşı ve marn. Muhtemel gösel birim								
		Tabanda aşınma yüzeyi üzerinde teknesel çapraz tabakalı kumtaşı, üste doğru ince kumtaşları. Gri boz kırmızı renkli kumtaşı siltaşları								
		Sığ göl ve taşkın düzlüğü çökelleri, bitümlü şeyl ve kumtaşı								
		Silisli orta tabakalı kireçtaşı								
		Kumtaşı, kumlu marn, Kıyı ovası ve sığ göl kenarı düzlüğü								
		MESOZOYİK		KRETASE	Ü. KRETASE	Maestrihiyen	ORTA ANADOLU GRANİTOYİDİ	500		Alüvyon yelpazesi, çamur ve moloz akması, kötü boylanmalı ve paralel katmanlı çamurtaşı ve çakıltası
										Orta Anadolu Granitoyitleri; granit, granodiyorit, diyoritporfir, granit porfir, siyenit, monzonit, kuvars porfir
		PALEOZOYİK				BOZÇALDAĞ	250		Serisit, kloritist, kalkışist, fillit, mermer, amfibol	
									TAMADAĞ	350

Şekil 2.2. Nevşehir ve civarının genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesiti (MTA, 2005)

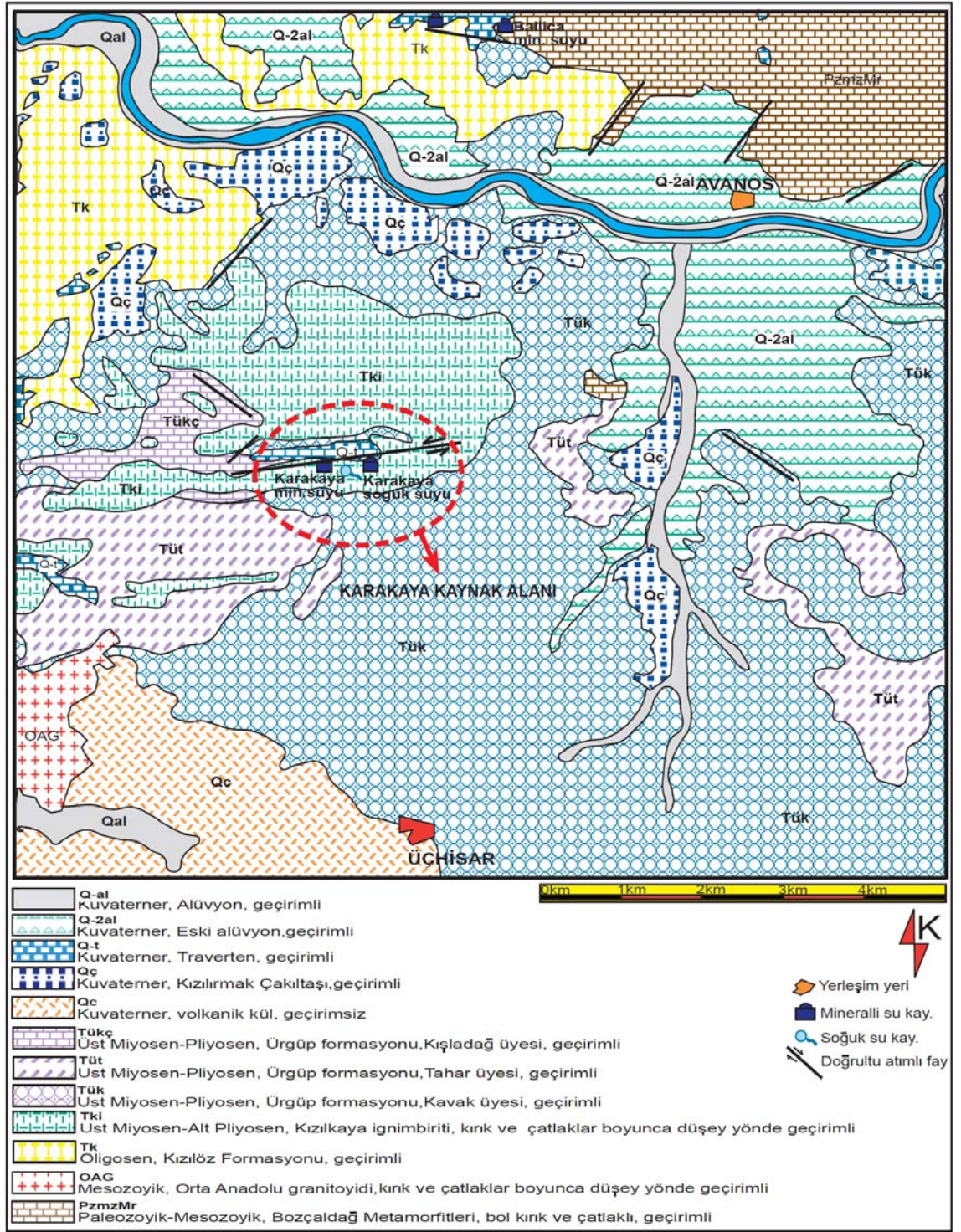
Sığ gölde indirgeyici ortamda bitümlü şeyl oluşmuştur. Yer yer izlenen kırmızı renkli çakıltaşı ara katmanları kuraklık döneminin su üstü çökeline işaret eder. İlicek üyesi tabanda kırmızı renkli çakıltaşı ve kırmızı - boz renkli, orta - ince taneli kumtaşları ile temsil edilmekte olup orta kalın tabakalıdır. Kumtaşları arasında paralel laminalı siltaşları yer alır. Menderesli akarsu çökelleri ve taşkın ovası birimidir. Lalelik üyesi orta - kalın tabakalı, çörtlü kireçtaşı, kumtaşı ve marnlardan oluşmuştur. Akarsu ve göl ortamı arasında geçiş ürünlerini temsil eden birim Lütesiyen yaşlı Altıpınar formasyonu ile uyumludur. Altıpınar formasyonu yaklaşık 350 m. kalınlığında olup, tabanda çakıltaşı, kalın - orta tabakalı kumtaşları ile başlar ve gri - boz renkli marnlarla ve gri - yeşil renkli ince taneli kumtaşı ve şeyllerle devam eder. Birim türbidit akıntılarının egemen olduğu ortamda çökelmiştir. Birim içerisinde kumlu marn ve killi kireçtaşlarından oluşan Boztepe üyesi ayırtlanmıştır. Bordo renkli teknesel çapraz tabakalı kumtaşı, siltaşı ve çamurtaşından oluşan kanal dolgulu ortalama 800 m. kalınlığındaki Oligosen yaşlı Kızılöz formasyonu içerisinde tabanda çakıllı kumtaşı ve linyitli marn şeklinde görülen yaklaşık 30 m. kalınlığındaki Arafa üyesi ayırt edilmiştir. Kanal dolgusunda iri - orta taneli kötü boylanmalı, orta - iyi derecede yuvarlaklaşmış çökeller egemen olup karbonat çimento ile tutturulmuştur. Birimin alt düzeylerinde örgülü akarsu ve alüvyon yelpazesi çökelleri üst seviyelerde ise anhidrit ve jips kırıntıları gözlenir. Kızılöz formasyonu üzerine uyumlu olarak volkanik breş, aglomera, lapilli ve tüflerden oluşan Bozdağ volkanitleri gelir. Stratigrafik istifte Bozdağ volkanitlerini ilk kez Kayakıran (1979) tarafından adlandırılan Tuzköy formasyonu izler. Birim sarı renkli ince tabakalı tüfit ara katkılı siltaşı, boz yeşilimsi renkli jips kristalli kıltaşı, ince - orta tabakalı kumtaşı ve yeşil renkli marnlı seviyelerle temsil edilir. Bu formasyon ortalama 100 m. kalınlığa sahip olup, enerjisiz sığ bir ortamı temsil eder. Tuzköy formasyonunun üzerinde biyotitli, kızıl renkli andezitik ignimbiritlerle karakteristik Kızılkaya ignimbiriti yer alır. İlk defa Beekman (1966) tarafından adlandırılan birim, altere yüzeylerinde pembemsi - kırmızımsı, taze yüzeylerinde ise pembemsi - beyazımsı gri renktedir.

Topoğrafyada masa şekilli düzlükler oluşturmasıyla karakteristik olan ignimbiritlerin alt seviyelerinde, boyutları 30 cm'ye varan pumis parçaları gözlenmektedir (Güllü, 2003). Orta seviyeleri, pembemsi gri renkte, andezit ve bazalt çakıllarıyla kaynaklı birimin üst seviyelerinde zayıf kaynaklanmış volkanik çakıllar gözlenmektedir. Pliyosen yaşlı birim içerisinde genel olarak her yönde kırık ve çatlakların varlığı, bunların soğumaya bağlı olarak geliştiğinin göstergesidir (Güllü, 2003).



Şekil 2.3. Gümüşkent minerali su kaynağı ve çevresinin jeoloji haritası (MTA, 2005)

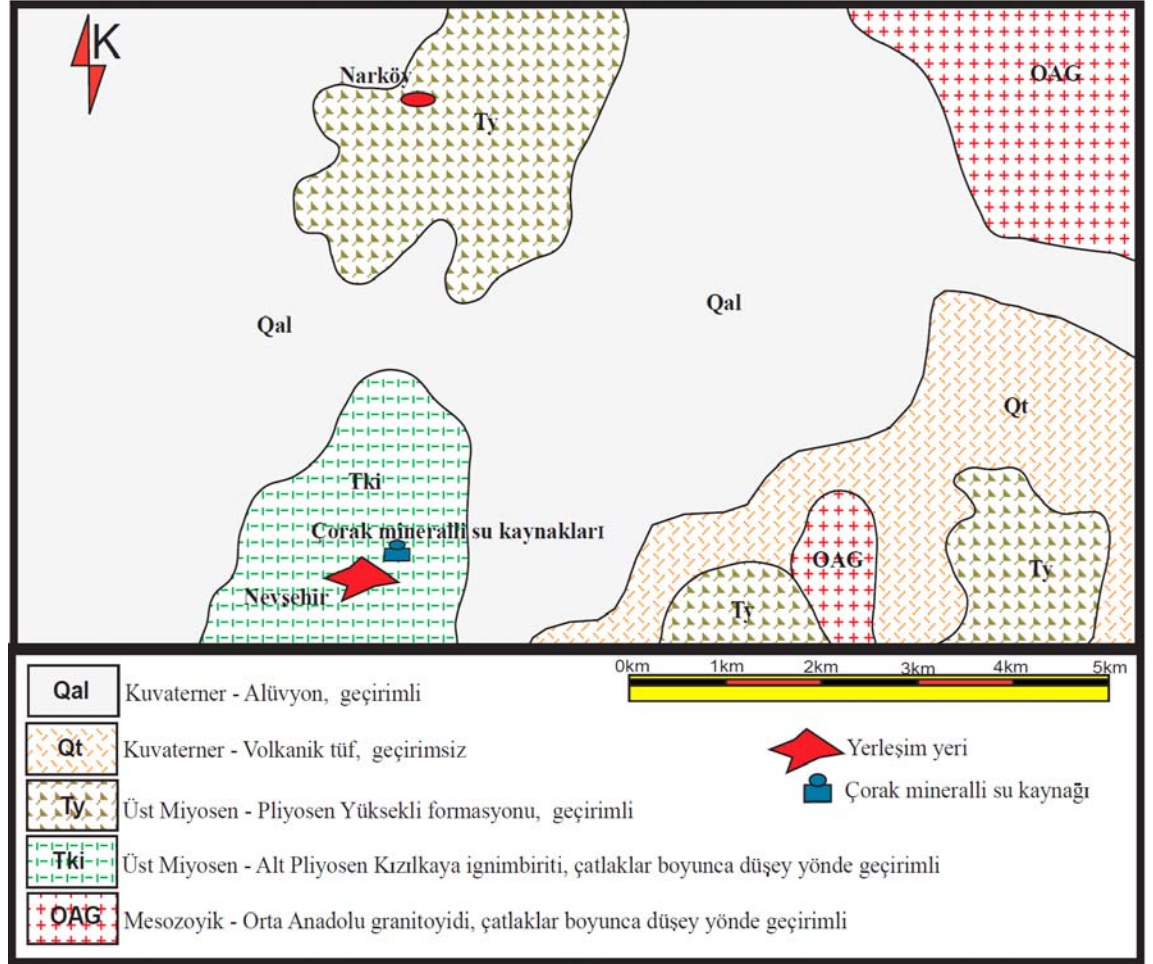
Kızılkaya ignimbiritlerinin üzerinde yer alan Yüksekli formasyonu Aydın (1984) tarafından adlandırılmış olup, beyazımsı - gri renkli, orta ince taneli, teknesel çapraz tabakalı kumtaşı, çakıllı kumlu tüfit, kıltaşı ve gevşek tutturulmuş çakıltıları birimin egemen litolojisidir. Akarsu ve göl ortamına işaret eden formasyon içerisinde çakıllarda dizilim ve yönlenme izlenir.



Şekil 2.4. Karakaya ve Ballica mineralli su kaynakları ve çevresinin jeoloji haritası (MTA, 2005)

Tersiyer'in en üst seviyesini temsil eden Özkonak üyesi Yüksekli formasyonu içerisinde ayırt edilmiştir (Aydın, 1984). Birim pembemsi gri boz renkli lav parçası ve obsidyence zengin, camsı ve pomzalı tüften ibarettir. İnceleme alanında yer alan volkano - sedimanter istifile temsil edilen ve Pasquare (1968) tarafından Ürgüp formasyonu olarak adlandırılan birim, karasal havzalarda çökelmiş kumtaşı ve çamurtaşı içerikli tüflü

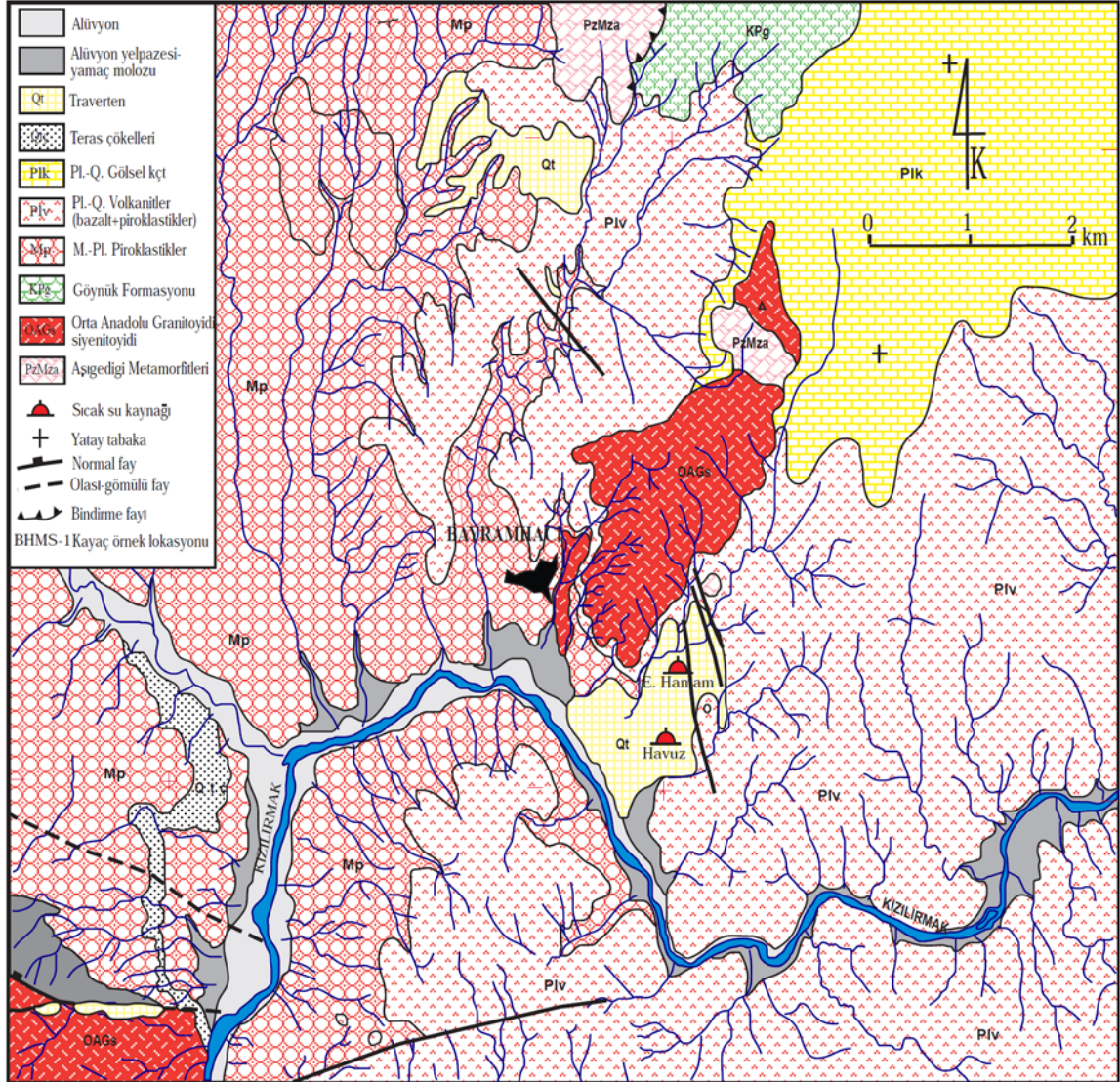
akarsu ve göl çökelleri ile ardalanmış piroklastik seviyelerden oluşmuş olup (Köksal ve Göncüoğlu, 1997), düşey ve yatay yönde çok fazla değişim göstermesi nedeni ile Temel vd., (1998) tarafından üyelere ayrılmıştır. Birimin içerisinde yer alan volkanoklastik kayaların radyometrik yaşları (10 - 3 my., Innocenti vd., 1975) dikkate alınırsa çökelim yaşı Üst Miyosen - Pliyosen olarak kabul edilmiştir (Köksal ve Göncüoğlu, 1997).



Şekil 2.5. Çorak mineralli su kaynağı ve çevresinin jeoloji haritası (MTA, 2005)

Teknesel çapraz tabakalanmanın sık görüldüğü 12 m. kalınlığındaki çakıl, kum ve kil çökellerinden oluşan Kızılırmak çakıltaşı, olivin bazalt özellikli 10 m. kalınlığa varan siyah - kahverengi renkli Kızıldağ bazaltı, bazaltik andezit ve traki - andezit nitelikli siyah renkli lav akıntısı ile karakteristik Gülşehir bazaltı, volkan bombası, kül, lapilli ve bazaltik cüruf konileri, KB - GD doğrultulu fay hatları üzerinde eski sıcak su kaynaklarına bağlı olarak oluşan kıvrımlı, ince tabakalı ve gözenekli Balkaya traverteni, çoğunlukla Kızılırmak nehri boyunca yüzeylenen yaklaşık 10 m. kalınlığındaki, çakıltaşı, kumtaşı ve milden oluşan eski alüvyon ile yamaç molozları, çakıl, kum, mil ve

topraktan oluşan alüvyon, inceleme alanının en genç birimleri olarak Kuvaterner yaşlı birimleri temsil ederler.

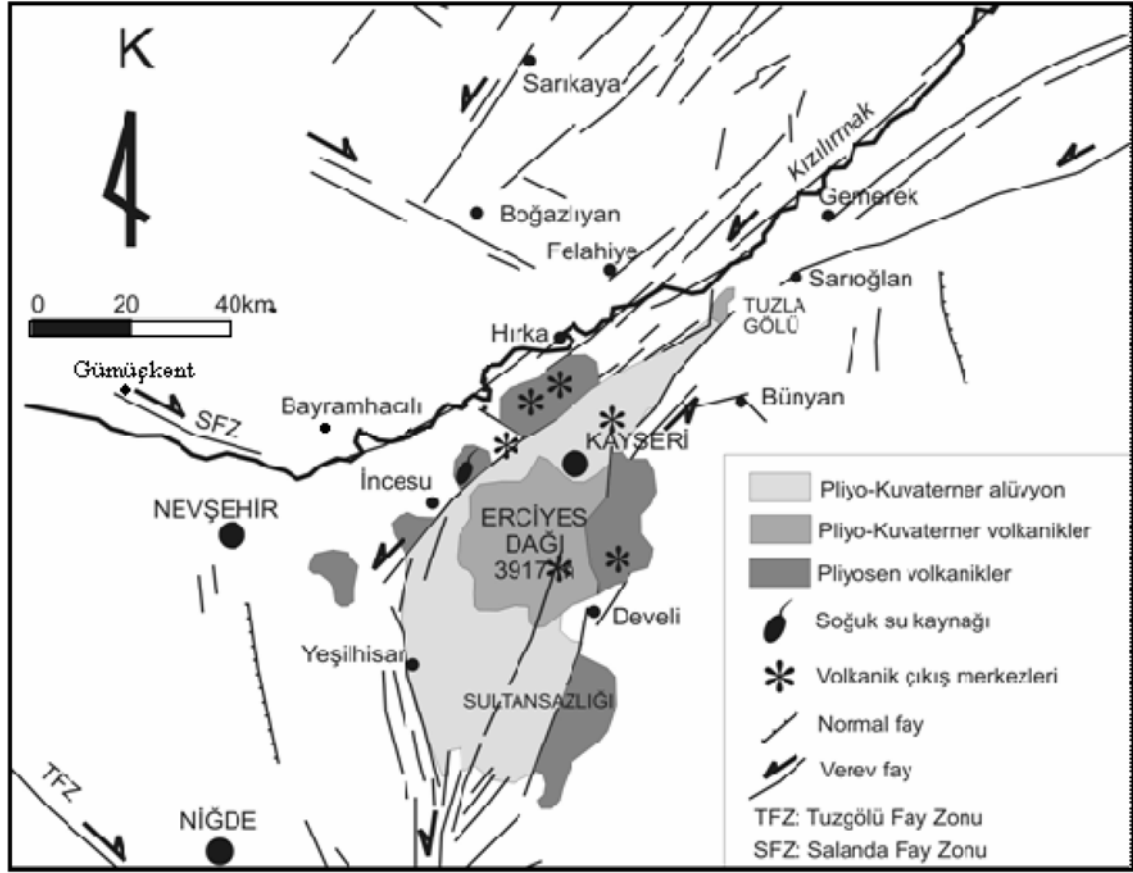


Şekil 2.6. Bayramhacı sıcak ve mineralli su kaynağı ve çevresinin jeoloji haritası (Afşin vd., 2002)

2.2. Yapısal Jeoloji

Çalışma alanı, kuzeyinden Kuzey Anadolu Fay Zonu, doğusundan Doğu Anadolu Fay Zonu, batısından Tuz Gölü Fay Zonu ve güneyinden Toros kuşağı ile sınırlanmıştır (Afşin vd., 2007). Arap levhası ile Avrasya levhasının yakınlaşmasına bağlı olarak Geç Pliyosen'e kadar çalışma alanı sıkışmalı rejim etkisinde kalmıştır. Sıkışmalı rejim denetiminde çalışma alanının yakınında bulunan Orta Kızılırmak ve Sivas havzaları kapanmış ve bindirme fayları gelişmiştir (Şekil 2.7). Üst Pliyosen'de volkanik ve sedimanter birimlerinde gelişmiş olan KD - GB eksenli birbirini takip eden antiklinal ve

senklinaller sıkışmalı rejimin Geç Pliyosen'e kadar devam ettiğini göstermektedir. Ancak bu kıvrımlar ve bindirme fayları bölgede geniş yayılım gösteren volkano - sedimanter birimlerce örtülmüştür (Afşin vd., 2002).



Şekil 2.7. Tuz Gölü ve Orta Anadolu fay kuşakları kontrolünde çalışma alanında oluşan yapısal unsurlar (Afşin vd., 2002)

İnceleme alanında tektonik etkilere bağlı olarak kıvrım ve faylar oluşmuş olup Kızılırmak Fay Zonu, Kızılırmak havzasının açılmasına ve bölgede tipik bir horst graben yapısının gelişmesine neden olmuştur. Grabenleri oluşturan faylar oblik karakterde olup Orta Kızılırmak fay zonunu oluşturur (Dirik ve Göncüoğlu, 1995).

İnceleme alanında yer alan en önemli faylardan biriside Salanda Fay Zonu'dur. Tuzgölü Fay Zonu'nun kuzeydoğusunda, Gümüşkent ilçesinin 2,5 km. kuzeyinde bulunan Salanda Fay Zonu güneydoğuda Avanos ile kuzeybatıda Kaman ilçeleri arasında birbirine paralel ve yarı paralel birçok faydan oluşan, KB gidişli 20 km. genişlikte, 140 km. uzunluktadır. Tuzgölü fayına paralel uzanan Salanda Fay Kuşağı, bu fayın etkisinde gelişmiş ve uzanımı boyunca Kızılırmak Nehri'ni denetlemektedir. Fay önemli miktarda normal bileşene sahip sağ yanal doğrultu atımlı olup Hacıbektaş ilçesinin güneyinde

Bozçaldağ metamorfitleleriyle, Üst Miyosen - Pliyosen yaşlı karasal sedimanların dokanağını oluşturmaktadır (Koçyiğit, 1984).

Bölgedeki bir diğer önemli fay, Hırkadağı güneyinde, Civelek - Gümüşkent arasında 20 km. uzunluğundaki kırık hattıdır. Diğer belirgin faylardan birisi de, Yemliha ve Felahiye faylarını kapsayan Hırka fay kuşağı olup Orta Anadolu fay kuşağının 10 - 15 km. genişliğinde 120 km. uzunluğundaki bir kısmını oluşturmaktadır (Afşin vd., 2002).

3. HİDROJEOLOJİ

Bu bölümde, inceleme alanı ve çevresinin hidrojeolojik özellikleri, su örnekleme noktalarının konumları ve önemli su noktaları ile ilgili bilgiler sunulmuştur.

3.1. Hidrojeolojik Özellikler

İnceleme alanındaki litolojik birimler su taşıma ve geçirgenlik özelliklerine bağlı olarak geçirimli, yarı geçirimli ve geçirimsiz birimler olmak üzere üç farklı hidrojeolojik grupta tanımlanmıştır.

İnceleme alanının kuzey ve güneyinde yer alan yüksek kotlu tepeler bölgenin beslenme alanını Kızılırmak ve onu besleyen yan kollar ise boşalım eksenini oluşturur. Bu nedenle yeterli geçirgenlik kazanmış birimlerde muhtemel yeraltı suyu hareketi Kızılırmak havzasına doğru olmaktadır. Drenaj ağının, geçirimsiz birimler üzerinde genelde iyi gelişmiş, geçirimli ve orta geçirimli birimler üzerinde ise iyi gelişmediği söylenebilir.

Yüksek kesimlerdeki kaynakların çoğu fay hatlarına bağlı olarak gelişen kırık sistemlerinden veya bağlantısız akiferlerden boşalmaktadır. Küçük debili soğuk su kaynaklarının yanı sıra önemli mineralli su kaynakları da bulunur. İnceleme kapsamında Gümüşkent, Karakaya, Çorak, Ballica, Kozoğlu ve Gölbağları mineralli su kaynakları ile Bayramhacılı sıcak ve mineralli su kaynakları değerlendirilmiştir.

KMS, ÇMS, GMS, BLMS, KOMS, GLMS ve BHMS'nin akiferi temelde yer alan Bozçaldağ metamorfiteğine ait mermerler olup, kaynak alanlarında yüzeylemiş Ürgüp formasyonuna ait Kışladağ üyesine ait kireçtaşları ile Orta Anadolu Granitoyitleri içerisindeki granitlerden de beslenime katkı olmaktadır (Afşin, 2002).

Sığ dolaşımli Karakaya soğuk su kaynağı (KSS) ve Değirmenbaşı soğuk su kaynağı (DGMS) için Tersiyer ve Kuvaterner yaşlı birimler akifer oluşturmaktadır.

3.1.1. Geçirimli birimler

İnceleme alanında akifer oluşturan en önemli birim, temeli oluşturan Paleozoyik yaşlı mermerlerdir. Birim içerisinde düşey yönde gelişen çatlaklı, kırıklı ve karstik boşluklu kısımlar hidrojeolojik açıdan geçirimlidir. Birim, bölgede yer alan derin dolaşimli sıcak ve mineralli su kaynağı ve mineralli sular için iyi bir akifer niteliğindedir. Üst Kretase yaşlı granitoyitler genelde geçirimsiz olmakla beraber, bozunuma uğradığı ve birbirini kesen çatlakları içerdiği üst kuşaklarda geçirimlidir (Afşin, 2002).

İnceleme alanında yüzeylenen Tersiyer yaşlı karasal, gölssel ve bataklık ortamlarında oluşmuş birimler arasında karbonat çimentolu veya gevşek bağlantılı çakıltaşı, kumtaşı ve kireçtaşı seviyeleri pratik olarak geçirimlidir (Afşin, 2002). Birim inceleme alanındaki sığ dolaşimli soğuk su kaynakları için önemli bir akifer özelliğindedir.

Volkanosedimanter birimlerden tuf, tüfit ve küller ancak faylanmaya, çatlaklı ve kırıklı yapıya bağlı şekilde ikincil geçirimliliğin arttığı bölümlerde, tüfitler geçirimli, akma yüzeylerine ve soğuma çatlaklarına sahip bazalt ve ignimbiritler açık çatlakların derinliği ile orantılı olarak düşey yönde geçirimlidir. Kızılırmak çakıltaşı ile Kızılırmak Nehri'nin aktığı alanda çok geniş yayılım gösteren yamaç molozu ile eski ve yeni alüvyonun, çakıl, kum, kumtaşı ve karbonat çimentolu çakıltaşları geçirimlidir (Afşin, 2002).

3.1.2. Yarı geçirimli birimler

İnceleme alanında yüzeyleyen Tersiyer yaşlı karasal, gölssel ve bataklık ortamlarında oluşmuş birimlerin siltli seviyeleri, Kızılırmak havzası boyunca geniş bir yayılım gösteren yamaç molozu ile eski ve yeni alüvyonun siltli seviyeleri yarıgeçirimlidir.

3.1.3. Geçirimsiz birimler

İnceleme alanının temelinde yer alan birimlerden Tamadağ metamorfite ait şistler etkili kırık zonları dışında pratikte geçirimsizdir ve hidrojeolojik anlamda yerel bariyerlerdir. Tersiyer ve Kuvaterner yaşlı birimlerin kil, kumlu marn, marnlı kireçtaşlarından oluşan seviyeleri, volkanosedimanter birimlerden tuf ve küller, Kızılırmak havzası boyunca geniş bir yayılım gösteren yamaç molozu ile eski ve yeni

alüvyonun killi seviyeleri inceleme alanındaki geçirimsiz zonları oluştururlar (Afşin, 2002).

3.2. Su Kaynakları

Nevşehir ilinin yüzölçümü 5467 km² olup bu alanın 382820 hektarı tarıma elverişli arazidir. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'nce (DSİ) Nevşehir ilinde 66521 hektarlık alanda etüt çalışması yapılmış ve 62103 hektarlık alan sulanabilir bulunmuştur (URL-1). İnceleme alanında içme ve sulama suyu ihtiyacının büyük bölümü bölgede yer alan baraj ve göletlerden sağlanmaktadır. Bölgede yeraltı suyu kullanım oranı da yüksektir. Nevşehir ilinde kullanılabilir yeraltı suyu potansiyeli 119 milyon m³ olup, 10 adet sulama kooperatifi ile 2583 hektarlık alanda sulama yapılmaktadır (URL-1).

İnceleme alanı ve çevresinde sulama amaçlı yapılmış Ayhanlar, Damsa ve Tatların barajları ile Kumtepe, Yalıntaş, Taşlıhöyük ve Özkonak göletleri bulunmaktadır. Avanos ilçe sınırları içerisinde yer alan ve Kızılöz deresi tarafından beslenen Ayhanlar barajı homojen toprak dolgu tipindedir ve göl hacmi 21,87 hm³ tür (URL-2). Ürgüp ilçe sınırları içerisinde yer alan ve Damsa çayı tarafından beslenen Damsa barajı zonlu toprak dolgu tipinde olup göl hacmi 7,017 hm³ tür (URL-3).

İnceleme alanının en önemli akarsuyu Kızılırmak'tır (Şekil 3.1). Kızılırmak, Nevşehir volkanik kütlesi önünden KD - GB doğrultusunda yön değiştirerek akar ve irili ufaklı birçok kola sahiptir. Kızılırmak havzasının kuzey ve güneyinde yer alan yüksek kotlardan beslenen Kızılırmak'ın uzunluğu 1355 km olup, yıllık ortalama akımı 2567 milyon m³ tür (URL-1).

Kızılırmak dışında Derinöz, Damsa, Bölükören, Gökçetoprak, Kızılöz, Akçataş akarsularının su toplama kapasiteleri 39.500.000 m³ tür (URL-2).

Kaynaklar genelde geçirimli birimler ile geçirimsiz birimlerin dokanağında ve Salanda (Gümüşkent), Kızılırmak Fay Zonuna bağlı eklem veya kırık düzlemlerinden çıkan, debileri 0.5 - 1 L/s arasında değişen akışkanlar şeklindedir.

İnceleme alanı ve çevresinde sınırlı beslenme alanlarına sahip düşük debili soğuk su kaynaklarının yanı sıra önemli sayıda mineralli ve sıcak su kaynağı mevcuttur.



Şekil 3.1. Kızılırmak nehrinden bir görünüm

Bölgede bulunan başlıca sıcak ve mineralli su kaynakları Kozaklı, Acıgöl ve Cemilköy'dür. Çorak, Karakaya, Gümüşkent, Ballıca, Kozoğlu, Gölbağları, Bahçeli ve Ürgüp mineralli suları ise yörenin önemli su kaynaklarını oluşturur.

Uzanımı boyunca birçok sıcak ve soğuk su kaynaklarına, traverten çökellerine, kükürtlü su çıkışlarına ev sahipliği yapan Salanda Fay Kuşağı mineralli su kaynaklarının oluşumunda da etkin rol oynamaktadır (Afşin vd., 2007).

Çorak mineralli suları (ÇMS), Nevşehir kent merkezi yakınında yüzeyde net olarak gözlenemeyen, Alacaşar tüfleri içerisinde D - B yönünde uzanan olası bir fayla ilişkili olarak açığa çıkar (Afşin, 2002). Kaynağın debisi 0,5 L/s'dir (Şekil 3.2). Yöre halkı tarafından içmece şeklinde kullanılan Çorak mineralli su kaynağının sindirim kolaylaştırıcı ve salgıyı artırıcı etkisi vardır (Eşref, 1997; Afşin vd., 2007).

Karakaya mineralli suları (KMS) Nevşehir - Avanos yolu üzerinde Çayağıl derenin batısında KD - GB yönünde uzanan normal bir faya bağlı olarak birden fazla noktada açığa çıkar (Afşin, 2002) (Şekil 3.3). Kaynak yüksek miktarda karbondioksit gazı içermektedir (Şekil 3.4.). İçmece olarak kullanılan Karakaya mineralli su kaynakları

mide ve bağırsak rahatsızlıklarının tedavisinde kullanılmaktadır (Afşin vd., 2007). Karakaya mineralli su kaynağı debisinin düşük olması ve bölgede diğer mineralli su kaynaklarının bulunması nedeniyle yaygın bir kullanıma sahip değildir.

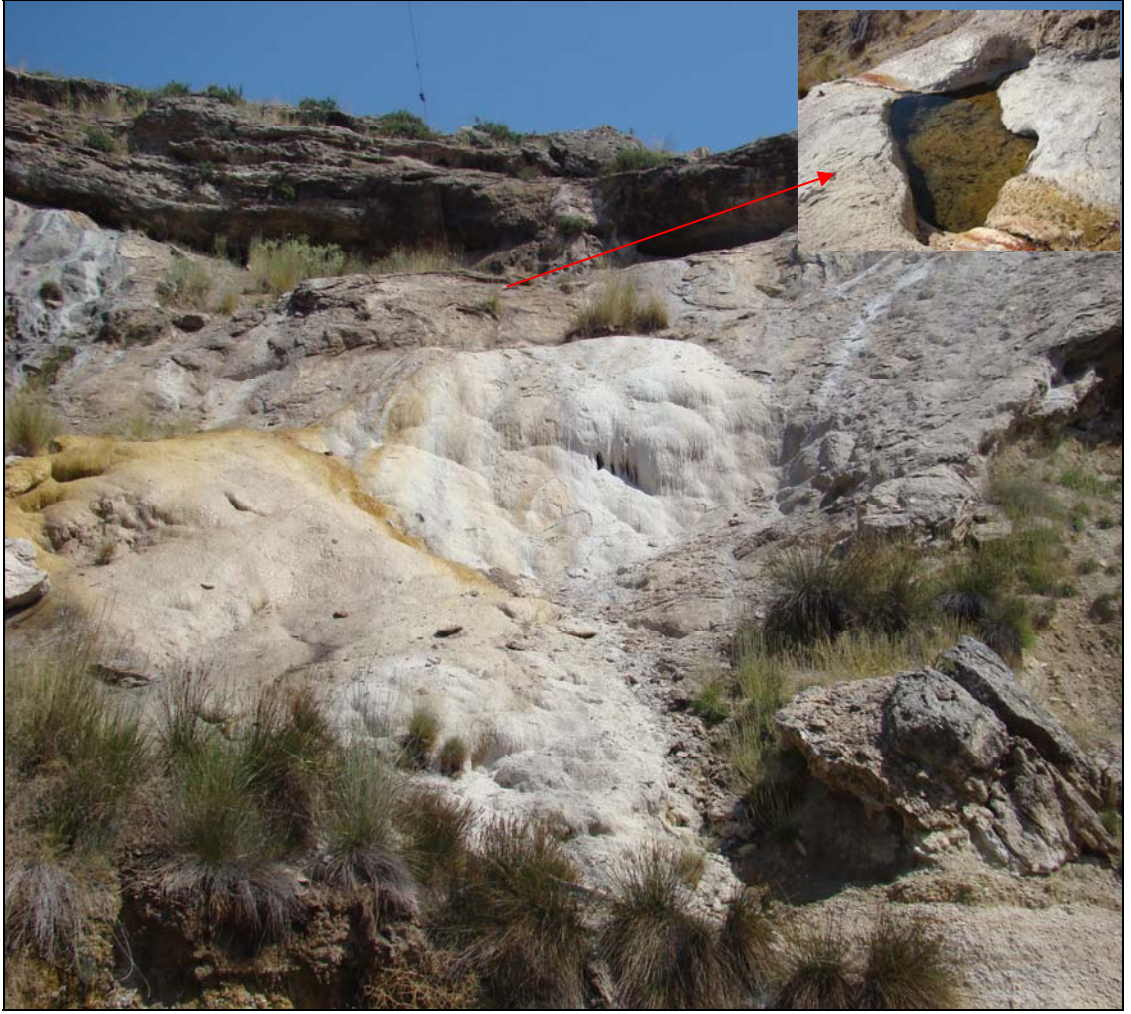


Şekil 3.2. Çorak mineralli su kaynağının görünümü

700 mg/L üzerinde sodyum içeren Karakaya mineralli su kaynağında içme kürlerinde özellikle hipertansif hastalarda suyun sodyum alımına katkısı dikkate alınmalı ve hastalar aşırı sodyum alımına karşı uyarılmalıdır (Kaplan, 2000; Sacks vd., 2001; Karagülle, 2002).

Karbondiyoksitli banyolar için eşik değer kabul edilen 500 mg/L'nin üzerinde CO₂ içeren Karakaya mineralli suları, termik etkisi yanı sıra periferik damar hastalıklarında ve esansiyel hipertansiyon tedavisi için de uygundur (Amelung, 1985; Özel, 2007).

Gümüşkent mineralli suları (GMS) ise Gümüşkent'in 2.5 km KB'sında Gümüşkent kaynak alanında Yüksekli formasyonu ile metamorfitlelerin dokanağında, KB - GD yönünde uzanan Salanda fayı boyunca açığa çıkmaktadır (Afşin, 2002).



Şekil 3.3. Karakaya mineralli su kaynağının görünümü

Gümüşkent mineralli su kaynağı ise içmece ve banyo olarak kullanılmaktadır. Mineralli su bir havuz içerisinden açığa çıkmakta ve ikinci bir havuzda toplanmaktadır (Şekil 3.5). 1 L/s debiye sahip Gümüşkent mineralli su kaynağı yüksek oranda karbondioksit içermekte olup, sindirim sisteminin fonksiyonel hastalıkları, şeker ve gut hastalığında (Eşref, 1997) içme kürleri şeklinde olumlu etkiler sağlar (Afşin vd., 2007); idrar yollarında ise ürik asit ve sistin taşlarının oluşumlarının ve nökslerinin önlenmesinde içme kürü şeklinde yararlıdır (Gürdal vd., 2002; Yüzbaşıoğlu, 2002).

