

T.C.
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİMDALI

AKSARAY İLİ YERALTI SU KAYNAKLARININ HİDROJEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ KULLANILARAK DEĞERLENDİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Beyza Begüm TEKOCAK YARDIMLI

DANIŞMAN
Yrd. Doç. Dr. Mustafa Murat KAVURMACI

AKSARAY, 2017

T.C.
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİMDALI

AKSARAY İLİ YERALTI SU KAYNAKLARININ HİDROJEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ KULLANILARAK DEĞERLENDİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Beyza Begüm TEKOCAK YARDIMLI

DANIŞMAN
Yrd. Doç. Dr. Mustafa Murat KAVURMACI

AKSARAY, 2017

AKSARAY ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ONAY BELGESİ

Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 142302002 numaralı Tezli Yüksek Lisans öğrencisi, "Beyza Begüm TEKOCAK YARDIMLI", ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "AKSARAY İLİ YERALTI SU KAYNAKLARININ HİDROJEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ KULLANILARAK DEĞERLENDİRİLMESİ " başlıklı tezini, aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Yrd. Doç. Dr. M. Murat KAVURMACI .....**
Aksaray Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Mustafa AFŞİN .....**
Aksaray Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Yrd. Doç. Dr. Uğur Erdem DOKUZ .....**
Ömer Halisdemir Üniversitesi

Teslim Tarihi: **23 Ocak 2017**

Savunma Tarihi: **23 Şubat 2017**

DOĞRULUK BEYANI

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmayı, bilimsel etik, ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın yazdığımı, yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu ve bu eserleri her kullanışımda alıntı yaparak yararlandığımı belirtir; bunu şerefimle doğrularım.

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.

Beyza Begüm TEKOCAK YARDIMLI

ÖNSÖZ

Hiç şüphesiz insan yaşamının en vazgeçilmez unsuru olan su, ekolojik sistemin de var oluşunun sebebidir. Son yüzyılda nüfusun hızlı artışı, endüstriyel gelişmeler, artan nüfusun ihtiyaçlarının karşılanma zorunluluğu su kaynaklarından daha verimli faydalanmamızı gerekmektedir. Kısıtlı olan temiz su kaynaklarının korunması ve izlenmesi, ülkemizin kalkınması ve sağlıklı bir yaşam için zorunlu hale gelmiştir. Özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerdeki mevcut su kaynaklarının aşırı ve bilinçsiz kullanımı su kaynaklarının azalmasının yanı sıra tarımsal faaliyetler açısından ekonomik kayıplara da neden olmaktadır.

Aksaray, Türkiye'nin şekerpancarı ve yonca üretimi alanında en önemli tarımsal bölgelerinden birisidir. Buna rağmen sulama suyu açısından mevcut su kaynaklarının yetersiz oluşu ve plansız kullanımı tarımsal ekonomik büyümeyi sınırlı kılmaktadır. Bunun yanı sıra yüzeysel su kaynaklarının içme ve kullanma suyu ihtiyacını yeterince karşılayamaması bölgede yeraltı sularının yaygın olarak kullanılmasına neden olmaktadır. Bölgede yeraltı su kaynaklarının kullanımına olan talep artışı bu kaynakların kalitesinin ve özelliklerinin bilinmesini zorunlu kılmaktadır.

Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı'na Yüksek Lisans Tezi olarak sunulan "Aksaray ili yeraltı su kaynaklarının hidrojeokimyasal özelliklerinin Coğrafi Bilgi Sistemi kullanılarak değerlendirilmesi" konulu bu çalışma, inceleme alanında yer alan yeraltı su kaynaklarının mevcut hidrojeolojik özelliklerinin belirlenmesi, kaynakların sürdürülebilir devamının sağlanması, geliştirilmesi ve daha verimli kullanımının ortaya çıkarılması, tarımsal ürünlerin kalitesinin ve miktarının arttırılması gibi birçok konuda katkı sağlayacaktır.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmam boyunca bilimsel katkıları ile bana destek olup, eğitimim süresince yardımlarını esirgemeyen, tez danışmanım ve değerli hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Mustafa Murat KAVURMACI'ya sonsuz teşekkür ederim. Çalışmalarım boyunca maddi manevi destekleriyle beni hiç yalnız bırakmayan her zaman yanımda olan ve desteğini esirgemeyen eşim Zeki YARDIMLI'ya ve aileme teşekkür ederim.

Beyza Begüm TEKOCAK YARDIMLI

Aksaray, Ocak 2017

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖNSÖZ…….	**ii**
TEŞEKKÜR…..	**iii**
İÇİNDEKİLER DİZİNİ…….	**iv**
ÖZET.....	**vi**
ABSTRACT…..	**vii**
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	**viii**
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	**x**
SİMGELER DİZİNİ…….....	**xi**
KISALTMALAR DİZİNİ…….....	**xii**
1. GİRİŞ…….....	**1**
1.1 Çalışmanın Amacı ve Önemi	1
1.2 Çalışma Alanının Tanıtılması ve Coğrafi Özellikleri …..…….....	1
1.3 Önceki Çalışmalar.....	4
1.3.1 Jeolojik çalışmalar…….....	4
1.3.2 Hidrojeolojik çalışmalar…….....	6
2. MATERYAL ve YÖNTEM……	**12**
2.1 Literatür Çalışmaları……..…….…….....	13
2.2 Arazi Çalışmaları ……..…….....	13
2.3 Laboratuvar Çalışmaları ……..……..…….....	14
2.4 Büro Çalışmaları ……...……...……..…….....	14
3. BÖLGESEL JEOLOJİ.....	**16**
3.1 Stratigrafi…..……	17
3.1.1 Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı……...…….....	18
3.1.2 Kartal formasyonu…….....	19
3.1.3 Mezgit formasyonu…….....	21
3.1.4 İnsuyu Formasyonu …….....	22
3.1.5 Uzunkaya formasyonu …….....	22
3.1.6 Göstük ignimbiriti ……..…….....	23

3.1.7 Selime tüfü……..…..... 23
3.1.8 Kızılkaya ignimbiriti ...…….. ……..... 24
3.1.9 Hasandağı volkanitleri...……..... 26
3.1.10 Traverten ……...……..... 26
3.1.11. Tuzgölü formasyonu...…….…….……..... 27
3.1.12 Alüvyon……...……..... 28
3.2. Yapısal Jeoloji…….…….……..... 28
3.3. Kayaçların Hidrojeolojik Özellikleri…….…….…… 30
4. SU KİMYASI DEĞERLENDİRMESİ…… 33
4.1 Suların Hidrojeokimyasal Değerlendirmesi ……...……..... 34
4.1.1 Hidrojen iyonu konsantrasyonu, pH……... 34
4.1.2 Elektriksel iletkenlik, EC…… 36
4.1.3 Toplam çözünmüş katı madde, TÇKM…….. 38
4.1.4 Sertlik…….. 39
4.2 Suların Hidrojeokimyasal Özellikleri.……...……..... 40
4.3 Suların Kimyasal Özelliklerine Göre Sınıflandırılması…….…….. 55
4.4 Doygunluk İndislerinin Hesaplanması ……..……..... 59
4.5 Suların Sulama Suyu Özelliklerine Göre Sınıflandırılması ……..…..... 61
4.6 Ağır Metal İçeriklerinin Değerlendirilmesi ……..……..... 63
5. HİDROJEOLOJİK VERİLERİN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ…… 69
5.1 Jeoistatiksel Çalışma Yöntemi ……...……..... 69
5.2 Tematik Harita Çizim Yöntemi …….……..... 70
5.3 Tematik Haritaların Yorumlanması ……..... 72
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER..... 82
KAYNAKLAR..... 84
ÖZGEÇMİŞ..... 92

ÖZET

AKSARAY İLİ YERALTI SU KAYNAKLARININ HİDROJEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ KULLANILARAK DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu çalışma kapsamında, Aksaray ili yeraltı sularının hidrojeokimyasal özellikleri Coğrafi Bilgi Sistemi kullanılarak değerlendirilmiştir. Yeraltı suyu kalitesini değerlendirmek için bölgede 64 farklı kuyudan su örnekleri toplanmıştır. Örneklemeler Mayıs 2015 ve Eylül 2015 tarihlerinde gerçekleştirilmiştir.

Bölgede akiferleri temsil eden birimler genel olarak temelde Paleozoyik yaşlı bol kırık ve çatlaklı mermerler, Tersiyer yaşlı genelde kumtaşı ve çakıltaşı ardalanmasından oluşan karasal kırıntılılar ve Kuvaterner yaşlı gevşek kum ve çakıl seviyeleri içeren alüvyondur.

Mayıs ve Eylül örnekleme dönemlerinde su örneklerinin bazı parametreleri sırasıyla; pH (5.89 - 8.92) (5.91 - 8.49), elektriksel iletkenlik (EC) (158.62 – 3625.20) (139.81 – 2789.39) µS/cm, toplam çözünmüş katı madde (TÇKM) (122.57 – 2676.50) (119.78 – 2513.44) mg/L arasında değişmiştir. Su örnekleri Ca-HCO_3, Na-HCO_3, Mg-HCO_3 ve Na-Cl fasiyes özelliğine sahiptir. Yeraltı sularında baskın su tipi Ca-HCO_3 dır. Baskın iyonlar ise Ca^{2+} ve HCO_3^- dır. Bu sularda iyon bolluk dizilimleri $Ca^{2+} > Mg^{2+} > (Na^+ + K^+) / HCO_3^- > Cl^- > SO_4^{-2}$ şeklinde gelişmiştir. Birçok örnekleme noktasında iyon bollukları örnekleme dönemleri boyunca aynı kalmıştır. Ancak iklim şartları nedeni ile iyon dizilimlerinde değişimler gerçekleşmiştir.Yeraltı suları bütün örnekleme dönemleri boyunca genel hidrojeolojik özelliklerine göre jips, halit ve anhidritçe doygun olmayıp bu mineralleri çözebilme, kalsit, dolomit ve aragonitçe doygun olmayıp bu mineralleri çökeltebilme özelliğine sahiptir. 26 kuyunun yüksek arsenik içerikleri nedeni ile içme suyu olarak kullanılması uygun değildir. Daha düşük su kalitesine sahip alanlar bölgenin batı ve iç kesimlerinde yer alır. Tuz gölüne yaklaştıkça daha düşük su kalitesi gözlenir.

Anahtar Kelimeler: Aksaray, Coğrafi Bilgi Sistemi, Hidrojeokimya, Su kalitesi, Tuz gölü, Yeraltı suyu

ABSTRACT

EVALUATION USING GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS OF THE HYDROGEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF GROUNDWATER RESOURCES IN THE AKSARAY REGION

In this study, the hydrochemical properties of groundwaters from Aksaray area were investigated using Geographic Information System. The 64 water samples from varies wells in the region were collected in order to evaluation of the groundwater quality. Sampling was performed in September 2015 and May 2015.

Units which characterized aquifers in the study area include the Paleozoic marbles with high crack and fracture contents, Tertiary marine and terrestrial clastics which generally consist of alternations of sandstone and conglomerate, karstic limestone with high fracture content, and Quaternary alluvium with levels of unconsolidated sand and gravel.

The some parameters of the water samples in May and September sampling period are: pH (5.89 - 8.92) (5.91 - 8.49), electrical conductivity (EC) (158.62 – 3625.20) (139.81 – 2789.39) μS/cm, total dissolved solids (TDS) (122.57 – 2676.50) (119.78 – 2513.44) mg/L, respectively. The water samples have Ca-HCO_3, Na-HCO_3, Mg-HCO_3 and Na-Cl water facies feature. The dominant water type present in groundwater is the Ca-HCO_3 type. Ca^{2+} and HCO_3^- are dominant ions in groundwater. The order of relative abundance of major ions are; $Ca^{2+} > Mg^{2+} > (Na^+ + K^+) / HCO_3^- > Cl^- > SO_4^{-2}$. Ion abundances for many sampling points have remained the same during the whole sampling seasons. Hovewer, the ion sequencing of some waters have changed due to climate conditions. 26 wells are not suitable for drinking due to the arsenic concentration. Groundwaters are not saturated with gypsum, halite and anhydrite according to their general hydrogeological characteristics during all sampling periods and these minerals can be solved. At the same time, groundwaters are saturated with calcite, dolomite, aragonite and have the ability to precipitate in terms of these minerals. The areas that have lower water quality are located in the western and inner parts of the region. Lower groundwater quality is observed, especially toward the Lake Tuz.

Keywords: Aksaray, Geographic Information System, Hydrogeochemistry, Water quality, Lake Tuz, Groundwater,

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1: İnceleme alanının yer bulduru haritası…….. 2
Şekil 1.2: Aksaray ilinin topoğrafik yükseklik (a) ve eğim haritası (b)..... 3
Şekil 1.3: Aksaray ilinin arazi kullanım haritası……. 4
Şekil 2.1: Çalışmanın metodolojisi ve çalışma aşamaları……..…….... 12
Şekil 3.1: Basitleştirilmiş Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı'nın jeoloji haritası..... 17
Şekil 3.2: İnceleme alanı ve çevresinin genel jeoloji haritası..... 18
Şekil 3.3: Mermerlerde hidrotermal yolla oluşmuş karstik boşluklar ve cevherleşmeler……..... 19
Şekil 3.4: İnceleme alanı ve çevresinin stratigrafik dikme kesiti..... 20
Şekil 3.5: Selime Tüfünün makroskopik ve içerisindeki pümislerin görünümü..... 24
Şekil 3.6: Kızılkaya ve Selime tüfleri arasındaki dokanak ilişkisi..... 24
Şekil 3.7: İgnimbiritlerde gözlenen günlenmeye bağlı renk değişimi..... 25
Şekil 3.8: Tuzgölü formasyonundan bir görünüm..... 27
Şekil 3.9: İnceleme alanı ve çevresinin fay haritası..... 29
Şekil 3.10: İnceleme alanı ve çevresinin genel hidrojeoloji haritası..... 31
Şekil 4.1: İnceleme alanında örnekleme noktaları ve konumları……..... 35
Şekil 4.2: Mayıs 2015 örnekleme dönemine ait pH, EC ve TÇKM değerleri…….. 35
Şekil 4.3: İnceleme alanında Mayıs 2015 ve Eylül 2015 örnekleme dönemindeki pH değerlerinin konumsal dağılımı..... 36
Şekil 4.4: Mayıs 2015 ve Eylül 2015 örnekleme dönemine ait EC değerlerinin konumsal dağılımı……... 38
Şekil 4.5: EC ve TÇKM arasındaki doğrusal ilişkiyi gösterir grafik…….. 39
Şekil 4.6: Mayıs 2015 örnekleme dönemine ait suların iyon miktarları..... 47
Şekil 4.7: Eylül 2015 örnekleme dönemine ait suların iyon değişimleri……. 47
Şekil 4.8: Örnekleme noktalarında gözlenen iyon değişimleri …….. 48
Şekil 4.9: İnceleme alanındaki suların Na^{+}/Cl^{-} grafiği..... 52
Şekil 4.10: İnceleme alanındaki suların Ca^{+2}/SO_4^{-2} grafiği……..... 52
Şekil 4.11: İnceleme alanındaki suların Ca^{+2}/Mg^{+2} grafiği..... 53
Şekil 4.12: İnceleme alanındaki suların SO_4^{-2} - Cl^{-} grafiği……... 54
Şekil 4.13: İnceleme alanındaki suların Gibbs (1970) grafiği (a)..... 54

Şekil 4.14: İnceleme alanındaki suların Gibbs (1970) grafiği (b)…… 55
Şekil 4.15: İncelenen suların Mayıs 2015 örnekleme dönemine ait Piper diyagramı…… 56
Şekil 4.16: İncelenen suların Eylül 2015 örnekleme dönemine ait Piper diyagramı 57
Şekil 4.17: İnceleme alanındaki suların Mayıs 2015 örnekleme dönemine ait yarı logaritmik Schoeller diyagramı..... 58
Şekil 4.18: İnceleme alanındaki suların Eylül 2015 örnekleme dönemine ait yarı logaritmik Schoeller diyagramı..... 58
Şekil 4.19: Suların Mayıs 2015 (a) ve Eylül 2015 (b) örnekleme dönemlerine ait doygunluk indisleri değerleri ……..... 60
Şekil 4.20: Mayıs 2015 (a) ve Eylül 2015 (b) dönemlerine ait ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramları (1954)……... 62
Şekil 4.21: Mayıs 2015 (a) ve Eylül 2015 (b) dönemlerine ait Wilcox (1955) diyagramları…… 62
Şekil 4.22: İncelenen sulardaki bazı ağır metallerin değişim grafiği..... 66
Şekil 4.23: İnceleme alanı ve çevresinde As elementinin konumsal dağılımı…….. 67
Şekil 4.24: İnceleme alanı ve çevresinde B elementinin konumsal dağılımı..... 68
Şekil 5.1: İnterpolasyon yönteminin kavramsal modeli (ESRİ, 2012)..... 71
Şekil 5.2: Mayıs ve Eylül 2015 örnekleme dönemine ait Ca^{+2} iyonu trend analizi 73
Şekil 5.3: Örnekleme dönemlerine ait Ca^{+2} iyonu variogram analizi..... 73
Şekil 5.4: İnceleme alanındaki sularda gözlenen Ca^{+2} iyonunun konumsal dağılımı..... 74
Şekil 5.5: Mayıs ve Eylül 2015 örnekleme dönemine ait Na^{+} iyonu trend analizi. 75
Şekil 5.6: İnceleme alanındaki sularda gözlenen Na^{+} iyonunun konumsal dağılımı……... 76
Şekil 5.7: Mayıs ve Eylül 2015 örnekleme dönemine ait HCO_3^{-} iyonu trend analizi…….. 77
Şekil 5.8: İnceleme alanındaki sularda gözlenen HCO_3^{-} iyonunun konumsal dağılımı……... 78
Şekil 5.9: Mayıs ve Eylül 2015 örnekleme dönemine ait Cl^{-} iyonu trend analizi... 79
Şekil 5.10: İnceleme alanındaki sularda gözlenen Cl^{-} iyonunun konumsal dağılımı……... 80

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 4.1: Örnekleme dönemleri, fiziksel ölçümler ve kimyasal analiz çalışmaları…… 33

Çizelge 4.2: Örnekleme noktalarına ait bazı su kalite parametrelerinin minimum ve maksimum değerleri……..….. 35

Çizelge 4.3: EC değerlerine göre su örneklerinin kalite sınıflandırması..... 37

Çizelge 4.4: TÇKM değerlerine göre su örneklerinin kalite sınıflandırması…...… 39

Çizelge 4.5: Sertlik değerlerine göre su örneklerinin kalite sınıflandırması …….. 40

Çizelge 4.6: İnceleme alanındaki suların Mayıs 2015 örnekleme dönemine ait fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları..……..…… 41

Çizelge 4.7: İnceleme alanındaki suların Eylül 2015 örnekleme dönemine ait fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları. ……...…….. 44

Çizelge 4.8: Mayıs 2015 ve Eylül 2015 örnekleme dönemlerine ait iyon dizilimleri ve su tipleri……. 50

Çizelge 4.9: İnceleme alanındaki suların ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramına göre sınıflaması.……... 61

Çizelge 4.10: Mayıs 2015 örnekleme dönemine ait ağır metal analiz sonuçları….. 64

SİMGELER DİZİNİ

0C	Derece santigrad
h	Lag mesafesi
N	Ölçülmüş değerler sayısıdır
R2	Regresyon katsayısı
Z(xi)	i lokasyonunda ölçülen değer
y	Boylam değeri
x	Enlem değeri
X0	0 lokasyonundaki tahmin edilecek değer
λi	i lokasyonunda ölçülen değer için ağırlık katsayısı
γ(h)	Semi-variogram değeri

KISALTMALAR DİZİNİ

IAH	Hidrojeologlar Birliği
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemi
EC	Elektriksel İletkenlik
ESR	Değişebilir Sodyum Oranı
MTA	Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü
MH	Magnezyum Tehlikesi
OAKK	Orta Anadolu Kristalin Karmaşığı
ÖÇKB	Özel Çevre Koruma Kurumu Başkanlığı
pH	Hidrojen İyonu Konsantrasyonu
SAR	Sodyum Absorbsiyon Oranı
SCT	Portatif Kondüktivite Metre
T	Sıcaklık
TÇKM	Toplam Çözünmüş Katı Madde
TGFZ	Tuz Gölü Fay Zonu
WHO	Dünya Sağlık Örgütü

1. GİRİŞ

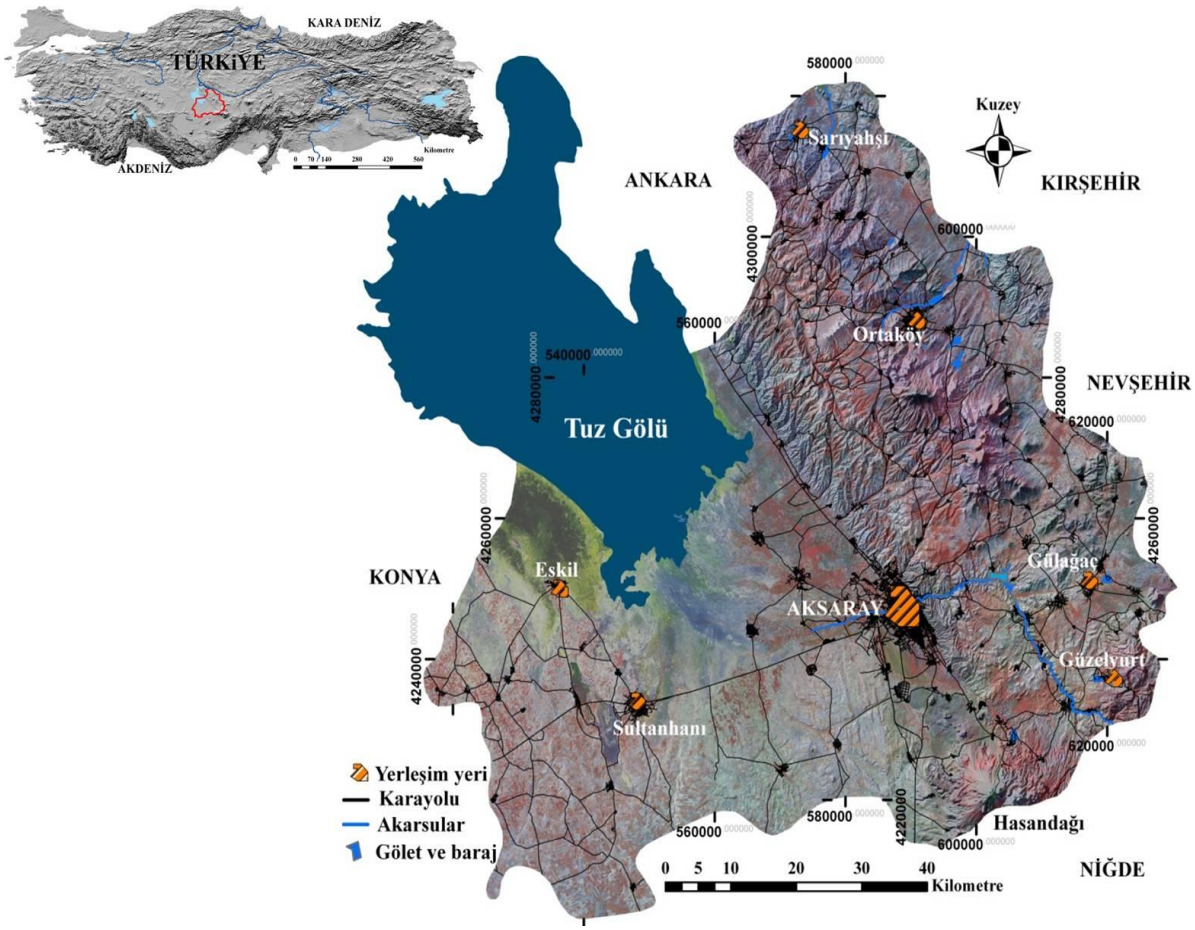
1.1 Çalışmanın Amacı ve Önemi

Son yüzyıl içerisindeki nüfus artışı, endüstriyel alanlardaki gelişme, küresel ısınmaya bağlı iklim değişiklikleri ve bilinçsiz yeraltı suyu kullanımı gibi etkenler mevcut yeraltı suyu kaynaklarımızı olumsuz etkilemektedir. Günümüzde yeraltı suyu kaynaklarının daha verimli kullanımının sağlanabilmesi için su kaynaklarının hidrojeokimyasal özelliklerinin iyi bilinmesi, bu kaynakların sürekli denetim ve kontrol altında tutulması gerekmektedir.

Bu çalışma kapsamında, Aksaray il sınırları içerisinde yer alan yeraltı suyu kaynaklarının hidrojeokimyasal özelliklerinin ve su kalitesinin tespit edilmesi, zamansal olarak hidrojeokimyasal değişimlerinin ortaya konulması ve su kalitesinin konumsal dağılımının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu çalışma sayesinde özellikle içme ve sulama suyu olarak kullanılan yeraltı sularının daha verimli olarak kullanımı, düşük kalitedeki su kaynaklarının kullanılmasının yol açabileceği ekolojik ve ekonomik riskler azaltılabilecektir. Ayrıca yeraltı su kaynaklarının gelecek dönemlere ait kaynakların sürdürülebilirliği sağlanabilecektir.

1.2 Çalışma Alanının Tanıtılması ve Coğrafi Özellikleri

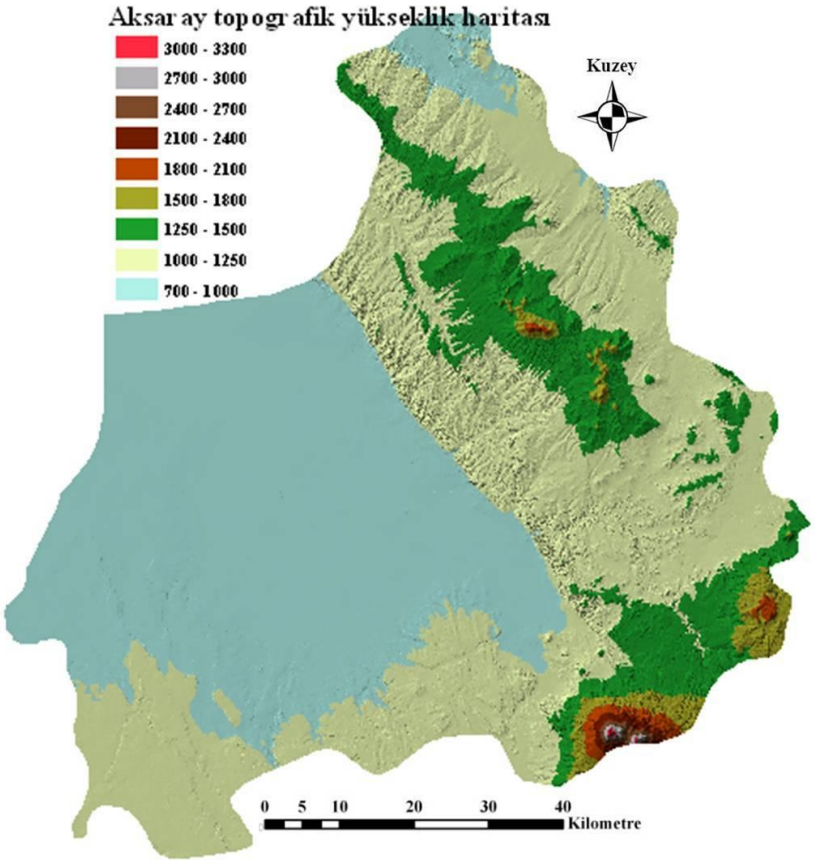
Aksaray, İç Anadolu bölgesinin orta kesiminde 33^0-34^0 doğu boylamları ile 38^0-39^0 kuzey paralelleri arasında yer alır (Şekil 1.1). Kuzeyde Ankara, güneydoğuda Niğde, doğuda Nevşehir, batıda Konya ve kuzeydoğuda Kırşehir illeri ile çevrilidir. Aksaray denizden yüksekliği 965 m, yüzey alanı ise 7626 km^2 olup, bölgenin en yüksek rakımı 3268 m, en düşük rakımı ise 905 m'dir (Şekil 1.2). Aksaray ilinin önemli yükseltileri Hasandağı (3268m), Küçük Hasandağı (3040m) ve Ekecik Dağı (2033m)'dır. Aksaray ili jeomorfolojik olarak doğu ve kuzeydoğuda Tuz Gölü Fay Zonu (TGFZ)'nun etkisiyle yer yer dar vadilerle çevrili engebeli bir morfolojik görünüm sunar. Batıda ise obruk platosunun uzantısı Aksaray ovası bulunur (Erol, 1969).



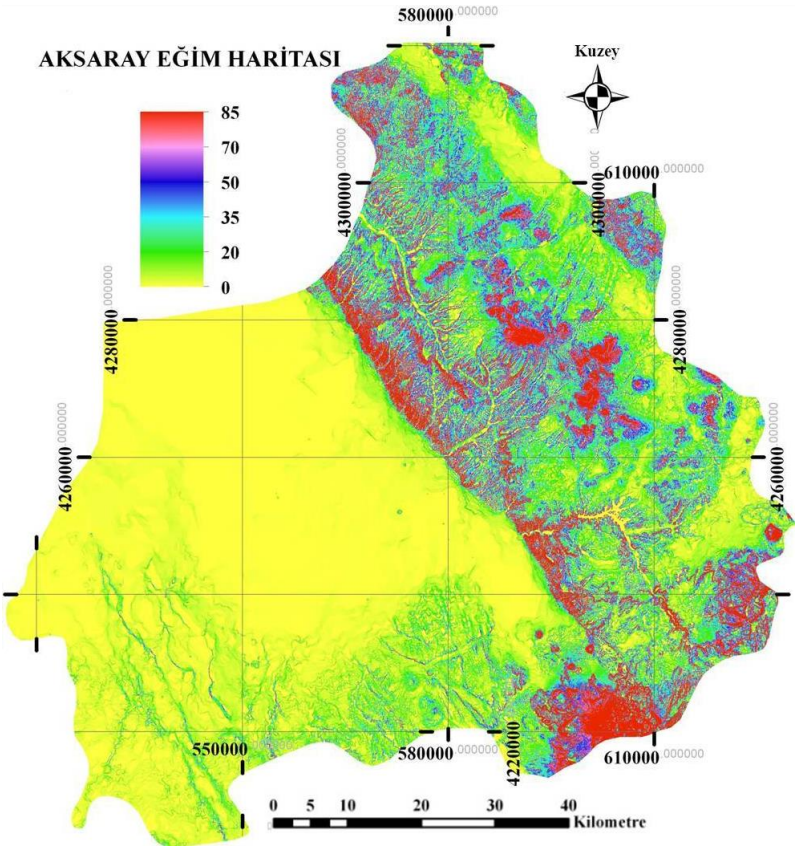
Şekil 1.1: İnceleme alanının yer bulduru haritası.

Aksaray ilini güneydoğudan çeviren Hasandağı ve Melendiz dağlarının kuzey yamaçları ile eğimin azalarak kuzeye doğru genişlediği platoda çok sayıda fay ve vadi kaynakları yer alır. Bu kaynaklardan boşalan sular Mamasun Barajı, Helvadere, Gülağaç ve Güzelyurt göletlerini oluşturmuştur. Aksaray ilinin doğusunda bulunan Ekecik dağı ve TGFZ'nu dik açılarla kesen fay sistemlerine bağlı olarak doğuda açığa çıkan kaynaklar ve oluşturdukları küçük debili akarsular ise Aksaray'ın doğusunda Ortaköy, Balcı, Kepir, Boğazlıyan, Çiftevi gibi önemli göletlerin oluşmasına neden olmuştur.

