



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

JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**GÜLŞEHİR BÖLGESİNDEKİ SU KAYNAKLARININ
HİDROJEOLojİK İNCELEMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İlknur DEMİRCİOĞLU

DANIŞMAN

Prof. Dr. Hatim ELHATİP

AKSARAY, 2021

Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 172302405 numaralı Yüksek Lisans öğrencisi İlknur DEMİRCİOĞLU tarafından hazırlanan “**GÜLŞEHİR BÖLGESİNDEKİ SU KAYNAKLARININ HİDROJEOLJİK İNCELENMESİ**” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafın dan OY BİRİĞİ/OY ÇOKLUĞU ile Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman:Prof. Dr. Hatim ELHATİP

Aksaray Üniversitesi

Bu tezin,kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.....

Üye:Doç. Dr. M. Murat KAVURMACI

Aksaray üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.....

Üye:Dr.Öğr. Üyesi Uğur Erdem DOKUZ

Niğde Ömer Halis Demir Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.....

Tez Savunma Tarihi:...../...../.....

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....
Doç. Dr.

DOĞRULUK BEYANI

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmayı, akademik kurallara ve bilimsel etik, ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın yazdığımı, yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, çalışmamda kullandığım verilerin orijinallliğini ve her türlü intihalden uzak olduğunu beyan ederim.

Enstitü tarafından belli bir zamana bağlı olmaksızın, tezimle ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildiririm.

İmza

İlknur DEMİRCİOĞLU

TEŞEKKÜR

Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı'na Yüksek Lisans Tezi olarak sunulan bu çalışmanın tüm aşamalarında bilgi ve tecrübeleri ile yol gösterici olan değerli hocalarım Prof. Dr. Hatim Elhatip (Aksaray Üniversitesi), Prof. Dr. Mustafa Afşin (Aksaray Üniversitesi) ve Doç. Dr. M. Murat Kavurmacı (Aksaray Üniversitesi) 'ya; tez düzeltmelerimde yardımcı olan Sayın Dr. Öğr. Görevlisi Uğur Erdem Dokuz (Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi)' a ; maddi ve manevi desteğini esirgemeyen sevgili eşim Dr. Öğr. Üyesi Ramazan Demircioğlu (Aksaray Üniversitesi) 'na , biricik oğlum sevgili Burak Eymen Demircioğlu 'na ve değerli aileme teşekkür ederim.

İlknur DEMİRCİOĞLU
AKSARAY, 2021

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	i
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
1. ÇALIŞMA ALANI	1
1.1 Bölgenin Tanıtımı	1
1.2 Çalışmanın Amacı	1
1.3 Önceki Çalışmalar	3
2. MATERYAL VE METOD	7
2.1 Büro Çalışmaları	7
2.2 Arazi Çalışmaları	7
2.3 Laboratuvar Çalışmaları	7
2.4 Veri Değerlendirme Çalışmaları	8
3. ÇALIŞMA ALANININ JEOLJİSİ	9
3.1 Çalışma Alanının Bölgesel Jeolojik Konumu	9
3.3 Çalışma Alanının Stratigrafik Birimleri	12
3.3.1 Kaman grubu	13
3.3.2 Örtü birimleri	15
3.3.3 Yaylacık grubu	19
3.3.5 Balkaya travertenleri (Qb)	21
3.3.6 Yamaç molozu ve alüvyon (Qal)	22
3.4 Çalışma Alanının Yapısal Jeolojisi	22
3.4.1 Faylar	22
3.4.2 Kıvrımlar	23
4. ÇALIŞMA ALANININ HİDROMETEOROLOJİK ÖZELLİKLERİ	26
4.1 Çalışma Alanı Yağış Veri Analizi	26
4.2 Çalışma Alanı Sıcaklık Veri Analizi	29
4.3 Çalışma Alanı Buharlaşma Veri Analizi	31
4.3.1 Thorntwaite yöntemi	31
4.4 Çalışma Alanı Kuraklık Analizleri ve Özellikleri	36
4.4.1 Standart yağış indeksi (standardized precipitation index - SPI)	36
5. ÇALIŞMA ALANIN HİDROJEOLJİK ÖZELLİKLERİ	41
5.1 Çalışma Alanının Hidrojeolojisi	41
5.2 Kayaçların Hidrojeolojik Özellikleri	41
5.2.1 Geçirimli birimler	45
5.2.2 Yarı geçirimli birimler	45
5.2.3 Geçirimsiz birimler	45
5.3 Çalışma Alanının Yeraltı Suyu Akım Sistemi	45
6. SU KAYNAKLARININ HİDROJEOKİMYASAL DEĞERLENDİRME- MELERİ	48
6.1 Bölgedeki Su Kaynakları	48
6.2 Su Kaynaklarının Kimyasal Özellikleri	50
6.3 Suların İyon İçeriği ve Kökenleri	53
6.3.1 Katyonlar ve anyonlar	53
6.4 Piper Diyagramı	55
6.5 Yarı Logaritmik Schoeller Diyagramı	57

6.6 Pasta (Dairesel) Diyagramı	59
6.7 Doygunluk İndislerinin Hesaplanması	62
6.8 Çalışma Alanındaki Yeraltısularının Hidrojeokimyasal Fasiyesleri.....	64
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	67
8. KAYNAKLAR	69
ÖZGEÇMİŞ.....	72



YÜKSEK LİSANS TEZİ

GÜLŞEHİR BÖLGESİNDEKİ SU KAYNAKLARININ HİDROJEOLÖJİK İNCELEMESİ

İlknur DEMİRCİOĞLU

**Aksaray Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Prof. Dr. Hatim ELHATİP

ÖZET

Çalışma alanı Nevşehir ili Gülşehir ve Avanos ilçeleri arasında kalan Kızılırmak Nehrinin kuzeyindeki bölgeyi kapsar. Alanda, temeli Kırşehir masifine ait Paleozoyik- Mesozoyik yaşlı metamorfitle ve bunları kesen Geç Kretase yaşlı magmatik kayalar oluşturur. Bu birimler üzerine Geç Paleosen-Orta Eosen yaşlı sedimanter birimler uyumsuz olarak gelir. Orta Miyosen-Kuvaterner yaşlı birimler alttaki birimleri uyumsuz olarak örter. Alan tektonik olarak oldukça faylanmalı ve çatlaklı yapıya sahiptir. Yeraltı suyu haritası hazırlanmış,akım yönünün bazı yerlerde farklılıklar gösterse de Güneyde yer alan Kızılırmak'a doğru olduğu belirlenmiştir. Ayrıca yeraltısularının Kızılırmak'ı beslediği belirlenmiştir. Alandan alınan su örnekleri laboratuvarında analiz edilmiş ve gerekli diyagramlarda değerlendirilmiştir. Değerlendirmeler sonucunda kaynaklar genellikle kalsiyum,sülfat ve bikarbonat iyonlarınca zengindir. Bu sular karbonat alkalinitesi fazla karbonat ve sertliği yüksek Ca-HCO₃ tipli sulardır. Bu suların Ca-HCO₃ fasiyesi özelliği göstermeleri, suların karbonatlı bir akiferden beslendiklerini göstermektedir. Piper diyagramı üzerinde suların aynı bölgede kümeleşmeleri suların aynı kökenli veya benzer bir akiferden beslendiklerini gösterir.

Anahtar Kelimeler: Hidrojeoloji, Jeoloji, Hidrokimyasal Analizler, Hidrojeokimya.
Şubat, 2021; 72 sayfa

M.Sc. THESIS

HYDROGEOLOGICAL EXAMINATION OF WATER RESOURCES IN THE GÜLŞEHİR REGION

İlknur DEMİRCİOĞLU

**Aksaray University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Geology Engineer**

Supervisor: Prof. Dr. Hatim ELHATİP

ABSTRACT

The study area covers the region to the north of Kızılırmak River between Nevşehir province Gülşehir and Avanos districts. In the area, the Paleozoic-Mesozoic metamorphites of the Kırşehir massif and the Late Cretaceous igneous rocks cutting them form in the area. Late Paleocene-Middle Eocene sedimentary units overlap these units unconformably. The Middle Miocene-Quaternary units unconformably cover the underlying units. The area is tectonically quite faulted and fractured. In this study, the geological and hydrogeological characteristics of the region were examined. The groundwater map has been prepared and the flow direction is towards Kızılırmak in the south, although there are some current differences. In addition, underground waters feeding Kızılırmak. Water samples taken from the field were analyzed in the laboratory and evaluated in the necessary diagrams. Assessment information sources are rich in calcium, sulfate and bicarbonate ions. These waters are Ca-HCO₃ type waters with high carbonate alkalinity and high carbonate and hardness. The fact that these waters have the feature of Ca-HCO₃ shows that the waters are fed from a carbonate aquifer. The same clustering of waters on the Piper diagram indicates that they are fed from the same or similar aquifer.

Keywords: Hydrogeology, Geology, Hydrochemical Analysis, Hydrogeochemical.

February, 2021; 72 pages

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Çalışma alanı yer bulduru haritası	2
Şekil 3.1. Çalışma alanı yapısal haritası (Demircioğlu 2014'ten değiştirilerek alınmıştır).	11
Şekil 3.2. Çalışma alanının stratigrafik kesiti (Demircioğlu 2014)	12
Şekil 3.3. Temeli oluşturan, Tamadağ Metamorfitlelerine ait gnayslar. (Gülşehir-Hacıbektaş yolu).....	13
Şekil 3.4. Ziyaret Tepe çevresinde, Bozçaldağ Metamorfitlelerine ait mermerler (Ziyaret Tepe kuzeyi).....	14
Şekil 3.5. Saytepe çakıl taşlarında siyenit ve metamorfite çakıl ve blokları(Karadağ kuzeyi).	15
Şekil 3.6. Kılıçkaya kireçtaşlarının genel görünümü. (Kılıçkaya Tepe civarı).	16
Şekil 3.7. Kubaca-İlice Formasyonları sınırı.(Gümüşyazı–Dadağı Köyleri arası)..	17
Şekil 3.8. Alıçlı Formasyonuna ait kumtaşı ve çamurtaşları.	18
Şekil 3.9. Tuzköy formasyonu içerisindeki kalın tuz (halit) tabakaları (Tuzköy Köyü).	19
Şekil 3.10. Yüksekli formasyonu genel görünümü.....	20
Şekil 3.11. Ürgüp formasyonu içerisindeki tüffit, üstte Güvercinlik çakıltası (Gülşehir-Avanos yolu).	20
Şekil 3.12. İşletilen Balkaya travertenlerinden görünüm (Gümüşkent traverten işletmesi).	21
Şekil 3.13. Saytepe formasyonunun Eşefin formasyonu üzerine bindirmesi (Saçaklı tepe güneyi).....	22
Şekil 3.14. Tamadağ metamorfitlelerine ait gnayslarda görülen yatık-izoklinal kıvrımlanmalar (Hacıbektaş yolu).	24
Şekil 3.15. Çalışma alanındaki eğik-izoklinal kıvrımlar (F1-F2 evre kıvrımlar -Ayhan yolu).	25
Şekil 4.1. Çalışma alanı çevresinde yer alan meteoroloji gözlem istasyonu dağılım haritası	26
Şekil 4.2. Çalışma alanı drenaj ağı haritası.....	27
Şekil 4.3. Çalışma alanının meteorolojik verilerine göre toplam yağış grafiği	28
Şekil 4.4. Avanos bölgesinin yağıştan birikimli sapma grafiği	29
Şekil 4.5. Aylık ortalama sıcaklık değerleri.....	30
Şekil 4.6. İnceleme alanına ait yağış - potansiyel buharlaşma aylık – değişim grafiği (Thornthwaite yöntemi - 1948)	35
Şekil 4.7. 3 aylık indislerin toprak üzerindeki etkisini gösteren grafik.	38
Şekil 4.8. 6-9 Aylık indislerin yüzey sularına etkisini gösteren grafik.....	39
Şekil 4.9. 12-24 Aylık indislerin yüzey sularına etkisini gösteren grafik.....	39
Şekil 4.10. Nevşehir ili kuraklık analizi grafiği	40
Şekil 5.1. Çalışma alanı örnekleme yerleri ve kesit hatları haritası.....	42
Şekil 5.2. Çalışma alanı enine jeolojik kesitleri.....	43
Şekil 5.3. Çalışma alanının hidrostratigrafik kesiti	44
Şekil 5.4. Çalışma alanının eş YAS eğrileri ve akım yönü (2017)	46
Şekil 5.5. Hidrojeolojik enine kesit (ölçeksiz).....	47
Şekil 6.1. Alınan numunelerin arazideki konumları	48
Şekil 6.2. Bölgedeki su kaynakları	49
Şekil 6.3. Numunelerin iyon bolluk diyagramı.....	55

Şekil 6.4. Gülşehir (Nevşehir) civarındaki su numunelerin yağışlı döneme ait Piper diyagramı (Mayıs-2019).....	56
Şekil 6.5. Gülşehir (Nevşehir) civarındaki su numunelerin kurak döneme ait Piper diyagramı(Eylül-2019)	57
Şekil 6.6. Gülşehir (Nevşehir)civarındaki su numunelerinin yağışlı döneme ait yarı logaritmik Schoeller diyagramı (Mayıs-2019)	58
Şekil 6.7. Gülşehir (Nevşehir) civarındaki su numunelerin kurak döneme ait yarı logaritmik Schoeller diyagramı (Eylül-2019)	58
Şekil 6.8. Yağışlı dönem anyon-kasyon pasta grafikleri haritası	60
Şekil 6.9. Kurak dönem anyon-kasyon pasta grafikleri haritası.....	61
Şekil 6.10. Yağışlı döneme ait doygunluk indislerin grafiği.	63
Şekil 6.11. Kurak döneme ait su doygunluk indislerin grafiği	64
Şekil 6.12. Yağışlı döneme ait suların Ca-Mg-Na+K-HCO ₃ -SO ₄ -Cl (meq/l)değerleri	65
Şekil 6.13. Kurak döneme ait suların Ca-Mg-Na+K-SO ₄ -HCO ₃ -Cl değerleri	66



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1. Meteoroloji gözlem istasyonlarının verileri.....	28
Çizelge 4.2. MGI'lerin yıllık toplam yağış miktarları(mm).....	28
Çizelge 4.3. MGI:Meteoroloji gözlem istasyonlarının verileri N: istasyon numarası; R: istasyon kotu(m); T:veri aralığı (yıl) Sort: yıllık ortalama sıcaklık, Sortmax: yıllık ortalama max sıcaklık Sortmin: yıllık ortalama min sıcaklık	30
Çizelge 4.4. Meteoroloji istasyonları enlem düzeltme katsayıları (k)	32
Çizelge 4.5. Thornthwaite yöntemi ile hesaplanan inceleme alanı ve çevresine ait aylık potansiyel buharlaşma-terleme (ETp) değerleri	33
Çizelge 4.6. Thorntwaite yöntemi kullanılarak hesaplanan çalışma alanının su bilançosu	34
Çizelge 4.7. Standart yağış indeksi (SPI)	37
Çizelge 6.1. (Mayıs 2019) dönemine ait analiz sonuçları.....	50
Çizelge 6.2. Kurak (Eylül 2019) dönemine ait analiz sonuçlar	52
Çizelge 6.3. Suların İyon dizilimleri.....	54
Çizelge 6.4. Yağışlı döneme ait su doygunluk indisleri (Mayıs 2019).....	62
Çizelge 6.5. Kurak döneme ait su doygunluk indisleri (Eylül 2019).....	63
Çizelge 6.6. İnceleme alanındaki Ca-Mg-Na+K-HCO ₃ -SO ₄ -Cl (meq/l)değerleri	65
Çizelge 6.7. Kurak dönem Ca-Mg-Na+K-HCO ₃ -SO ₄ -Cl (meq/l) değerleri.....	66

SİMGELER VE KISALTMALAR

Ayer	Yeraltı Suyuna Akış
B	Batı
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemi
D	Derinlik
D	Doğu
DMİ	Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü
DSİ	Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
E	Günlük Potansiyel Buharlaşma
EC	Elektriksel İletkenlik
Eh	Yükseltgenme İndirgenme Potansiyeli
E_{su}	Eksik Su
ETg	Gerçek Buharlaşma - Terleme
ET	Potansiyel Buharlaşma - Terleme
F_{su}	Fazla Su
G	Güney
g	Yerçekimi İvmesi
GB	Güneybatı
GD	Güneydoğu
GG	Geçirimli
GY	Yarı Geçirimli
GZ	Geçirimsiz
H	Buharlaşma Yüzeyinde Kullanılan Güneş Enerjisi Miktarı
h	Su yüksekliği
I	Yıllık Toplam Sıcaklık İndisi
i	Aylık Sıcaklık İndisi
K	Geçirgenlik
k	Enlem Düzeltme Kat Sayısı
KB	Kuzeybatı
KD	Kuzeydoğu
MGi	Meteoroloji Gözlem İstasyonu
MTA	Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü
N	Aylık Ortalama Astronomik Güneşlenme Süresi
n	Aylık Ortalama Güneşlenme Süresi
N_{kort}	Ortalama Aylık Nemlilik Kat Sayısı
OAKK	Orta Anadolu Kristalin Karmaşığı
P	Yağış
pH	Hidrojen İyonu Konsantrasyonu
R	Kuyu Çapı
R_H	Bağıl Nem
R_{su}	Rezerv Su
S	Depolama Kat Sayısı
SAR	Sodyum Absorbsiyon Oranı
SI	Doygunluk İndisi
Sort	Ortalama Yıllık Sıcaklık
Sortmax	Aylık Ortalama En Yüksek Sıcaklık
Sortmin	Aylık Ortalama En Düşük Sıcaklık
T	İletimlilik Kat Sayısı

T	Sıcaklık
t	Zaman
TDS	Toplam Çözünmüş Katı Madde
UTM	Universal Transverse Mercator
Q	Debi
Q_{bes}	Sisteme Giren Su Miktarı
Q_{boş}	Sistemden Çıkan Su Miktarı
°C	Santigrad Derece
%	Yüzde
ΔS	Depolamadaki Rezerv Değişimi
ΣETp	Toplam Potansiyel Buharlaşma - Terleme
ΣPort	Ortalama Yıllık Toplam Yağış
ΣPmax	Yıllık En Fazla Toplam Yağış
ΣPmin	Yıllık En Az Toplam Yağış



1. GİRİŞ

1.1 Bölgenin Tanıtımı

İnceleme alanı Türkiye 1:25.000 ölçekli topoğrafik haritalarından Kayseri K-33-a3, K-33-b4 paftalarının bir kısmını içerisine alan yaklaşık 150 km²'lik bir alanı kapsamaktadır (Şekil 1.1). Çalışma alanı, Nevşehir il sınırları içerisinde Kızılırmak havzasına ait Gülşehir alt havzasının kuzeyinde yer alır. İnceleme alanına ulaşım karayolu ile sağlanmaktadır (Şekil 1.1). Jeolojik olarak Kırşehir masifinin yaklaşık orta kesiminde yer alır.

Bölgenin en önemli yükseltileri, Ziyaret Tepe (1581 m.) ve Hırka Tepe (1683 m.)'dir. Bölgede morfolojiye ve litolojiye bağlı olarak farklı büyüklüklerde kaba ve ince dentritik drenaj ağları gelişmiştir. Çalışma alanında, yaklaşık doğu-batı doğrultusunda uzanan Kızılırmak'ın yanı sıra, bölgenin önemli akarsularından olan Kızılöz Deresi, yaklaşık kuzey-güney doğrultusunda akışa devam ederek Kızılırmak ile birleşir.

Bu alanlar aynı zamanda tarıma oldukça elverişlidir. Bu alanlarda yetiştirilen tarım ürünleri yöre halkının önemli geçim kaynakları arasında yer alır. İnceleme alanında karasal iklim şartları hüküm sürer ve sıcaklık-yağış değerleri buna uygunluk gösterir.

1.2 Çalışmanın Amacı

Bu çalışma kapsamında, Kızılırmak havzasının Gülşehir alt havzasının kuzeyinde yer alan bölgenin hidrojeolojik özellikleri incelenmiştir. Önceki çalışmalardan farklı olarak yeraltı su seviyelerini (yass) ve akım yönlerini gösteren haritalar hazırlanmıştır, meteorolojik verilerin bölgede yer alan su kaynaklarının debilerine olan değişimi belirlenmiştir. Bunların yanı sıra su kaynaklarının hidrojeo-kimyasal özellikleri ve mevsimsel değişimleri detaylı olarak araştırılmıştır. Su kaynaklarının su kotları tespiti yapılmış yüzey ve yeraltı suları arasındaki ilişki belirlenmiş ve zamansal hidrojeokimyasal değişimi izlenmiştir.



Şekil 1.1. Çalışma alanı yer bulduru haritası.

Yeraltısuyu potansiyelini belirlemek amacıyla inceleme alanı ve çevresinde akifer özelliği gösterebilecek kayaçların belirlenmesi ve yeraltı sularının hidrolojik akım yönlerinin tespiti hidrojeolojik çalışmalar için oldukça önemlidir.

Çalışma alanındaki su döngüsünü, beslenme ve boşalımı koşulları değerlendirmek amacıyla, yağış, buharlaşma, akış ve süzülme gibi hidrolik parametreler incelenmiştir. Ayrıca, yüzey ve yeraltı sularının hidrojeolojik özellikleri araştırılmıştır.

1.3 Önceki Çalışmalar

Çalışma alanı içerisinde, önceki çalışmalar, jeolojiden çok endüstriyel hammaddeler (daha çok kömür) ve yapı malzemeleri üzerinedir. Daha çok, yörede gelişen tuğla sanayi için bu çalışmalar yapılmıştır. Bölgedeki jeolojik çalışmalardan bazıları şunlardır:

Reul (1954) Ayhan, Arafa (Gümüşyazı), Alemlı, Dadağı arasındaki, Arafa formasyonuna ait kömürlü birimlerde çalışmalarda bulunmuş ve kömürlü birimlerin stratigrafik özelliklerini incelemiştir. Bu çalışmalar sonucunda, kömür damarı bulunan iki seriyi belirlemiştir.

Erguvanlı (1954) Çalışma alanındaki birimlerin petrografik özelliklerini incelemiştir. Oligosen yaşlı çakıltası seviyelerinin, Lütésiyen yaşlı fosiller içeren birimlerin üzerine geldiğinden ve linyit içeren birimlerden bahsetmektedir. Ayhan-Arafa (Gümüşyazı)-Kütükçü arasındaki alanda, 80-100 cm kalınlıkta linyit damarlarından bahsetmektedir.

Becker (1956) daha çok linyit üzerine incelemelerde bulunmuştur. Hacıbektaş-Gölşehir arasında çalışmalar yapmıştır. Ayhan yöresindeki kireçtaşlarının Ypresiyen-Alt Lütésiyen yaşlı olduğunu belirtmiştir. Kırmızı renkli birimlerin, sıg ortamda oluştuğunu belirtmiştir.

Lebküchner (1957) Kırşehir Masifinin metamorfik kayaçlarından oluşan Hırka Dağı ve çevresinin, şist ve mermerlerden oluştuğunu belirtmiştir. Özkonak-Ayhan arasındaki Numulitli Kireçtaşlarından, kırmızı renkli, Oligosen yaşlı çakıltası ve

kumtaşlarından bahsetmiştir. Ayrıca kil, killi marn ve linyit damarlı birimler olduğunu tespit etmiştir.

Piseni (1961) inceleme sahasındaki Oligosen yaşlı birimlerin karasal-lagüner ortamda çökeldiğini, Eosen ile Oligosen birimlerinin diskordan yerleştiğini ve çakıldaşlarının, Eosen denizi regresyonu ile oluştuğundan bahsetmektedir.