İnceleme kapsamındaki Ballica mineralli su kaynakları (BLMS) Avanos'un 2.5 km kuzeyinde Ballica sırtında, Kozoğlu (KOMS) ve Gölbağları mineralli su kaynakları (GLMS) ise Avanos'un 4 km KD'sunda Sevincili'de açığa çıkarlar.



Şekil 3.4. Karakaya mineralli su kaynağından bir görünüm



Şekil 3.5. Gümüşkent mineralli su kaynağının görünümü

Bayramhacı sıcak ve mineralli su kaynağı (BHMS) Bayramhacı köyünün yaklaşık 1 km KD'sunda Kızılgedik tepenin yamaçlarında yer alır. Florürlü hipertermal sular ($>40^{\circ}\text{C}$) grubuna girer (Özel, 2007). BHMS'nin hazne kaya sıcaklığı en fazla 55°C olarak hesaplanmıştır (Afşin vd., 2007). Termal turizm amaçlı hizmetlerde kullanılan kaynak alanında belediyeye ait iki adet kaplıca tesislerinin yanı sıra özel girişimciler tarafından işletilmekte olan diğer kaynaklar özellikle yaz aylarında çevre illerden çok sayıda ziyaretçi almaktadır (Şekil 3.6.) (Dokuz, 2008). Sıcaklığı $42,8^{\circ}\text{C}$ olan BHMS balneolojik uygulamalarda, uygun sıcaklıklara kadar soğutularak tam ve kısmi banyolar şeklinde eklem hastalıkları ve eklem dışı romatizmal hastalıklarda kullanılabilirler (Erdoğan, 2000).



Şekil 3.6. BHMS'de termal amaçlı hizmet veren bir tesisten görünüm

Sağlık ve turizm alanlarında faydalanılan mineralli su kaynakları uygun tesis ve iyileştirmeler sağlanarak daha çok faydalanılması amacı ile insanların hizmetine sunulmalı ve bu suların korunması amacıyla alansal ve noktasal kirliliğe yol açabilecek faaliyetler, ruhsatsız kuyu açılması ve suların bilinçsiz kullanılması önlenmeli ve kaynaklar için su yönetim sistemi oluşturulmalıdır.

4. SU KİMYASI DEĞERLENDİRMESİ

İnceleme alanında yer alan mineralli su kaynaklarının hidrojeokimyasal özelliklerinin belirlenebilmesi ve yeraltı suyu dolaşım sistemi ile ilişkilerinin yorumlanabilmesi amacı ile kaynaklardan (Mayıs - Kasım 2005) dönemlerinde (Afşin vd., 2007) tarafından ve bu çalışma kapsamında (Nisan - Ekim 2009) dönemlerinde mevsimsel değişimler göz önüne alınarak örnekleme ve kimyasal analiz çalışmaları yapılmıştır (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Örnekleme noktaları ve konumları

Örnek adı	Kısaltma	Koordinat		Yükseklik (metre)
		x	y	
Çorak mineralli su kaynağı	ÇMS	36651083	4280048	1164
Karakaya soğuk su kaynağı	KSS	36657326	4283990	992
Karakaya 1 mineralli su kaynağı	KMS-1	36657326	4283990	992
Karakaya 2 mineralli su kaynağı	KMS-2	36657544	4284168	992
Gümüşkent mineralli su kaynağı	GMS	36633014	4300939	1127
Değirmenbaşı soğuk su kaynağı	DGMS	36661541	4290658	1100
Balıca mineralli su kaynağı	BLMS	36660945	4290113	1140
Kızılırmak suyu	KZLK	36640659	4290935	900
Bayramhacı sıcak ve mineralli su kaynağı	BHMS	36675339	4296126	1090
Kozoğlu mineralli su kaynağı	KOMS	36664711	4290496	998
Gölbağları mineralli su kaynağı	GLMS	36664851	4289492	973

4.1. Suların Hidrojeokimyasal Değerlendirmesi

Bu bölümde, inceleme alanında yer alan ÇMS, KMS, GMS, BLMS, KOMS ve GLMS mineralli suları, BHMS ile KSS, DGMS ve KZLK soğuk sularının kimyasal analiz sonuçları ve arazide yerinde yapılan fizikokimyasal ölçümleri hidrojeokimyasal açıdan değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.2. İnceleme alanındaki suların fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları (kısaltmalar Çizelge 4.1’deki gibidir)

No	Örnek	T	pH	EC	TDS	Tuzluluk	DO	Eh	SiO ₂	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	NO ₃ ⁻ -N
		°C		µS/cm	mg/l	%	%	Mv	mg/l	meq/L							mg/L
1	ÇMS (a)	19,7	6,6	13400	7699	b	b	b	83,81	62,48	88,96	5,17	17,8	138,94	4,24	4,83	0
	ÇMS (b)	17	6,5	14380	6896	b	b	b	71,09	69,85	76,55	5,2	17,35	124,91	3,97	4,63	0
	ÇMS (c)	15,6	6,57	13820	8088	8	7,6	13	b	77,63	80,01	5,05	22,15	158,31	3,78	5,18	31,82
	ÇMS (d)	19,7	6,65	14500	7030	8,5	b	14	b	76,01	77,86	5,19	10,98	142,67	2,96	4,78	0
2	KSS (c)	12,3	7,61	1834	1189	0,8	83	44,1	b	6,68	6,66	3,9	6,9	12,65	1,52	0,69	153,04
	KSS (d)	16	7,42	1250	575	0,4	b	30	b	7,2	3,12	1,88	2,55	8,72	0,62	0,49	0,89
3	KMS-1 (a)	16,9	6,62	16100	8971	b	b	b	18,42	60,89	106,2	5,78	19,54	160,02	4,62	6,4	0
	KMS-1 (b)	14,4	6,46	17400	9975	b	b	b	23,35	74,64	115,5	6,88	23,47	177,87	5,02	7,19	0
	KMS-1 (c)	15	6,53	15310	9066	8,9	28	15,7	b	72,33	97,12	6,76	15,57	179,94	4,07	6,55	129,88
	KMS-1 (d)	20,4	6,71	17610	9738	10,4	b	11,4	b	83,2	116,1	6,47	13,75	183,56	2,96	7,04	0
4	KMS-2 (c)	16,8	6,56	16050	9693	9,4	38,5	14,5	b	74,25	109,55	6,8	17,27	190,2	3,16	6,76	31,86
	KMS-2 (d)	18,2	6,74	17000	9579	9,9	b	8,4	b	75,6	115,49	6,55	13,58	178,86	2,99	7,04	0
5	GMS (b)	17,5	6,5	3160	1855	b	b	b	110,83	37,89	0,09	0,12	30,86	1,27	6,41	0,14	0
	GMS (c)	17,4	6,38	2920	3169	1,4	13,3	23,9	b	38,02	0,17	0,14	35,79	1,75	6,05	0,11	0
	GMS (d)	18,8	6,53	3060	1948	1,5	b	20,8	b	39,2	0,51	0,29	33,1	1,12	5,65	0,11	0
6	DGMS (c)	19	6,33	931	909	0,2	16,3	—	b	10,68	5,05	0,3	10,52	0,44	1,56	3,94	0
	DGMS (d)	20,6	6,46	931	643	0,2	b	25,1	b	13,18	0,21	0,36	8,77	0,25	1,36	3,24	0,53
7	BLMS (c)	15,4	6,2	3020	3539	1,5	73	33,3	b	40,8	0,17	2,09	42,68	1,89	1,98	0,12	15,8
	BLMS (d)	16,8	6,39	3200	2014	1,6	b	28,4	b	37,78	0,57	2,74	36,91	1,04	1,66	0,1	1,76

Çizelge 4.2. İnceleme alanındaki suların fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları (devam ediyor)

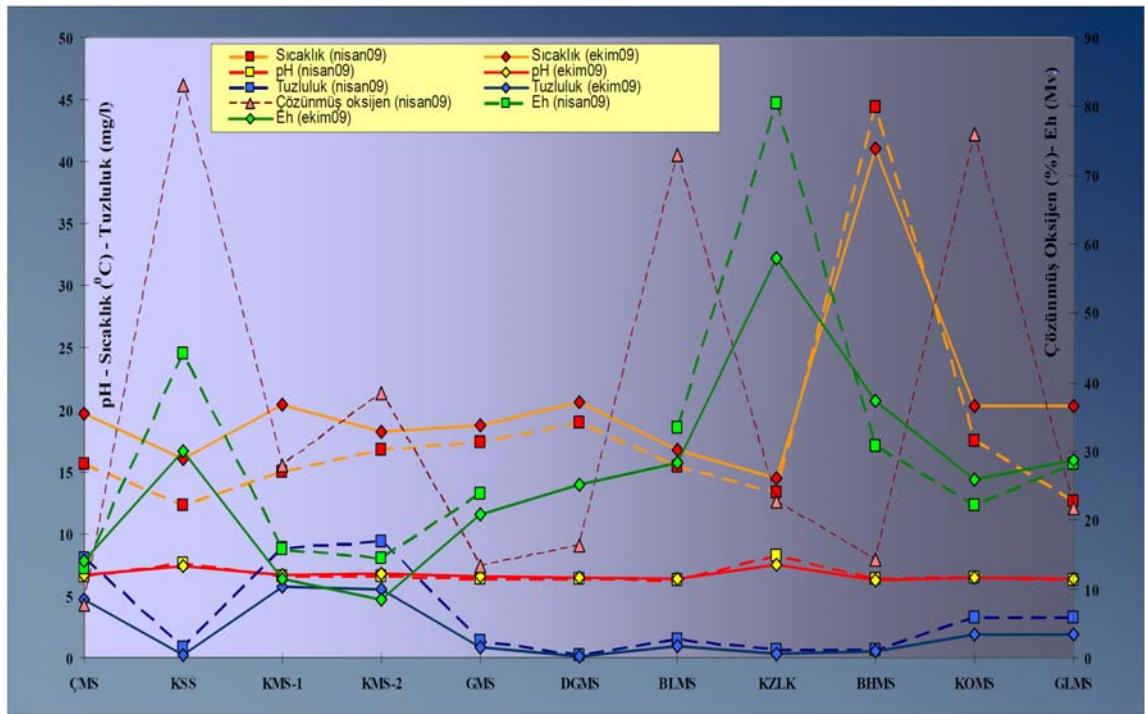
No	Örnek	T	pH	EC	TDS	Tuzluluk	DO	Eh	SiO ₂	HCO ₃ ⁻	CL ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	NO ₃ ⁻ -N
		°C		µS/cm	mg/l	%	%	Mv	mg/L	meq/L							mg/L
8	KZLK (c)	13,3	8,27	1595	1153	0,6	22,7	80,4	b	2,37	7,21	7,27	6,89	8,88	2,8	0,15	18,53
	KZLK (d)	14,5	7,53	1531	877	0,6	b	58	b	3,32	5,64	6,34	6,28	6,59	2,19	0,11	6,04
9	BHMS (a)	43,4	6,15	1903	1512	b	b	b	29,3	14,06	3,82	1,74	13,16	5,39	3,11	0,26	b
	BHMS (b)	42,2	6,56	1915	1604	b	b	b	34,67	13,97	5,17	2,19	13,95	5,79	3,39	0,25	b
	BHMS (c)	44,4	6,32	1647	1118	0,6	14,2	30,7	b	15,26	3,25	2,07	13,41	5,69	3,19	0,26	17,18
	BHMS (d)	41	6,28	1966	1046	0,9	b	37,4	b	14,8	4,4	1,85	11,53	5,99	3,11	0,27	0
10	KOMS (c)	17,5	6,42	5980	3687	3,2	76	22,1	b	52,58	12,73	5,08	39,96	29,44	8,7	2,4	0
	KOMS (d)	20,3	6,43	6210	3452	3,4	b	25,8	b	51,4	20,36	1,13	33,42	26,66	7,89	2,36	0
11	GLMS (c)	12,6	6,3	5980	3826	3,2	21,8	28,1	b	53,6	12,47	4,9	41,44	30,74	9,16	2,74	16,72
	GLMS (d)	20,3	6,37	6140	3361	3,3	b	28,6	b	46,6	20,9	1,21	31,45	25,59	7,86	2,67	0

Örnekleme Tarihleri: a: 18.05.2005 (Afşin vd. 2007), b: 18.11.2005 (Afşin vd. 2007) c: 25.04.2009, d: 10.10.2009 ; EC: Elektriksel iletkenlik, DO: Çözünmüş oksijen, T: Sıcaklık, TDS: Toplam çözünmüş katı madde, Eh: Yükseltgenme indirgenme potansiyeli, b : Ölçüm yapılmadı.

Söz konusu sulara ait bazı fiziksel ve kimyasal parametreler sıcaklık (T) 12.3 °C - 44.4 °C, pH 6.1 - 8.2, elektriksel iletkenlik (EC) 931 - 17610 µS/cm, toplam çözülmüş katı madde (TDS) 575 - 9975 mg/L, yükseltgenme indirgenme potansiyeli (Eh) 8.4 - 80.4, çözülmüş oksijen (DO) % 7.6 - % 83 arasında değişmiştir. (Çizelge 4.2). pH, sudaki hidrojen iyonu derişiminin bir ölçüsü olup sudaki asit ve bazlar arasındaki dengeyi gösterir (Doğan, 1981). Sudaki karbonat ve bikarbonat iyonları suyun bazik özelliğini arttırırken serbest mineral asitleri ve karbonik asit ise suyun asit özelliğini arttırmaktadır (Hem, 1985).

Sudaki serbest karbondioksit, fiziksel olarak suda çözünmekte ve hidrasyon sonucunda karbonik aside dönüşmektedir. Bunun sonucunda su, çözücü - aşındırıcı bir özellik kazanır. Aşındırıcı ve kabuk bağlayıcı özellik pH değerine bağlıdır (Türker, 2006).

İnceleme alanındaki mineralli su kaynaklarının pH değeri 6.15 - 6.74 aralığında değişir buda mineralli suların hafif çözücü ve asidik özellikte olduklarını gösterir. pH'sı 7.42 - 8.27 arasında değişen soğuk su kaynakları hafif kabuklaştırıcı ve bazik özelliğe sahiptir (Şekil 4.1).



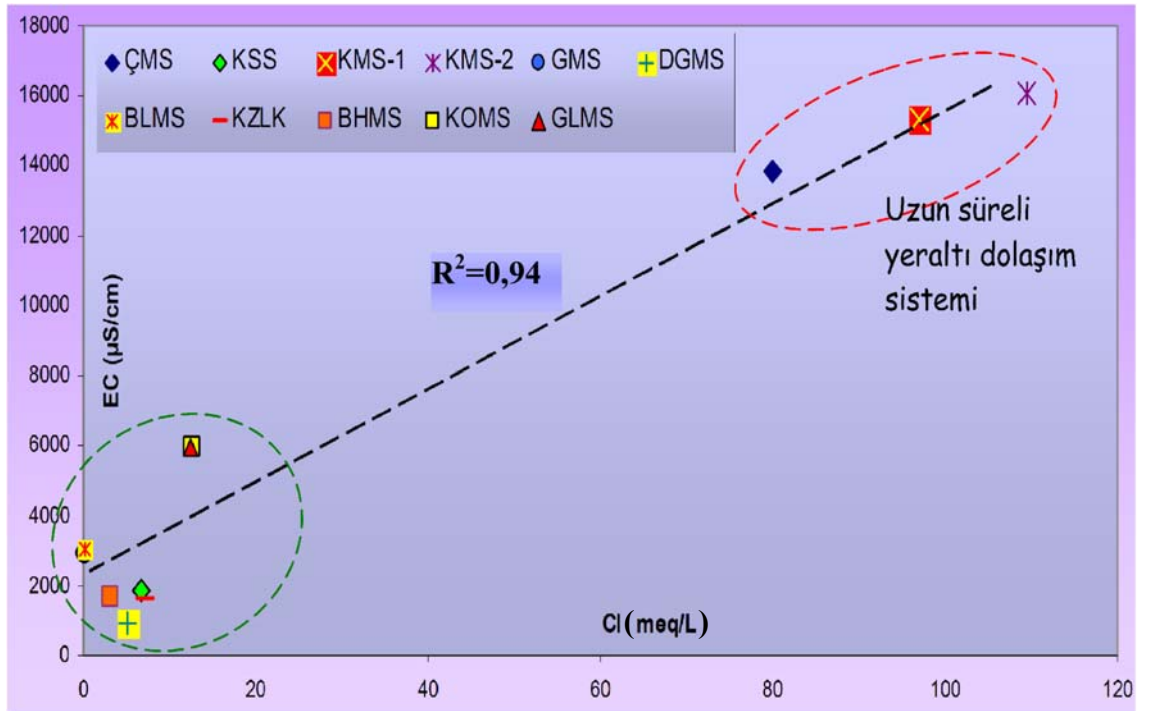
Şekil 4.1. İncelenen sulara ait pH, tuzluluk, oksijen ve Eh diyagramı (Nisan - Ekim 2009) (kısaltmalar Çizelge 4.1.'deki gibidir)

Sıcaklık artışıyla ters orantılı olan çözünmüş oksijen miktarı en yüksek KSS’de, en düşük ise ÇMS’de görülmektedir. ÇMS’nin çok düşük çözünmüş oksijen değerine sahip olması içerdiği CO₂ oranına veya mikrobiyolojik faaliyetlerin artmasına bağlanabilir.

İnceleme alanında örneklenen mineralli suların EC değerleri 1903-17400 µS/cm arasında değişmektedir. Bu aralığın bu kadar geniş olmasının nedeni suların su - kayaç temas sürelerinin farklı olması veya suların izlediği yol boyunca çözünürlükleri farklı kayaçlarla temas etmesidir. Mineralli suların tamamında yağış miktarının artması ile EC değerleri düşmüştür. En düşük EC değerleri su kayaç etkileşimi en kısa olan ve mevsimsel yağışlardan daha çok beslenen soğuk su kaynaklarında görülmektedir.

Suların EC ve Cl⁻ iyonu değerleri arasında doğrusal bir ilişki vardır. Cl⁻ iyonu konsantrasyonu diğer sulara oranla oldukça yüksek olan ÇMS, KMS-1 ve KMS-2 suları en yüksek tuzluluk yüzdesine sahiptir (Şekil 4.2).

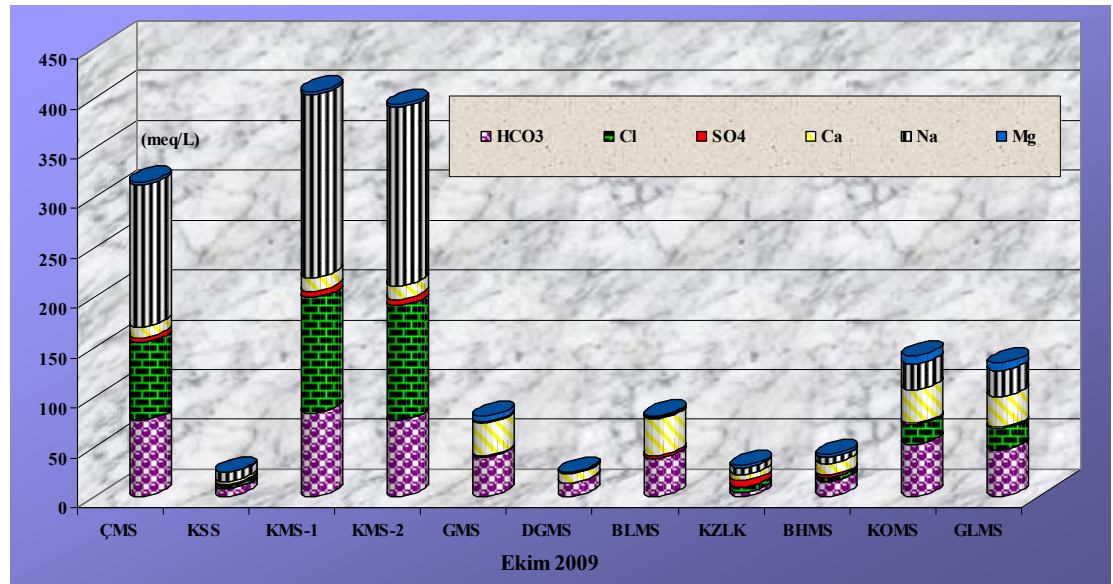
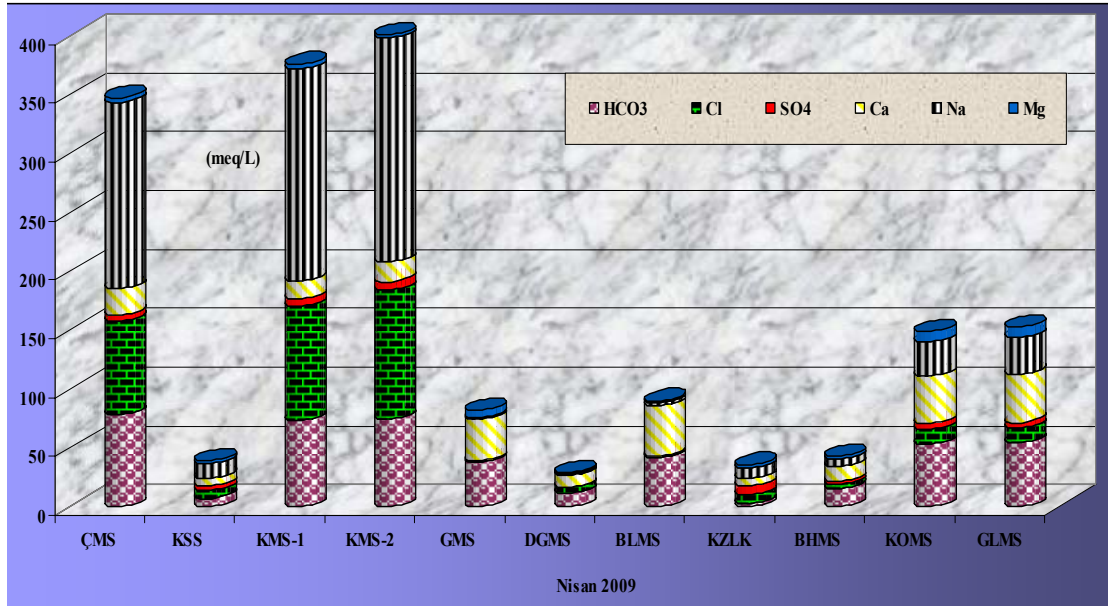
Suyun EC değeri sudaki çözünmüş toplam madde (TDS) miktarı ile doğru orantılıdır. TDS suların yeraltı dolaşım sistemine, kayaç - su etkileşimine ve bölgedeki yağış koşullarına bağlıdır. Suların kimyasal analiz sonuçlarına göre ÇMS, KMS-1 ve KMS-2 diğer sulara oranla daha derin ve uzun süreli yeraltı dolaşım sistemine sahiptir.



Şekil 4.2. Suların EC - Cl diyagramı (Nisan 2009) (kısaltmalar Çizelge 4.1’deki gibidir)

4.1.1. Suların iyon dağılımları

İncelenen suların egemen iyon bolluk dizilimleri ÇMS, KMS-1 ve KMS-2'de $(Na^+ + K^+) > Ca^{+2} > Mg^{+2} _ Cl^- > HCO_3^- > SO_4^{-2}$; BHMS, GLMS ve KOMS'da $Ca^{+2} > (Na^+ + K^+) > Mg^{+2} _ HCO_3^- > Cl^- > SO_4^{-2}$, KSS'de $(Na^+ + K^+) > Ca^{+2} > Mg^{+2} _ HCO_3^- > Cl^- > SO_4^{-2}$, KZLK'da $(Na^+ + K^+) > Ca^{+2} > Mg^{+2} _ SO_4^{-2} > Cl^- > HCO_3^-$ BLMS'de $Ca^{+2} > Mg^{+2} > (Na^+ + K^+) _ HCO_3^- > SO_4^{-2} > Cl^-$, şeklinde olup, örnekleme dönemlerinde dizilim aynı kalmıştır (Çizelge 4.3, Şekil 4.3).



Şekil 4.3. İnceleme alanındaki suların iyon dağılımı (Nisan - Ekim 2009) (kısaltmalar Çizelge 4.1'deki gibidir)

Çizelge 4.3. Sularda bulunan iyonların dizilimleri ve su türleri (kısaltmalar Çizelge 4.1'deki gibidir) (a ve b: Afşin vd. 2007; c ve d: Bu çalışma)

Mayıs 2005 (a)	İyon dizilimi (meq/L)		Su türü
ÇMS	(Na ⁺ +K ⁺)>Ca ⁺² > Mg ⁺²	Cl ⁻ >HCO ₃ ⁻ >SO ₄ ⁻²	Na-Cl-HCO ₃
KMS-1	(Na ⁺ +K ⁺)>Ca ⁺² > Mg ⁺²	Cl ⁻ >HCO ₃ ⁻ >SO ₄ ⁻²	Na-Cl-HCO ₃
BHMS	Ca ⁺² >(Na ⁺ +K ⁺)>Mg ⁺²	HCO ₃ ⁻ >Cl ⁻ >SO ₄ ⁻²	Ca-Na-HCO ₃
Kasım 2005 (b)	İyon dizilimi (meq/L)		Su türü
ÇMS	(Na ⁺ +K ⁺)>Ca ⁺² > Mg ⁺²	Cl ⁻ >HCO ₃ ⁻ >SO ₄ ⁻²	Na-Cl-HCO ₃
GMS	Ca ⁺² >Mg ⁺² >(Na ⁺ +K ⁺)	HCO ₃ ⁻ >SO ₄ ⁻² >Cl ⁻	Ca-HCO ₃
KMS-1	(Na ⁺ +K ⁺)>Ca ⁺² > Mg ⁺²	Cl ⁻ >HCO ₃ ⁻ >SO ₄ ⁻²	Na-Cl-HCO ₃
BHMS	Ca ⁺² >(Na ⁺ +K ⁺)>Mg ⁺²	HCO ₃ ⁻ >Cl ⁻ >SO ₄ ⁻²	Ca-Na-HCO ₃ -Cl
Nisan 2009 (c)	İyon dizilimi (meq/L)		Su türü
ÇMS	(Na ⁺ +K ⁺)>Ca ⁺² > Mg ⁺²	Cl ⁻ >HCO ₃ ⁻ >SO ₄ ⁻²	Na-Cl-HCO ₃
GMS	Ca ⁺² >Mg ⁺² >(Na ⁺ +K ⁺)	HCO ₃ ⁻ > Cl ⁻ >SO ₄ ⁻²	Ca-HCO ₃
KMS-1	(Na ⁺ +K ⁺)>Ca ⁺² > Mg ⁺²	Cl ⁻ >HCO ₃ ⁻ >SO ₄ ⁻²	Na-Cl-HCO ₃
KMS-2	(Na ⁺ +K ⁺)>Ca ⁺² > Mg ⁺²	Cl ⁻ >HCO ₃ ⁻ >SO ₄ ⁻²	Na-Cl-HCO ₃
KSS	(Na ⁺ +K ⁺)>Ca ⁺² > Mg ⁺²	HCO ₃ ⁻ > Cl ⁻ >SO ₄ ⁻²	Na-Ca-HCO ₃
BHMS	Ca ⁺² >(Na ⁺ +K ⁺)>Mg ⁺²	HCO ₃ ⁻ >Cl ⁻ >SO ₄ ⁻²	Ca-Na-HCO ₃
BLMS	Ca ⁺² > Mg ⁺² > (Na ⁺ +K ⁺)	HCO ₃ ⁻ > SO ₄ ⁻² >Cl ⁻	Ca-HCO ₃
KOMS	Ca ⁺² >(Na ⁺ +K ⁺)>Mg ⁺²	HCO ₃ ⁻ >Cl ⁻ >SO ₄ ⁻²	Ca-Na-HCO ₃
GLMS	Ca ⁺² >(Na ⁺ +K ⁺)>Mg ⁺²	HCO ₃ ⁻ >Cl ⁻ >SO ₄ ⁻²	Ca-Na-HCO ₃
DGMS	Ca ⁺² > Mg ⁺² >(Na ⁺ +K ⁺)	HCO ₃ ⁻ > Cl ⁻ >SO ₄ ⁻²	Ca-HCO ₃
KZLK	(Na ⁺ +K ⁺)>Ca ⁺² > Mg ⁺²	SO ₄ ⁻² > Cl ⁻ >HCO ₃ ⁻	Na-Ca- SO ₄ -Cl
Ekim 2009 (d)	İyon dizilimi (meq/L)		Su türü
ÇMS	(Na ⁺ +K ⁺)>Ca ⁺² > Mg ⁺²	Cl ⁻ >HCO ₃ ⁻ >SO ₄ ⁻²	Na-Cl-HCO ₃
GMS	Ca ⁺² >Mg ⁺² >(Na ⁺ +K ⁺)	HCO ₃ ⁻ > Cl ⁻ >SO ₄ ⁻²	Ca-HCO ₃
KMS-1	(Na ⁺ +K ⁺)>Ca ⁺² > Mg ⁺²	Cl ⁻ >HCO ₃ ⁻ >SO ₄ ⁻²	Na-Cl-HCO ₃
KMS-2	(Na ⁺ +K ⁺)>Ca ⁺² > Mg ⁺²	Cl ⁻ >HCO ₃ ⁻ >SO ₄ ⁻²	Na-Cl-HCO ₃
KSS	(Na ⁺ +K ⁺)>Ca ⁺² > Mg ⁺²	HCO ₃ ⁻ > Cl ⁻ >SO ₄ ⁻²	Na-Ca-HCO ₃
BHMS	Ca ⁺² >(Na ⁺ +K ⁺)>Mg ⁺²	HCO ₃ ⁻ >Cl ⁻ >SO ₄ ⁻²	Ca-Na-HCO ₃
BLMS	Ca ⁺² > Mg ⁺² > (Na ⁺ +K ⁺)	HCO ₃ ⁻ > SO ₄ ⁻² >Cl ⁻	Ca-HCO ₃
KOMS	Ca ⁺² >(Na ⁺ +K ⁺)>Mg ⁺²	HCO ₃ ⁻ >Cl ⁻ >SO ₄ ⁻²	Ca-Na-HCO ₃
GLMS	Ca ⁺² >(Na ⁺ +K ⁺)>Mg ⁺²	HCO ₃ ⁻ >Cl ⁻ >SO ₄ ⁻²	Ca-Na-HCO ₃
DGMS	Ca ⁺² > (Na ⁺ +K ⁺)>Mg ⁺²	HCO ₃ ⁻ > SO ₄ ⁻² >Cl ⁻	Ca-HCO ₃
KZLK	(Na ⁺ +K ⁺)>Ca ⁺² > Mg ⁺²	SO ₄ ⁻² > Cl ⁻ >HCO ₃ ⁻	Na-Ca- SO ₄ -Cl

Ancak GMS'nin iyon bolluk dizilimi $Ca^{+2} > Mg^{+2} > (Na^{+}+K^{+}) _ HCO_3^{-} > Cl^{-} > SO_4^{-2}$ olup, anyon dizilimi Kasım 2005 döneminde $HCO_3^{-} > SO_4^{-2} > Cl^{-}$ şekline Nisan 2009 örnekleme döneminde ise DGMS'de $Ca^{+2} > Mg^{+2} > (Na^{+}+K^{+}) _ HCO_3^{-} > Cl^{-} > SO_4^{-2}$ olan iyon dizilimi Ekim 2009 örnekleme döneminde $Ca^{+2} > (Na^{+}+K^{+}) > Mg^{+2} _ HCO_3^{-} > Cl^{-} > SO_4^{-2}$ şekline dönüşmüştür. Ancak GMS ve DGMS'nin örnekleme dönemlerinde su tiplerinde bir değişiklik olmamıştır. DGMS'de iyon diziliminde gözlemlenen değişimin nedeni dolaşım süresinin uzaması veya Na^{+} 'ca zengin kayalarla teması sonucu iyon değişimidir.

GMS'de Cl^{-} iyonu Kasım 2005'de düşüktür. İyon diziliminde saptanan bu farklılık soğuk sularla karışıma bağlı seyrelme ile açığa çıkan iyon değişimine (Afşin vd. 2007) ve/veya GMS'nin dolaşım süresinin uzamasına da bağlı olarak gelişebilir.

Yeraltı suyunda Cl^{-} iyonunun azalması sadece akifere daha genç bir suyun karışması ile mümkün görülmektedir. GMS'nin dönemsel sıcaklık değişimleri 1 - 8 °C arasındadır. Bu önemli farkın nedeni yeraltı suyu seviyesinin mevsimsel değişimine bağlı olarak mineralli suya karışan soğuk su oranıdır.

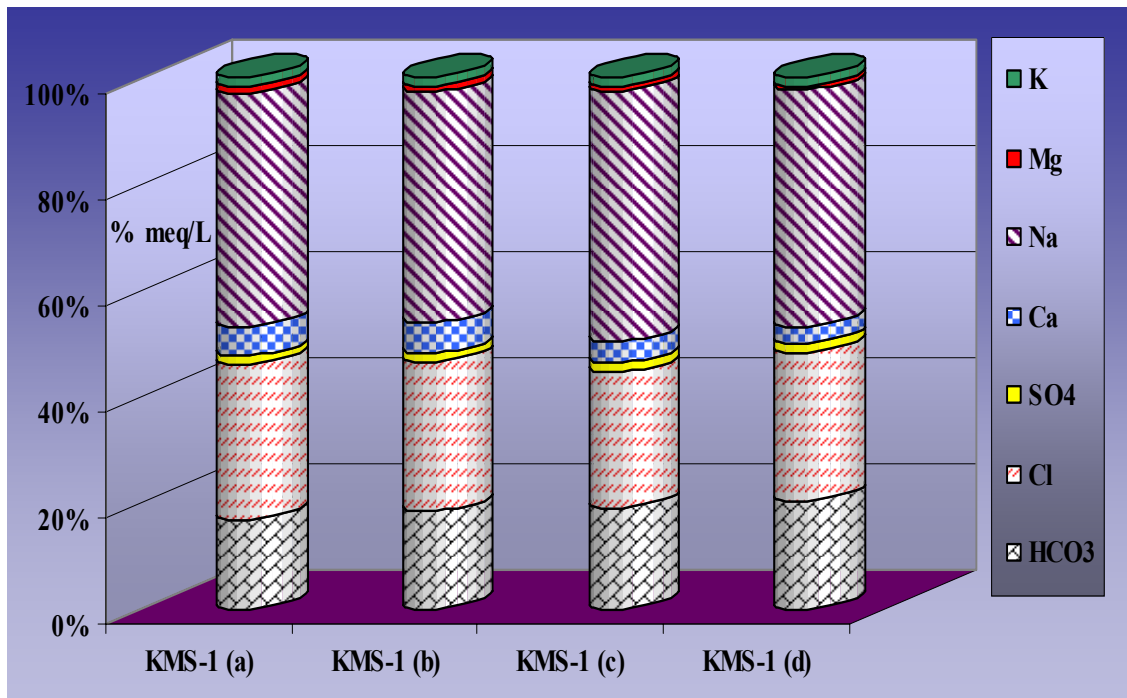
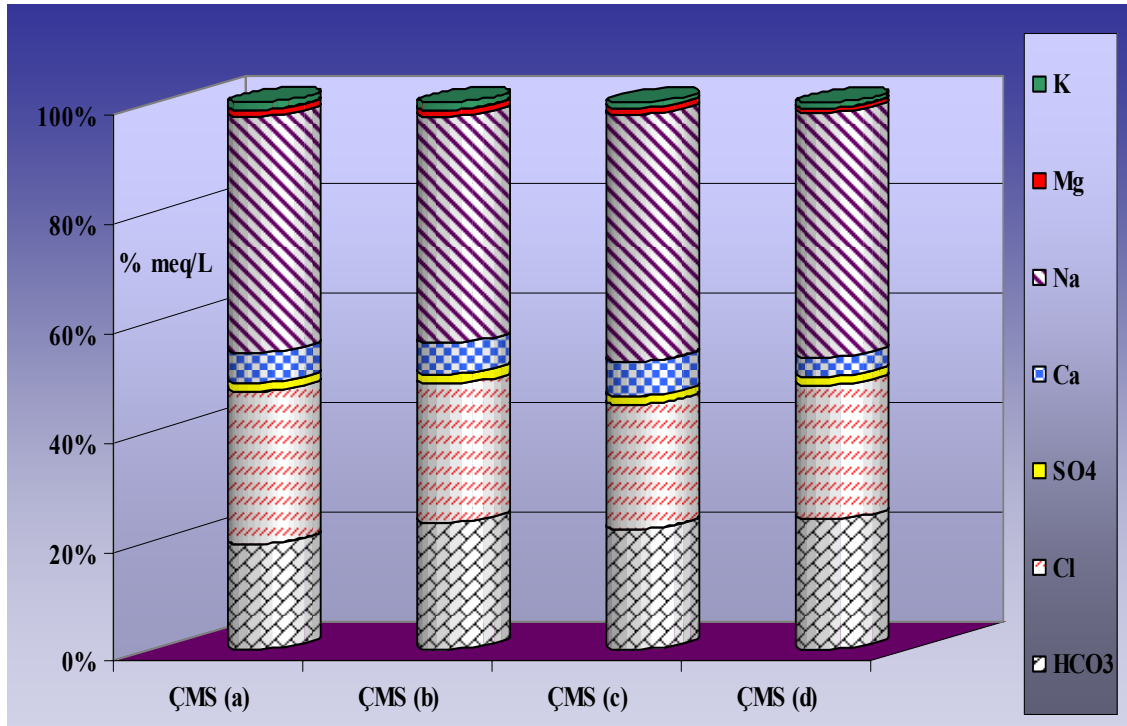
Alkali metaller grubundan olan sodyum iyonu yeraltı sularında yaygın olarak bulunur. Yeraltı sularının doğal sodyum içeriği 6 - 130 ppm arasında değişmektedir. Magmatik kayalar, kil mineralleri, feldispatlar, evaporitler Na^{+} içeren başlıca kayaç ve minerallerdir (Şahinci, 1991a).

GMS, KMS-1 ve KMS-2 mineralli su kaynaklarının Na^{+} iyonu değerleri 124 - 190,2 meq/L arasında inceleme alanında yer alan diğer örnekleme noktalarında ise 0,25 - 30,74 meq/L arasında değişim göstermiştir (Şekil 4.4).