Aksaray ili su kaynakları açısından diğer önemli bir bölge ise, Tuz Gölü ve Konya Ovası bölümünde yer alan yeraltı su kaynaklarıdır. Bu kaynaklar daha çok artezyen kuyular şeklinde görülür. Bölgede ruhsatlı ve ruhsatsız olarak bulunan 3500 civarında su kuyusu bulunduğu tahmin edilmektedir (ÖÇKB, 2010).



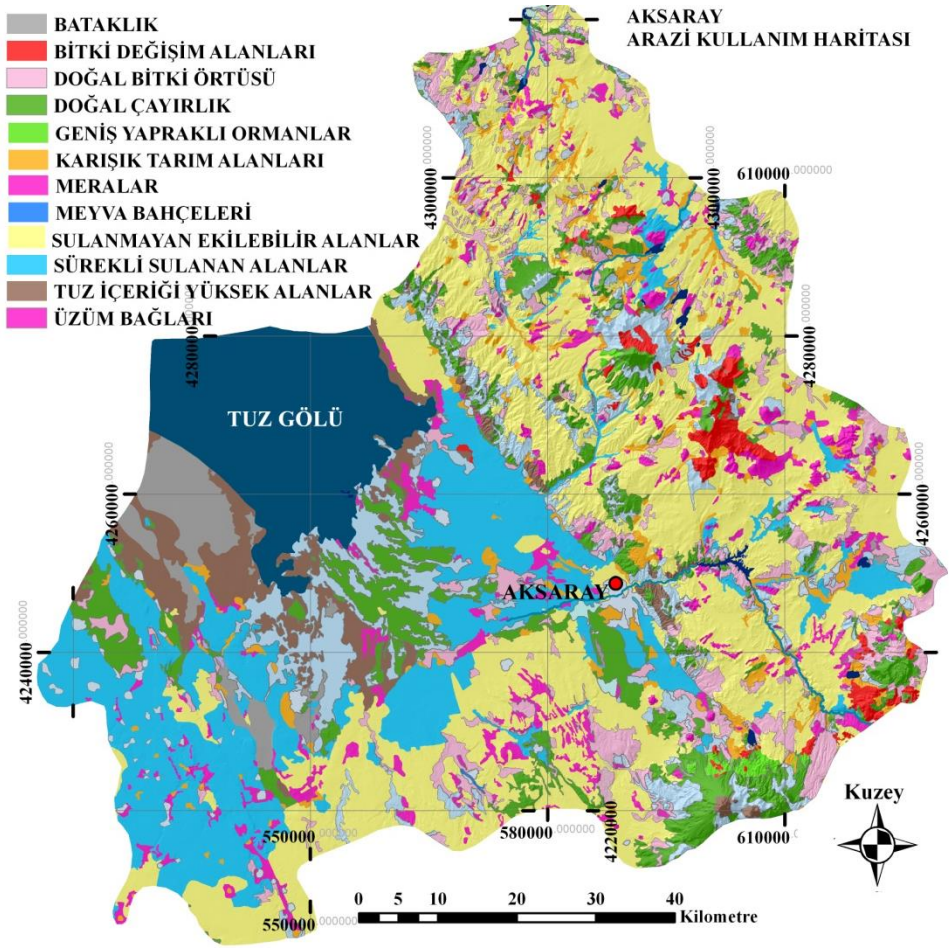
(a)



(b)

Şekil 1.2: Aksaray ilinin topoğrafik yükseklik (a) ve eğim haritası (b).

Yüksek kotlu tepelerden mevsimsel yağışlarla beslenen ova, bölgenin önemli bir tarım alanıdır. Jeomorfoloji, arazi kullanımı ve yeraltı suyunun varlığı bölgedeki bitki dağılımını etkileyen en önemli faktörlerdir. Bitki örtüsü genel olarak bozkır şeklinde gelişmekte olup, en önemli bitkiler insanlar tarafından yetiştirilen söğüt, kavak ve meyve ağaçlarıdır. Bu alanın 5713 km^2'si tarım arazisi, çayır, otlak ve meradır (Şekil 1.3). Hasandağı ve Ekecik dağlarının eteklerinde sıkça meşe koruluklarına rastlanır.



Şekil 1.3: Aksaray ilinin arazi kullanım haritası (ÖÇKB, 2010).

1.3 Önceki Çalışmalar

1.3.1 Jeolojik çalışmalar

Lahn (1940), tarafından gerçekleştirilen çalışma Aksaray ve çevresinde yapılan ilk önemli çalışmalardan birisidir. Yazar Hasandağı volkanizma ürünlerini detaylı olarak incelemiş tüf, ignimbirit ve bazaltları tanımlamış. Pliyosen yaşlı çökelleri, jipsleri,

granitik kayaçları ve Paleozoyik yaşlı mermerleri haritalamış ve Koçhisar-Aksaray arasında bir fayın varlığından söz etmiştir.

Okay (1954), Tuz Gölü ve Melendiz dağları arasında kalan bölgenin jeolojisini incelemiş, Neojen yaşlı volkano-sedimanter kayaçları sert tüf, gevşek tüf şeklinde sınıflamıştır.

Ketin (1963), yaptığı çalışmada ilk kapsamlı jeolojik haritalamayı gerçekleştirmiş ve Orta Anadolu Masifi'nin 1/500000 ölçekli haritasını yapmıştır. Çalışmanın en önemli bulgularından birisi de ilksel magmadan oluşan gabro ve granitlerin sokulum yaşının Kretase olduğununun ortaya konulmasıdır.

Beekman (1966), Aksaray ve çevresindeki en kapsamlı jeolojik çalışmalardan birisini gerçekleştirmiş, Hasandağı civarındaki volkanizma ürünü kayaçları piroklastik kayaçlar tüf, tüfit, ignimbirit ve lav üniteleri şeklinde haritalanmış ve adlandırmıştır.

Kadıoğlu (1991), Ağaçören civarında gerçekleştirdiği çalışmasında magmatik kayaçların petrografik ve jeokimyasal özelliklerini incelemiş, Ağacören granitoyidini, granit, granodiyorit ve alkali- feldispat granit olmak üzere üç grup altında sınıflamıştır.

Erler ve Bayhan (1995), Orta Anadolu Granitoyidleri üzerinde yaptıkları incelemelerde kayacın oluşum yaşının Üst Kretase olduğunu ve temelde yer alan Paleozoyik yaşlı metamorfik birimleri keserek bölgeye yerleştiklerini belirtmişlerdir.

Göncüoğlu vd. (1997), Aksaray ve çevresindeki en detaylı çalışmalardan birisini gerçekleştirmişler özellikle litodem birimlerini tanımlamışlardır. Metamorfik kayaçları, Orta Anadolu Metamorfikleri, mağmatik kayaçları, Orta Anadolu Granitoyitleri ve ultramafik kayaçları ise Orta Anadolu Ofiyolitleri olarak adlandırmışlardır. Bu üç farklı kaya grubunu ise Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı adı altında isimlendirip kaya tanımlamalarını yapmışlardır.

Gevrek (1997), Ihlara ve Derinkuyu bölgesinde yer alan volkano-sedimanter kayaçları sedimantolojik açıdan incelemiş ve volkanik klastiklerin (otoklastik ve piroklastik) petro-fiziksel özelliklerini ve yerleşme mekanizmalarını ortaya koyarak mağma çıkış noktalarını araştırmış ve Hasandağı volkanizması hakkında önemli bilgiler vermiştir.

Yeşilyurt (1999), yüksek lisans tezi olarak hazırladığı çalışmasında Hasandağı batısı (Aksaray) Kuvaterner volkanitlerini mineralojik ve petrografik açıdan incelemiş ve Hasandağ volkanitlerinin alt lav biriminin ojit-andezit ve bazaltik andezitlerden; üst lav biriminin ise başlıca andezit ve bazaltik andezitten oluştuğunu ifade etmiştir.

Işık (2000), Ekecik, Yeniköy ve Yeşilhisar arasında kalan bölgenin jeolojisini çalışmış ve gabroyik-granitoyidik kayaçları mineralojik-petrografik ve jeokimyasal yönden araştırmıştır.

Güllü (2003), Mamasun barajı ve çevresinde mostra veren magmatik kayaçların mineralojik, petrografik ve jeokimyasal özelliklerini araştırmış, bölgede beş farklı jeolojik birim sınıflamış ve bu birimlerin çarpışma sırası, üst manto-alt kıta kabuğu sınırından türeyen mafik magmanın ürünleri sonucu oluştuğunu ifade etmiştir.

Özdemir (2007), Ihlara ve çevresinde yer alan ignimbiritleri jeofizik ve jeoteknik veriler yardımıyla araştırmış, tüf ve ignimbirit türü kayaçlardaki aşınma miktarlarını incelemiştir.

Yıldızhan (2007), Aksaray il merkezini oluşturan alüvyon malzemenin özelliklerini jeoteknik açıdan incelemiş ve üst yapıların uygun yerleşim alanları için önerilerde bulunmuştur.

Özcan (2009), Doğantarla ve çevresindeki Üst Miyosen yaşlı jeolojik çökelleri sedimantolojik ve mineralojik yönden araştırmış ve Doğantarla bölgesinde gözlenen paleotoprak ve kalişlerin asidik volkanik kayaçlardan beslenmiş olabileceğini belirtmiştir.

Yılmaz vd. (2012), Selime bölgesinde oluşan peri bacalarındaki aşınma miktarlarını yersel lazer tarama metoduyla araştırmış ve bu oranın yılda 2 mm'nin altında olduğunu ve belirtmişlerdir.

Taşpınar (2015), Ihlara vadisini oluşturan ignimbiritlerde meydana gelen kaya düşmelerini mühendislik jeolojisi açısından incelemiş ve farklı kaya düşme modelleri belirlemiştir. Blok düşürme analizlerinden; blokların ulaşabildikleri en uzak mesafe, yatay hız ve toplam kinetik enerji miktarları yorumlanarak, potansiyel risk alanları tespit edilmiştir.

1.3.2 Hidrojeolojik çalışmalar

Çalışma alanı ve çevresinde önceki dönemlerde gerçekleştirilen hidrojeolojik ve su ekosistemine yönelik bazı önemli çalışmalar aşağıda verilmiştir;

Göçmez (1994), çalışmasında Ziga ve çevresindeki sıcak ve mineralli su kaynaklarının hidrojeokimyasal özelliklerini araştırmış sıcak ve mineralli su kaynaklarının Ziga fayı boyunca farklı noktalardan açığa çıktığını ve sıcaklıklarının 47-51 °C arasında zamansal olarak değiştiğini ifade etmiştir.

Doğdu (1995), inceleme alanındaki en önemli akarsu konumunda olan Melendiz akarsuyunu su kalitesi açısından araştırmış ve havzanın ortalama yıllık yağış, potansiyel ve gerçek buharlaşma-terleme, ortalama akım ve hidrolojik bütçe değerlerini incelemiştir.

Afşin ve Baş (1996), Koçpınar ve civarında gözlenen karbondioksit açısından zengin su kaynaklarını hidrokimyasal ve izotopik açıdan incelemiş ve su kaynaklarının Hasandağı volkanizmasına bağlı olarak karbondioksit açısından zenginleştiğini belirtmişler ve kökensel yorumlamalarda bulunmuşlardır.

Afşin (2000), Hasandağı'nın kuzey yamaçlarında bulunan Helvadere tatlı su kaynaklarını hidrojeokimyasal ve izotopik açıdan incelemiş ve Helvadere kaynaklarının içilebilirlik açısından su kalitesini ve kökensel durumunu değerlendirmiştir.

Afşin ve Elhatip (2000), Tuzlu su sıcak ve mineralli su kaynaklarının hidrojeolojik ve izotopik özelliklerini araştırıp, söz konusu su kaynağının debisinin düşük, CO_2 ve toplam çözünmüş madde miktarlarının yüksek olduğunu ve güncel traverten çökelimlerinin devam ettiğini belirtmişler, jeotermometre hesaplamalarına göre kaynağın hazne kaya sıcaklığının 115 ^{o}C civarında olduğunu, sertliği ve tuzluluk tehlikesi çok yüksek olan bu suların sulama suyu olarak kullanılmasının uygun olmadığını belirtmişlerdir.

Kurmaç (2003), Melendiz akarsuyunu su kalitesi açısından araştırmış, Melendiz çayının su kalitesinin bölgede bulunan yerleşim yerlerinin evsel atıklarından olumsuz yönde etkilendiğini belirtmiş, yerleşim yerlerinin nüfus yoğunluğu ile kirlenme riskinin arttığını ifade ederek su kalitesinin iyileştirilmesine yönelik tavsiyelerde bulunmuştur.

Güllü (2003), Mamasun barajını besleyen Karasu ve Melendiz akarsularının Mamasun barajı su kalitesi üzerindeki etkilerini araştırmış. Baraj gölünün su kalitesinin düşük olduğunu ve içme suyu olarak kullanılan barajın organik ve inorganik kirleticiler tarafından kirletildiğini belirtmiş, su kalitesinin iyileştirilmesine yönelik önerilerde bulunmuştur.

Özaydın (2004), Aksaray düzensiz katı atık depolama alanında gerçekleştirdiği çalışmasında yeraltı sularının kirlenme potansiyellerini jeoelektrik yöntemlerle ve su kimyası analizleri ile belirlemiş, düzensiz katı atık depolama alanı zeminini oluşturan alüvyonun mevsimsel yağışların katkısıyla beslendiğini, düzensiz katı atık depolama alanından yağış sularının etkisiyle süzülen kirlenmiş suların geçirimli jeolojik birimlerden düşey sonrasında ise yarı geçirimli jeolojik birimler boyunca yatay olarak hareket ederek yeraltı sularını kirlettiğini ifade etmiştir.

Çil (2004), Melendiz akarsuyunun akım yolu üzerinde bulunan Ilısu ve Kızılkaya Kasabaları arasında kalan kesiminde akarsuyu su kalitesi açısından incelemiş, su kalitesinin bölgedeki antropojenik etkilerle değiştiğini ve akarsuyun evsel atıklar tarafından organik, doğal jeolojik süreçler sonucunda ise demir ve mangan açısından kirlendiğine dikkat çekmiştir.

Burçak (2006), Aksaray ilinin jeotermal enerji potansiyelini incelemiş ve sıcaklıkları 44-65^{0}C arasında değişen Acıgöl, Ziga, ve Şahinkalesi sıcak ve mineralli su kaynaklarını hidrojeokimyasal ve manyetotellürik çalışmalarla araştırmış, Cl-entalpi ve silis-entalpi karışım modellemelerine göre bölgedeki sıcak sulardaki soğuk su karışım oranının % 70-81 olduğunu ve bölgenin 190 °C rezervuar sıcaklığa sahip jeotermal enerji potansiyelinin olabileceğini belirtmiştir.

Duru (2006), Aksaray ilinin önemli jeotermal enerji kaynaklarından olan Ziga, Acıgöl ve Tuzlusu sıcak ve mineralli su kaynaklarını hidrojeokimyasal açıdan araştırmış, bu suları izotopik verilerle yorumlayarak, suların kökeninin meteorik sular olduklarını ifade etmiştir. Sıcak ve mineralli su kaynaklarında görülen yüksek orandaki CO_2'in büyük bölümünün magmatik sokulumlardan kaynaklandığı gibi küçük bir oranının ise denizel karbonatlı çökellerin ayrışması sonucu sulara geçtiğini belirtmiştir.

Aslan (2006), Aksaray ili içme suyu kaynakları su kalitesi açısından incelenmiş organik ve inorganik kirleticiler arıtma öncesi ve sonrasında analizlerle belirlenerek su kaynaklarının TSE266 da verilen standartlara uygunluğunu incelemiş ve içme suyu kaynaklarının arıtma sonrası herhangi bir kirlilik içermediği ifade edilmiştir.

Afşin vd. (2007), Aksaray ilinde bulunan sıcak ve mineralli su kaynakları ve bu kaynakların çevresinde çökelen traverten oluşumları jeolojik, hidrojeokimyasal ve izotopik veriler yardımı ile incelemişler, su kaynaklarının tıbbî ve biyoiklimsel

özelliklerini araştırarak balneoterapi ve klimaterapi amaçlı olarak kullanılabilirliği ve suların jeotermal enerji potansiyellerini belirlemiştir.

Hınıs (2007), Aksaray ilinin önemli içme suyu kaynaklarını organik kirleticiler açısından incelemiş ve su kalitesini yönünden değerlendirmelerde bulunarak arıtılmadan önce içme suyunda standartlarda belirtilen eşik değerlere yakın pestisit değerleri tespit etmiştir.

Karadavut (2007), Çiftlik kasabası ile Mamasun baraj gölü arasında kalan bölgede Mamasun barajını besleyen Melendiz akarsuyunu su kalitesi açısından incelemiş ve su kalitesininin antropojenik etkilerle olan değişimlerine dikkat çekmiş, Melendiz akarsuyunun yerleşim yerlerinden geçtikçe su kalitesinin düştüğünü ve kirlilik değerlerinin arttığını ifade etmiştir.

Işık vd. (2008), Aksaray ili su kaynaklarının arsenik değerlerinin belirlenmesi amacı ile gerçekleştirdikleri bu çalışma da, su kaynaklarını ağır metal kirliliği açısından değerlendirmişler, yeraltı sularında gözlenen yüksek arsenik içeriklerinin bölgede bulunan arsenik içeriği yüksek volkanik kayaçlarla olan su kayaç teması sonucu geliştiğini belirtmişler ve arsenik riskinin konumsal dağılımını belirleyerek haritalamışlardır.

Kavurmacı vd. (2008), Aksaray ili yeraltı sularının mevcut potansiyelleri ve kalitesi jeolojik ve hidrojeokimyasal verilerle araştırmış, yeraltı sularının sulama ve içme suyu standartlarına olan uyumları incelenmiş, su kalitesi düşük ve yüksek alanlar konumsal olarak haritalanmış, genel olarak yeraltı sularının orta derecede tuzluluk ve düşük sodyumluk (C_2S_1) sulama suyu özelliği gösterdiği belirtilmiştir.

Kavurmacı ve Demircioğlu (2009), Aksaray il sınırları içerisinde bulunan sulama ve içme suyu olarak kullanılan gölet ve baraj göllerinin limnolojik özelliklerini hidrojeokimyasal verilerle değerlendirmişler ve yüzeysel su kaynaklarının sulama suyu açısından risk içermediği ancak içme suyu açısından organik kirleticilere maruz kaldıklarını ifade etmişlerdir.

Karadavut (2009), doktora tezi olarak sunduğu çalışmasında Aksaray'ın yeraltı su kaynaklarını su kimyası verileri yardımı ile incelemiş ve yeraltı sularının sulama suyu özelliklerini bölgedeki mevcut tarımsal özelliklerle karşılaştırarak tarımsal verimin artırılması için önerilerde bulunmuştur.

Kavurmacı vd. (2009), Aksaray ili yeraltı ve yüzeysel su kaynaklarının hidrojeokimyasal verilerini jeoistatiksel açıdan değerlendirmiş ve su kalitesinin farklı örnekleme dönemleri için zamansal değişim özelliklerini belirlemiştir.

Kavurmacı (2010), Aksaray il merkezinde yer alan yeraltı sularının üst yapıların donatı ve beton özelliklerine olan etkisini karbondioksit ve sülfat içeriğine bağlı olarak incelemiş ve korozif etkenlerin şehir merkezindeki konumsal dağılımını ve risk içeriği yüksek alanları tespit etmiştir.

Kavurmacı (2011), Aksaray il sınırları içerisinde yer alan yeraltı sularındaki karbondioksit miktarlarını belirleyerek karbondioksitin konumsal dağılımını haritalamış ve karbondioksit içeriği yüksek sahaların Aksaray'ın batısında yer aldığını ifade etmiştir.

Eroğlu (2012), Aksaray belediye sınırları içerisinde bulunan yeraltı sularının mevcut kalite durumlarını ve kirlenme derecelerini araştırmış ve yeraltı sularının sulama suyu olarak sorunsuz kullanılabileceğini belirtmiştir.

Demirel (2012), Aksaray ilinin önemli jeotermal enerji kaynaklarından birisi olan Ziga sıcak ve mineralli su kaynağını hidrojeokimyasal verilerle incelemiş ve kaynağın jeotermal potansiyeline dikkat çekerek daha verimli kullanımı için önerilerde bulunmuş ve reenjeksiyon için muhtemel alanlar önermiştir.

Zengin (2014), Aksaray'ın önemli jeotermal su kaynaklarını hidrokimyasal ve izotopik veriler yardımı ile incelemiş, jeotermal kaynakları su tiplerine göre sınıflandırarak Ilısu, Ihlara, Narlıgöl, Tuzlusu ve Ziga su kaynaklarının sırasıyla $NaHCO_3$, $CaHCO_3$, $CaHCO_3$, $NaHCO_3$ ve NaCl su fasiyesine sahip olduklarını tespit etmiştir.

Kavurmacı ve Üyümez (2015), Aksaray ilinin içme suyunu sağlayan Bağlıkaya, Mamasun barajı ve Helvadere su kaynaklarını hidrojeokimyasal veriler yardımı ile su kalitesi açısından incelemişler, su kaynaklarının arsenik açısından yüksek risk içerdiklerini ve insan sağlığını tehdit ettiğini tespit etmişler, içme suyu kaynaklarında arsenik giderimi için demir (III) klorürün arseniğin sudan uzaklaştırılmasında en etkili koagülant madde olduğunu belirtmişlerdir.

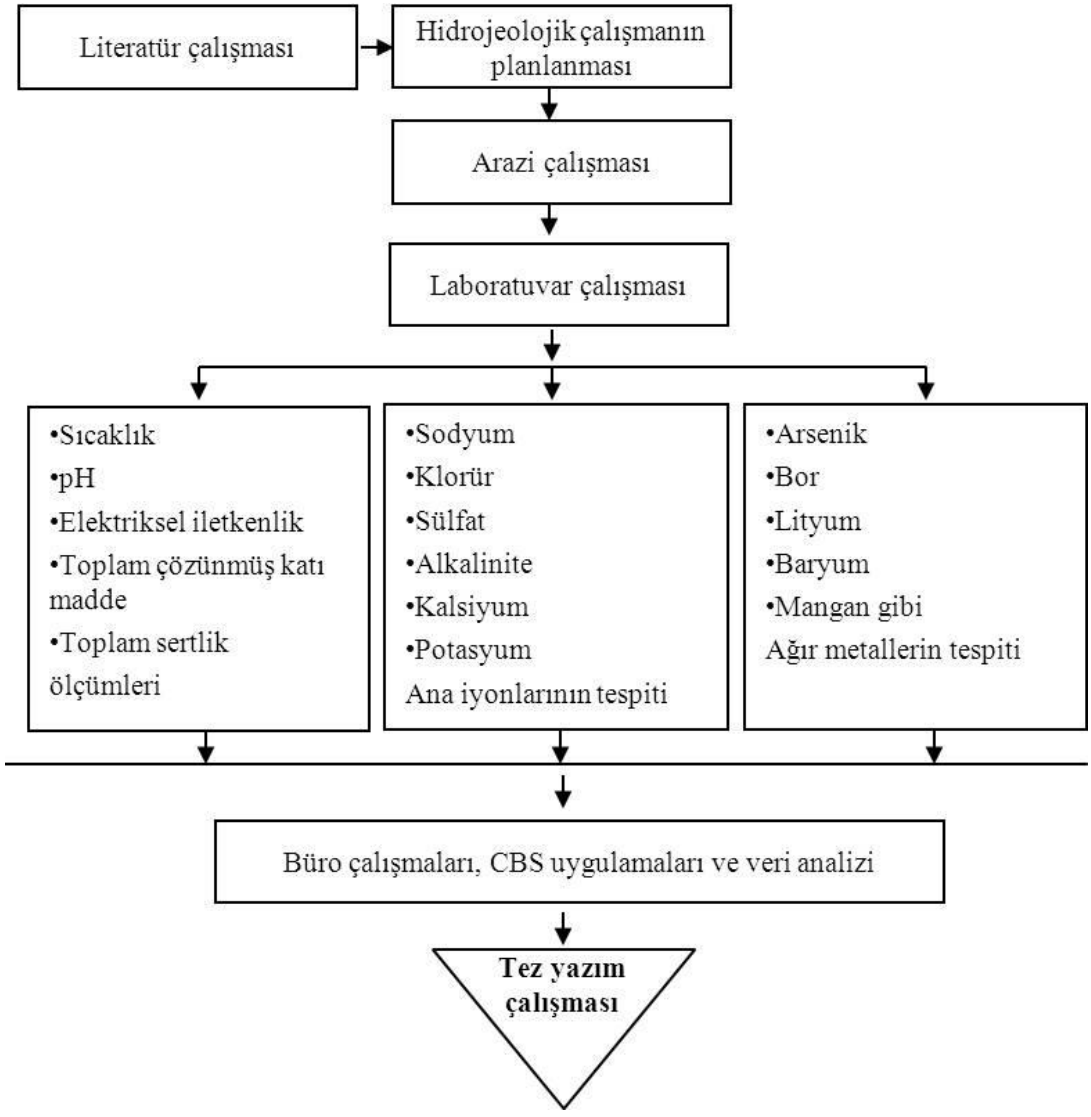
Üyümez (2016), Bağlıköy, Helvadere ve Mamasun barajının içme suyu özelliklerini hidrojeokimyasal veriler yardımı ile incelemiş, içme suyu kaynaklarının yüksek arsenik riski içerdiğini belirterek, arsenik giderimi için Alum ($(Al_2(SO_4)_3.18H_2O)$),

demir (III) klorür ($FeCl_3$) ve ferrik sülfat arseniğin sudan uzaklaştırılmasında en etkili koagülant maddeler olduğunu ifade etmiştir.

Kavurmacı (2016), çalışmasında Tuz Gölü'nün güneyini sınırlayan Eskil ovasında yer alan yeraltı sularının su kalitesini hidrojeokimyasal veriler ile jeoistatistik yöntemler kullanarak incelemiş, su kalitesinin konumsal dağılımını belirlemiş ve Tuz Gölü'nün tatlı su akiferlerini kirlettiğini ifade etmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde tez kapsamında gerçekleştirilen çalışmalar sırasında izlenen yöntem, uygulanan analiz metotları, veri işleme ve değerlendirme yöntemleri anlatılmıştır. Çalışma literatür, arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları olmak dört ana aşamada gerçekleştirilmiştir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1: Çalışmanın metodolojisi ve çalışma aşamaları

2.1 Literatür Çalışmaları

Literatür çalışmaları kapsamında inceleme alanı ve çevresinde önceki yıllarda yapılmış doktora ve yüksek lisans tez çalışmaları, TÜBİTAK ve diğer kurum raporları, makaleler, özel şirket raporları ve rapor özelliği taşıyan diğer veriler derlenmiştir. Derlenen literatür çalışmaları kendi aralarında tez konusuna göre sınıflandırılarak özetleri çıkarılmıştır. İnceleme alanı ve çevresini temsil eden farklı ölçeklerde jeolojik, hidrojeolojik, topoğrafik ve sayısal haritalarda derlenmiş ve birbirleriyle korelasyonları gerçekleştirilmiştir. Literatür çalışması kapsamında tez çalışmalarında kullanılmak üzere farklı uydu görüntüleri de temin edilmiştir.

Toplanan verilerin literatür değerlendirmeleri yapılarak ulaşım durumu, su noktalarının arazideki dağılımı ve su kimyası özellikleri gibi bilgiler analiz edilmiş ve örnekleme noktalarının yerleri belirlenerek arazi çalışmalarının alt yapısı oluşturulmuştur.

2.2 Arazi Çalışmaları

Bu çalışmanın ilk aşaması tez sahasının jeolojik, hidrojeolojik, topografik ve coğrafi özelliklerinin arazide belirlenmesini ve tez çalışması sırasında karşılaşılabilecek sorunların tespit edilmesini kapsar. Çalışmanın sonraki evresi hidrojeolojik ve jeolojik haritaların güncellenmesi, su kaynaklarının mevcut konumlarının belirlenmesi, su örnekleme noktalarının kesinleştirilmesi ve su kimyası analizleri için örnekleme dönemlerini kapsar. Su kimyası ölçüm ve analizleri için 64 adet farklı içme ve sulama amacı ile kullanılan su kuyusu belirlenmiştir. Örnekleme dönemlerinde sorun yaşanmaması için örnekleme noktalarının seçiminde köy ve kasabaların içme suyu kuyuları tercih edilmiştir. Bu kuyulardan yağışlı ve kurak dönemleri temsilen Mayıs 2015 ve Eylül 2015 tarihlerinde örnekleme çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Arazi çalışmaları kapsamında her bir kuyunun coğrafi koordinatları kaydedilmiştir. Örnekleme ve ölçüm çalışmalarına başlamadan önce kuyular çalışır vaziyette değil iseler kuyular çalıştırıldıktan sonra yeraltı suları dengeye ulaşıncaya kadar beklenilmiş, daha sonra örnek alınmış ve ölçümler gerçekleştirilmiştir. Su örneklerinin sıcaklık (T), toplam çözünmüş katı madde içeriği (TÇKM), elektriksel iletkenlik (EC), pH gibi fiziko-kimyasal parametreleri kuyu başında yerinde ölçülmüş, ölçümlerde W.T.W-LT 330 marka portatif kondüktivite metre (SCT),

Orion marka pH metre kullanılmıştır. Ana iyon değerlerinin ve ağır metallerin analizleri için su örnekleri ayrı ayrı 1,5 lt'lik çift kapaklı polietilen şişelerle alınmış, etiketlenmiş ve aynı gün içerisinde laboratuvara ulaştırılmıştır. Ağır metaller için alınan su örneklerinin içerisinde elementler arasındaki etkileşimleri önlemek için HNO_3 eklenmiştir.

2.3 Laboratuvar Çalışmaları

Arazi çalışmaları sırasında kuyulardan alınan su örnekleri analiz gerçekleşme tarihine kadar laboratuvar ortamında soğutuculardа 4 ^{0}C de koruma altına alınmıştır.

Su kimyası analizleri Aksaray Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü Su Kimyası Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir. Suların sülfat, fosfat, florür, klorür, bromür gibi anyon değerleri Dionex Ics-1000 chromatography tipi cihaz ile APHA-AWWA-WEF (2005) standartlarına uygun olarak ölçülmüştür. Suların katyon ve ağır metal analizleri ise Perkinelmer Optima 2100 DV ICP-OES- USA (eş zamanlı indüktif eşleşmiş plazma-optik emisyon spektrometresi) ile APHA-AWWA-WEF (2005) standartlarına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Ayrıca arazide yerinde ölçülen fizikokimyasal parametreler laboratuvar ortamında yeniden ölçülmüştür.

2.4 Büro Çalışmaları

Büro çalışmalarının ilk aşaması literatür verilerinden elde edilen ve arazi çalışmaları ile desteklenen jeolojik verilerin görselleştirme işlemidir. Bu kapsamda çalışma alanının jeoloji haritası ve stratigrafik dikme kesiti güncellenerek yeniden çizilmiştir. Literatür çalışmalarından elde edilen veriler kendi aralarında sınıflandırılmış ve istatiksel açıdan dağılımları incelenmiştir. Laboratuvar ve arazi çalışmalarından elde edilen verilerde sınıflandırıldıktan sonra jeoistatiksel yöntemler kullanılarak veri güvenliği açısından kendi içlerinde ve önceki çalışmalardan da faydalanılarak değerlendirilmiş ve veri güvenliği doğrulanmıştır.