Beekman (1963) çalışma alanının doğusunda yer alan Himmetdede yöresinde tüf, riolitik tüflerin varlığını ve bu tüflerin ince- iri taneli ve camsı özellikte olduğunu belirtmiştir.

Sassano (1964) alanda, genellikle volkanolojik çalışmalar yapmıştır. Neojen birimlerini, Kavak Tüfü ve Akkepes üyesi olarak isimlendirmiştir. Karakepez bazaltı ve Kızılırmak'ın alüvyonlarının oluşturduğu birimlerin Kuvaterner yaşlı olduğundan söz etmiştir. Akkepes üyesinin ise, kireçtaşı, kumtaşı, tüf ve marndan oluştuğunu belirtmiştir.

Lange (1968) Bölgedeki Oligosen birimlerinde kıvrımlardan bahseder. Bu birimlerin, Eosen birimleri üzerine diskordan olarak geldiğinden bahseder. Hacıbektaş ve çevresindeki Eosen yaşlı birimlerde Nummulit fosili bulmuştur.

Kayakıran (1979) Geç Oligosen yaşlı jips ve tuz, Oligo-Miyosen yaşlı Kavaklı Formasyonu, Miyosen yaşlı Tuzköy Formasyonu, Pliyosen yaşlı Ürgüp Formasyonu ve Kuvaterner yaşlı, Kızılırmak taraçalarından ve bazaltlardan söz etmiştir. Gülşehir'deki kaya tuzlasının etüt çalışmasını yapmıştır.

Seymen (1980, 1981, 1983) Orta Anadolu Metamorfizmasının tektonik özelliklerini incelemiş ve tektonik deformasyon evrelerini ortaya koymuştur. 4 evreli deformasyon fazlarını ortaya koymuştur. Çalışma alanının kuzeybatısında yer alan Kaman Masifini de adlandırmıştır. Masifi kesen plütonizma hakkında çalışmalar yapmıştır. Kaman grubunun önce ilerleyen sonra gerileyen, düşük basınç ve yüksek sıcaklık metamorfizması (Seymen, 1981) sırasında dört evreli plastik deformasyon geçirdiği saptanmıştır.

Aydın (1984) Gümüşkent (Salanda) çevresinin jeolojik ve petrografik incelemesini yapmıştır. Metamorfizmanın oluşturduğu Tamadağ Formasyonunu ve bu birimleri

kesen, granit, diyorit ve granodiyoritlerden oluşan birimleri 'Akçataş Granitleri' olarak tanımlamıştır. Çakıltası, kumtaşı, silttaşı ve kireçtaşından oluşan Eosen yaşlı birimleri Akmezardere Formasyonu olarak adlandırılmıştır. Geç Miyosen yaşlı ve çakıltası, kumtaşı, kiltası ve tüffitten oluşan birimleri, Yüksekli Formasyonu olarak adlandırmıştır. Pleyistosen-Holosen yaşlı İçmece kireçtaşları adı altında, bölgedeki travertenlerden bahsetmektedir.

Atabey vd. (1987) Bölgede, Ortaköy-Tuzköy yöresi jeoloji etüt çalışmalarını yapmışlardır. Tamadağ Metamorfikleri ve bunları kesen granitoidlerden söz etmektedirler. Ayrıca, denizel ve Lütesiye yaşlı fliš karakterli birim Akmezardere Formasyonu ve bu birimin üzerine uyumsuzlukla gelen, Oligosen yaşlı, karasal veya karasal-akarsu-göl ortamlı birimleri Avcıköy Formasyonu olarak adlandırmışlardır. Miyosen yaşlı, gölsel Tuzköy formasyonu, akarsu fasiyesli, Geç Miyosen-Pliyosen yaşlı Peçenek Formasyonu ve Kuvaterner yaşlı çakıltaları üzerine gelen bazaltlardan bahsetmektedir.

Atabey vd. (1988) Hacıbektaş-Gölşehir-Kalaba (Nevşehir)-Himmetdede (Kayseri) arasının jeolojik etüt çalışmalarını yapmışlardır. Bu araştırmalarda, bölgedeki birimleri incelemiş ve bu birimlerin, stratigrafik, tektonik ve petrografik özellikleri ortaya konmaya çalışılmıştır.

Köksal ve Göncüoğlu (1997) inceleme alanının doğusunda yer alan, İdiş Dağı ve çevresinin jeolojisini incelemişlerdir. Kırşehir Masifi'ne ait birimlerin, örtü birimleri üzerine bindirdiklerinden bahsetmiştir.

Kazancı (1996) Acıgöl ve civarındaki volkanitleri incelemiş ve volkanik aktivitenin birkaç evreli olduğunu söylemiştir.

Afşin (2002) Gümüşkent ve civarındaki su kaynakları alanlarının korunması hakkında çalışmıştır. Hidrojeokimyasal incelemelerde bulunmuştur.

Örmeci (2005) Şarkikaraağaç havzasında yaptığı çalışmada jeolojik birimleri hidrojeolojik özelliklerine göre değerlendirerek geçirimli, yarı geçirimli ve geçirimsiz birimler olarak ayırtlamış hidrojeoloji haritası hazırlamıştır. Şarkikaraağaç ovası için su bilançosu yapılmış, çalışma alanının yeraltısuyu seviyesinin konumu ve

akım yönünün belirlenmesi amacıyla yeraltısu seviye haritaları hazırlamıştır. Bölgede yeraltısu akım yönünün Beyşehir Gölü'ne doğru olduğunu tespit etmiştir.

Genç ve Yürür (2010) Bölgedeki genişlemeli tektonik üzerine çalışmışlardır. Orta Anadolu'da Geç Mesozoyik'ten günümüze kadar ki dönemde genişlemeli tektonik rejimde, ince kabuk, sıyrılma yapısının geliştiğini belirtir.

Doğan (2010-2011) Gülşehir ve çevresindeki bazaltlarda yaş analizlerini yapmış ve Kuvaterner kayalarında jeomorfoloji çalışmıştır.

Kara (2010) İnceleme alanında açılan kuyuların sıcaklıklarının 20°C'den yüksek olması jeotermal potansiyeli gösterdiğini belirtmiştir. Ayrıca bu suların mineralce fakir olduğunu söylemiştir. Analiz sonuçlarına göre rezervuar sıcaklığının 90-140 °C arasında olabileceğini belirtmiştir.

Demircioğlu (2014) Gülşehir-Özkonak arasının yapısal ve jeolojik özelliklerini incelemiş ve bu bölgede kayaların deformasyon evrelerini ortaya koymuştur. Tektonik taşınma yönlerini ayrıntısıyla incelemiştir.

Ünal (2015) Bölgedeki kireçtaşlarında incelemeler yapmıştır. Kubaca üyesi killi kireçtaşı ve kireçtaşı numunelerinde yaptığı petrografik, XRD, SEM-EDAX ve jeokimyasal analizlerinde tespit edilen uranyum mineralleşmesi kireçtaşları oluşumdan sonra mikroorganizmal ve hidrotermal sıvılar vasıtasıyla epijenetik olarak oluştuğuna işaret etmiştir. Uranyum oluşumuna kaynak oluşturan hidrotermal akışkanların kayacın çalışma alanının yakınlarında yer alan granitoyitlerin soku lumuyla olabileceği düşünülmektedir.

2. MATERYAL VE METOD

Araştırma alanı, İç Anadolu Bölgesi'nin Nevşehir iline bağlı Avanos-Gülşehir-Özkonak ilçeleri civarlarını kapsamaktadır. Bu çalışma; 2017-2020 yılları arasında, literatür çalışmaları, arazi çalışmaları, laboratuvar çalışmaları ve büro çalışmaları olarak 4 bölümde yürütülmüştür.

2.1 Büro Çalışmaları

Öncelikle çalışma alanı, yakın çevresi ve konu ile ilgili literatür araştırmaları yapılmıştır. Bu amaçla farklı üniversiteler, TPAO ve MTA arşivleri ve kütüphaneleri taranmıştır. Ayrıca internet üzerinden hizmet sunan birçok veri tabanı ile online kütüphane de taranmıştır. Bölgede bulunan kuyulara ait veriler DSİ'den temin edilmiştir. Bölgede bulunan meteoroloji gözlem istasyonlarının verileri Aksaray Meteoroloji Müdürlüğünden temin edilmiştir. Sonraki aşamada inceleme alanı ve yakın çevresine ait jeolojik haritalar-çalışmalar, incelenmiş ve revize edilmiştir. Sahada kullanılmak üzere alanının 1:25.000 ölçekli topoğrafik haritaları edinilmiştir.

2.2 Arazi Çalışmaları

Arazi çalışmaları Mayıs 2019 ve Eylül 2019 tarihlerinde gerçekleştirilmiştir. İlk olarak bölgenin jeolojik özellikleri incelenmiş ve jeolojik haritalar yeniden düzenlenmiştir. Sonraki aşamada inceleme alanında yer alan mevcut su kaynaklarının yerleri, tipleri ve sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik, debi değerleri gibi hidrojeolojik özellikleri belirlenerek örnekleme noktalarının sayıları ve konumları tespit edilmiştir. Sonraki aşamada su kaynaklarının hidrojeokimyasal özelliklerini araştırmak amacı ile 1lt.'lik çift kapaklı polietilen numune şişeleri kullanılarak örnekleme noktalarından su numuneleri alınmıştır. Örnekleme sırasında pH, sıcaklık, iletkenlik ölçümleri arazide yerinde yapılmıştır.

2.3 Laboratuvar Çalışmaları

Arazi çalışmaları sırasında toplanan numuneler, Aksaray Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Uygulama ve Araştırma Merkezi Su Kimyası Laboratuvarında analiz edilmiştir.

2.4 Veri Değerlendirme Çalışmaları

Veri değerlendirme çalışmaları, inceleme alanıyla ilgili raporlar, makaleler, yayınlar, tez çalışmaları ve diğer bilimsel çalışmalar araştırılmış ve bunlardan yararlanılmıştır. Arazi çalışmaları sırasında toplanan jeolojik veriler, ve su kimyası analiz sonuçları değerlendirilmiştir.

Arazi çalışmalarında toplanan ve laboratuvardan elde edilen jeolojik ve hidrojeolojik veriler dijital ortama aktarılmış, düzenlenmiş ve çalışmanın amacına uygun olarak sınıflandırılmıştır. Düzenlenen ve sınıflandırılan veriler Arcgis, Aquachem, Excel, Freehand ve Phreeqc gibi yazılımlar kullanılarak değerlendirilmiş ve görsel olarak işlenmiştir. Tez yazımı, Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Klavuzu'nda belirtilen kurallara uygun olarak hazırlanmıştır.

3. ÇALIŞMA ALANININ JEOLJİSİ

3.1 Çalışma Alanının Bölgesel Jeolojik Konumu

Çalışma alanı, Ketin (1966)'in yaptığı Türkiye'nin tektonik birlikleri sınıflandırmasına göre, Anatolid Kuşağı'nın Orta Anadolu Masifi içerisinde bulunmaktadır. Çalışma alanının kuzey kısmını Pontidler oluşturur ve diğer tektonik birliklerden, İzmir-Ankara-Erzincan kenet zonu ile ayrılmaktadır.

İnceleme alanı, Orta Anadolu Kristalen Kompleksi'nin neredeyse ortasında yer alır. Okay ve Tüysüz (1999)'e göre alan, doğu ve güneydoğuda İç Toros süturu Kuzeyde ise Ankara-Erzincan zonu ile sınırlıdır.

Bölge ve çevresi, magmatik kayaçlarca çok zengindir. Bundan dolayı, Kapadokya volkanik bölgesi olarak isimlendirilmektedir. Bölgede, özellikle petrografik çok fazla araştırma vardır. Alandaki derinlik ve yüzey magmatiklerinin de oluşum mekanizması, petrografik ve radyometrik yaşlandırma çalışmaları yapılmıştır. Yapılan çalışmalarla alanda değişik zaman aralıklarında, magmatizmanın varlığı ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Alanda Geç Miyosen-Kuvaterner arası yaş veren genç volkanik aktivite, yine bölgedeki tektonizma ile yakından alakalıdır. Bu dönemde, genişlemeli tektonik rejimden kaynaklı, kabuk incilmesi ve oluşan faylanmalar, manto üzerinde basınç azalmasına neden olmuş ve zayıf fay zonlarında volkanik çıkışlara sebep olmuştur. Buradaki magmatik kayaçlarda yapılan kayaç analizlerinde, Geç Miyosen'den Halosen'e kadar birçok volkanik etkinlik saptanmıştır.

Bunlar; lav akıntıları, su buharı ve gaz patlamaları (maar oluşumu) gibi aktivitelerdir. Burada görülen volkanik birimlerin kökeni, Nevşehir ilinin güneybatısında bulunan Göllüdağ, Hasandağ, Melendiz Dağı, Karnıyarık Tepe ve doğusundaki Erciyes gibi volkanik alanlardır. Basen ve Dadağı baseninin dışında kalan birimler stratigrafik ve tektonik olarak farklı özellikler göstermektedir (Şekil 3.1). Temeli oluşturan Kırşehir Masifine ait Tamadağ ve Bozçaldağ Metamorfikleri en yaşlı birimleri oluştururlar. Bu birimlere önceki çalışmacılar tarafından Paleozoyik-Mesozoyik yaşı verilmiştir. Bu birimler içerisinde oluşan havza Dadağı havzasını oluşturmuştur.

Dadağı basende Paleosenden-Miyo-pliyosene kadar değişen yaşıta birimler çökeltmiştir. Havzanın güneyinde kalan bölgede, daha genç yaşıtlı sedimanter ve volkano-sedimanter birimler oluşmuştur. Dadağı baseninin güneyinde kalan bu alanda, Miyosen-Holosen yaş aralığında birimler oluşmuştur. Bu alanın genel yayılımı yaklaşık Kuzeybatı-Güneydoğu gidişlidir.

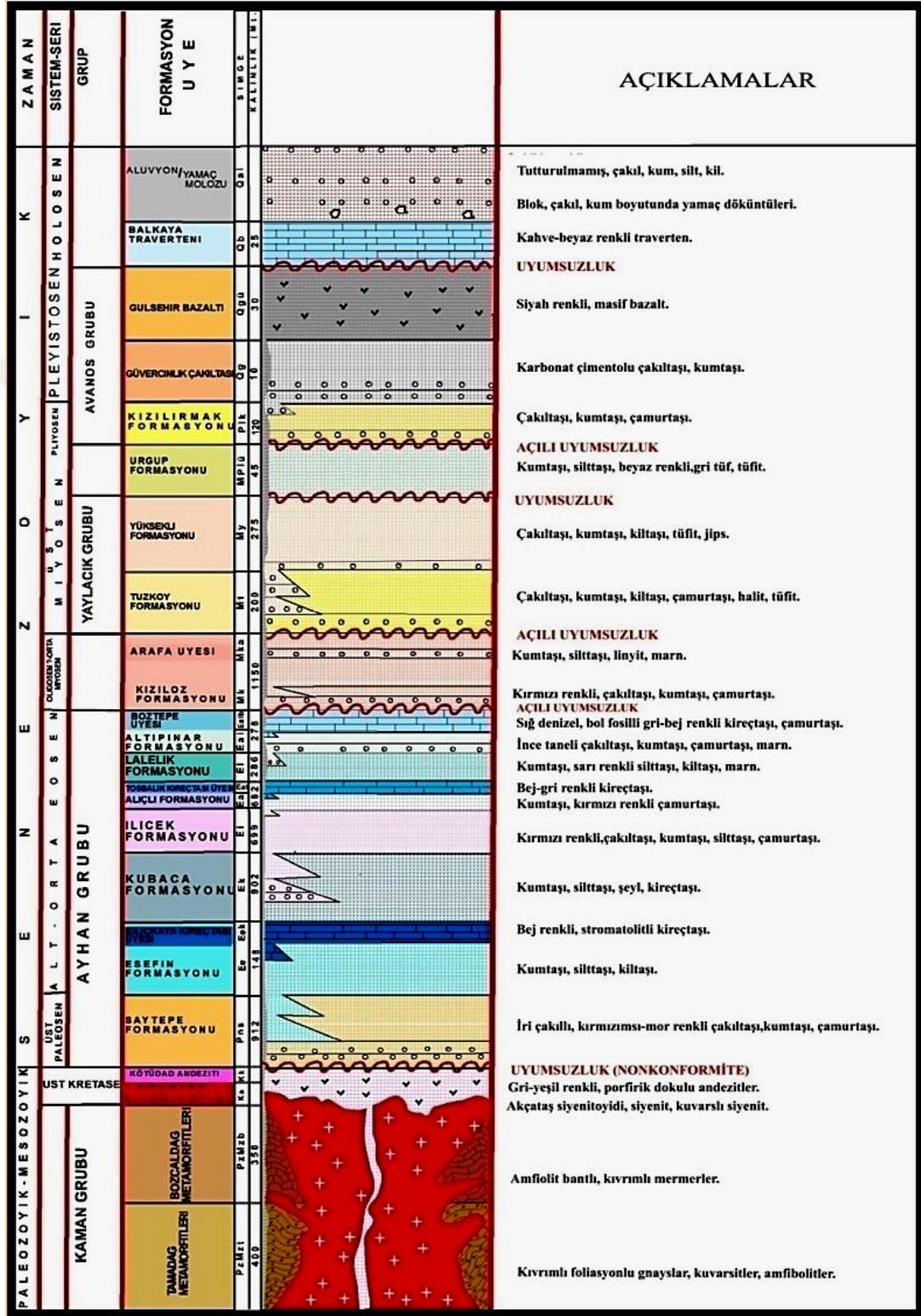
Alanda en yaşıtlı birimleri Miyosen yaşıtlı Yüksekli Formasyonu oluşturur. En genç sedimanter birimler ise Pleyistosen yaşıtlı Kızılırmak Çakıltası ve Holosen yaşıtlı eski alüvyon ve güncel alüvyondur.

Volkanitlerden, genç bazaltlar üzerinde yapılan radyometrik yaş analizleri de 1. 9 milyon yıldan, 96 bin yıla kadar değişen yaşlar vermektedir (Doğan, 2010). Dadağı basende oluşan birimlerin temelinde Kırşehir masifine ait metamorfikler bulunur. Havzanın oluşumuna ait değişik oluşum modelleri vardır.

Eosen sonrası oluşan kompresyonel kuvvetler, hem temeli hem de havza içinde oluşan birimleri etkilemiştir. Havzanın içerisindeki birimlerin genel yayılımı, kuzeybatı-güneydoğu gidişlidir. Çalışma alanında Neotektonik dönemin başlama dönemine ait de değişik görüşler mevcuttur.

3.3 Çalışma Alanının Stratigrafik Birimleri

Çalışma alanına ait stratigrafik kesiti Şekil 3.2’de verilmiştir.



Şekil 3.2. Çalışma alanının stratigrafik kesiti (Demircioğlu 2014).

3.3.1 Kaman grubu

Kaman Grubu, Seymen (1981) tarafından adlandırılmıştır. Çalışma alanında Kaman Grubuna ait yalnızca Tamadağ Metamorfitleri ile Bozçaldağ Metamorfitlerine ait kayaçlar yüzeylenmektedir.

3.3.1.1 Tamadağ metamorfitleri (PzMzt)

Tamadağ birimi, amfibolit, gnays, kuvarsit türü kayaçlardan oluşmaktadır. İlk kez Seymen (1981) tarafından adlandırılmıştır. Kaman civarındaki Tamadağ'dan adını alır (Şekil 3.3). Tamadağ Metamorfitleri (PzMzt) kıvrımlı foliasyonlu gnayslar, kuvarsitler ve amfibolitlerden oluşmaktadır. Hırka Dağı ile Eski Yaylacık köyü civarında, Özkonak Kasabası, Ziyaret Tepe civarında yayılım gösterir.



Şekil 3.3. Temeli oluşturan, Tamadağ Metamorfitlerine ait gnayslar (Gülşehir-Hacıbektaş yolu).

3.3.1.2 Bozcaldag metamorfitleri (PzMzb)

Hakim kayacı mermerlerdir. Seymen (1981) tarafından adlandırılmıştır. Adını, Kaman civarındaki Bozcaldag'dan alır (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Ziyaret Tepe çevresinde, Bozcaldag Metamorfitlerine ait mermerler (Ziyaret Tepe kuzeyi).

3.3.1.3 Akçataş siyenitoyidi (Ka)

Hakim kayaları, siyenit, kuvarslı siyenit v.b. derinlik kayalarından oluşan birim, ilk defa, Akçataş Köyü'ne atfen, Aydın (1984) tarafından, Akçataş granitleri olarak adlandırılmıştır. Atabey vd. (1988), çalışmasında ise, Karadağ graniti olarak adlandırılmıştır.

3.3.1.4 Kötüdağ andeziti (Kk)

Çalışma alanındaki andezitlerden oluşan birim ilk olarak, Seymen (1983) tarafından, Kaman grubu metamorfitler üzerindeki en Geç Kretase yaşlı volkanitleri, Çiçekdağı civarındaki Kötü Dağ'a atfen Kötüdağ volkanitleri olarak adlandırmıştır. Demircioğlu (2014) Kötüdağ andeziti olarak adlandırılmıştır. Bu çalışmada da bu adlandırma kullanılmıştır.

3.3.2 Örtü birimleri

3.3.2.1 Ayhan grubu

Geç Kretase-Orta Eosen yaşlı, karasal ve denizel ortalarda oluşmuş birimlerden meydana gelen bu grup, ilk olarak Atabey (1988) tarafından, Ayhan formasyonu olarak adlandırılmıştır. Demircioğlu (2014) ise, Ayhan formasyonu içerisinde üye mertebesinde ayırtlanan birimler, formasyon mertebesinde ayırtlanmıştır. Bu çalışmada da bu isimler kullanılmıştır.

3.3.2.2 Saytepe formasyonu (Pns)

Çakıltası, kumtaşı, çamurtaşı ardalanmasından oluşan birim ilk olarak, Atabey (1988) tarafından Saytepe üyesi olarak ayırtlanmıştır. Göncüoğlu vd. (1993) tarafından Yeşilöz formasyonu olarak adlandırılmıştır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Saytepe çakıl taşlarında siyenit ve metamorfit çakıl ve blokları (Karadağ kuzeyi).

3.3.2.3 Esefin formasyonu (Ee)

Kumtaşı, silttaşı, kiltası ve kireçtaşıdan oluşan birim, ilk olarak Atabey vd. (1988), tarafından Esefin üyesi olarak ayırtlanmıştır. Demircioğlu (2014) tarafından Esefin formasyonu olarak adlandırılmıştır. Bu çalışmada da bu adlandırma kullanılmıştır.

3.3.2.4 Kılıçkaya kireçtaşı üyesi (Eek)

Esefin formasyonu içindeki stromatolitli kireçtaşları, ilk kez Demircioğlu (2014) tarafından, Esefin formasyonu içerisinde üye mertebesinde ayırtlanmış ve adlandırılmıştır. Bu çalışmada da bu adlandırma kullanılacaktır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Kılıçkaya kireçtaşlarının genel görünümü (Kılıçkaya Tepe civarı).

3.3.2.5 Kubaca formasyonu (Ek)

Kumtaşı, silttaşı, şeyl ve kireçtaşlarından oluşan birim, ilk kez Atabey vd. (1988) tarafından, Kubaca üyesi olarak ayırtlanmıştır. Demircioğlu (2014) tarafından Kubaca formasyonu olarak adlandırılmıştır. Bu çalışmada da bu adlandırma kullanılmıştır.

3.3.2.6 İlcek formasyonu (Ei)

Çakıltası, kumtaşı, silttaşından oluşan birim, ilk olarak Atabey vd. (1988), tarafından, İlcek üyesi olarak ayırtlanmıştır. Demircioğlu (2014) tarafından, İlcek formasyonu olarak adlandırılmıştır (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Kubaca-İlcek Formasyonları sınırı (Gümüşyazı –Dadağı Köyleri arası).