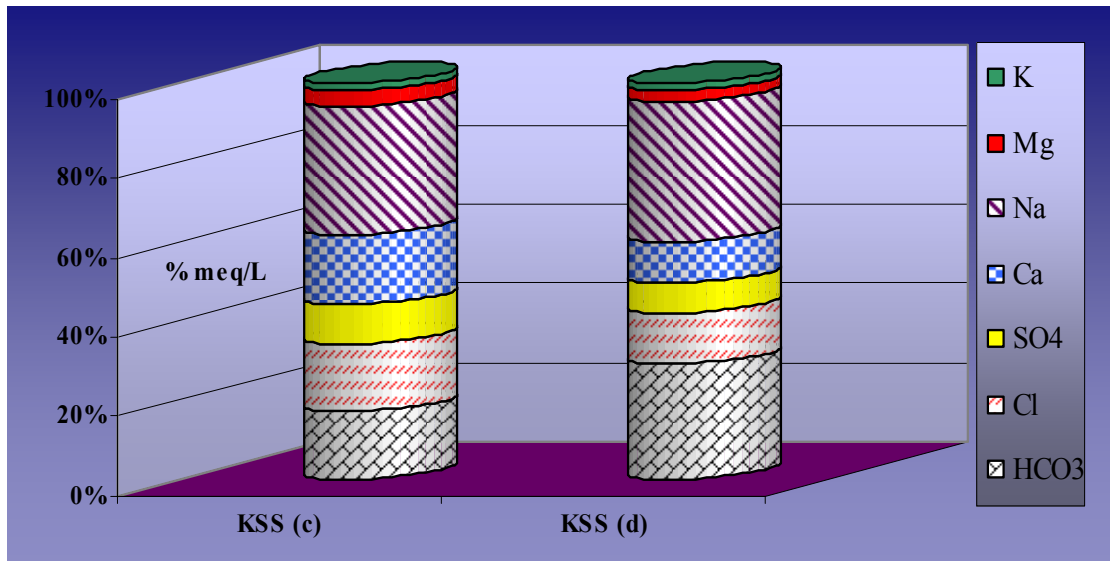
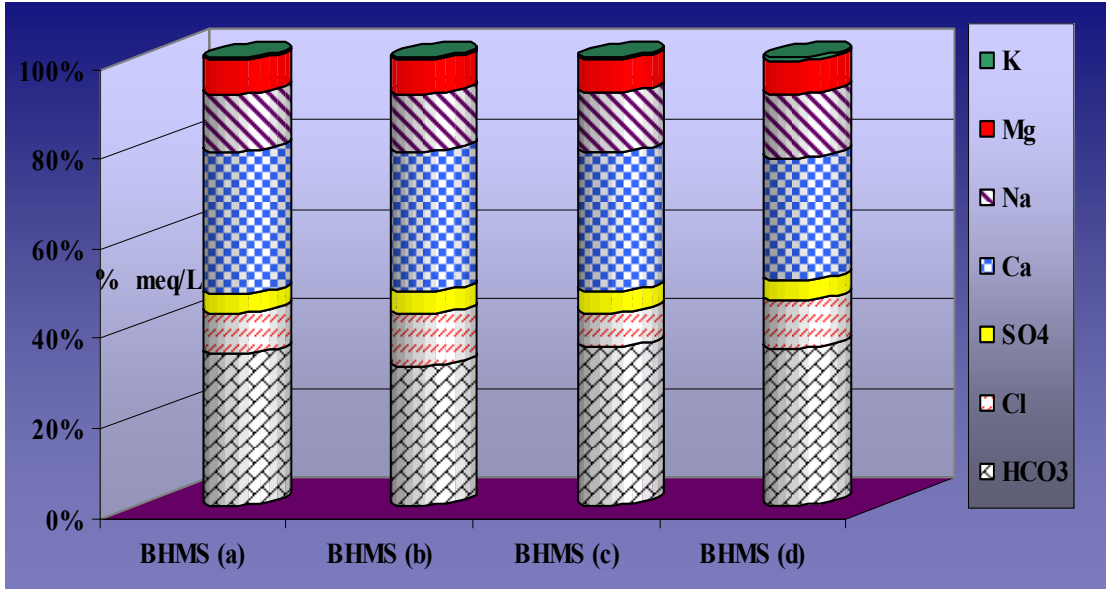
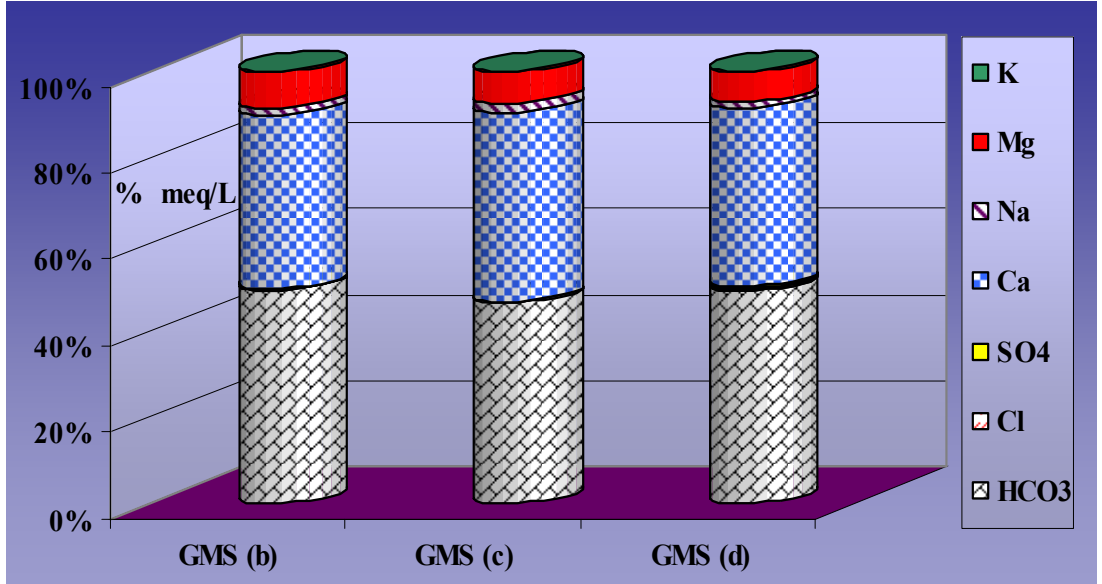
ÇMS ve KMS'nin Na^{+} iyonu değerlerinin fazla olmasının nedeni, sulardaki yüksek CO_2 gazı nedeniyle volkanik kayalardaki albitlerin çözünürlüğünün artmasına veya bazı suların kaynak alanlarında yüzeylenen granit, tüf, kil, evaporit ve kumtaşlarıyla temas sırasında Na^{+} ile Ca^{+2} arasında gerçekleşen iyon değişimine bağlı olabilir (Afşin vd. 2007).

Ca^{+2} doğal sulara en bol bulunan katyonlardan biridir. İnceleme alanındaki su kaynakları içerdikleri Ca^{+2} iyon derişimi açısından üç farklı grupta ele alınabilir.

Ca⁺² iyonu derişimi KSS, DGMS ve KZLK'de 3,15 - 10,5 meq/L aralığında, MS, KMS-1, KMS-2 ve BHMS'de bu derişim 13,16 - 28,69 meq/L arasında, GMS, BLMS, KOMS ve GLMS'de ise 30,86 - 47,9 meq/L arasında değişmiştir.



şekil 4.4. İnceleme alanındaki sulara ait zamansal iyon değişim grafiği (kısaltmalar izelge 4.1'deki gibidir)



Şekil 4.4. İnceleme alanındaki sulara ait zamansal iyon değişim grafiği (devam ediyor)

GMS, BLMS, KOMS ve GLMS mineralli su kaynaklarında gözlenen Ca^{+2} iyon derişimindeki artış, bu suların Bozçaldağ metamorfitleleri ile olan temas sürelerinin uzun olmasından ileri gelmektedir. Soğuk su kaynaklarında Ca^{+2} iyonu değerlerinin düşük olmasının nedeni, bu suların sığ ve kısa süreli dolaşıma sahip olmasına veya ortak iyon etkisine bağlanabilir.

İncelenen suların Mg^{+2} iyonu derişimleri 0,62 - 9,16 meq/L aralığında değişim göstermektedir. Mg^{+2} iyonu değerleri en düşük KSS'de gözlenirken GMS, KOMS ve GLMS'nin Mg^{+2} iyonu değerleri ise yüksektir. GMS'de Mg^{+2} iyonu Ca^{+2} iyonundan sonra ikinci, diğer su kaynaklarında ise üçüncü sıradaki iyon durumundadır.

K^{+} , feldispat, mika, feldispatoid ve kil minerallerinde bulunur. Sodyumlu feldispatlara oranla, potasyumlu feldispatların suyun çözücü etkisine karşı direnci daha yüksek olduğundan sulardaki K^{+} miktarı Na^{+} a göre oldukça azdır (Doğın, 1981). İnceleme alanında yer alan suların K^{+} değerleri 0,12 - 7,19 meq/L aralığında olup, ÇMS, KMS-1 ve KMS-2'de en yüksek değerdedir.

İnceleme alanındaki HCO_3^{-} iyonu derişimleri 2,37 - 79,14 meq/L aralığındadır. HCO_3^{-} iyonu değerleri soğuk sularda düşük mineralli sularda ise yüksektir. HCO_3^{-} iyonu, ÇMS, KMS-1 ve KMS-2 dışındaki diğer sularda baskındır.

Meteorik suların, yeraltındaki hareketine bağlı olarak derinlerdeki dolaşımı esnasında Bozçaldağ metamorfitlelerine ait mermerlerle olan su - kayaç etkileşimi HCO_3^{-} iyonlarının kökeni olarak gösterilebilir.

Yeraltı sularında Cl^{-} iyonu derişiminin zamana bağlı değişiminden yeraltı suyunun beslenme alanına olan uzaklığı hakkında bilgi edinmek mümkündür (Doğın, 1981). Su yeraltındaki dolaşımı sırasında Cl^{-} iyonunu çökeltemediği için beslenme alanından uzaklaştıkça dolaşım süresinin artmasıyla doğru orantılı olarak Cl^{-} değerleri artış gösterebilir (Doğın, 1981).

İnceleme alanında suların Cl^{-} iyonu derişimleri 0,09 - 115,5 meq/L aralığında olup, en yüksek Cl^{-} iyonu değerleri ÇMS, KMS-1 ve KMS-2'de görölmektedir.

Kükürt elementi, indirgenmiş halde metal sülfürleri olarak magmatik ve sedimanter kayalarda yaygın olarak bulunmaktadır. Sülfürlü mineraller su ile temas ederek bozdukları zaman oksitlenerek sülfat iyonları oluşarak suya geçerler (Şahinci, 1991a).

İnceleme alanında yer alan suların SO_4^{-2} iyon derişimleri 0,1 - 7,27 meq/L aralığında değişmiştir. SO_4^{-2} iyonu değerleri en düşük GMS'de gözlemlenirken, KZLK'nın SO_4^{-2} iyonu değerleri ise yüksektir. Yüksek SO_4^{-2} değerleri, bu suların havzanın kuzeyinde yer alan Kızılöz formasyonunun üst seviyelerini içeren jips ve anhidritlerle uzun süreli gerçekleşen su - kayaç etkileşimine bağlanabilir.

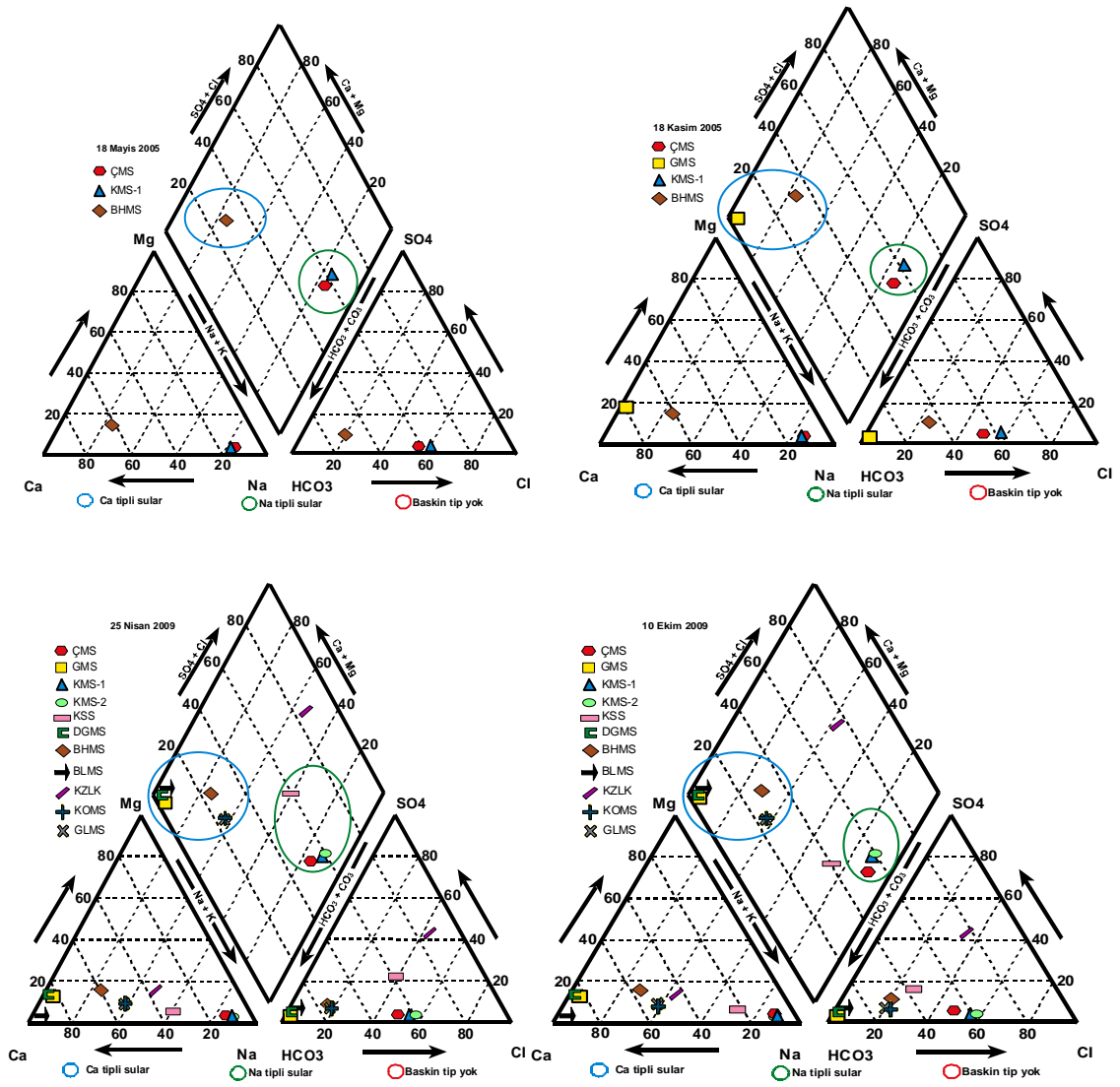
SO_4^{-2} iyonu genelde anyon diziliminde üçüncü sırada yer almasına karşın, GMS ve KSS'de dönemsel olarak HCO_3^- iyonundan sonra, KZLK'da ise baskın konumunda bulunur.

GMS'de Nisan 2009 ve Ekim 2009 örnekleme dönemlerinde alınan su örneklerinin kimyasal analiz sonuçlarında SO_4^{-2} iyon derişimlerinin diğer iyonlardan daha düşük olmasının nedeni, söz konusu sulardaki sülfat indirgenmesi olabilir. GMS'de yüksek oranda hidrojen sülfür kokusunun alınması da bu görüşü desteklemektedir.

İnceleme kapsamındaki sular litolojik ilişkileri, dolaşım sistemi boyunca meydana gelen hidrojeokimyasal süreçlerin yorumlanması amacı ile Piper, yarılogaritmik Schoeller ve çeşitli diyagramların aracılığı ile incelenmiştir.

Piper diyagramı ile akiferlere farklı fasiyeste suların karışımı belirlenebilmektedir. İnceleme alanındaki sular Ca- HCO_3 , Na- HCO_3 , Na- SO_4 ve Na-Cl şeklinde dört su kimyası fasiyesine ayrılmaktadır (Şekil 4.5). GMS, BLMS, KOMS, GLMS, DGMS ve BHMS Ca- HCO_3 , ÇMS, KMS-1 ve KMS-2 Na-Cl, KSS Na- HCO_3 ve KZLK Na- SO_4 fasiyesi özelliği gösterir.

GMS, BLMS, KOMS, GLMS, DGMS ve BHMS'nin Ca- HCO_3 fasiyesi göstermeleri kaynakların karbonat kökenli bir akiferden beslendiklerini göstermektedir. İnceleme alanında Na-Cl fasiyesinin ise karbonat kökenli suların derin ve uzun süreli dolaşım sistemine bağlı olarak kaynak alanı ve çevresinde yüzeylenmiş granitler gibi alkali özellik gösteren kayaların yanı sıra tuf ve kil gibi kayalarla ilişkileri ve Na^+ ve Cl^- 'nin yabancı iyon şeklinde etkisi sonucu geliştiği söylenebilir (Afşin vd., 2007).



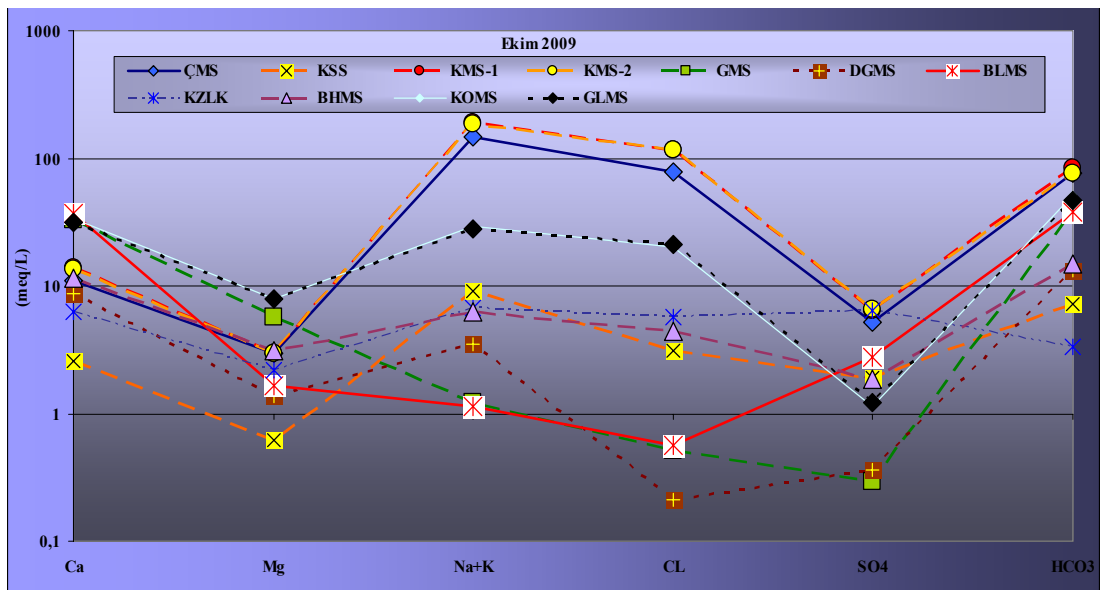
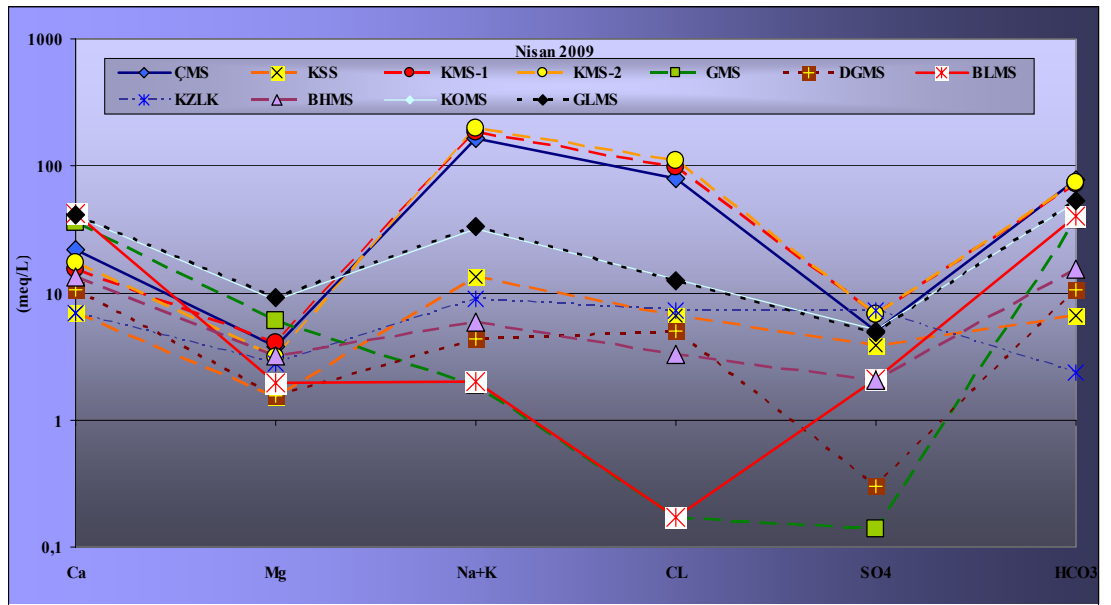
Şekil 4.5. İnceleme alanındaki suların Piper diyagramı (kısaltmalar Çizelge 4.1'deki gibidir)

GMS, BLMS, KOMS, GLMS, DGMS ve BHMS'nin karbonat sertliği %50'den fazladır. BLMS, KOMS, GLMS DGMS ve BHMS Ca-Na-HCO₃-Cl'lü sulardır. GMS mineralli su kaynağı ise Ca-Mg-HCO₃'lü sulardır. KZLK ve KSS hiçbir iyonu % 50'yi geçmeyen sular olup, KSS sodyum, kalsiyum, bikarbonatlı karışım sularıdır. KSS iyon değerleri Nisan 2009 örnekleme döneminde diğer dönemlere oranla artmıştır. Bunun nedeni, yağışların azalması veya KSS'nin zamanla yeraltı dolaşım süresinin uzamasına bağlı olarak su - kayaç temas süresinin uzaması olabilir. KSS'de Na⁺ nın baskın iyon olmasının nedeni dolaşım yolunda temasta bulunduğu tüfler ve killerdir (Afşin, 2002).

ÇMS, KMS-1 ve KMS-2 karbonat olmayan alkalitesi % 50'den fazla olan Na-Cl su tipine sahiptirler. ÇMS, KMS-1 ve KMS-2'nin Piper diyagramı üzerinde aynı bölgede kümeleşmeleri suların aynı kökenli bir akiferden beslendiklerine işaret edebilir. ÇMS,

KMS-1 ve KMS-2'nin yüksek Na^+ ve Cl^- içermeleri ve toplam mineralizasyon değerlerinin fazla olması bu kaynakların derin ve uzun süreli dolaşım sistemine sahip olduklarının bir göstergesidir.

İncelenen sulara ait yarılogaritmik Schoeller diyagramında ÇMS, KMS-1 ile KMS-2'nin KOMS, GLMS ile BHMS'nin ve BLMS ile DGMS'nin benzer iyon dizilimlerine sahip olmaları ve genelde paralel bir dizilim göstermeleri, bu suların aynı havzadan beslenen aynı veya benzer kökenli yeraltı suları olabileceğini gösterir (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. İnceleme alanındaki suların yarılogaritmik Schoeller diyagramı (kısaltmalar Çizelge 4.1'deki gibidir)

KSS'ye ait iyon dizilimi, ÇMS, KMS-1 ve KMS-2'ye ait iyon dizilimine benzemektedir. KSS'nin Na^+ ve Cl^- iyon değerleri mineralli su kaynaklarına oranla çok daha düşüktür. Bu bağlamda KSS'nin ÇMS, KMS-1 ve KMS-2 ile aynı havzadan beslenen su olduğu ifade edilebilir. KSS muhtemelen Na-Cl fasiyesi özelliği gösteren KMS-1 ve KMS-2'nin yağış suları ile yıkanması sonucu gelişmiştir. KSS'nin yarılogaritmik diyagramın alt kısmında yer alması mineralli sulara oranla daha genç, beslenme alanına daha yakın ve sığ dolaşıma sahip olduğunu ifade eder.

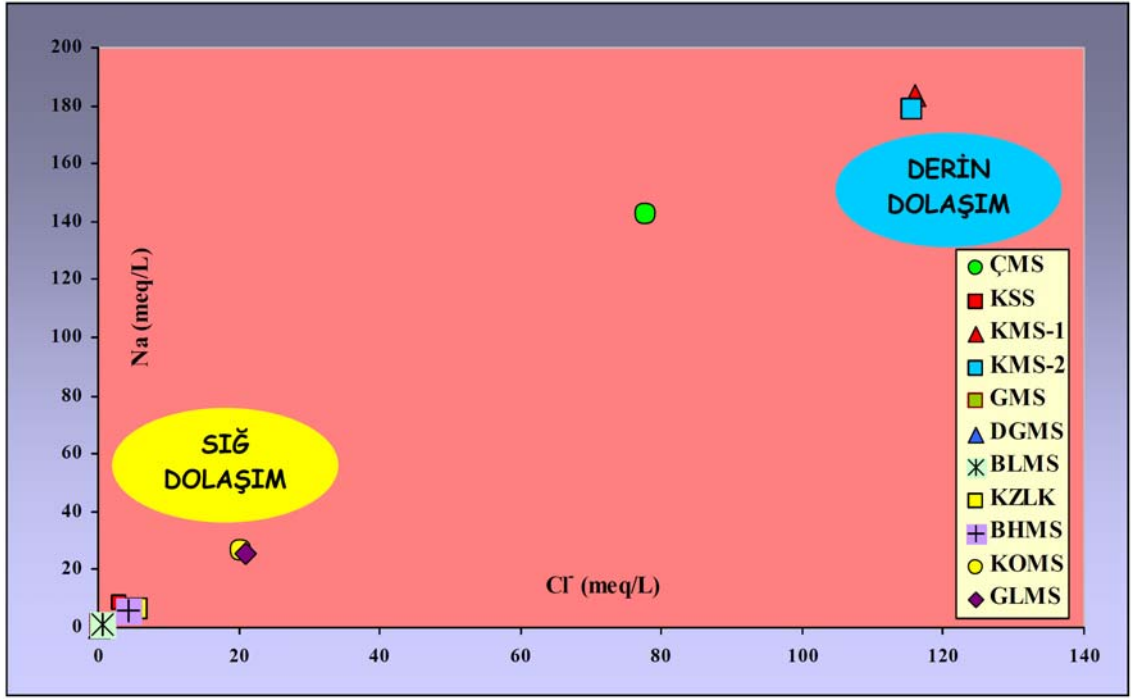
ÇMS, KMS-1 ve KMS-2'nin yarılogaritmik diyagramın üst kısmında bulunması bu kaynakların yeraltı dolaşım sürelerinin ve su kayaç etkileşimin uzun olduğunu gösterebilir. GMS, BLMS ile KZLK diyagramda farklı iyon dizilimlerine sahiptir. DGMS, GMS ve BLMS yarılogaritmik diyagramın alt kısmında bulunurlar. Bu, kaynakların beslenme alanına daha yakın olduklarını gösterir.

GMS, KOMS ve GLMS'nin SO_4^{2-} iyon değerlerinin diğer iyonlardan düşük olması bu suların sülfat indirgenmesine uğramış olmalarından kaynaklanabilir .

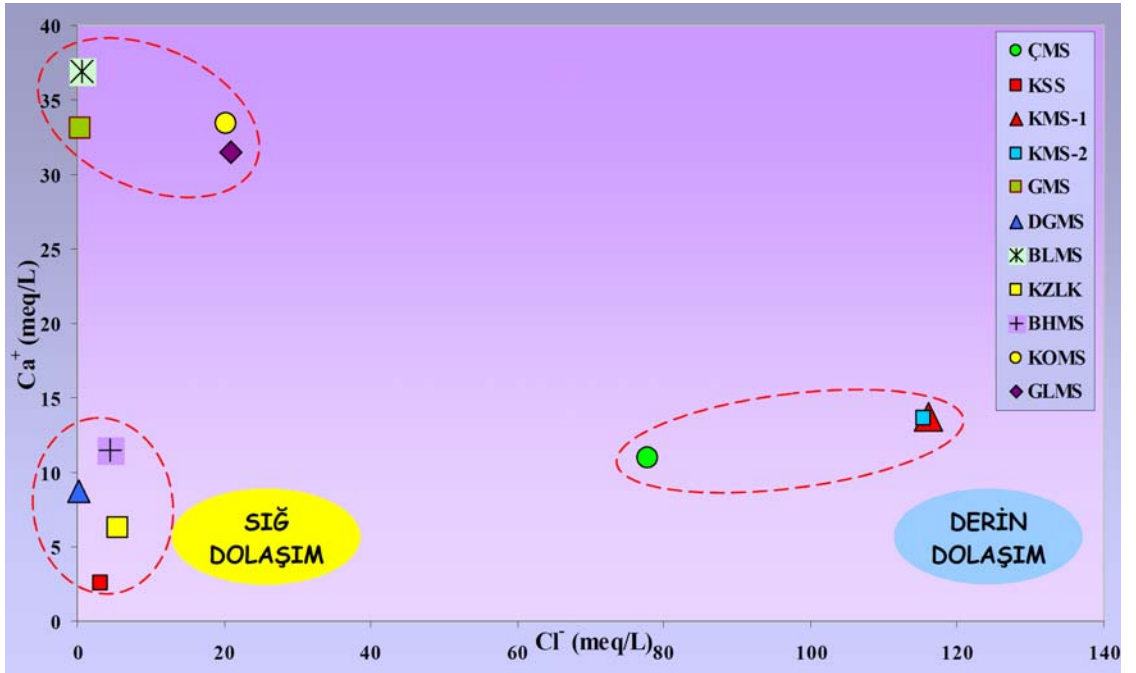
BLMS, GMS ve DGMS'nin Na^+ ve Cl^- iyonları arasındaki farkın fazla olmasının nedeni bu sulara yeraltı dolaşım süreleri boyunca killerle uzun süre temas etmelerine bağlı baz değişimi olabilir. Na^+ ve Cl^- değerleri dolaşım süresi ile orantılı olarak artmıştır (Şekil 4.7).

İnceleme alanındaki suların Na^+ - Cl^- grafiğinde suların bir doğru üzerinde sıralandığı görülür. Bu doğru, orijini sıfır "0" noktasında kesmektedir. Bu durum karışımı sağlayan uç bileşenlerden tatlı olanının Na^+ içeriğinin ihmal edilecek derecede az olduğunu göstermektedir (Kurttaş, 2002).

Ca^{+2} - Cl^- grafiğinde BLMS, GMS, KOMS ve GLMS'nin dolaşım süresinin uzun olmasına bağlı olarak soğuk su kaynaklarına oranla daha yüksek değerlerde Ca^{+2} iyonu içerdikleri gözlenmiştir (Şekil 4.8). KMS-1, KMS-2 ve ÇMS'de ise yerin derinliklerinden yukarı doğru yükselirken kalsit çökelişi nedeniyle Ca^{+2} değerinde bir azalma gözlenmektedir. Ca^{+2} , daha çok temelde varlığı düşünülen mermerlerin CO_2 ile etkileşmesi sonucu suya geçmiştir.

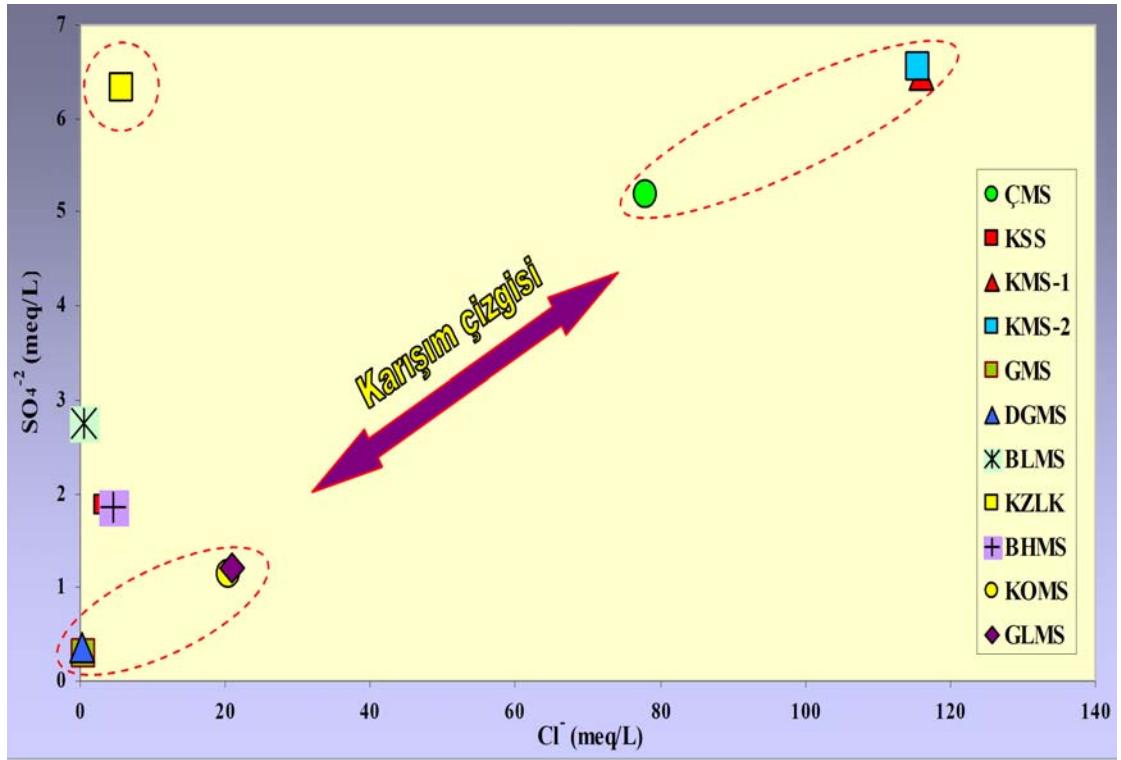


Şekil 4.7. İnceleme alanındaki suların Na⁺ - Cl⁻ grafiği (Ekim 2009)



Şekil 4.8. İnceleme alanındaki suların Ca⁺ - Cl⁻ grafiği (Ekim 2009)

SO₄⁻² - Cl⁻ grafiğinde KZLK'nın diğer sulardan ayrılarak grafiğin sol üst kısmında yer alması karışımı sağlayan uç bileşenlerden tatlı olanının SO₄⁻² içeriğinin yüksek olduğunu gösterir (Şekil 4.9).

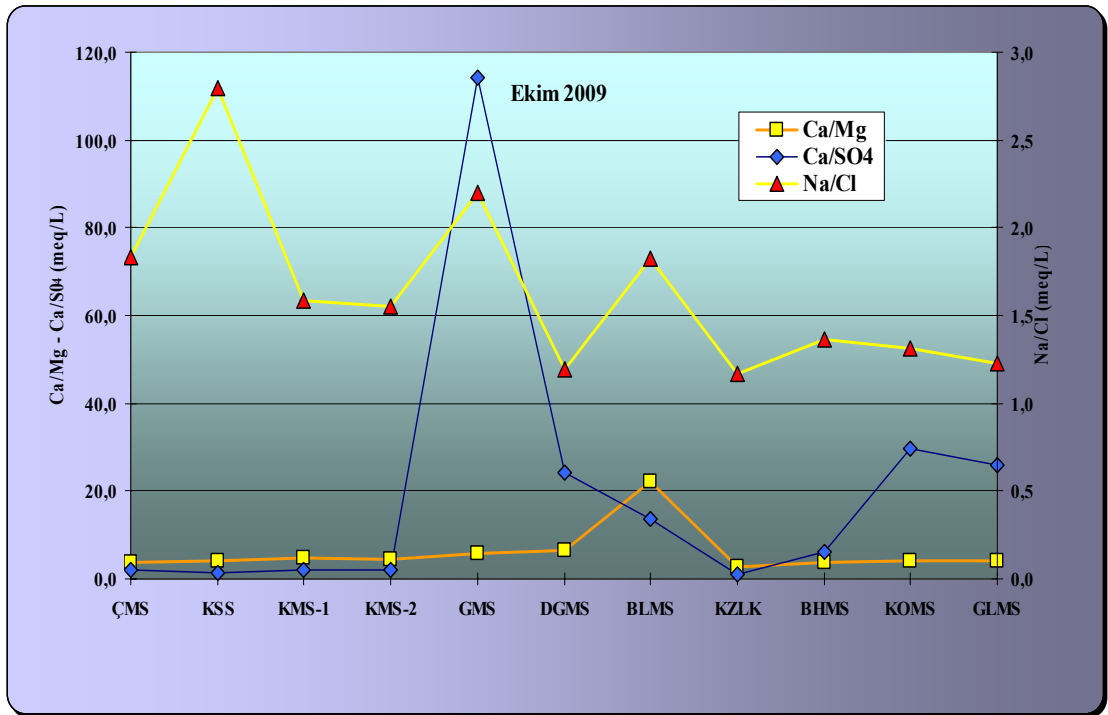
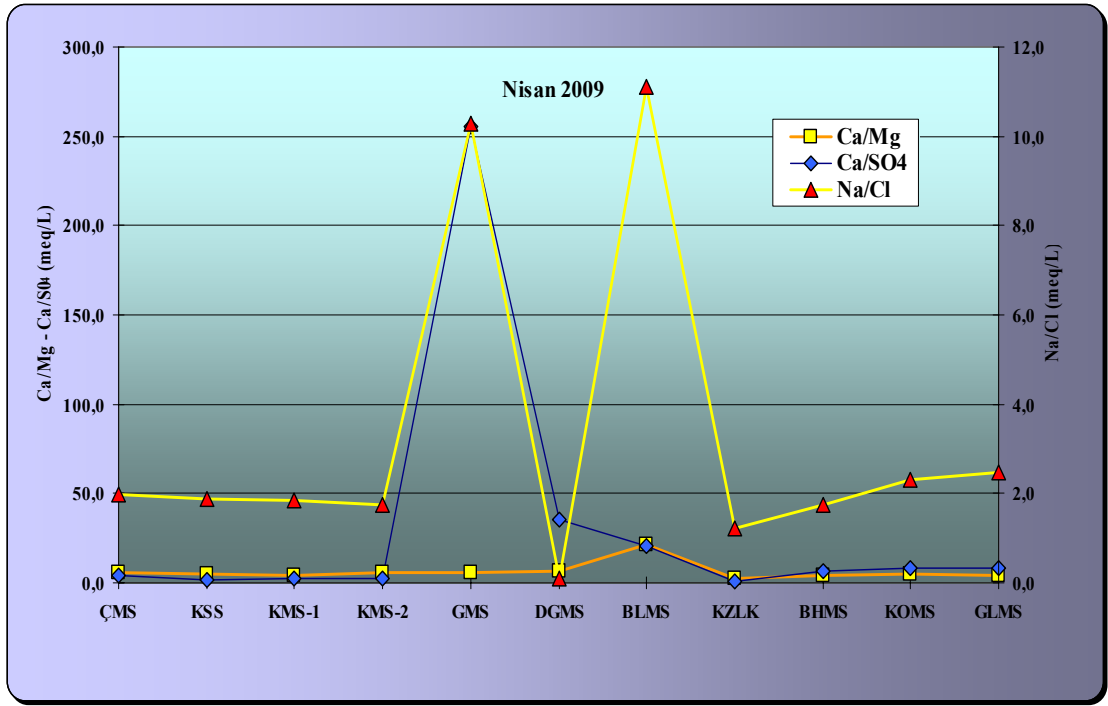


Şekil 4.9. İnceleme alanındaki suların SO_4^{2-} - Cl^- grafiği (Ekim 2009)

İnceleme dönemlerinde Ca/Mg oranı benzer pikler sunmuştur (Şekil 4.10). Ca/Mg oranı BLMS’de en yüksek (21,6), KZLK’da ise en düşüktür (2,5). Ca/ SO_4 oranı her iki dönemde GMS’de en yüksek değerde olmasının nedeni, GMS’nin düşük SO_4^{2-} içeriğidir. GMS’de kurak dönemde Ca/ SO_4 oranında gözlenen düşüş sülfat indirgenmesine bağlanabilir. Yağışlı dönemden kurak döneme geçildiğinde, suların Cl^- iyon değerlerindeki değişime bağlı olarak Na/Cl oranı mineralli ve sıcak sularda düşmüş, soğuk sularda ise artmıştır. Bunun nedeni mineralli ve sıcak suların dolaşım sürelerinin uzaması, soğuk sulara ise daha genç suların karışımı olabilir.

4.2. Ağır Metal İçeriklerinin Değerlendirilmesi

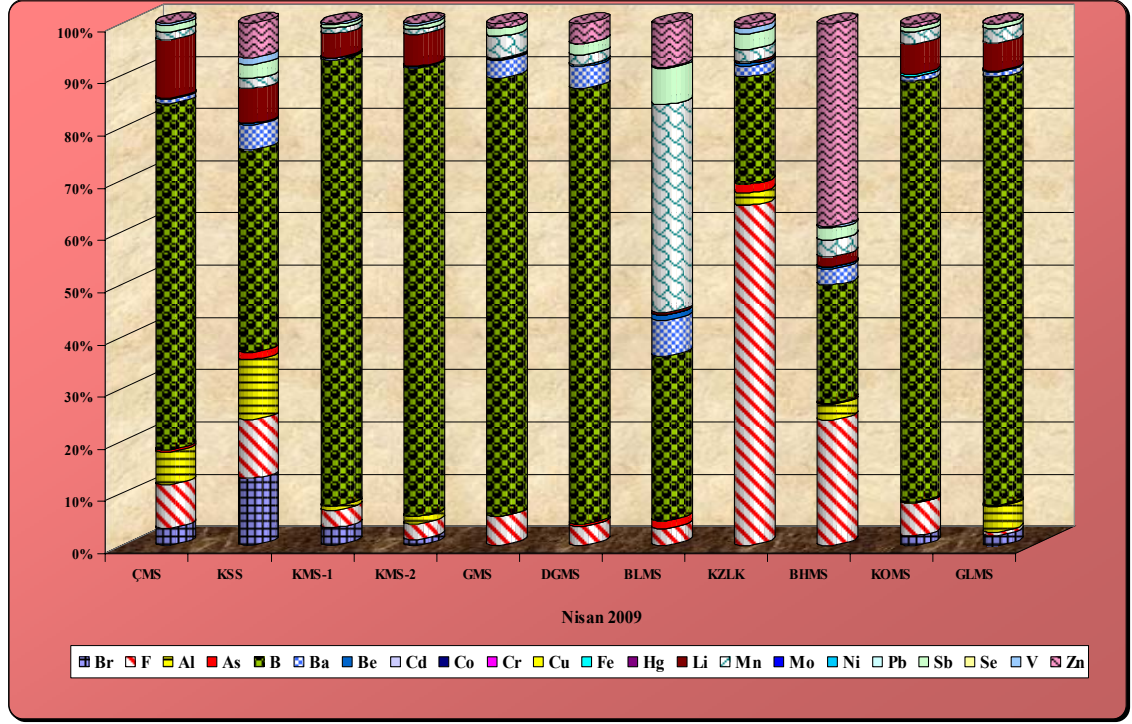
Mineralli su kaynaklarının potansiyelinin korunması ve en iyi bir biçimde kullanımının sağlanabilmesi için, inceleme kapsamındaki sularda ana iyonların dışında eser miktarlarda bulunan bazı maddeler Br, Ba, Be, Co, Cr, Cu, Fe, Pb, As, B, Hg, Mn, Mo, Ni, V, Zn, Sb ve Se Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği (SKKY, 2004)’de yer alan Kıtaîçi Yüzeysel Sular’ın sınıflandırılmasındaki sınır değerlerle karşılaştırılmıştır.