Çalışmanın sonraki evresinde laboratuvar çalışmalarından elde edilen güvenliği sağlanmış veriler Aquachem, ArcGIS/ArcMap, Excell gibi yazılım programları kullanılarak sisteme girilmiş, sınıflanmış ve yazılım araçları kullanılarak değerlendirilmiştir. Ana katyon (Na, K, Ca, Mg) ve anyon (CO_3, HCO_3, Cl, SO_4) analiz sonuçları kullanılarak, Schoeller, Piper, A.B.D. tuzluluk, Wilcox diyagramları ile diğer ilgili grafikler çizilmiş ve sonuçları hidrojeolojik açıdan yorumlanmıştır.

Suların kökeninin araştırılmasında, Schoeller ve Piper; sulama suyu sınıflamasında ise, A.B.D. tuzluluk ve Wilcox diyagramları kullanılmıştır.

Büro çalışmalarının son aşamasında kuyulara ait su kalite değerlerinin konumsal dağılımlarını ve birbirleriyle olan ilişkilerini gösterir su kalite haritaları hazırlanmıştır. Bu kapsamda Coğrafi Bilgi sistemi (CBS) tasarımında veri tabanında yer alacak hidrojeokimyasal veri setleri ve onlara bağlı olan özellik sınıf yapıları belirlenmiştir. Veri tabanı içerisinde oluşturulacak katmanlara ait uygun veri türü seçimi yapılarak konumsal ve konumsal olmayan veriler arasındaki bağlantı sağlanmıştır.

Veri tabanının tasarımının ardından, konumsal bilgilerin organize edilmesi amacıyla, farklı veri kaynaklarından gelen konumsal nitelikteki bilgilerin birleştirilmesi koordinat birliğinin sağlanması için gerekli dönüşümler yapılarak tez amaç ve gereksinimlerine uygun sayıda ve detayda katmanlar oluşturulmuştur. Tüm sayısallaştırma işlemleri Universal Transverse Mercator (UTM), World Geodetic System (WGS) 1984 Datum projeksiyonunda ArcGIS CBS yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Tez kapsamında konumsal veri tabanı oluşturulduktan sonra farklı disiplinlerin ve tezin gereksinimlerini karşılayacak şekilde çeşitli tip ve ölçekte tematik su kalite haritaları üretilmiştir.

3. BÖLGESEL JEOLOJİ

Orta Anadolu bölgesinin güneyinde yer alan çalışma alanı ve çevresi litodem ve litostratigrafi birimlerinden oluşur. Bölge güneyde Hasandağı volkanitleri, batıda Tuzgölü formasyonu, doğu ve kuzeyde karasal nitelikli sedimanter çökellerle ve temel birimler tarafından çevrilmiştir. İnceleme alanının temelini Göncüoğlu vd. (1996) tarafından Orta Anadolu Kristalen Kompleksi (OAKK) olarak tanımlanan kaya birimleri oluşturur. OAKK, ilk kez Seymen (1981) tarafından tanımlanan alttan üste doğru, Tamadağ ve Bozçaldağ metamorfitlerinden oluşan Orta Anadolu Metamorfitleri, deformasyon ve metamorfizma geçirmiş Metamorfik Ofiyolitli karışık ve ensimatik yay magmatiklerinden oluşan Orta Anadolu Ofiyolitleri ile bu birimleri sıcak dokanakla kesen Orta Anadolu Granitoyitleri'nden meydana gelen kristalen kayalarla temsil edilir (Göncüoğlu vd., 1996).

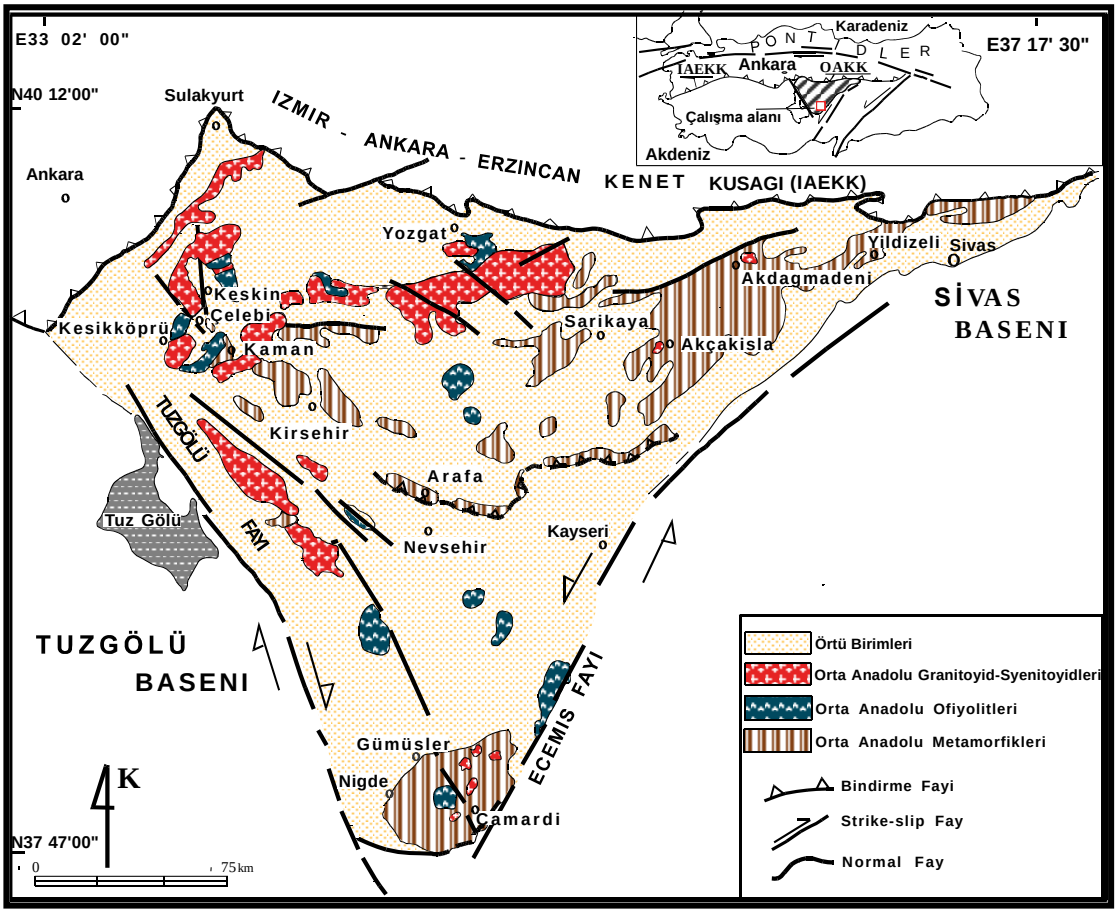
Metamorfik kayaçlar mermer, felsik ve mafik ortognays, şist, kuvarsit gibi kayaçlardan meydana gelmiş olup, genel olarak magmatik katkılı platform çökellerin düşük - orta dereceli basınç, yüksek sıcaklık koşullarında, yeşil şist - almandin - amfibolit fasiyesinde metamorfizmaya uğramasıyla oluşmuştur (Atabey, 1989). Kırşehir masifinin doğu uzantısı olan bu birimler bölgedeki yüksek topoğrafyaları oluşturur. Metamorfitler Paleozoyik yaşlı Atabey (1989) olup, granit, granodiyorit ve monzonitlerden oluşmuş Orta Anadolu Granitoyitleri tarafından sıcak dokanaklarla kesilmiştir (Göncüoğlu vd., 1991). Kıtasal kabuk kökenli çarpışma tipi granitoyitler ve çarpışma sonraki alkalen magmatitleri içeren Orta Anadolu Granitoyitleri'nin sokulum yaşı Üst Kretase'dir (Göncüoğlu vd., 1991). Alterasyonlar sonucu kırılgan bir yapı kazanan birim genelde koyu grimsi - siyahımsı renklerde olup, orta - iri tanelidir (Göncüoğlu vd., 1991).

İnceleme alanını kapsayan Tuz Gölü Havzası Geç Kretase - Oligosen zaman aralığında gelişmiştir. Sübsidans Geç Kretase - Orta Eosen süresince meydana gelmiş ve bunu Geç - Orta Eosen'den başlayan ve Oligosen sonlarına kadar devam eden regresyon takip etmiştir (Arıkan, 1975). Havza Geç Kretase'den başlayıp Orta Eosen

sonuna kadar denizel ve Geç Eosen - Kuvaterner zaman aralığında karasal nitelikli sedimanter birimlerle doldurulmuştur (Arıkan, 1975).

3.1 Stratigrafi

İnceleme alanının temeli Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı meta-sedimanlar, meta-karbonatlar, ofiyolitik karmaşıklar ve magmatik birimlerden oluşan OAKK'ndan oluşur (Şekil 3.1). İnceleme alanının temeli üzerindeki sedimantasyon Üst Maestrihtiyen ve Alt Paleosen yaşlı çökellerle başlar (Göncüoğlu vd., 1996; Çemen vd., 1999). Litostratigrafi birimleri Üst Kampaniyen'den Orta Eosen'e kadar filiş ağırlıklı denizel birimler ve Üst Eosen'den günümüze kadar da karasal, gölsel ve volkanik çökellerden oluşur (Ünlütürk, 2000). Sedimanter istifin ilk birimi bölgenin doğu kenarında gözlenen Maestrihtiyen yaşlı Kartal formasyonudur. Kartal formasyonunu sırasıyla Mezgit formasyonu, İnsuyu formasyonu, Uzunkaya formasyonu, Göstük ignimbiriti, Selime tüfü, Kızılkaya ignimbiritleri, Hasandağı volkanitleri, Traverten, Tuzgölü formasyonu ve alüvyon birimler takip eder.

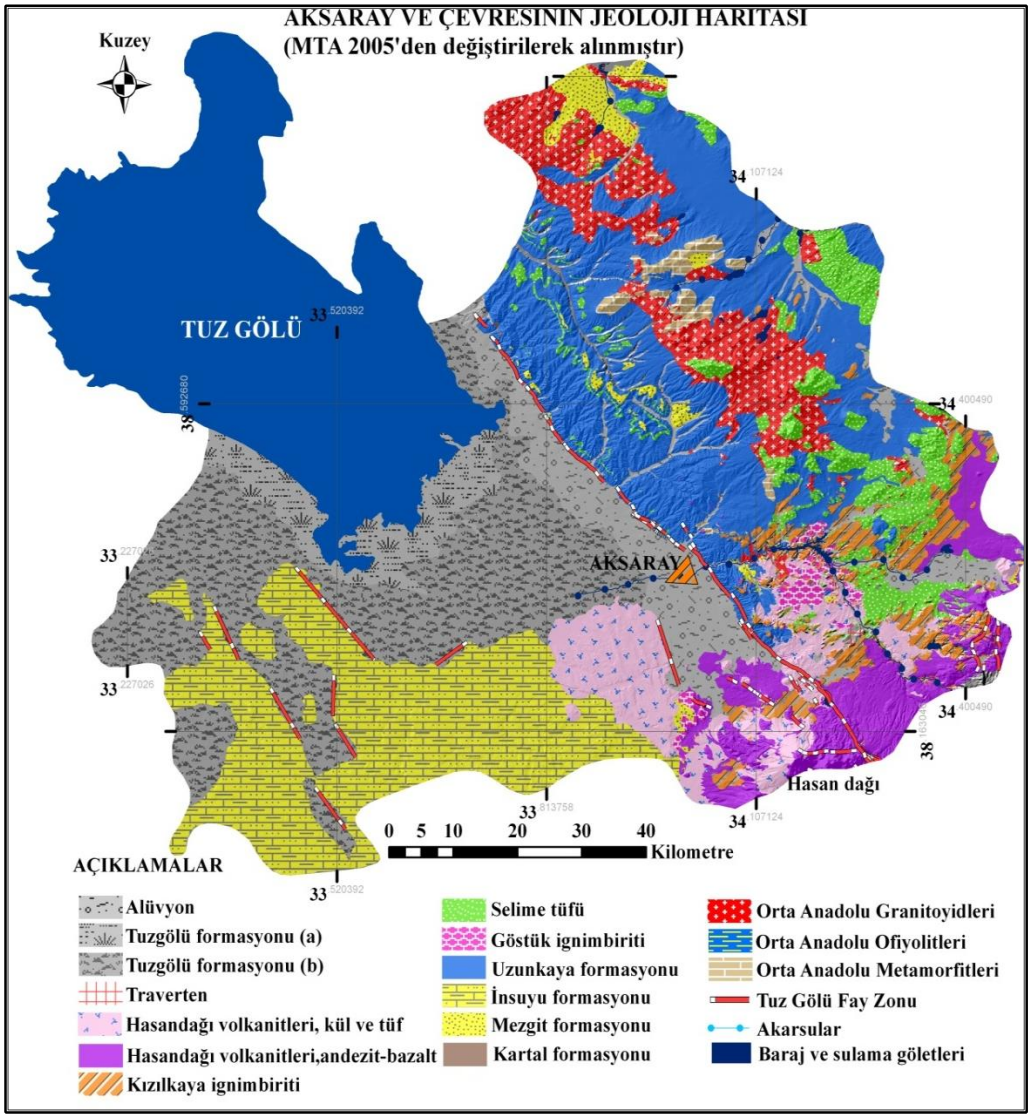


Şekil 3.1: Basitleştirilmiş Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı'nın jeoloji haritası (Göncüoğlu vd., 1991).

3.1.1 Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı (OAKK)

Orta Anadolu'da, Ankara - Sivas - Ulukışla arasında kalan ve kabaca üçgen biçimli bir alanda yüzeyleyen Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı (OAKK) genel olarak metamorfik kaya topluluğu ve bunları sıcak dokanakla kesen farklı intrüzif kayalardan oluşan bir topluluktur (Göncüoğlu vd., 1991) (Şekil 3.2).

Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı içerisinde gözlemlenen en yaygın metamorfik kaya birimi mermerlerdir. Kalın tabakalı, gri-bej renkli iri kalsit kristallerinden oluşan bol kırık ve çatlaklı yer yer karstik boşluklar içeren mermerler genel olarak inceleme alanının doğu kesimlerinde mostra verirler. Mermerler içerisinde oluşmuş düzensiz karstik boşluklarda hidrotermal akışkanların etkisiyle çökelmiş cevherleşmeler göze çarpar (Şekil 3.3).



Şekil 3.2: İnceleme alanı ve çevresinin genel jeoloji haritası (MTA, 2005'den değiştirilerek çizilmiştir).

İnceleme alanında yaygın olarak gözlenen diğer bir metamorfik kaya grubu ise mika şistlerdir. Bölgede Aksaray ilinin doğusunda yer alan Hamamüstü ve Mermerlik tepeler arasında kalan alanda mostra verir. Birim içerisinde genel olarak açık yeşil renkli, sık düzensiz folyasyon düzlemleri görülür. Çalışma alanında, temeli oluşturan diğer bir birim piroksen-hornblend gabro, hornblend gabro ve diyorit/kuvars-diyorit gibi mafik kayalardan oluşan Orta Anadolu Ofiyolitleridir. Metamorfik ve ofiyolitik birimler Paleozoyik yaşlı olup granit, granodiyorit ve monzonitlerden oluşmuş Orta Anadolu Granitoyitleri tarafından kesilmiştir (Göncüoğlu vd., 1991).

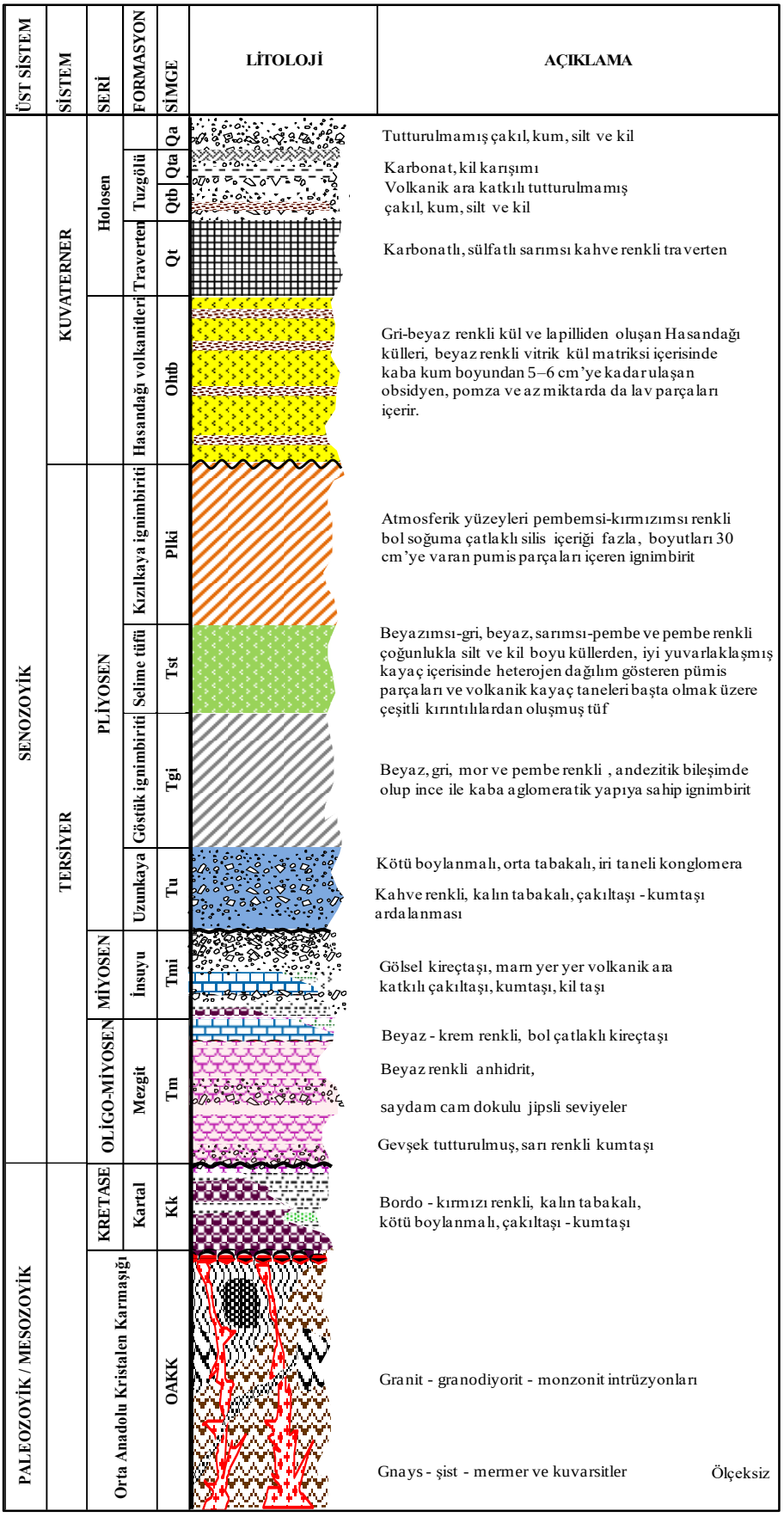


Şekil 3.3: Mermerlerde hidrotermal yolla oluşmuş karstik boşluklar ve cevherleşmeler (Güllü, 2003'den alınmıştır).

3.1.2 Kartal formasyonu

Temel birimlerinin üzerine Üst Kampaniyen'den günümüze kadar farklı dönemlerde çökelmiş denizel, karasal ve gölsel örtü çökelleri gelir (Şekil 3.4). Bu çökellerden ilki Kartal formasyonudur.

İnceleme alanının doğu kısmında yüksek kotlu tepelerde mostra veren birim ilk kez Turkish Gulf Oil (1961) tarafından adlandırılmıştır (Göncüoğlu vd., 1996). Birim bordo - kırmızı renkli, orta-iyi derecede yuvarlaklaşmış, kötü boylanmalı, iyi çimentolanmış, yuvarlak - yarı köşeli gevşek çakıltaşı, kumtaşı, miltaşı ve çamurtaşlarından oluşur. Egemen litoloji çamur matriks içerisindeki çakıltaşlarıdır (Göncüoğlu vd., 1996). Çakıldan bloğa kadar değişik boyutlarda gözlemlenen konglomeralar granit, gabro ve diyabaz çakılları içerir.



Şekil 3.4: İnceleme alanı ve çevresinin stratigrafik dikme kesiti (Güllü, 2003'den değiştirilerek çizilmiştir).

Alt seviyelerde çakıltaşları ile karakteristik birimin tane boyu üst seviyelere doğru küçülür. Birimin üst kesimlerinde gevşek tutturulmuş kötü boylanmalı kumtaşı - çamurtaşı ardalanımı gözlenir. Kumtaşlarında küçük ölçekli teknemsi çapraz tabakalanmalar, tane yönlenmeleri sık görülür.

Litolojik özellikleri itibariyle alüvyon yelpazesi çökellerini temsil eden birimin Geç Kretase'de açılan havzanın kenar faylarının denetiminde geliştiği düşünülmektedir (Çemen vd., 1999; Gürbüz, 2012). Kartal formasyonu üzerine uyumsuz olarak Mezgit formasyonu gelir.

3.1.3 Mezgit formasyonu

Karasal çakıltaşı, kumtaşı ve yer yer jipsli seviyelerle temsil edilen birim, çalışma alanında en yaygın gözlenen litostratigrafi birimini oluşturmaktadır. Birimin karasal çakıltaşlarla temsil edilen alt seviyeleri en iyi Dorukini Köyü güneyinde mostra verirken, jipsli seviyeleri ise en iyi Aksaray-Ihlara yolu üzerinde Kireçlik Mevkii'nde gözlenmektedir (Güllü, 2003). Formasyon tabanda koyu gri-koyu kahve renklidir. Çakıl-blok boyutundaki malzemelerden oluşan çakıltaşlarla granit, gabro ve diyabaz çakılları içermektedir. Tabanda gözlenen bu konglomeralar orta-iyi derecede yuvarlaklaşmış, kötü boylanmalı, derecelenmesiz ve iyi çimentolanmıştır (Yıldız vd., 2002).

Dış görünümü kırmızı-kirli sarı- kahverengi olan Mezgit formasyonunun orta seviyelerini oluşturan çakıltaşları ise çoğunlukla magmatik çakıllarının yanı sıra Eosen yaşlı kireçtaşlarına ait çakıllarda içermektedir. Orta seviyeleri oluşturan bu çakıltaşları, orta-iri taneli, gevşek tutturulmuş olup kötü boylanmalıdır (Güllü, 2003).

Birimin içerisinde kaba taneli, gevşek çimentolu olarak gözlenen kumtaşı seviyeleri de yine aynı kökenli kayalardan türeyen malzemelerden oluşmuştur. Mezgit formasyonu içerisinde gözlenen evaporitli seviyeler ise beyaz-yeşilimsi beyaz anhidrit ile ince-orta tabakalı jipslerden meydana gelmektedir (Güllü, 2003).

Tabandan tavana doğru litoloji özellikleri dikkate alındığında yüksek enerjili akarsu ortamından, göl ortamına geçişi temsil ettiği düşünülen birimin içerisinde yaş verisi sağlayacak herhangi bir fosil bulgusuna rastlanılmamıştır (Yıldız vd., 2002). Ancak içerisinde Eosen kireçtaşı çakıllarını bulundurması ve Alt Pliyosen yaşlı Uzunkaya formasyonu tarafından açılı uyumsuz olarak örtülü olması, birimin yaşının Oligo-Miyosen olabileceğini göstermektedir (Yıldız vd., 2002).

3.1.4 İnsuyu Formasyonu

Mezgit formasyonu üzerinde uyumlu olarak yer alan birim inceleme alanının güneyinde oldukça geniş bir alanda yayılım gösterir. Beyaz, gri renkli orta kalın tabakalı gölsel kireçtaşı, marn, kiltaşı ve yer yer volkanik tüf ara katkılardan oluşan birim, Ulu vd. (1994) tarafından İnsuyu formasyonu olarak adlandırılmıştır (MTA, 2005). Kireçtaşlarının alt seviyeleri marnlarla geçişlidir. İnsuyu formasyonu yer yer yanal ve düşey yönde kumtaşı ve konglomera gibi karasal birimlerlede geçişlidir. Formasyon genellikle ince marn ve yatay konumlu kireçtaşları ile temsil edilir. Kireçtaşları, beyaz, gri renkli, mikritik ve sparitik dokulu, yer yer silisifiye ve bol gastropodludur (ÖÇKB, 2010). İnsuyu formasyonu içerisinde gözlemlenen tüflü seviyeler gri-açık sarı renkli, pomza ve kayaç parçalıdır (MTA, 2005). Pomzalar yer yer oldukça iri boyuttadır ve boşluklu yapılarıyla dikkat çekerler. Üst Miyosen yaşlı kabul edilen İnsuyu formasyonu, karbonat çökeliminin yoğun olduğu bir göl ortamının ürünüdür (ÖÇKB, 2010). Silisifiye düzeyler volkanik etkiliğinin varlığını, marn ve kil ara katmanları tarafından karadan gelen malzemenin zaman zaman baskın olduğunu yansıtmaktadır (ÖÇKB, 2010).

3.1.5 Uzunkaya formasyonu

Birim, bölgede Hamamboğazı derenin her iki yamacında ve Dorukini Köyü civarında, Mezgit formasyonunun üzerinde açılı uyumsuz olarak gözlenmektedir (Güllü, 2003).

Sarımsı yeşilimsi ve açık kahverengi alacalı renklerde gözlenen birim tabanda orta-iri taneli konglomeralarla başlayıp üst seviyelerde volkanik malzemeli tüf, tüfit, çapraz tabakalı kumtaşları ve akarsu fasiyesinde gelişmiş kum, kil ve silt bantlı çökeller ile devam eder. Konglomera seviyeleri blok boyutunda malzemenin yoğun olduğu çok kalın, oldukça kötü boylanmalı ve kütle akması tarzında gelişmiş bir içyapı sunar. Gevşek tutturulmuş taneler oldukça dağılgandır. Üst seviyelerde gözlenen iri kumtaşı, ince taneli silt ve kil ardalanması Melendiz çayının yüksek ve düşük enerji dönemlerini temsil eder (Güllü, 2003).

Birimin Mezgit formasyonu ile olan dokanağı yer yer tektoniktir. Bu tektonik hat, eski bir fay sarplığını yansıtmaktadır. Birim, bu fay sarplığı önünde alüvyal yelpaze tarzında gelişmiş ve oldukça kalın çökeller halinde depolanmıştır (Güllü, 2003). Selime (Aksaray) dolaylarında benzer litoloji ve stratigrafik düzeylerde Alt Pliyosen

yaşlı omurgalı fosiller tanımlandığından, birimin Alt Pliyosen yaşlı olduğu kabul edilmiştir (Yıldız vd., 2002).

3.1.6 Göstük ignimbiriti

İlk olarak Beekman (1966) tarafından adlandırılan birim en yaygın olarak Göstük bölgesinde görülür. Beyaz, gri ve pembe renkli dış görünüme sahip olan birim andezitik bileşimli ignimbirit ile temsil edilir. Göstük ignimbiriti çok sayıda irili ufaklı pumis parçaları içerir. Birim bölgede peri bacaları oluşturması bakımından karakteristiktir.

Göstük İgnimbiriti alt seviyelerde beyaz renkli ve ince taneli vitrik tüfle başlar. Üste doğru ignimbirit özelliği kazanarak devam eder. Alttaki tüf seviyesi yaklaşık 1.5 ile 3 m arasında değişen kalınlığa sahiptir (Yılmaz vd., 2012). Mukavemeti düşük olan birim içerisinde çok sayıda insanların oluşturduğu irili ufaklı depo bulunur. Ayrıca kolay kesilip işlenmesi ve yeraltı sularının etkisiyle çeşitli renkte desenler kazanması sebebiyle de binalarda yapı ve kaplama (süsleme) taşı olarak da kullanılmaktadır.

İgnimbiritleri %28 fenokristal ve %73 hamur fazı oluşturmaktadır (Yılmaz vd., 2012). Genel olarak ötaksitik doku özelliği gösteren ignimbiritler hakim olarak plajiyoklaz+biyotit+piroksen+obsidiyen±opak mineral ana bileşenlerinden oluşmaktadır (Yılmaz vd., 2012).

3.1.7 Selime tüfü

Selime Tüfü, beyazımsı-gri, beyaz, sarımsı-pembe ve pembe renkli çoğunlukla silt ve kil boyu küllerden, iyi yuvarlaklaşmış kayaç içerisinde heterojen dağılım gösteren pümis parçalarından, kuvars parçacıklarından ve genellikle volkanik kayaç taneleri başta olmak üzere çeşitli kırıntılılardan oluşmuştur (Şekil 3.5). Birimin kalınlığı 0.5 m ile 60 m arasında değişir. Nevşehir ili çevresinde geniş yayılımlar gösteren Selime Tüfü, farklı araştırmacılar tarafından Cemilköy İgnimbiriti olarak da isimlendirilmiştir (Pasquare vd., 1988).

Hasandağı'nın kuzeyinde kuzeye doğru incelip Aksaray'ın doğusundaki kristalin temele kadar gelerek orada gözden kaybolan tüfit, tüf ve Selime Tüfü içerisinde çok sık görülen pümis mercekleri heterojen bir dağılım gösterirler (Yılmaz vd., 2012).



Şekil 3.5: Selime Tüfünün makroskopik ve içerisindeki pümislerin görünümü.

Petrografik incelemeler sonucunda vitrik tüf olarak adlandırılan birim esas olarak plajiyoklaz + biyotit + litik bileşen + pumis + shard ± opak mineral bileşenlerinden oluşmaktadır (Yılmaz vd., 2012). Hakim olarak vitrofirik dokunun gözlendiği tüflerde kaynaklaşmanın olmadığı (non-welded) önemli bir ayrıntı olarak göze çarpmaktadır (Yılmaz vd., 2012).

Selime Tüfü muhtemelen, volkanizma sonucu ortaya çıkan piroklastik malzemelerin gölsel bir havzada çökelmesi sonucu oluşmuşlardır. Pliyosende ortaya çıkan türbülanslı rejime sahip sellenmeler ve meteorik kökenli yağış sularının zaman zaman çökelme ortamını etkilemesi sonucu, ince-orta taneli, gevşek tutturulmuş kırıntılı taneler, Selime tüfü içerisinde kötü boylanmalı, köşeli, heterojen bir dağılım gösterirler. Pumis parçacıkları ortalama 2 cm – 3 cm arasında değişen çaplardadır ve gaz boşluklu görünüm verirler.