3.3.2.7 Alıçlı formasyonu (Ea)

Kumtaşı, silttaşı, çamurtaşı ve kireçtaşlarından oluşan birim, ilk olarak, Atabey vd. (1988) tarafından, Ayhan formasyonu içerisinde, İlcek üyesi olarak tanımlanmıştır. Demircioğlu (2014) tarafından, Alıçlı formasyonu olarak adlandırılmış ve ayırtlanmıştır. Birim içerisindeki kireçtaşları ise, Tosbalık kireçtaşı üyesi, ilk kez Demircioğlu (2014) tarafından ayırtlanmıştır (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Alıçlı Formasyonuna ait kumtaşı ve çamurtaşları.

3.3.2.8 Tosbalık kireçtaşı üyesi (Eat)

Bej renkli kireçtaşlarından oluşan birim, ilk kez Demircioğlu (2014) ayırtlamış ve Tosbalık kireçtaşı üyesi olarak adlandırılmış ve tanımlanmıştır.

3.3.2.9 Lalelik formasyonu (El)

Kumtaşı, silttaşı, kiltası, marn ve çamurtaşından oluşan birim, ilk kez Atabey (1988) tarafından Ayhan formasyonu içerisinde, Lalelik üyesi olarak ayırtlanmıştır. Demircioğlu (2014) Lalelik formasyonu olarak adlandırılmıştır.

3.3.2.10 Altıpınar formasyonu (Eal)

Çakıltası, kumtaşı, silttaşı, kiltası, marn, kireçtaşı ar dalanmasından oluşan birim, ilk olarak Atabey vd. (1988), tarafından Altıpınar formasyonu olarak adlandırılmıştır. Göncüoğlu vd. (1993), ise Mucur formasyonu olarak adlandırmışlardır. Adlama önceliği kuralına göre de bu çalışmada, Altıpınar formasyonu adı altında incelenmiştir.

3.3.2.11 Boztepe üyesi (Ealb)

Çamurtaşı, kireçtaşı ar dalanmasından oluşan birim, ilk olarak Atabey vd. (1988) tarafından, Altıpınar formasyonu içerisinde Boztepe kireçtaşı üyesi olarak adlandırılmıştır.

3.3.2.12 Kızılöz formasyonu (Mk)

Çakıl taşı, kumtaşı, çamur taşından oluşan birim, ilk olarak Atabey vd. (1988) tarafından, Kızılöz formasyonu olarak adlandırılmıştır. İnce taneli çakıltaşı, kumtaşı, marn ve linyitten oluşan bölümü, kömür işletmelerinin de olduğu Arafa (Gümüşyazı) Köyü'ne atfen, Arafa üyesi olarak ayırtlanmıştır.

3.3.2.13 Arafa üyesi (Mka)

İnce taneli çakıl taşı, kumtaşı, marn, linyitten oluşan birim ilk olarak Atabey vd. (1988) tarafından, Arafa Köyü'ne atfen Arafa üyesi olarak ayırtlanmış ve adlandırılmıştır.

3.3.3 Yaylacık grubu

İlk kez Demircioğlu (2014) adlandırılmıştır. Geç Miyosen yaşlı, Tuzköy ve Yüksekli formasyonlarını kapsar.

3.3.3.1 Tuzköy formasyonu (Mt)

Kumtaşı, silttaşı, kiltası, marn, kireçtaşı, halit ve tüffitten oluşan birim, ilk defa Kayakıran (1979) tarafından, Tuzköy formasyonu olarak adlandırılmıştır (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Tuzköy Formasyonu içerisindeki kalın tuz (Halit) tabakaları (Tuzköy Köyü).

3.3.3.2 Yüksekli formasyonu (My)

Çakıltaşı, kumtaşı, silttaşı, jips, tüfitten oluşan birim, ilk kez Aydın (1984) tarafından adlandırılmıştır (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. Yüksekli formasyonu genel görünümü.

3.3.3.3 Ürgüp formasyonu (MPlü)

Geniş bir alanda yüzeyleyen volkano-sedimanter birimler, ilk defa Pasquare (1968) tarafından Ürgüp formasyonu olarak adlandırılmıştır (Şekil 3.11).



Şekil 3.11. Ürgüp formasyonu içerisindeki tüffit, üstte Güvercinlik çakıltaşı (Gülşehir-Avanos yolu).

3.3.4.1 Kızılırmak formasyonu (Plk)

Çakıltası, kumtaşı, çamurtaşından oluşan birim, ilk olarak Göncüoğlu vd. (1993) tarafından adlandırılmıştır.

3.3.4.2 Güvercinlik çakıltası (Qg)

Çakıltası, kumtaşı, kil taşından oluşan birim, Atabey vd. (1988) tarafından Kızılırmak çakıltası olarak adlandırılmıştır. Kızılırmak formasyonu ile isim benzerliğinden dolayı Demircioğlu (2014), Güvercinlik Çakıltaları olarak adlandırılmıştır.

3.3.4.3 Gülşehir bazaltı (Qgü)

İlk kez Atabey vd. (1988) tarafından adlandırılmıştır. Bazaltlardan oluşmaktadır.

3.3.5 Balkaya travertenleri (Qb)

Bej, krem renkli travertenlerden oluşan birim, ilk olarak, Atabey vd. (1988), tarafından adlandırılmıştır (Şekil 3.12).



Şekil 3.12. İşletilen Balkaya travertenlerinden görünüm (Gümüşkent traverten işletmesi).

3.3.6 Yamaç molozu ve alüvyon (Qal)

Yamaç molozları, yüksek morfolojiye sahip yerlerin yamaçlarında, iri ve ince taneler, bloklar şeklinde gözlenir. Gülşehir Bazaltı ve Güvercinlik çakıl taşının yayılım gösterdiği alanlarda, boyu 1-2 m'ye varan bloklar halinde görülürler. Güncel alüvyonlar ise Kızılırmak Nehri ve diğer nehir yataklarında görülen çakıl, kum, silt ve kilden oluşmaktadır. Buralara yakın yerlerde çok sayıda kum-çakıl ocakları bulunmaktadır.

3.4 Çalışma Alanının Yapısal Jeolojisi

3.4.1 Faylar

Çalışma alanında, her fay türünü (normal, ters, bindirme, doğrultu atımlı) görmek mümkündür. Masife ait kayaçlarda, her doğrultuda ve her türde faylar mevcuttur. Bu faylar çok evreli deformasyon sonucunda meydana gelmiştir (Şekil 3.13).



Şekil 3.13. Saytepe formasyonunun Esefin formasyonu üzerine bindirmesi (Saçaklı tepe güneyi).

Örtü birimleri içerisinde, özellikle Ayhan ekayzonu olarak adlandırılan alanda, faylanmalar oldukça yoğundur. Bu alanda, sıkışmalı tektonik rejimin etkisiyle, ters ve bindirme faylarının yoğunluğu göze çarpar. Geç Paleosen-Orta Eosen yaşlı Ayhan grubu kayaçlarında bu faylanmalar görülür. Genç birimlerin daha az deformasyona uğradıklarından dolayı, fay yoğunluğu daha azdır

Alanda en Geç Miyosen (Messiniyen)-Pliyosen yaşlı birimlerde, bölgede genişlemeli tektonik rejim hakim olduğundan, genel olarak, normal faylanmalar oluşmuştur. Bu dönemde gelişen normal faylanmalarla (Salanda, Dadağı gibi) Hırka ve Ziyarettepe horstları oluşmuştur. Bu horstların arasında ise Kuyulukışla ve Kızılırmak grabenleri oluşmuştur. Bölgede genişlemeli tektonik rejim etkisini günümüzde de devam ettirmektedir.

3.4.2 Kıvrımlar

Çalışma alanında, temeli oluşturan Kaman Grubu metamorfik kayaçlarda ve bunların üzerine gelen Geç Paleosen-Geç Miyosen yaşlı örtü birimlerinde kıvrımlanmalar görülmektedir. Pliyosen-Kuvaterner yaşlı olan birimlerde ise kıvrımlanma gözlenmemektedir. Temele ait kayaçlarda görülen deformasyon evrelerinin bazıları, sonraki deformasyon evrelerinde izlerini kaybettirmiştir.

Örtü birimlerine ait deformasyon evreleri ise net bir şekilde kayaçlar üzerinde görülmektedir. Neotektonik (Geç Miyosen-Tortoniyen sonrası) döneme ait birimlerde ise sıkışmalı tektonik rejime ait deformasyon yapıları gözlenmemektedir. Devrik kıvrım, yatık kıvrım, izoklinal kıvrım gibi türlerini sayabileceğimiz kıvrım türleri vardır (Şekil 3.14).



Şekil 3.14. Tamadağ metamorfitlelerine ait gnayslarda görülen yatık-izoklinal kıvrımlanmalar (Hacıbektaş yolu).

Çok evreli deformasyonu işaret eden üstelenmiş kıvrımlar da çalışma alanında bulunmaktadır (Şekil 3.15). Bu kıvrımlar eksen düzlemi izlerindeki bükülmelere göre F_1 (1. evre deformasyon), F_2 , F_3 kıvrımlanma evrelerini verebilmektedir.

Bükme-bükülme ilişkisine göre F_1 evrede oluşan izoklinal kıvrımlanma, F_2 evre kıvrımlanmayla bükülmüş ve yeni kıvrımlanmalar oluşturmuştur. F_3 evre kıvrımlanma ise F_1 ve F_2 evrede oluşan kıvrımları tekrar kıvrımlanmaya uğratmıştır. F_1 kıvrımlanma öncesi deformasyon evresiyle birlikte 4 evreli bir plastik deformasyondan çalışma alanındaki temele ait birimlerin etkilenmiş olduğunu söylemek mümkündür.

Çalışma alanındaki Paleozoyik yaşlı mermerlerde gelişen bu çok evreli kıvrımlanmalarda en az üç aşamada gelişen plastik deformasyon evreleri görülmektedir (Şekil 3.15).



Şekil 3.15. Çalışma alanındaki eğik-izoklinal kıvrımlar (F1-F2 evre kıvrımlar Ayhan yolu).

Seymen (1981)'deki Kırşehir Masifi'nde belirlediği kıvrımlanma evrelerine, çalışma alanında da benzer şekilde rastlanmaktadır. Genel olarak, deformasyon (kıvrımlanma oluşturan, plastik deformasyon evresi), evrelerini gösteren kıvrımlar mevcuttur.

Çalışma alanında da, eş eksenli 1. ve 2. Evre deformasyonlardan sonra 3. Evre deformasyonla oluşan kıvrım eksenleri, ilk evrelerdeki kıvrım eksenlerine dik ya da dike yakın konumdadır. Bu durum, masifi oluşturan kayalarda görülen deformasyon yapılarını oluşturan kuvvetlerin de zaman içerisinde yön değiştirdiğinin göstergesidir.

4. ÇALIŞMA ALANININ HİDROMETEOROLOJİK ÖZELLİKLERİ

Çalışma alanının son ve güncel iklimsel durumunu ortaya koymak amacıyla, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Kapadokya Hava Limanı (17194), Avanos (17833), Avanos/Topaklı (18879) ve Gülşehir (18464) Meteoroloji Gözlem İstasyonlarının verileri kullanılmıştır. Ancak, kuraklık analizleri ve hidrolojik su bütçesi modelini ortaya koymak için, Avanos istasyonunun uzun süreli (34 yıllık, 1986-2020) yağış, sıcaklık, buharlaşma gibi meteorolojik verileri değerlendirilerek hesaplanmıştır. Ayrıca, çalışma alanına ait hidrolojik bilançosundan da, yağıştan meydana gelen akış oranı ve bu akışlardan yeraltısu beslenme değerleri hesaplanmıştır.

Çalışma alanı çevresinde yer alan MGI dağılım haritası Şekil 4.1’de verilmiştir.

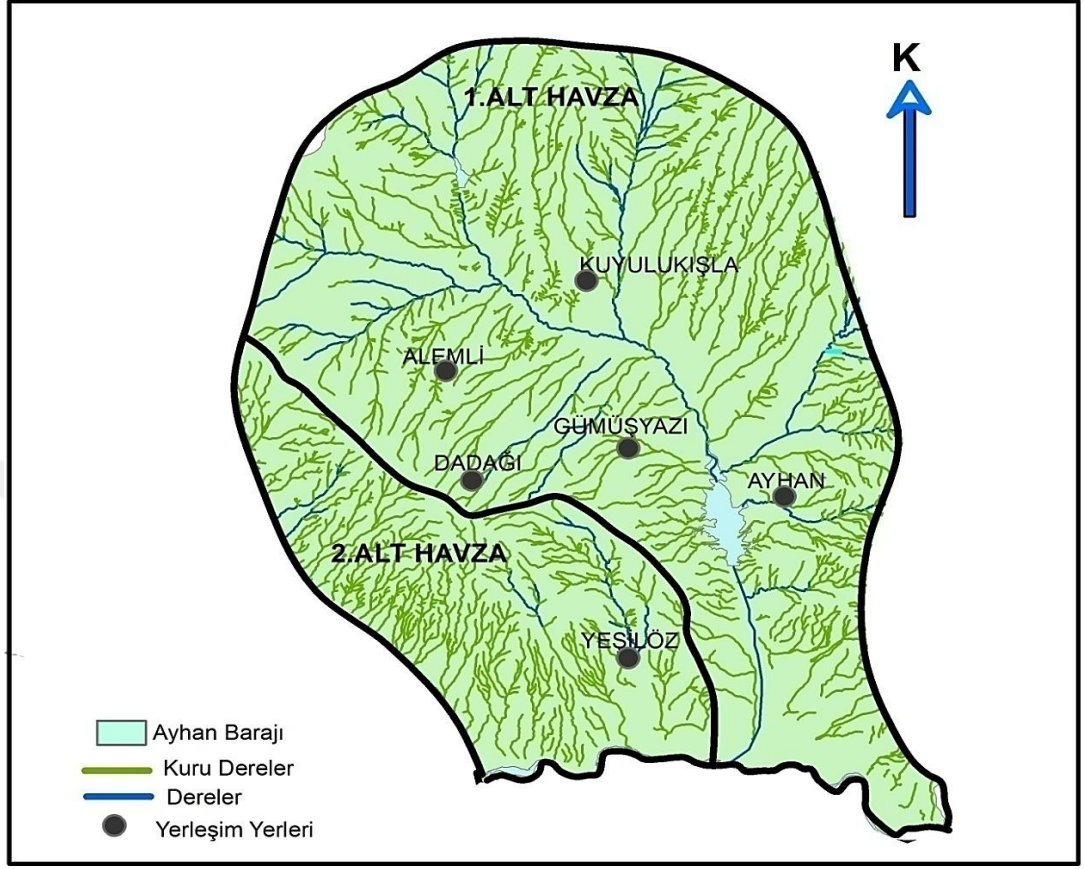


Şekil 4.1. Çalışma alanı çevresinde yer alan meteoroloji gözlem istasyonu dağılım haritası.

4.1 Çalışma Alanı Yağış Veri Analizi

Çalışma alanının yağışların etkisi altında olan drenaj sahası Şekil 4.2’de verilmiştir. Bu alanda, toplanan yıllık yağışlara bağlı olarak, bölgedeki su potansiyelinin değişimi incelenmiştir. İnceleme alanına düşen alansal yağış miktarının belirlenebilmesi için Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (DMI) tarafından

işletilen veya önceki yıllarda işletilmiş olan MGİ'de gözlenen uzun yıllar yağış ölçümü bulunan 3 istasyonu (Avanos, Topaklı ve Gülşehir) seçilmiştir



şekil 4.2. Çalışma alanı drenaj ağı haritası.

Çalışma kapsamında Avanos (17833), 2010-2020, Avanos/Topaklı (18879) 2016-2020 ve Gülşehir (18464) 2014-2020 meteoroloji istasyonları (DMİ) yılları arasındaki yağış verilerinden faydalanılmıştır (izelge 4.1). Çalışma alanının Meteorolojik verilerine göre toplam yağış değerlendirme grafiği şekil 4.3'de verilmiştir. Avanos, Avanos/Topaklı, Gülşehir meteoroloji istasyonları için ölçülen ortalama yıllık toplam yağış değerleri sırası ile 234,93 mm, 141,79 mm, 195,55 mm olarak belirlenmiştir. Aynı istasyonlara ait yıllık en fazla toplam yağış verileri sırasıyla 568,6 mm, 404,2 mm, 396,7 mm; yıllık en az yağış verileri ise 118,88 mm, 333,4 mm ve 296,1 mm olarak belirlenmiştir.

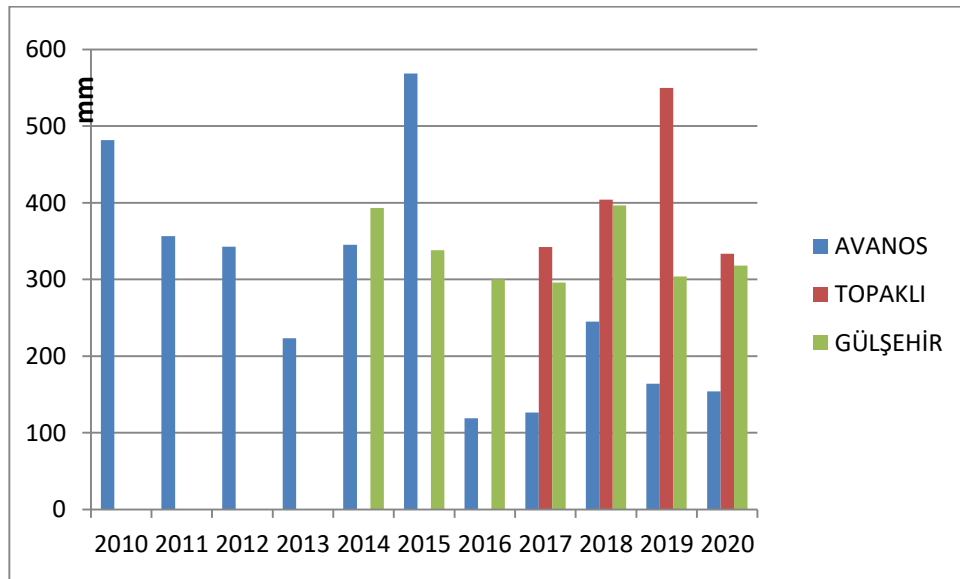
Avanos MGİ verilerine göre hazırlanan yağıştan birikimli sapma grafiği (şekil 4.4) incelendiğinde 2010-2012 yılları arası yağışlı dönem, 2012-2013 yılları arası kurak dönem, 2013-2015 yılları arası yağışlı dönem ve 2013-2020 yılları arası kurak dönem yaşandığı gözlenmektedir.

Çizelge 4.1. Meteoroloji gözlem istasyonlarının verileri N: istasyon numarası; R: istasyon kotu (m); T:veri aralığı (yıl) ΣP_{ort} :Yıllık ortalama yağış (mm) ΣP_{min} : yıllık en az toplam yağış (mm) ΣP_{max} :Yıllık en fazla toplam yağış (mm).

MGİ	N	R (m)	T	ΣP_{ort} (mm)	ΣP_{min} (mm)	ΣP_{max} (mm)
Avanos	DMİ 17833	951	2010- 2020	234,93	118,88 (2016)	568,6 (2015)
Avanos/ Topaklı	DMİ 18879	970	2016- 2020	141,79	333,4 (2020)	550 (2019)
Gülşehir	DMİ 18464	905	2014- 2020	195,55	296,1 (2017)	396,7 (2018)

Çizelge 4.2. MGİ'lerin yıllık toplam yağış miktarları (mm).

Yıl/MGİ	AVANOS	TOPAKLI	GÜLŞEHİR
2010	481,8		
2011	356,4		
2012	342,8		
2013	223,2		
2014	345,4		393,2
2015	568,6		338,1
2016	118,8		300
2017	126,4	342,2	296,1
2018	245,2	404,2	396,7
2019	164,1	550	303,8
2020	154	333,4	318,3



Şekil 4.3. Çalışma alanının meteorolojik verilerine göre toplam yağış grafiği.



Şekil 4.4. Avanos bölgesinin yağıştan birikimli sapma grafiği.

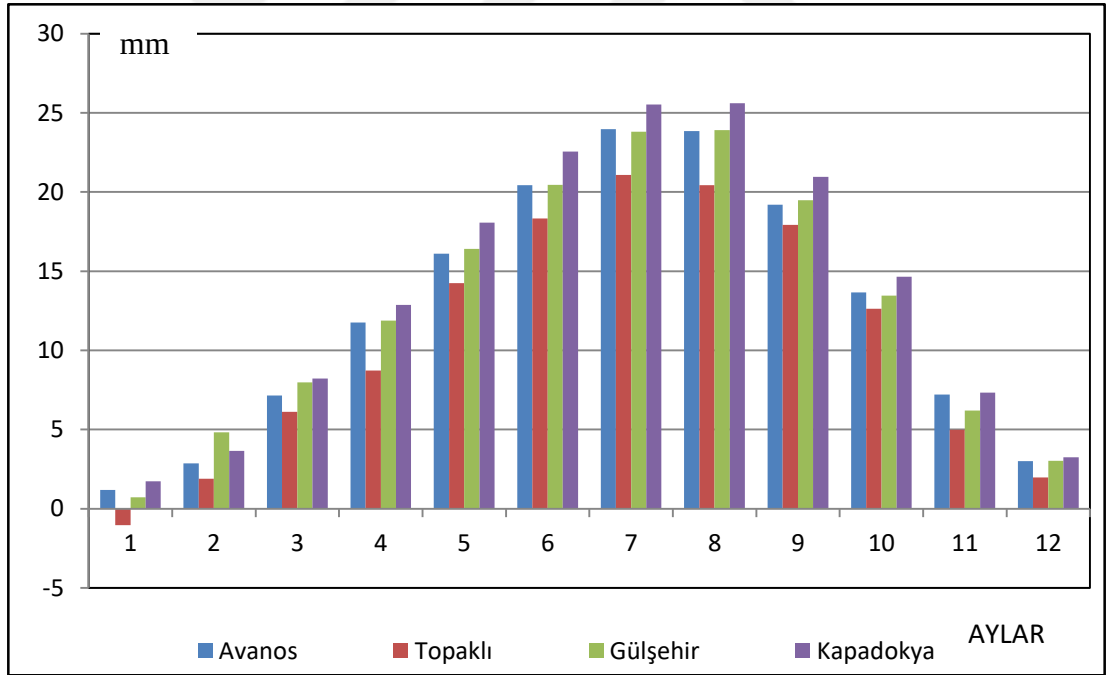
4.2 Çalışma Alanı Sıcaklık Veri Analizi

Çalışma alanının sıcaklık veri analizinin gerçekleştirilmesi amacıyla Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (DMİ) tarafından işletilen veya önceki yıllarda işletilmiş olan MGİ'de gözlenen uzun yıllar sıcaklık ölçümü bulunan 4 istasyon seçilmiştir. Çalışma kapsamında Kapadokya Hava Limanı (17194) 2006-2020, Avanos (17833) 2009-2020, Avanos/ Topaklı (18879) 2016-2020 ve Gülşehir (18464) 2014-2020 Meteoroloji Gözlem İstasyonları (MGİ) yılları arasındaki sıcaklık verilerinden faydalanılmıştır (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.3. MGİ:meteoroloji gözlem istasyonlarının verileri N: istasyon numarası; R: istasyon kotu(m); T:veri aralığı (yıl) Sort: yıllık ortalama sıcaklık, Sortmax: yıllık ortalama max sıcaklık Sortmin: yıllık ortalama min sıcaklık.