Şekil 4.10. İnceleme alanındaki suların Nisan 2009 ve Ekim 2009 analiz sonuçlarına ait bazı iyon oranlarının değişim grafiği (kısaltmalar Çizelge 4.1'deki gibidir)

Doğal sulara, evsel ve endüstriyel atıksular ve madencilik faaliyetleri atıkları aracılığı ile bazen önemli miktarlarda ağır metal katılabilir. Suyun dolaşımı sırasında temasta bulunduğu litolojik birimlerin yapısı da, sulardaki ağır metal içeriğinin kaynaklarından birini oluşturmaktadır (Türker, 2006).

Suların farklı örnekleme dönemlerinde yapılan ağır metal analiz sonuçlarının değerlendirmeleri grafikler yardımıyla yapılmıştır (Şekil 4.11 ve 4.12). Analiz sonuçlarına göre sularda Ba, Be, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Mo, Ni, Sb ve Se bütün örnekleme dönemleri boyunca sınır değerlerin altındadır (Çizelge 4.4).



Şekil 4.11. İnceleme alanındaki suların ağır metal iyon değişim grafiği (Nisan 2009) (kısaltmalar Çizelge 4.1'deki gibidir)

Br, ÇMS ve KMS-1'de Nisan 2009'da sınır değerlerin üzerinde diğer su kaynaklarında ise sınır değerlerin altındadır. Bunun nedeni, ÇMS ve KMS-1'nin uzun ve derin dolaşıma sahip olmalarıdır.

Br, genel olarak yeraltı sularında sodyum, magnezyum ve potasyum bromür tuzları şeklinde bulunur. Br, buharlaşma sonucu kurumuş iç deniz ve tuzlu göl yataklarındaki tuzları temsil eder (URL-4).

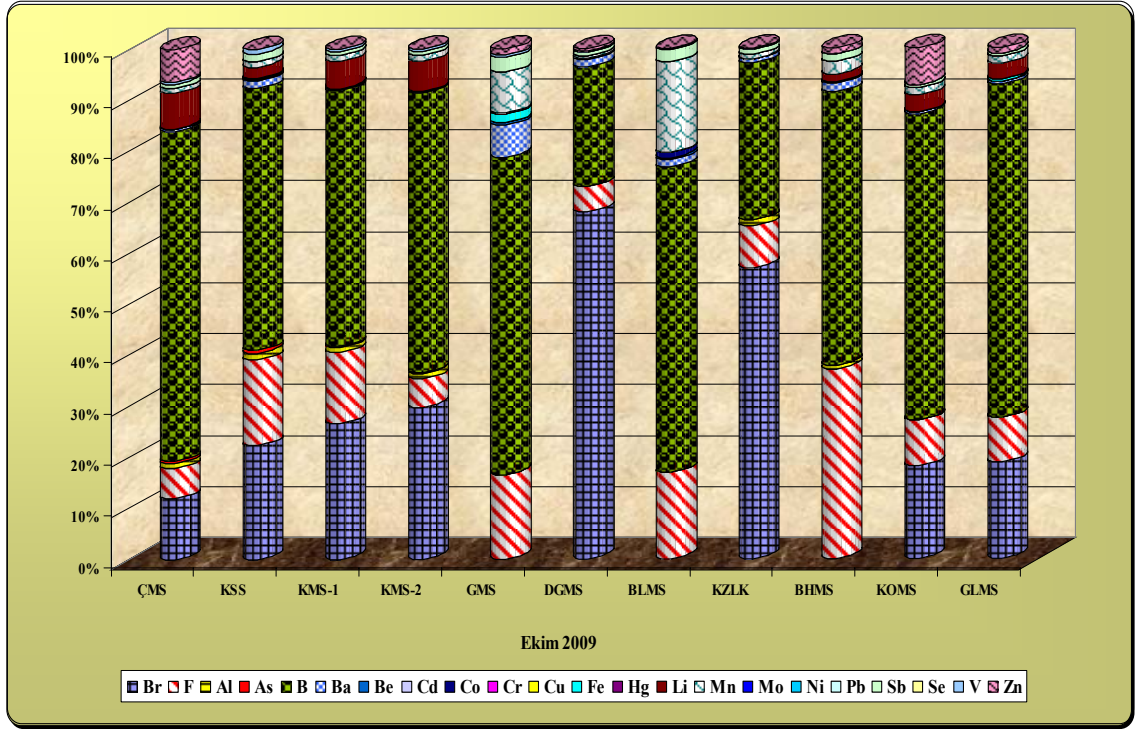
ÇMS, KMS-1, KMS-2, KOMS ve GLMS'de KZLK, KSS ve DGMS'de Br değerleri Ekim 2009'da oldukça yüksektir. Bunun nedeni, kurak dönemde buharlaşma oranının artması olabilir.

Çizelge 4.4. İnceleme alanındaki suların ağır metal analiz sonuçları (kısaltmalar Çizelge 4.1’deki gibidir)

Elementler (mg/L)																							
Örnek	NO ₃ ⁻	Br	F	Al	As	B	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Li	Mn	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	V	Zn
ÇMS (a)	0	0,00	0,00	b	b	22,40	b	b	0,01	b	0,02	0,04	1,39	b	8,91	0,09	b	0,00	0,10	b	b	b	0,02
ÇMS (b)	0	0,00	6,53	b	b	26,08	b	b	0,02	b	0,03	0,04	0,30	b	7,62	0,56	b	0,09	0,04	b	b	b	0,03
ÇMS (c)	31,82	2,43	6,24	4,60	0,35	49,30	0,65	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,40	1,05	0,00	0,00	0,00	0,95	0,00	0,40	0,00
ÇMS (d)	0,00	12,9	6,44	1,05	0,45	70,10	0,30	0,15	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	7,50	1,15	0,00	0,00	0,00	0,85	0,00	0,40	6,95
KSS (c)	153,04	0,73	0,64	0,66	0,08	2,22	0,27	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,38	0,11	0,00	0,00	0,00	0,15	0,00	0,08	0,38
KSS (d)	0,89	2,28	1,70	0,14	0,06	5,22	0,15	0,02	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,23	0,11	0,00	0,00	0,00	0,15	0,00	0,09	0,00
KMS-1 (a)	0	0,00	0,00	b	b	22,58	b	b	0,02	b	0,03	0,05	0,12	b	10,97	0,15	b	0,00	0,22	b	b	b	0,03
KMS-1 (b)	0	0,00	0,00	b	b	28,56	b	b	0,03	b	0,03	0,04	0,20	b	12,09	1,05	b	0,11	0,10	b	b	b	0,04
KMS-1 (c)	129,88	7,52	7,65	1,76	0,24	194,56	0,56	0,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,56	2,40	0,00	0,00	0,00	1,52	0,00	0,80	0,00
KMS-1 (d)	0,00	53,1	28,10	1,84	0,24	100,40	0,32	0,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,80	2,24	0,00	0,00	0,00	1,52	0,00	0,88	0,08
KMS-2 (c)	31,86	1,91	5,54	2,40	0,24	155,04	0,40	0,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,96	1,84	0,00	0,00	0,00	1,52	0,00	0,72	0,00
KMS-2 (d)	0,00	53,2	9,98	1,84	0,24	97,68	0,40	0,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,64	1,92	0,00	0,00	0,00	1,44	0,00	0,80	0,00
GMS (b)	0	0,00	0,00	b	b	0,00	b	b	0,01	b	0,03	0,02	0,30	b	0,03	0,40	b	0,04	0,04	b	b	b	0,02
GMS (c)	0	—	0,78	0,00	0,01	11,81	0,47	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,60	0,00	0,00	0,00	0,21	0,00	0,00	0,14
GMS (d)	0,00	0,00	1,22	0,00	0,00	4,58	0,46	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,00	0,02	0,60	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00	0,04	0,09
DGMS (c)	0	b	0,12	0,00	0,01	2,76	0,14	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,13
DGMS (d)	0,53	6,70	0,48	0,00	0,00	2,31	0,14	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,02	0,05

Çizelge 4.4. İnceleme alanındaki suların ağır metal analiz sonuçları (devam ediyor)

Elementler (mg/L)																							
Numune Yeri	NO ₃ ⁻	Br	F	Al	As	B	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Li	Mn	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	V	Zn
BLMS (c)	15,8	b	0,09	0,00	0,04	0,87	0,19	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	1,10	0,00	0,00	0,00	0,19	0,00	0,01	0,23
BLMS (d)	1,76	0,00	1,30	0,00	0,00	4,59	0,11	0,03	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,36	0,00	0,00	0,00	0,18	0,00	0,02	0,00
KZLK (c)	18,53	b	3,03	0,11	0,08	0,96	0,10	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,11	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00	0,05	0,04
KZLK (d)	6,04	8,42	1,21	0,17	0,00	4,56	0,09	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00	0,05	0,00
BHMS (c)	17,18	_	1,65	0,20	0,02	1,55	0,22	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,22	0,00	0,00	0,00	0,15	0,00	0,02	2,67
BHMS (d)	0,00	0,00	3,75	0,07	0,00	5,41	0,18	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15	0,26	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00	0,00	0,12
KOMS (c)	0	0,82	2,81	0,08	0,04	36,14	0,40	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	0,00	2,58	1,06	0,00	0,00	0,00	0,42	0,00	0,00	0,30
KOMS (d)	0,00	12,9	6,44	0,02	0,00	43,04	0,24	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,34	1,06	0,00	0,00	0,00	0,38	0,00	0,00	5,22
GLMS (c)	16,72	0,81	0,28	2,08	0,08	34,94	0,42	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,30	1,20	0,00	0,00	0,00	0,38	0,00	0,00	0,00
GLMS (d)	0,00	12,9	5,97	0,00	0,00	44,78	0,28	0,06	0,00	0,02	0,00	0,00	0,20	0,00	2,10	1,06	0,00	0,00	0,00	0,34	0,00	0,00	0,78

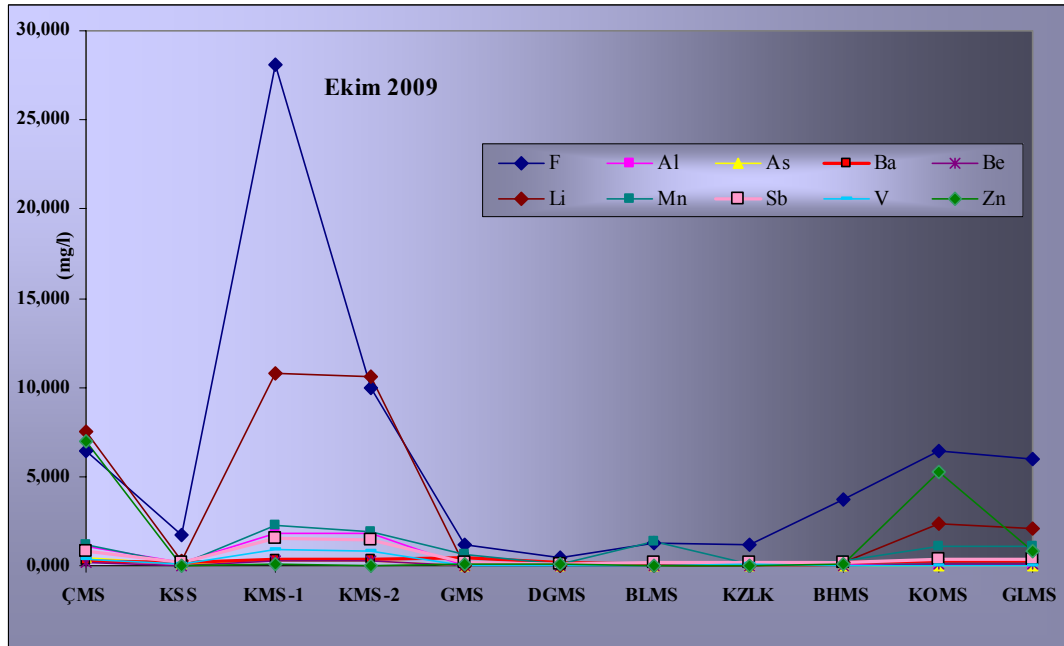
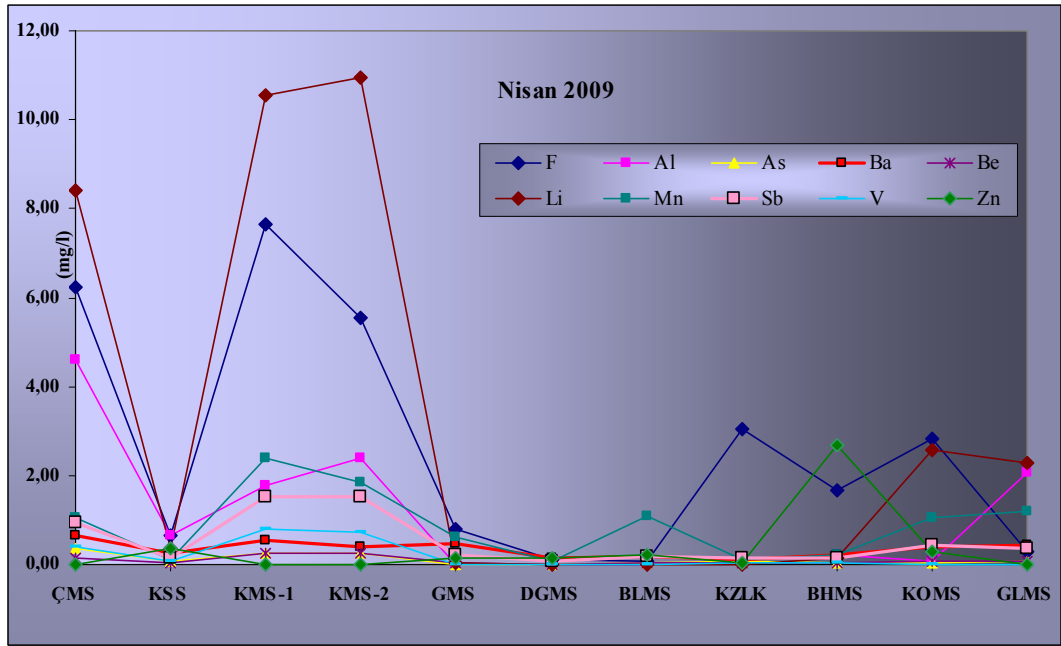


Şekil 4.12. İnceleme alanındaki suların ağır metal iyon değişim grafiği (Ekim 2009) (kısaltmalar Çizelge 4.1'deki gibidir)

F, Kasım 2005'de sadece ÇMS'de Nisan 2009'da ÇMS, KMS-1, KMS-2, KOMS ve KZLK'de Ekim 2009'da ise ÇMS, KMS-1, KMS-2, KOMS ve GLMS ve BHMS'de sınır değerlerin ($2000 \mu\text{g F}^-/\text{L}$) (SKKY, 2004)) üzerindedir (Şekil 4.13). Sularda görülen florürün başlıca kaynağı volkanik kayaçların bileşiminde bulunan kalsiyum florürdür (Doğan, 1981).

Yerkabuğunda bol miktarda bulunmasına rağmen serbest halde nadir bulunan Al, ÇMS, KMS-1, KMS-2 ve GLMS'de Nisan 2009 ve Ekim 2009'da sınır değerlerin ($1000 \mu\text{g Al}/\text{L}$) üzerinde saptanmıştır.

As, ÇMS, KMS-1 ve KMS-2'de Nisan 2009 ve Ekim 2009'da sınır değerleri ($100 \mu\text{g As}/\text{L}$) aşmış diğer su kaynaklarında ise altında kalmıştır. As'nin kökeni ÇMS, KMS-1 ve KMS-2'nin uzun süreli dolaşimleri esnasında yeraltında bulunan arseniğin kükürtlü bileşikleriyle olan uzun süreli teması veya inceleme alanında geniş bir yayılım gösteren volkanik kayaçlar olabilir.



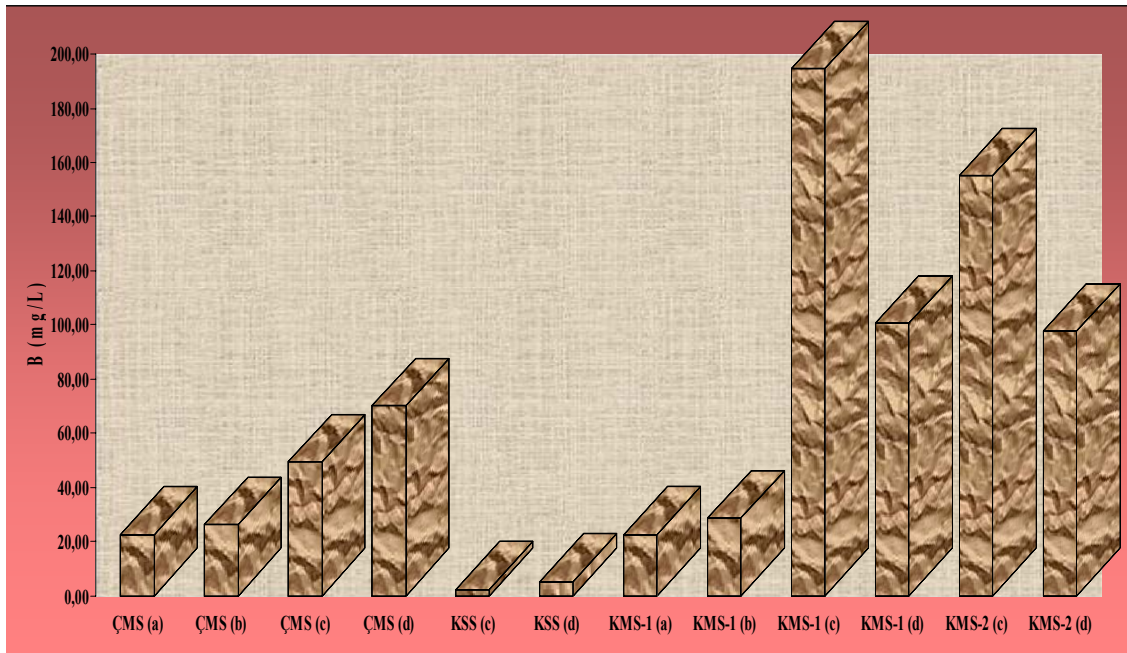
Şekil 4.13. İnceleme alanındaki suların Nisan 2009 ve Ekim 2009 analiz sonuçlarına ait ağır metal analiz grafiği

B, Nisan 2009'da ÇMS, KMS-1, KMS-2, GMS, KOMS, GLMS, DGMS, KSS ve BHMS'de, Ekim 2009'da ÇMS, KMS-1, KMS-2, GMS, KOMS, BLMS, GLMS, DGMS, KZLK, KSS ve BHMS'de, Mayıs 2005 ve Kasım 2005'de ise ÇMS ve KMS-1'de sınır değerlerin (1000 µg B/L) üzerindedir (Şekil 4.14). B'nin yüksek değerlerde çıkması mineralli suların akifer sıcaklığının yüksek olabileceğini gösterir (Tarcan, 2002). Türkiye'de borat yatakları genellikle volkanizmanın etkili olduğu kurak

bölgelerdeki kapalı havzalarda oluşurlar (Helvacı, 2003). Tüm borat yataklarında volkanik kayaların bulunması, borat oluşumu için volkanizmanın gerekli olduğunu ve bor getirmenin asidik volkanik kayalara bağlı olduğunu ortaya koyar (Helvacı, 2003). İnceleme alanında bor değerlerinin yüksek olması da bölgenin volkanik yapısıyla ilişkili olabilir.

Cd, Mayıs 2005’de KMS-1 ve Kasım 2005’de ÇMS ve KMS-1’de sınır değerlerin (10 µg Cd/L) üzerinde derişime sahiptir (Afşin vd., 2007). Cd, ağır metaller içerisinde suda çözünme özelliği en yüksek element olup, sınır değerinin üzerinde bulunduğu önemli enzim ve organ fonksiyonlarının düzenli çalışmasını engellediğinden dolayı yaşamsal faaliyetler için tehlikelidir (Kahvecioğlu vd., 2003).

Li, ÇMS, KMS-1, KMS-2, KOMS ve GLMS’de Nisan 2009 ve Ekim 2009’da ÇMS ve KMS-1’de Mayıs 2005 ve Kasım 2005’de sınır değerlerin (2500 µg Li/L) üzerindedir.



Şekil 4.14. İnceleme alanındaki suların B (mg/L) derişimleri

Pb, Mayıs 2005’de ÇMS ve KMS-1’de ve Kasım 2005’de ise KMS-1’de sınır değerlerin üzerinde (50 µg Pb/L) tespit edilmiştir (Afşin vd., 2007). Pb’de artış gözlemlendiği suların kirlenmiş veya Pb içerebilen siyenit/granit ve/veya kireçtaşı, mermer gibi kayalarla ilişkisine bağlanabilir (Afşin vd., 2007).

İncelenen sulara V, ise sadece Nisan 2009'da ÇMS, KMS-1 ve KMS-2'de sınır değerlerin (100 µg V/L) üzerindedir.

Zn, Nisan 2009 döneminde sadece BHMS'de Ekim 2009 döneminde ise, ÇMS, KOMS ve BHMS'de sınır değerlerin (2000 µg V/L) üzerinde tespit edilmiştir.

Ağır metal elementleri, XRD ve XRF analiz sonuçlarına göre çoğunlukla ÇMS, KMS-1 ve KMS-2'de sınır değerleri aşmıştır. Bunun nedeni, söz konusu mineralli suların uzun dolaşım süresine ve çözücü özelliklerinin kuvvetli olmasına bağlanabilir.

Suda bulunan azot bileşikleri su içerisindeki organik madde miktarının ve kirlenmenin bir ölçüsü olarak değerlendirilir. Nitrat organik azotun en son oksidasyon ürünüdür. Yeraltı sularında görülen nitratın ana kaynağı tarımda kullanılan gübreler, evsel ve endüstriyel atık suları iken volkanik faaliyetler sonucu oluşan buhar ve gazlar da nitrat kaynağı olabilmektedir (Hem, 1985).

İnceleme alanındaki suların Nisan 2009'da NO₃⁻ değerleri ÇMS, KMS-1, KMS-2 ile KSS'de sınır değerlerin (20 mg/L) üzerindedir. NO₃⁻ ve Cl⁻'nin fazla bulunması suyun foseptik sızmalarla kirlenmiş olabileceğinin en kuvvetli belirtisidir (Doğan, 1981). Nitrat azotu KMS-1'de 129,88 mg/L KSS'de ise 153,04 mg/L'dir. Bu iki kaynağın aynı lokasyon üzerinde yer alması noktasal bir atıktan kirlenmeye işaret etmektedir. Ekim 2009'da ise NO₃⁻ değerlerinin sınır değerlerin altına düşmesi noktasal kirleticilerin azaldığını göstermektedir.

4.3. Doymuluk İndisleri

Yeraltı dolaşım sistemi kapsamında, temasta buldukları kayaçlarla girdikleri kimyasal tepkimeleri yorumlayabilmek amacı ile yeraltı sularının çeşitli minerallere doymuluk durumlarının belirlenmesi gerekmektedir.

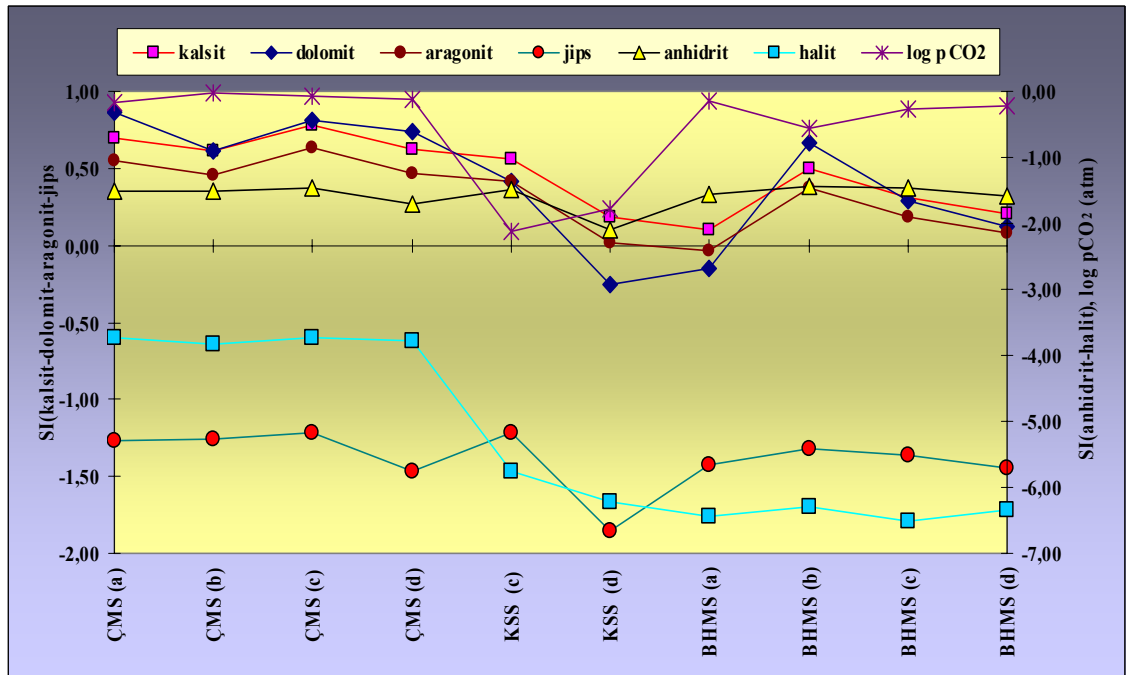
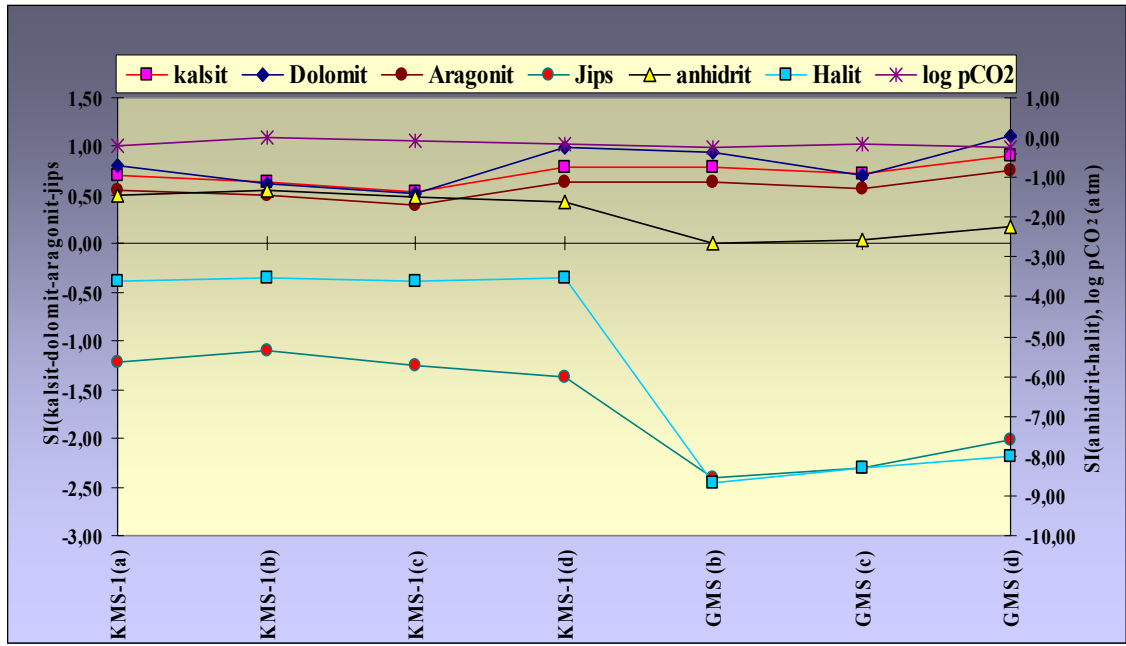
İnceleme kapsamındaki su kaynaklarının doymuluk indisi hesaplamaları için PhreeqC (Parkhurst ve Appelo 1999) bilgisayar programı kullanılmıştır (Çizelge 4.5). Suların anhidrit, aragonit, kalsit, dolomit, halit ve jips gibi çökeltme ortamlarında bulunabilecek başlıca minerallerin doymuluk oranları grafiksel olarak değerlendirilmiştir (Şekil 4.15).

Bütün örnekleme dönemleri boyunca ÇMS, KMS-1, KMS-2, GMS, KOMS, GLMS ve KZLK kalsit, dolomit ve aragonite doymun olup, bunları çökeltebilme; jips, halit ve anhidrite doymun olmayıp, bunları çözebilme özelliklerine sahiptir.

Çizelge 4.5. İnceleme alanındaki suların doymunluk indisi sonuçları (koyu renkli değerler aşırı doymunluğa işaret etmektedir)

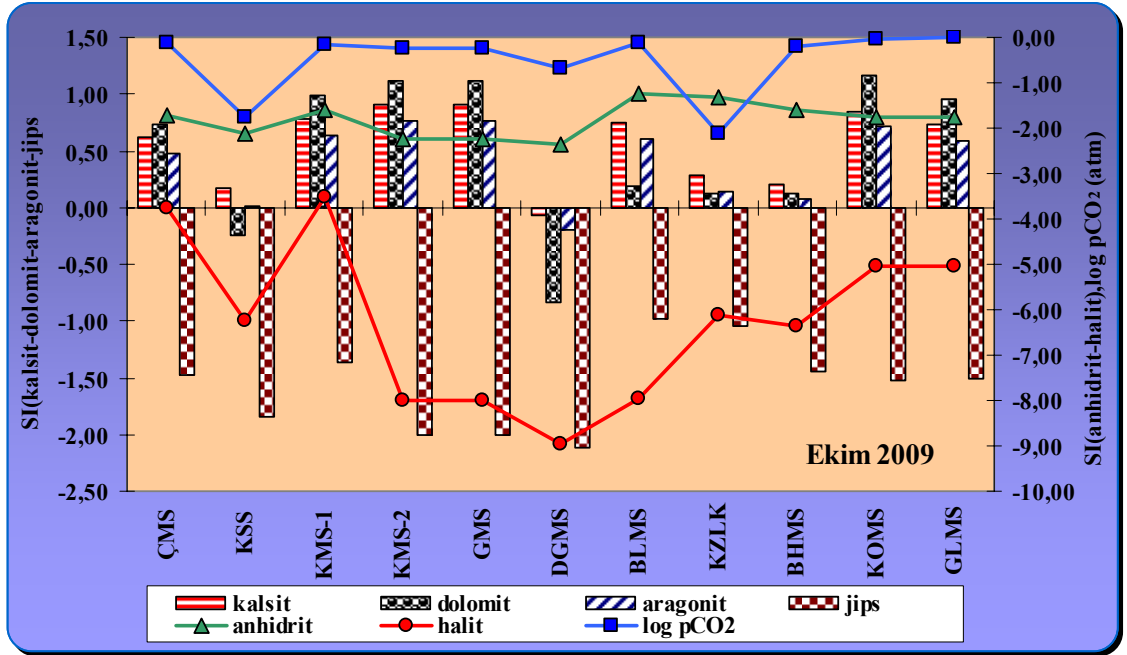
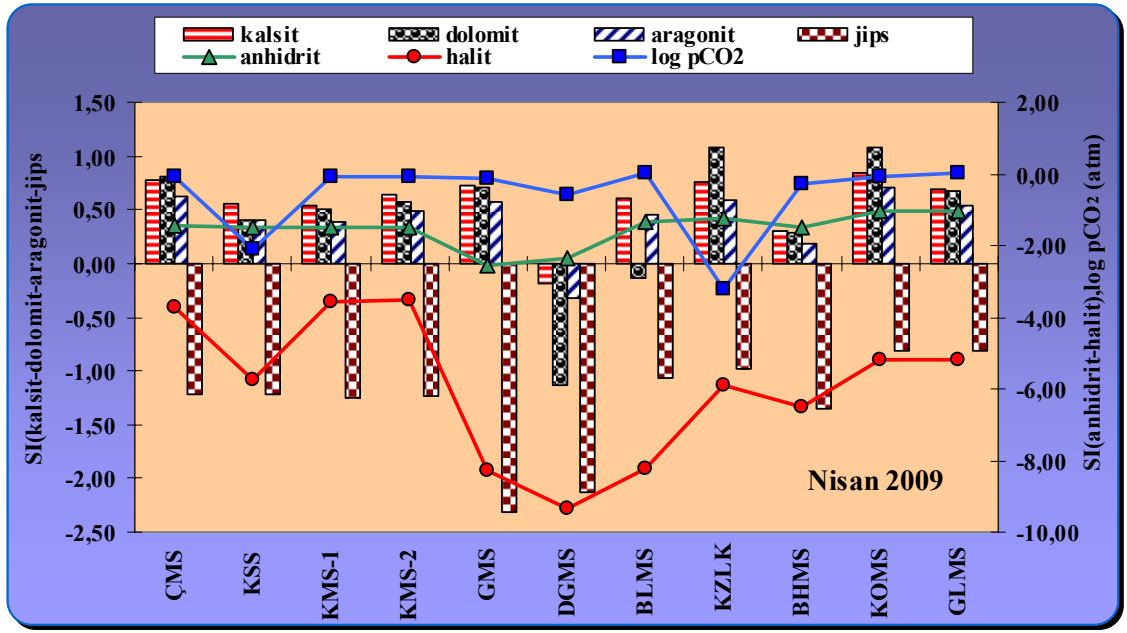
Su Kay.	SI-Kalsit	SI-Dolomit	SI-Aragonit	SI-Jips	SI-Anhidrit	SI-Halit	log pCO ₂
ÇMS (a)	0,70	0,86	0,55	-1,27	-1,50	-3,74	-0,16
ÇMS (b)	0,61	0,61	0,46	-1,26	-1,50	-3,84	-0,03
ÇMS (c)	0,78	0,81	0,63	-1,22	-1,46	-3,72	-0,07
ÇMS (d)	0,62	0,74	0,47	-1,47	-1,71	-3,78	-0,12
KSS (c)	0,56	0,41	0,41	-1,22	-1,48	-5,75	-2,12
KSS (d)	0,18	-0,25	0,02	-1,85	-2,10	-6,23	-1,77
KMS-1 (a)	0,70	0,81	0,55	-1,21	-1,45	-3,60	-0,22
KMS-1 (b)	0,64	0,61	0,49	-1,09	-1,34	-3,52	0,01
KMS-1 (c)	0,54	0,51	0,39	-1,25	-1,49	-3,59	-0,06
KMS-1(d)	0,78	0,99	0,63	-1,37	-1,60	-3,52	-0,15
KMS-2 (c)	0,64	0,58	0,49	-1,23	-1,47	-3,52	-0,07
KMS-2 (d)	0,91	1,11	0,76	-2,01	-2,25	-7,99	-0,23
GMS (b)	0,79	0,94	0,64	-2,40	-2,64	-8,68	-0,26
GMS (c)	0,72	0,71	0,57	-2,31	-2,56	-8,28	-0,15
GMS (d)	0,91	1,11	0,76	-2,01	-2,25	-7,99	-0,23
DGMS (c)	-0,18	-1,13	-0,32	-2,13	-2,37	-9,34	-0,59
DGMS (d)	-0,06	-0,84	-0,20	-2,12	-2,36	-8,97	-0,66
BLMS (c)	0,60	-0,13	0,45	-1,07	-1,32	-8,25	0,05
BLMS (d)	0,75	0,19	0,60	-0,98	-1,23	-7,97	-0,13
KZLK (c)	0,75	1,07	0,59	-0,98	-1,23	-5,88	-3,24
KZLK (d)	0,29	0,12	0,14	-1,05	-1,30	-6,11	-2,13
BHMS (a)	0,10	-0,15	-0,03	-1,43	-1,55	-6,45	-0,15
BHMS (b)	0,50	0,67	0,37	-1,32	-1,45	-6,29	-0,57
BHMS (c)	0,31	0,29	0,18	-1,36	-1,47	-6,50	-0,28
BHMS (d)	0,21	0,12	0,08	-1,45	-1,59	-6,34	-0,21
KOMS (c)	0,85	1,08	0,70	-0,82	-1,06	-5,21	-0,06
KOMS (d)	0,85	1,17	0,71	-1,53	-1,76	-5,05	-0,04
GLMS (c)	0,69	0,68	0,54	-0,81	-1,06	-5,19	0,04
GLMS (d)	0,74	0,96	0,59	-1,5	-1,74	-5,05	-0,01

Nisan 2009 ve Ekim 2009’da DGMS anhidrit, aragonit, kalsit, dolomit, halit ve jipse doymun olmayıp bunları çözebilecek durumdadır (Şekil 4.16). KSS, Ekim 2009’da kalsit ve aragonite doymun olup, bunları çökeltebilme; dolomit, jips, halit ve anhidrite doymun olmayıp, bunları çözebilme özelliklerine sahiptir.



Şekil 4.15. ÇMS, KMS-1,GMS, KSS ve BHMS'ye ait doygunluk indisi değerleri

BLMS ise Nisan 2009'da kalsit ve aragonite doygun olup, bunları çökeltebilme; dolomit, jips, halit ve anhidrite doygun olmayıp, bunları çözebilme özelliklerine sahiptir. BLMS Ekim 2009'da kalsit, dolomit ve aragonite doygun olup, bunları çökeltebilme; jips, halit ve anhidrite doygun olmayıp, bunları çözebilme özelliklerine sahiptir (Şekil 4.16).



Şekil 4.16. İnceleme alanındaki suların doygunluk indisi değerleri (Nisan ve Ekim 2009)

BHMS bütün örnekleme dönemlerinde kalsite doygunudur. Mayıs 2005 örnekleme dönemlerinde ise anhidrit, aragonit, dolomit, halit ve jipse doygun değildir. Kaynak Kasım 2005 ve Nisan 2009 analiz sonuçlarına göre kalsit, dolomit ve aragonite doygun olup, bunları çökeltebilme; jips, halit ve anhidrite doygun olmayıp, bunları çözebilme özelliklerine sahiptir.

Örnekleme dönemlerinde mevsimsel yağış sularına bağlı olarak yeraltı su seviyelerindeki değişim ve bunun sonucunda da suların kayalarla olan etkileşim ve temas süreleri de göz önüne alındığında, söz konusu suların doygunluk indislerinde farklılıklar görülebilir. Yağış sularının yeraltına süzülürken temasta buldukları kayalardan çözdükleri mineraller kaynak sularında görülen bu değişimin oluşmasına neden olabilir.

5. İZOTOP HİDROLOJİSİ

İzotoplar, yeraltı suyunun kökeninin belirlenmesi, bileşimini etkileyen fiziko - kimyasal süreçlerin ortaya konulması akışkanın yeraltı dolaşım hızı ve yaşının hesaplanması yeraltı ve yüzey suları ile olan etkileşim koşullarının açığa çıkarılması gibi konularda yardımcı olmaktadır.

Yüzey ve yeraltı sularının beslenimi yağışlarla olmaktadır. Bu nedenle yağışların izotopik içeriklerinin değişimi ve bunları etkileyen faktörlerin saptanması yeraltı suyu beslenme sisteminin belirlenmesi açısından önem taşımaktadır (Afşin vd., 2007).