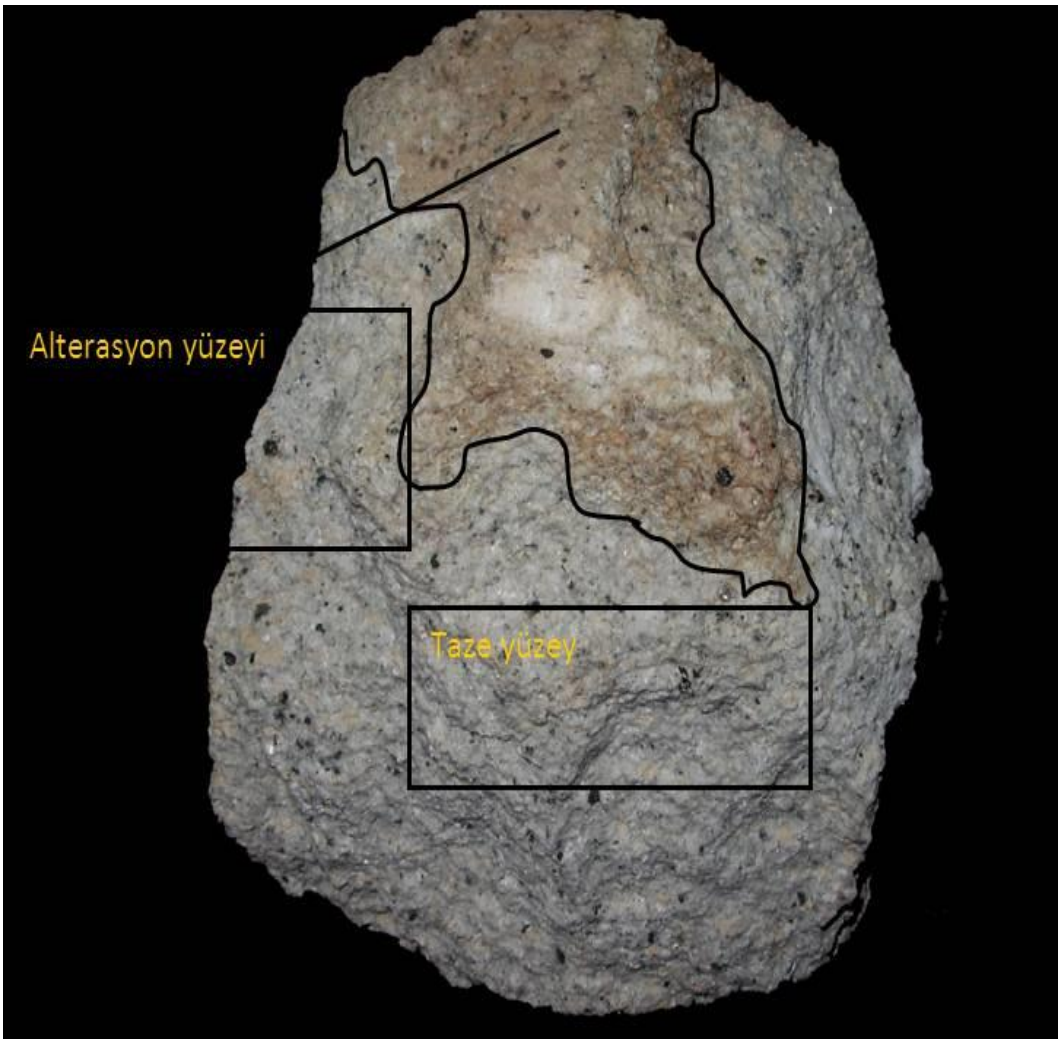
3.1.8 Kızılkaya ignimbiriti

İlk defa Beekman (1966) tarafından adlandırılan birim, bölgede en iyi Ihlara Kasabası ve çevresinde gözlenir (Şekil 3.6).



Şekil 3.6: Kızılkaya ve Selime tüfleri arasındaki dokanak ilişkisi.

Atmosferik yüzeylerinde pembemsi-kırmızımsı renkte gözlenen ignimbiritlerin taze yüzeyleri ise pembemsi-beyazımsı gri renklerdedir (Şekil 3.7). Morfolojik olarak mesa görünümleriyle, sütunsu yapılarıyla ve soğuma çatlaklarıyla karakteristik olan birim alt seviyelerde boyutları 30 cm'ye varan pumis parçaları içerir. Orta seviyeleri, pembemsi gri renkte, andezit ve bazalt çakıllarıyla kaynaklı birimin üst seviyelerinde zayıf kaynaklanmış volkanik çakıllar gözlenmektedir. Soğuma çatlakları boyunca gelişen kırık ve çatlak düzlemleri boyunca kaya düşmeleri gözlenir.



Şekil 3.7: İgnimbiritlerde gözlenen günlenmeye bağlı renk değişimi.

İnceleme alanı ve çevresinde yaygın olarak yapı taşı olarak da kullanılan birim içerisinde insanlar tarafından eski zamanlarda açılmış çok sayıda irili ufaklı mağara bulunur. İgnimbiritler içerisinde gözlenen biyotit minerallerinden K/Ar yöntemiyle yapılan yaş tayininde birimin 4.9-5.5±0.2 my aralığında oluştuğu bulunmuştur (Batum, 1978).

3.1.9 Hasandağı volkanitleri

İlk kez Beekman (1966) tarafından adlandırılan birim üstten alta doğru andezit, andezit-bazalt birleşimindeki lavlar ve bunların farklı boyuttaki tüf ve kül boyutundaki piroklastiklerinden oluşur.

Hasandağı külleri gölsel ve volkanizma ürünü olan birimlerin ardalanmasından oluşmuştur. Gri-beyaz renkli kül ve lapilliden oluşan Hasandağı külleri, beyaz renkli vitrik kül matriksi içerisinde kaba kum boyundan 5–6 cm'ye kadar ulaşan obsidiyen, pomza ve az miktarda da lav parçaları içerir. Yer yer tabakalı bir görünüm sunan birim kendi içerisinde düşey ve yatay yönde geçişlidir. Topografya yüzeyine bağlı olarak genellikle yatay, yer yer eğimli bir görünüm sunar.

Birimin yaygın olarak gözlenen diğer bir litolojisi ise gri-siyah renkli bazaltik ve andezitik lav akıntılarıdır. Bazaltlar içerisinde gaz boşlukları oldukça yaygındır. Gri renkli camsı dokuda, iri plajiyoklas, hornblend, ojit, hipersten, biyotit fenokristalli lavlar içerisinde yer yer obsidiyenlere rastlamak olasıdır. Obsidiyenler siyah ve kahverengi renklerde olup akma yapısı yer yer de bantlı yapı gösterir. Bazaltların akış yönleri ve yayılımları morfolojiye uygun olarak gelişmiştir.

3.1.10 Traverten

Bünyesinde erimiş karbondioksit bulunan yeraltı sularının akifer içerisindeki hareketleri esnasında temasta bulundukları kayaçlardan çözdükleri kalsiyum karbonatı akışkanın yer yüzeyine ulaşması çok ince katmanlar halinde çökeltmeye başlaması sonucu oluşmuşlardır.

Bölgedeki genç volkanizmaya bağlı olarak ısınan CO_2'ce zengin sıcak sular kayaçlarda iyi gelişmiş kırık sistemleri boyunca yüzeye çıkmakta ve traverten çökeltmektedir. İnceleme alanında eski ve yeni su çıkış noktalarını işaret eden travertenler genelde beyazımsı, açık kahve, sarı renkli ve boşluklu yapıya sahiptir. Alterasyon sonucu ortaya çıkan demir zenginleşmesine bağlı olarak kırmızı renk tonları içerdikleri de gözlemlenmiştir.

Travertenlerin morfolojisi göz önüne alındığında oluşumun tabaka traverten tipinde geliştiği görülmektedir. Orta - iri kristalli kalsit ve aragonit minerallerinden oluşan travertenler üzerinde gözlemlenen boşluklu yapılar yer yer rekristalize kalsitlerce doldurulmuştur. İnceleme alanı ve çevresinde travertenler KB - GD yönünde uzanan

fay hattına bağlı olarak birden fazla noktada açığa çıkan Ziga ve Yaprakhisar sıcak suları tarafından çökeltilmiştir (Duru, 2006).

3.1.11 Tuzgölü formasyonu

Tuz Gölü ve yayılım alanı boyunca topoğrafyanın düz olduğu alanlarda çökelim gösteren birim en altta gevşek tutturulmuş çakıl, kum, silt ve kil fasiyesi ile başlar, karbonatlı, sülfatlı ve jipsli seviyeler içeren alüvyon yelpazesi çökelleri ile devam eder (Şekil 3.8). Birim; Ulu vd. (1994), tarafından Tuzgölü formasyonu olarak adlandırılmıştır.

İklimsel değişimlere bağlı olarak, Tuzgölü formasyonu çökellerinde de farklılıklar gözlenmektedir. Havzada gölsel, bataklık ortamlarına ve buharlaşmaya bağlı olarak çökelleri birbirleri ile yatay ve düşey yönde geçişli olarak görmek mümkündür (MTA, 2005).



Şekil 3.8: Tuzgölü formasyonundan bir görünüm

Bu çalışma kapsamında formasyon litolojik özellikleri açısından iki farklı grupta değerlendirilmiştir. Tuzgölü formasyonu (a) genel olarak göl kenarlarında yüzey sularının biriktiği alanlarda oluşan koyu gri renkli, karbonatlı kil ve karbonat çökellerinden oluşur (MTA, 2005). Birim, Tuz gölünün güney kıyıları boyunca yayılım gösterir ve diğer birimlerle yanal ve düşey yönde geçişlidir.

Genel jeoloji haritasında Tuzgölü formasyonu (b) olarak adlandırılan çökeller ise daha güneyde kıyı ile bağlantısı olmayan iç bölgelerde gözlenir. İklimsel değişimlere bağlı olarak gelişen farklı enerjili akarsular tarafından çökelme Tuzgölü havzasına

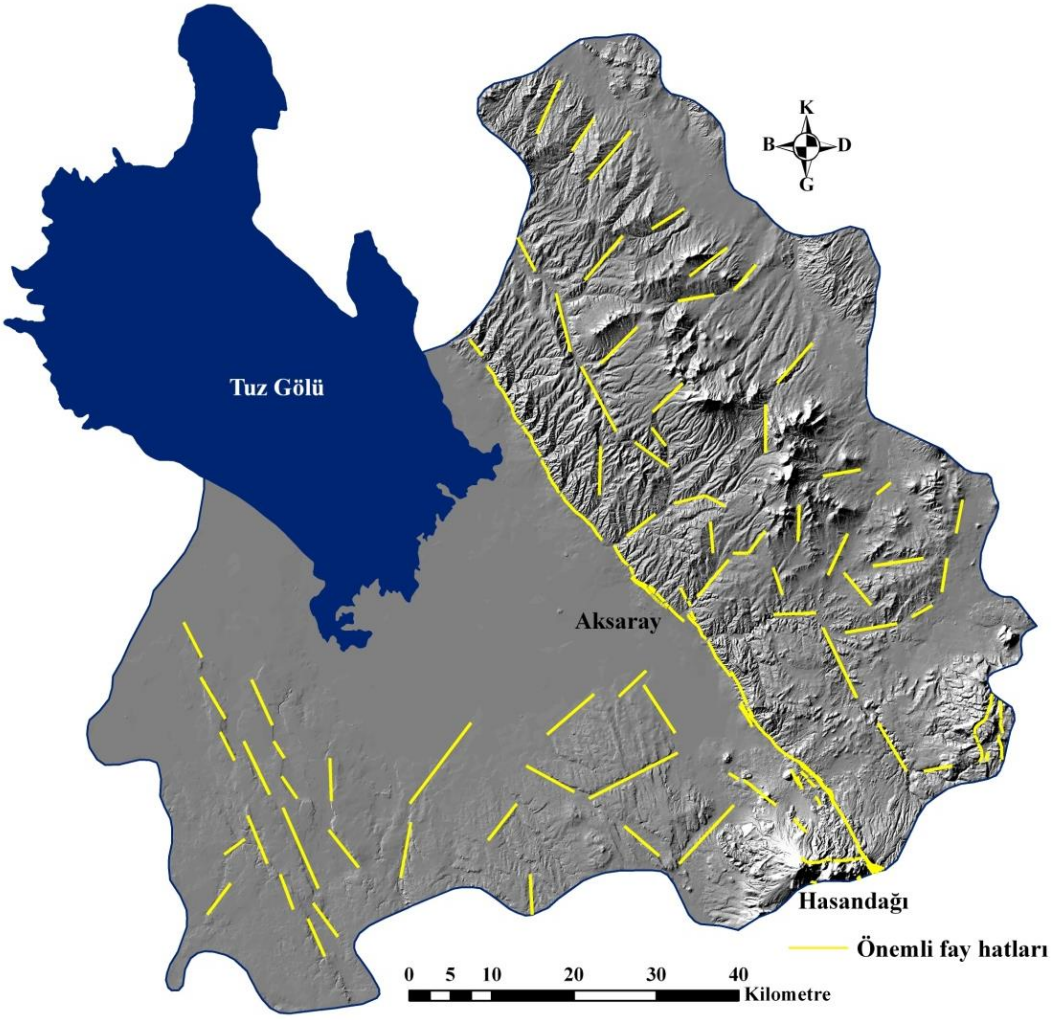
taşınan değişik boyutlardaki gevşek tutturulmuş çakıl, kum, silt, kil ve karbonatlı çökellerden oluşur. Karbonatlı kum seviyeleri ve yer yer sarımsı - bej renkli bol kırık çatlaklı ince tabakalı marnlı seviyelerle geçişli olarak gözlemlenir. Çakıl ve kumlar kötü boylanmış olup, iyi yuvarlaklaşmıştır (Ulu vd., 1994). Ulu vd. (1994) tarafından birimin yaşı Pliyo - Kuvaterner olarak kabul edilmiştir.

3.1.12 Alüvyon

Dönemsel olarak değişik enerji düzeylerine sahip akarsuların yüksek kotlardan diğer birimlerin aşınması sonucu getirdiği gevşek, tutturulmamış çakıl, kum, silt ve kil boyu malzemeden oluşmuş alüvyon kötü boylanmalı, kahverengi, yeşilimsi, gri renklidir. Melendiz akarsuyu ve yan kolları boyunca çökelen birim, Aksaray'ın batı kesimleri ile KB - GD uzanımlı fay sistemleri arasında geniş yayılım gösterir. Alüvyon içerisinde kil içeriği bölgesel olarak farklılıklar içerir. Stratigrafik ilişkilerine göre alüvyonun yaşı Holosen olup, oluşumu halen devam etmektedir (MTA, 2005).

3.2 Yapısal Jeoloji

İnceleme alanının tektonik yapısında, Tuz Gölü Havzası ve temeli oluşturan Kırşehir Masifi etkili olmuştur. Bölgenin en önemli tektonik unsuru TGFZ'dur (Şekil 3.9). TGFZ'nun yaşı ve karakteri hakkında farklı araştırmacılar tarafından değişik görüşler ileri sürülmüştür. Görür ve Derman, (1978), Uygun vd., (1982), Görür vd., (1984), Çemen vd., (1999) fay zonunun yaşının Üst Kretase olduğunu belirtmişken; Arıkan (1975) fayın yaşını Eosen; Dellaloğlu ve Aksu, (1984) ise Miyosen olarak kabul etmiştir. Şengör vd. (1985), Şaroğlu vd. (1987) bu fayın yüksek açılı ters fay olduğunu ileri sürmüşler, Derman vd. (2000) ise bu fayın önce normal bir fay olarak başladığını Eosen'de sol yönlü doğrultulu atım kazandığını daha sonra da tekrar normal bir fay karakteri kazandığını belirtmişlerdir. Toprak ve Göncüoğlu, (1993), Dirik ve Göncüoğlu (1996), Çemen vd. (1999) ise fay zonunun neotektonik dönemde yüksek açılı normal fay bileşenli sağ yanal doğrultu atımlı bir fay olduğunu ifade etmişlerdir. Kürçer vd. (2012) ise çalışmasında TGFZ'nun K25-60B doğrultulu, 65-85 GB'ya eğimli, çok küçük oranda sağ yanal doğrultu atım bileşenine sahip (yan yatım açısı; 75-85), yüzeyde yüksek açılı normal faylardan oluşan bir fay zonu olduğunu savunmuştur.



Şekil 3.9: İnceleme alanı ve çevresinin fay haritası.

İnceleme alanında TGFZ'na paralel gelişen KB - GD gidişli birbirlerine paralel doğrultu atımlı fay sistemleri ve ana fayı farklı açılarla kesen D - B gidişli düşey bileşenli fay sistemleri gelişmiştir. Düşey bileşenli faylar inceleme alanının graben özelliği kazanmasını sağlamıştır. KB-GD ve KB-GD yönlü fay ve çatlak hatlarının kesişmesi ile bölgedeki merkezi volkanizmalar meydana gelmiş, bunun sonucunda da cüruf konileri oluşmuştur. Genç birimlerin örtü şeklinde bölgeyi kaplamaları bahsi geçen tektonik yapılarında örtülmesine neden olmuştur.

İnceleme alanında yer alan diğer önemli bir tektonik unsur TGFZ'yı dik konumda kesen Sultanhanı fayıdır (Yıldız vd., 2002). Fayın doğrultusu DKD-BGB dır. Bölge için önemli diğer bir yapısal unsurda KB-GD doğrultulu Ihlara Vadisi boyunca uzanan Ihlara fayıdır (Yıldız vd., 2002). Halen aktif olarak fay hattı boyunca karbondioksit gazı ve sıcak su çıkışları gözlenir.

İnceleme alanında yer alan Orta Anadolu Metamorfitleri'ne ait mermerler, Orta Anadolu Granitoyidleri, bazalt ve andezitler gibi jeolojik birimler tektonizma etkisi sonucu gelişen kırık ve çatlaklı yapılardan dolayı geçirimli hidrojeolojik özellik kazanmışlardır. Bu kırık sistemleri bölgede gelişen soğuk ve sıcak-mineralli su kaynakları için de hidrolik dolaşım yollarını oluşturmalarından dolayı çok önemlidir.

3.3. Kayaçların Hidrojeolojik Özellikleri

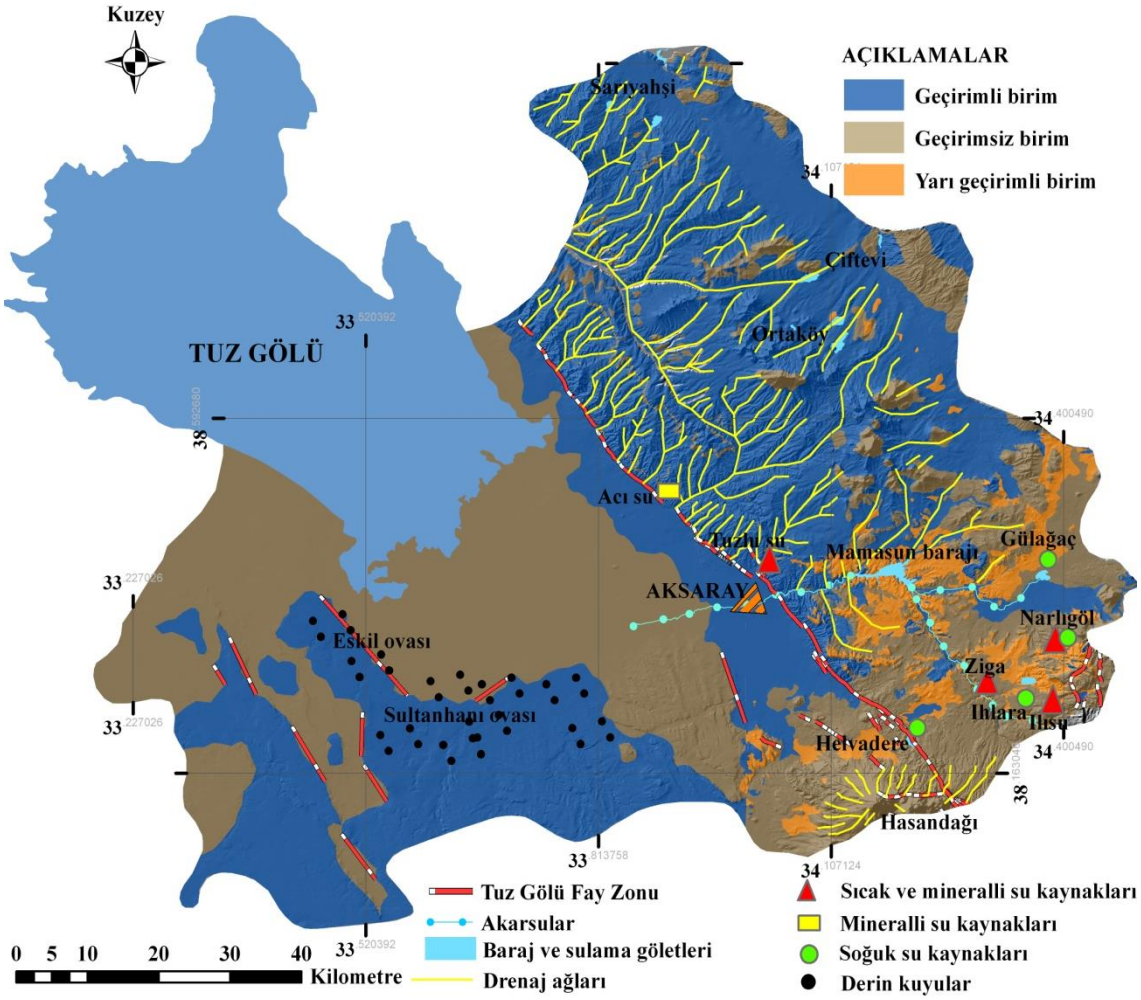
Aksaray'ın doğu ve kuzeydoğusunda yer alan topoğrafik yükseltiler bölgenin beslenme alanını batıda yer alan geniş düzlükler ise boşalım alanını oluşturur. Bu nedenle yeterli geçirgenlik kazanmış birimlerde muhtemel yeraltı suyu hareketi doğudan batıya doğru olacaktır. Bölgede gözlenen drenaj ağları, geçirimsiz birimler üzerinde genelde iyi gelişmiş ince dentritik, geçirimli ve yarı geçirimli birimler üzerinde ise vadi yoğunluğu düşük kaba dentritik drenaj ağları şeklinde görülür. Hasandağı ve çevresinde yüksek eğimden dolayı ise radyal drenaj ağları gelişmiştir. Yüksek kesimlerdeki küçük debili soğuk su kaynaklarının çoğu fay hatlarına bağlı olarak gelişen kırık sistemlerinden veya bağlantısız akiferlerden oluşmaktadır. İnceleme alanındaki litolojik birimler su taşıma ve geçirgenlik özelliklerine bağlı olarak geçirimli, yarı geçirimli ve geçirimsiz birimler olmak üzere üç farklı hidrojeolojik sınıfta tanımlanmıştır (Şekil 3.10).

Geçirimli birimler

İnceleme alanında akifer oluşturan en önemli birimlerden birisi bölgesel olarak çalışma alanının temelini oluşturan Paleozoyik yaşlı Orta Anadolu Metamorfitlerine ait mermerlerdir. Birim içerisinde düşey yönde gelişen çatlaklı, kırıklı ve karstik boşluklu kısımlar hidrojeolojik açıdan geçirimlidir. Üst Kretase yaşlı Orta Anadolu Granitoyitleri geçirimsiz olmakla beraber, bölgede gelişen tektonik hareketler sonucu kırılgan bir yapı kazanmıştır. Birim kırıklı ve çatlaklı üst kuşaklarda geçirimlidir ve bölgede düşük verimli akiferleri oluşturur.

Orta Anadolu Metamorfitleri'ne ait mermerler bölgede gelişen sıcak ve mineralli su kaynakları için hazne kaya özelliğindedir. İnceleme alanında yer alan birimlerin geçirimli seviyelerinin kalınlıklarının az olması, geçirimsiz seviyelerle ardalanmalı yapı sunmaları, kum ve çakıl tanelerinin genelde kil ve karbonat bağlayıcı ile tutturulmuş olması, kayaçlarda gelişen ikincil süreksizliklerin düzensiz olması gibi

etkenlerden dolayı Tersiyer yaşlı birimler genelde orta verimli akifer olarak sınıflandırılmıştır.



Şekil 3.10: İnceleme alanı ve çevresinin genel hidrojeoloji haritası.

Magmatik birimlerinin üzerine ilk çökelen birim olan Kartal formasyonunun kötü boylanmalı, yuvarlak - yarı köşeli gevşek çakıltaşı ve kumtaşı seviyeleri, Uzunkaya formasyonunun alt seviyelerinde gözlemlenen kumtaşları ve çakıltaşı mercekleri, Miyosen yaşlı İnsuyu formasyonun bol kırıklı çatlaklı kireçtaşı ile kumlu ve çakıllı seviyeleri Mezgit formasyonunun tabanda koyu kırmızı, bordo renkli orta, iyi derecede yuvarlaklaşmış, kötü boylanmalı, iyi tutturulmuş çakıllı seviyeleri ile kaba taneli, gevşek çimentolu gri, yeşilimsi renkli kumtaşı seviyeleri, Hasandağı volkanitlerinin bol kırıklı çatlaklı andezitik, gaz boşluklu bazaltik seviyeleri ile Kuvaterner yaşlı Tuzgölü formasyonunun gevşek tutturulmuş çakıllı, kumlu seviyeleri ile güncel alüvyonun tutturulmamış çakıl ve kum seviyeleri pratik olarak

geçirimlidir. Geçirimli birimler inceleme alanındaki su kaynakları için önemli bir akifer özelliğindedir.

Yarı geçirimli birimler

İnceleme alanında çökelen Tersiyer yaşlı karasal, gölsel ve bataklık ortamlarında oluşmuş birimlerin siltli seviyeleri ile eski ve yeni alüvyonun siltli seviyeleri, Mezgit formasyonuna ait ince kristalli beyaz - gri renkli jips seviyeleri, Göstük ve Kızılkaya ignimbiritleri ancak faylanmaya, çatlaklı ve kırıklı yapıya bağlı şekilde ikincil geçirimliliğin arttığı bölümlerde çatlakların derinliği ile orantılı olarak düşey yönde yarı geçirimlidir.

Geçirimsiz birimler

İnceleme alanının temelinde yer alan birimlerden Orta Anadolu Metamorfitlerine ait şistler etkili kırık zonları dışında pratikte geçirimsizdir ve hidrojeolojik anlamda yerel bariyerlerdir. Tersiyer ve Kuvaterner yaşlı birimlerin kil, kumlu marn, marnlı kireçtaşlarından oluşan seviyeleri, Tuzgölü formasyonunun ve güncel alüvyonun killi seviyeleri inceleme alanındaki geçirimsiz zonları oluşturur. Kayaçlarda gelişen alterasyonlar ve sedimantasyon sonucu oluşumları devam eden killer, tektonik etkenlerden dolayı gelişmiş ikincil süreksizlik boşluklarında çökelmiş ve kayaçların su depolama, iletimlilik vb. özelliklerini düşürdüğü söylenebilir.

4. SU KİMYASI DEĞERLENDİRMESİ

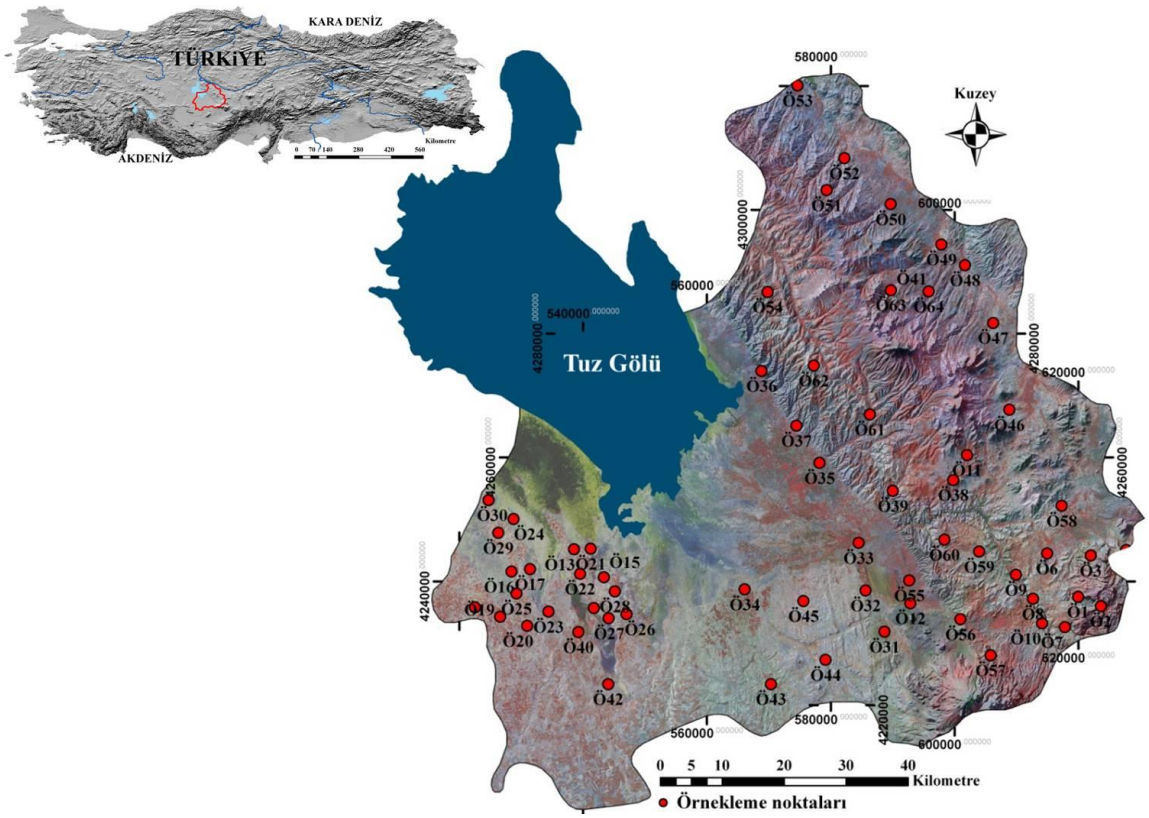
Su insan hayatında yaşantımızı sürdürebilmemiz için birçok görev üstlenen vazgeçilmez bir maddedir. Günlük yaşantımızda suyu temizleyici, taşıyıcı, soğutucu, seyreltici olarak birçok alanda kullanabiliriz. Yerküredeki su kaynaklarının çoğu yağışlarla beslenir. Yağış suları iyonize olmamış sulardır. Su yer yüzeyine düştükten sonraki döngüsünde farklı kayaçlarla teması sonucunda çözdüğü çeşitli elementlerce zenginleşir ve belirli bir özellik kazanır. Sular hidrolik sistemdeki dolaşımları sürecince temas ettikleri kayaçların özelliklerini taşırlar.

Özellikle içme ve sulama amacı ile çok sık kullanılan yeraltı sularının jeokimyasal özelliklerinin belirlenmesi ekolojik sistem için hayati önem taşır. Düşük kalitedeki yeraltı sularının kullanımı insan sağlığını tehdit edebildiği gibi aynı zamanda bitki verimini de etkileyen en önemli etkenlerden birisidir.

Bu çalışma kapsamında, Aksaray il sınırları içerisinde yer alan yeraltı sularının hidrojeokimyasal özellikleri incelenmiştir. Bu amaç kapsamında içme ve sulama amacı ile kullanılan 64 adet su kuyusu örnekleme noktası olarak seçilmiş ve mevsimsel yağışlar göz önünde bulundurularak Mayıs 2015 ve Eylül 2015 tarihlerinde jeokimyasal analizler için örnekleme çalışmaları gerçekleştirilmiştir (Çizelge 4.1, Şekil 4.1).

Çizelge 4.1: Örnekleme dönemleri, fiziksel ölçümler ve kimyasal analiz çalışmaları.