MGİ	N	T	R (m)	Sort (C ⁰)	Sortmax (C ⁰)	Sortmin (C ⁰)
Avanos	17833	2009-2020	951	12,53	23,98 (Temmuz)	1,17 (Ocak)
Avanos/Topaklı	18879	2016-2020	970	10,61	21,07(Temmuz)	1,05 (Ocak)
Gülşehir	18464	2014-2020	905	12,68	23,9 (Ağustos)	0,72 (Ocak)
Kapadokya Hava Limanı	17194	2006-2020	94m	13,96	25,61 (Ağustos)	1,74 (Ocak)

Çalışma alanının aylık ortalama sıcaklık değerlendirmeleri Şekil 4.4'te verilmiştir.



Şekil 4.5. Aylık ortalama sıcaklık değerleri.

4.3 Çalışma Alanı Buharlaşma Veri Analizi

İnceleme alanının buharlaşma analizinin gerçekleştirilmesi kapsamında Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (DMİ) tarafından işletilen Avanos MGI'de gözlenen uzun yıllar (1996–2020) serbest su yüzeyinden buharlaşma miktarı ölçümü bulunan 1 istasyon seçilmiştir.

1996-2020 yılları arasında Avanos MGI tarafından gerçekleştirilen ölçümlerde serbest su yüzeyinden ortalama yıllık toplam buharlaşma oranının 1378,71 mm olarak ölçülmüştür.

Kapadokya Hava Limanı, Avanos, Avanos/ Topaklı ve Gülşehir MGI' lerden ölçülen nispi nem ortalamaları sırasıyla %55,68, %54,97, %64,94 ve %63,92 oranlarında aylık ortalama nem yüzdeleri içerdikleri tespit edilmiştir.

Yukarıda verilen buharlaşma verileri açık su yüzeylerinden elde edilmiştir. Bu değerler, Gerçek buharlaşma değerini temsil etmemekle birlikte açık su yüzey buharlaşma değerlerinin yaklaşık olarak %75'i olarak hesaplarında kullanılabilirler.

4.3.1 Thorntwaite yöntemi

Thornthwaite, potansiyel buharlaşma (evapotranspirasyon) terimini bitki kullanımı için toprakta hiçbir zaman su noksanlığı olmadığında meydana gelecek su kaybı olarak tanımlamıştır. Bu, sistemin evapotranspirasyon ile kaybedeceği su miktarının üst sınırı temsil etmektedir.

Thornthwaite metodu, bitki yoğunluğu ve büyümesinin etkilerini dikkate almayıp, yalnızca meteorolojik koşullara bağlı olarak potansiyel evapotranspirasyonu (ET) Buharlaşma değerleri hesaplamaktadır. Bu metotta hesaba katılan iki ana faktör aylık ortalama hava sıcaklığı ve gün ışığı saatidir.

Özellikle nemli bölgelerde yıllık potansiyel ET'nin tahmininde başarılı sonuçlar verir. Potansiyel evapotranspirasyonun tahmini aylık düzeyde aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanır:

$$PET = 16N_m(10T_m|I)^a \text{ mm} \quad (4.1)$$

Burada m ayları (1, 2, 3...12), Nm gün ışıgı saati ile ilişkili aylık enlem düzeltme katsayısını, Tm aylık ortalama hava sıcaklığını ($^{\circ}\text{C}$), I yıllık ısı indeksi, a sabit katsayıyı temsil etmektedir.

$$I = \sum_m i = \sum_{m=1..12} (Tm/5)^{1,514} \quad (4.2)$$

$$i_m = (Tm/5)^{1,514} \quad T_m > 0$$

$$i_m = 0 \quad T_m \leq 0$$

Ve

$$a = 6.7 \times 10^{-7} \times I^3 - 7.7 \times 10^{-5} \times I^2 + 1.8 \times 10^{-2} \times I + 0.49$$

Bu yöntemde, Avanos, Topaklı ve Gülşehir istasyonlarında kaydedilen ölçümlerden aylık ortalama hava sıcaklıkları hesaplanarak yılın her ayı için potansiyel buharlaşma değerleri hesaplanmıştır. İnceleme alanı ve çevresinde bulunan meteoroloji istasyonları için kullanılan enlem düzeltme katsayıları (k) değerleri Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.4. Meteoroloji istasyonları için kullanılan enlem düzeltme katsayıları (k).

MGİ	Avanos	Topaklı	Gülşehir
Doğu	348538	348293	346247
Kuzey	387200	393422	387497
k	Enlem düzeltme katsayısı		
Ocak	0,85	0,85	0,85
Şubat	0,84	0,84	0,84
Mart	1,03	1,03	1,03
Nisan	1,1	1,11	1,1
Mayıs	1,23	1,23	1,23
Haziran	1,24	1,24	1,24
Temmuz	1,25	1,26	1,25
Ağustos	1,17	1,18	1,17
Eylül	1,04	1,04	1,04
Ekim	0,96	0,96	0,96
Kasım	0,84	0,84	0,84
Aralık	0,83	0,82	0,83

Avanos, Avanos/Topaklı ve Gülşehir MGI verilerine göre hesaplanan toplam potansiyel buharlaşma-terleme verileri sırasıyla 659,43 mm, 760,210 mm ve 505,870 mm olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5. Thornthwaite yöntemi ile hesaplanan inceleme alanı ve çevresine ait aylık potansiyel buharlaşma-terleme (ETp) değerleri.

Aylar/MGI	Avanos	Topaklı	Gülşehir
Ocak	0,82	1,070	1,400
Şubat	3,3	12,600	3,100
Mart	12,5	29,670	18,700
Nisan	19,7	53,480	32,700
Mayıs	49,38	89,630	70,790
Haziran	117,7	119,670	100,900
Temmuz	156,87	148,280	124,430
Ağustos	142,04	132,510	11,280
Eylül	89,57	94,650	80,870
Ekim	47,46	54,410	46,930
Kasım	16,09	17,460	11,560
Aralık	4,00	6,780	3,210
ΣETpmm	659,43	760,210	505,870

Avanos İstasyonunun uzun süreli (1986-2020) verilerinden hesaplanan potansiyel buharlaşma ve ortalama yağış değerleri kullanılarak, çalışma alanına ait Su Bütçesi hesaplanmıştır. Thornthwaite yöntemini kullanılarak hesaplanan çalışma alanının su bilançosu Çizelge 4.6’da verilmiştir.

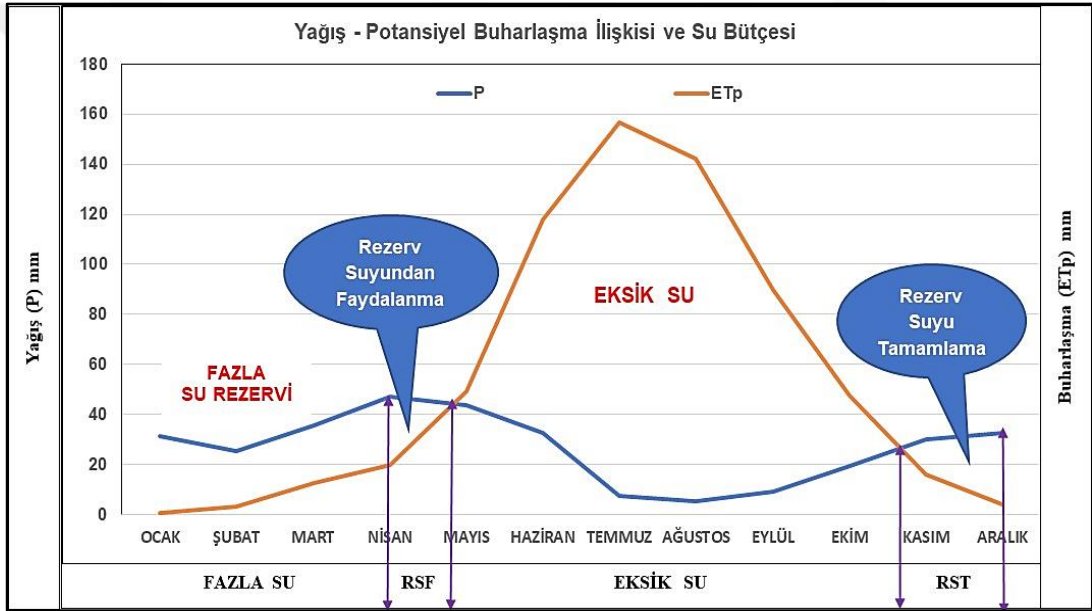
Çizelge 4.6. Thorntwaite yöntemi kullanılarak hesaplanan çalışma alanının su bilançosu.

PARAMETRE	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	YILLIK
Pmm	31,32	25,42	35,5	47,31	43,54	32,48	7,36	5,5	9	19,46	29,96	32,48	281,94
TC⁰	1,2	2,9	7,5	7,46	12,26	21,3	25	24,8	19,9	14,1	7,5	3,3	12,27
ETpmm	0,82	3,3	12,5	19,7	49,38	117,7	156,87	142,04	89,57	47,46	16,09	4,00	659,43
P-ETp mm	30,50	22,12	23,00	27,61	-5,84	-85,22	-149,51	-136,54	-80,57	-28	13,87	28,48	
Rez. Su mm	100	100	100	100	94,16	7,94	0	0	0	0	13,87	42,35	558,32
ETg mm	0,82	3,3	12,5	19,7	43,54	32,48	7,36	5,5	9	19,46	16,09	4,00	173,75
Eksik Su mm	0	0	0	0	5,84	85,22	149,51	136,54	80,57	28	0	0	485,68
Fazla Su mm	30,50	22,12	23,20	27,61	0	0	0	0	0	0	0	0	103,43
Akış Yeraltısu mm	15,25	18,70	20,98	24,30	12,15	6,07	3,04	1,52	0,76	0,38	0,19	0,09	103,43
YAS'a akış (P%) mm	0,487	0,736	0,591	0,514	0,279	0,187	0,413	0,276	0,084	0,020	0,006	0,003	0,300

P: Yağış, T: Sıcaklık, Etp: Potansiyel Buharlaşma, Rez.su: Rezerv Su, Etg: Gerçek Buharlaşma.

Havzadaki yıllık su bütçesine göre, Fazla Su ve Yeraltı suyuna olan akış değeri 103,43 mm. Yıllık Gerçek Buharlaşma değeri (173,75 mm) ile havzada Eksik Su (485,68 mm) değerlerinin toplamı, bölgenin Potansiyel Buharlaşma değerine (659,43 mm) eşit olduğu tespit edilmiştir.

İnceleme alanına ait yağış-potansiyel buharlaşma aylık değişim (Thornthwaite yöntemi-1948) grafiğine göre, Ocak, Şubat, Mart, Nisan, Mayıs, Kasım ve Aralık aylarında yağışların etkisiyle su açığı yokken Mayıs ayının başlangıcında yağışların azalması ve hava sıcaklığının artmasına bağlı olarak artan buharlaşma miktarı toprak neminden karşılanmıştır (Şekil 4.5).



Şekil 4.6. İnceleme alanına ait yağış - potansiyel buharlaşma aylık değişim grafiği (Thornthwaite yöntemi-1948).

Ayrıca, bu grafiğe göre, Fazla rezerv suyun Ocak-Mayıs ayları arasında oluşurken, Nisan ayından itibaren Mayıs ayına kadar, bu rezervden faydalanma süresi olduğu gösterilmiştir. Eksik suyun süresi ise, Mayıs ayının sonundan Kasım ayına kadar sürdüğü, Aralık ayına kadar olan süre ise, yağış değerlerinin yükselmesiyle birlikte, rezervin tamamlanmasında kullanılmaktadır.

Yeraltı suyuna akış miktarı 24,30 mm. ile en fazla Nisan ayında gözlemlenirken, en düşük akış miktarı 0,09 mm. ile Aralık ayında gerçekleşmiştir.

4.4 Çalışma Alanı Kuraklık Analizleri ve Özellikleri

Bir bölgenin hidrolojik özellikleri ve mevsimsel koşulları dikkate alınarak su bütçesinin hesaplanması için, normal şartlarda uzun yıllara ait meteorolojik verileri; aylık toplam yağış, aylık ortalama sıcaklık ve aylık ortalama potansiyel ile gerçek buharlaşma değerleri kullanılarak hesaplanır.

Ancak, su döngüsü, bölgenin en yüksek sıcaklık-buharlaşma ve en düşük yağışların olduğu mevsimler için (en kötü beslenme şartları) kontrol etmek gerekirse, o zaman bölgeye ait uzun yılları yansıtan bir kuraklık analizi yapılması gerek. Ayrıca, bölgedeki kuraklık olaylarının incelenmesinde, kuraklık tipine göre farklı birçok yöntem kullanılır. Meteorolojik kuraklık analizinde de, kuraklık indeksinin hesaplanması için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır.

Çalışma alanının kuraklık analizlerinde, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün web sitesinde yer alan kuraklık analizleri kullanılmıştır.

4.4.1 Standart yağış indeksi (Standardized Precipitation Index - SPI)

Standart Yağış İndeksi (SPI) esas olarak belirlenen zaman dilimi içinde yağışın ortalamadan olan farkının standart sapmaya bölünmesi ile elde edilir (McKee vd., 1993).

SPI metodu ile kuraklık değişimleri analizi yapılabileceğine örnek olması açısından Delphi V programlama dilinde SPI uygulama yazılımı geliştirilmiştir. Bu yazılım sayesinde tek veya çoklu istasyon seçeneği ile aylık toplam yağış verileri kullanılarak geçmiş yıllara ait kuraklık analizi yapılabileceği gibi, ileriye dönük kuraklık tahmini de yapılabilmekte ve farklı kategorilerde kuraklık oluşumlarını sağlayan kritik yağış değerleri elde edilebilmektedir.

Program istenilen istasyon için 3, 6, 12 ve 24 ay bazında bunların herhangi bir kombinasyonu için kuraklık indeksinin zaman ve yüzde oluşumunu hesaplayabilmekte ve aynı zamanda farklı kuraklık şiddeti kategorilerinde analize imkan vermektedir (Kömüşçü vd., 1999, 2000).

$$SPI = (Xi - \bar{Xi})/\sigma \quad (4.3)$$

SPI: Standart Yağış İndeksi

- Xi: Aktüel yağış miktarı
- $\bar{Xi}$: Ortalama yağış miktarı
- σ : Standart sapma değeri

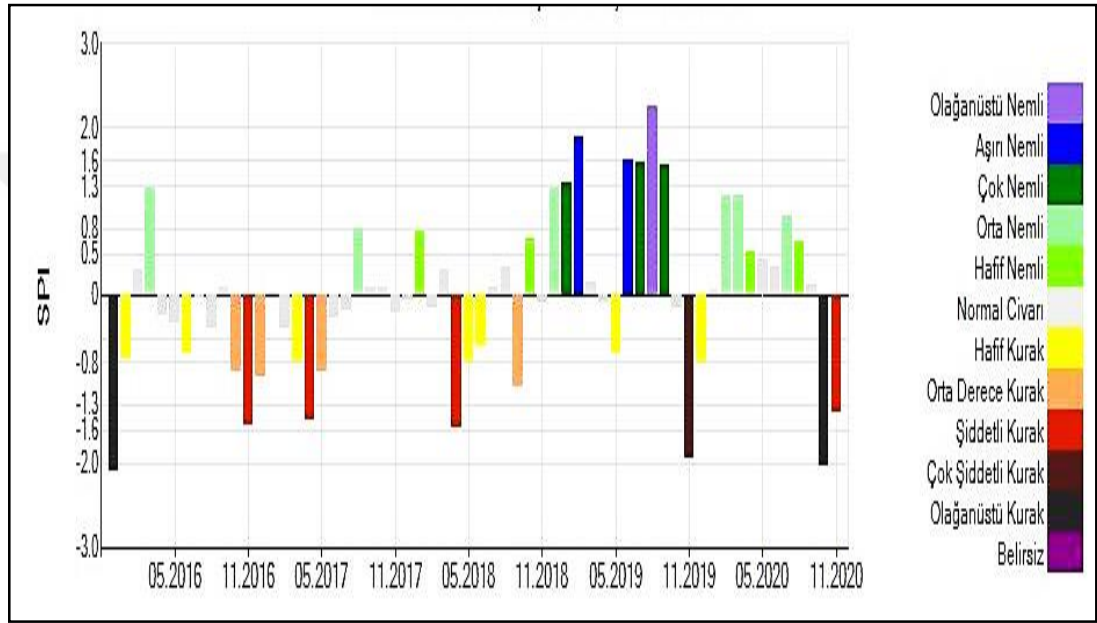
SPI değerleri dikkate alınarak yapılan bir kuraklık değerlendirmesinde indeksin sürekli olarak negatif olduğu zaman periyodu kurak dönem olarak tanımlanır. İndeksin sıfırın altına ilk düştüğü dönem kuraklığın başlangıcı olarak kabul edilirken, indeksin pozitif değere yükseldiği ay kuraklığın bitimi olarak değerlendirilir (McKee vd., 1994). SPI metoduna göre yapılan sınıflandırma Çizelge 4. 7’de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Standart yağış indeksi (SPI) (URL-1).

SPI İNDİS DEĞERLERİ	SINIFLANDIRMA	CLASSIFICATION
2.0 ve fazla	Olağanüstü Nemli	Exceptionally Moist
1.60 ile 1.99	Aşırı Nemli	Extremely Moist
1.30 ile 1.59	Çok Nemli	Very Moist
0.80 ile 1.29	Orta Nemli	Moderately Moist
0.51 ile 0.79	Hafif Nemli	Abnormally Moist
0.50 ile -0.50	Normal Civarı	Near Normal
-0.51 ile -0.79	Hafif Kurak	Abnormally Dry
-0.80 ile -1.29	Orta Kurak	Moderately Dry
-1.30 ile -1.59	Şiddetli Kurak	Severely Dry
-1.60 ile -1.99	Çok Şiddetli Kurak	Extremely Dry
-2.0 ve düşük	Olağanüstü Kurak	Exceptionally Dry

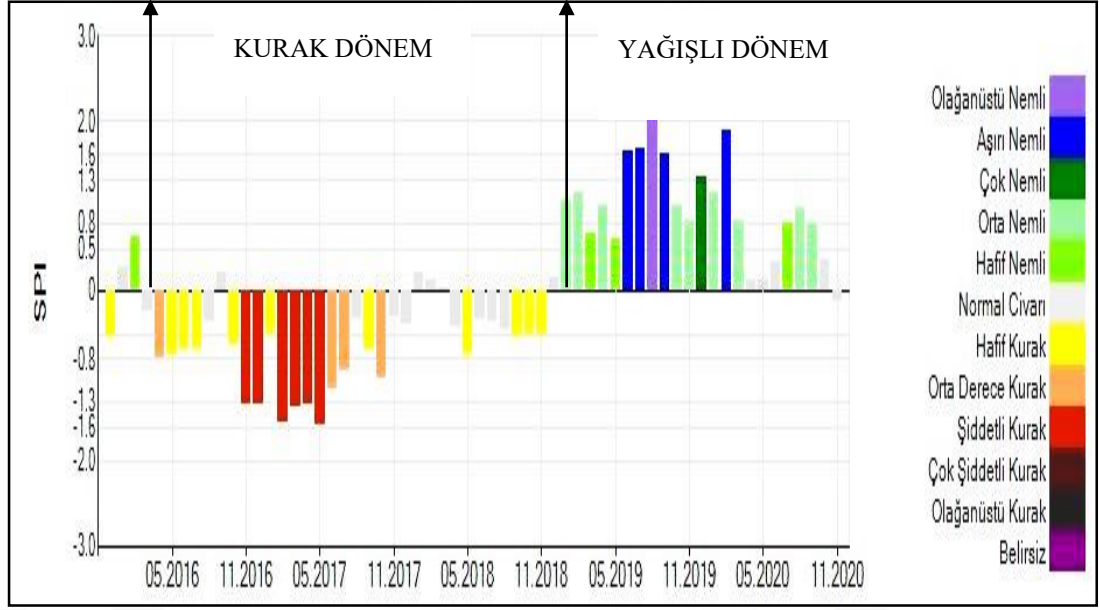
Meteoroloji Genel Müdürlüğü web. sayfasından temin edilen veri analiz grafiklerine göre, Burada, kuraklığın izlenmesi açısından yağıştaki eksikliğin farklı zaman dilimleri içinde kantitatif olarak ifade edilmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Yağış eksikliğinin farklı su kaynaklarına olan etkisinin ne kadar sürede hissedilebileceği mantığına göre, analizde 1, 3, 6, 9, 12 ve 24 aylık zaman dilimleri seçilebilir.

Örneğin 1 ile 3 aylık toplam yağışta meydana gelebilecek eksilme ve kuraklığın, toprak nem düzeyine nasıl etkilediği gösterir (Şekil 4.7).

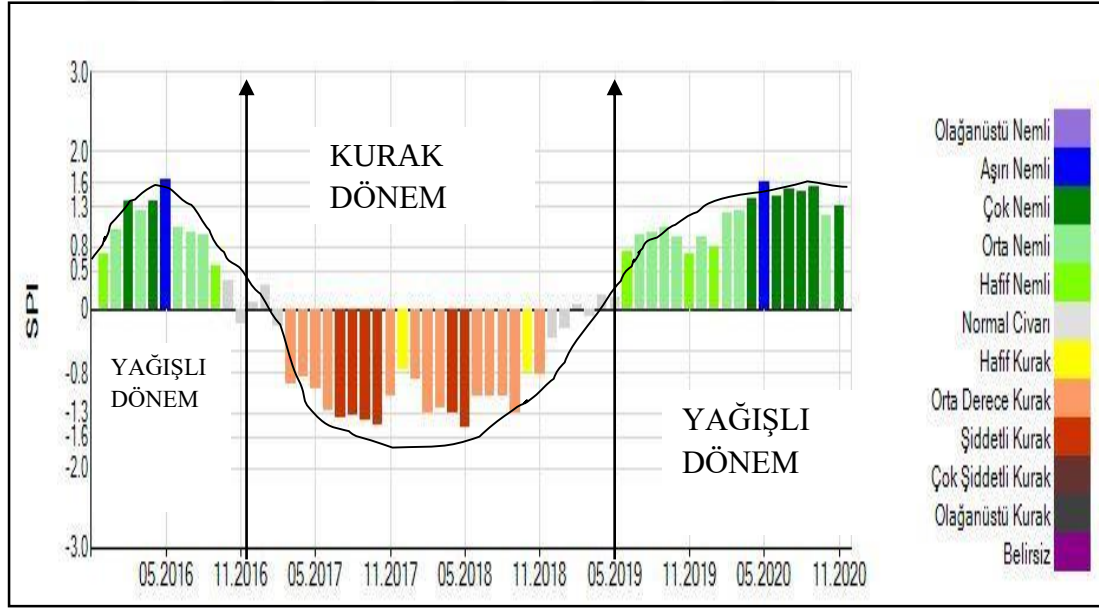


Şekil 4.7. 3 aylık indislerin toprak üzerindeki etkisini gösteren grafik.

Diğer 6 ve 9 aylık zaman dilimlerinde ise, bir kuraklık durumu, yüzey akarsuları ve göllere etkisini göstermektedir (Şekil 4.8). Bu grafikten yola çıkılarak 2016-2019 yılları arası aşırı bir kuraklığın yaşandığı gözlemlenirken, 2019-2020 yılları arasında yağışlı bir dönem yaşanmıştır. Son olarak, 12-24 aylık dilimdeki kuraklık ise yeraltı sularına etkisini izlemek bakımından tercih edilir (Şekil 4.9). 2016 yılının son aylarından itibaren başlayan kuraklık etkisi 2019 yılı Mayıs ayına kadar devam etmiş ve sonra yağışlı bir dönem başlamıştır.