İzotoplar, radyoaktif ve duraylı (kararlı) izotoplar olarak kabaca iki gruba ayrılmaktadır. Duraylı oksijen-18 (^{18}O) ve döteryum (^2H) izotopları, yeraltı suyunun kökensele yorumu, beslenme sıcaklığı ve yükseltisinin, trityum (^3H) izotopu ise akışkanın yaşının belirlenmesinde kullanılmaktadır.

Bu incelemede değerlendirilen su kaynaklarına ait izotop çalışmaları, Afşin vd., (2007)'ye ait sonuçları kapsamaktadır.

İnceleme alanında yer alan ÇMS, KMS-1, GMS, KOMS, BHMS ve KSS'den Mayıs 2005 ve Kasım 2005 yağışlı ve kurak örnekleme dönemlerinde alınan su örneklerinin izotop analizleri (^{18}O , ^2H , ^3H , $\delta^{13}\text{C}$ ve ^{14}C), DSİ Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol Dairesi İzotop Laboratuvarında yapılmıştır (Afşin vd., 2007) (Çizelge 5.1).

Bu bölümde, su kaynaklarının izotop içerikleri incelenerek, söz konusu su kaynaklarının kökenleri, akifer parametrelerini etkileyen süreçler, beslenme sıcaklığı ve yükseltisinin belirlenmesi gibi konular çalışılmıştır (Afşin vd., 2007).

5.1. Oksijen-18 ($\delta^{18}\text{O}$) - Döteryum ($\delta^2\text{H}$) İlişkisi

$\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^2\text{H}$ grafiğinde meteorik su doğrusu üzerine düşen su örneklerinin atmosferik sulardan kaynaklandığı ve diğer izotopik süreçlerden etkilenmediği varsayılır. Meteorik

Çizelge 5.1. İnceleme alanındaki suların izotop analiz sonuçları (Afşin vd., 2007)

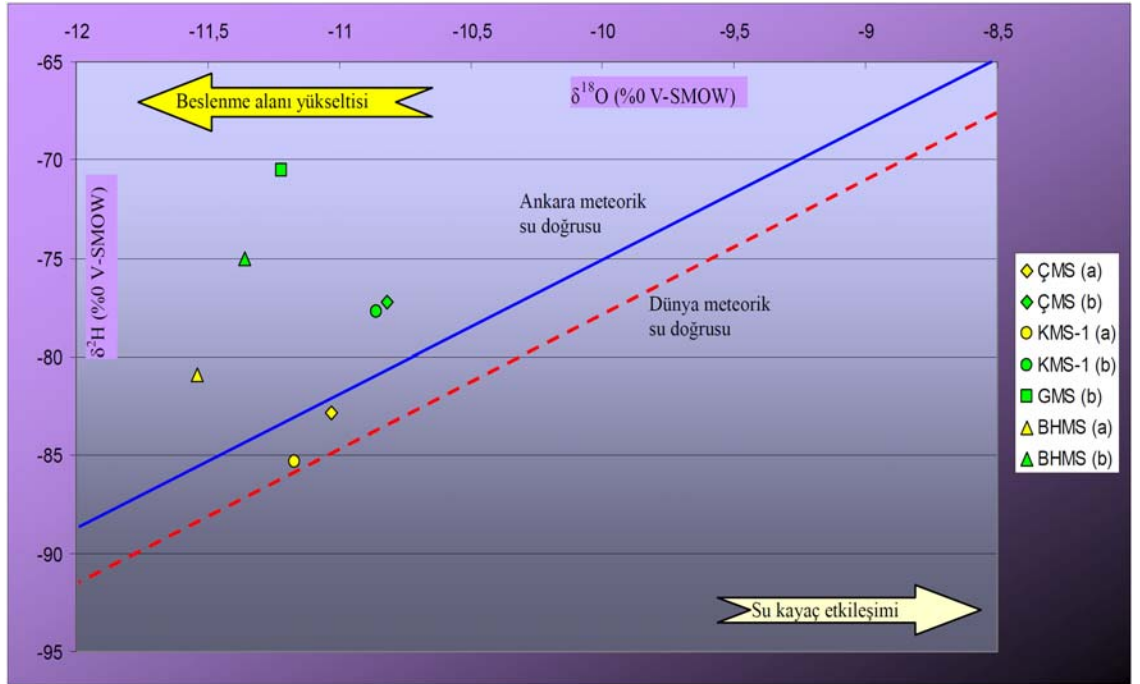
	EC	Kot	$\delta^{18}\text{O}$	$\delta^2\text{H}$	^3H	$\delta^{13}\text{C}$	^{14}C	^{14}C	$\delta^{34}\text{S}_{\text{VCDT}}$	Döteryum fazlası (d)	*Beslenim sıcaklığı	*beslenim yükseltisi
Örnek	$\mu\text{S/cm}$	m	% V-SMOW	% V-SMOW	(TU) (\pm) hata	VPDB	(düzeltilmiş görünür yaş) ($\times 1000$ yıl)	(% modern karbon, düzeltilmiş) (pmc)	%	$\delta = \delta^2\text{H} - (8 \times \delta^{18}\text{O})$	$^{\circ}\text{C}$	m
ÇMS (a)	13400	1164	-11,03	-82,84	0,29 \pm 0,22	b	b	b	b	5,4	3,8	1266,6
ÇMS (b)	14380		-10,82	-77,24	0,44 \pm 0,19	b	b	b	b	9,32	4,3	1242,9
KMS-1 (a)	16100	992	-11,17	-85,3	0,99 \pm 0,23	b	b	b	b	4,06	3,5	1282,4
KMS-1 (b)	17400		-10,86	-77,75	0,15 \pm 0,23	8,4	47,67 \pm 710	0,27	23	9,13	4,2	1247,4
GMS (b)	3160	1127	-11,22	-70,56	0,07 \pm 0,21	9,5	42,55 \pm 530	0,5	20,9	19,2	3,4	1288,0
BHMS (a)	1903	1090	-11,54	-80,9	_0,15 \pm 0,15	b	b	b	b	11,42	2,7	1324,1
BHMS (b)	1915		-11,36	-75,04	0,49 \pm 0,2	4,3	30,30 \pm 210	2,31 \pm 0,06	15,2	15,84	3,1	1303,8

ÇMS: Çorak mineralli ky.; KMS: Karakaya mineralli ky.; GMS: Gümüşkent mineralli ky.; BHMS: Bayramhacı sıcak ve mineralli ky.; Örnekleme Tarihleri: a: 18.05.2005, b: 18.11.2005; b : Ölçüm yapılmadı; m : Metre; * : Bu çalışma için hesaplanmıştır

su doğrusundan sapmalar ise, başka izotopik süreçlerin etkili olduğunu gösterir. Bu süreçlerden en çok karşılaşılanlardan birisi buharlaşma, diğeri ise su ile kayaç mineralleri arasındaki izotopik değişimdir. Buharlaşma sonucunda suların izotop içerikleri meteorik su doğrusundan saparak bir buharlaşma doğrusu oluşturur. Bu buharlaşma doğrusu üzerindeki noktalar meteorik su doğrusundan uzaklaştıkça buharlaşmanın arttığına işaret etmektedir (Domenico ve Schwartz, 1990).

Bütün analiz sonuçlarına ait değerler karşılaştırma yapabilmek amacı ile tek bir grafik üzerinde verilmiştir (Afşin vd., 2007). Oksijen-18 ($\delta^{18}\text{O}$) - Döteryum ($\delta^2\text{H}$) ilişkisini gösteren grafikte suların Dünya Meteorik Su Doğrusu (DMSD) çevresinde yer aldıkları görülür (Şekil 5.1). Bu da inceleme alanında yer alan su kaynaklarına ait akiferlerin meteorik kökenli yağışlardan beslendiğini göstermektedir.

Suların kurak ve yağışlı dönemde Ankara ve Dünya meteorik su doğrularına göre konumlarında sapma gözlenmektedir (Afşin vd., 2007). Suların kurak dönemlerde meteorik su doğrusundan uzaklaştıkları ve $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^2\text{H}$ izotop değerlerinde yağışlı dönemlere oranla azaldıkları görülmektedir. Bunun nedeni, sularda meydana gelen buharlaşmadır.



Şekil 5.1. İncelenen suların $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^2\text{H}$ ilişkileri (Örnekleme Tarihleri: a: 18.05.2005, b: 18.11.2005) (Afşin vd., 2007)

DMSD'den sapma görülmesi düşük kotlardan beslenimi, su - kayaç etkileşimini veya dış kaynaklı kirlenme etkilerini ifade eder. Yükselti arttıkça izotopik seyrelme nedeni ile daha negatif değerler açığa çıkar (Afşin vd., 2007). Grafiğin yatay eksenini boyunca sol tarafa gidildikçe beslenme alanı yükseltisi, sağ tarafa gidildikçe su - kayaç etkileşim oranı artacaktır (Afşin vd., 2007). BHMS'nin en yüksek, KMS en düşük kotlardan, diğer kaynaklar ise genelde orta ve yüksek kotlardan beslenmektedir.

Döteryum fazlası (d) $\delta = \delta^2\text{H} - (8 \times \delta^{18}\text{O})$ formülünden hesaplanır. Dünya meteorik su doğrusundaki d değeri 10 olarak saptanmıştır (Craig, 1961; Dansgaard, 1964). Bu değer baz olarak alınırsa, hesaplanan d değerleri yağışlı dönemlerde (Mayıs 2005) sadece BHMS'de 10'dan yüksek, diğer sularda ise 10'dan düşük; Kasım 2005 dönemi hariç bütün kurak dönemlerde GMS ve BHMS'nin dışındaki tüm sularda 10'nun altındadır. Bu sonuçlar d değeri 10'dan yüksek suların bölgedeki yağışların yüksek hıza sahip buharlaşma etkisindeki atmosferik su buharından; d değeri 10'dan düşük suların ise, düşük hıza sahip buharlaşma etkisi altında kalan yağışlardan oluşmuş yeraltı suları olduklarını göstermektedir (Afşin vd., 2007). İnceleme alanında yer alan suların büyük çoğunluğu düşük buharlaşma hızıyla oluşmuş yağışlarla ilişkilidir. GMS ve BHMS'nin dışındaki tüm sularda d değerinin 10'dan düşük olması bölgedeki su kaynaklarının karasal yağışlardan beslendiklerini göstermektedir.

5.2. Oksijen-18 ($\delta^{18}\text{O}$) - Tritiyum (^3H) İlişkisi

Tritiyum (^3H) izotopu radyoaktif olduğu için 12.43 yıl yarılanma ömrüne sahip bir hidrojen izotopudur. Tritiyum (^3H) yeraltı suyunun akiferde kalış süresine bağlı olarak radyoaktif bozunmaya uğramaktadır. Bu izotop, yeraltı sularının bağlı yaşının belirlenmesinde önemli parametredir. İnceleme alanındaki su kaynaklarının, farklı yıllardaki tritiyum analiz değerleri arasındaki fark ile geçen süre içerisinde olması gereken radyoaktif bozunma değerleri arasında ÇMS haricindeki sularda farklılıklar gözlemlenmiştir (Afşin vd., 2007).

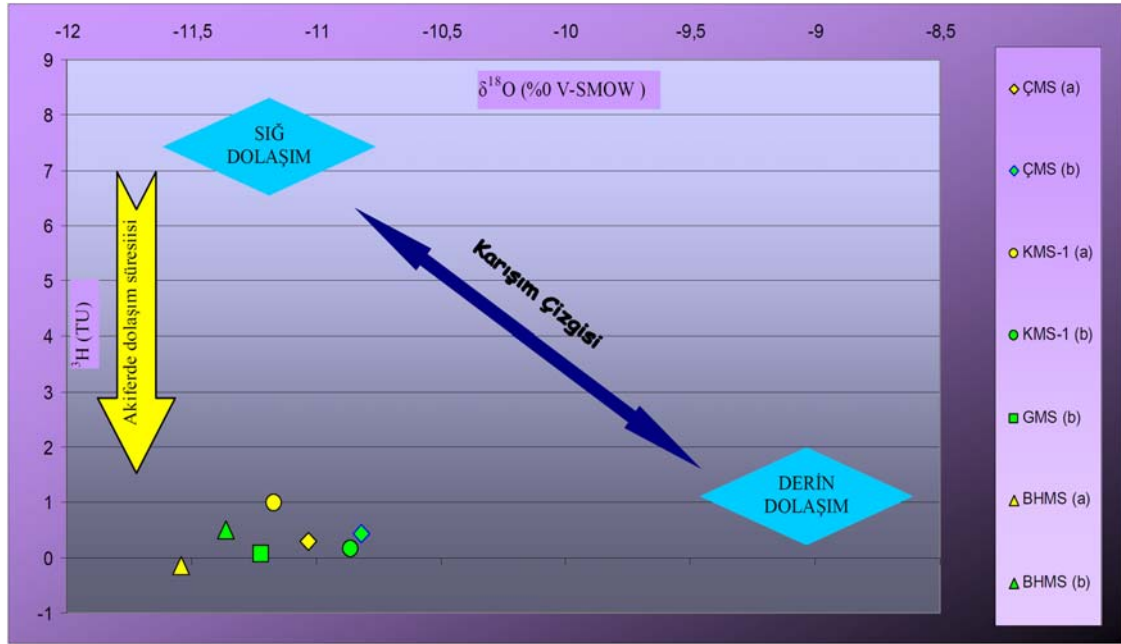
Su kaynaklarına ait tritiyum analiz sonuçları ile hesaplanan tritiyum değerleri arasında farklılıklar çıkması, KMS-1, BHMS ve GMS'nin sistemde farklı su fasiyesleri ile karışıklarının bir göstergesi olabilir (Çizelge 5.2).

Çizelge 5.2. Farklı yıllara ait trityum analiz sonuçları ve hesaplanan trityum değerleri (kısaltmalar Çizelge 4.1'deki gibidir)

Örnek	1997 * ³ H (TU) analiz	1998 ³ H (TU) bozunma	2005 ³ H (TU) bozunma	2005** ³ H (TU) analiz	2005 (TU) (±) hata
ÇMS	0,9	0,85	0,57	0,19	0,44
KMS	0,9	0,85	0,57	0,23	0,15
GMS	0,9	0,85	0,57	0,21	0,07
BHMS	*	*	0,54	0,2	0,15

*: (Afşin, 2002) **: (Afşin vd., 2007)

$\delta^{18}\text{O} - ^3\text{H}$ grafiği kaynak sularının akifer içinde kalış süreleri arasındaki ilişkiyi yansıtır (Şekil 5.2). Grafiğin düşey eksenini (^3H) boyunca suların akifer içerisindeki kalış süreleri artmaktadır (Afşin vd., 2007). ÇMS, KMS-1, GMS ve BHMS düşük oranlarda ^3H içeriğine sahiptirler. Bu da söz konusu suların daha derin ve daha uzun yeraltı dolaşım sistemine sahip olduklarını göstermektedir (Afşin vd., 2007).

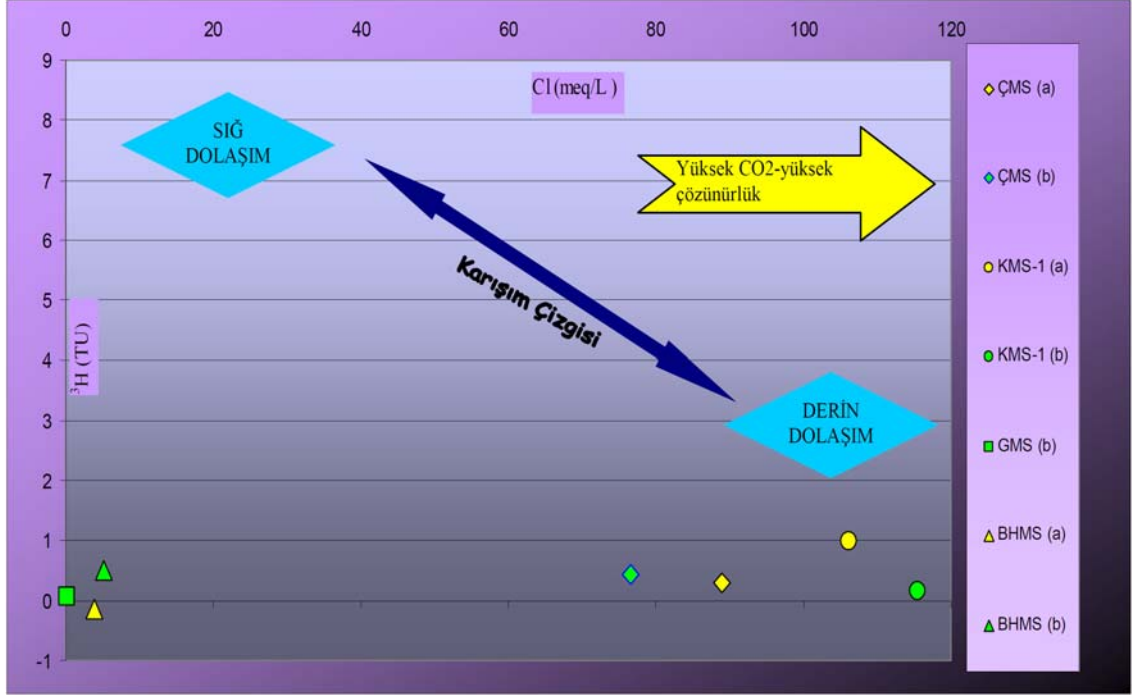


Şekil 5.2. İncelenen suların $\delta^{18}\text{O} - ^3\text{H}$ grafiği (Afşin vd., 2007)

5.3. Cl - Trityum (^3H) ve EC - Trityum (^3H) İlişkisi

$^3\text{H} - \text{Cl}^-$ diyagramında yer alan suların dolaşım sürelerine bağlı olarak iki farklı alanda kümeleştikleri görülmektedir. Yüksek CO_2 içerikli KMS-1 ve ÇMS yüksek Cl^- , düşük ^3H değerine sahiptirler ve derin yeraltı suyu dolaşımını temsil ederler (Şekil 5.3). Diğer su kaynakları ise düşük ^3H içeriği ve düşük Cl^- değerleri içerir (Afşin vd., 2007).

Yüksek elektriksel iletkenliğe (EC) sahip yeraltı suları akifer ile daha uzun süre temas halinde kalmış olabilirler. Yüksek trityum - düşük EC değerleri geçiş süresinin kısa, düşük trityum - yüksek EC değerleri ise geçiş süresinin uzun olmasına işaret edebilir. Çünkü akiferle temas süresi arttıkça kayaç su arasındaki etkileşim sonucu iyon değişimi açığa çıkabilir (Afşin ve Ünsal, 1997).

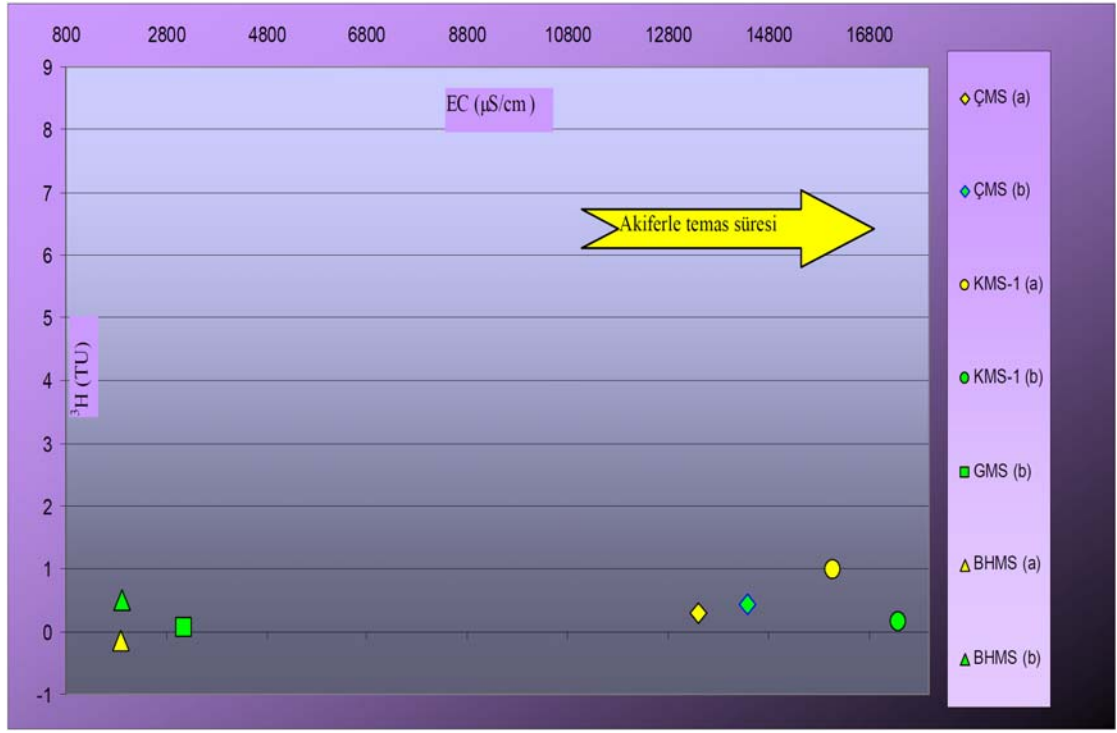


Şekil 5.3. İncelenen suların ³H - Cl ilişkisi

Yüksek EC değerleri ve düşük ³H değerleri içeren KMS-1 ve ÇMS akiferle temas süresi en uzun kaynaklardır (Afşin vd., 2007). Düşük EC ve düşük ³H değerlerine sahip diğer su kaynaklarının akiferle temas süreleri ise kısadır (Şekil 5.4).

5.4. $\delta^{13}\text{C}$ - ^{14}C ilişkisi

¹⁴C izotopu atmosferin üst kesimlerinde kozmik partiküllerin özellikle ¹⁴N izotopları ile çarpışması sonucu üretilir ve zaman içinde radyoaktif bozunma sonucu yeniden ¹⁴N izotopuna dönüşür. Bu izotopun üretilme ve bozunma süreçleri arasında oluşan doğal denge sonucunda atmosferik CO₂'in ¹⁴C aktivitesi 100 pmc (yüzde modern karbon) düzeyindedir. Bu değer jeolojik zaman ölçeğinde değişim göstermektedir (Bayarı vd., 2005).

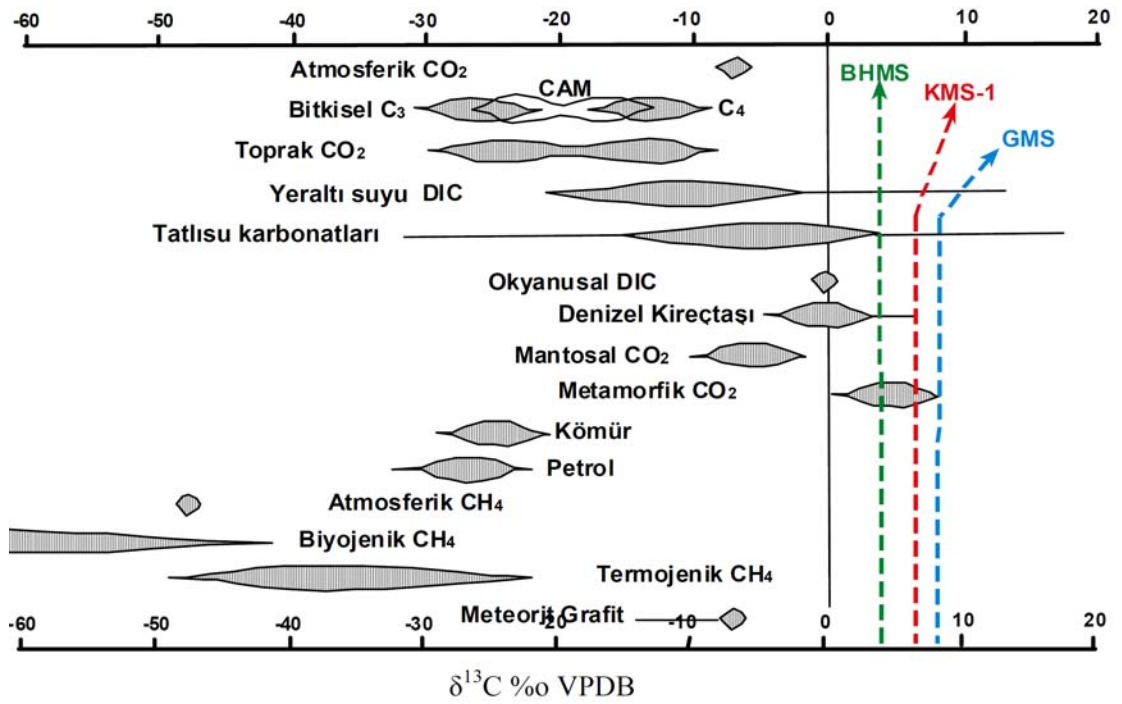


Şekil 5.4. İncelenen suların ^3H -EC ilişkisi

Yeraltı suyunda karbon elementinin başlıca kaynakları i) atmosferik CO_2 , ii) süzülme zonundaki organik faaliyetler sonucu üretilen biyolojik CO_2 , iii) jeojenik CO_2 ve iv) karbonatlı minerallerin çözünmesi ile suya geçen CO_3 iyonlarıdır. Jeojenik CO_2 'in başlıca kaynakları karbonatlı kayaların metamorfizması ve yer kabuğu - mantodan CO_2 kaçıdır. Atmosferik ve biyolojik kökenli CO_2 ^{14}C içermesine karşın, jeojenik ve çözünme kökenli CO_2 hiç ^{14}C içermez (Bayarı vd., 2005).

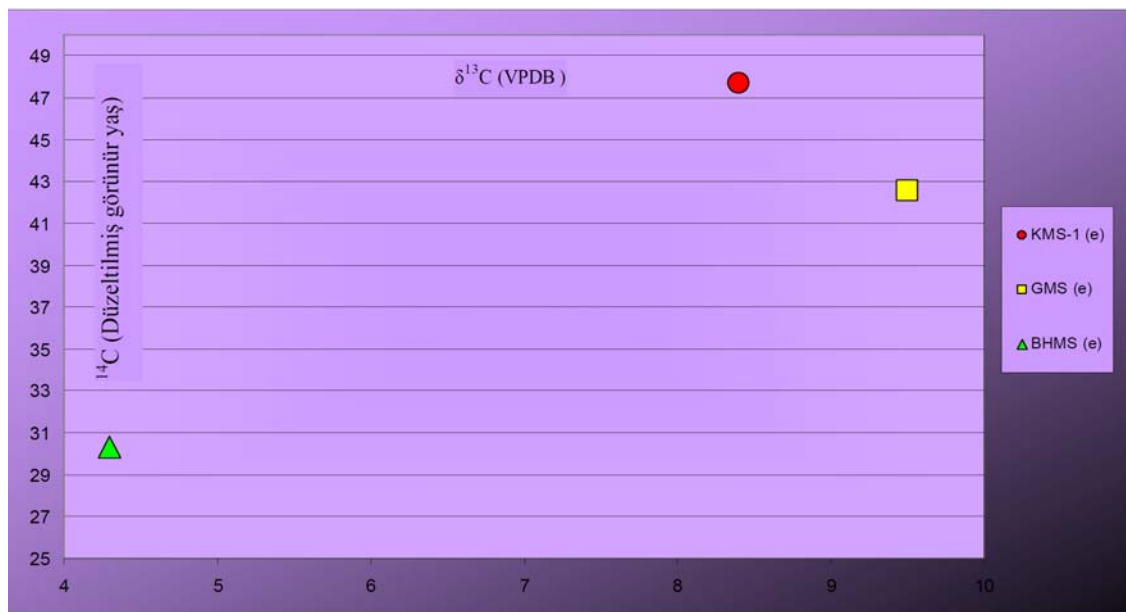
İnceleme alanında yer alan KMS-1, GMS ve BHMS'de Kasım 2005 örnekleme döneminde alınan su örnekleri üzerinde $\delta^{13}\text{C}$, ^{14}C ve $\delta^{34}\text{S}$ izotop analizleri gerçekleştirilmiştir (Afşin vd., 2007). Analiz sonuçlarına göre $\delta^{13}\text{C}$ (‰PDB) KMS ve GMS'de 8.4 ve 9.5, BHMS'de ise 4.3 olarak saptanmıştır (Şekil 5.5).

Mineralli su kaynaklarının $\delta^{13}\text{C}$ (‰PDB) değerleri, BHMS'ye oranla daha yüksektir (GMS > KMS > BHMS). Su kaynaklarının ^{14}C yaşları (x1000 yıl) 47.67 ile 30.30 arasında değerler (KMS > GMS > BHMS) içerir (Şekil 5.6).



Şekil 5.5. Doğal karbon bileşiklerinin kökenlerine bağlı sulardaki $\delta^{13}\text{C}$ değerlerinin Clark ve Fritz, (1997)'e göre konumu (Afşin vd., 2007)

Suların modern karbon (pmC) değerleri ise 2.31 ile 0.27 arasında olup, BHMS'den KMS'ye doğru (BHMS > GMS > KMS) artış göstermektedir (Afşin vd., 2007). Düzeltilmiş ^{14}C ile $\delta^{13}\text{C}$ ve modern karbon girdisi ^{14}C (pmC) ile $\delta^{13}\text{C}$ arasındaki korelasyon katsayılarının (r^2) sırasıyla 0.61 ve 0.50 olması düşük derecede de olsa söz konusu suların bu izotop değerlerinin kısmen uyumlu olduğunu göstermektedir.

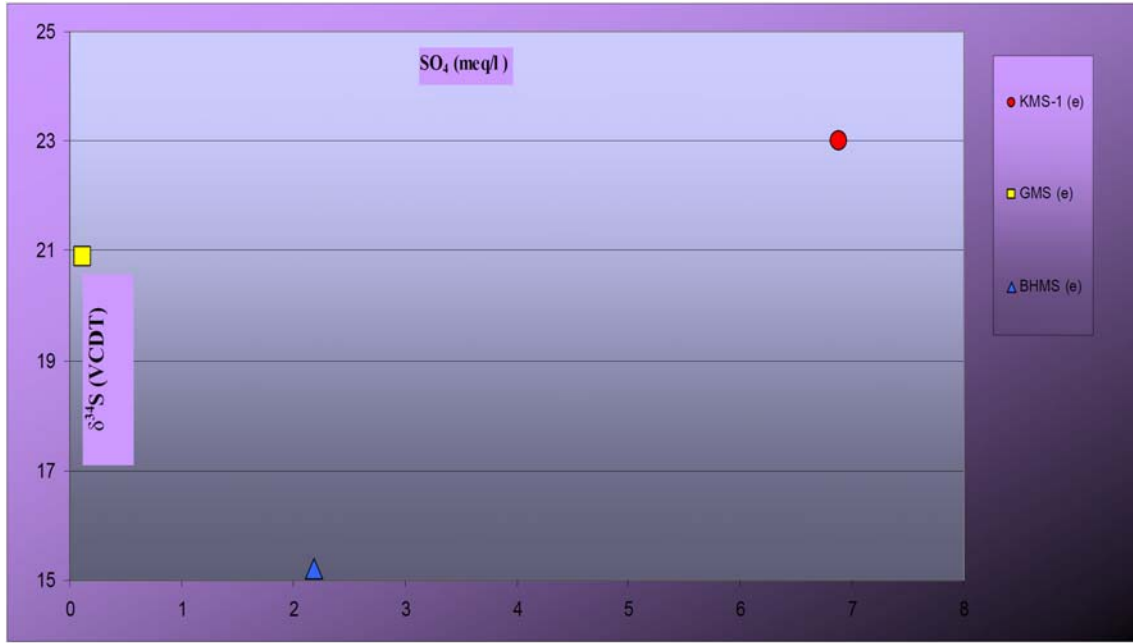


Şekil 5.6. İnceleme alanındaki sulara ^{14}C ve $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ değişimleri

5.5. $\delta^{34}\text{S}$ - SO_4 ilişkisi

İnceleme alanında yer alan KMS-1 ve GMS ile BHMS'ye ait $\delta^{34}\text{S}$ ‰_{VCDT} değerleri BHMS'de 15,2 ile en düşük oranda gözlenmektedir. KMS-1'de ise kireçtaşları aracılığı ile gelen CaSO_4 ve evaporitlerle temasa bağlı olarak en yüksek (23,0) değerdedir (Şekil 5.7). SO_4 miktarları, GMS, KMS-1 ve BHMS'de sırasıyla 0,12 - 6,88 - 2,19 (meq/L) değerlerini alır (Afşin vd., 2007).

Sülfatın kaynağını magmatik kayalar, volkanik sülfür, şeyl ve kireçtaşları oluşturur (Afşin vd., 2007). KMS-1'nin uzun süreli yeraltı dolaşım sistemine sahip olması ve evaporitik kayalarla teması diğer kaynaklara oranla daha fazla sülfat derişimi içermesine yol açmış olabilir (Afşin vd., 2007).



Şekil 5.7. İnceleme alanındaki sulara ait $\delta^{34}\text{S}$ - SO_4 grafiği (Afşin vd., 2007)

5.6. Beslenme Sıcaklık ve Yükseltisinin Belirlenmesi

Yeraltı suyu sistemlerinde beslenme koşulları, arazi gözlemleri ve topoğrafik, jeolojik, hidrojeolojik, meteorolojik bilgilerin birleştirilmesi ile belirlenebilir. Yeraltı suyu beslenme yükseltisi akiferi oluşturan jeolojik birimin gözlemlendiği ortalama kota karşılık gelirken beslenme sıcaklığı ise yıl boyunca yağıştan itibaren beslenimin gerçekleştiği dönemin ortalama hava sıcaklığına eşittir. Güncel çalışmalar, akifer içerisinde doygun

bölgenin kalınlığına bağlı olmakla birlikte beslenme suyu sıcaklığının yıllık ortalama hava sıcaklığının 2⁰C kadar altında olabileceğini göstermiştir (Özyurt, 2005).

Oksijenin duraylı izotopu olan ¹⁸O değerleri yağıştan boşalma değin izotopik farklılaşmaya neden olacak bir süreç gerçekleşmediği sürece beslenme anındaki değerini korumaktadır. Boşalım noktasında ölçülen ¹⁸O içeriğinden beslenimin gerçekleştiği dönemdeki hava sıcaklığının ve dolayısı ile yeraltı suyu beslenme sıcaklığının belirlenmesi mümkündür (Özyurt, 2005).

¹⁸O içeriği değerleri kullanılarak söz konusu su kaynaklarının beslenme sıcaklığı açısından değerlendirilmesi için ¹⁸O - hava sıcaklığı ilişkisinin ortaya konulması gerekmektedir. Bu ilişki ile hesaplanan beslenme sıcaklıklarına karşılık gelen beslenme yükselteleri ise hava sıcaklığının kot ile değişiminden hareket ile belirlenir (Özyurt, 2005).

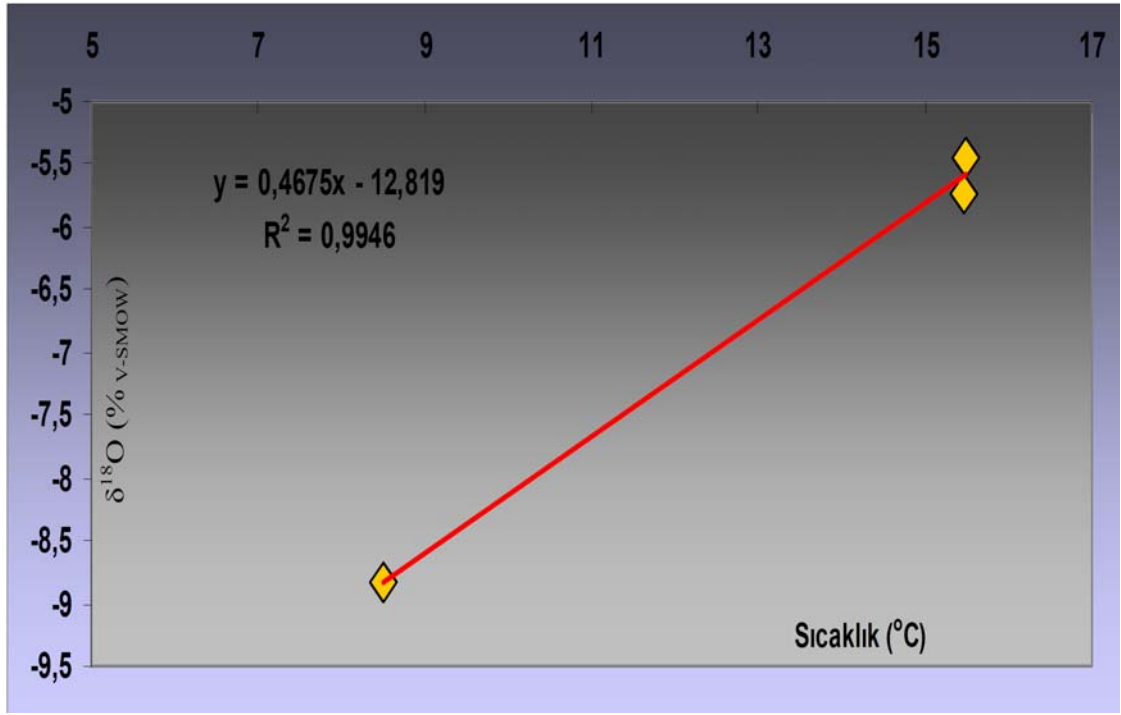
Beslenme sıcaklıklarının hesaplanması kapsamında inceleme alanı çevresinde yer alan meteorolojik ve izotopik veriler kullanılmıştır. Yağışın izotopik ve fiziksel özellikleri Ankara, Adana ve Antalya istasyonlarının 1963 - 2001 arasındaki gözlem dönemi için IAEA'nın GNIP veri tabanından derlenmiştir (Çizelge 5.3) (Özyurt, 2005).

Çizelge 5.3. 1963 - 2001 yılları için yağış ağırlıklı yıllık ortalama ¹⁸O değerleri (Temmuz, Ağustos, Eylül ayları hariç) ve yıllık ortalama hava sıcaklığı (Özyurt, 2005)

	¹⁸ O (%)	Sıcaklık (°C)
Ankara	-8,84	8,51
Adana	-5,44	15,49
Antalya	-5,73	15,46

Ankara, Adana ve Antalya illerine ait yağış içeriğinin ¹⁸O değerleri ile yıllık ortalama hava sıcaklığı verileri arasındaki ilişki grafik üzerinde değerlendirildiğinde beslenme sıcaklığının tahmin edilmesine yönelik bir bağıntı elde edilir (bağıntı 5.1, Şekil 5.8) (Bayarı vd., 2009).

$$\text{Beslenme sıcaklığı} = (^{18}\text{O} + 12,819) / 0,4675 + 2 \quad (5.1)$$



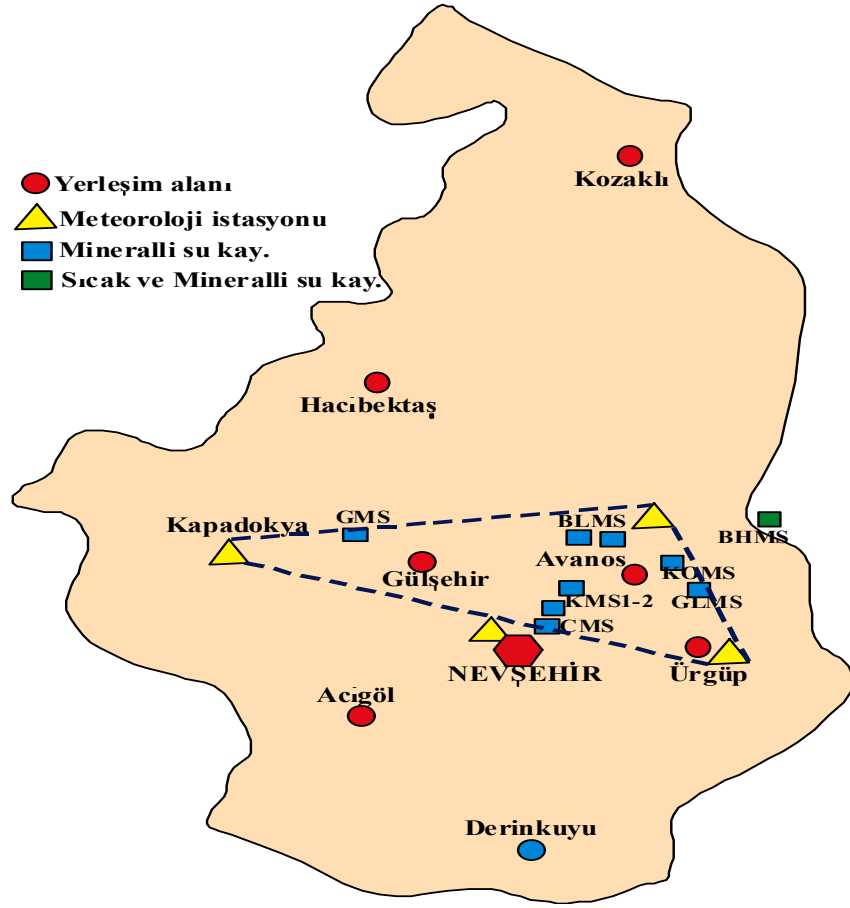
Şekil 5.8. $\delta^{18}\text{O}$ - Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) ilişkisini gösterir grafik

İnceleme alanındaki suların ^{18}O değerleri bağıntı 5.1’de yerine konularak beslenme sıcaklıkları tespit edilmiştir. ^{18}O değerleri azaldıkça beslenme sıcaklığı değerleri de düşüş göstermektedir. En düşük beslenme sıcaklığı değerleri Mayıs 2005 örnekleme döneminde görülmektedir.