Çalışma türü	Örnekleme, ölçüm ve analiz dönemleri	
Fiziksel parametrelerin ölçümleri	Mayıs 2015	Eylül 2015
Anyon - katyon analizi	Mayıs 2015	Eylül 2015
Ağır metal analizi	-	Eylül 2015



Şekil 4.1: İnceleme alanında örnekleme noktaları ve konumları

4.1 Suların Hidrojeokimyasal Değerlendirmesi

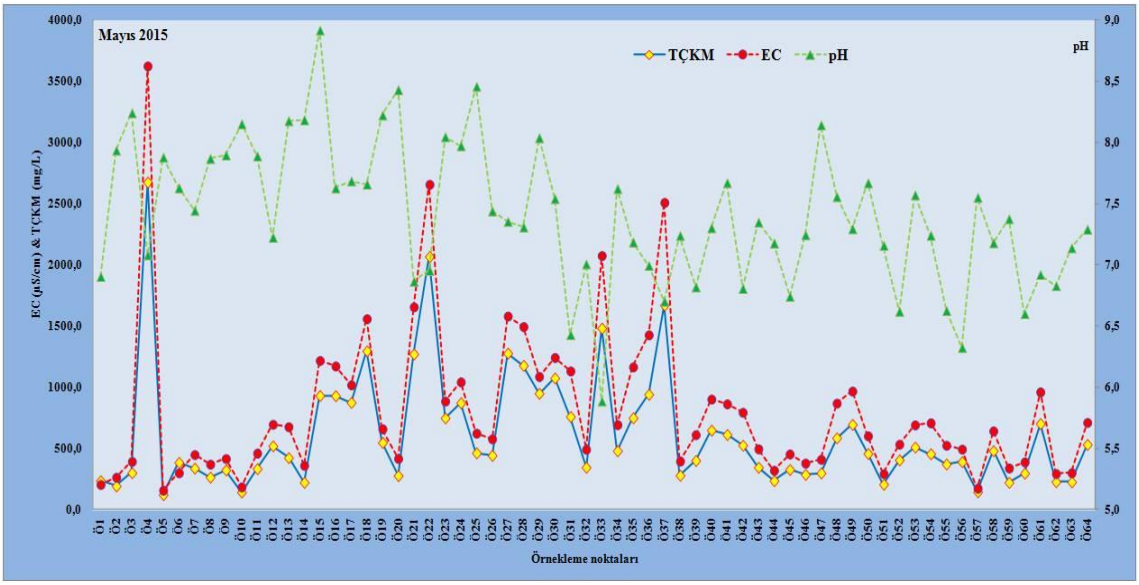
Bu bölümde, su kuyularından iklimsel farklılıklar gözetilerek farklı dönemlerde alınan su örneklerinin ana iyon analizleri ile pH, elektriksel iletkenlik (EC), toplam çözünmüş katı madde (TÇKM) gibi arazide yerinde ölçülen fiziko-kimyasal parametrelerin ölçüm değerleri verilmiştir.

Söz konusu sular için Mayıs ve Eylül örnekleme dönemlerine ait bazı fiziksel ve kimyasal parametrelerin değerleri sırasıyla; pH (5.89 - 8.92) (5.91 - 8.49), elektriksel iletkenlik (EC) (158.62 – 3625.20) (139.81 – 2789.39) µS/cm, toplam çözünmüş katı madde (TÇKM) (122.57 – 2676.50) (119.78 – 2513.44) mg/L arasında değişmiştir (Çizelge 4.2, Şekil 4.2). Ancak örnekleme dönemleri boyunca homojen bir dağılım veya sistematik bir artış belirlenememiştir. Bunun nedeni suların diğer sularla karışımları veya sulama amaçlı kullanımları olabilir.

4.1.1 Hidrojen iyonu konsantrasyonu, pH

Su örneklerinin pH değerleri incelendiğinde Mayıs 2015 örnekleme döneminde en düşük değer ö-33 su kuyusunda 5.89, en yüksek değer ise ö-15 su kuyusunda 8.92 olarak ölçülmüştür. Eylül 2015 örnekleme döneminde ise en düşük pH değeri ö-33 su

kuyusunda 5.91, en yüksek pH değeri ise ö-19 su kuyusunda 8.49 olarak ölçülmüştür. Mayıs 2015 örnekleme döneminin ortalama pH değerleri 7.41 iken bu değer Eylül 2015 örnekleme döneminde 7.22 olmuştur.



Şekil 4.2: Mayıs 2015 örnekleme dönemine ait pH, EC ve TÇKM değerleri

Çizelge 4.2: Örnekleme noktalarına ait bazı su kalite parametrelerinin minimum ve maksimum değerleri.

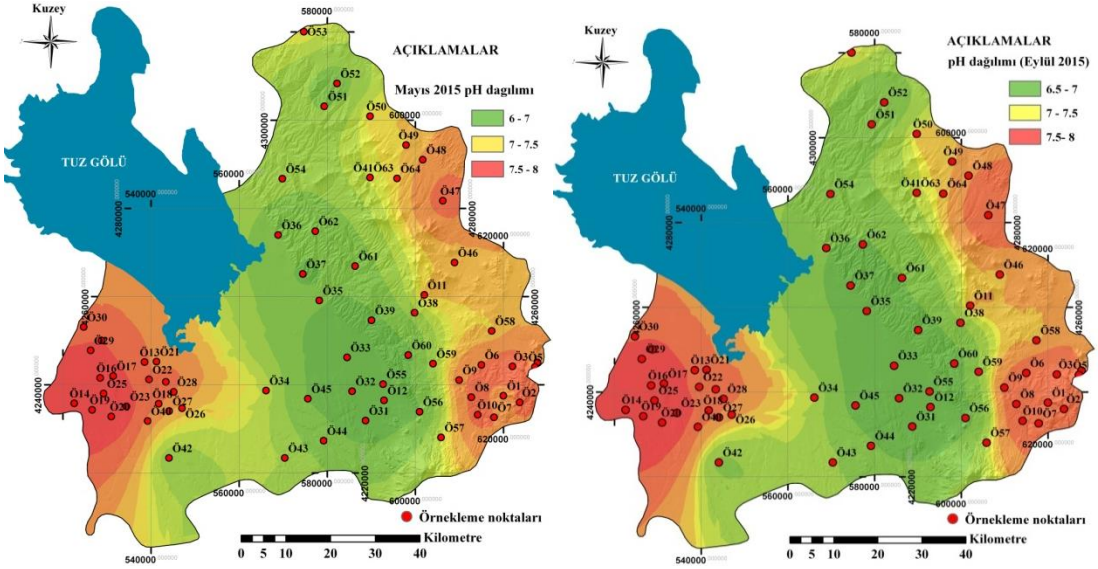
	Mayıs 2015			Eylül 2015		
Parametre	**En az**	**En çok**	**Ortalama**	**En az**	**En çok**	**Ortalama**
T	10.63	67.20	18.34	12.27	59.52	17.30
pH	5.89	8.92	7.41	5.91	8.49	7.22
EC	158.62	3625.20	814.08	139.81	2789.39	817.54
TÇKM	122.57	2676.50	609.76	119.78	2513.44	598.37
SRT	55.31	1091.80	357.03	82.68	1305.48	373.43
Cl^-	2.95	502.65	85.03	5.07	539.88	94.35
SO_4^{2-}	2.91	467.14	66.22	2.75	460.31	73.99
HCO_3^-	84.46	1971.85	409.88	82.14	1837.58	416.19
Ca^{2+}	15.87	279.52	76.91	18.70	353.99	82.84
Na^+	9.23	694.80	87.74	4.79	783.81	87.99
Mg^{2+}	3.82	114.43	31.58	7.36	129.09	35.54
K^+	0.47	36.40	5.75	0.31	42.69	6.04

T; sıcaklık, EC; elektriksel iletkenlik, TÇKM; toplam çözünmüş katı madde, SRT; toplam sertlik,

Kurak dönemde pH değerlerinin düşmesinin nedeni buharlaşmaya bağlı su seviyelerindeki azalma olabilir. İnceleme alanındaki pH değerlerinin konumsal dağılımı incelendiğinde bölgenin batı ve doğusunda pH değerlerinin daha yüksek,

Tuzgölü'nün güneyi ve iç kesimlerde ise pH değerlerinin daha düşük olduğu görülmektedir (Şekil 4.3). Bunun nedeni Hasandağı ve Tuzgölü arasında kalan bölgede yeraltı sularında görülen yüksek karbondioksit miktarı gösterilebilir. Bu alanda gözlenen yüksek karbondioksitin nedeni bölgeye sokulum yapan magmatik intrüzyonlardır. Bölgede Hasandağı'nın varlığı bu görüşü destekleyici niteliktedir.

Sudaki karbonat ve bikarbonat iyonları suyun bazik özelliğini arttırırken serbest mineral asitleri ve karbonik asit ise suyun asit özelliğini artırmaktadır (Hem, 1985). Yeraltı sularında bulunan serbest karbondioksit suda çözünerek hidratasyon sonucu karbonik aside dönüşür. Bunun sonucunda su, çözücü ve aşındırıcı bir özellik kazanır. Aşındırıcı ve kabuk bağlayıcı özellik pH değerine bağlıdır (Türker, 2006). İnceleme alanındaki sular pH ve sıcaklık değerlerine göre "hafif çözücü hafif kabuklaştırıcı bazik" özelliğe sahip "soğuk su" özelliğine sahiptir. İncelenen su kaynakları pH özelliği açısından kıta içi su kaynaklarının sınıflamasına göre I. kalite su sınıfına girer.



Şekil 4.3: İnceleme alanında Mayıs 2015 ve Eylül 2015 örnekleme dönemindeki pH değerlerinin konumsal dağılımı.

4.1.2 Elektriksel iletkenlik, EC

İletkenlik, yeraltı sularında iyon konsantrasyonunu ve çözelti aktivitesini değerlendirmek için kullanılan bir parametredir. Yeraltı sularının iletkenlik değerleri hidrolik dolaşım süreleri dolayısı ile su kayaç temas süreleri hakkında fikir verebilir. Dolaşım süreleri uzun olan yeraltı suları kayaçlarla daha çok temas edeceğinden dolayı iyon konsantrasyonları fazla olacaktır. İyon içeriğinin artması EC değerlerinin artmasına neden olur.

Su örneklerinin EC değerleri incelendiğinde, Mayıs 2015 örnekleme döneminde en düşük değer su kayaç etkileşimi en kısa olan ve mevsimsel yağışlardan daha çok beslenen ö-5 su kuyusunda 158.62 µS/cm, en yüksek değer ise daha uzun hidrolik dolaşım sistemine sahip olan ö-4 su kuyusunda 3625.2 µS/cm olarak ölçülmüştür. Eylül 2015 örnekleme döneminde ise en düşük EC değeri ö-5 su kuyusunda 139.81 µS/cm, en yüksek EC değeri ise ö-22 su kuyusunda 2789.39 µS/cm olarak belirlenmiştir. Mayıs 2015 örnekleme döneminin ortalama EC değerleri 814.08 µS/cm iken bu değer Eylül 2015 örnekleme döneminde 817.54 µS/cm olarak hesaplanmıştır. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği'ne göre inceleme kapsamındaki yeraltı suları EC değerleri açısından genel olarak kullanılabilir ve iyi olarak sınıflandırılmıştır. ö-4, ö-22, ö-33 ve ö-38 numaralı sular Eylül 2015 örnekleme döneminde şüpheli olarak değerlendirilmiş ve üçüncü sınıf sulama suyu olarak sınıflandırılmıştır (Çizelge 4.3).

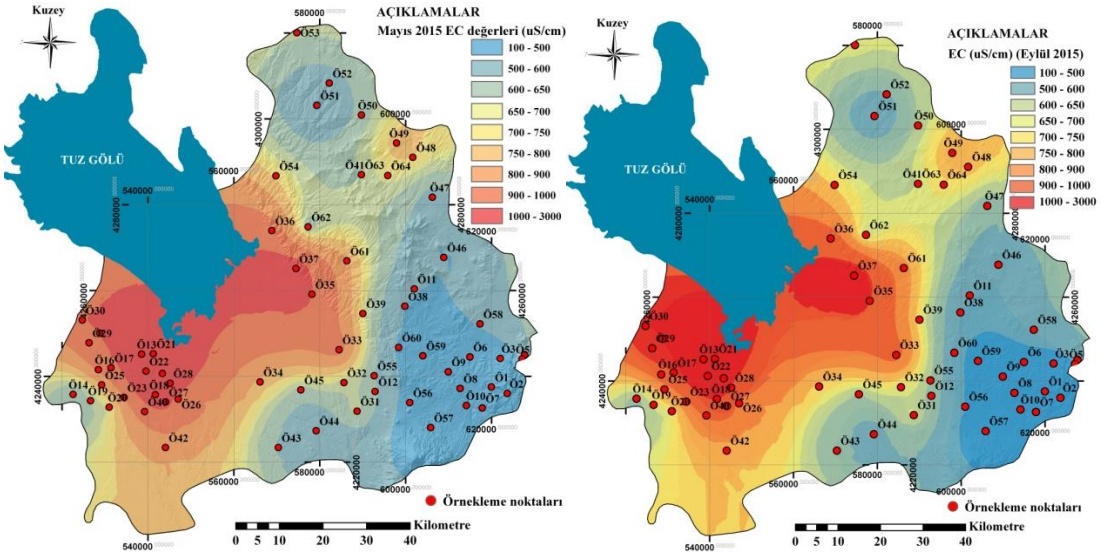
Çizelge 4.3: EC değerlerine göre su örneklerinin kalite sınıflandırması (Güler, 1997)

EC (µS/cm)	Tanımlama	Mayıs	Eylül
0-250	Çok iyi	ö1- ö5- ö10- ö57	ö1- ö2- ö5- ö10- ö57
250-750	İyi	ö2- ö3- ö6- ö7- ö8-ö9-ö11-ö12-ö13-ö14-ö19- ö20-ö25- ö26- ö32- ö34- ö38- ö39- ö43- ö44- ö45- ö46- ö46- ö47- ö50- ö51- ö52- ö53- ö54- ö55- ö56- ö58- ö59-ö60- ö62- ö63- ö64	ö3- ö6- ö7- ö8- ö9 -ö11- ö12- ö13- ö14- ö19 - ö20- ö26- ö32- ö34- ö39- ö40 -ö43- ö44- ö45 - ö46- ö47- ö50 -ö51- ö52- ö54- ö55- ö56- ö58- ö59- ö60- ö62- ö63
750-2000	Kullanılabilir	ö15- ö16- ö17-ö18-ö21- ö-23- ö24- ö27- ö28- ö29- ö30- ö31- ö35- ö36- ö37- ö40- ö41- ö42- ö48- ö49- ö61	ö15- ö16- ö17- ö18- ö21- ö23- ö24- ö25- ö27 - ö28- ö29 -ö30- ö31- ö35- ö36- ö41- ö42- ö48- ö49- ö53- ö61- ö64
2000-3000	Şüpheli		ö4- ö22- ö33- ö38
> 3000	Kullanılmaz	ö4	

EC değerleri arasında gözlenen farklılığın nedeni, suların su - kayaç temas sürelerinin farklı olması veya suların izlediği yol boyunca çözünürlükleri ve iyon içerikleri farklı kayaçlarla temas etmesidir. 37 kuyuda EC değerleri kurak dönemde artış gösterirken 27 kuyuda ise düşme eğilimi göstermiştir. Su örneklerinin yağışlı dönemde daha yüksek EC değerlerine sahip olmaları farklı sularla karışımın bir nedeni veya yağışlardan gecikmeli beslenimin bir sonucu olabilir. Noktasal veya alansal kirleticilerden etkilenerek kirlenmiş başka bir su kaynağının yeraltı sularına karışması da EC değerlerini artıran diğer bir faktördür.

İnceleme alanındaki EC değerlerinin konumsal dağılımı incelendiğinde, bölgenin kuzey, doğu ve güneydoğusunda kalan yeraltı sularının EC değerlerinin daha düşük, Tuzgölü'nün güneyi ve güneydoğusunda kalan bölgede yer alan yeraltı sularının EC değerlerinin ise daha yüksek olduğu görülür (Şekil 4.4). Bunun nedeni EC değerleri

yaklaşık 300000 µS/cm olan Tuzgölü'nün tatlı su akiferlerini etkilemesi olabilir. Geçirimli birimler boyunca akiferlere giriş yapan tuzlu suların yeraltı sularının EC değerlerini yükselttiği söylenebilir.



Şekil 4.4: Mayıs 2015 ve Eylül 2015 örnekleme dönemine ait EC değerlerinin konumsal dağılımı.

4.1.3 Toplam çözünmüş katı madde, TÇKM

Doğal ve atık sulardaki askıda veya çözünmüş haldeki maddeler katı maddeler olarak adlandırılır. Sudaki bulunan yabancı maddeler başlıca üç grupta toplanabilir. Bunlar iyonlaşmamış maddeler, iyonlaşmış maddeler ve mikroorganizmlardır (Doğan, 1981).

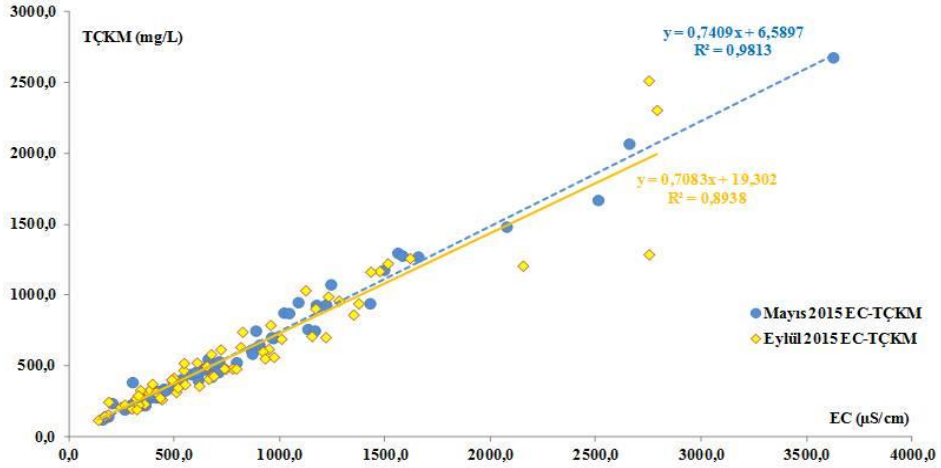
Su örneklerinin TÇKM değerleri incelendiğinde Mayıs 2015 örnekleme döneminde en düşük değer ö-5 su kuyusunda 122.57 mg/L, en yüksek değer ise ö-4 su kuyusunda 2676.5 mg/L olarak ölçülmüştür. Eylül 2015 örnekleme döneminde ise en düşük TÇKM değeri ö-5 su kuyusunda 119.78 mg/L, en yüksek TÇKM değeri ise ö-4 su kuyusunda 2513.44 mg/L olarak belirlenmiştir. Mayıs 2015 örnekleme döneminin ortalama TÇKM değerleri 609.76 mg/L iken bu değer Eylül 2015 örnekleme döneminde 598.37 mg/L olarak hesaplanmıştır.

Fetter (1988) tarafından yapılan sınıflamaya göre Mayıs 2015 örnekleme döneminde ö-4, ö-18, ö-21, ö-22, ö-27, ö-28, ö-30, ö-33, ö-37 numaralı sular ile, Eylül 2015 örnekleme döneminde ö-4, ö-17, ö-21, ö-22, ö-24, ö-29, ö-30, ö-33, ö-37 numaralı sular acı su olarak tanımlanmıştır. Diğer su örnekleri ise tatlı su olarak sınıflandırılmıştır (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4: TÇKM değerlerine göre su örneklerinin kalite sınıflandırması (Fetter, 1988).

Sınıflama	TÇKM (mg/L)	Mayıs	Eylül
Tatlı sular	< 1000	diğer sular	
Acı sular	1000 - 10000	ö-4, ö-18, ö-21, ö-22, ö-27, ö-28, ö-30, ö-33, ö-37	ö-4, ö-17, ö-21, ö-22, ö-24, ö-29, ö-30, ö-33, ö-37
Tuzlu sular	10000 - 30000	-	-
Çok tuzlu sular	> 30000	-	-

Suyun EC değeri sudaki çözünmüş toplam madde (TÇKM) miktarı ile doğru orantılıdır (Şekil 4.5.). Şekil 4.5 incelendiğinde Eylül 2015 örnekleme döneminde korelasyon çizgisi buharlaşmanın etkisi ile EC değerlerine doğru bir sapma gösterdiği gözlenmiştir. Mayıs ve Eylül örnekleme dönemlerine ait regresyon katsayıları sırasıyla 0.98 ve 0.89 olarak hesaplanmıştır. TÇKM suların hidrolik dolaşım süresine, su – kayaç temas süresine, çözünürlük derecesine ve bölgedeki yağış koşullarına bağlıdır.



Şekil 4.5: EC ve TÇKM arasındaki doğrusal ilişkiyi gösterir grafik

4.1.4 Sertlik

Sertlik; sudaki iyonlardan kalsiyum, magnezyum, demir, mangan ve alüminyumun toplu etkisini gösteren bir terimdir. Suyun sertliği, ısıtılma esnasında uğrayacağı değişikliğe göre; geçici sertlik ve kalıcı sertlik şeklinde ikiye ayrılır (Doğan, 1981).

Su örneklerinin toplam sertlik değerleri incelendiğinde Mayıs 2015 örnekleme döneminde en düşük değer ö-5 su kuyusunda 55.31 mg/L, en yüksek değer ise ö-4 su kuyusunda 1091.80 mg/L olarak ölçülmüştür. Eylül 2015 örnekleme döneminde ise en düşük sertlik değeri ö-5 su kuyusunda 82.68 mg/L, en yüksek sertlik değeri ise ö-

4 su kuyusunda 1305.48 mg/L olarak belirlenmiştir. Mayıs 2015 örnekleme döneminin ortalama sertlik değerleri 357.03 mg/L iken bu değer Eylül 2015 örnekleme döneminde 373.43 mg/L olarak hesaplanmıştır.

Doğan (1981) tarafından yapılan sınıflamaya göre Mayıs 2015 ve Eylül 2015 örnekleme dönemlerinde ö-5, ö-8, ö-57, ö-62 numaralı sular orta sertlikte sular, diğer sular ise sert-çok sert su olarak sınıflandırılmıştır. ö-4, ö-18, ö-21, ö-22, ö-27, ö-28, ö-30, ö-33 ve ö-37numaralı sular acı su olarak tanımlanmıştır (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5: Sertlik değerlerine göre su örneklerinin kalite sınıflandırması (Doğan, 1981).

Sertlik ($CaCO_3$ mg/L)	Tanımlama	Mayıs	Eylül
0-75	Yumuşak	ö5	
75-100	Orta sertlikte su	ö62	ö5- ö8- ö57
100-300	Sert su	ö1- ö2- ö3- ö6- ö7- ö8- ö9- ö10 -ö11- ö12- ö13- ö14- ö20- ö26- ö30 -ö31- ö32- ö34- ö38-ö 39- ö39- ö43- ö44- ö45- ö46- ö47- ö51- ö56- ö57- ö59- ö60- ö63	ö1- ö2- ö3- ö6- ö7 -ö9 -ö10- ö11- ö12- ö13- ö14- ö20- ö26- ö31- ö32- ö34- ö38 - ö39- ö43- ö44- ö45- ö46- ö47- ö51- ö56- ö59- ö60- ö62- ö63
>300	Çok sert su	ö4- ö15- ö16- ö17- ö18- ö19-ö21- ö22- ö23- ö24- ö25- ö27- ö28- ö29- ö33- ö35- ö36- ö37- ö40 -ö41- ö42- ö48- ö49- ö50- ö52- ö53- ö54- ö55- ö58- ö61- ö64	ö4- ö15- ö16- ö17- ö18- ö19- ö21- ö22- ö23- ö24- ö25- ö27- ö28- ö29- ö30 -ö33- ö35- ö36- ö37- ö40- ö41- ö42- ö48- ö49- ö50- ö52- ö53- ö54- ö55- ö58- ö61- ö64

4.2 Suların Hidrojeokimyasal özellikleri

Atmosferik sular yağış olarak yer yüzeyine düştükten sonra gerek yüzeysel gerekse yeraltı dolaşım süreleri boyunca temas ettikleri kayaçların bünyesinde bulunan birçok negatif ve pozitif yüklü iyonları çözerek iyon açısından zenginleşirler ve her birisi farklı hidrojeokimyasal özellik kazanırlar. Suyun yeraltındaki dolaşım süresi boyunca kimyasal bileşimi sürekli olarak değişir. Sular kimyasal bileşimlerine göre yer yüzeyinde farklı kullanım alanlarına göre değerlendirilirler. Bir bölgedeki sulardan verimli olarak faydalanabilmek için su kaynaklarının kimyasal bileşimlerinin bilinmesi, sınıflandırılması ve zamansal değişimlerinin izlenmesi önemlidir.

Bu çalışma kapsamında, Mayıs 2015 ve Eylül 2015 dönemlerinde 64 adet su kuyusundan alınan ve su kimyası analizleri gerçekleştirilen su örneklerinin fiziksel ve kimyasal su kalite parametreleri Çizelge 4.6 ve Çizelge 4.7 de verilmiştir.

Çizelge 4.6: İnceleme alanındaki suların Mayıs 2015 örnekleme dönemine ait fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları.

Örnek adı	tür	x	y	T ^0C	pH	EC µS/cm	TÇKM	SRT	Cl^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-	Ca^{2+}	Na^+	Mg^{2+}	K^+	SAR	ESR	MH
											mg/L							
Ö1	kuyu	619970	4237504	16.63	6.91	205.02	236.64	129.64	7.10	13.15	161.16	40.07	11.17	7.21	2.54	0.43	0.19	22.88
Ö2	kuyu	623647	4235997	15.70	7.94	264.16	193.44	109.30	3.23	3.47	151.84	27.97	11.78	9.62	4.23	0.46	0.22	36.19
Ö3	kuyu	622014	4244162	15.54	8.24	393.75	301.35	152.78	6.84	14.71	234.15	46.70	26.12	8.81	15.16	0.92	0.37	23.72
Ö4	sıcaksu	627732	4245071	67.20	7.08	3625.20	2676.50	1091.80	502.65	120.31	1143.74	279.52	299.34	95.98	19.61	3.94	0.60	36.15
Ö5	kuyu	627114	4244061	16.07	7.88	158.62	122.57	55.31	4.43	2.91	84.46	15.87	9.42	3.82	6.34	0.55	0.37	28.41
Ö6	kuyu	614959	4244513	16.63	7.63	300.90	385.56	140.96	18.41	15.24	221.34	43.01	45.52	8.19	2.31	1.67	0.70	23.89
Ö7	kuyu	617838	4232616	13.63	7.44	449.45	338.35	169.38	21.99	14.65	242.40	50.20	42.38	10.73	4.88	1.42	0.54	26.06
Ö8	kuyu	612684	4237171	17.72	7.87	370.80	265.74	151.62	7.23	7.35	202.91	43.03	16.68	10.76	2.93	0.59	0.24	29.19
Ö9	kuyu	609916	4241051	19.91	7.90	416.90	324.50	158.73	14.03	14.32	215.60	44.78	31.19	11.42	3.99	1.08	0.43	29.60
Ö10	kuyu	614146	4233213	17.17	8.15	185.50	143.10	106.11	2.95	5.52	142.04	29.74	9.23	7.73	0.96	0.39	0.19	30.00
Ö11	kuyu	602017	4260383	16.89	7.89	461.44	334.75	209.30	5.54	19.10	239.99	63.32	13.31	12.48	0.47	0.4	0.14	24.53
Ö12	kuyu	592867	4236462	18.68	7.23	696.60	520.56	298.50	39.93	25.75	395.28	65.47	46.74	32.85	5.82	1.18	0.34	45.27
Ö13	kuyu	538526	4245172	17.58	8.18	676.85	424.22	233.40	95.90	65.18	224.35	54.30	83.05	23.80	2.98	2.36	0.77	41.95
Ö14	kuyu	522556	4235808	19.99	8.18	361.09	222.77	176.60	13.58	14.51	252.56	50.86	31.03	12.08	3.90	1.02	0.38	28.14
Ö15	kuyu	543352	4240666	14.86	8.92	1218.59	932.28	507.80	187.99	93.72	781.11	123.54	222.17	48.52	10.22	4.29	0.95	39.30
Ö16	kuyu	528434	4241569	20.62	7.63	1173.29	930.61	487.20	118.20	92.91	460.63	125.96	85.54	42.05	5.42	1.69	0.38	35.50
Ö17	kuyu	531415	4241982	17.60	7.69	1019.40	875.89	468.20	115.81	66.98	450.17	114.95	80.29	44.11	3.65	1.61	0.37	38.75
Ö18	kuyu	541737	4235704	19.80	7.66	1559.87	1296.99	723.70	139.26	116.80	685.22	194.83	100.15	57.77	3.10	1.62	0.30	32.83
Ö19	kuyu	526620	4234300	10.63	8.22	659.79	548.33	437.90	65.56	68.20	467.83	75.48	49.94	60.67	8.42	1.04	0.25	56.99
Ö20	kuyu	530972	4232815	14.81	8.43	417.51	277.78	219.50	25.22	16.03	269.61	65.24	32.61	13.79	3.00	0.96	0.32	25.84
Ö21	kuyu	541219	4245264	16.90	6.87	1656.55	1271.43	591.10	264.78	136.68	1139.51	131.91	396.91	63.68	8.26	6.62	1.36	44.32
Ö22	kuyu	539526	4241226	11.70	6.95	2657.53	2067.98	920.90	346.21	451.20	1971.85	180.42	694.80	114.43	10.28	9.96	1.64	51.12
Ö23	kuyu	534433	4235094	15.75	8.05	886.08	749.10	509.30	68.81	244.56	490.59	142.10	101.14	37.61	1.86	1.95	0.43	30.38
Ö24	kuyu	528762	4250071	14.58	7.97	1043.51	872.91	659.40	127.21	58.54	738.79	191.14	87.25	44.36	5.38	1.48	0.29	27.67
Ö25	kuyu	529229	4238026	13.07	8.46	623.96	463.81	385.70	37.31	28.75	455.57	112.67	44.62	25.42	1.57	0.99	0.25	27.11

Çizelge 4.6 (devam): İnceleme alanındaki suların Mayıs 2015 örnekleme dönemine ait fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları.