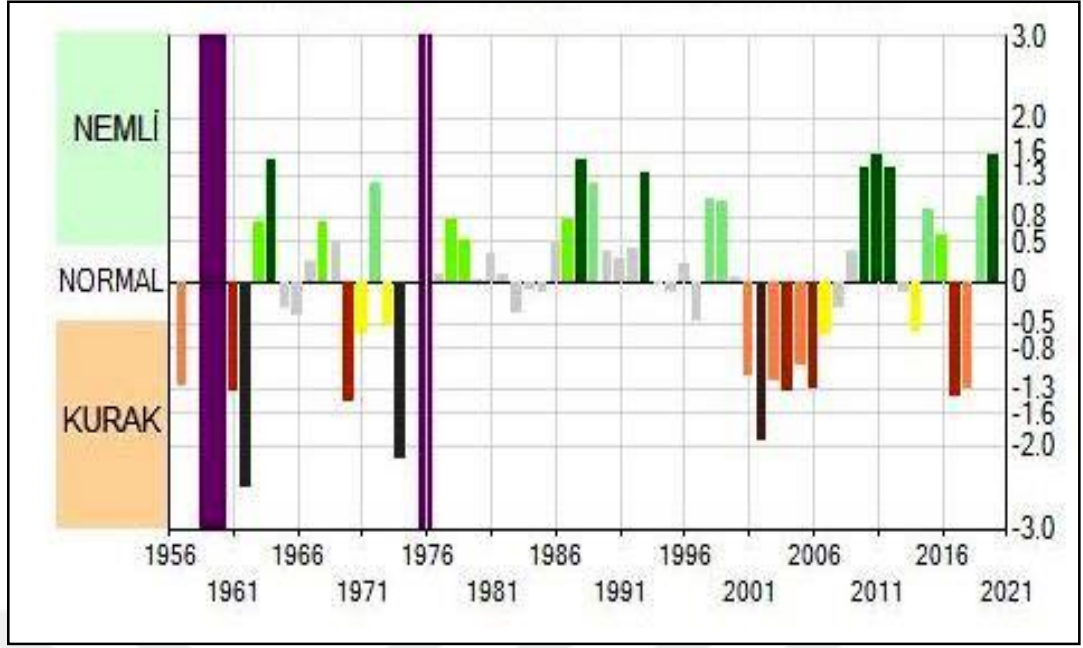


Şekil 4.8. 6-9 Aylık indislerin yüzey sularına etkisini gösteren grafik.



Şekil 4.9. 12-24 Aylık indislerin yüzey sularına etkisini gösteren grafik.

Nevşehir ili kuraklık analiz grafiği, Şekil 4.10'da verilmiştir. Genel kuraklık analizi incelendiğinde 1976'dan 2001'e kadar normal ve nemli seviyelerde seyreden grafik, 2001'den 2009'a kadar aşırı kuraklığa maruz kaldığını, 2010-2012 yılları arasında yağışlı bir dönemi, 2014'te kurak, 2015-2016 yılları nemli 2017-2018 yılları kurak ve 2019-2020 yıllarının da nemli geçtiğini göstermektedir.



Şekil 4.10. Nevşehir ili kuraklık analizi grafiği.

5. ÇALIŞMA ALANIN HİDROJEOLJİK ÖZELLİKLERİ

Bu bölümde, çalışma alanı ve çevresinde yer alan jeolojik birimlerin hidrojeolojik özellikleri, su kaynaklarının türleri ve konumları açıklanmıştır.

5.1 Çalışma Alanının Hidrojeolojisi

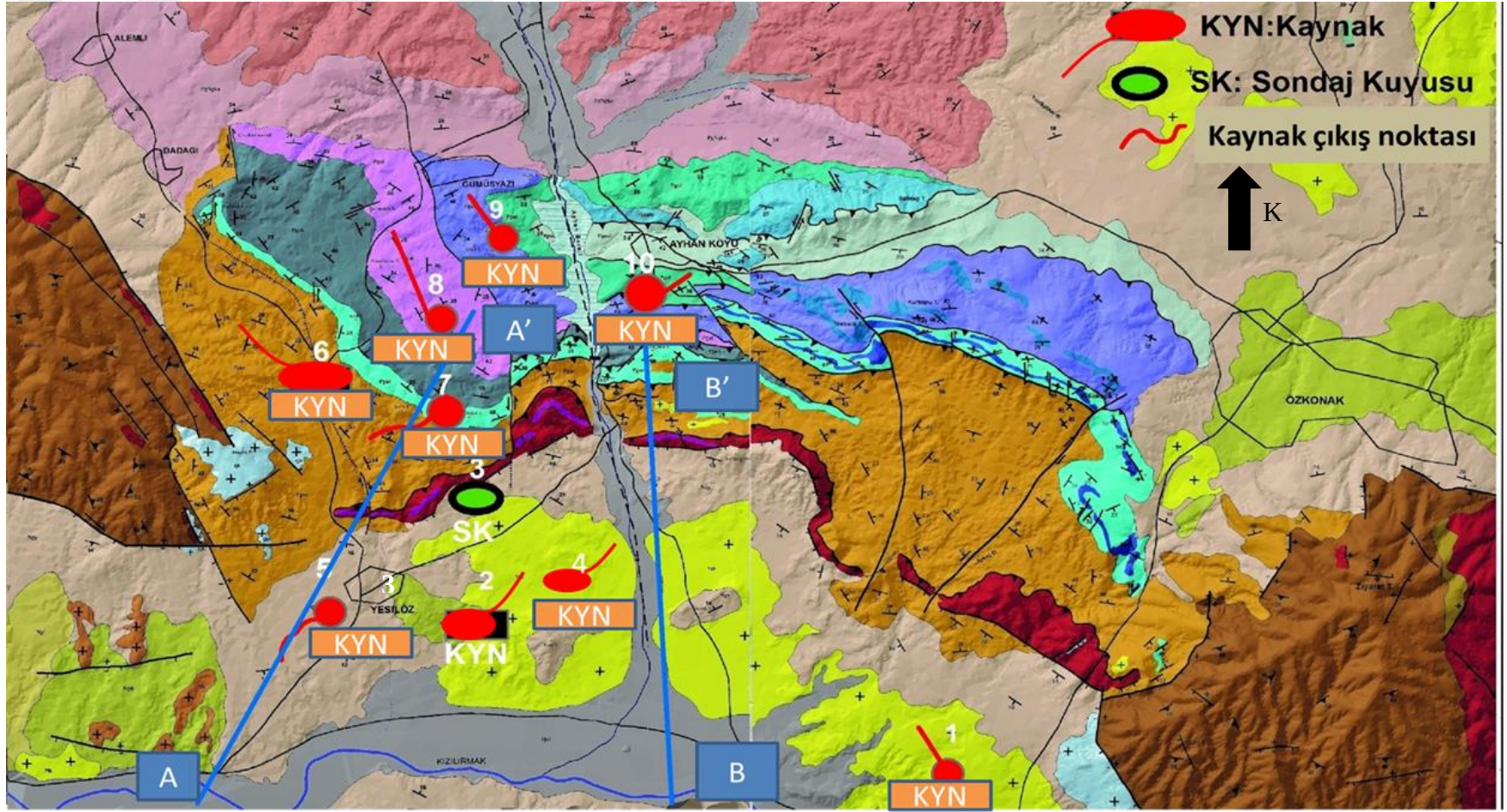
Çalışma alanındaki akifer birimler, Bozçaldağ Metamorfikleri (PzMzb) içindeki bol kırık ve çatlaklı, yer yer karstik boşluklar içeren mermerler, Saytepe formasyonu içindeki iri çakıllı, kırmızı-mor renkli çakıltası, kumtaşı, çamurtaşı, Kızılırmak formasyonu içindeki çakıltası, kumtaşı, çamurtaşıdır. Örtü birimleri ise daha çok tutturulmamış kil, silt ve blok, çakıl, kum boyutunda yamaç döküntülerinden oluşmuştur. Çalışma alanının hidrojeolojik haritası Şekil 5.1 ve harita üzerinde alınan kesitleri Şekil 5.2’de verilmiştir.

5.2 Kayaçların Hidrojeolojik Özellikleri

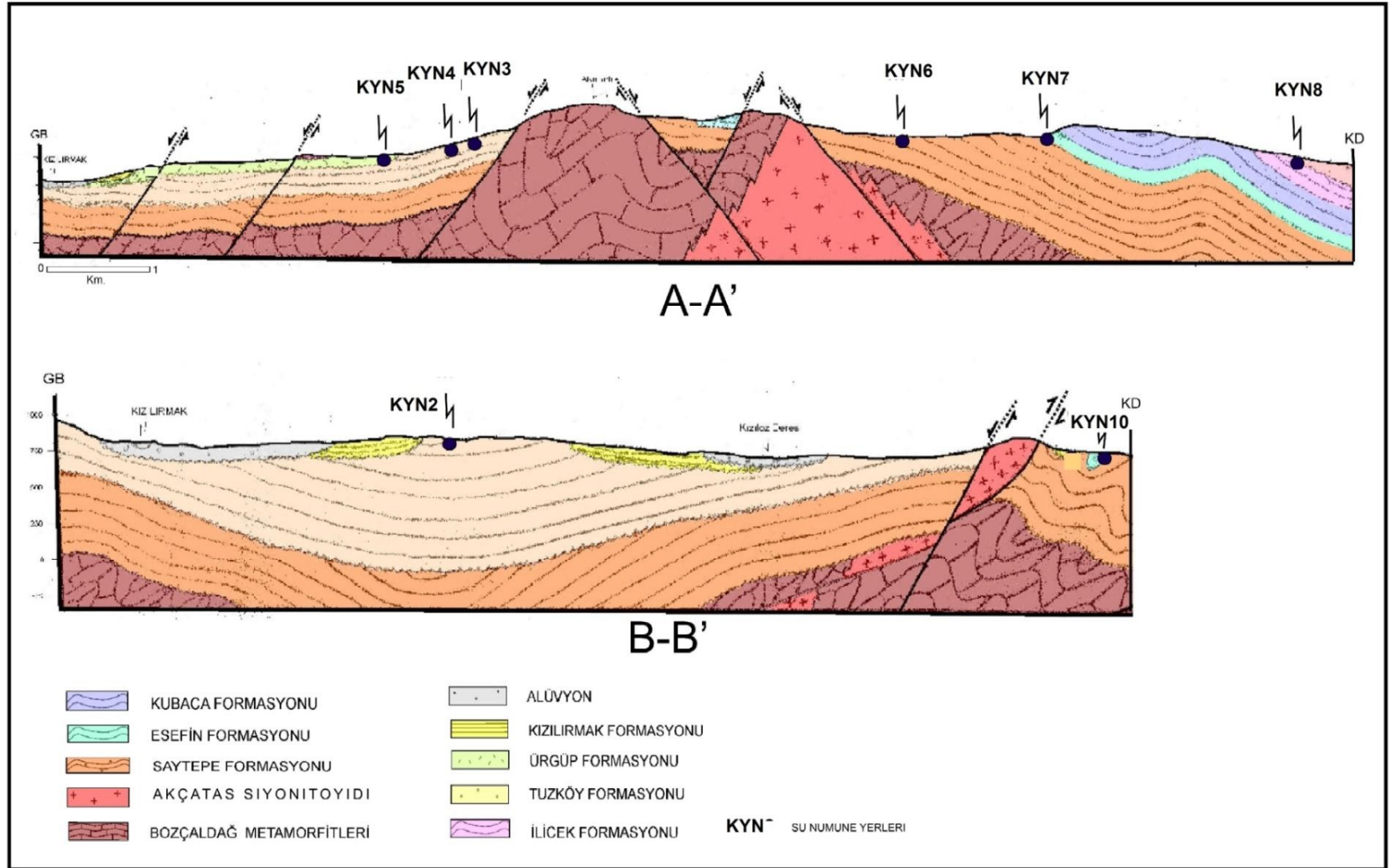
Kaynak alanlarının temelinde yer alan birimlerden Tamadağ Metamorfikine (PzMzt) ait şistler geçirimsiz, Bozçaldağ Metamorfikine (PzMzb) ait mermerlerin çatlaklı, kırıklı ve karstik boşluklu bölümleri ise geçirimlidir. Granitoyitler içerisinde yer alan granitler genelde geçirimsiz olmakla beraber, bozunuma uğradığı ve birbirini kesen çatlakları içerdiği üst kuşaklarda geçirimlidir.

İnceleme alanında yüzeylenen karasal, gölssel ve bataklık ortamlarında oluşmuş birimler arasında karbonat çimentolu veya gevşek tutturulmuş çakıltası, kumtaşı ve kireçtaşı seviyeleri pratik olarak geçirimli, siltli seviyeler ise yarı geçirimlidir.

Volkano-sedimanter birimlerden tüf, tüfit ve küller genelde geçirimsiz, ancak faylanmaya, çatlaklı ve kırıklı yapıya bağlı şekilde ikincil geçirimliliğin arttığı bölümlerde tüfitler yarı geçirimli, akma yüzeylerine ve soğuma çatlaklarına sahip bazalt ve ignimbiritler açık çatlakların derinliği ile orantılı olarak düşey yönde geçirimlidir. Kızılırmak çakıltasında (Plk), çakıl, kum, kumtaşı ve karbonat çimentolu çakıltaları geçirimli, siltler yarı geçirimli, killi seviyeler ise geçirimsizdir.

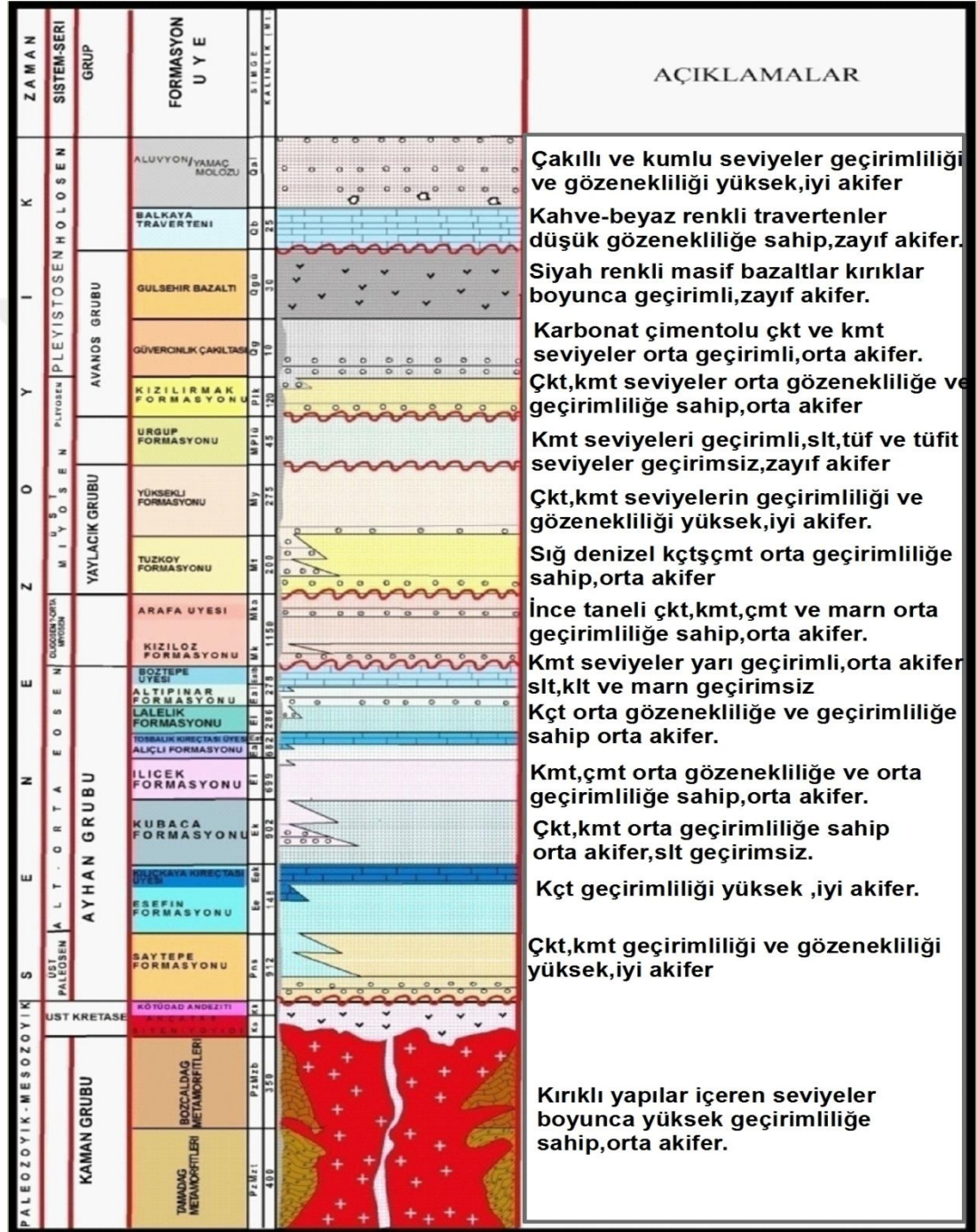


Şekil 5.1. Çalışma alanı örnekleme yerleri ve kesit hatları haritası.



Şekil 5.2. Çalışma alanı enine jeolojik kesitleri.

Kızılırmak Nehri'nin aktığı alanda çok geniş yayılım gösteren yamaç molozu ile eski ve yeni alüvyonun çakıl, kum ve gevşek tutturulmuş çakıltaşları ile kumtaşı seviyeleri geçirimli, killi seviyeler ise geçirimsizdir. Çalışma alanının hidrostratigrafik kesiti Şekil 5.3'te verilmiştir.



Şekil 5.3. Çalışma alanının hidrostratigrafik kesiti.

5.2.1 Geçirimli birimler

Kızılırmak formasyonu (Plk) çakıltası, kumtaşı, çamurtaşı içerir. Yamaç molozu ve alüvyon tutturulmamış çakıl, kum, silt, kil ve blok, çakıl, kum boyutunda yamaç döküntüleri içerir. Genel olarak Kızılırmak nehrinin geçtiği yerlerde yayılım gösterir. Saytepe formasyonu (Pns) iri çakıllı, kırmızımsı-mor renkli çakıltası, kumtaşı, çamurtaşı içerir. İsmi aldığı Saytepe civarında yayılım gösterir. Bozçaldağ metamorfikleri (PzMzb) ise amfibolit bantlı, kıvrımlı mermerler içermektedir. Ziyaret tepe ve civarında yayılım gösterir.

5.2.2 Yarı geçirimli birimler

Kızılöz formasyonu (Mk) kırmızı renkli, çakıl taşı, kumtaşı, çamur taşı içermektedir. Kızılöz civarında görülür. Yüksekli formasyonu (My) çakıltası, kumtaşı, kil taşı, tüfit ve jips içermektedir. En çok Yüksekli köyünde görülür. Çalışma alanında geniş yayılım gösterir. Kubaca formasyonu (Ek) kumtaşı, silttaşı, şeyl ve kireçtaşı içermektedir. Kubaca Tepe ile Keçiağlat Tepe arasında yayılım göstermektedir. Esefin formasyonu (Ee) kumtaşı, kilaşı ve silttaşı içermektedir.

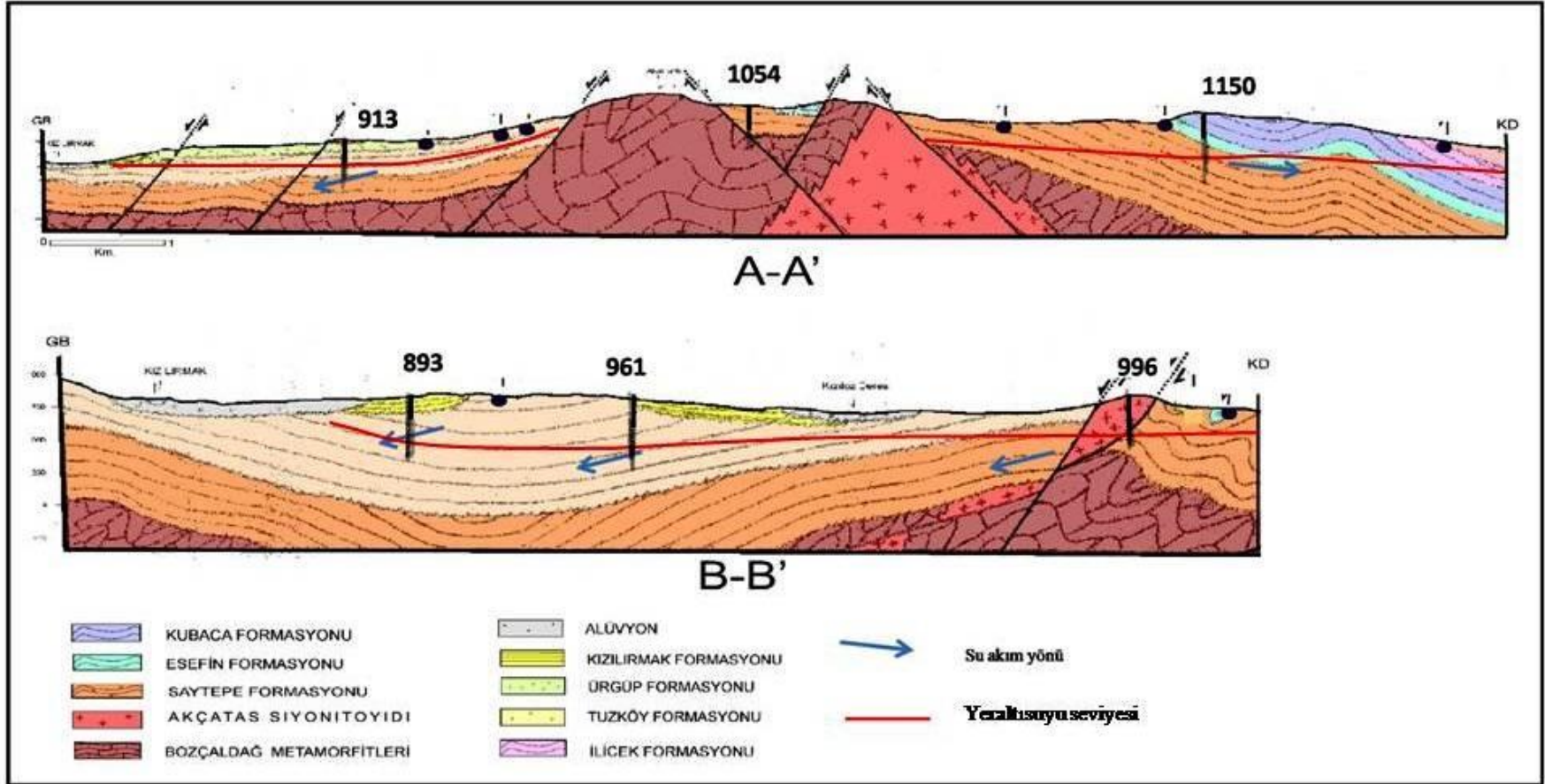
En iyi görüldüğü yer olan Esefin çeşmesi civarındadır, pek çok alanda yayılım gösterir. Boztepe kireçtaşı (Ealb) üyesi sıg denizel, bol fosilli, gri-bej renkli kireçtaşı ve çamurtaşı içerir. Bozdağ ile Boztepe arasında yayılım gösterir.

5.2.3 Geçirimsiz birimler

Arafa üyesi (Mka) kumtaşı, kil taşı, silttaşı, linyit ve marndan oluşmuştur. Alemlı ve Dadağı köyleri arasında görülür.

5.3 Çalışma Alanının Yeraltı Suyu Akım Sistemi

Çalışma alanında akiferlerin beslenme sistemi genellikle yağıştan süzülme ile olmaktadır. Bölgedeki yeraltı suyu hareketliliğini belirleyebilmek amacı ile bölgede yer alan sulama kuyularının verileri DSİ Kayseri bölge müdürlüğünden alınmıştır. ArcGIS yazılımının Arcmap uygulaması kullanılarak, bölgedeki yeraltısuyu seviye haritası hazırlanmış, yeraltı suyu akım yönü belirlenmiştir (Şekil 5.4).