Beslenme sıcaklığının saptanmasından sonra beslenme sıcaklığına karşılık gelen yükseltinin belirlenebilmesi için sıcaklık - yükselti bağıntısının tespit edilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda incelenen su kaynaklarını içerisine alan Ürgüp, Avanos ve Kapadokya (Tuzköy) meteoroloji istasyonlarının yıllık ortalama hava sıcaklığı ve istasyonların yükseklik kotları kullanılmıştır (Şekil 5.9, Çizelge 5.5).

Çizelge 5.4. İnceleme alanında yer alan meteoroloji istasyonlarının yükselteleri ve ortalama sıcaklık değerleri (URL-5)

Meteoroloji İstasyon Adı	Yükseklik m.	Enlem - Boylam	Ortalama Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)
Nevşehir	1259.54	38° 37' K - 34° 42' D	10,4
Kapadokya (Tuzköy)	945	38° 46' K - 34° 33' D	11,3
Ürgüp	1060	39° 38' K - 34° 55' D	10
Avanos	950	38° 43' K - 34° 52' D	12,2



Şekil 5.9. İnceleme alanında yer alan meteoroloji istasyonları

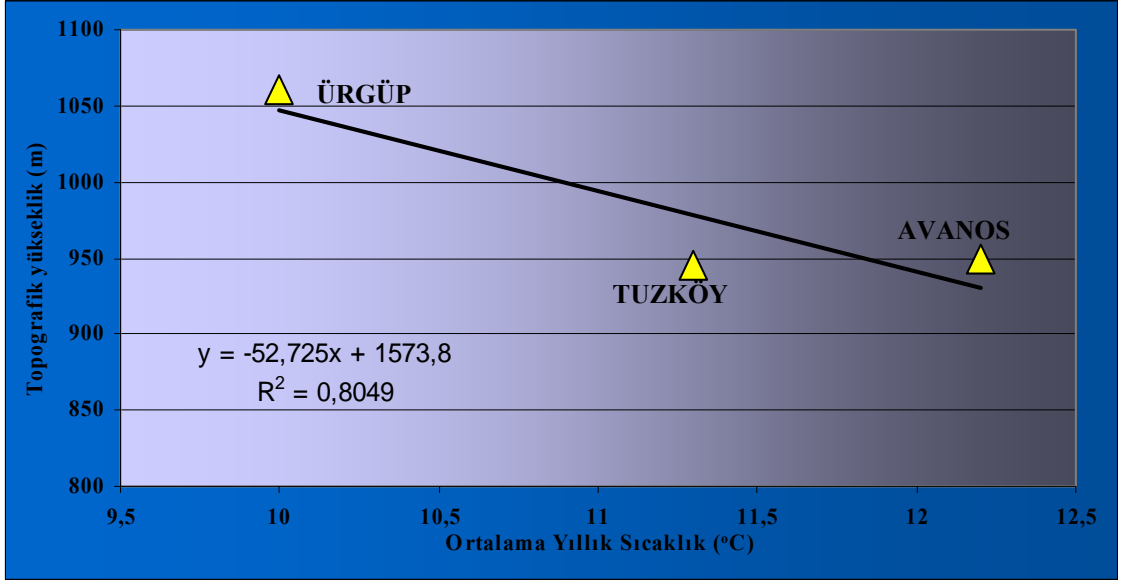
¹⁸ O değerlerinin ve beslenme sıcaklığının düşmesi beslenme yükseltisi ile ters orantılı bir ilişki sunar. Mayıs 2005 örnekleme döneminde beslenme sıcaklıklarının azaldığı gözlemlenmiştir.

Çizelge 5.5. Yıllara göre ortalama aylık sıcaklık dağılımları (URL-5)

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Avanos												
1997	2.0	-0.6	2.9	8.8	17.7	20.0	23.7	22.1	16.1	13.9	6.9	4.2
1998	0.9	1.5	4.5	13.3	16.2	20.6	25.2	25.1	19.7	14.0	9.5	4.4
1999	3.3	3.6	6.6	11.8	16.8	20.1	24.8	24.2	19.4	13.8	6.8	4.9
2000	-3.0	-1.3	3.9	13.9	15.1	19.6	26.6	23.3	18.7	11.6	7.1	2.1
2001	2.8	4.2	11.2	13.4	15.1	22.5	26.6	25.3	21.0	12.5	7.2	4.0
2002	-6.0	4.0	8.5	10.4	15.7	20.6	24.7	23.1	19.3	14.1	7.9	-1.7
2003	5.8	-0.7	3.0	11.3	18.1	21.9	24.1	24.2	18.3	14.8	7.0	3.0
2004	1.7	3.2	6.8	10.7	15.9	20.4	23.7	24.2	18.8	14.6	6.3	0.8
2005	3.3	3.1	6.8	12.0	16.3	20.4	26.0	25.4	18.3	10.8	6.5	2.8
Nevşehir												
1975-2008	-0.4	0.3	4.4	9.9	14.3	18.4	21.6	21.1	16.9	11.4	5.6	1.4

Yıllık ortalama hava sıcaklığı ve istasyonların topografik yükseklikleri arasındaki ilişkiyi gösterir grafik çizildiğinde inceleme alanında yer alan su kaynaklarına ait tahmini beslenme yükseltilerini belirleyebilecek bir bağıntı elde edilir (Şekil 5.10, Bağıntı 5.2).

$$H \text{ (m)} = -52,725 * \text{Beslenme sıcaklığı (}^{\circ}\text{C)} + 1573,8 \quad (5.2.)$$



Şekil 5.10. Topografik yükselti - Sıcaklık (°C) ilişkisini gösterir grafik

Bağıntı 5.2 kullanılarak söz konusu su kaynaklarına ait tahmini beslenme yükseltileri hesaplanmıştır (Çizelge 5.6). Hesaplanan beslenme yükseltilerinin kaynaklara ait boşalım yükseltileri ile uyumlu olduğu gözlemlenmiştir. Mayıs 2005 örnekleme döneminde beslenme sıcaklıkları azalırken beslenme yükseltisi en yüksek değerlerde çıkmıştır.

Hesaplanan beslenme sıcaklıklarından yola çıkarak söz konusu su kaynaklarınının 1050 - 1320 metre kotları arasında beslenme yükseltilerine sahip oldukları söylenebilir.

5.7. Jeotermometre Uygulamaları

Jeotermometre, jeotermal alanlardan çıkan akışkanların içerdikleri iyon oranları, iyon değişimleri, izotop vb. özelliklerinden yararlanılarak akifer içerisindeki akışkan sıcaklığını tahmin etme yöntemidir.

Çizelge 5.6. 2005 yılları için hesaplanan beslenme sıcaklıkları ve beslenme yükselteleri

	Boşalm Kotu	$\delta^{18}\text{O}$	Boşalm Sıcaklığı	Beslenme sıcaklığı	Beslenme yükseltisi
Örnek	m	% V-SMOW	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	m
ÇMS (a)	1164	-11,03	19,7	3,8	1266,6
ÇMS (b)		-10,82	17	4,3	1242,9
KMS-1 (a)	992	-11,17	16,9	3,5	1282,4
KMS-1 (b)		-10,86	14,4	4,2	1247,4
GMS (b)	1127	-11,22	17,5	3,4	1288,0
BHMS (a)	1090	-11,54	43,4	2,7	1324,1
BHMS (b)		-11,36	42,2	3,1	1303,8

Jeotermal akışkanlar yüzeye çıkarken kayalarla temas etmeleri ve soğuk yeraltı sularıyla karışımları sonucu soğuyarak derinlerdeki sıcaklıklarını muhafaza edemezler (Doğdu, 2004).

Akifer içerisindeki sıcaklığın tespit edilmesinde çok değişik yöntemler geliştirilmiştir. Jeotermometreler; kimyasal ve izotop jeotermometreleri olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Kimyasal jeotermometreler kaynak veya kuyu başından alınan örneklerin kimyasal bileşimine (özellikle silis, katyon derişimi ve buhar içerisindeki gazların bağıl oranlarına) izotopik jeotermometreler ise su - gaz - mineral fazları arasındaki izotopik değişime dayalıdır (Fournier, 1991).

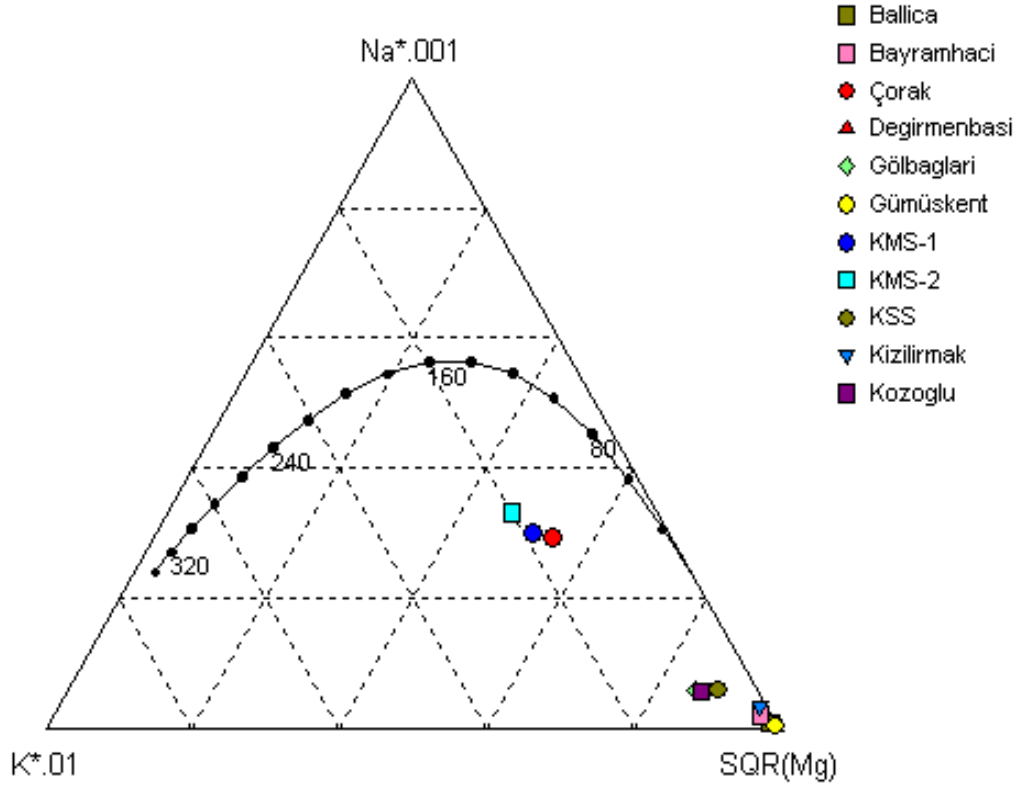
İnceleme alanında yer alan sıcak suların hazne kaya sıcaklıkları kimyasal jeotermometreler kullanılarak tahmin edilmeye çalışılmıştır.

5.7.1. Katyon jeotermometreleri

Katyon jeotermometreleri, iyon değişimine dayalıdır. Bu jeotermometrelerin uygulanabilmesi için bazı şartlar aranır. Bunlardan en önemlisi Giggenbach (1991) tarafından önerilmiş olan Na - K - Mg üçgen diyagramıdır. Bu diyagramda, olgun (denge durumunda olan) sular bölümünde yer alan suların analizleri katyon jeotermometresi olarak kullanılabilir. Diğer bölgelerde ise katyon jeotermometresinin kullanılması yanlış sonuçlar verebilir.

İnceleme alanındaki sular Na - K - Mg üçgen diyagramında denge durumundan oldukça uzak, olgun olmayan sular grubuna girmektedir (Şekil 5.11). Bu nedenden dolayı

incelenen suların hazne kaya sıcaklıklarının hesaplanmasında, katyon jeotermometrelerinin kullanılması hatalı sonuçlar verebilir (Çizelge 5.7).



Şekil 5.11. Suların Na - K - Mg üçgen diyagramı (Giggenbach, 1991) üzerindeki dağılımı (Nisan 2009)

5.7.2. SiO_2 jeotermometresi

SiO_2 jeotermometreleri mineral çözünürlüğüne dayalı bir jeotermometredir. SiO_2 'nin çözünürlüğü diğer mineraller gibi sıcaklık ve basınçla değişmektedir. Bu jeotermometrelerin esası bu temel bağıntıya dayanmaktadır. Silis jeotermometre bağıntıları, kimyasal tepkimeyi etkileyen hazne kaya sıcaklığına veya sıcak suyun yükselirken soğumasına bağlı olarak hazırlanmıştır (Şahinci, 1991b).

Kuvars, kristobalit, kalsedon ve amorf silis gibi değişik silis formlarının su içerisindeki çözünürlüğü farklı olduğu için farklı jeotermometre eşitlikleri geliştirilmiştir (Türker, 2006). Kuvars çözünürlüğü, sıcaklığı 120 - 180°C'den daha yüksek olan jeotermal rezervuarlarda çözülmüş silisi kontrol eder (Fournier, 1991). Daha yüksek sıcaklıklarda akifer kayaktan yüzeye doğru hareket eden sıcak akışkanda hızlı silis çökelişi gözlenmektedir. Sıcaklığı 180°C'den az olan jeotermal sistemlerde ise kuvarstan çok

kalsedon ile bir denge söz konusudur. Bu nedenle sıcaklığı 180°C'den düşük olan jeotermal sistemlere kalsedon jeotermometresi, 180°C'den daha yüksek jeotermal sistemlerde ise kuvars jeotermometresinin uygulanması daha uygun görülmektedir (D'Amore ve Arnorsson, 2000).

İnceleme alanında farklı jeotermometreler kullanılarak hesaplanan rezervuar sıcaklık sonuçları Çizelge 5.7'de verilmiştir.

Çizelge 5.7. İnceleme alanındaki sıcak ve mineralli sulara ait jeotermometre sonuçları (kısaltmalar Çizelge 4.1'deki gibidir)

Su Kaynağı		BHMS (a)	BHMS (b)	ÇMS (a)	ÇMS (b)	KMS-1 (a)	KMS-1 (b)	GMS (b)
Ölçülen Sıcaklık		43,4	42,2	19,7	17	16,9	14,4	17,5
Jeotermometreler	SiO ₂ (Kristobalit)*	28,68	35,49	76,90	68,36	11,37	19,96	92,43
	SiO ₂ (Kalsedon)*	47,04	54,46	99,86	90,46	28,19	13,79	116,97
	SiO ₂ (Kuvars)*	78,44	85,48	127,56	118,98	60,38	69,37	143,02
	SiO ₂ (Kuvars buhar kaybı)*	82,20	88,37	124,58	117,29	66,23	74,20	137,61
	SiO ₂ (Kuvars buhar kaybı)**	80,73	86,94	123,49	116,12	64,64	72,67	136,66
	Na/K**	160,10	152,87	86,76	91,46	97,20	98,02	195,58
	Na/K***	215,70	210,52	160,02	163,82	168,40	169,05	240,21
	K/Mg***	52,80	52,00	60,70	60,50	66,02	67,73	*
Referans: * Fournier, 1977a, ** Arnorsson vd., 1983, *** Giggenbach vd., 1983								

Sonuçlar değerlendirildiğinde SiO₂ jeotermometresine göre hesaplanan hazne kaya sıcaklıklarının daha doğru olduğu düşünülmektedir. SiO₂ jeotermometreleri mineral çözünürlüğüne dayalı olup, SiO₂'nin çözünürlüğü diğer mineraller gibi sıcaklık ve basınçla değişmektedir. Bu jeotermometrelerin esası bu temel bağıntıya dayanmaktadır. Silis jeotermometre bağıntıları, kimyasal tepkimeyi etkileyen hazne kaya sıcaklığına veya sıcak suyun yükselirken soğumasına bağlı olarak hazırlanmıştır (Şahinci, 1991b).

Buna göre yağışlı dönemde BHMS, ÇMS ve KMS-1 için hazne kaya sıcaklıkları sırasıyla 82 - 124 - 66 °C olup, kurak dönemde ise BHMS, ÇMS, KMS-1 ve GMS için sırasıyla 88 - 117 - 74 - 137 °C'dir. Hazne kaya sıcaklıkları BHMS ve KMS-1'de kurak dönemde fazla ÇMS'de ise düşük çıkmıştır. Bunun nedeni ÇMS'nin dolaşım hareketi sırasında soğuk sularla karışarak çözme yeteneğinde görülen azalmadır. Kurak dönemde BHMS ve KMS-1'nin TDS değerinin artması ÇMS'nin ise azalması bu görüşü desteklemektedir. Hidrojeokimyasal açıdan benzer özellikler gösteren KMS-1 ile ÇMS'nin hazne kaya sıcaklıklarının farklı çıkmasının nedeni ÇMS'nin hidrolik dolaşım

süresince SiO₂ oranı yüksek kayaçlarla temasta bulunmasıdır. XRD analiz sonuçlarına göre Çorak travertenleri % 38.75 oranında SiO₂ içermektedir.

Ancak, rezervuar sıcaklığının 180°C'den daha az hesaplanması nedeniyle kuvars jeotermometresi sonuçlarının yanı sıra kalsedon jeotermometresi uygulama sonuçlarının da dikkate alınması gerekmektedir.

5.7.3. Karışım modelleri

Birçok alandaki sıcak sular yüzeye çıkarken belli oranlarda soğuk sularla karışarak yeraltındaki sıcaklıklarından daha düşük değerler verir. Karışım sonucu sıcak suyun kimyasal özelliklerindeki ve sıcaklığında meydana gelen değişiklikler kullanılarak jeotermal sistemin hazne kaya sıcaklığının ve karışım oranlarının saptandığı çeşitli karışım modelleri geliştirilmiştir (Tarcan, 2002).

Bu karışım modellerinden birisi silis entalpi karışım modelidir. Bu yöntemin hazne kaya sıcaklıklarının hesabında uygulanabilmesi için suyun ölçülen sıcaklığı Na - K ve SiO₂ jeotermometre eşitliğinden hesaplanan sıcaklıktan 50°C düşük olmalı, silis jeotermometresi ile hesaplanan sıcaklık, Na - K jeotermometresinden hesaplanan sıcaklıktan düşük olmalı ve kaynağın debisi, suyun yüzeye yükselirken çok az bir kondüktif soğumaya el verecek oranda yüksek olmalıdır (Fournier, 1991; Doğdu, 2006). Söz konusu suların hazne kaya sıcaklıklarının hesaplanmasında silis entalpi karışım modeli kriterlerle farklılık göstermesinden dolayı uygulanamamıştır.

İnceleme alanındaki mineralli su kaynaklarının karışım oranlarının belirlenmesinde silis entalpi karışım modeli uygulanmıştır. Karışım oranı hesaplamalarında karışımı sağlayan uç bileşenlerin miktarlarının bilinmesi gerekmektedir. Suların entalpi değerlerine bağlı olarak karışım oranlarının belirlenmesinde (Şahinci, 1991b) tarafından önerilen eşitlikten yararlanılmaktadır

$$X = (H_m - H_c) / (H_h - H_c)$$

X= Sıcak suyun oranı,

H_m=Karışım suyunun entalpisi

H_c= Soğuk suyun entalpisi (KSS)

H_h= Sıcak suyun entalpisi (BHMS)

Karışım oranlarının belirlenebilmesi için KSS ve BHMS uç bileşen olarak kullanılmıştır.

İncelenen suların karışım oranları Çizelge 5.8’de verilmiştir. Buna göre ÇMS, GMS, KOMS ve GLMS sularının yağışlı dönem için sıcak su karışım oranları (%) sırasıyla 16,1 - 8,5 - 8,5 - 8,5; kurak dönemde ise 20,3 - 12,7 - 18,6 - 18,6 olarak hesaplanmıştır. KMS-1’in kurak dönem için hesaplanan sıcak su karışım oranı ise % 18,6’dır. Veriler değerlendirildiğinde kurak dönemlerde mineralli su kaynaklarının sıcak su karışım oranları yağışların azalmasına bağlı olarak artmıştır. Aynı dönemlerde su sıcaklıklarının ve EC değerlerinin artması da bu yorumu desteklemektedir.

Çizelge 5.8. Mineralli su kaynaklarının karışım oranları (kısaltmalar Çizelge 4.1’deki gibidir)

	T	SiO ₂	Cl ⁻	Entalpi	Sıcak su karışım oranı %	Soğuk su karışım oranı %
Örnek	(°C)	(mg/L)	(mg/L)	J/g		
ÇMS (a)	19,7	83,81	3154	82,149	16,1	83,9
ÇMS (b)	17	71,09	2714	70,89	20,3	79,7
KMS-1 (d)	20,4	-	4116	85,068	18,6	81,4
GMS (c)	17,4	-	6	72,558	8,5	91,5
GMS (d)	18,8	-	18	78,396	12,7	87,3
KOMS (c)	17,5	-	451	72,975	8,5	91,5
KOMS (d)	20,3	-	722	84,651	18,6	81,4
GLMS (c)	17,6	-	442	73,392	8,5	91,5
GLMS (d)	20,3	-	741	84,651	18,6	81,4

5.8. Hidrotermal Model

Hidrotermal sistem akifer, beslenme alanı, ısı kaynağı, ısı kaybını önleyen örtü kayaç, akışkanın yüzeye çıkmasını sağlayan akım yolları vb. öğelerden oluşur. Yerin derinliklerine süzülen meteorik kökenli sular, magmatik sokulumlarla temasa geçerek ısınmakta ve faylar aracılığıyla veya alçalan soğuk su ile yükselen sıcak su arasındaki yoğunluk farkından oluşan basınç kuvveti ile yükselmektedir. Ancak çoğu zaman jeotermal sistemlerde ısı taşınımı magma ile temas eden suyun dolaşımı ile olmayıp manto ve kabuktan yeryüzüne doğru bir ısı aktarımı da söz konusudur (Grant vd., 1982; Akan, 2002). Hidrotermal sistemlerde ısının korunabilmesi için, sıcak su akiferi

üzerinde düşük termal iletkenliğe ve geçirimsizliğe sahip bir örtü kayacının olması gerekmektedir (Türker, 2006).

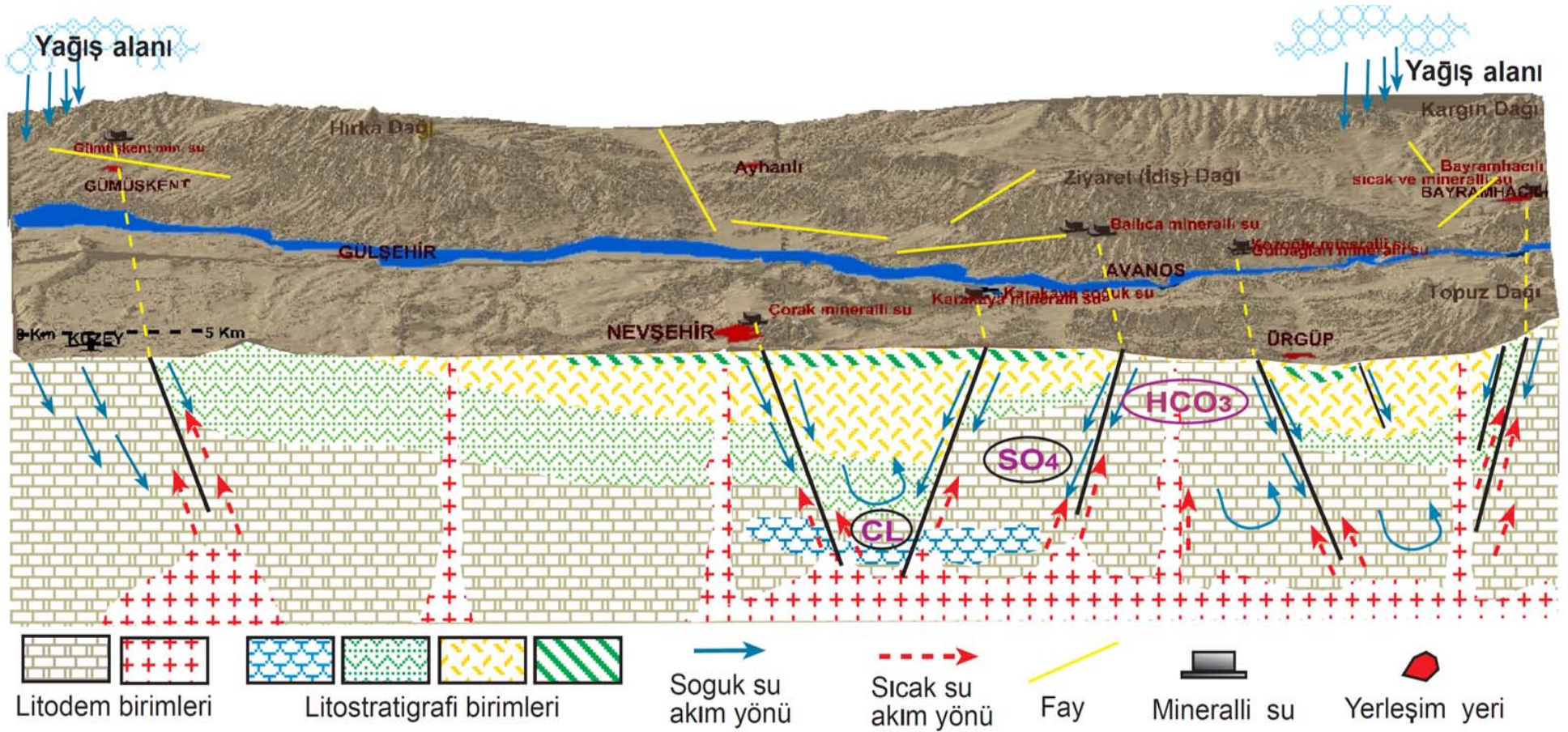
İnceleme alanının temelinde yer alan Paleozoyik yaşlı metamorfitle, hidrotermal sistemin ana hazne kayacını, volkanik ve sedimanter birimlerle karakteristik Tersiyer yaşlı litostratigrafi birimlerinin geçirimsiz seviyeleri ise örtü kayacı oluşturur.

İnceleme alanı Neotektonik dönemde genel olarak sıkışma - gerilme türü rejim denetimi altındadır. Erciyes ve Hasandağı volkanizmalarının da etkisiyle gelişen tektonizma kayaçların ikincil geçirimsizlik özelliğinin artmasına neden olmuştur. Bölgede gelişen kırık hatlar, jeotermal akışkanların yüzeye taşınmasına neden olan akım yollarını oluşturur.

İnceleme alanında Hırka, Ziyaret (İdiş) ve Kargın dağlarının yüksek kotlarına (1050 - 1320 m.) düşen yağışlar, Tersiyer yaşlı birimlerin geçirimsiz seviyelerinden derinlere inerek dolaşım sistemi boyunca geçtiği kayaçlardan çözdüğü iyonlarla mineralize olmuştur. Derinlere süzülen sular jeotermal gradyan ve volkanizmanın etkisiyle ısınmış ve faylar boyunca yükselerek gerek metamorfitlelerin kırıklı, çatlaklı karstik boşluklu seviyelerinde gerekse Tersiyer yaşlı birimlerin porozitesi yüksek bölgelerinde akiferleri oluştururlar (Şekil 5.12).

Bölgede kayaçların litolojik ve tektonik özelliklerine göre farklı dolaşım sistemleri gelişmiştir. KMS-1, KMS-2, GMS, ÇMS ve BHMS yeraltında dolaşımını daha derinlerde ve uzun sürede gerçekleştirerek düşük trityum ve yüksek klorür özelliği kazanmışlardır. Daha kısa dolaşım özelliğine sahip BLMS, GLMS ve KOMS kırık, çatlak ve özellikle fay kuşakları boyunca yüzeye hareket ederek fay kaynakları şeklinde açığa çıkarlar.

Yerin derinliklerinde dolaşarak ısınan ve akım yolları boyunca yükselmeye başlayan sıcak sular yukarı çıkarken akifer özellikteki başka seviyelerdeki soğuk sularla karışarak soğuk su akiferlerinin ısılarını arttırmış veya kendi ısılarını ise düşürmüşlerdir. İnceleme alanında sıcak suların farklı oranlarda ısı transferi sonucunda değişik özellikte ve sıcaklıktaki rezervuarlardan gelen düşük entalpili mineralli sular oluşmuşlardır.



Şekil 5.12. Çalışma alanının basitleştirilmiş hidrotermal modeli

Kiltaşı, marn, tüfit ara katkılı silttaşı seviyelerinden oluşan Tuzköy Formasyonu ile tuf, çakıltaşı, kiltası ve marn araldanmasında oluşan Yüksekli Formasyonu'nun geçirimsiz seviyeleri inceleme alanında sıcak suların ısı kayıplarını önleyerek örtü kaya görevi yapar.

İnceleme alanında yağışlarla yüzeye düşerek Kuvaterner ve Tersiyer yaşlı birimlerin geçirimli seviyeleri boyunca süzölen ve depolanan sular bağımsız akiferler şeklinde birçok noktada soğuk su kaynağı olarak açığa çıkarlar.

6. TRAVERTENLER

Bu bölümde, Çorak, Karakaya ve Gümüşkent mineralli sularının traverten çökeltim süreçlerinde etkili olan faktörler su kimyası verileri ile birlikte değerlendirilmiş ve traverten çökelinin mekanizması belirlenmeye çalışılmıştır.

Ülkemizin jeolojik yapısı bakımından traverten çökeltim kaynak sayısı fazladır. Traverten çökeltim kaynakları ve traverten alanları, son yıllarda bilinçsiz kullanımın yol açtığı kirlilik tehlikesiyle karşı karşıyadır. Bu kaynakların ve traverten alanlarının korunması, mevcut kaynakların geliştirilmesi ve yeni kaynakların keşfedilmesi için bilimsel çalışmalara ağırlık verilmesi gerekmektedir.

6.1. Travertenin Tanımı

Travertenler; Ca^{++} ve $CO_3^{=}$ veya $Ca(HCO_3)_2$ içerikli sızıntı veya kaynak suları tarafından, kırık/çatlak, mağara veya yer yüzeyinde, CO_2 basıncının azalmasına bağlı olarak hızlı bir şekilde çökelti olarak oluşmuş, genellikle iri gözenekli, ince taneli ve bantlı yapıda kalsiyum karbonat ($CaCO_3$) bileşimli çökellerdir (Ayaz, 2002).

Latince “tibürtino” ile İtalyanca “travertino” kelimelerinden türemiş bir terim olan traverten, İtalya’daki Tivoli yakınlarında yer alan tatlı su karbonatlarına verilen isimdir (Viles, 1990).

Bünyesinde erimiş karbondioksit bulunan yeraltı suları, akifer içerisindeki hareketleri esnasında temasta buldukları kayalardan çözdükleri kalsiyum karbonatı taşır. Akışkanın yer yüzeyinde basınçsız ortama çıkması ve bünyesindeki karbondioksitin azalması ile suda çözünmüş bulunan kalsiyum karbonat çok ince katmanlar halinde çökelmeye başlar. Bu çökeltim zamanla yumuşak hatlı olan travertenleri oluşturur.

Travertenler karstik ve hidrotermal sistemlerde organik ve inorganik işlemler sonucu oluşurlar. Travertenler oluşum mekanizmalarına bağlı olarak değişik renklerde, süngerimsi, sık dokulu ve kristal yapı özellikleri gösterirler. Kalsitik tufa, kalk tufa,

sinter kabuk, bitki tufası gibi adlarla anılırlar (Atabey, 2002). Ancak tufa ile traverteni birbirinden farklı kılan özellikler bulunmaktadır. Pedley (1990) tarafından tufa; yüksek gözenekli, süngerimsi, yapraksı ve odunsu dokulu soğuk su karbonat çökellerini tanımlamada kullanılmıştır. Buna karşın traverteni oldukça iyi taşlaşmış spari kalsit dokulu, diyajenetik eski kalkerli tufa çökeli olarak tanımlamıştır (Atabey, 2002).

Kaynaklardan çıkan karst suları, doymun yada çok az doymun olmalarına rağmen önemli ölçüde yüksek karbondioksit kısmi basıncına (P_{CO_2}) sahip, çözülmüş kalsit içerirler. Kalsitçe doymun sularda, artan sıcaklıkla birlikte gelişen buharlaşma, suyun azalmasına bağlı olarak traverten çökeline yol açar. Karbondioksit kısmi basıncı (P_{CO_2}), atmosferdeki kısmi CO_2 'den yüksek olan sularda suyun akım yolundaki hareketi sırasında CO_2 gazını kaybederek $CaCO_3$ 'a aşırı doymun hale gelmesi sonucu da traverten oluşabilir. Bunların yanı sıra traverten, abiyojenik ve basit bitkilerin fotosentezi ile ayrıca bakteriler, kara yosunları ve mavi - yeşil algler tarafından denetlenen yaşamsal bir sürecin sonucunda organik olarak da oluşabilmektedir (Duru, 2006).

6.2. Gümüşkent, Çorak ve Karakaya Kaynak Alanlarındaki Traverten Çökelimlerinin İncelenmesi

İnceleme alanında özellikle Orta Kızılırmak fay zonu boyunca ve bu fayla ilişkili küçük ölçekli aktif faylar boyunca oldukça yaygın beyaz, kırmızımsı, sarımsı ve kahverenkli güncel traverten oluşumlarına rastlanır (Toprak, 1994; Köksal 1997).

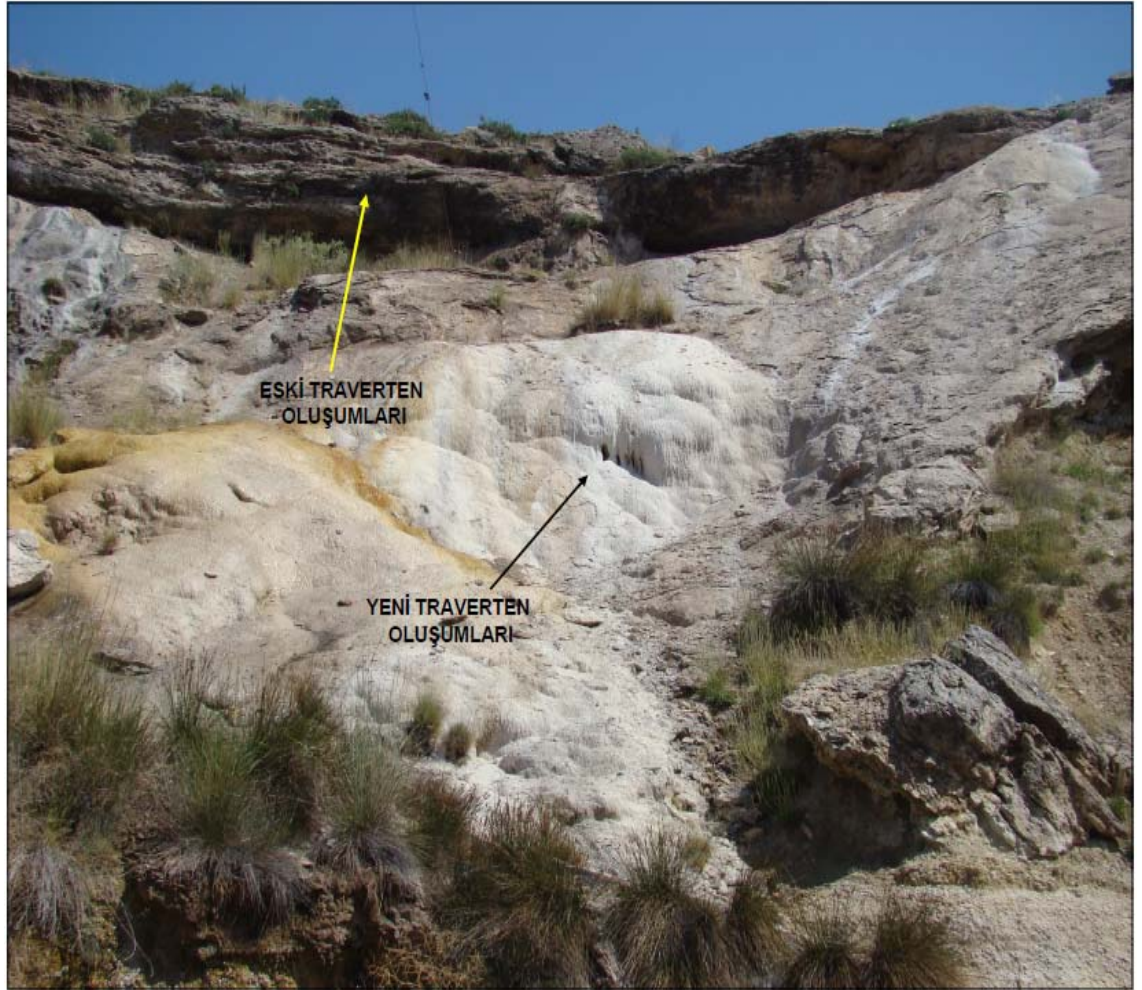
İnceleme alanı içerisinde sınırlı beslenme alanlarına sahip düşük debili birçok soğuk ve mineralli su kaynağı bulunmaktadır. Bölgedeki genç volkanizmaya bağlı olarak ısınan CO_2 'ce zengin sular kayalarda iyi gelişmiş kırık sistemleri boyunca yüzeye çıkmakta ve traverten çökeltmektedir.

ÇMS, KMS-1, KMS-2 mineralli su kaynakları yüksek değerlerde CO_2 gazı içerirler (Şekil 6.2) (Çizelge 6.1). Mineralli suların yüksek CO_2 gazı içermeleri Ca^{+2} iyon derişiminin artmasına sebep olmuştur. Yüzeye çıkan karbonat minerallerince doymun mineralli sularda CO_2 gazı kaybı sonucu traverten çökeli gerçekleşir. İnceleme alanında yeni traverten oluşumları devam etmektedir.

Çizelge 6.1. Mineralli sulara ait sıcaklık, pH ve CO₂ ölçüm değerleri

Ölçüm Tarihi	25 Mayıs 1999				21 Haziran 1999				09 Ekim 1999			
	ÇMS	KMS1	KMS2	GMS	ÇMS	KMS1	KMS2	GMS	ÇMS	KMS1	KMS2	GMS
T (°C)	20	14,5	17	19,5	23,5	15	22	20	22	16,5	18,5	19
pH	6,9	6,7	6,7	6,7	7,6	6,7	6,9	7	6,6	6,3	6,7	6,2
CO ₂ (mg/l)	600	825	750	850	450	485	490	650	280	465	380	330

ÇMS: Çorak mineralli ky.; GMS: Gümüşkent mineralli ky.; KMS: Karakaya mineralli ky, T: Sıcaklık, pH: Hidrojen iyonu konsantrasyonu, CO₂: Karbondioksit



Şekil 6.1. Karakaya mineralli su-1 kaynağı ve güncel traverten oluşumları

İnceleme alanında eski ve yeni su çıkış noktalarını işaret eden travertenler genelde beyazımsı, açık kahve, sarı renkli ve boşluklu yapıya sahiptir. Alterasyon sonucu ortaya çıkan demir zenginleşmesine bağlı olarak kırmızı renk tonları içerdikleri de gözlemlenmiştir. Travertenlerin oluşumuna katkıda bulunan biyolojik faktörlerde yer yer travertenlere açık yeşil bir görünüm kazandırırılar.