Örnek adı	tür	x	y	T ^{0}C	pH	EC µS/cm	TÇKM	SRT	Cl^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-	Ca^{2+}	Na^+	Mg^{2+}	K^+	SAR	ESR	MH
											mg/L							
Ö26	kuyu	547014	4234700	22.54	7.44	577.82	443.21	254.40	30.02	27.68	265.19	85.67	23.90	9.89	0.71	0.65	0.20	15.99
Ö27	kuyu	544112	4234031	18.71	7.35	1581.37	1278.36	735.20	116.06	107.59	713.07	186.40	84.48	65.67	5.07	1.36	0.25	36.74
Ö28	kuyu	545134	4238387	17.26	7.31	1494.90	1178.20	591.90	168.53	157.42	518.95	143.05	124.74	57.13	8.57	2.23	0.46	39.70
Ö29	kuyu	526295	4247824	13.13	8.04	1087.14	950.01	686.00	116.74	192.21	825.80	99.84	134.88	106.21	8.33	2.24	0.43	63.69
Ö30	kuyu	524731	4253124	16.37	7.54	1242.46	1075.53	152.80	165.29	92.25	513.15	144.46	105.06	51.04	4.28	1.91	0.40	36.81
Ö31	kuyu	588686	4231866	20.64	6.43	1132.80	760.32	295.68	267.36	10.66	395.04	53.00	202.21	39.32	16.83	5.13	1.50	55.02
Ö32	kuyu	585644	4238534	17.86	7.01	492.56	345.92	239.70	54.05	40.23	219.58	48.46	42.57	24.83	5.01	1.24	0.42	45.79
Ö33	kuyu	584485	4246220	18.43	5.89	2075.80	1482.16	776.00	391.40	22.21	708.31	90.86	289.41	32.55	36.40	6.63	1.75	37.13
Ö34	kuyu	566102	4238698	20.50	7.62	694.07	480.76	288.86	101.51	31.11	182.61	33.73	51.52	34.35	5.86	1.49	0.50	62.67
Ö35	kuyu	578190	4259116	24.00	7.19	1165.96	749.84	391.40	166.35	19.98	593.07	65.34	153.87	36.28	19.44	3.79	1.07	47.79
Ö36	kuyu	568827	4273975	20.24	6.99	1427.84	942.08	434.24	248.22	134.87	300.01	61.75	207.99	32.45	6.71	5.34	1.57	46.42
Ö37	kuyu	574457	4265138	23.21	6.70	2510.08	1670.56	703.84	252.45	467.14	922.62	83.61	505.07	27.58	12.89	12.24	3.41	35.23
Ö38	kuyu	599801	4256359	18.05	7.24	396.67	280.32	236.16	17.76	8.26	239.14	53.70	18.93	15.95	0.70	0.58	0.21	32.87
Ö39	kuyu	590036	4254609	20.93	6.82	612.31	401.76	265.98	21.86	102.21	327.92	50.57	65.51	23.92	2.29	1.9	0.63	43.82
Ö40	kuyu	539232	4231803	19.24	7.30	902.72	648.96	468.00	122.20	30.47	466.96	73.85	79.76	41.45	3.78	1.84	0.49	48.06
Ö41	kuyu	589714	4286999	20.84	7.67	864.00	613.44	466.56	103.14	42.46	490.15	70.90	75.98	44.05	4.92	1.75	0.46	50.60
Ö42	kuyu	544074	4223399	21.02	6.81	794.88	526.08	393.60	54.78	29.76	439.20	59.24	61.53	34.07	2.89	1.58	0.46	48.67
Ö43	kuyu	570342	4223400	18.62	7.35	496.28	345.80	210.90	41.33	45.98	214.42	46.96	48.03	17.79	2.83	1.51	0.55	38.50
Ö44	kuyu	579148	4227323	16.20	7.18	321.05	236.60	180.18	15.93	17.38	172.08	39.68	19.21	9.28	1.45	0.71	0.30	27.83
Ö45	kuyu	575603	4236830	16.46	6.74	454.43	327.36	255.20	43.56	53.50	155.67	47.37	24.48	24.42	0.91	0.72	0.24	45.94
Ö46	kuyu	608867	4267707	15.36	7.25	379.39	288.00	237.12	12.00	30.14	242.40	50.46	16.78	18.07	3.23	0.52	0.18	37.12
Ö47	kuyu	606217	4281726	19.05	8.14	410.45	299.60	216.14	12.31	26.00	228.45	35.74	22.54	17.79	2.31	0.77	0.30	45.07
Ö48	kuyu	601671	4291038	22.15	7.56	869.44	586.56	410.18	51.48	165.26	343.05	71.69	80.77	28.23	1.65	2.05	0.60	39.37
Ö49	kuyu	597878	4294383	19.47	7.30	968.20	696.28	527.98	94.25	25.13	449.09	79.62	76.10	33.23	4.38	1.81	0.49	40.76
Ö50	kuyu	589697	4300909	17.28	7.67	602.50	457.92	385.84	27.03	41.98	350.50	69.29	32.30	26.44	1.37	0.84	0.25	38.62

Çizelge 4.6 (devam): İnceleme alanındaki suların Mayıs 2015 örnekleme dönemine ait fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları.

Örnek adı	tür	x	y	T ^{0}C	pH	EC µS/cm	TÇKM	SRT	Cl^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-	Ca^{2+}	Na^+	Mg^{2+}	K^+	SAR	ESR	MH
											mg/L							
Ö51	kuyu	579332	4303153	18.62	7.16	292.99	207.36	176.64	14.40	11.62	206.11	47.47	11.16	9.84	0.70	0.39	0.15	25.47
Ö52	kuyu	582205	4308327	14.95	6.62	533.92	406.08	354.38	30.55	48.50	238.31	63.75	24.54	22.78	1.09	0.67	0.21	37.07
Ö53	kuyu	574653	4320079	18.23	7.57	692.16	510.88	391.40	52.02	87.55	319.20	65.30	42.30	31.55	2.57	1.08	0.31	44.34
Ö54	kuyu	569788	4286724	21.34	7.24	708.77	456.32	358.80	49.22	59.52	398.45	50.10	39.57	52.55	15.75	0.93	0.25	63.36
Ö55	kuyu	592665	4240152	18.82	6.63	525.28	372.40	329.28	24.99	21.27	318.46	59.63	34.48	24.40	4.00	0.95	0.30	40.29
Ö56	kuyu	600949	4233887	14.02	6.32	493.82	391.68	289.92	39.84	30.43	298.66	55.83	38.16	23.44	10.13	1.08	0.35	40.91
Ö57	kuyu	605822	4228067	13.10	7.55	175.14	145.60	101.92	26.52	15.70	185.73	41.14	20.10	11.53	2.03	0.71	0.29	31.60
Ö58	kuyu	617318	4252204	16.78	7.18	642.92	481.12	397.70	42.20	41.32	441.53	57.72	48.02	41.54	6.95	1.18	0.33	54.27
Ö59	kuyu	603985	4244801	21.98	7.38	339.84	222.72	197.76	22.56	20.35	193.25	47.32	16.28	15.95	1.91	0.52	0.19	35.72
Ö60	kuyu	598364	4246741	14.97	6.60	389.48	297.60	265.98	7.91	25.95	283.65	53.80	21.12	20.80	4.62	0.62	0.21	38.93
Ö61	kuyu	586327	4266929	16.34	6.92	961.40	703.00	440.80	116.38	145.45	503.03	61.51	130.80	54.78	12.74	2.92	0.75	59.49
Ö62	kuyu	577278	4274837	13.97	6.83	294.41	227.84	80.99	17.80	8.37	178.09	45.46	9.80	9.46	0.52	0.35	0.14	25.54
Ö63	kuyu	589714	4286999	15.74	7.14	301.44	226.56	192.00	9.60	11.52	190.11	46.81	9.39	7.50	0.85	0.34	0.14	20.90
Ö64	kuyu	595833	4286802	17.58	7.29	712.19	532.48	374.40	52.00	77.79	378.42	67.76	49.70	35.17	3.90	1.22	0.34	46.11

HCO_3^-: Bikarbonat, SO_4^{2-}: Sülfat, Cl^-: Klorür, Ca^{2+}: Kalsiyum, Na^+: Sodyum, Mg^{2+}: Magnezyum, K^+: Potasyum, SAR: Sodyum absorbsiyon oranı, ESR: Değişebilir sodyum oranı, MH: Magnezyum tehlikesi, SRT: ; Toplam sertlik, TÇKM: Toplam çözünmüş katı madde, EC: Elektriksel iletkenlik

Çizelge 4.7: İnceleme alanındaki suların Eylül 2015 örnekleme dönemine ait fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları.

Örnek adı	tür	x	y	T ^{0}C	pH	EC µS/cm	TÇKM	SRT	Cl^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-	Ca^{2+}	Na^+	Mg^{2+}	K^+	SAR	ESR	MH
											mg/L							
Ö1	kuyu	619970	4237504	15.70	7.02	244.40	211.50	127.84	9.08	6.35	141.24	36.92	5.28	8.69	2.13	0.20	0.09	27.96
Ö2	kuyu	623647	4235997	16.46	7.45	185.74	157.56	119.18	5.30	3.13	152.68	27.52	5.39	12.27	1.97	0.22	0.1	45.21
Ö3	kuyu	622014	4244162	15.97	7.59	334.75	287.37	156.56	7.07	5.19	211.12	46.24	12.42	10.01	7.16	0.43	0.17	26.3
Ö4	sıcaksu	627732	4245071	59.52	6.15	2750.80	2513.44	1305.48	539.88	351.99	1249.18	353.99	253.09	102.86	42.69	3.05	0.42	32.39
Ö5	kuyu	627114	4244061	17.28	7.85	139.81	119.78	82.68	12.25	2.99	82.14	18.70	4.79	8.76	3.22	0.23	0.13	43.58
Ö6	kuyu	614959	4244513	17.37	7.96	497.12	417.04	160.16	19.22	20.92	220.18	44.18	30.45	12.14	8.88	1.05	0.41	31.18
Ö7	kuyu	617838	4232616	12.30	7.10	372.48	317.76	141.12	16.59	8.38	190.83	34.63	12.05	13.45	4.60	0.44	0.18	39.04
Ö8	kuyu	612684	4237171	16.55	6.71	264.12	226.92	83.14	7.77	2.75	140.98	24.60	14.41	9.29	0.71	0.63	0.31	38.37
Ö9	kuyu	609916	4241051	19.45	7.37	318.24	273.52	143.52	15.24	19.27	220.45	30.01	23.66	16.68	11.02	2.85	0.71	56.28
Ö10	kuyu	614146	4233213	18.87	7.65	168.54	146.28	156.88	20.40	10.96	150.18	41.64	7.81	12.88	4.20	0.27	0.11	33.77
Ö11	kuyu	602017	4260383	17.04	7.44	383.52	331.50	175.40	5.07	18.97	245.51	44.64	18.64	15.56	0.31	0.61	0.23	36.5
Ö12	kuyu	592867	4236462	16.80	7.12	606.96	523.80	299.70	41.32	23.54	419.58	73.64	53.84	28.20	3.06	1.35	0.39	38.7
Ö13	kuyu	538526	4245172	16.70	7.86	674.53	428.36	247.20	99.14	73.45	231.94	51.19	69.62	29.04	3.35	1.93	0.61	48.33
Ö14	kuyu	522556	4235808	18.19	6.69	328.59	213.49	167.80	15.25	12.59	240.57	48.27	29.56	11.51	3.71	0.99	0.38	28.22
Ö15	kuyu	543352	4240666	13.00	6.72	956.18	788.92	433.70	159.92	65.98	612.91	91.12	194.52	50.17	8.32	4.06	0.98	47.58
Ö16	kuyu	528434	4241569	18.64	7.21	1170.10	905.47	474.60	130.00	76.20	442.20	117.84	89.29	43.90	6.17	1.78	0.41	38.05
Ö17	kuyu	531415	4241982	17.90	7.91	1122.22	1033.62	532.50	135.83	85.45	528.00	132.29	98.34	49.21	4.95	1.85	0.4	38.02
Ö18	kuyu	541737	4235704	17.47	7.62	1280.50	960.96	672.40	164.76	88.04	712.62	192.91	116.58	46.45	3.67	1.96	0.38	28.42
Ö19	kuyu	526620	4234300	14.58	8.49	719.95	616.76	491.70	74.88	60.51	558.20	86.20	61.11	67.26	9.61	1.20	0.27	56.26
Ö20	kuyu	530972	4232815	13.81	7.78	412.37	315.07	265.10	24.21	15.39	308.59	72.27	29.56	20.62	3.41	0.79	0.24	31.99
Ö21	kuyu	541219	4245264	14.36	6.45	1617.63	1260.73	628.60	270.64	152.17	956.74	135.06	341.03	70.90	8.82	5.92	1.18	46.39
Ö22	kuyu	539526	4241226	13.08	6.93	2789.39	2305.45	1035.20	387.16	460.31	1837.58	202.08	783.81	129.09	9.49	10.60	1.65	51.3
Ö23	kuyu	534433	4235094	14.65	7.17	822.88	740.69	517.20	69.87	256.83	370.44	140.64	81.25	40.42	1.89	1.55	0.34	32.15
Ö24	kuyu	528762	4250071	14.55	7.50	1512.64	1222.94	656.30	131.89	62.19	717.25	208.12	65.52	33.31	4.59	1.11	0.22	20.88
Ö25	kuyu	529229	4238026	14.44	7.79	814.26	633.02	356.20	45.90	30.55	388.05	106.82	38.26	21.79	1.76	0.88	0.23	25.17

Çizelge 4.7 (devam): İnceleme alanındaki suların Eylül 2015 örnekleme dönemine ait fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları.

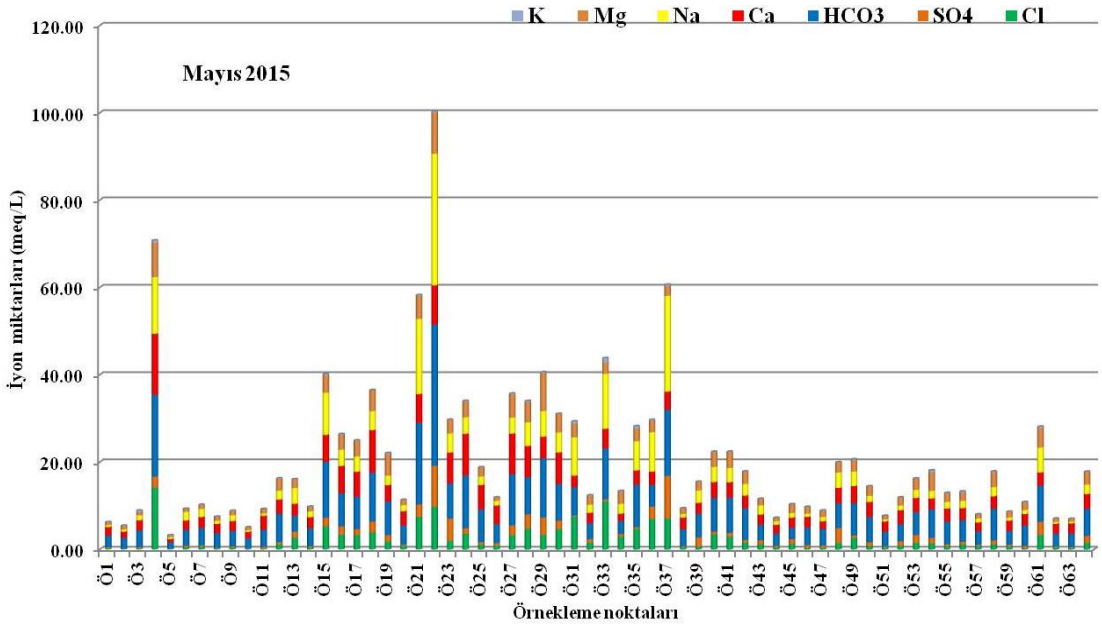
Örnek adı	tür	x	y	T ^{0}C	pH	EC µS/cm	TÇKM	SRT	Cl^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-	Ca^{2+}	Na^+	Mg^{2+}	K^+	SAR	ESR	MH
											mg/L							
Ö26	kuyu	547014	4234700	19.42	7.58	508.37	316.16	250.60	35.38	29.61	270.55	78.94	26.52	13.03	0.91	0.73	0.23	21.39
Ö27	kuyu	544112	4234031	16.27	7.61	1374.06	941.60	726.00	119.55	110.82	805.77	165.38	98.00	76.17	5.22	1.58	0.29	43.16
Ö28	kuyu	545134	4238387	14.28	7.14	1230.14	990.18	638.60	177.90	181.14	602.09	134.15	144.72	73.88	8.23	2.49	0.49	47.59
Ö29	kuyu	526295	4247824	14.51	8.49	1473.38	1169.35	823.50	148.66	213.66	917.94	118.40	192.14	128.38	7.38	2.91	0.51	64.13
Ö30	kuyu	524731	4253124	15.19	7.11	1431.08	1164.86	575.70	192.57	107.48	550.02	136.61	117.51	57.09	3.67	2.13	0.44	40.79
Ö31	kuyu	588686	4231866	18.98	6.43	1151.68	710.70	293.12	252.93	9.70	387.39	52.63	183.03	35.86	15.32	4.77	1.43	52.9
Ö32	kuyu	585644	4238534	16.86	7.03	544.26	470.00	240.95	64.64	42.20	231.69	53.51	45.47	27.04	5.52	1.26	0.4	45.45
Ö33	kuyu	584485	4246220	16.68	5.91	2154.05	1207.40	740.21	369.28	71.37	869.52	118.43	315.80	47.36	35.53	6.20	1.4	39.73
Ö34	kuyu	566102	4238698	18.31	7.76	653.54	500.10	258.56	93.43	59.46	200.48	47.09	63.98	29.43	6.22	1.80	0.58	50.75
Ö35	kuyu	578190	4259116	21.66	7.24	1217.80	702.70	403.07	172.18	47.32	601.91	78.77	167.12	37.60	18.54	3.88	1.03	44.04
Ö36	kuyu	568827	4273975	18.49	6.89	1349.64	862.30	466.13	276.34	113.57	412.74	69.20	165.73	57.16	6.61	3.57	0.88	57.66
Ö37	kuyu	574457	4265138	23.04	6.74	2751.76	1287.60	844.47	339.13	325.23	1256.13	108.28	518.43	65.30	11.15	9.72	2.09	49.86
Ö38	kuyu	599801	4256359	15.97	7.15	394.94	374.50	234.88	22.46	16.76	239.24	60.45	19.28	15.97	0.67	0.57	0.19	30.34
Ö39	kuyu	590036	4254609	18.10	6.90	617.64	360.50	269.08	28.02	87.44	332.66	58.53	68.63	23.82	2.22	1.91	0.61	40.15
Ö40	kuyu	539232	4231803	17.65	7.30	947.44	620.40	413.92	141.72	60.82	414.77	90.51	83.40	41.15	3.69	1.83	0.46	42.84
Ö41	kuyu	589714	4286999	19.30	7.69	919.80	601.40	370.80	114.01	71.48	444.12	88.94	76.50	45.29	4.87	1.65	0.41	45.64
Ö42	kuyu	544074	4223399	16.61	6.87	744.00	480.20	323.84	95.81	49.19	387.59	71.91	63.25	34.65	2.93	1.53	0.43	44.27
Ö43	kuyu	570342	4223400	16.91	7.35	516.61	348.00	213.43	52.60	69.90	220.48	45.70	57.55	27.27	2.90	1.66	0.55	49.59
Ö44	kuyu	579148	4227323	14.80	7.17	338.46	329.80	188.67	28.54	19.07	199.13	38.60	20.44	22.52	1.50	0.65	0.24	49.03
Ö45	kuyu	575603	4236830	14.78	6.74	486.76	404.30	259.31	57.76	66.47	172.21	54.26	25.81	26.89	0.94	0.72	0.23	44.97
Ö46	kuyu	608867	4267707	15.49	6.94	358.14	233.40	216.64	18.08	21.73	223.39	53.21	14.59	16.64	2.02	0.45	0.16	34.02
Ö47	kuyu	606217	4281726	19.01	8.10	440.70	264.20	222.56	25.07	24.62	237.06	54.64	29.18	17.81	2.54	0.88	0.3	34.96
Ö48	kuyu	601671	4291038	22.05	7.54	929.76	553.50	420.30	58.10	197.73	361.19	93.08	82.94	30.03	1.71	1.91	0.51	34.72
Ö49	kuyu	597878	4294383	18.30	7.34	971.98	563.50	520.01	105.58	42.34	428.96	100.48	70.33	33.52	4.56	1.55	0.39	35.48
Ö50	kuyu	589697	4300909	17.56	7.64	662.99	409.70	386.55	37.42	63.47	343.60	82.67	37.24	29.78	1.47	0.89	0.25	37.26

Çizelge 4.7: İnceleme alanındaki suların Eylül 2015 örnekleme dönemine ait fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları (devam ediyor)

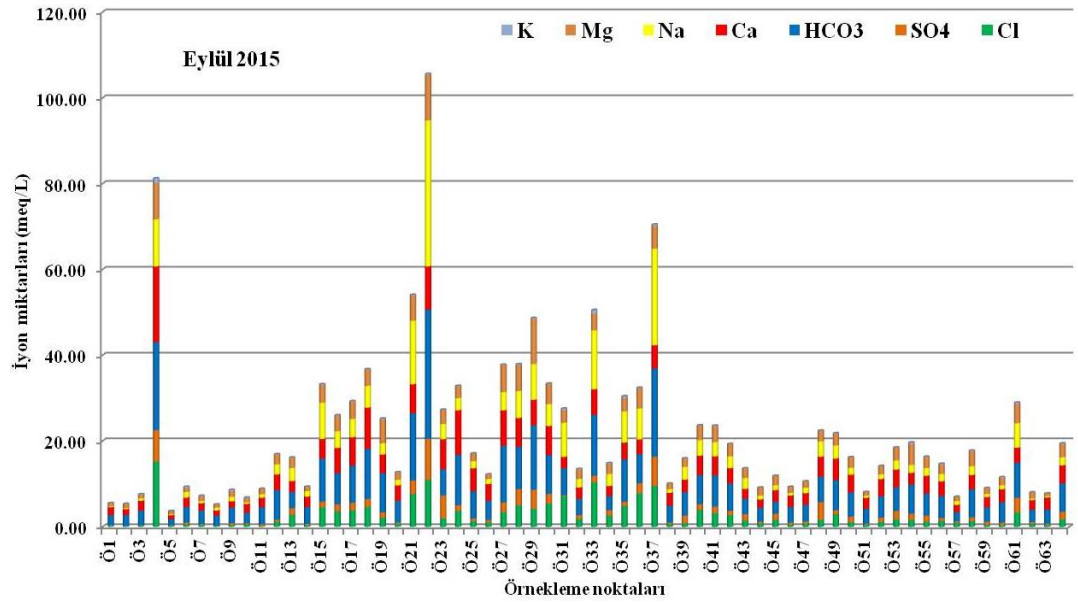
Örnek adı	tür	x	y	T ^{0}C	pH	EC µS/cm	TÇKM	SRT	Cl^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-	Ca^{2+}	Na^+	Mg^{2+}	K^+	SAR	ESR	MH
											mg/L							
Ö51	kuyu	579332	4303153	16.80	7.15	297.66	198.90	181.76	17.02	11.05	211.28	51.69	11.37	10.54	0.74	0.38	0.14	25.16
Ö52	kuyu	582205	4308327	14.13	6.67	545.51	521.20	348.11	40.14	49.07	300.77	81.01	25.23	23.86	1.12	0.63	0.18	32.69
Ö53	kuyu	574653	4320079	19.12	7.53	775.59	482.40	403.07	61.08	94.94	334.51	83.39	48.37	36.37	2.91	1.11	0.29	41.83
Ö54	kuyu	569788	4286724	18.92	7.15	736.43	482.90	380.88	57.62	69.24	413.42	54.90	42.17	58.90	15.74	0.94	0.24	63.88
Ö55	kuyu	592665	4240152	17.84	6.62	674.24	583.10	375.67	41.65	69.01	311.89	83.37	41.61	30.73	4.92	0.99	0.27	37.8
Ö56	kuyu	600949	4233887	13.31	6.29	550.53	370.80	298.88	48.61	32.11	313.65	68.43	39.52	25.51	11.29	1.04	0.31	38.07
Ö57	kuyu	605822	4228067	12.27	7.47	187.72	247.10	97.07	35.12	15.31	128.40	33.98	20.01	11.99	2.30	0.75	0.32	36.78
Ö58	kuyu	617318	4252204	16.81	7.20	685.73	429.20	388.00	47.47	40.49	401.45	66.31	46.96	42.34	7.13	1.11	0.3	51.28
Ö59	kuyu	603985	4244801	17.28	7.36	330.24	226.50	192.00	18.02	32.20	203.91	48.42	16.32	16.45	2.12	0.52	0.19	35.9
Ö60	kuyu	598364	4246741	15.13	6.62	431.77	276.00	261.02	14.48	26.53	292.50	60.23	20.99	21.63	5.13	0.59	0.19	37.19
Ö61	kuyu	586327	4266929	15.07	6.96	1007.63	691.40	444.60	119.38	164.17	496.48	70.46	131.25	55.02	12.43	2.85	0.71	56.28
Ö62	kuyu	577278	4274837	13.38	6.75	328.35	292.10	155.16	24.15	19.13	178.25	44.40	7.71	18.11	0.34	0.25	0.09	40.21
Ö63	kuyu	589714	4286999	15.26	7.10	321.28	194.70	206.72	16.10	11.25	202.89	56.11	8.22	7.36	0.56	0.27	0.1	17.78
Ö64	kuyu	595833	4286802	16.81	7.27	793.10	481.20	435.41	61.85	84.16	407.03	83.42	43.99	37.96	3.81	1.00	0.26	42.86

Kısaltmalar Çizelge 4.6 daki gibidir.

Söz konusu sulara ait Mayıs 2015 örnekleme dönemindeki bazı kimyasal parametrelerin değerleri; Cl^- 2.95 - 502.65, SO_4^{-2} 2.91 - 467.14, HCO_3^- 84.46-1971.85, Ca^{+2} 15.87 - 279.52, Na^+ 9.23 - 694.80, Mg^{+2} 3.82 - 114.43, K^+ 0.47 - 36.40 mg/L arasında değişmiştir (Şekil 4.6). Eylül 2015 örnekleme dönemindeki değerleri ise; Cl^- 5.07 - 539.88, SO_4^{-2} 2.75 - 460.31, HCO_3^- 82.14 - 1837.58, Ca^{+2} 18.70 - 353.99, Na^+ 4.79 -783.81, Mg^{+2} 7.36 - 129.09, K^+ 0.31 - 42.69 arasında değişmiştir (Şekil 4.7).

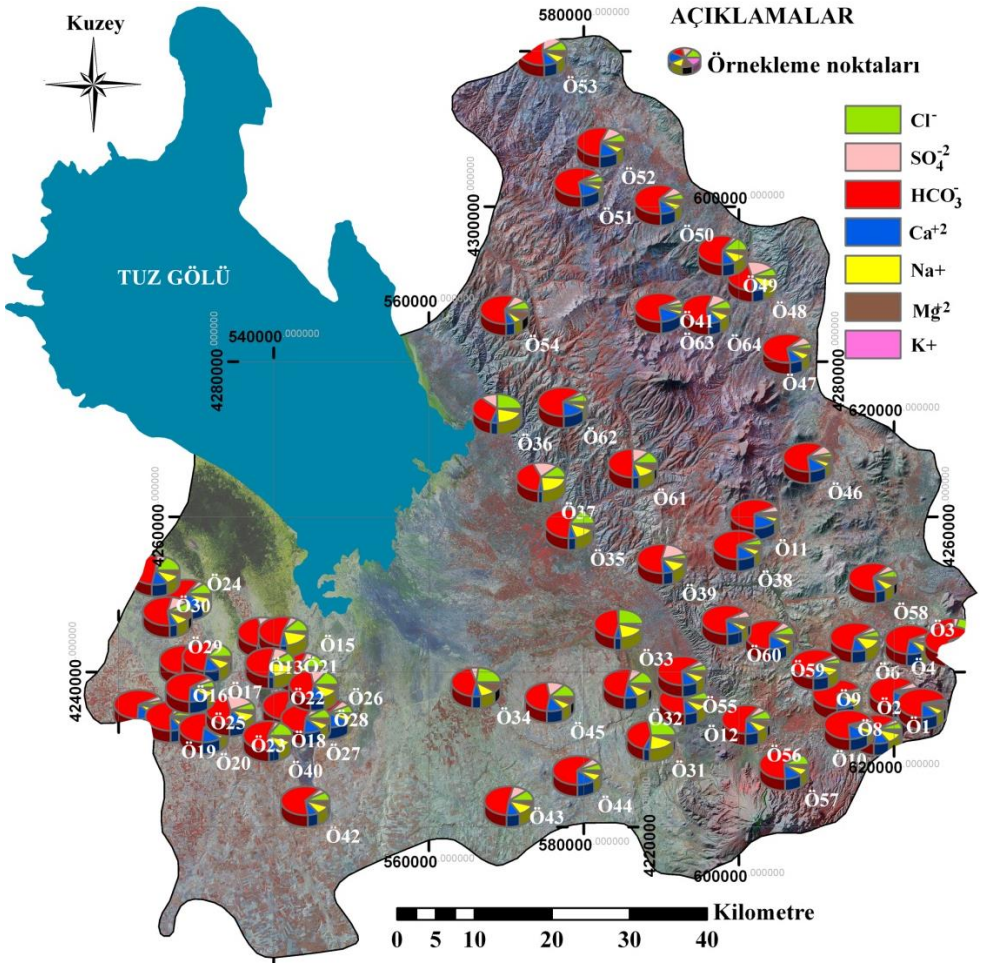


Şekil 4.6: Mayıs 2015 örnekleme dönemine ait suların iyon değişimleri.



Şekil 4.7: Mayıs 2015 örnekleme dönemine ait suların iyon değişimleri.

Su örneklerinin analiz sonuçları incelendiğinde Mayıs 2015 ve Eylül 2015 örnekleme dönemlerinde genel olarak hakim katyonun Ca^{+2}, hakim anyonun ise HCO_3^- olduğu gözlenmiştir (Şekil 4.8). Her iki örnekleme döneminde ö-31 ve ö-36 numaralı sularda hakim katyon Na^+ iken hakim anyon Cl^- şeklinde gelişmiştir. Na^+, ö-13, ö-15, ö-21, ö-22, ö-33, ö-35, ö-37 ve ö-39 numaralı sularda her iki örnekleme döneminde de hakim katyon durumunda iken ö-19, ö-29, ö-54, ö-58 numaralı sularda ise örnekleme dönemleri boyunca hakim katyon Mg^{+2} olarak gözlenmiştir.



Şekil 4.8: Örnekleme noktalarında gözlenen iyon dağılımları.

Mayıs 2015 örnekleme döneminde ö-43 numaralı kuyuda hakim katyon Ca^{+2} iken Eylül 2015 örnekleme döneminde hakim katyon Na^+ şeklinde gözlenmiştir. Benzer şekilde Mayıs 2015 örnekleme döneminde ö-34 ve ö-61 numaralı sularda hakim katyon Mg^{+2} iken Eylül 2015 örnekleme döneminde hakim katyon Na^+ olarak belirlenmiştir. Ö-41 numaralı su örneğinde yağışlı dönemde hakim katyon Mg^{+2} iken kurak dönemde hakim katyon Ca^{+2}'a dönüşmüştür. İyon sıralamalarında gözlemlenen değişimlerin nedenleri mevsimsel gelişen yağışlar, yeraltı sularının dolaşım süresinin

uzaması veya suların zengin sodyum içeren kayaçlarla teması sonucu iyon değişimi olabilir. Hidrolik sistemdeki farklı akiferlerin sularının birbirleriyle olan etkileşimi de zamansal iyon değişimini açıklayan diğer bir faktördür.

İnceleme kapsamındaki yeraltı suları hidrojeokimyasal açıdan dört farklı su fasiyesi özelliği gösterir. ö-13, ö-15, ö-21, ö-22, - ö35, ö-37 ve ö-39 numaralı sular yağışlı ve kurak dönemlerde Na-HCO_3 fasiyes özelliğine sahipken, ö-19, ö-29, ö-54 ve ö-58 numaralı su örnekleri ise Mg-HCO_3 fasiyes özelliği gösterirler. Na-Cl su fasiyesi ise her iki örnekleme döneminde sadece ö-31 ve ö-36 numaralı sularda gözlenir. Diğer su örnekleri ise Ca-HCO_3 su fasiyesi özelliğine sahiptir.

Örnekleme dönemleri boyunca su fasiyes tipleri genel olarak aynı kalmıştır. Kurak dönemde Ca^{+2} ve Na^{+} iyonları daha fazla çözünmüş ve baskın konuma geçmişlerdir. Yağışlı dönemde ö-34 ve ö-61 numaralı sularda Mg-HCO_3 şeklinde gözlemlenen su tipi kurak dönemde Na-HCO_3, ö-41 numaralı su örneğinin yağışlı dönemde dönemde Mg-HCO_3 şeklinde gözlemlenen su tipi kurak dönemde Ca-HCO_3 su tipine, ö-43 numaralı su örneğinin yağışlı dönemde Ca-HCO_3 şeklinde gözlemlenen su tipi kurak dönemde Na-HCO_3 su tipine dönüşmüştür (Çizelge 4.8).