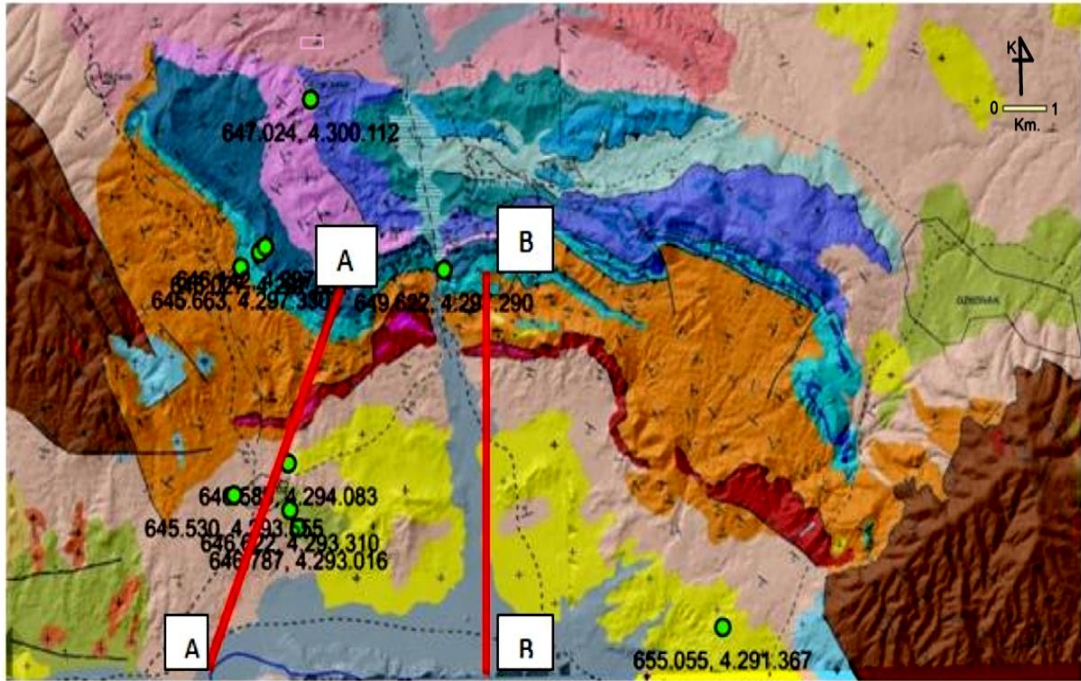


Şekil 5.5. Hidrojeolojik enine kesit (ölçeksiz).

6. SU KAYNAKLARININ HİDROJEOKİMYASAL DEĞERLENDİRMELERİ

6.1 Bölgedeki Su Kaynakları

Bölgedeki su kaynakları genellikle Ca, Mg-HCO₃ içerikli sulardır. Çalışma alanında Mayıs döneminde 10 adet numune alınmış, ancak Eylül döneminde kaynaklardan birinin kuruduğu gözlenmiştir (KYN4). Alınan numunelerin konumları haritada verilmiştir (Şekil.6.1). Diğer kaynakların debilerinde önemli miktarda bir azalma söz konusudur. Alınan numunelerden bazıları kuyulara aittir. Su kaynaklarının konumları Şekil. 6.1’de, resimleri Şekil 6.2’de verilmiştir.



Şekil 6.1. Alınan numunelerin arazideki konumları.



Şekil 6.2. Bölgedeki su kaynakları.

6.2 Su Kaynaklarının Kimyasal Özellikleri

Suların kimyasal analiz sonuçları ve arazide yerinde gerçekleştirilen ölçümlerle ilgili diyagramlar çizilmiş ve yorumlamalar yapılmıştır. Bölgede su kaynaklarının hidrojeokimyasal karakterlerinin incelenmesi amacıyla su noktalarının tümünde arazide yerinde ölçüm yapılmış, analiz için örnekler alınmış, suların fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir.

Su kaynaklarının Mayıs 2019 yağışlı döneme ait majör katyon ve anyonların analiz sonuçları Çizelge 6.1’de verilmiştir. Bununla birlikte, su kaynaklarının bu döneme ait (Mayıs 2019) ağır metal ve diğer elementlerin analiz sonuçları aynı Çizelgenin devamında verilmiştir. Eylül 2019 Kurak döneme ait analiz sonuçları Çizelge 6.2’de verilmiştir.

Çizelge 6.1. (Mayıs 2019) dönemine ait analiz sonuçları.

May.19	pH	İletkenlik $\mu S/cm$	Sertlik mg $CaCO_3/L$	Toplam Alkalinite mg $CaCO_3/L$	CO_3 mg/L	HCO_3 mg/L
KYN1	7,76	2121	842	270	1,743	327,6
SK2	7,5	683	290	320	1,138	389,2
KYN3	7,8	1179	470	275	1,945	333,5
KYN4	7,97	679	304	285	2,974	344,6
KYN5	7,47	664	316	315	1,046	383,2
KYN6	7,89	600	280	305	2,651	369,4
KYN7	8,09	536	248	290	3,978	349,7
KYN8	8,41	446	220	211,72	1,386	258,3
KYN9	7,87	741	320	375	3,114	454,3
KYN10	8,03	786	364	300	3,589	362,3

Çizelge 6.1 (devam). (Mayıs 2019) dönemine ait analiz sonuçları.

May.19	Ca mg/L	Mg mg/L	Na mg/L	K mg/L	Li µg/L	Ni µg/L	Se µg/L	Si mg/L
KYN1	225,7	101,3	99,2	9.782	241,3	17,02	0,877	11,41
SK2	99,05	21,44	28,06	7.690	154,5	5,664	1,071	8,570
KYN3	141,5	39,3	67,68	7.864	155,2	12,55	0,397	14,66
KYN4	89,07	27,37	34,52	5.808	156,8	6,911	1,267	7,462
KYN5	101,5	21,38	29,12	2.991	155,6	6,015	0,726	8,420
KYN6	49,56	39,19	36,89	3.408	219,1	8,984	2,939	7,866
KYN7	45,84	36,2	28,91	1.263	67,27	7,694	0,606	7,631
KYN8	39,75	26,76	25,21	1.790	52,54	6,807	0,580	7,866
KYN9	58,74	46,21	47,84	4.863	211,1	12,89	1,389	8,837
KYN10	79,96	46,61	40,61	2.244	36,38	11,52	0,613	9,763

Çizelge 6.1 (devam). (Mayıs 2019) dönemine ait analiz sonuçları.

May.19	Florür mg/L	Bromat mg/L	Klorür mg/L	Bromür mg/L	Nitrat mg/L	Sülfat mg/L
KYN1	1,18	9,86	220,15	3,28	103,57	642,67
SK2	0,43	0,03	13,10	0,03	0,47	78,44
KYN3	0,31	0,22	128,27	0,18	98,09	172,42
KYN4	0,53	0,03	11,35	1,12	0,67	113,43
KYN5	0,55	2,88	9,99	0,04	2,37	79,88
KYN6	0,57	0	8,54	0,05	7,58	47,22
KYN7	0,37	0,70	4,65	0,03	9,27	31,78
KYN8	0,26	0,39	3,85	0,02	11,44	26,38
KYN9	1,09	0	10,12	0,04	23,07	57,59
KYN10	0,29	22,32	5,97	0,02	7,18	232,01

Mayıs 19 dönemi analiz sonuçları incelendiğinde pH değerleri 7,5 (SK2) - 8,41 (KYN8) arasında; Kalsiyum (Ca) değerleri 39,75 mg/l (KYN8) - 225,7 mg/l (KYN1) arasınd olup arazinin güneyinde yoğunluk göstermiştir; Magnezyum (Mg) değerleri 21,44 mg/l (SK2) - 101,3 mg/l (KYN1) arasında; Potasyum (K) değerleri 1,263 mg/l (KYN7) - 9,772 mg/l (KYN1) arasında olup arazinin güney kesiminde artış göstermiştir. Karbonat (CO_3) değeri 1,046 mg/l (KYN5) 3,978 mg/l (KYN7) arasında ve kuzeye doğru artış gözlenmiştir ; Bikarbonat (HCO_3) değerleri 258,3 mg/l (KYN8)- 389,2 mg/l (SK2) arasında; sülfat (SO_4) değerleri 47,22 mg/l (KYN6) - 643,61 mg/l (KYN1) arasında ve arazinin güneyine doğru artışlar görülür; Klorür (Cl^-) değerleri ise 5,97 mg/l (KYN10) - 220,15 mg/l (KYN1) arasında değişmektedir ve arazinin güney kesimlerinde artış göstermiştir.

Lityum (Li) değerleri 36,38 mg/l (KYN10) ile 241,3 mg/l (KYN1) arasında değişmekle birlikte çalışma alanının güneyindeki kaynaklarda daha çok bulunmuştur. Nikel (Ni) 5,664 mg/l (SK2) ile 17,2 mg/l (KYN1) arasında ölçülmüştür. Selenyum (Se) 0,397 mg/l (KYN3) ile 2,939 mg/l (KYN6) arasındadır. Silisyum (Si) 7,631 mg/l (KYN7) ile 14,66 mg/l (KYN3) arasında ölçülmüştür.

Florür değerleri 0,26 mg/l (KYN8) ile 1,18 mg/l (KYN1) arasındadır. Bromat KYN6, KYN8 numunelerinde bulunamamış, 0,03 mg/l (KYN4) ile 9,86 mg/l (KYN1) olmasına rağmen kuzeye doğru artış görülmüştür. Nitrat değeri 0,47 mg/l (SK2) ile 103,57 mg/l (KYN1) arasında değişmektedir. Bunun sebebi artış gösteren kaynakların tarımsal olarak kullanılan Nitrat içerikli gübre kullanılan tarlalara yakınlığıdır.

Çizelge 6.2. Kurak (Eylül 2019) dönemine ait analiz sonuçları.

Eyl.19	pH	İletkenlik $\mu S/cm$	Sertlik mg $CaCO_3/L$	Toplam Alkalinite mg $CaCO_3/L$	CO_3 mg/L	HCO_3 mg/L
KYN1	7,91	2014	833	250	2,274	302,6
SK2	8,24	592	292	305	5,881	366
KYN3	7,97	946	380	335	3,495	405,1
KYN5	7,55	1509	756	760	3,032	924,1
KYN6	8,31	605	266	310	6,693	371,2
KYN7	8,78	575	262	280	3,128	338,4
KYN8	8,41	574	252	275	3,073	332,3
KYN9	8,49	801	372	385	4,302	465,3
KYN10	8,44	826	390	300	3,352	362,5

Çizelge 6.2 (devam). Kurak (Eylül 2019) dönemine ait analiz sonuçları.

Eyl.19	Ca mg/L	Mg mg/L	Na mg/L	K mg/L	Al $\mu g/L$	Li $\mu g/L$	Mo $\mu g/L$	Ni $\mu g/L$	Si mg/L
KYN1	167,6	146,6	77,8	8,4	14,22	184,8	11,6	63,0	20,1
SK2	83,8	20,6	10,9	2,6	14,32	51,0	7,5	26,9	14,3
KYN3	85,5	51,5	47,0	8,5	15,61	121,5	9,5	38,4	16,8
KYN5	207,8	83,2	43,1	5,1	18,76	340,9	5,4	49,3	19,9
KYN6	38,3	63,6	25,2	4,6	11,16	169,4	13,5	40,1	12,1
KYN7	40,3	65,2	21,7	3,0	9,29	65,6	13,4	41,2	13,0
KYN8	46,6	56,1	23,3	2,2	6,94	45,9	38,5	36,6	15,8
KYN9	53,1	90,3	35,5	4,7	6,51	139,9	20,5	46,7	16,1
KYN10	70,7	90,1	34,1	2,4	11,13	36,8	67,4	44,4	16,7

Çizelge 6.2 (devam). Kurak (Eylül 2019) dönemine ait analiz sonuçları.

Eyl.19	Florür mg/L	Bromat mg/L	Klorür mg/L	Bromür mg/L	Nitrat mg/L	Sülfat mg/L
KYN1	1,3445	5,9174	374,0068	1,7183	95,9388	409,5043
SK2	0,3737	3,0950	9,9134	0,4475	14,8571	48,2719
KYN3	0,6402	-	45,2235	0,4621	43,8236	210,2003
KYN5	0,5826	8,2765	25,9191	0,6979	-	263,3324
KYN6	0,7420	2,1336	13,5460	0,3703	8,6237	46,3701
KYN7	0,4977	2,7688	8,6331	0,3744	10,8771	31,3126
KYN8	0,4944	2,5915	6,8753	0,3608	37,7209	64,5575
KYN9	1,9968	1,7093	17,1082	0,0684	25,5903	61,0032
KYN10	0,2656	0,0195	6,3351	0,3713	-	239,3719

Ca:Kalsiyum, Mg: Magnezyum, Na: Sodyum, K:Potasyum, Al: Aliminyum, Li: Lityum, Mo: Molibden, Ni: Nitrit, Si: Silisyum, HCO₃⁻:Bikarbonat, CO₃:Karbonat

6.3 Suların İyon İçeriği ve Kökenleri

6.3.1 Katyonlar ve Anyonlar

Ca⁺²: bu iyon kireçtaşlarının CO₂'li sularla yıkanması volkanik arazilerde ise bu iyon anortit, piroksen, amfibol gibi silikat minerallerinin bünyesinde bulunan Ca⁺² iyonunun çözünmesi sonucu suya karışmış olmalıdır (Çizelge 6.3).

Mg⁺²: bu iyon çevredeki ultramafik kayalar dolomit ve gabrolarla suların ilişkili olduğu sonucunu ortaya çıkarmaktadır.

Na⁺²: volkanik kayalardaki albitlerin çözünürlüğünün artması ile iyon değişimi ile sulara geçmiş olabilir. Kil mineralleri Ca⁺² ile Na⁺² 'nın yer değiştirmesini sağlar.

SO₄⁻²: bu iyon suların dolaşımı süresince evaporitlerle teması sırasında, jipslerden, volkanik olarak ve atmosferik kökenli olarak sularla zenginleşmiştir

HCO₃⁻: sulardaki HCO₃⁻ iyonu yüksek karbondioksit gazına ve karbonatlı kayalara bağlı olarak açığa çıkmaktadır.

Çalışma alanındaki suların iyon (meq/l) bolluk dizilimleri:

KYN1: Ca⁺²>Mg⁺²>Na⁺+K⁺; SO₄⁻²>Cl⁻>HCO₃⁻

SK2: Ca⁺²>Mg⁺²>Na⁺+K⁺; HCO₃⁻>SO₄⁻²>Cl⁻

KYN: $\text{Ca}^{+2} > \text{Mg}^{+2} > \text{Na}^+ + \text{K}^+$; $\text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{-2}$

KYN4: $\text{Ca}^{+2} > \text{Mg}^{+2} > \text{Na}^+ + \text{K}^+$; $\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{-2} > \text{Cl}^-$

KYN5: $\text{Ca}^{+2} > \text{Mg}^{+2} > \text{Na}^+ + \text{K}^+$; $\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{-2} > \text{Cl}^-$

KYN6: $\text{Mg}^{+2} > \text{Ca}^{+2} > \text{Na}^+ + \text{K}^+$; $\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{-2} > \text{Cl}^-$

KYN7: $\text{Mg}^{+2} > \text{Ca}^{+2} > \text{Na}^+ + \text{K}^+$; $\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{-2} > \text{Cl}^-$

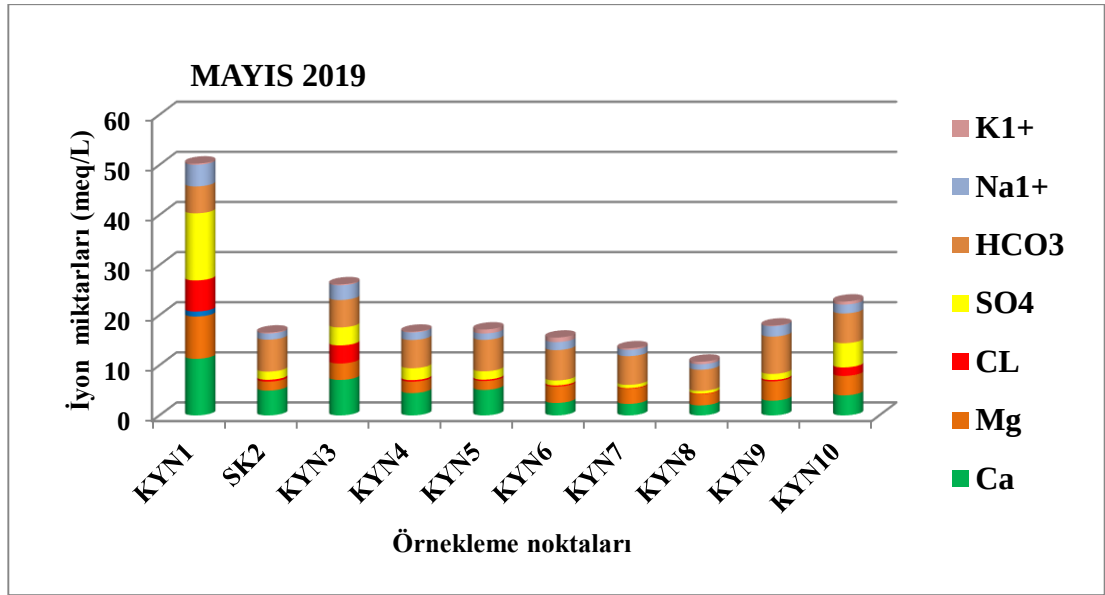
KYN8: $\text{Mg}^{+2} > \text{Ca}^{+2} > \text{Na}^+ + \text{K}^+$; $\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{-2} > \text{Cl}^-$

KYN9: $\text{Mg}^{+2} > \text{Ca}^{+2} > \text{Na}^+ + \text{K}^+$; $\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{-2} > \text{Cl}^-$

KYN10: $\text{Ca}^{+2} > \text{Mg}^{+2} > \text{Na}^+ + \text{K}^+$; $\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{-2} > \text{Cl}^-$

Çizelge 6.3. Suların iyon dizilimleri.

no	Ca	Mg	Na ¹⁺	K ¹⁺	HCO ₃	SO ₄	Cl
KYN1	11,29	8,44	4,31	0,25	5,37	13,39	6,21
SK2	4,95	1,79	1,22	0,2	6,38	1,63	0,37
KYN3	7,08	3,28	2,94	0,2	5,47	3,59	3,61
KYN4	4,45	2,28	1,5	0,15	5,65	2,36	0,32
KYN5	5,08	1,78	1,27	0,8	6,28	1,66	0,28
KYN6	2,48	3,27	1,6	0,9	6,06	0,98	0,24
KYN7	2,29	3,02	1,26	0,3	5,73	0,66	0,13
KYN8	1,99	2,23	1,1	0,5	4,24	0,55	0,11
KYN9	2,94	3,85	2,08	0,12	7,45	1,2	0,29
KYN10	4	3,88	1,77	0,6	5,94	4,83	1,7

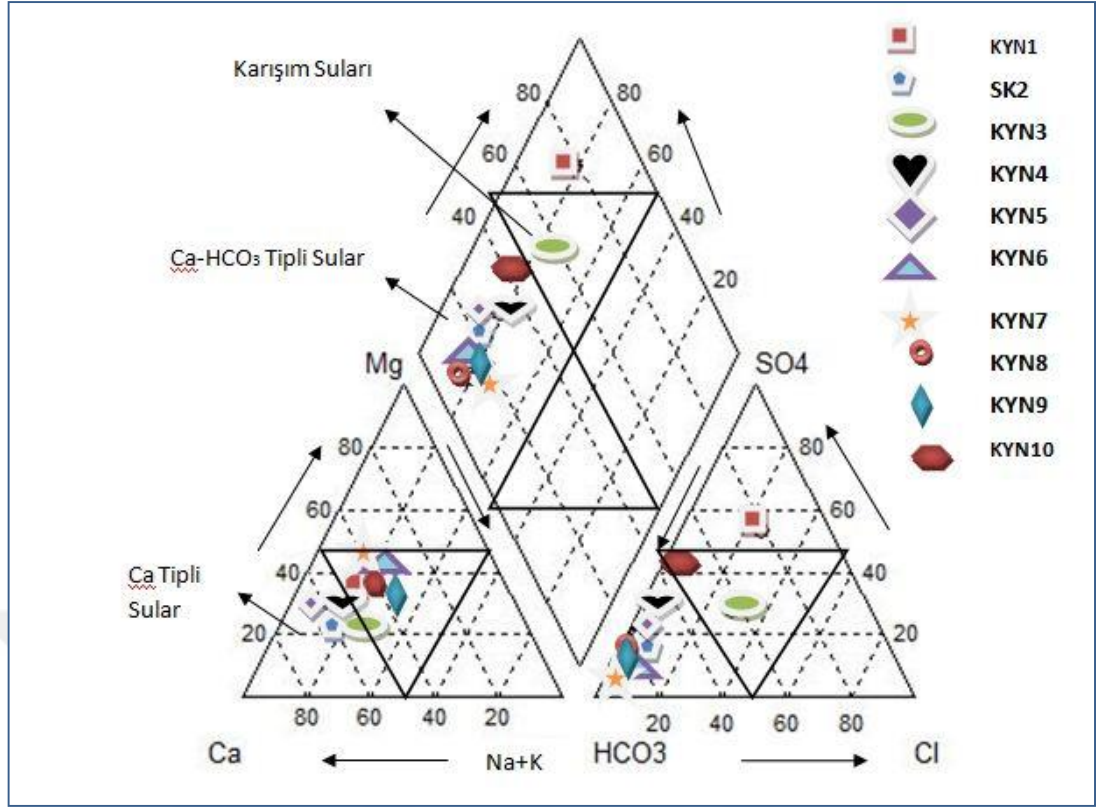


Şekil 6.3. Numunelerin iyon bolluk diyagramı.

Çalışma alanındaki su kaynaklarının analiz sonuçlarına göre, Tuzköy formasyonu ve Yüksekli formasyonu içindeki killi seviyelerden $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ ve mineralleri, Tamadağ ve Bozçaldağ formasyonlarında bulunan kayalardan Ca^{+2} ve Mg^{+2} , evaporitlerden ve yağmur ve kar sularından Cl, Yüksekli formasyonundaki jipsli seviyelerden piritin oksidasyonu sonucu SO_4^{-2} lar, Balkaya formasyonundaki travertenlerden ve Bozçaldağ formasyonuna ait mermerlerin çözünmesi sonucu HCO_3^- yüksek oranlarda çözünerek su kaynakları içerisinde zenginleşmiştir.