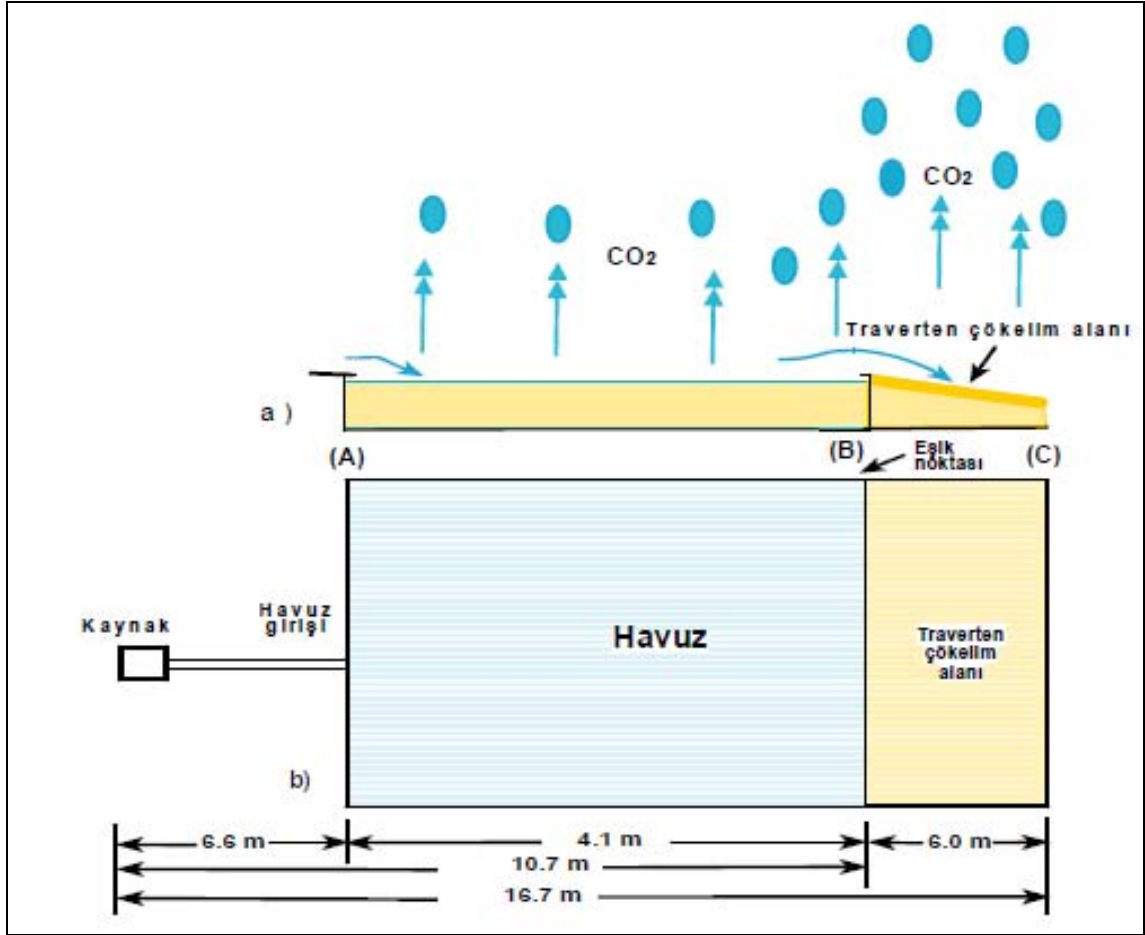
Şekil 6.2. Karakaya mineralli su kaynağı-2'den CO₂ gaz çıkışı

Gümüşkent travertenleri, kalsiyum karbonata doymun mineralli sulardaki karbonatın çökmesi sonucu oluşmuş ve genelde kahve renkte gözlenirler. Az eğimli bir topoğrafya üzerinde güneye doğru tabaka şeklinde geniş bir alanda yayılım gelişmiştir. Gümüşkent travertenlerinin morfolojisi göz önüne alındığında oluşumun tabaka traverten tipinde geliştiği görülmektedir. Travertenlerin orta kesimleri arazide genellikle sık dokulu ince katmanlı bantlı yapılar gösterir. Orta - iri kristalli kalsit ve aragonit minerallerinden oluşan travertenler üzerinde gözlemlenen boşluklu yapılar yer yer rekristalize kalsitlerce doldurulmuştur. Traverten oluşumunu doğrudan etkileyen serbest CO₂ gazı değerleri kaynak başında yapılan ölçümlere göre, GMS'de 515 - 650 mg/L'dir (Afşin, 2002) (Çizelge 6.2).

Çizelge 6.2. Gümüşkent havuzunda yapılan fiziksel ölçümler (Afşin, 2002)

pH	6,4	6,8	7,1	7,6
CO₂ (mg/L)	585	375	250	75
Sıcaklık (°C)	18	20	23	24
Uzaklık (m)	0	6,60	10,70	16,70

Suyun havuza giriş noktasından itibaren ilk 10,70 m. boyunca havuzun eğiminin değişmemesi ve havuzdaki su kalınlığının sabit kalması sonucu laminar akım şartları aynı kalmakta ve CO₂ gazı havuz boyunca sudan kolayca ayrılamamaktadır (Şekil 6.3).



Şekil 6.3. Gümüşkent havuzunda traverten çökeltim modeli a) Yandan görünüş, b) Üstten görünüş (Afşin, 2002)

Havuzun çıkış noktası olan eşikten sonra eğimin arttığı ve suyun yelpaze şeklinde aktığı 10,70. m'den sonra eğimin arttığı bölümde havuz kenarından taşan sulara türbülant akım oluştuğu için sıvı iplikçikleri sıçrayarak akmaktadır. Bu alandaki sular atmosferle geniş bir temas yüzeyi oluşturduğu için, sıcaklık ve pH değerleri ile ters orantılı olarak, CO₂ gaz kayıpları hızlı bir şekilde yükselmeye başlamıştır (Şekil 6.1 B). Kaynak sularının eşik noktası olan 10,70. ve 16,70. metrelerde CO₂ gaz içeriğinin ve EC değerlerinin giderek azalması ve pH'nın yüksek değerlere ulaşması sonucu kalsite göre doygunluk artarak traverten çökelmiştir (Şekil 6.1 B-C) (Şekil 6.4).



Şekil 6.4. Gümüşkent havuzunun çıkış noktasında görülen traverten çökelimi



Şekil 6.5. Gümüşkent travertenlerinden bir görünüm

Karakaya travertenlerinin morfolojisi göz önüne alındığında oluşumun fay önü traverten tipinde gelişmiş olduğu söylenebilir. Travertenler KD - GB yönünde uzanan normal bir faya (Çayağıl fayı) bağlı olarak birden fazla noktada açığa çıkan Karakaya mineralli suları tarafından çökeltmiştir (Şekil 6.6). Debisi 0.2 l/s ve sıcaklığı 15°C olan Karakaya mineralli su kaynağının pH ve EC değerleri sırasıyla, 7.2 - 7.5 pH birimi, 859 - 1000 μ S/cm arasında, serbest CO₂ gazı değerleri KMS'de 485 - 560 mg/L arasında değişmektedir (Afşin, 2002).



Şekil 6.6. Karakaya mineralli su-1 kaynağı

Karakaya travertenlerini eski ve yeni oluşumlar olmak üzere iki kısma ayırmak mümkündür (Şekil 6.7). Eski oluşumlar kahve ve krem, yeni oluşumlar beyazımsı sarımsı renk tonlarında görülürler. Karakaya travertenlerinin bantlanma kalınlıkları, eğime ve suyun akış miktarına bağlı olarak değişiklikler gösterir. İnceleme alanında travertenlerin kalınlığı 30 metreyi bulmaktadır. Bölgede mineralli su çıkışlarının devam ettiği kırık ve çatlaklarda, yeni traverten oluşumları devam etmektedir. Traverten

çökeliminde kaynağın debisinin az olmasının yanısıra, akım yollarının eğimi, türbülant akım, CO₂ gazı kaybı, pH'nın yüksek olmasının da önemli rolü vardır.



Şekil 6.7. Karakaya'da eski ve yeni traverten oluşumları

Çorak mineralli suları tüfler içerisindeki çatlak sistemlerine bağlı olarak açığa çıkar (Afşin, 2002). Travertenler mineralli suların aktığı dar bir alanda yüzeyler. Travertenlerde kahve renk tonu hakimdir. Mineralli suyun serbest CO₂ gazı değerleri 360 - 650 mg/L arasında değişmektedir. Çorak travertenlerinin fay önü traverten tipinde geliştiği söylenebilir.

Mineralli su kaynakları akım kanalları boyunca, akım hızlarının düşük olduğu sığ alanlarda alg faaliyetleri tarafından denetlenen bir sürece bağlı olarak organik traverten oluşumlarını sürdürürler. Kaynak çıkış bölgesinden uzaklaştıkça suyun akım hızının düştüğü bölgelerde alg faaliyetleri artmıştır (Afşin vd., 2007).

6.3. Travertenlerin Mineralojik-Petrografik ve Jeokimyasal Özellikleri

Bu çalışmada, inceleme alanında yer alan travertenlerden örnekler alınmış ve travertenlerin mineralojik petrografik ve jeokimyasal özellikleri incelenmiştir. Petrografik çalışmalar kapsamında analizi yapılan 11 adet örneğin toplu jeokimyasal sonuçları Çizelge 6.3’de verilmiştir.

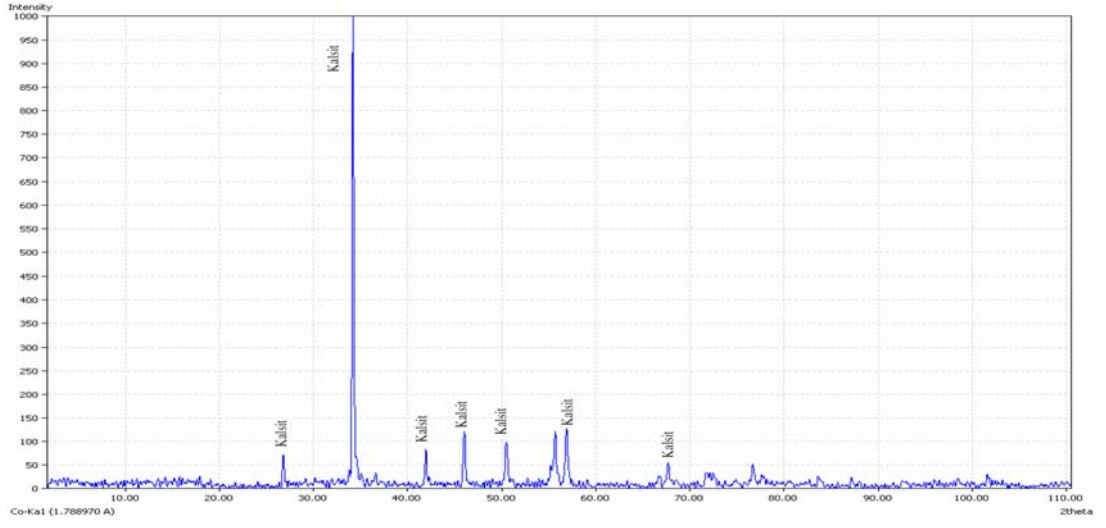
6.3.1. Bayramhacı travertenleri

İnce kesit çalışmalarında genel olarak kalsit bileşimine sahip Bayramhacı travertenleri mikroskobik olarak açıksarı - bej renkli olup oldukça fazla gözenekli, süngerimsi dokulu tufa görünümündedir (Şekil 6.8).



Şekil 6.8. Bayramhacı travertenlerinde gözlenen gözenekli - süngerimsi doku

Bayramhacı’da gözlenen travertenlerin göstermiş olduğu dokusal özellikten ve dağılgan bir yapı sergilemesinden dolayı ince kesit çalışmaları sınırlı olarak gerçekleştirilebilmiştir. XRD çalışmalarında, dağılım desenleri incelendiğinde bütün pikleri kalsit minerali oluşturmaktadır (Şekil 6.9).



Şekil 6.9. Bayramhacı travertenlerine ait XRD dağılım desenleri

Çizelge 6.3. Traverten örneklerine ait kimyasal analiz sonuçları

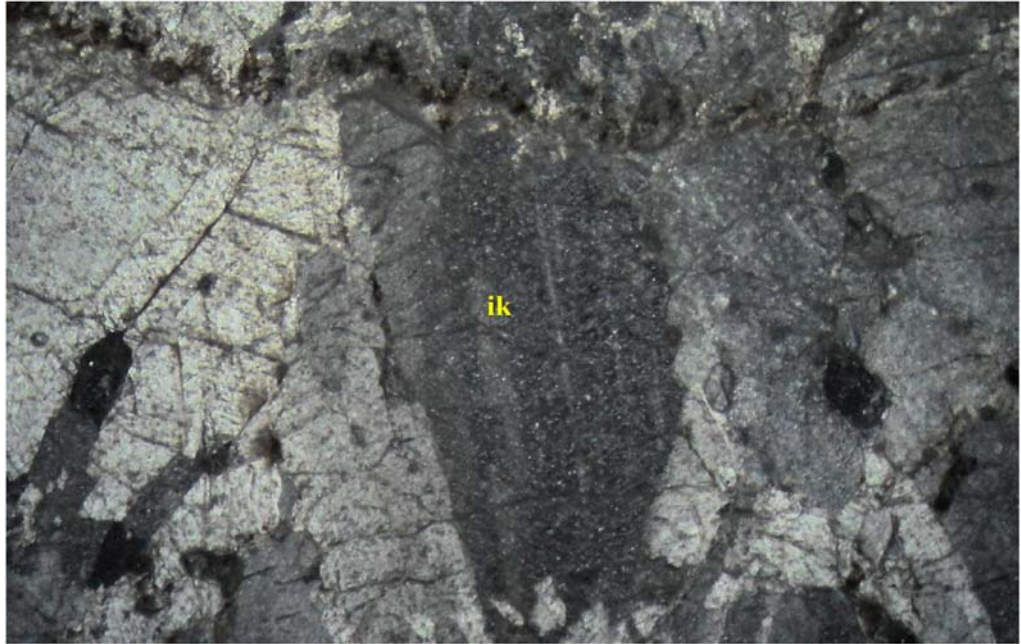
Element	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	LOI	TOPLAM	Cr ₂ O ₃	SO ₃	
Bolluk Oranı	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	ppm	ppm	
Bayramhacı	0,075	0,106	0,655	2,27	0,0106	0,0717	53,208	0,02951	0,06491	0,267	43,25	100,01	14,5	2684	
Çorak	0,061	0,465	8,110	32,23	0,1247	1,2649	28,443	0,18351	0,15572	2,364	25,81	99,21	102,7	6751	
Balıca-1	0,077	0,024	0,396	1,67	0,0042	0,0322	53,969	0,00121	0,00190	0,059	43,51	99,75	3,7	1916	
Balıca-2	0,077	0,024	0,339	1,50	0,0042	0,0295	54,434	0,00120	0,00171	0,026	43,59	100,03	4,9	2143	
Gümüşkent-1	0,073	0,170	0,887	5,05	0,0042	0,1247	51,484	0,04458	0,05926	0,447	41,94	100,29	34,8	976	
Gümüşkent-2	0,077	0,026	0,212	2,00	0,0042	0,0403	53,440	0,00139	0,04936	0,870	43,30	100,02	3,8	1407	
Gölbağları	0,072	0,351	2,077	8,04	0,0290	0,4887	48,779	0,10364	0,09561	0,968	38,89	99,90	129,3	3110	
Karakaya-1	0,113	0,673	0,570	4,23	0,0046	0,2123	49,406	0,00718	0,03964	0,249	44,43	99,93	4,7	2784	
Karakaya-2	0,087	0,298	0,610	3,39	0,0046	0,1505	51,070	0,00704	0,24868	0,769	42,56	99,20	< 2,9	4076	
Kozluca-1	0,074	0,296	1,004	3,89	0,0156	0,1979	51,408	0,04429	0,04407	0,432	41,98	99,38	16	2127	
Kozluca-2	0,089	0,029	0,156	0,86	0,0044	0,0295	54,091	0,00084	0,15496	0,046	43,99	99,45	3	1674	
Element	Co	Ni	Cu	Zn	As	Rb	Sr	Zr	Nb	Sn	Ta	W	Pb	Ga	Ge
Bolluk Oranı	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Bayramhacı	< 2,8	< 3,0	< 1,0	6,1	13,3	2,5	369,5	5,7	2,1	< 0,7	< 3,2	5,2	2,6	2,2	< 0,5
Çorak	< 6,5	5,3	< 0,9	14,9	695,5	74,3	707,3	92,1	7,4	2	4	20,2	26,2	8,9	4,9
Balıca-1	< 1,7	< 2,9	< 1,1	12,9	2,6	1	649,5	3,1	2,2	< 0,7	2,4	1,7	1,8	1,4	< 0,5
Balıca-2	< 1,4	< 2,8	< 1,0	12,1	3	1	616,8	2,9	2	< 0,7	< 2,9	3	2	1,4	< 0,5
Gümüşkent-1	< 3,5	< 2,5	< 1,0	7,5	0,9	7,6	376,8	11	2,3	< 0,7	3,4	4	2,2	1,9	< 0,5
Gümüşkent-2	< 4,8	< 3,1	< 1,0	4	2,9	0,8	994,5	2	1,9	< 0,7	< 3,2	4,8	1,6	1,8	< 0,5
Gölbağları	< 5,0	< 2,2	< 0,9	17,2	11,5	31,8	1184	51,4	5,6	< 0,7	< 3,5	9,6	11,8	4,8	< 0,6
Karakaya-1	< 4,0	10,2	< 1,8	3,7	34	23,7	11400	< 0,5	3,1	< 0,7	4,8	4	9,4	1,3	2,2
Karakaya-2	< 5,3	< 2,9	< 1,3	3,8	222,4	19,7	5852	11,8	2,6	< 0,7	< 4,4	6,4	5,4	2,5	4,9
Kozluca-1	< 3,6	< 2,5	< 1,0	8	1	17,3	1050	17,3	2,6	< 0,7	< 3,4	7,2	3,1	2,6	< 0,6
Kozluca-2	< 1,6	< 2,8	< 1,0	5,1	< 0,4	0,8	527,2	6,9	1,8	< 0,7	< 3,1	6,4	1,5	2	< 0,5
Element	Se	Br	Y	Sb	I	Cs	Ba	La	Ce	Pr	Hf	Hg	Tl	Th	U
Bolluk Oranı	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Bayramhacı	< 0,3	1,1	3,5	0,7	11,9	< 2,6	65,4	< 4,9	6,5	< 8,0	< 2,3	< 0,8	< 0,6	1,7	2,6
Çorak	< 0,4	1,2	6,5	7,3	11,9	86	2250	17,5	38,3	42,7	4,5	1	2,8	14,8	3,3
Balıca-1	< 0,3	1	1,3	< 0,9	5,9	< 2,6	138,1	< 4,9	< 5,8	8	< 2,3	< 0,8	< 0,6	< 1,5	3,6
Balıca-2	< 0,3	< 0,3	1,6	0,8	5,4	< 2,6	130,8	< 4,9	< 5,8	< 8,0	2,6	< 0,7	1	< 1,5	4,3
Gümüşkent-1	< 0,3	1,6	7,6	< 0,9	4,4	3	53,2	5,7	< 5,8	< 8,0	< 2,1	< 0,8	0,7	1,8	1
Gümüşkent-2	< 0,4	0,4	2,5	1,3	< 1,5	< 2,6	133	< 4,9	< 5,8	9	< 2,3	< 0,9	< 0,7	< 1,5	2,6
Gölbağları	< 0,4	1,1	3,8	0,6	44,2	8,8	229	10,7	19	< 8,0	< 2,3	< 1,0	0,5	7,2	3,3
Karakaya-1	1,9	21,4	< 0,5	< 0,9	174,3	33,9	194,9	< 4,9	< 5,8	< 8,0	< 3,5	2,3	< 1,2	5,6	< 1,5
Karakaya-2	< 0,6	2,3	0,5	< 0,9	62,9	28	101,9	< 4,9	< 5,8	< 8,0	< 3,0	< 1,6	2,2	4,3	< 1,5
Kozluca-1	< 0,4	5	2,1	< 0,9	85,4	17,7	76,4	5,8	6,7	7,5	< 2,2	0,6	< 0,6	2,1	3,6
Kozluca-2	< 0,3	1,1	1,6	< 0,9	100,4	< 2,6	32,6	4,2	< 5,8	< 8,0	< 2,2	< 0,8	0,6	1,2	4,3

6.3.2. Çorak travertenleri

El örneği düzeyinde genel olarak bej - sarımsı bej renkte gözlenen kayaç genel olarak masif yapılı olup, yer yer boşluklar da içermektedir (Şekil 6.10). Boşluklarında ikincil kalsit kristalleri gözlenen (Şekil 6.11) traverten içerisinde az da olsa kayaç parçası da gözlenmiştir.

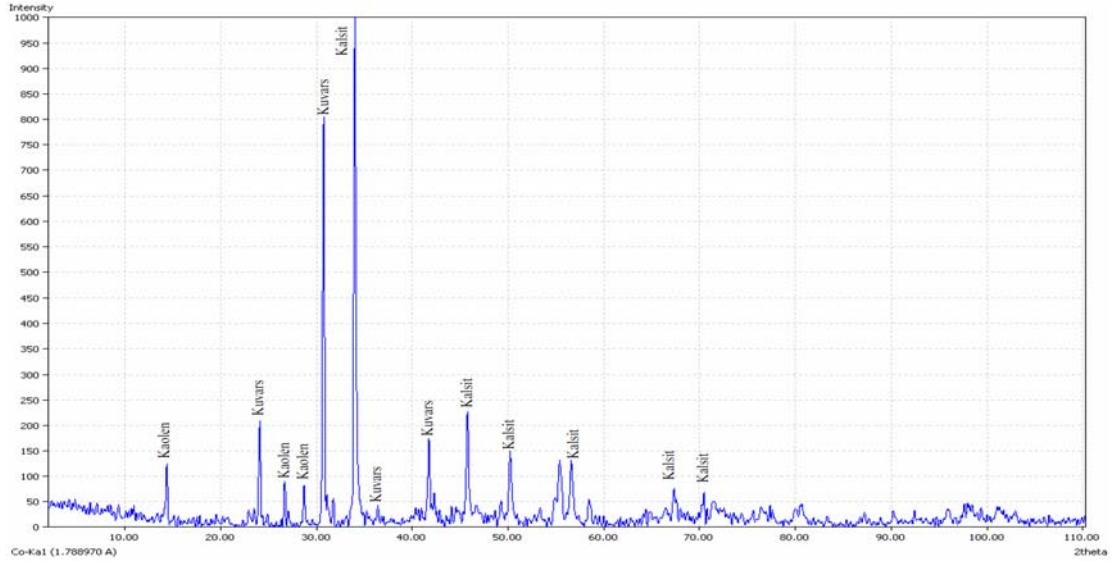


Şekil 6.10. Çorak travertenlerinin makroskobik görüntüsü



Şekil 6.11. Çorak travertenleri içerisinde yer alan boşluklarda gelişen ikincil kalsit kristallerinin fotomikrografı (ik: ikincil kalsit)

Jeokimyasal olarak, özellikle SiO₂ içeriği açısından diğer lokasyonlarda yüzeyleyen travertenlerden oldukça farklılık gösteren Çorak travertenleri mineralojik olarak da diğer travertenlerden daha farklı özelliktedir. XRD sonuçlarına dayanılarak yapılan yarı kantitatif (ağırlıkça %) hesaplamalarda Çorak travertenlerinin %45.04 kalsit, %38.75 kuvars ve %16.21 kaolen içerdiği saptanmıştır (Şekil 6.12).



Şekil 6.12. Çorak travertenlerine ait XRD dağılım desenleri

6.3.3. Ballica travertenleri

Grimsi beyaz rengiyle güncel olan (Şekil 6.13) Ballica travertenleri içerisinde alg yumruları ve yer yer ışınal büyümüş aragonit kristalleri de göze çarpmaktadır (Şekil 6.14).

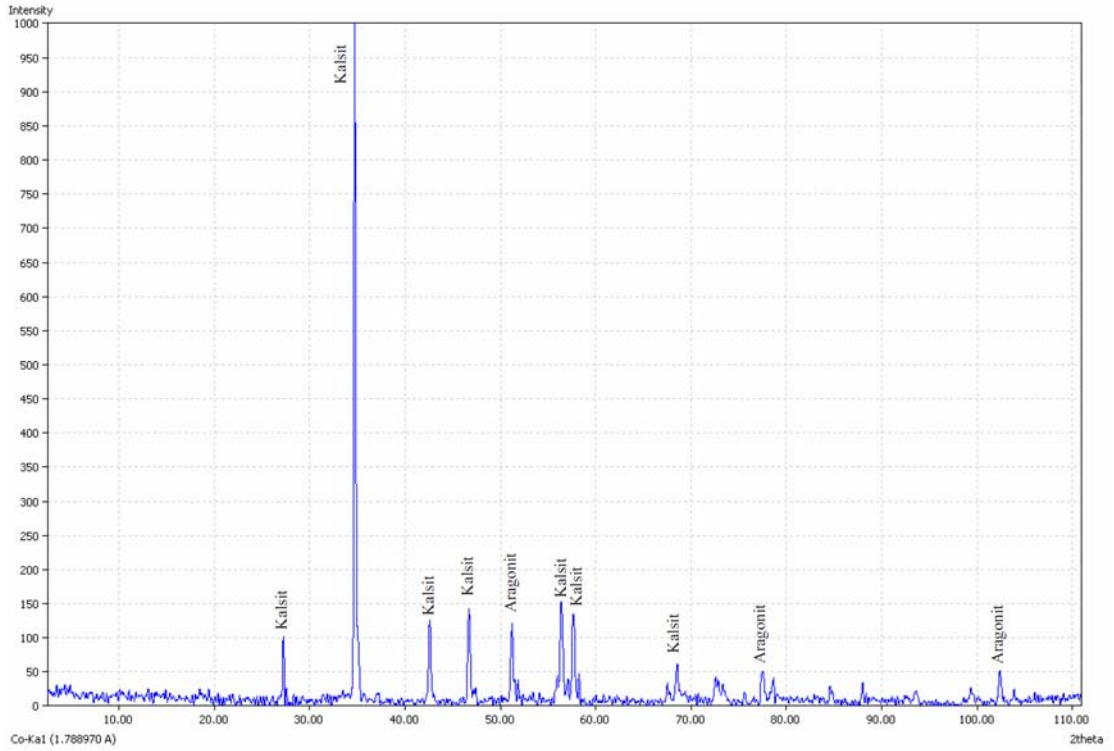


Şekil 6.13. Ballica travertenlerinin makroskobik görüntüsü



Şekil 6.14. Ballica travertenlerinde yer yer gözlenen ışınal dokulu aragonit kristalleri

XRD dağılım desenlerinde de kalsit ve aragonit minerallerine ait piklerin gözleendiği (Şekil 6.15) Ballica travertenleri jeokimyasal olarak inceleme alanındaki diğere travertenlere göre en düşük SiO_2 bileşimine karşın en yüksek CaO içeriğine sahip travertenlerdir.



Şekil 6.15. Ballica travertenlerine ait XRD dağılım desenleri

6.3.4. Gölbağları travertenleri

Makroskobik olarak bej - grimsi sarı renklere gözlenen kayaç üzerinde oldukça fazla miktarda alg yumruları gözlenmektedir (Şekil 6.16). Kayaç bileşimini iri kristalli kalsit kristallerinden ziyade daha çok mikrokristalin kalsit, kayaç parçaları ve boşluklar oluşturmaktadır (Şekil 6.17).

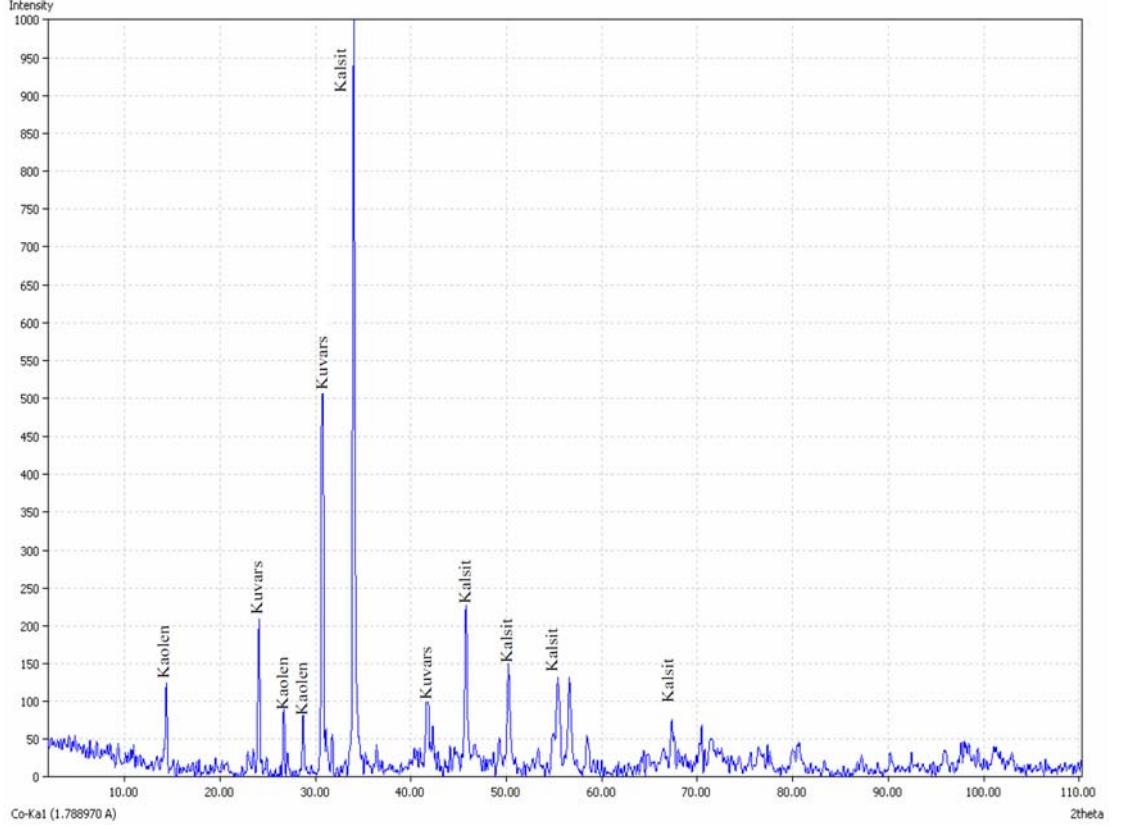


Şekil 6.16. Gölbağları travertenleri üzerinde gözlenen alg yumruları



Şekil 6.17. Gölbağları travertenlerinin iç yapısı

XRD dağılım desenleri (Şekil 6.18) Çorak travertenleri XRD dağılım desenlerine oldukça benzeyen kayaç içerisinde mikro damarcıklar şeklinde kuvarslar gözlenmektedir. Jeokimyasal analiz sonuçlarına göre Çorak travertenlerinde sonra en yüksek oranda SiO₂ içeren Gölbağları travertenleri en yüksek Cr₂O₃ ve Zn miktarıyla diğer travertenlerden açıkça ayrılmaktadır.



Şekil 6.18. Gölbağları travertenlerine ait XRD dağılım desenleri

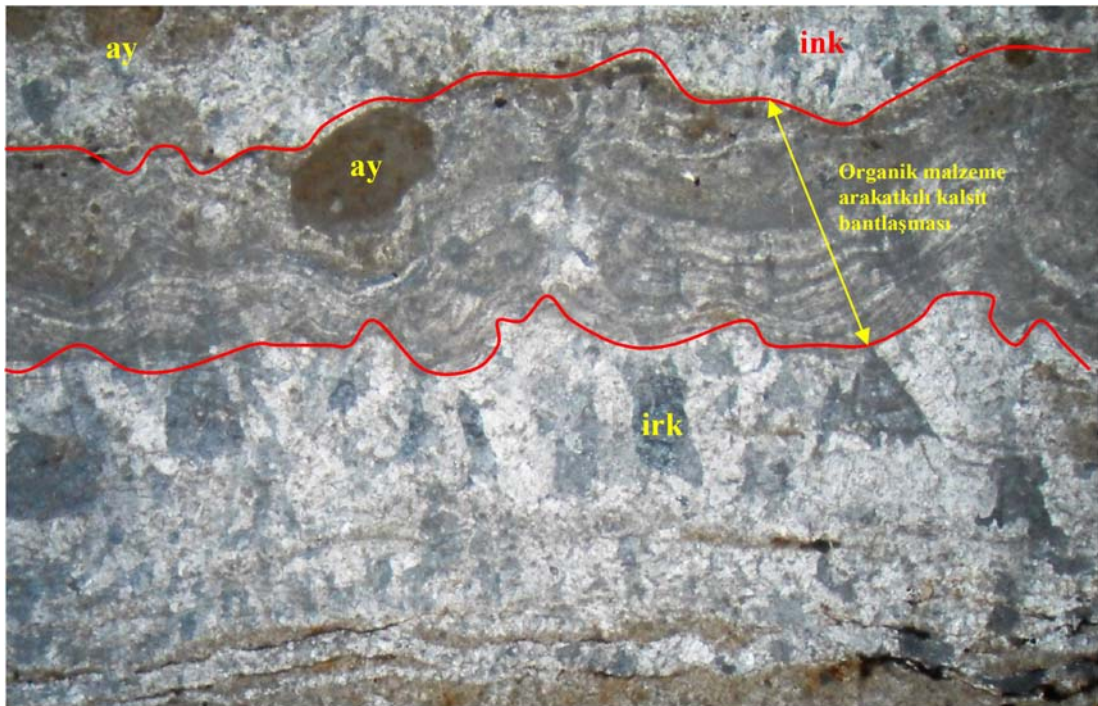
6.3.5. Gümüşkent travertenleri

Makroskobik olarak sarımsı bej renkte gözlenen Gümüşkent travertenleri tabanda masif yapıya sahip mikrokristalin kalsit kristalleri ve bunlarla ardalanmalı iri kristalin kalsit kristallerinden oluşan yoğunluğu diğer travertenlere göre daha yüksek olan ve boşluk içermeyen travertenlerle başlayıp üst seviyelere doğru sık ardalanmalı, boşluklu, sarı renkli travertenlere geçmektedir (Şekil 6.19).

Gümüşkent travertenleri mikroskobik olarak incelendiğinde ince kristalin matriks ile tabakalı iri kristalli kalsit kristalleri ardalanmaları ve bunlara eşlik eden yer yer alg yumruları gözlenmiştir (Şekil 6.20).

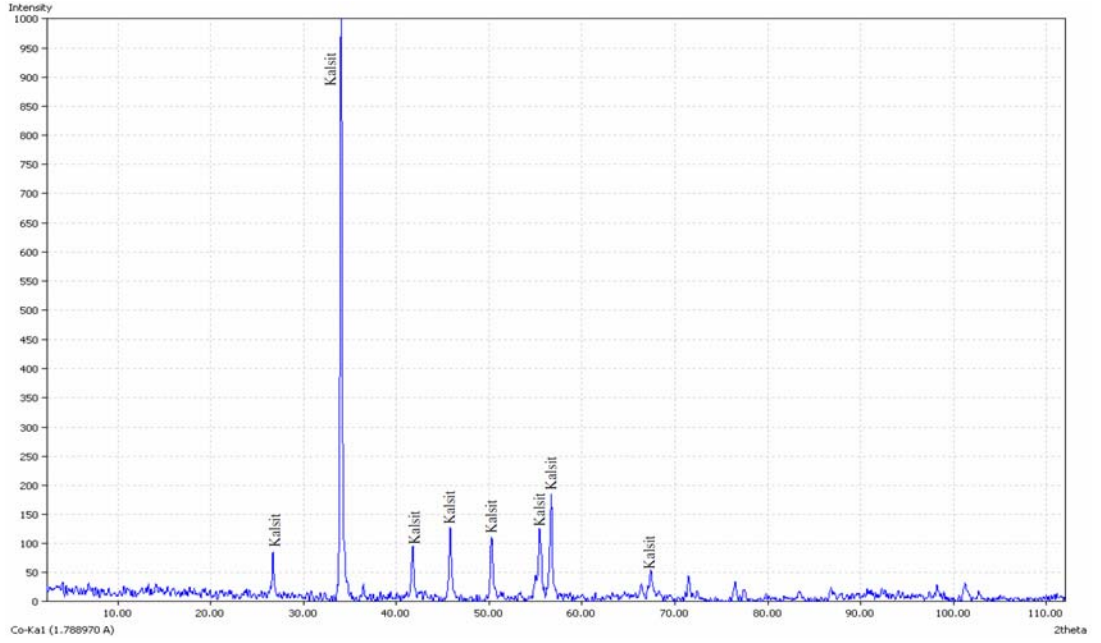


Şekil 6.19. Gümüşkent travertenlerinin, a- masif yapılı taban seviyeleri, b- süngerimsi-boşluklu tavan seviyeleri



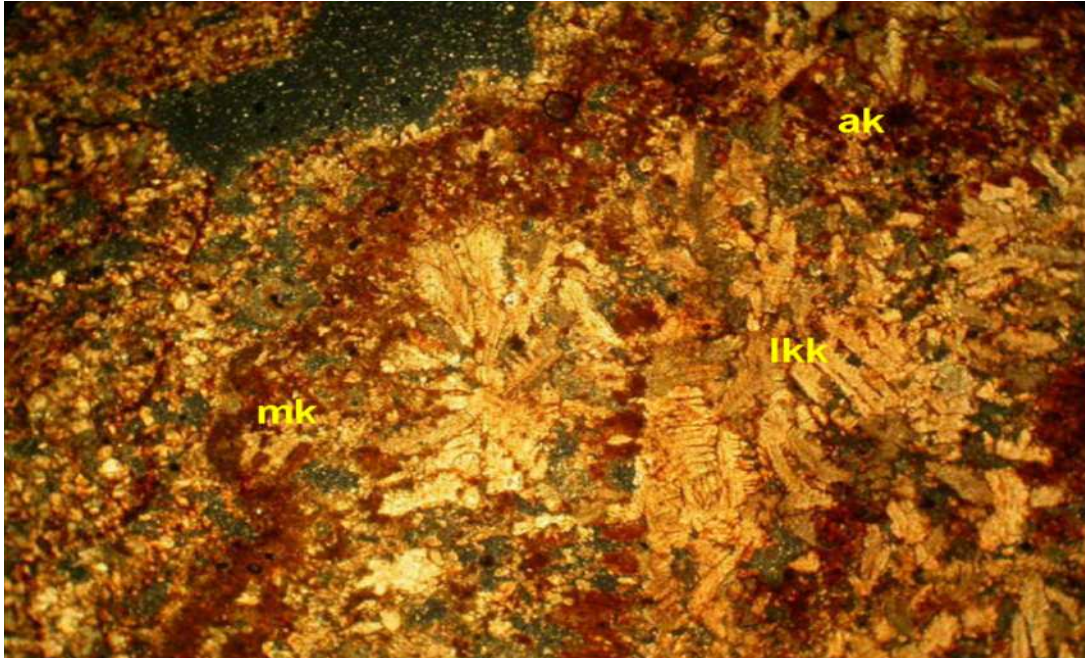
Şekil 6.20. Gümüşkent travertenleri taban seviyelerinin fotomikrografi (ay:alg yumruları, irk: iri kristalin kalsit, ink: ince kristalin kalsit)

XRD dağılım desenleri Şekil 6.21’de verilen Gümüşkent lokasyonu travertenleri jeokimyasal analizlerinde %50 - 55 oranında CaO içerdikleri gözlenmektedir.



Şekil 6.21. Gümüşkent travertenlerine ait XRD dağılım desenleri

Gümüşkent mineralli kaynak (GMS) alanına ait 1. eski traverten örneğinde alg kolonileri, kripto (mikritik) kristalli kalsit, iri kristalli kalsit (lifsı kalsit), kayaç parçaları ve boşluklar bulunmakta olup, kalan kısımlar iri taneli sparikalsitlerle doldurulmuştur. Bu travertenin çökeltme ortamı akma kanalıdır (Şekil 6.22) (Afşin vd., 2007).



Şekil 6.22. Gümüşkent (GMS) (1) travertenlerine ait ince kesit fotoğrafı (çift nikol; X4). (alg kolonileri (ak), mikritik kristalli kalsit (mk), iri kristalli kalsit (ikk), radyal çatı yapısı (rçy)) (Afşin vd., 2007)

1. eski traverten örneği Radyal çalı yapısı özelliği göstermektedir. Radyal çalı yapıları boyları 400 μ ile 2 mm olan radyal koyu renkli mikritik lif ve çubuklar ile bunların arasını dolduran mikrosparadan yapıları küresel topaklardır (Turhan, 2007).

6.3.6. Karakaya travertenleri

Makroskobik olarak grimsi bej ve açık sarı renklere gözlenen Karakaya travertenleri bantlı yapıda olup (Şekil 6.23), mikroskop altında mikrokrisralin kalsit, yer yer iri kristalin aragonit ve alg yumruları göze çarpmaktadır (Şekil 6.24).