Sular sınıflandırılırken çözünmüş iyon miktarları dikkate alınır. Uluslararası Hidrojeologlar Birliği (IAH) Sınıflaması (1979)'a göre oranı %20 meq/L'den fazla olan iyonlar en büyük orana sahip olandan en küçük orana sahip olana doğru sıralanarak sınıflamaya katılır.

Mayıs 2015 örnekleme döneminde ö-3, ö-23, ö-48 ve ö-60 numaralı suların iyon bolluk (meq/l) dizilimleri Ca^{+2}>(Na^{+}+K^{+})>Mg^{+2}/ HCO_3^{-}>SO_4^{-2}>Cl^{-};' ö-4, ö-5, ö-6, ö-9, ö-14, ö-16, ö-20, ö-24, ö-26, ö-28, ö-30, ö-40, ö-43, ö-44, ö-49 ve ö-57 numaralı suların iyon dizilimleri Ca^{+2}>(Na^{+}+K^{+})>Mg^{+2}/ HCO_3^{-}>Cl^{-}>SO_4^{-2}; ö-13, ö-15, ö-21, ö-35 numaralı suların iyon dizilimleri (Na^{+}+K^{+})>Ca^{+2}>Mg^{+2}/ HCO_3^{-}>Cl^{-}>SO_4^{-2}, ö-19, ö-41, ö-54, ö-58 numaralı suların iyon dizilimleri ise Mg^{+2}>Ca^{+2}>(Na^{+}+K^{+}) / HCO_3^{-}>Cl^{-}>SO_4^{-2} şeklinde gelişmiştir. Diğer sulardaki iyon dizilimleri ise Ca^{+2}>Mg^{+2}>(Na^{+}+K^{+}) / HCO_3^{-}>Cl^{-}>SO_4^{-2} şeklinde gözlenir. Söz konusu suların iyon dizilimleri yağış ve kurak dönemler boyunca genelde aynı kalmıştır. ö-34 ve ö-61 numaralı suların iyon dizilimleri kurak dönemde (Na^{+}+K^{+})>Mg^{+2}>Ca^{+2} / HCO_3^{-}>Cl^{-}>SO_4^{-2} şekline dönmüştür. ö-43 numaralı su örneğinin kurak dönemdeki iyon dizilimi ise (Na^{+}+K^{+})> Ca^{+2}>Mg^{+2} / HCO_3^{-}>Cl^{-}>SO_4^{-2} şeklinde değişmiştir.

Çizelge 4.8: Mayıs 2015 ve Eylül 2015 örnekleme dönemlerine ait iyon dizilimleri ve su tipleri.

İyon dizilimi	Su tipi	Mayıs	Eylül
$Ca^{+2} > Mg^{+2} > Na^{+}+K^{+} / HCO_3^{-} > SO_4^{-2} > Cl^{-}$	**$CaHCO_3$**	ö1- ö10- ö11- ö46- ö47- ö50- ö52- ö53- ö64	ö11- ö48- ö50- ö53- ö55- ö59- ö60- ö64
$Ca^{+2} > Mg^{+2} > Na^{+}+K^{+} / HCO_3^{-} > Cl^{-} > SO_4^{-2}$		ö2- ö7- ö8- ö12- ö17- ö18- ö25- ö27- ö32- ö38- ö42- ö45- ö51- ö55- ö56- ö59- ö62- ö63	ö1- ö2- ö3- ö5- ö7- ö8 -ö8- ö9- ö10- ö20- ö25- ö27- ö32- ö38- **ö41**- ö42- ö44- ö45- ö46-ö47-ö51- ö52- ö56- ö57- ö62- ö63
$Ca^{+2} > Na^{+}+K^{+} > Mg^{+2} / HCO_3^{-} > SO4^{-2} > Cl^{-}$		ö3-ö23- ö48- ö60	ö23
$Ca^{+2} > Na^{+}+K^{+} > Mg^{+2} / HCO_3^{-} > Cl^{-} > SO_4^{-2}$		ö4- ö5- ö6 -ö9-ö14-ö16-ö20-ö24-ö26- ö28- ö30- ö40- **ö43**- ö44- ö49- ö57	ö4- ö6- ö12- ö14- ö16- ö17- ö18- ö24- ö26- ö28- ö30- ö40- ö49
$Na^{+}+K^{+} > Ca^{+2} > Mg^{+2} / HCO_3^{-} > Cl^{-} > SO_4^{-2}$	**$NaHCO_3$**	ö13- ö15- ö21- ö35	ö13- ö15- ö21- ö33- ö35- ö37- **ö43**
$Na^{+}+K^{+} > Mg^{+2} > Ca^{+2} / HCO_3^{-} > Cl^{-} > SO_4^{-2}$		ö22	ö22- **ö34**
$Na^{+}+K^{+} > Mg^{+2} > Ca^{+2} / HCO_3^{-} > SO_4^{-2} > Cl^{-}$			**ö61**
$Na^{+}+K^{+} > Ca^{+2} > Mg^{+2} / HCO_3^{-} > SO_4^{-2} > Cl^{-}$		ö33- ö37- ö39	ö39
$Na^{+}+K^{+} > Mg^{+2} > Ca^{+2} / Cl^{-} > HCO_3^{-} > SO_4^{-2}$	**NaCl**	ö31	ö31- ö36
$Na^{+}+K^{+} > Ca^{+2} > Mg^{+2} / Cl^{-} > HCO_3^{-} > SO_4^{-2}$		ö36	-
$Mg^{+2} > Ca^{+2} > Na^{+}+K^{+} / HCO_3^{-} > Cl^{-} > SO_4^{-2}$	**$MgHCO_3$**	ö19-**ö41**- ö54- ö58	ö19- ö54- ö58
$Mg^{+2} > Na^{+}+K^{+} > Ca^{+2} / HCO_3^{-} > SO_4^{-2} > Cl^{-}$		ö29	ö29
$Mg^{+2} > Na^{+}+K^{+} > Ca^{+2} / HCO_3^{-} > Cl^{-} > SO_4^{-2}$		**ö34- ö61**	-

İnceleme alanındaki sularda gözlenen Na^+ iyonunun kaynağı olarak evaporitik kayaçlarla olan su kayaç etkileşimi, Tuzgölü'nden beslenim veya bölgede yaygın olarak gözlenen granit, tüf ve kiltaşları ile etkileşim sırasındaki Na^+ ile Ca^{+2} arasında gerçekleşen iyon değişimi gösterilebilir. Na^+ inceleme alanının güneyinde geniş yayılım gösteren tüf, ignimbirit gibi Hasandağı volkanizması ürünlerindeki plajiyoklazların bozulması sonucu da zenginleşmiş olabilir (Afşin vd., 2007).

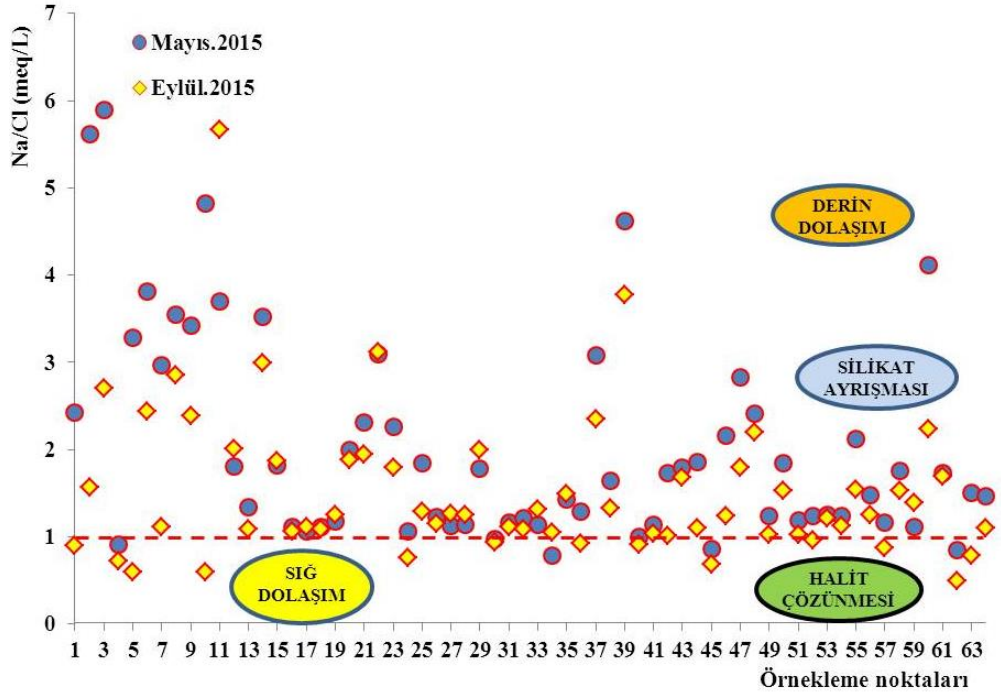
Yeraltı sularında gözlemlenen hakim katyon durumundaki Ca^{+2} iyon derişiminin kaynağı olarak Orta Anadolu Metamorfitlerine ait mermerler, İnsuyu formasyonu kireçtaşları, Mezgit formasyonuna ait jips ve anhidritlerle olan su kayaç teması gösterilebilir.

Yeraltı sularında gözlemlenen hakim anyon durumundaki HCO_3^- iyon derişiminin kaynağı olarak Orta Anadolu Metamorfitlerine ait mermerler ve İnsuyu formasyonu kireçtaşları ile olan su kayaç etkileşimi gösterilebilir.

Yeraltı sularının çoğunluğunda gözlemlenen ikincil anyon durumundaki Cl^- iyon miktarının kaynağı olarak evaporitik kayaçların özellikle halitin çözünmesi gösterilebilir.

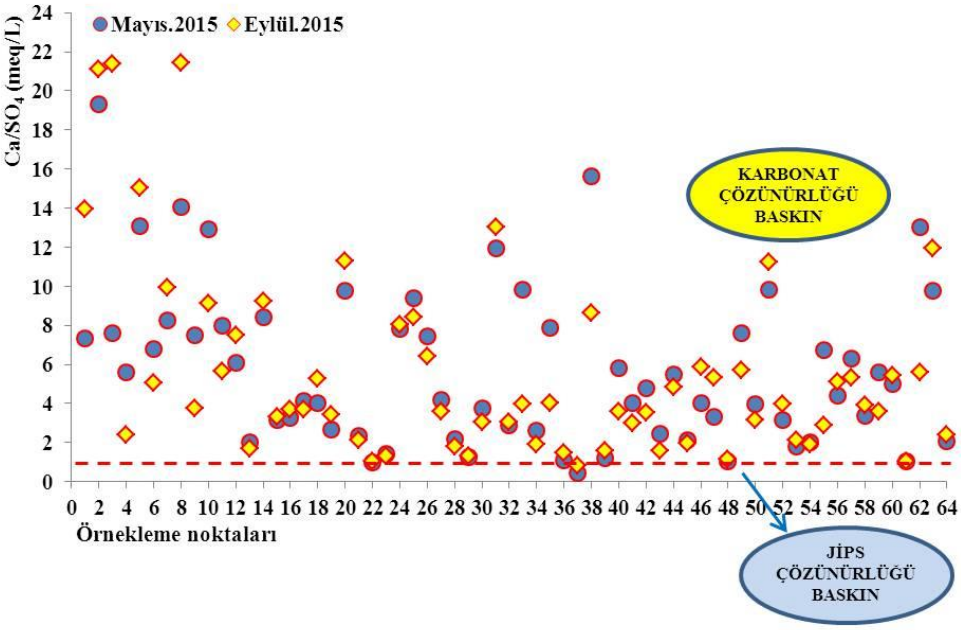
Yeraltı sularında gözlenen Mg^{+2} bölgede gözlenen dolomit ve serpantinli seviyeler ile temas süresince veya Orta Anadolu Granitoyitleri'ndeki olivin, biyotit gibi minerallerin çözünmesi sonucu yeraltı sularında zenginleştiği düşünülmektedir. Genelde negatif yüklü iyon diziliminde üçüncü sırada yer alan SO_4^{-2} iyonu ise Mezgit formasyonu içerisinde görülen beyaz - gri renkli jipsli ve anhidritli birimler ile su - kayaç etkileşimine bağlı olarak yeraltı sularına geçtiği düşünülmektedir.

Na^+/Cl^- oranı 1/1 olan sularda bu iyonların halitin çözünmesinden türemiş olması mümkündür. 1'den yüksek çıkan değerler için ise Na^+'un kaynağı silikat ayrışmasıdır (Mayback, 1987; Garcia vd., 2001). İnceleme kapsamındaki suların Na^+ ve Cl^- iyonları arasındaki ilişki incelendiğinde bu iyonların bir kısmının halitin çözünmesine bağlı olarak sulara geçtiği ancak süreçte silikat ayrışması sonucu Na^+ ve Cl^- zenginleşmesinin daha baskın olduğu söylenebilir (Şekil 4.9).



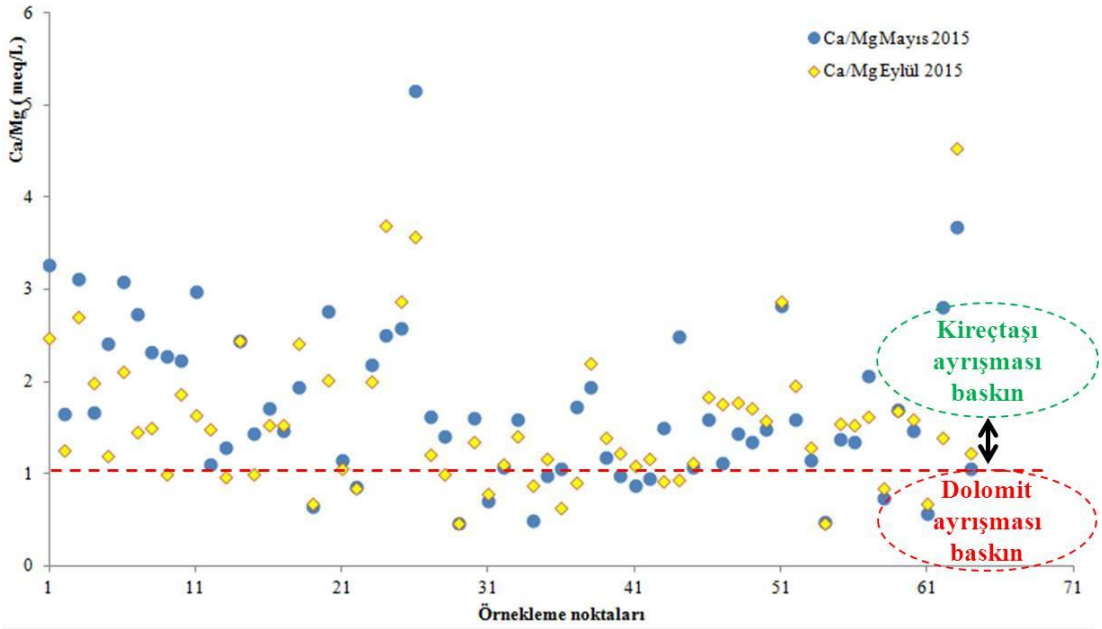
Şekil 4.9: İnceleme alanındaki suların Na^{+}/Cl^{-} grafiği.

Ca^{+2} ve SO_4^{-2} iyonlarının birbirlerine oranları incelendiğinde heterojen bir dağılım gözlenir (Şekil 4.10). Grafik incelendiğinde Ca/SO_4^{-2} oranının neredeyse tamamının 1 değerinin üzerinde olması jips çözünürlüğünün çok az olduğunu Ca^{+2} iyonunun baskın olarak karbonatlı kayaçların çözünmesi sonucu sularda zenginleştiğini gösterir.



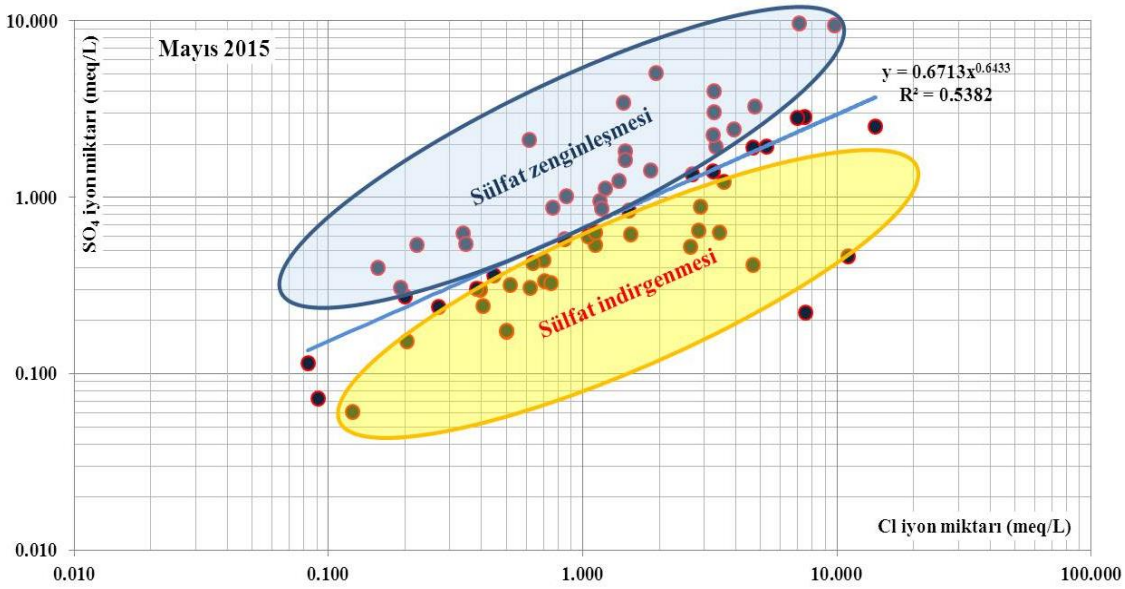
Şekil 4.10: İnceleme alanındaki suların Ca^{+2}/SO_4^{-2} grafiği.

Yeraltı sularında Ca^{+2}/Mg^{+2} iyon oranları kalsit ve dolomit çözünürlüğünün baskınlığını gösteren bir değerdir. Eğer Ca^{+2}/Mg^{+2} =1 ise dolomit çözünülürlüğü, 1'den yüksek bir değer almışsa kalsit katılımını gösterir. 2'den büyük ise yeraltı suyundaki Ca^{+2} ve Mg^{+2} iyonlarının silikat minerallerinin ayrışması sonucu zenginleştiğini gösterir (Maya ve Loucks, 1995; Bozdağ, 2010). İnceleme alanındaki sularında genel olarak Ca^{+2}/Mg^{+2} =1 çizgisinin üzerinde yer aldıkları görülür (Çizelge 4.11). Suların bir kısmı ise 2 değerinin üzerindedir. Bu değer suların büyük çoğunluğunda kireçtaşı çözünmesinin fazla olduğuna işaret eder. 1 değerinin altında kalan sular ise hidrolik dolaşım süreleri boyunca daha çok dolomitik kayaçlarla temas etmişlerdir.



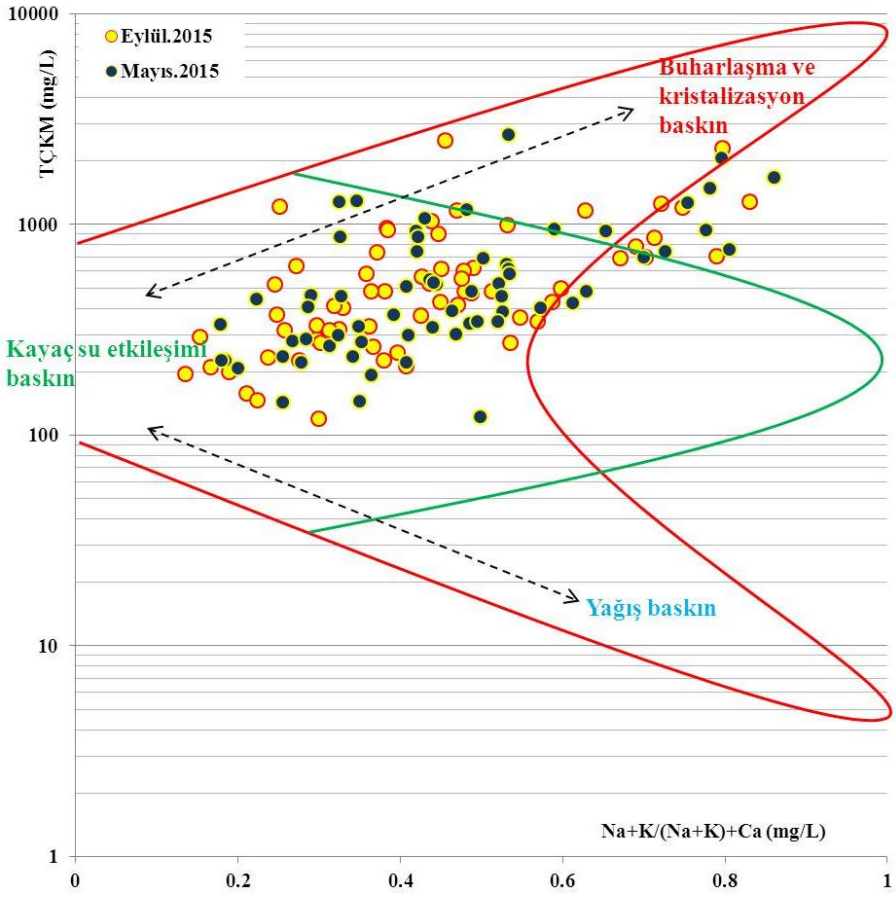
Şekil 4.11: İnceleme alanındaki suların Ca^{+2}/Mg^{+2} grafiği.

İncelenen yeraltı sularının, SO_4^{-2} ve Cl^- iyonları açısından incelendiğinde yeraltı sularının bir kısmının sülfat zenginleşmesine uğradıkları söylenebilir. Bu sonuç yeraltı sularının çözdüğü evaporitik kayaçların bir kısmının jips veya anhidrit türü kayaçlar olduğunu göstermektedir (Şekil 4.12). SO_4^{-2} ve Cl^- değerlerinin birbirlerine oranlarını gösterir korelasyon çizgisinin sağında yer alan sularda ise sülfat indirgenmesi olabilir. Her iki örnekleme döneminde de bazı yeraltı sularının en düşük iyon içeriklerinin SO_4^{-2} iyonu olması bu suların sülfat indirgenmesine uğramış olabileceklerinin diğer bir kanıtıdır.

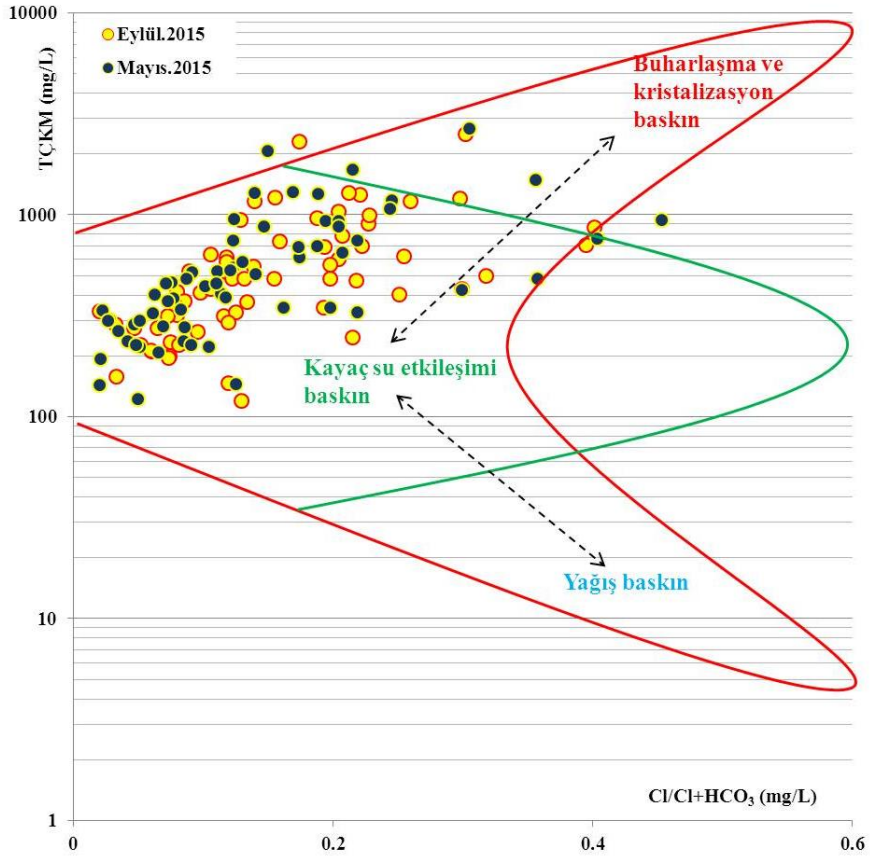


Şekil 4.12: İnceleme alanındaki suların SO_4^{-2} - Cl^- grafiği.

Gibbs (1970) diyagramı, buharlaşma, yağış ve kayaç-su etkileşimi arasındaki ilişkiyi yorumlayan bir grafiktir. TÇKM ile hakim anyon ve katyonların birbirleri içerisindeki oranlarını karşılaştırır (Şekil 4.13, Şekil 4.14).



Şekil 4.13: İnceleme alanındaki suların Gibbs (1970) grafiği (a).



Şekil 4.14: İnceleme alanındaki suların Gibbs (1970) grafiği (b).

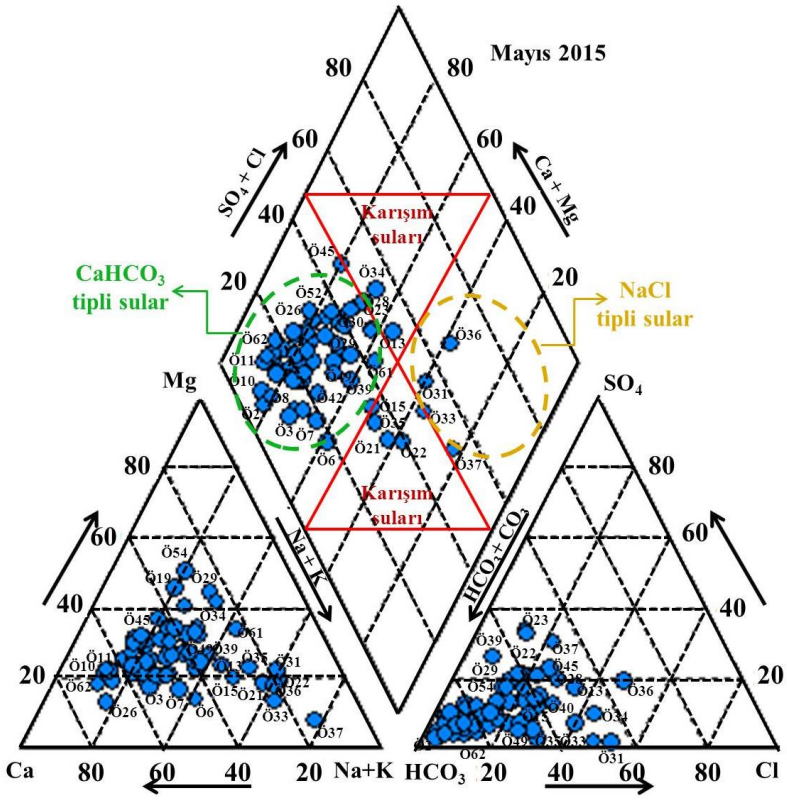
İncelenen yeraltı sularına ait Gibbs grafiğinde sularda gözlenen katyon ve anyon içeriklerinin daha çok su kayaç etkileşimi ile baskın olarak zenginleştiği ve bu süreçte buharlaşma ve kristalizasyonun etkisinin de bulunduğu söylenebilir. Buharlaşmanın etkisini gösterdiği alanda yoğunlaşan sular genel olarak Tuzgölü'nün güneyinde yer alan bölgede toplanmışlardır. Özellikle anyonların çözünmesinde su kayaç etkileşiminin daha fazla olduğu görülmektedir.

4.3 Suların Kimyasal Özelliklerine Göre Sınıflandırılması

Bu bölümde yeraltı sularının hidrolik dolaşım süresi boyunca kazandıkları hidrojeokimyasal özellikler, bu özelliklerin zamansal değişimleri ve litolojik ilişkiler üçgen (Piper) ve yarı logaritmik (Schoeller) diyagram gibi hidrojeolojik grafikler yardımı ile incelenmiştir.

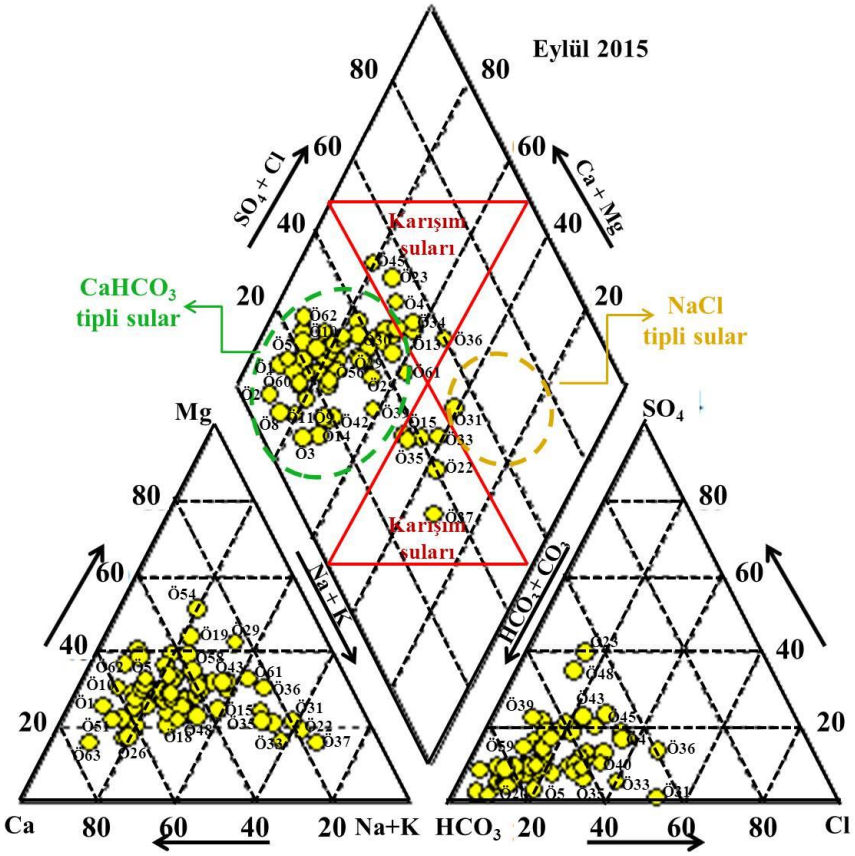
Piper diyagramı, iki üçgen ve bir merkezi eşkenar dörtgenden oluşan şekilden meydana gelmiştir. Üçgenlerden birisi anyonları diğeri ise katyonları gösterir. Piper diyagramının en önemli avantajı; Piper diyagramı ile akiferlere farklı fasiyeste suların karışımı belirlenebilmektedir.