6.4 Piper Diyagramı

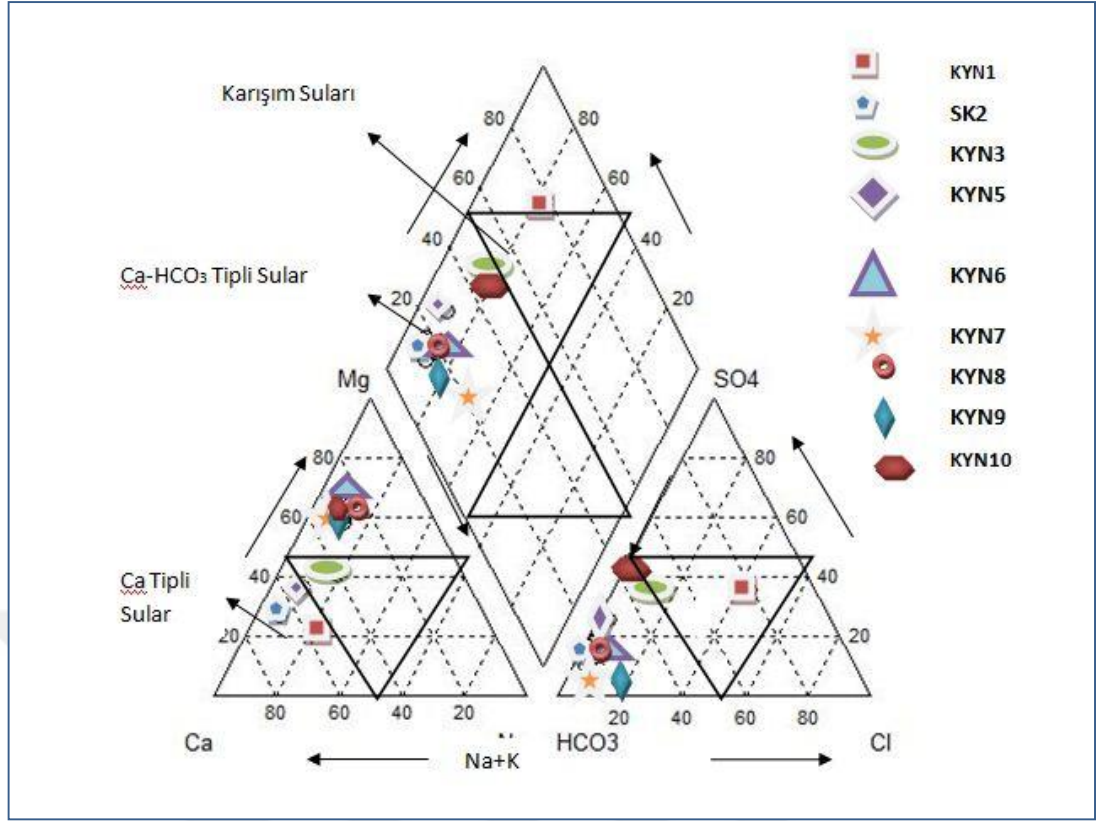
Piper diyagramı, iki üçgen ve bir merkezi eşkenar dörtgenden oluşan şekilden meydana gelmiştir. Üçgenlerden birisi anyonları diğeri ise katyonları gösterir. Piper diyagramının en önemli avantajı; Piper diyagramı ile akiferlere farklı fasiyeste suların karışımı belirlenebilmektedir. İnceleme kapsamındaki yeraltı sularının Mayıs 2019 ve Eylül 2019 örnekleme dönemlerine ait Piper diyagramları, sırasıyla, Şekil 6.4 ve Şekil 6.5'te verilmiştir.



Şekil 6.4. Güleşhir (Nevşehir) civarındaki su numunelerin yağışlı döneme ait Piper diyagramı (Mayıs-2019).

Mayıs 2019 örnekleme döneminde KYN1 (CaSO_4 'lu) ve KYN3 (Karışım Sular) hariç diğer suların tamamı diyagramın 5. bölgesinde yer almışlardır. Bu sular karbonat alkalinitesi fazla karbonat ve sertliği yüksek Ca-HCO_3 tipli sulardır. Bu suların Ca-HCO_3 fasiyesi özelliği göstermeleri, suların karbonatlı bir akiferden beslendiklerini göstermektedir. Piper diyagramı üzerinde suların aynı bölgede kümeleşmeleri suların aynı kökenli veya benzer bir akiferden beslendiklerini gösterir.

Eylül ayında alınan numunelerin analiz sonuçları Piper diyagramında incelendiğinde, KYN6, KYN7, KYN8, KYN9 ve KYN10 numunelerinin Mg içerikleri artmıştır. Bu sular, karbonat alkalinitesi fazla karbonatlı ve dolomitli, sertliği yüksek Ca-Mg-HCO_3 tipli sulardır. Bu suların Ca-Mg-HCO_3 fasiyesi özelliği göstermeleri, suların dolomit içeriği yüksek karbonatlı bir akiferden beslendiklerini göstermektedir. Piper diyagramı üzerinde suların aynı bölgede kümeleşmeleri suların aynı kökenli bir akiferden beslendiklerine işaret edebilir.



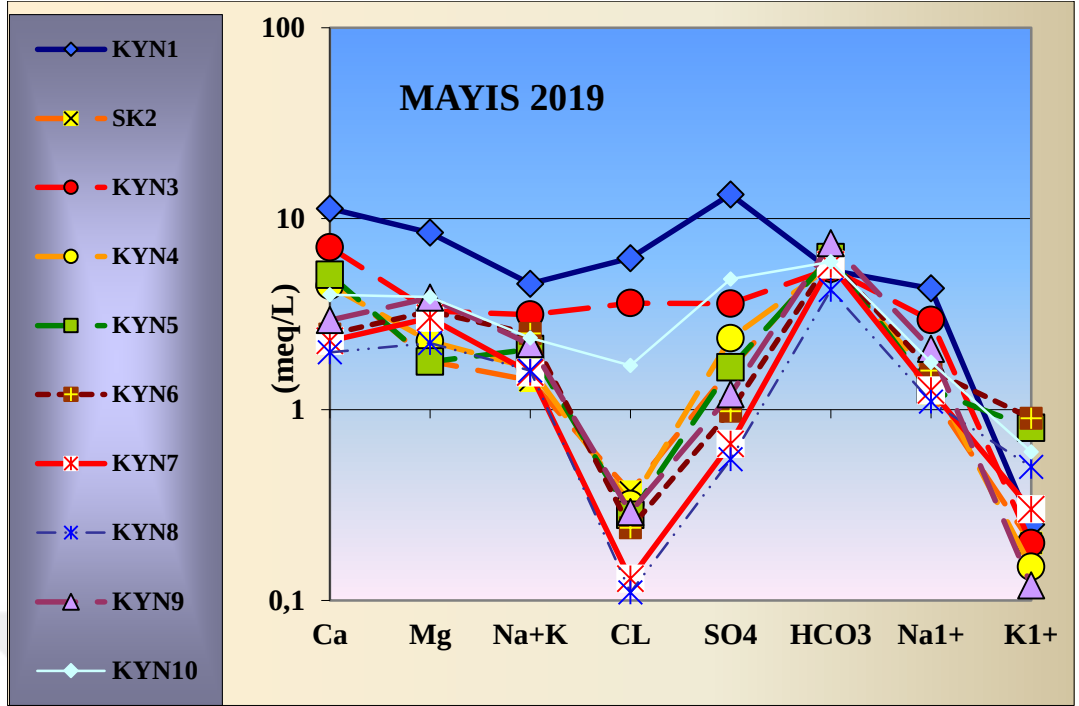
Şekil 6.5. Gülşehir (Nevşehir) civarındaki su numunelerinin kurak döneme ait Piper diyagramı(Eylül-2019).

6.5 Yarı Logaritmik Schoeller Diyagramı

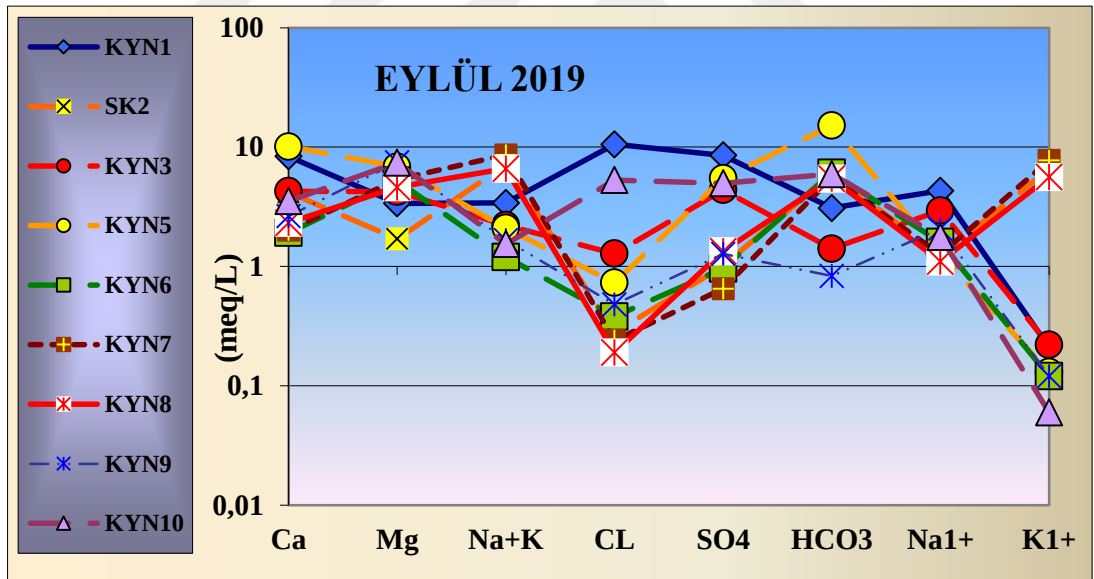
Yarı logaritmik Schoeller diyagramına göre kaynaklar genellikle kalsiyum,sülfat ve bikarbonat iyonlarınca zengindir. Suların mevsimsel hidrokimyasal değişimleri Şekil 6.6 ve 6.7’de verilmiştir.

Sularda sülfat iyonunun yüksek olmasının sebebi bunların fay hatları boyunca yüzeye çıkışları sırasında jipsli seviyelerle ilişkilerine işaret edebilir. Mermerler yağışlardan beslenmektedir. KYN1, KYN3 ve KYN10 kaynakları hariç diğer soğuk su kaynaklarının grafik üzerinde hemen hemen birbirine yakın olmasının sebebi aynı tür akifer ve aynı tür yağışlardan beslendiğini göstermektedir.

Kurak dönem yarı logaritmik Scholler diyagramı incelendiğinde kaynakların Ca, Mg, Na+K değerlerinde bir artış söz konusudur.



Şekil 6.6. Gülşehir (Nevşehir) civarındaki su numunelerinin yağışlı döneme ait yarı logaritmik Schoeller diyagramı (Mayıs-2019).



Şekil 6.7. Gülşehir (Nevşehir) civarındaki su numunelerinin kurak döneme ait yarı logaritmik Schoeller diyagramı (Eylül-2019).

6.6 Pasta (Dairesel) Diyagramı

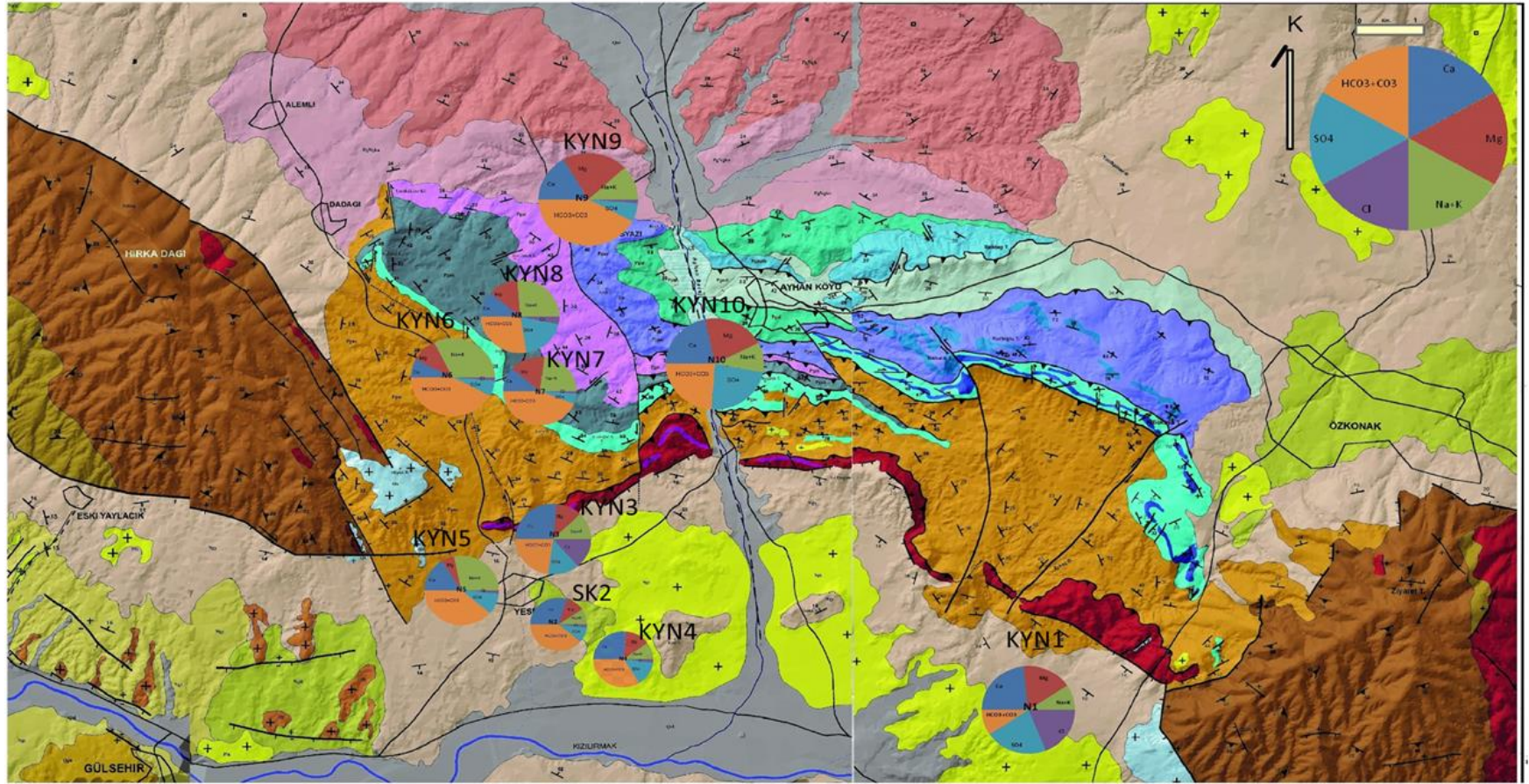
Anyon ve katyon içeriğine göre hazırlanan pasta diyagramlar harita üzerinde gösterilerek yeraltı suyu akım yolu boyunca kimyasal kompozisyonunda oluşan değişimler gösterilmeye ve yorumlanmaya çalışılmıştır. Şekil 6.8'de, Mayıs 2019 örneklerine ait dairese diyagramları, Şekil 6.9'da ise Eylül örneklerinin harita üzerinde gösterilmiştir.

Yağışlı dönem pasta diyagramları incelendiğinde KYN1 numunesi en düşük HCO_3+CO_3 oranına, en yüksek Cl, SO_4 oranına sahiptir. KYN2 numunesi yüksek HCO_3+CO_3 ve Ca oranına sahip, Cl oranı çok düşük birbirine yakın Na+K, SO_4 ve Mg oranına sahiptir. KYN3 numunesinde HCO_3+CO_3 ve Ca değerleri yüksek ve birbirlerine yakındır, diğer değerler de birbirlerine yakın oranlarda gözlenmiştir.

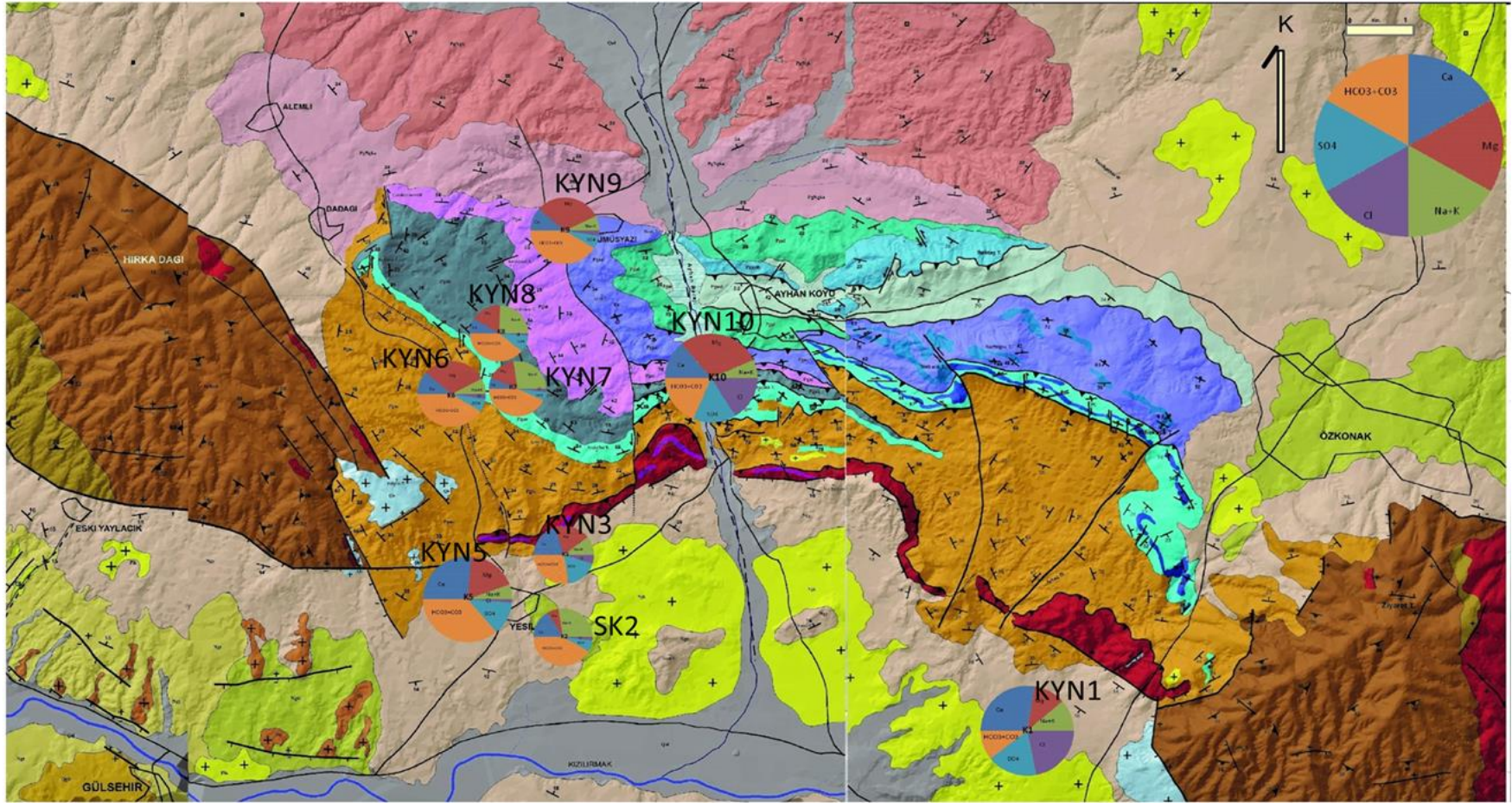
KYN5 numunesinde baskın olan HCO_3+CO_3 olmakla birlikte Na+K, Ca, SO_4 , Mg, Cl şeklinde oranları sıralanmıştır. KYN6 ve KYN7 numunelerinde HCO_3+CO_3 değerleri yakinken Na+K değeri KYN6'da yüksektir. KYN8 numunesinde HCO_3+CO_3 ve Na+K değerleri diğerlerine göre fazladır. KYN9 numunesinde HCO_3+CO_3 fazla, Mg ve Ca değerleri neredeyse eşit SO_4 değeri Cl' dan sonra en düşük orandadır.

Kurak dönem haritasını yağışlı dönemle kıyasladığımız da: KYN1'de belirgin değişim yoktur, KYN2'de Na+K artmış, Ca azalmıştır. KYN3'te Cl azalmış, KYN5 ve KYN6'da Mg ve Ca artarken Na+K aşırı azalmıştır. KYN7'de Ca azalmış, Mg artmıştır. KYN8'de HCO_3+CO_3 artmış SO_4 azalmıştır. KYN9'da Ca, Na+K azalmış Mg artmıştır. KYN10'da Cl artış göstermiş, SO_4 oranında ise azalma gözlemlenmiştir.

.



Şekil 6.8. Yağışlı dönem anyon-katyon pasta grafikleri haritası.



Şekil 6.9. Kurak dönem anyon-katyon pasta grafikleri haritası.

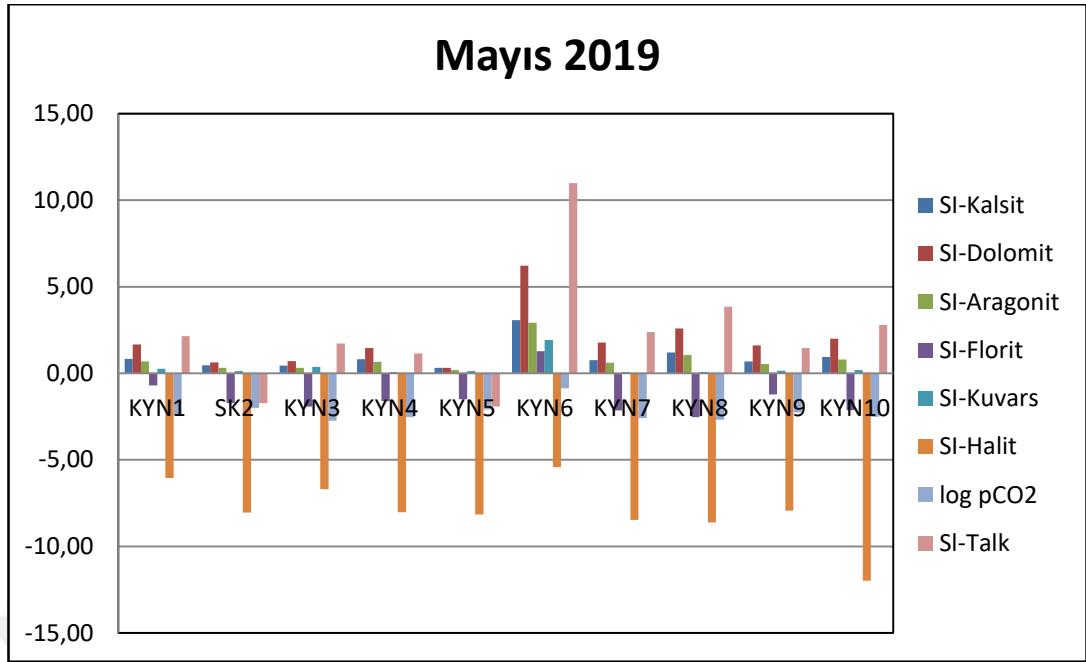
6.7 Doygunluk İndislerinin Hesaplanması

Bu tür değerlendirmelerden, yeraltısuyu dolaşım sırasında, akifer sistemindeki su-kayaç ilişkisi, oluşan kimyasal tepkimeler ve hidrojeokimyasal ortam hakkında yorum yapabilme imkanı sağlanmaktadır. Bu amaçla yeraltı suyunda çeşitli minerallerin doygunluk durumlarının araştırılması gerekmektedir. İncelenen suların doygunluk indisleri hesaplanmıştır.

Ayrıca suların aragonit, kalsit, dolomit, florit, kuvars, halit, talk ve karbondioksit gazı gibi çökelme ortamlarında bulunabilecek başlıca minerallerin doygunluk durumu grafiksel olarak değerlendirilmiştir. Yağışlı döneme ait (Mayıs 2019) su doygunluk indisleri Çizelge 6.4'te ve grafiksel değerlendirmesi ise, Şekil 6.10'da verilmiştir.

Çizelge 6.4. Yağışlı döneme ait su doygunluk indisleri (Mayıs 2019).