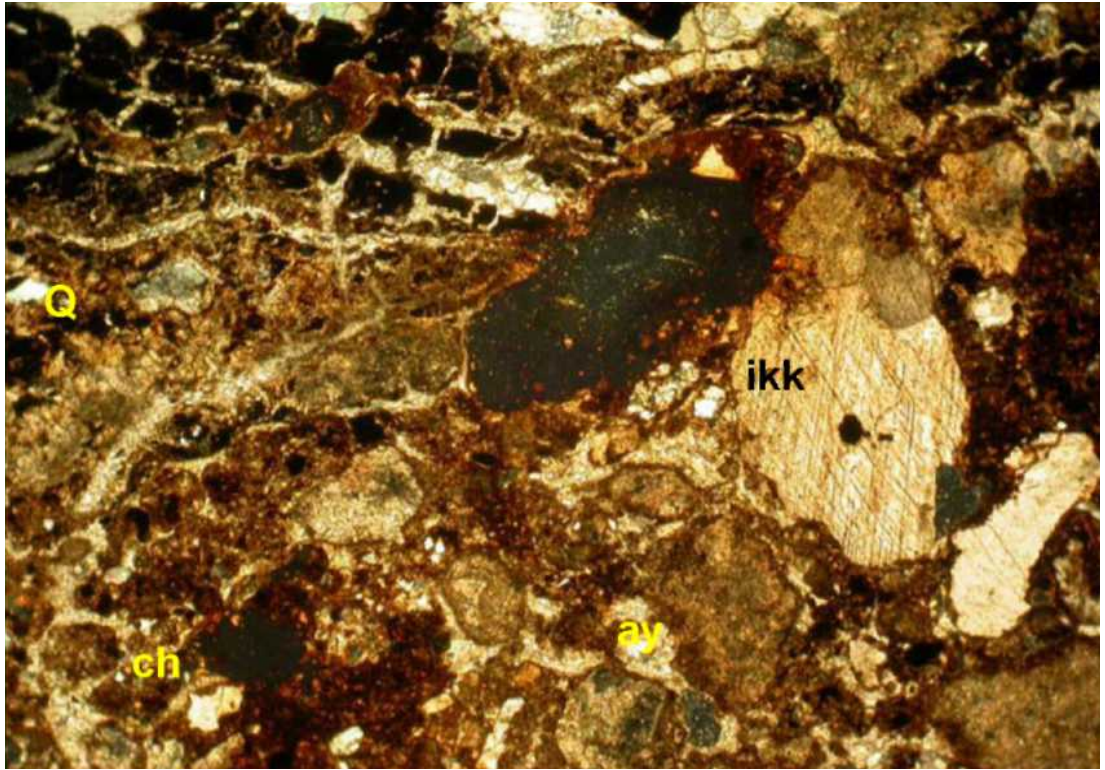
Şekil 6.23. Bantlı yapıdaki Karakaya traverteninin görünümü

Kayaç parçaları, feldispat, kuvars, iri kalsit kristaller (ikk), alg yumruları (ay) ve yer yer cevherleşmeler (opak mineral (om)) gözlenmektedir. Bu örnek daha çok kanal ile havuz arasındaki geçiş bölgesinde çökeldiği veya biriktiği söylenebilir (Şekil 6.25) (Afşin vd., 2007).

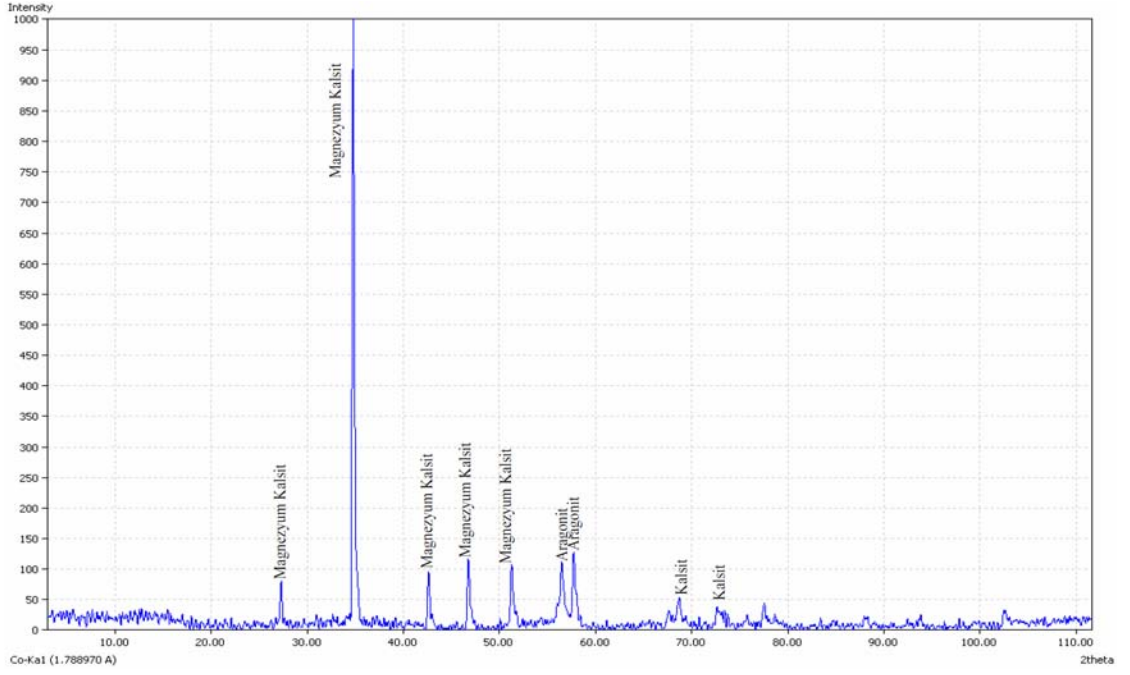
Jeokimyasal analizlerde diğer lokasyonlarda gözlenen travertenlerden daha fazla MgO ve Sr içeren Karakaya travertenleri XRD analizlerinde kalsit, magnezyum kalsit ve aragonit minerallerine ait pikler vermektedir (Şekil 6.26).



Şekil 6.24. Karakaya travertenine ait fotomikrograf (mkk: mikrokristalin kalsit, ay:alg yumrusu, b:boşluk)



Şekil 6.25. KMS-2 travertenlerine ait ince kesit fotoğrafı (çift nikol; X4) (kuvars (Q), iri kalsit kristalleri (ikk), alg yumruları (ay), cevherleşmeler (ch)) (Afşin vd., 2007)



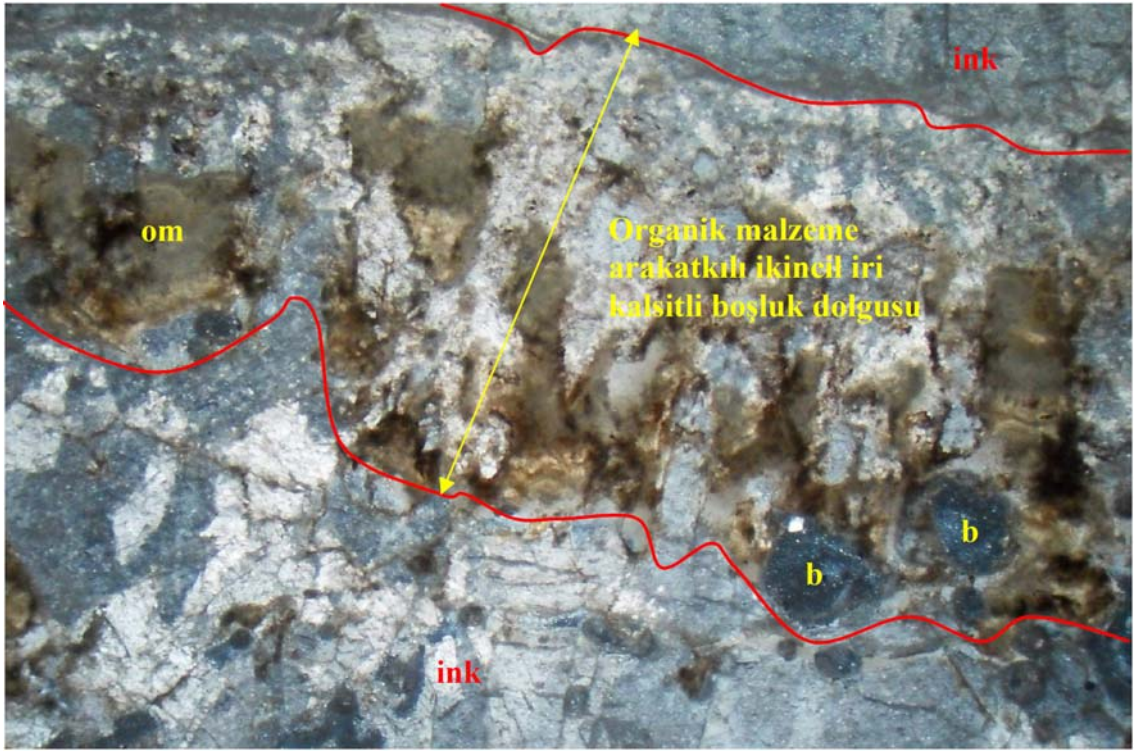
Şekil 6.26. Karakaya travertenlerine ait XRD dağılım desenleri

6.3.7. Kozluca travertenleri

Makroskobik olarak bej - açık sarı renkli masif tıkHz yapılı (Şekil 6.27) kayaç içerisinde masif yapıyı mikrokristalin kalsit kristalleri oluştururken iri kalsit kristalleri daha çok ikincil olarak bantlar halinde gözlenmektedir (Şekil 6.28).

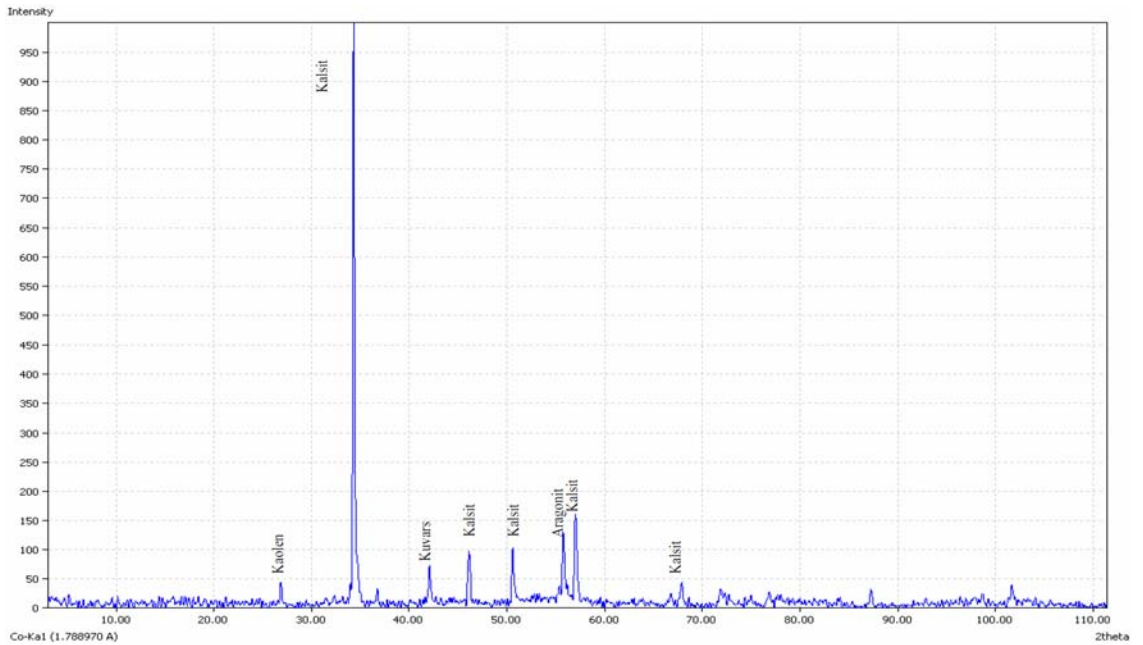


Şekil 6.27. Masif - tıkHz yapılı, yer yer boşluklu Kozluca travertenlerinin el örneği görünümü



Şekil 6.28. Kozluca travertenine ait fotomikrograf (b:boşluk, om: organik malzeme, ink: ince kristalin kalsit)

XRD dağılım desenlerinin tamamında kalsit kristalleri pikleri gözlenen (Şekil 6.8) Kozluca traverteni jeokimyasal olarak içermiş olduğu I (iyodür) ile diğer grup travertenlerden ayrılmaktadır.



Şekil 6.29. Kozluca travertenlerine ait XRD dağılım desenleri

7. TARTIŞMA ve SONUÇLAR

Çalışma alanının temelinde Kırşehir masifine ait mermerlerle karakteristik Bozçaldağ metamorfikleri yer alır. Granit ve granodiyorit türü kayalarla temsil edilen Orta Anadolu Granitoidleri metamorfik kayaları keserler. Temelde yer alan birimlerin üzerine uyumsuzlukla Tersiyer ve Kuvaterner yaşlı çökeller gelir.

Birimler geçirimli, yarı geçirimli ve geçirimsiz birimler olmak üzere üç farklı hidrojeolojik grupta tanımlanmıştır. Mermerlerin kırıklı ve karstik boşluklu kısımları, Tersiyer yaşlı birimlerin çakıltaşı, kumtaşı ve kireçtaşı Kuvaterner yaşlı alüvyonun ise çakıl ve kum seviyeleri hidrojeolojik açıdan geçirimli, tüfler, küller ve killer geçirimsiz, siltli seviyeler ise yarı geçirimlidir.

İnceleme alanının kuzey ve güneyinde yer alan yüksek kotlu tepeler bölgenin beslenme alanını, Kızılırmak ve onu besleyen yan kollar ise boşalım alanını oluşturur.

İncelenen tüm soğuk, mineralli, sıcak ve mineralli sular geçirimli birimler ile geçirimsiz birimlerin dokanağında ve Salanda (Gümüşkent), Kızılırmak Fay Zonuna bağlı olarak eklem veya kırık düzlemlerinden açığa çıkarlar.

İnceleme alanının temelinde yer alan Paleozoyik yaşlı metamorfikler, hidrotermal sistemin ana kayacını, kıltaşı, marn, tüfit ara katkılı silttaşı seviyelerinden oluşan Tuzköy formasyonu ile tüf, çakıltaşı, kıltaşı ve marn araldanmasında oluşan Yüksekli formasyonu'nun geçirimsiz seviyeleri örtü kayacı, gelişen kırık hatlar ise akışkanların yüzeye taşınmasına neden olan akım yollarını oluşturur.

Kayaçların litolojik ve tektonik özelliklerine göre farklı dolaşım sistemleri gelişmiştir. KMS-1, KMS-2, GMS, ÇMS ve BHMS diğer sulara oranla daha derin ve uzun süreli yeraltı dolaşım sistemine BLMS, GLMS ve KOMS ise daha sığ ve kısa süreli dolaşım sistemine sahiptir.

İncelenen sulara ait bazı fiziksel ve kimyasal parametreler sıcaklık; 12.3 °C - 44.4 °C, pH; 6.1 - 8.2, elektriksel iletkenlik; 931 - 17610 µS/cm, toplam çözünmüş katı madde;

575 - 9975 mg/L, yükseltgenme indirgenme potansiyeli; 8.4 - 80.4 mg/L, çözülmüş oksijen; % 7.6 - % 83 arasında değişmiştir. Mineralli, sıcak ve mineralli sular hafif çözücü ve asidik, soğuk su kaynakları ise hafif kabuklaştırıcı ve bazik özelliğe sahiptir.

İnceleme alanındaki sular Ca-HCO₃, Na-HCO₃, Na-SO₄ ve Na-Cl şeklinde dört su kimyası fasiyesine ayrılmaktadır. GMS, BLMS, KOMS, GLMS, DGMS ve BHMS Ca-HCO₃, ÇMS, KMS-1 ve KMS-2 Na-Cl, KSS Na-HCO₃ ve KZLK Na-SO₄ fasiyesi özelliği gösterir.

ÇMS, KMS-1 ile KMS-2, KOMS, GLMS ile BHMS ve BLMS ile DGMS kendi aralarında aynı havzadan beslenen aynı veya benzer kökenli yeraltı sularıdır. BHMS karasal kökenli karbonatlarla su kayaç etkileşiminin bir sonucu olarak ortaya çıkar. GMS, KOMS ve GLMS sülfat indirgenmesine uğramışlardır.

Br değerleri; Ekim 2009 döneminde ÇMS, KMS-1, KMS-2, KOMS ve GLMS'de KZLK, KSS ve DGMS'de, F; Nisan 2009 döneminde ÇMS, KMS-1, KMS-2, KOMS ve KZLK'de Ekim 2009 döneminde ÇMS, KMS-1, KMS-2, KOMS ve GLMS ve BHMS'de, Al; ÇMS, KMS-1, KMS-2 ve GLMS'de Nisan 2009 ve Ekim 2009 döneminde, As; ÇMS, KMS-1 ve KMS-2'de Nisan 2009 ve Ekim 2009döneminde, B; Nisan 2009 döneminde ÇMS, KMS-1, KMS-2, GMS, KOMS, GLMS, DGMS, KSS ve BHMS'de, Ekim 2009 döneminde ÇMS, KMS-1, KMS-2, GMS, KOMS, BLMS, GLMS, DGMS, KZLK, KSS ve BHMS'de, Cd; Mayıs 2005 döneminde KMS-1 ve Kasım 2005 döneminde ÇMS ve KMS-1'de, Li; ÇMS, KMS-1, KMS-2, KOMS ve GLMS'de Nisan 2009 ve Ekim 2009 döneminde V; ise sadece Nisan 2009 döneminde ÇMS, KMS-1 ve KMS-2'de Zn; Nisan 2009 döneminde ise sadece BHMS'de Ekim 2009 döneminde ise ÇMS, KOMS ve BHMS'de sınır değerlerin üzerinde tespit edilmiştir.

Bütün örnekleme dönemleri boyunca ÇMS, KMS-1, KMS-2, GMS, KOMS, GLMS ve KZLK kalsit, dolomit ve aragonite doygun olup, bunları çökeltebilme; jips, halit ve anhidrite doygun olmayıp bunları çözebilme özelliklerine sahiptir.

KMS ve ÇMS termik etkisi yanı sıra periferik damar hastalıklarında ve esansiyel hipertansiyon tedavisi için de uygundur, ancak içme kürlerinde özellikle hipertansif

hastalarda suyun sodyum alımına katkısı dikkate alınmalı ve hastalar aşırı sodyum alımına karşı uyarılmalıdır.

GMS yüksek oranda karbondioksit içermekte olup, sindirim sisteminin fonksiyonel hastalıkları, şeker hastalığı, ve gut hastalığında içme kürleri şeklinde olumlu etkiler sağlar. İdrar yollarında ise ürik asit ve sistin taşlarının oluşumlarının ve nükslerinin önlenmesinde içme kürü şeklinde yararlıdır.

BHMS balneolojik uygulamalarda, uygun sıcaklıklara kadar soğutularak tam ve kısmi banyolar şeklinde eklem hastalıkları ve eklem dışı romatizmal hastalıklarda kullanılabilirler

İzotop analiz sonuçlarına göre $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^2\text{H}$ değerleri su kaynaklarına ait akiferlerin meteorik kökenli yağışlardan beslendiğini göstermektedir. BHMS en yüksek, KMS en düşük diğer kaynaklar ise genelde orta ve yüksek kotlardan beslenmektedir. GMS ve BHMS'nin dışındaki tüm sulara d değerinin 10'dan düşük olması bölgedeki su kaynaklarının karasal yağışlardan beslendiklerini göstermektedir.

İncelenen sular 2.7°C - 4.3°C arasında değişen beslenme sıcaklıklarına ve 1050 - 1320 metreler arasında değişen beslenme yükseltilerine sahiptir.

Yağışlı dönemde BHMS, ÇMS ve KMS-1 için hazne kaya sıcaklıkları sırasıyla $82 - 124 - 66^\circ\text{C}$ olup, kurak dönemde ise BHMS, ÇMS, KMS-1 ve GMS için sırasıyla $88 - 117 - 74 - 137^\circ\text{C}$ 'dir. Mineralli suların sıcak su karışım oranı % 1.7 ile 20.3 arasında değişmektedir.

Suların $\delta^{13}\text{C}$ (‰PDB) analiz sonuçlarına göre ^{13}C değerleri ÇMS'de en düşük (-13.8), GMS'de ise en yüksektir (9.5). $\delta^{13}\text{C}$ değerlerine göre sulardaki CO_2 GMS ve KMS'de metamorfik; BHMS'de tatlı su karbonatı, denizel kireçtaşı, ve metamorfik kökenli olabilir. Suların modern karbon (pmC) değerleri ise 2.31 ile 0.27 arasında olup BHMS'den KMS'ye doğru (BHMS > GMS > KMS) artış göstermektedir

CO_2 'ce zengin sıcak ve mineralli suların akış yolu boyunca su kalınlığının az; kanal eğimi, CO_2 gazı kaybı, pH ve sıcaklık değerlerinin yüksek olduğu, türbülans rejiminde suyun sıçrayarak aktığı, alg faaliyetinin arttığı yerlerde traverten çökelimleri devam

etmektedir. Söz konusu travertenlerin incekesit tanımlamalarına göre, durgun ortamlarda çökelmiş travertenlerde iri kristalli kalsitler saptanmıştır.

İnceleme kapsamında gözlenen traverten oluşumları, morfolojilerine göre Gümüşkent travertenleri tabaka tipi, Karakaya ve Çorak travertenleri fay önü tipi şeklinde gelişmişlerdir.

Mineralli su kaynakları akım kanalları boyunca, akım hızlarının düşük olduğu sığ alanlarda alg faaliyetleri tarafından denetlenen bir sürece bağlı olarak organik traverten oluşumlarını sürdürürler.

Mineralli su kaynaklarından sağlıklı bir şekilde faydalanabilmek için kaynakların koruma zonlarının oluşturulması, kirliliğe yol açabilecek faaliyetler, ruhsatsız kuyu açılması ve suların bilinçsiz kullanılması önlenmeli ve kaynaklar için su yönetim sistemi oluşturulmalıdır.

Mineralli sular; uygun tesis ve iyileştirmeler sağlanarak sağlık ve turizm açısından daha çok faydalanılması amacı ile insanların hizmetine sunulabilir.

BHMS sıcak ve mineralli suları seracılık ve kent ısıtmacılığı açısından da değerlendirilmelidir.

KAYNAKLAR

- Afşin, M. ve Ünsal N., 1997. İç Anadolu'daki önemi, bir içme suyu kaynağının su, kimyası ve izotopik özellikleri: Helvadere - Aksaray. 20.Yılı Jeoloji Sempozyumu, Konya.
- Afşin, M., 1999. Traverten Çökelten kaynakların hidrojeokimyasal ve izotopik incelemesi (Nevşehir-Çorak, Karakaya ve Salanda içmeceleri). Niğde Üniversitesi Araştırma Fonu (N.AF) FEB-97/07 numaralı Proje, 41 s (yayımlanmamış).
- Afşin, M., 2002. CO₂'ce zengin Çorak, Karakaya ve Gümüşkent (Nevşehir) mineralli sularının hidrojeokimyası. H.Ü. Yerbilimleri Bülteni, 26, 1 - 14.
- Afşin, M., Elhatip, H., Kuşcu, İ., Dirik, K., Kavurmacı, M., Kurmaç, Y., 2002. Kayseri-İncesu-Himmetdede ve dolayındaki sıcak ve mineralli su kaynaklarının hidrokimyasal ve izotopik açıdan incelenmesi. TÜBİTAK- YDABÇAG 199Y041, 69 s. (yayımlanmamış).
- Afşin, M., Erdoğan, N., Gürdal, H., Gürel, A., Kavurmacı, M., Onak, A., Oruç, Ö., 2007. Orta Anadolu'daki sıcak ve mineralli suların ve travertenlerin hidrojeokimyasal ve izotopik incelenmesi ve suların tıbbî ve biyoiklimsel değerlendirilmesi. TÜBİTAK- ÇAYDAG 104Y197, 119 s. (Yayımlanmamış).
- Akan, B., 2002. Afyon Ömer-Gecek sıcak su akiferi hidrojeolojik modeli. Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara (yayımlanmamış).
- Aktimur, H.T., Sarıaslan, M.M., Keçer, M., Sönmez, M., Özmutaf, M. ve Potoğlu, S., 1994. Nevşehir ilinin arazi kullanım potansiyeli, MTA yayınları no; 9698, s.35.
- Amelung, W., Hildebrandt G., 1985. Kohlensaurewasser (sauerlinge). In: Balneologie and medizinische klimatologie. Band 2, Springer Verlag, Berlin ,190 - 201.
- APHA-AWWA-WEF 2005. Standard methods of examination of water and wastewater, 21st ed. American Public Health Association, Washington DC, USA.
- Arnorsson, S., Gunnlaugsson, E. and Svavarsson, H., 1983. The chemistry of geothermal waters in Iceland III. Chemical geothermometry in geothermal investigations. Geoch. Cosmoch. Acta, 47, 567 - 577.
- Atabey, E., Papak, İ., Tarhan, N., Akarsu, B., Taşkiran, A., 1987. Ortaköy (Niğde)-Tuzköy (Nevşehir)-Kesikköprü (Kırşehir) yöresinin jeolojisi. MTA Raporu, Derleme No. 8156, (yayımlanmamış).
- Atabey, E., Tarhan, N., Yusufoglu, H., Canpolat, M., 1988. Hacıbektaş, Gülşehir, Kalaba (Nevşehir)-Himmetdede (Kayseri) arasının jeolojisi, MTA Raporu, Derleme No. 8523, (yayımlanmamış).
- Atabey, E., 1989. MTA Genel Müdürlüğü 1/100.000 ölçekli açın-sama nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi, Kayseri-H 19 paftası.

- Atabey, E., 2002. Çatlak sırt tipi laminalı traverten-tufa çökelleri oluşumu, mikroskobik özellikleri ve diyajenezi, Kırşehir, İç Anadolu. Maden Tetkik Arama Dergisi, 123 - 124, 59 - 65.
- Ayaz, M.E., 2002. Travertenlerde gözlenen morfolojik yapılar ve tabiat varlığı olarak önemleri, Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, Seri A-Yerbilimleri C.19, S.2, 123 -134.
- Aydın, N., 1984. Orta Anadolu Masifinin Gümüşkent B. (Nevşehir) dolayında jeolojik-petrografik incelemeler: Doktora Tezi, Ank.Ün. Fen Bilimleri Ens., Ankara.
- Bayarı, C.S. Özyurt, N.N. ve Kilani, S., 2005. Konya kapalı havzası yeraltı suyunda karbon-14 yaş dağılımı, II. Ulusal Hidrojeolojide İzotop Teknikleri Sempozyumu Bildiri Kitabı, İzmir.
- Bayarı, C.S. Ozyurt, N.N. Kilani, S., 2009. Obruks, as giant collapse dolines caused by hypogenic karstification in central Anatolia, Turkey: Analysis of likely formation processes, Hydrogeology Journal, Volume 17, Issue 2, pages 347-365.
- Becker, H., 1956. Gülşehir ve Hacıbektaş arasındaki bölgenin (Kayseri'nin batısı) jeoloji ve linyit zuhurları hakkında rapor: MTA Rap., 2578 (yayımlanmamış), Ankara.
- Beekman, P. H., 1966. Hasandağı-Melendizdağı Bölgesindeki Pliosen ve Kuvaterner Volkanizma Faaliyetleri. MTA Dergi, Ankara, 66, s; 88 - 104.
- Clark, I.D., and Fritz, Peter, 1997. Environmental isotopes in hydrogeology: New York, Lewis Publishers, 328 p.
- Craig, H., 1961. Isotopic variations in meteoric waters, Science, 133, 1102 - 1703.
- Çetin, A., 2006. Ayaş (Ankara) Karakaya ve Ilıcaköy sıcaksularının hidrojeoloji incelemesi, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe.Üni. Fen Bil. Enst., Ankara.
- Dansgaard, W., 1964. Stable isotopes in precipitations, Tellus, 16, 436 - 468.
- D'Amore F. and Arnórsson, S., 2000. Geothermometry. Isotopic and chemical techniques in geothermal exploration, development and use. Arnórsson, S. (ed.), IAEA, Vienna. pp.152 - 199.
- Dirik, K. ve Göncüoğlu, M.C., 1995. Neotectonic characteristics of Central Anatolia, 2. Int. Turkish Geology Workshop, Sivas, abst. 29.
- Doğan L., 1981. Hidrojeolojide su kimyası, DSİ, yayın no, 906, özel no, 93.
- Doğdu M. Ş., 2004. jeotermal suların rezervuar sıcaklığının tahmininde kullanılan jeotermometre hesaplamaları için bilgisayar programı, Jeoloji Mühendisliği Dergisi 28 (2).

- Doğdu M. Ő., KırmızıtaŐ H., 2006. Karaali (Őanlıurfa-Yardımcı) sıcak suyunun oluşumu ve rezervuar sıcaklığının tahmini, Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 30 (1).
- Dokuz, U.E., 2008. Bayramhacılı, Tekgöz ve Çiftgöz (Kayseri) sıcak ve mineralli sularının hidrokimyasal incelemesi, Yüksek Lisans Tezi, A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Domenico, P. ve Schwartz, F., 1990. Physical and Chemical Hydrology, John Wiley & Sons Inc., New York, 506 p.
- Duru, G., 2006. Ziga - Yaprakhisar (Aksaray) sıcak ve mineralli kaynak alanlarındaki traverten çökeliminde etkili olan faktörlerin su kimyası ve izotopik yöntemlerle belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, N.Ü. Fen Bil. Enst., Niğe.
- Emre, Ö. ve Güner, Y., 1985. Ürgüp-Avanos-Uçhisar (Nevşehir) arasının uygulamalı jeomorfolojisi, MTA rapor no; 132, Ankara.
- Erdoğan, N., 2000. Osteoartritlerde Kaplıca Tedavisi, Osteoartrit, ed: Karaaslan, Y., MD yayıncılık, Ankara, s;159 - 72.
- EŞref, A., 1997. Akrototermal su ile banyo ve sodyum bikarbonatlı su ile iğe küru Şeklinde bir balneoterapötik uygulamanın glukoz toleransı bozuk ve tip II diabetik hastalarda glukoz regölasyonu üzerine etkisi, (Uzmanlık Tezi), İstanbul.
- Fournier, R.O., 1977a. Chemical geothermometers and mixing models for geothermal systems, Geothermics, 5, pp: 41 - 50.
- Fournier, R.O., 1991. Water geothermometers applied to geothermal energy. Application of Geochemistry in Geothermal Reservoir Development, D'Amore, F. (coord.), UNITAR/UNDP, Rome. pp. 37 - 69.
- Giggenbach, W.F., Gonfiantini, R., Jangi, B.L., Truesdell, A.H., 1983. Isotopic and chemical composition of Parbati Walley geothermal discharges, NW Himalaya, Indiano, Geothermics 5, p. 51 - 62.
- Giggenbach, W.F., 1991. Chemical techniques in geothermal exploration. In: D'amore, F. (co-ordinator), Application of geochemistry in geothermal reservoir development, Unitar, United States of America, 119 - 144.
- Göncüoğlu, M. C., Toprak, V., KuŐu, İ., Eriker, A., ve Olgun, E., 1991. Orta Anadolu Masifi batı bölümünün jeolojisi, Bölüm 1: Güney Kesim. TPAO Rapor No: 2909.
- Göncüoğlu, M. C., Eriker, A., Toprak, V., Olgun, E., Yalnız, K., KuŐu, İ., Köksal, S. ve Dirik, K., 1993. Orta Anadolu masifinin orta bölümünün jeolojisi, Bölüm III: Orta Kızılırmak Tersiyer Baseninin Jeolojik Evrimi. TPAO Rap. No: 3313, 104s.
- Grant, MA., Donaldson, I.G. and Bixley, P.F., 1982. Geothermal Reservoir Engineering. Academic Press,, New York, 369 p.

- Güllü, B., 2003. Mamasun yöresi (Aksaray) magmatik kayalarının jeolojik, petrografik ve jeokimyasal incelemesi, Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üni. Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde.
- Gürdal, H., Karagülle O., Karagülle M.Z., 2002. İçme kürleri, Balneoloji ve Kaplıca Tıbbı, ed: Karagülle M.Z., Nobel Tıp Kitabevleri, İstanbul, Pp:153 - 161.
- Gürler, G., 2007. Göreme tarihi milli parkı ve yakın çevresinin jeolojik miras açısından değerlendirilmesi, Jeoloji Etüdüleri Daire Başkanlığı, MTA rapor no; 10989, Ankara.
- Helvacı, C., 2003. Türkiye borat yatakları; jeolojik konumu, ekonomik önemi ve bor politikası, BAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 5.1., 4 - 41 s.
- Hem, J. D., 1985. Study and Interperation of the Chemical Characteristics of Natural Water, USGS Water Supply Paper 2254., U. S. Gov. Print Office, 263p.
- Innocenti, F., Mazzuoli, R., Pasquare, G., Radicatidibrozo, F. and Villari, L., 1975. The Neogene calcalkaline volcanism of Central Anatolia: Geochronological data on Kayseri-Niğde area. Geol. Mag., 112, 349 - 360.
- Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A., Timur, S., 2003. Metallerin çevresel etkileri I, Metalürji Dergisi, 137; 46 - 51.
- Kaplan, N. M., 2000. The dietary guideline for sodium: should we shake it up? No Am J Clin Nutr, 71, 1020 - 1026.
- Karagülle, M., 2002. Doğal mineralli sularda sodyum ve hipertansiyon, Balneoloji ve Kaplıca Tıbbı, ed: Karagülle M. Z., Nobel Tıp Kitabevleri, İstanbul, s:177-183.
- Kayakıran, S., 1979. Gülşehir kaya tuzlası etüd ve aramaları açılanma evreleri, MTA rapor no; 6606.
- Koçak, A., 1997. Kozaklı jeotermal alanının su kimyası ve rezervuar sıcaklığının incelenmesi, H.Ü. Fen Bilimleri Enst., Doktora Tezi, Ankara.
- Koçyiğit, A., 1984. Güneybatı Türkiye ve Yakın dolayında levha içi yeni tektonik gelişim: TJK Bült. c.27, s. 1 -16.
- Köksal, S. ve Göncüoğlu, C., 1997. İdiş Dağı Avanos alanının jeolojisi (Nevşehir, Orta Anadolu), MTA dergisi 119, s. 73 -87.
- Kurttaş, T., 2002. Karışım sularında kökensel katkıların belirlenmesi, Hidrolojide İzotop Tekniklerinin Kullanılması Sempozyumu, Adana.
- Lebküchner, R.F., 1957. Kayseri ve Avonos-Ürgüp havalisi ile Boğazlıyan havalisinin Uzunyayla'ya kadar olan kısmının jeolojisi hakkında rapor. M.T.A. Rap. no. 868, Ankara.
- MTA, 2005. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara.

- Ok, G., 2007. Kozaklı (Nevşehir) ve terme (Kırşehir) sıcak ve mineralli sularının su kimyası ve izotopik yöntemlerle karşılaştırılması, tıbbi ve biyoiklimsel değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Niğde.Üni. Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde.
- Özel, Y., 2007. Bayramhacı, Tekgöz ve Yeşilhisar (Kayseri) sıcak ve mineralli sularının su kimyası ve izotopik yöntemlerle karşılaştırılması, tıbbi ve biyoiklimsel değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, N.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde (yayımlanmamış).
- Özgür, R. Yurtseven, D., Manav, E., Sarp., Yıldırım, T., Yıldırım, N., Ak, S. ve Özkan, H., 2000. Kayseri-Erciyes alanının jeolojisi, jeotermal enerji olanakları ve Boğazköprü araştırma sondajı kuyu bitirme raporu. MTA Genel Müdürlüğü Der. Rap. No: 10473, 53s.
- Özyurt, N.N., 2005. Aladağ (Kayseri-Adana) Karstik akiferinde yeraltı suyu geçiş zamanı dağılımının incelenmesi, Doktora Tezi, H.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, (yayımlanmamış).
- Parkhurst D.L., and Appelo C.A.J., 1999. User's guide to PHREEQC (version 2): A computer program for speciation, batchreaction, one-dimensional transport, and inverse geochemical calculations. U.S. Geological Survey Water-Resources Investigations Report 99 - 4259, USGS, Reston, Virginia, 1 - 312.
- Pasquare, G., 1968. Geology of the Cenozoic volcanic area of Central Anatolia. *Atta Acad. Naz. Lincei Mem.*, VII, Rome IX.
- Pedley, H. M., 1990. Classification and environmental models of cool freshwater tufas, *Sedimentary Geol.*, 68, 143 - 154.
- Sacks, F. M., Svetkey, L. P., Vollmer, W. M., 2001. Effects on blood pressure of reduced dietary sodium and the dietary approaches to stop hypertension (DASH) diet, *N Engl J Med*, 344, 3 - 10
- Sassano, G., 1964. Acıgöl bölgesinde Neojen ve Kuvaterner volkanizması. MTA Rap. No: 6841.
- Seymen, İ., 1981. Kaman dolayında Kırşehir masifinin jeolojisi. İTÜ Maden Fakültesi, Doçentlik tezi, İstanbul.
- SKKY 2004. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, 31.12.2004, sayı; 25687.
- Şahinci, A., 1991a. Doğal suların jeokimyası. Reform Matbaası, İzmir, 548 s.
- Şahinci, A., 1991b. Jeotermal sistemler ve jeokimyasal özellikleri, Reform matbaası, No.37/4 Beyler - İzmir, 247 s.
- Tarcan, G., 2002. Jeotermal su kimyası. Jenarum Yaz Okulu, 11-21 Haziran 2002, Jeotermalde Yerbilimsel Uygulamalar, 198 - 245s.

- Temel, A., Gündoğdu, M.N., Gourgaud, A., Le Pennec, J.L., 1998. Ignimbrites of Cappadocia (Central Anatolia, Turkey): petrology and geochemistry. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 85, 447 - 471.
- Toprak, V., 1994. Central Kızılırmak Fault Zone; Northern margin of Central Anatolian volcanics, *Doğa-Turkish Journal of Earth Sciences* 3, p. 29 - 38.
- Turhan, E., 2007. Denizli yöresi (Batı Anadolu) traverten tipi karbonatların fasiyes özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bil. Enst., İzmir.
- Türker, H.Ö., 2006. Sarıkaya (Yozgat) sıcak ve mineralli sularının hidrojeokimyasal incelemesi, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe.Üni. Fen Bil. Enst., Ankara.
- Viles, H.A., Goudie, A.S., 1990. Tufas travertines and Alliet carbonate deposits: *Prog. Phys, Geogr*, 14, 19.
- Yalçın, M.G. ve Şener, M., 2009. Basınçlı akışkan sondajlarında dolaşım bozukluğundan kaynaklanan fişkırtma sorununa bir örnek; Nevşehir–Gülşehir, Yakatarla CO₂ sondajı, *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 33 (2), s. 117 - 141.
- Yurtsever, Y., and Gat, J.R., 1981. Atmospheric waters in stable isotope hydrology: Deuterium and Oxygen-18 in the water cycle. J.R. Gat and R. Gonfiantini (eds.), *Technical Report Series No: 210*, IAEA, Vienna, 103 - 142.
- Yüzbaşıoğlu, N., 2002. Sindirim sistemi hastalıklarında kaplıca tedavisi, *Balneoloji ve Kaplıca Tıbbı*, ed: Karagülle M.Z., Nobel Tıp Kitabevleri, s:147 - 153, İstanbul.
- URL-1, www2.tbmm.gov.tr/d21/7/7-1395c.dpf. 28 Nisan 2010.
- URL-2, www.dsi.gov.tr/bolge/dsi12/nevsehir.htm. 6 Mart 2010.
- URL-3, www2.cedgm.gov.tr/icd_raporlari/nevsehiricd2008.pdf. 2 Mart 2010.
- URL-4, www.kimyaevi.org/TR/Genel/. 4 Nisan 2010.
- URL-5, <http://www.dmi.gov.tr/>. 10 Mayıs 2010.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı :Mustafa Murat KAVURMACI

Doğum Yılı :1974

Doğum Yeri :Aksaray

Eğitim Durumu

Lisans :1991-1995 Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji
Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans:-

Haberleşme Bilgileri

Adres :Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü

Telefon :382 - 2801355

E-posta :muratkavurmaci@yahoo.com