	SI- Kalsit	SI- Dolomit	SI- Aragonit	SI- Florit	SI- Kuars	SI- Halit	log pCO ₂	SI- Talk
KYN1	0,83	1,67	0,68	-0,70	0,26	-6,04	-2,43	2,15
SK2	0,47	0,63	0,32	-1,72	0,14	-8,04	-2,00	-1,71
KYN3	0,45	0,70	0,31	-1,93	0,37	-6,69	-2,74	1,73
KYN4	0,81	1,47	0,67	-1,60	0,07	-8,02	-2,53	1,15
KYN5	0,32	0,32	0,18	-1,50	0,13	-8,15	-2,09	-1,92
KYN6	3,07	6,21	2,92	1,28	1,92	-5,42	-0,86	10,98
KYN7	0,76	1,77	0,62	-2,15	0,08	-8,46	-2,58	2,39
KYN8	1,20	2,60	1,06	-2,54	0,08	-8,62	-2,68	3,85
KYN9	0,68	1,62	0,54	-1,21	0,15	-7,94	-2,26	1,47
KYN10	0,94	2,00	0,79	-2,13	0,19	-11,98	-2,52	2,79



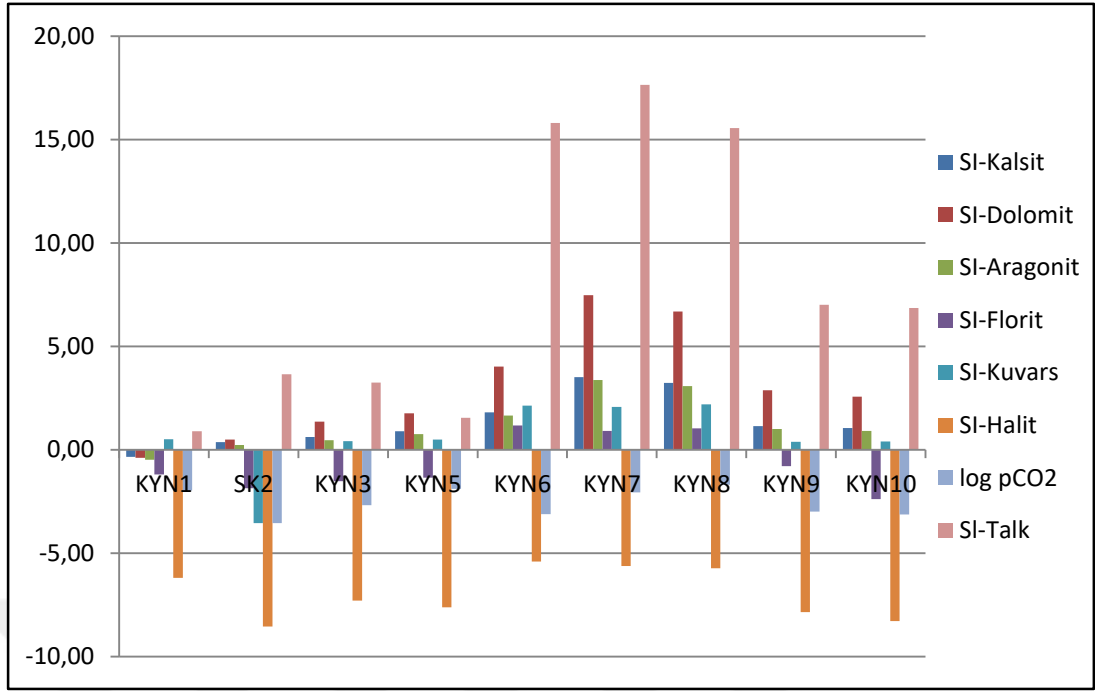
Şekil 6.10. Yağışlı döneme ait doygunluk indislerin grafiği.

Grafik incelendiğinde tüm kaynakların florit, halit ve CO₂ bakımından doymun olmadıkları görülmektedir. SK2 ve KYN5 kaynakları ise talk minerali bakımından doymun değildir; diğer kaynaklar doymundur. Su kaynakları, yağışlı dönemde, Kalsit, dolomit, aragonit mineralleri bakımından doymundurlar.

Kurak döneme ait (Mayıs 2019) su doygunluk indisleri Çizelge 6.5'te ve grafiksel değerlendirmesi ise, Şekil 6.11'de verilmiştir.

Çizelge 6.5. Kurak döneme ait su doygunluk indisleri (Eylül 2019).

	SI-Kalsit	SI-Dolomit	SI-Aragonit	SI-Florit	SI-Kuvars	SI-Halit	log pCO ₂	SI-Talk
KYN1	-0,34	-0,38	-0,48	-1,19	0,51	-6,19	-1,96	0,90
SK2	0,37	0,49	0,23	-1,85	-3,54	-8,55	-3,54	3,65
KYN3	0,62	1,36	0,47	-1,52	0,42	-7,29	-2,68	3,25
KYN5	0,90	1,77	0,76	-1,35	0,50	-7,61	-1,88	1,55
KYN6	1,81	4,03	1,66	1,18	2,13	-5,40	-3,11	15,81
KYN7	3,52	7,48	3,37	0,91	2,07	-5,62	-2,06	17,64
KYN8	3,23	6,69	3,08	1,04	2,20	-5,72	-1,69	15,56
KYN9	1,14	2,88	1,00	-0,79	0,39	-7,84	-2,98	7,01
KYN10	1,05	2,57	0,91	-2,38	0,41	-8,28	-3,13	6,86



Şekil 6.11. Kurak döneme ait su doygunluk indislerin grafiği.

Kurak dönem doygunluk indisi grafiği incelendiğinde KYN1 kaynağının kuvars ve talk mineralleri haricinde hepsine doymun olmadığı göze çarpmaktadır. Yağışlı dönemde florite doymun olmayan KYN6, KYN7 ve KYN8 kaynaklarının doymun olduğu diğer kaynakların değişmediği gözlenmiştir. Yine, halit mineraline doymunluk değişmemiştir. SK2 ve KYN5 kaynaklarında talk mineraline doymunluk gözlenmiştir.

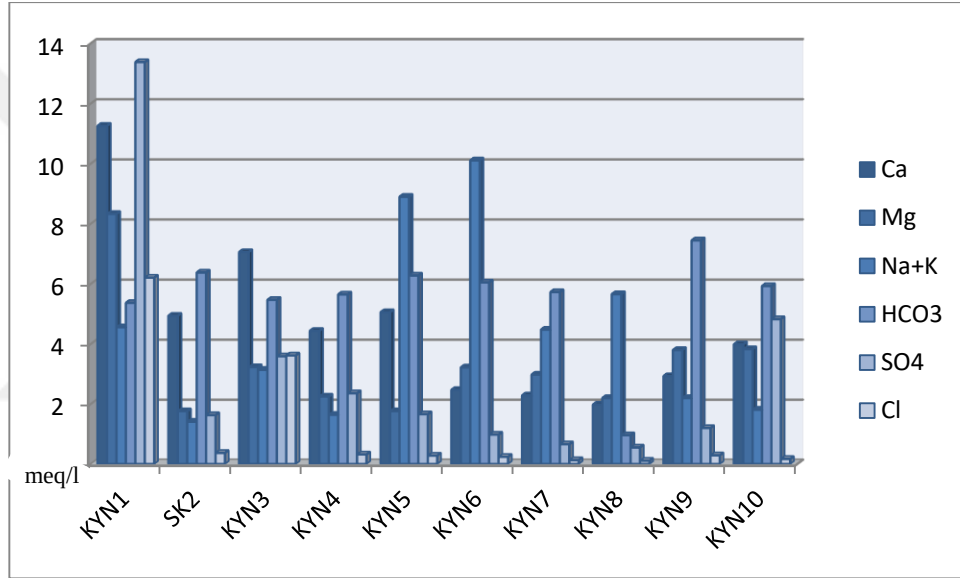
6.8 Çalışma Alanındaki Yeraltısularının Hidrojeokimyasal Fasiyesleri

Yağışlı döneme ait verileri ve grafiksel değerlendirmeler incelendiğinde, genç sulardan yaşlı sulara doğru Mg^{+2} elementinin oransal olarak azaldığı tespit edilmiştir. SK2 ve KYN5 kaynaklarında Mg en düşük seviyededir.

KYN6, KYN7 ve KYN8 kaynaklarının sık dolaşımli olması ve kayalarla daha az temas halinde olmasından ötürü SO_4^{-2} oranı düşüktür (Çizelge 6.6). Yağışlı döneme ait suların $Ca-Mg-Na+K-HCO_3^- -SO_4-Cl$ (meq/l) değerleri, Şekil 6.12’de verilmiştir.

Çizelge 6.6. İnceleme alanındaki Ca-Mg-Na+K-HCO₃-SO₄-Cl (meq/l)değerleri.

MAYIS	Ca	Mg	Na+K	HCO ₃	SO ₄	Cl
KYN1	11,26	8,33	4,56	5,37	13,38	6,21
SK2	4,94	1,76	1,41	6,38	1,63	0,37
KYN3	7,06	3,23	3,14	5,47	3,59	3,62
KYN4	4,44	2,25	1,64	5,65	2,36	0,32
KYN5	5,06	1,76	8,9	6,28	1,66	0,28
KYN6	2,47	3,22	10,11	6,05	0,98	0,24
KYN7	2,29	2,98	4,48	5,73	0,66	0,13
KYN8	1,98	2,2	5,66	0,96	0,55	0,11
KYN9	2,93	3,8	2,2	7,45	1,2	0,29
KYN10	3,99	3,83	1,81	5,93	4,83	0,17

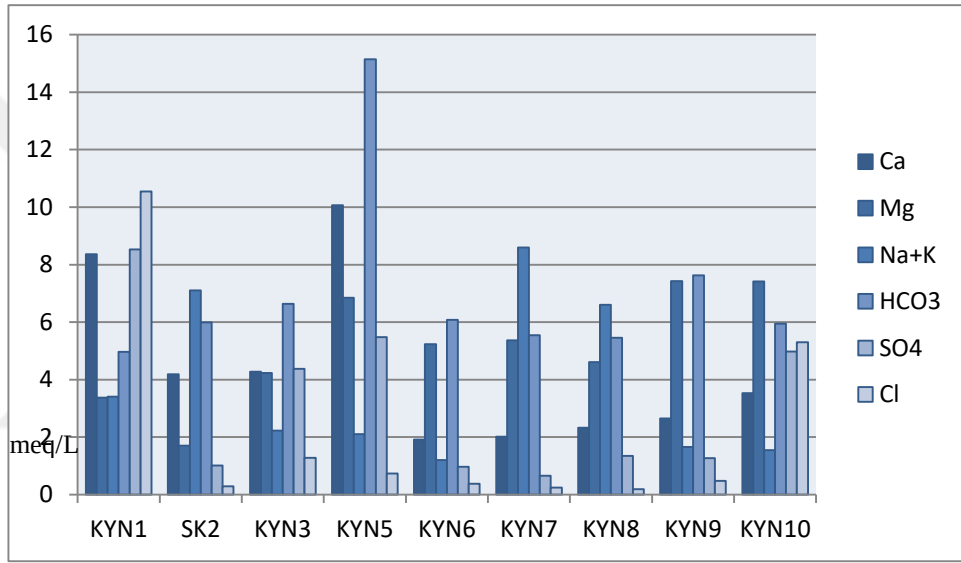


Şekil 6.12. Yağışlı döneme ait suların Ca-Mg-Na+K-HCO₃-SO₄-Cl (meq/l)değerleri.

Kurak döneme ait suların Ca-Mg-Na+K-HCO₃-SO₄-Cl (meq/l) değerleri Çizelge 6.7’de, grafiksel değerlendirmesi ise, Şekil 6.13’de verilmiştir.

Çizelge 6.7. Kurak dönem Ca-Mg-Na+K-HCO₃-SO₄-Cl (meq/l) değerleri.

EYLÜL	Ca	Mg	Na+K	HCO ₃	SO ₄	Cl
KYN1	8,36	3,37	3,41	4,96	8,53	10,55
SK2	4,18	1,7	7,1	5,99	1,01	0,28
KYN3	4,27	4,23	2,22	6,64	4,37	1,28
KYN5	10,07	6,85	2,1	15,15	5,48	0,73
KYN6	1,91	5,23	1,2	6,08	0,97	0,38
KYN7	2,01	5,36	8,6	5,54	0,65	0,24
KYN8	2,32	4,61	6,6	5,45	1,34	0,19
KYN9	2,65	7,43	1,66	7,63	1,27	0,48
KYN10	3,53	7,41	1,54	5,94	4,98	5,3



Şekil 6.13. Kurak döneme ait suların Ca-Mg-Na+K-SO₄-HCO₃-Cl değerleri.

Kurak döneme ait veriler ve grafiksel değerlendirmeler incelendiğinde; KYN1 numunesinde Ca ve Mg oranında düşüş gözlenmiştir. KYN2 numunesinde ciddi farklar yoktur. KYN3 numunesinde Ca ve SO₄ oranında azalma gözlenirken Mg ve HCO₃ değerlerinde artış vardır. KYN5 ve KYN8 numunelerinde tüm değerlerde artış söz konusudur. KYN6 numunesinde Ca ve Mg azalmış, KYN7 numunesinde Ca ve Mg artmıştır. KYN9 ve KYN10 numunelerinde ise Mg artarken diğer değerlerde ciddi bir fark yoktur.

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Çalışma alanında temeli, Paleozoyik-Mesosoyik yaşlı, Kaman grubuna ait, Tamadağ ve Bozçaldağ metamorfitleri ile bunları kesen Geç Kretase yaşlı, Akçataş siyenitoyidi ve Kampaniyen yaşlı Kötüdağ andezitleri oluşturur. Çok evreli deformasyona uğramıştır. Yörenin en genç birimlerini Holosen yaşlı, Balkaya travertenleri ile güncel yamaç molozu ve alüvyonlar oluşturmaktadır.

Kaynak alanlarının temelinde yer alan birimlerden Tamadağ metamorfitine ait şistler geçirimsiz, Bozçaldağ metamorfitine ait mermerlerin çatlaklı, kırıklı ve karstik boşluklu bölümleri ise geçirimlidir. Granitoyitler içerisinde yer alan granitler genelde geçirimsiz olmakla beraber, bozunuma uğradığı ve birbirini kesen çatlakları içerdiği üst kuşaklarda geçirimlidir.

Çalışma alanındaki akifer birimler, Bozçaldağ metamorfitleri içindeki mermerler, Saytepe formasyonu içindeki iri çakıllı, kırmızı-mor renkli çakıltaşı, kumtaşı, çamurtaşı, Kızılırmak formasyonu içindeki çakıltaşı, kumtaşı, çamurtaşıdır.

Çalışma alanında bulunan kaynaklar bölgede etkili olan tektonizmanın etkisi sonucu oluşmuş kırık ve çatlak sistemleri boyunca yüzeye çıkmaktadır. KYN5 kaynağının çıkış yeri dokanaklardır.

Su analizi sonuçlarına göre yer altı sularına Na^+ Tuzköy formasyonu ve Yüksekli formasyonu içinde ki killi seviyelerden, Ca^{+2} yüksekli ve Ürgüp formasyonlarında bulunan dolomitlerden, Mg^{+2} Tamadağ ve Bozçaldağ formasyonlarında bulunan dolomit türü kayalardan, Cl^- 'nin evaporitlerden ve yağmur ve kar sularından, SO_4^{-2} 'nin Yüksekli formasyonundaki jipsli seviyelerden, piritin oksidasyonundan ve atmosferden, HCO_3^- 'ün Balkaya formasyonundaki travertenlerden ve topraktaki ve atmosferdeki CO_2 ile karbonatlı kayaların çözünmesi sonucu sulara karıştığı düşünülmektedir.

Schoeller diyagramına göre kaynaklar genellikle kalsiyum, sülfat ve bikarbonat iyonlarınca zengindir. Sularda sülfat iyonunun yüksek olmasının sebebi bunların fay hatları boyunca yüzeye çıkışları sırasında jipsli seviyelerle ilişkilerine işaret edebilir. Mermerler yağışlardan beslendikleri için bunlarda depolanan su meteorik kökenlidir.

KYN1, KYN3 ve KYN10 kaynakları hariç diğer soğuk su kaynaklarının grafik üzerinde hemen hemen birbirine yakın olmasının sebebi aynı tür akifer ve aynı tür yağışlardan beslendiğini göstermektedir.

Çalışma alanındaki suların doygunluk indisleri Phreeqc programı yardımı ile hesaplanmıştır; tüm kaynakların florit, halit ve CO₂ bakımından doygun olmadıkları görülmektedir. SK2 ve KYN5 kaynakları ise talk minerali bakımından doygun değildir; diğer kaynaklar doygunur. Kalsit, dolomit, aragonit mineralleri bakımından doygunurlar. Kurak dönem doygunluk indisi grafiğı incelendiğinde KYN1 kaynağının kuvars ve talk mineralleri haricinde hepsine doygun olmadığı göze çarpmaktadır. Yağılı dönemde florite doygun olmayan KYN6, KYN7 ve KYN8 kaynaklarının doygun olduğı diğer kaynakların değışmediğı gözlemlenir. Yine halit mineraline doygunluk değışmemiştir. SK2 ve KYN5 kaynaklarında talk mineraline doygunluk gözlenmiştir.

Yeraltı suyu akımları çeşitli yönlerde olsa da güneyde yer alan Kızılırmak 'a doğru bir akış gözlenmektedir.

Yeraltı sularının Kızılırmak'ı beslediğı belirlenmiştir.

8. KAYNAKLAR

- Afşin, M., 2002. CO₂ ce zengin çorak, Karakaya ve Gümüşkent (Nevşehir) mineralli sularının hidrojeokimyası, Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Bülteni, 26, 1-14.
- Aydın, N., 1984. Orta Anadolu Masifinin Gümüşkent B. (Nevşehir) dolayında jeolojik petrografik incelemeler, MTA Jeoloji Etüdları, Daire Bşk. Saydemergün Kitaplığı, Arşiv No:206.
- Atabey, E. ve Tarhan, N., 1987. Ortaköy (Niğde-Tuzköy) Kesikköprü (Nevşehir) yöresinin jeolojisi, M.T.A. Rapor No:8156, Ankara.
- Atabey, E., Tarhan, N., Yusufoglu, H. ve Canpolat, M., 1988. Hacıbektaş, Gülşehir, Kalaba (Nevşehir) Himmetdede (Kayseri) arasının jeolojisi, M.T.A. Rapor No: 8523, Ankara (yayımlanamamış).
- Becker, H., 1956. Gülşehir ve Hacıbektaş arasındaki bölgenin (Kayseri'nin batısı) jeolojisi ve linyit zuhurları hakkında rapor, M.T.A. Rapor No: 2578, Ankara.
- Beekman, P. H., 1963. Hasandağı-Melendizdağı bölgesinde Pliyosen ve Kuvaterner volkanizma faaliyetleri, M.T.A. Dergisi, No:66, Ankara.
- Demircioğlu, R., 2014. Gülşehir-Özkonak (Nevşehir) çevresinde Kırşehir masifi ve örtü birimlerinin jeolojisi ve yapısal özellikleri, Doktora tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Doğan, U., Koçyigit A. ve Wijbrans, J., 2009. Kızılırmak Nehri'nin evrimsel tarihi, Kapadokya Kesimi: İç Anadolu Bölgesi'nde Neotektonik rejimin başlangıcı için bir çıkarsama, Türkiye. 62. Jeoloji Kurultayı, 806-807 Ankara.
- Doğan, U., 2010. Fluvial response to climate change during and after the last glacial maximum in central Anatolia, Turkey Quaternary International, 222, 221-229.
- Doğan, U., 2011. Climate-controlled driver terrace formation in the Kızılırmak Valley, Cappadocia section, Turkey: Inferred from Ar-Ar dating of Quaternary basalt sand terraces stratigraphy, Geomorphology, 126, 66-81.
- Erguvanlı, K., 1954. Kırşehir Doğusunun jeolojik etüdü, M.T.A. Rapor No:2373.
- Genç, Y. ve Yürür, M. T., 2010. Coeval extension and compression in late Mesozoic Recentthin-skin nedextensional tectonics in central Anatolia, Turkey Journal of Structural Geology, 32, 623-640.
- Kara, İ., 2010. Nevşehir/Acıgöl-Derinkuyu-Gülşehir sıcak ve mineralli sularının hidrojeokimyasal özellikleri, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Enerji Hammadde Etüt ve Arama Dairesi, Ankara.
- Kayakıran, S., 1979. Gülşehir kaya tuzlası etüd ve aramaları açılanma evreleri, MTA Rapor No.: 6606, Ankara (yayımlanamamış).

- Kazancı, N. ve Gevrek, A. İ., 1996. Nevşehir-Acıgöl maarının tortul dolgusundaki (Kuvaterner) fasiyeslerin gelişimine jeotermal süreçlerin etkileri, Türkiye Jeoloji Bülteni, 1, 55-67.
- Köksal, S. ve Göncüoğlu, M.C., 1997. Geology of the İdis dağı Avanos area (Nevşehir central Anatolia), M.T.A. Dergisi, 119, 41-58.
- Kömüşçü, A. Ü., 1999. Using the SPI to analyze spatial and temporal patterns of drought in Turkey, Drought Network News, 11; 7–11.
- Kömüşçü, A. Ü. ve Erkan A., 2000. Kuraklık ve çölleşme süreci ve Türkiye açısından analiz ve çözümler (Yayımlanmamış Rapor).
- Lange, G., 1968. Kırşehir-Keskin-Kaman-Kozaklı Gölü Neojen havzasının linyit ocakları, M.T.A. Rapor No:6125, 51-62, Ankara.
- Lebküchner, R.F., 1957. Kayseri ve Avanos-Ürgüp havalisi ile Boğazlıyan havalisinin jeolojisi hakkında rapor, M.T.A. Rapor No: 2656, Ankara (yayımlanmamış).
- McKee, T. B., Doesken, N. J and Kleist J., 1994. Drought monitoring with multiple time scales. American meteorological society, Proceedings of 9th. Conference on Applied Climatology, 233-236.
- Örmeci, S., 2005. Şarkikaraağaç havzasının (Isparta) hidrojeoloji incelemesi, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta
- Piseni, C., 1961. Ortaköy (Aksaray), Nevşehir, Avanos ve İncesu bölgeleri jeolojisi ve petrol imkanları, M.T.A., Rapor No: 2839, Ankara.(yayımlanmamış).
- Reul, K., 1954. Kayseri etrafındaki linyit zuhurları, M.T.A. Rapor No:2605, Ankara (yayımlanmamış).
- Seymen, İ., 1981a. Kaman (Kırşehir) dolayında Kırşehir Masifi'nin stratigrafisi ve metamorfizması, Türkiye Jeol. Kur. Bült, 24, 101 - 108.
- Seymen, İ., 1981b. Kaman (Kırşehir) dolayında Kırşehir Masifi'nin metamorfizması, Türkiye Jeol. Kur. 35. Bilimsel ve Teknik Kurultayı İç Anadolu'nun Jeolojisi Sempozyumu, Ankara, 12 -15.
- Seymen, İ., 1982. Kaman Dolayında Kırşehir Masifi'nin Jeolojisi, Doçentlik Tezi, İ.T.Ü. Maden Fakültesi, İstanbul.
- Seymen, İ., 1983. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni C. 26, 89 - 98, Ağustos 1983 Bulletin of the Geological Society of Turkey, V. 26, 89-98.
- URL-1 <<http://www.ncdc.noaa.gov/oa/climate/research/prelim/drought/spi.html>>, Erişim tarihi: 29.01.2020.

Ünal, İ. H., 2015. Ayhan formasyonu Kubaca üyesi gölsel çökellerde radyoaktif element içeren birimlerin mineralojik, petrografik ve jeokimyasal incelenmesi, Dadağı köyü Güneyi, KB Nevşehir, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.



ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : İlknur Demircioğlu

EĞİTİM BİLGİLERİ (Kurum ve Yıl)

Lisans : Aksaray Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,
2007-2011

Yüksek Lisans : Aksaray Üniversitesi, Jeoloji mühendisliği A.B.D,
2017-