İnceleme kapsamındaki yeraltı sularının Mayıs 2015 ve Eylül 2015 örnekleme dönemlerine ait Piper diyagramları Şekil 4.15 ve Şekil 4.16'da verilmiştir. Mayıs 2015 örnekleme döneminde ö-31, ö-33, ö-36 ve ö-37 numaralı sular diyagramın 7. bölgesinde yer almışlardır. Bu tür sular karbonat olmayan alkalinitesi % 50'den fazla olan NaCl ve $NaSO_4$ tipli sulardır. Bu tip sular bölgede yer alan tuz çökellerinden ve diğer evaporitik kayaçlardan su - kayaç etkileşimi sonucu yüksek miktarlarda Na^+ ve Cl^- çözerek zenginleşmiş tuz içeriği yüksek sulardır. Yağışlı dönemde ö-13, ö-15, ö-21, ö-22, ö-34 ve ö-35 numaralı sular ise diyagramın hiçbir iyonu % 50'yi geçmeyen 9. bölgesinde gruplanmıştır. Bu sular sodyum, kalsiyum, bikarbonatlı, klorürlü karışım sularıdır. Farklı tipte su fasiyeslerinin birbirleriyle karışması sonucu meydana gelen karışım suları, yağışların azalması, su - kayaç temas süresinin uzaması, iyon değişimi gibi etkenlerden dolayı diğer örnekleme dönemlerinde diyagramın farklı bölgelerinde yer alabilir. Diğer yeraltı suları ise diyagramın 5. bölgesinde toplanmıştır (Şekil 4.15). Bu sular karbonat alkalinitesi karbonat olmayan alkaliniteden fazla karbonat sertliği yüksek Ca-HCO_3 tipli sulardır. Bu suların Ca-HCO_3 fasiyesi göstermeleri suların karbonat kökenli bir akiferden beslendiklerini göstermektedir. Piper diyagramı üzerinde suların aynı bölgede kümeleşmeleri suların aynı kökenli veya benzer bir akiferden beslendiklerini gösterir.



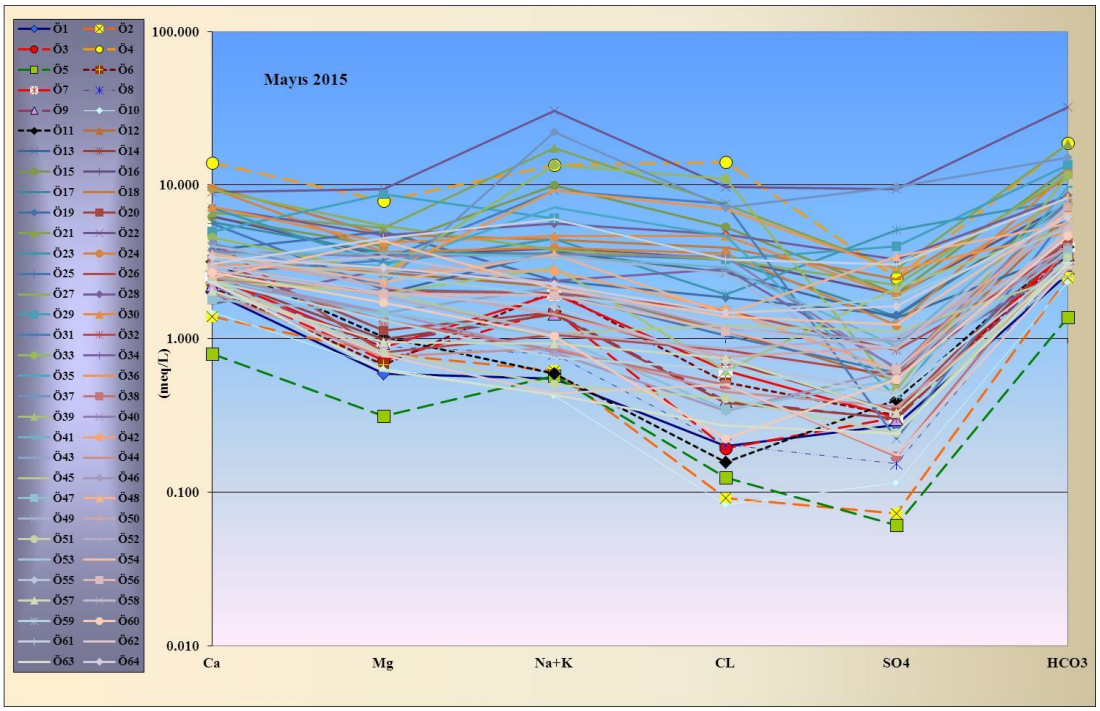
Şekil 4.15: İncelenen suların Mayıs 2015 örnekleme dönemine ait Piper diyagramı.

Eylül 2015 örnekleme döneminde ise 7. bölgede sadece ö-31 numaralı su yer almıştır. Yağışlı dönemde 7. bölgede bulunan ö-33, ö-36 ve ö-37 numaralı sular kurak dönemde 9. bölgede yer almıştır. Bunun nedeni bu suların Ca-HCO_3 fasiyesine sahip başka bir suyla karışması veya iyon değişimi olabilir. Yağışlı dönemde 5. Bölgede yer alan ö-4, ö-23 ve ö-45 numaralı sular kurak dönemde karışım sularını temsil eden 9. Bölgede yer almıştır (Şekil 4.16).



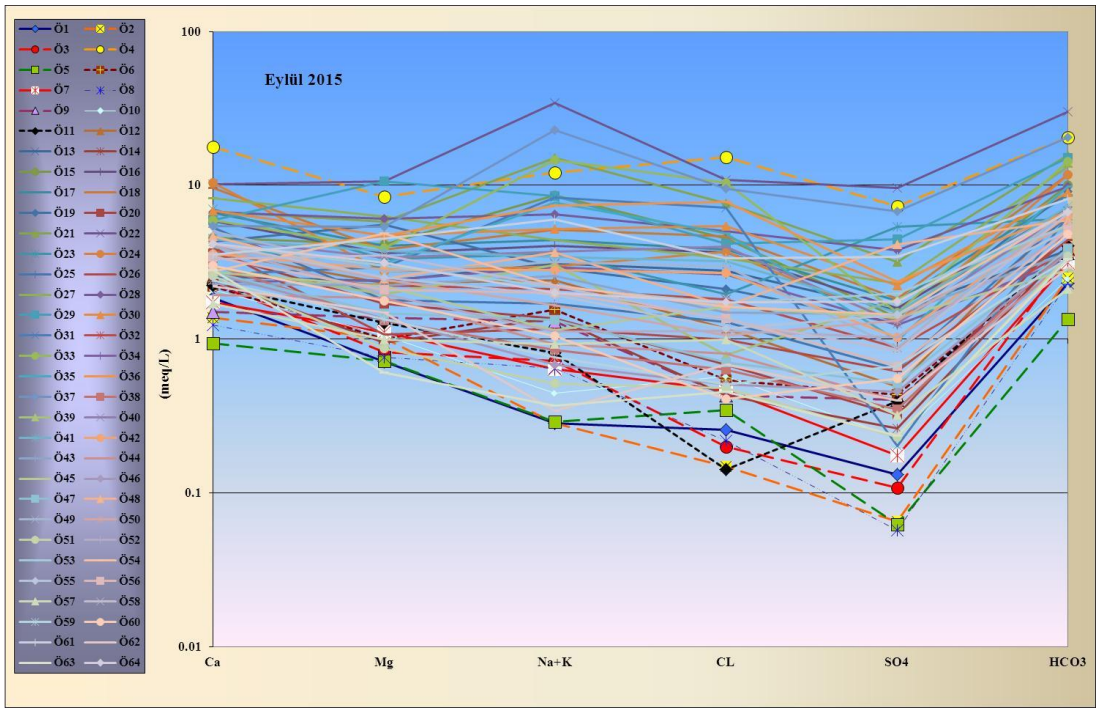
Şekil 4.16: İncelenen suların Eylül 2015 örnekleme dönemine ait Piper diyagramı.

Yeraltı sularının yarı logaritmik Schoeller diyagramındaki dağılımları incelendiğinde (ö-1, ö-10, ö-11), (ö-19,ö-58), (ö-25, ö-27, ö32), (ö-5, ö-7, ö-8, ö-14, ö-16, ö-17, ö-20, ö-24, ö-25, ö-28, ö-30, ö-42, ö-44, ö-49), (ö-46, ö-50, ö-51, ö-52, ö-9) (ö-3 ve ö-6) numaralı suların kendi aralarında benzer iyon dizilimlerine sahip olmaları, bu suların aynı havzadan beslenen aynı veya benzer kökenli yeraltı suları olabileceğini gösterir (Şekil 4.17, Şekil 4.18). ö-4, ö-18, ö-22, ö-29, ö-30, ö-33, ö-57 numaralı suların grafiğin üst kısmında yer alması, bu suların diğer sulara oranla daha uzun dolaşım sistemine dolayısıyla daha uzun süreli su kayaç etkileşimine sahip olduklarını gösterir. Grafiğin alt kısmında yer alan sular ise, daha genç, beslenme alanına daha yakın ve daha sığ dolaşım sistemine sahiptir.



Şekil 4.17: İnceleme alanındaki suların Mayıs 2015 örnekleme dönemine ait yarı logaritmik Schoeller diyagramı.

Grafikte ö-5, ö-8, ö-12, ö-38, ö-40, ö-49 ve ö-35 numaralı sularda SO_4^{-2} iyonunun en düşük olması bu sularda sülfat indirgenmesi olabileceğini göstermektedir.



Şekil 4.18: İnceleme alanındaki suların Eylül 2015 örnekleme dönemine ait yarı logaritmik Schoeller diyagramı.

4.4 Doygunluk İndislerinin Hesaplanması

Kapalı bir ortamda CO_2 kaybı olmaksızın, sularda çökebilecek veya yeniden çözünebilecek mineraller doygunluk indeksi metoduyla hesaplanabilir. Langelier (1942) tarafından geliştirilen bu yöntem sayesinde suların hidrojeokimyasal ortamları hakkında yorum yapılabilir.

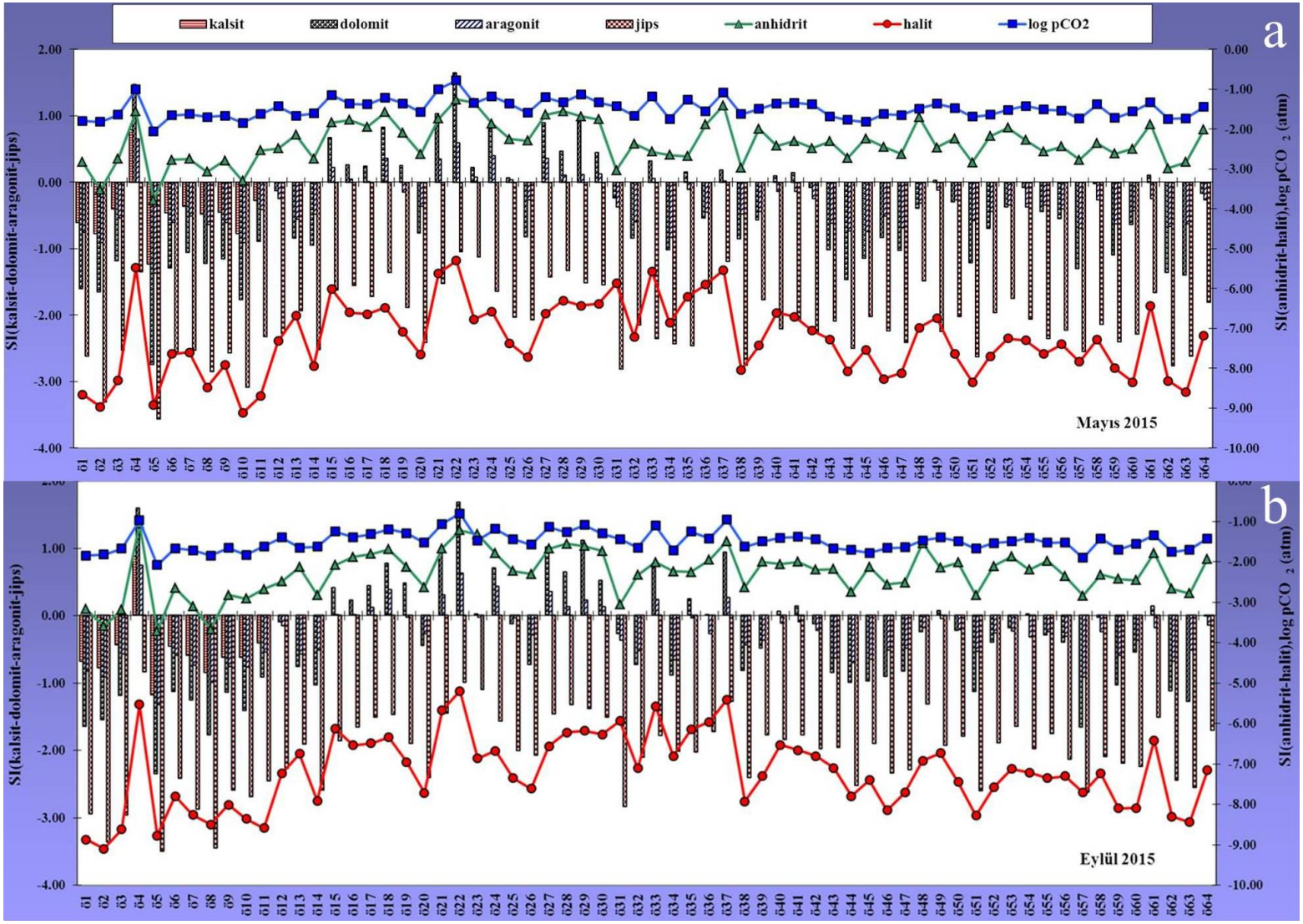
İncelenen yeraltı sularının anhidrit, aragonit, kalsit, dolomit, jips, halit gibi minerallerinin doygunluk durumları incelendiğinde, söz konusu suların bütün örnekleme dönemleri boyunca jips, halit ve anhidrite doygun olmayıp, bunları çözebilme özelliklerine sahip olduğu söylenebilir. ö-4, ö-15, ö-16, ö-17, ö-18, ö-21, ö-22, ö-23, ö-24, ö-25, ö-27, ö-28, ö-29, ö-30, ö-33, ö-37 numaralı sular ise Mayıs 2015 örnekleme döneminde aragonitçe doygun olup, aragoniti çökeltebilme, diğer sular ise doygun olmayıp aragoniti çözebilme özelliğine sahiptir.

Yağışlı dönemde ö-4, ö-15, ö-16, ö-17, ö-18, ö-19, ö-21, ö-22, ö-23, ö-24, ö-25, ö-27, ö-28, ö-29, ö-30, ö-33, ö-35, ö-37, ö-40, ö-41, ö-49 ve ö-61 numaralı sular dolomitçe doygun olup, çökeltebilme diğer sular ise doygun olmayıp çözebilme özelliğine sahiptir.

Kalsite doygun olup çökeltebilme özelliğine sahip olan sular ise ö-4, ö-15, ö-16, ö-17, ö-18, ö-21, ö-22, ö-23, ö-24, ö-25, ö-27, ö-28, ö-29, ö-30, ö-33, ö-35, ö-37, ö-40, ö-41 ve ö-49 numaralı sulardır.

Yağışlı dönemde dolomitçe doygun olan ö-25 numaralı su Eylül 2015 örnekleme döneminde doygun olmayıp dolomiti çözme eğilimi gösterirken yağışlı dönemde dolomiti çözme eğiliminde olan ö-36, ö-37 ve ö-54 numaralı sular yağışların azalmasına bağlı olarak kurak dönemde dolomitçe doygun hale gelerek çökeltme özelliği göstermiştir.

Yağışlı dönemde aragonitçe doygun olan ö-23 ve ö-25 numaralı sular Eylül 2015 örnekleme döneminde doygun olmayıp aragonit çözme eğilimi gösterir. Yağışlı dönemde kalsiti çözme eğiliminde olan ö-19 numaralı su yeraltı su seviyesindeki azalmaya bağlı olarak Eylül 2015 örnekleme döneminde doygun hale geçerek kalsiti çökeltme eğilimi gösterir. Eylül 2015 örnekleme döneminde yeraltı sularının tamamı jips, halit ve anhidrite doygun olmayıp, bunları çözebilme özelliklerine sahiptir (Şekil 4. 19).



Şekil 4.19: Suların Mayıs 2015 (a) ve Eylül 2015 (b) örnekleme dönemlerine ait doygunluk indisleri değerleri.

4.5 Suların Sulama Suyu Özelliklerine Göre Sınıflandırılması

İnceleme alanı bölgenin en önemli tarım alanlarından birisidir ve inceleme kapsamındaki sular çoğu zaman sulama amacı ile kullanılmaktadır. Bundan dolayı suların sulama özelliklerinin belirlenmesi önemlidir. Yeraltı sularının sulama amaçlı kullanılabilirliğinin değerlendirilmesinde ABD Tuzluluk Laboratuvarı (US, 1954) ve Wilcox (1955) diyagramları kullanılmıştır.

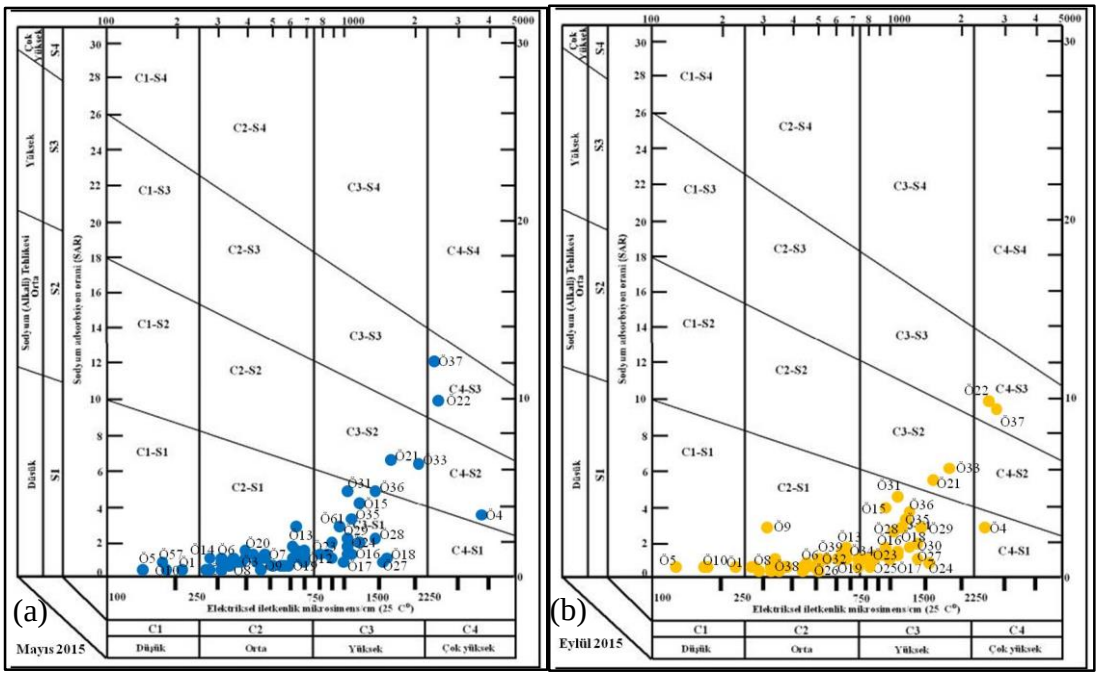
Sulama sularının değerlendirilmesinde yaygın olarak ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramı kullanılır. ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı'nda yatay eksen suların EC (elektriksel iletkenlik) değerini düşey eksen ise SAR (Sodyum Adsorpsiyon Oranı) değerini vermektedir. SAR değeri, direkt olarak sodyumun toprak tarafından adsorbe edilmesi ile ilgilidir ve sodyum iyonunun değişim reaksiyonlarındaki aktifliğinin ifadesi (Şahinci, 1991). Diyagram 16 bölmeden oluşmaktadır ve bölmeleri ifade eden terimlerle suların sınıflandırılması yapılmıştır.

ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramına göre ö-4 numaralı su çok yüksek tuzlu düşük sodyumlu, ö-22 ve ö-37 numaralı sular ise çok yüksek tuzlu yüksek sodyumlu sulardır. Bu suların tarımsal amaçlı kullanımları ekonomik zararlara yol açacağından dolayı uygun değildir (Çizelge 4.9, Şekil 4.20).

Çizelge 4.9: İnceleme alanındaki suların ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramına göre sınıflaması (US, 1954).

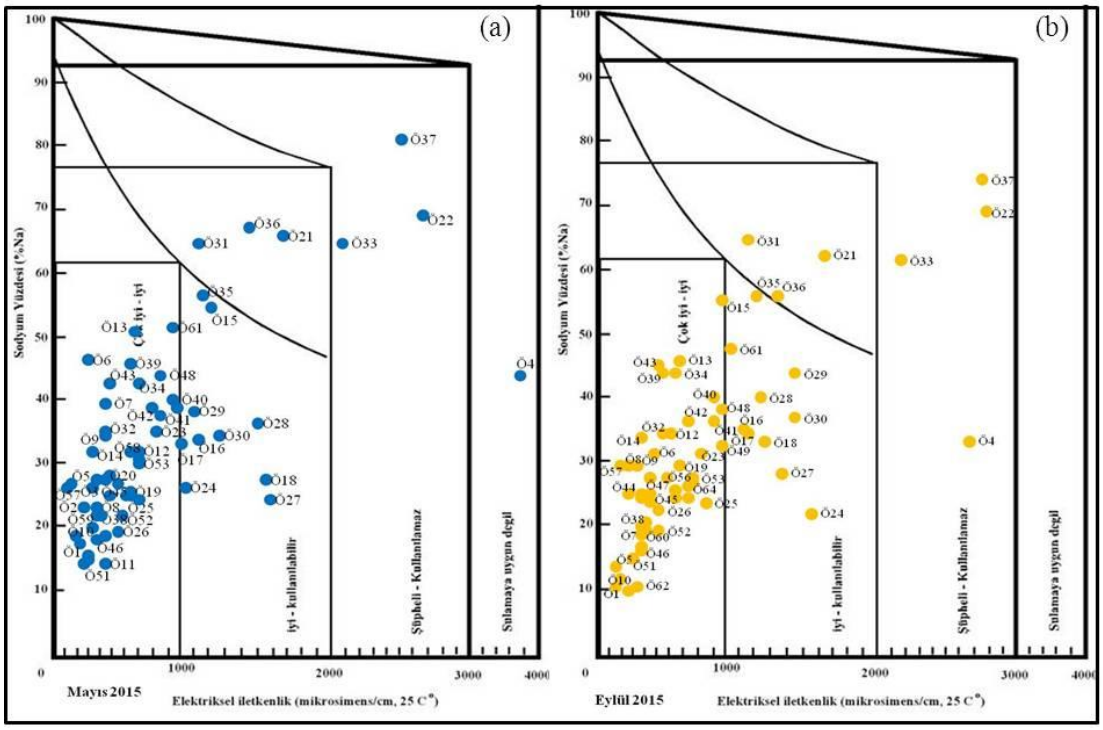
Sınıf	Mayıs	Eylül
C1-S1	ö1- ö5- ö10- ö57	ö1- ö2- ö5- ö10- ö57
C2-S1	ö2 -ö3 -ö6- ö7- ö8- ö9 -ö11- ö12 - ö13- ö14- ö19- ö20- ö25- ö26- ö32- ö34- ö38 - ö39- ö43- ö44- ö45- ö46- ö47- ö51- ö52- ö53- ö54- ö55 -ö56- ö59- ö60- ö62- ö63-	ö3 -ö6- ö7- ö8- ö9 -ö11- ö13- ö14- ö19- ö20- ö26- ö32- ö34- ö38 - ö39-ö42- ö43- ö44- ö45- ö46- ö47-ö50- ö51- ö52- ö53- ö54- ö55 -ö56- ö58- ö59- ö60- ö62- ö63
C3-S1	ö29- ö30- ö31- ö35- ö36- ö40- ö41- ö42- ö48-ö49- ö50- ö61	ö29- ö30- ö31- ö35- ö36- ö40- ö41- ö42- ö48- ö49- ö53- ö61- ö64
C3-S2	ö21- ö33	ö21- ö33
C4-S1	-	ö4
C4-S2	ö4	-
C4-S3	ö22- ö37	ö22- ö37

Suların sodyum yüzdesi ve elektriksel iletkenlik değerlerine göre sulama sularının sınıflandırılmasını sağlayan diğer bir diyagram Wilcox (1955) diyagramıdır. Wilcox diyagramı suyun 25 ºC'deki elektriksel iletkenliğine ve sodyum yüzdesi değerine göre düzenlenmiştir. Diyagramda sular çok iyi - iyi, iyi - kullanılabilir, şüpheli - kullanılabilir, şüpheli - kullanılamaz, sulamaya uygun değil şeklinde sınıflandırılabilir.



Şekil 4.20: Mayıs 2015 (a) ve Eylül 2015 (b) dönemlerine ait ABD Tuzluluk Laboratuvarı (1954) diyagramları.

Yağışlı ve kurak dönemlerde alınan numunelerden yapılan analiz sonuçlarına göre çizilen Wilcox Diyagramı'nda ö-4, ö-22, ö-33 ve ö-37 numaralı sular şüpheli-kullanılamaz sınıfına girerken diğer sular her iki örnekleme döneminde çok iyi - iyi kullanılabilir sulama suyu sınıfında yer alırlar. Bu sular sulama işleminde hiç bir işlem yapılmadan kullanılabilir (Şekil 4.21).



Şekil 4.21: Mayıs 2015 (a) ve Eylül 2015 (b) dönemlerine ait Wilcox (1955) diyagramları.

Ö-4 numaralı su Wilcox diyagramında yağışlı dönemde sulamaya uygun değil olarak sınıflandırılmış iken kurak dönem içerisinde şüpheli – kullanılabilir sınıfına girmiştir. Bir suyun tuz yoğunluğu zaman içerisinde farklı nedenlerden dolayı artış gösterebilir. Su yeraltında hareketi sırasında farklı kayaçlarla temas ederek yeni tuzlar çözebilir veya buharlaşmanın bir sonucu olarak suyun birim hacmindeki tuz miktarı artar (Doğan, 1981). Sıcaklık, basınç, konsantrasyon, temas yüzeyinin ve süresinin büyüklüğü gibi unsurlarda tuz çözünümüne etki eden faktörlerdir. Sisteme daha taze bir suyun girmesi veya tuz içeriği farklı akiferlerle karışım gibi unsurlarda tuz çözünürlüğüne ve suyun yapısındaki tuz miktarına etki eden diğer faktörlerdir. Ö-4 numaralı su kaynağının kurak dönemde sodyum ve EC değerlerinin düşmesi bu suyun başka bir akiferle karışımı, sisteme daha taze bir suyun girmesi veya iyon değişimine bağlı olarak gerçekleşmiş olabilir.

4.6 Ağır Metal İçeriklerinin Değerlendirilmesi

Ağır metal, metalik özellikler gösteren elementlerden oluşan, açık ve tam bir tanımlaması yapılmamış olan grupta bulunan elementlere verilen addır (Duffus, 2002). İnsan yaşamı üzerinde toksit özellik göstermelerinden dolayı su kaynaklarının kalitesini düşüren hatta suların kullanım özelliğini kısıtlayabilen kimyasal parametrelerdir. Ağır metal içerikleri yüksek su kaynakları, içme suyu olarak uzun süre kullanıldığında, insan vücudundaki sindirim organlarında birikerek ölümcül hastalıklara neden olabilmektedir. Ağır metallerin bu toksitoloji etkilerinden dolayı içme suyu analizlerinde mutlaka analiz edilmesi gerekir.

Su kaynaklarında gözlenen ağır metal içerikleri doğal yollarla su kayaç teması süresince ağır metal içeriği zengin kayaçlardan çözünmeye bağlı olarak açığa çıkabildiği gibi, noktasal ve alansal endüstriyel kirleticilerden de su kaynaklarına geçmiş olabilir.

İnceleme kapsamındaki suların ağır metal içeriklerinin tespit edilebilmesi ve su kalitesinin tanımlanabilmesi için, sularda eser miktarlarda bulunan bazı inorganik elementlerin (Al, As, B, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Fe, Li, Ni, P, Pb, Zn) Mayıs 2015 örnekleme dönemine ait analiz sonuçları Çizelge 4.10'da verilmiştir. Ağır metal analiz sonuçları Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (2008) de verilen Kıta İçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri'nde yer alan suların sınıflandırılmasında ki sınır değerlerle karşılaştırılmıştır.

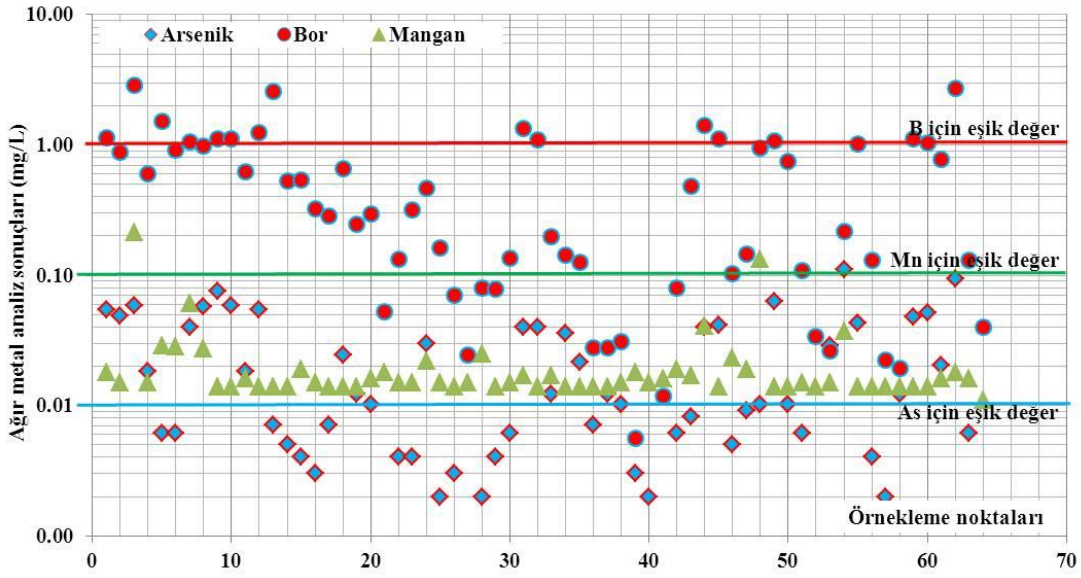
Çizelge 4.10: Mayıs 2015 örnekleme dönemine ait ağır metal analiz sonuçları.

Örnek	ELEMENTLER (mg/L)														
adı	Al	As	B	Cd	Ba	Co	Cr	Cu	Fe	Li	Mn	Ni	P	Pb	Zn
Ö1	0.00	0.05	1.14	0.00	0.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.018	0.00	0.03	0.00	0.00
Ö2	0.00	0.05	0.88	0.00	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.015	0.00	0.01	0.00	0.00
Ö3	0.00	0.06	2.85	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.214	0.00	0.09	0.00	0.00
Ö4	0.00	0.02	0.60	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.015	0.00	0.01	0.00	0.00
Ö5	0.00	0.01	1.53	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.029	0.00	0.02	0.00	0.00
Ö6	0.00	0.01	0.92	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.028	0.00	0.03	0.00	0.00
Ö7	0.00	0.04	1.06	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.061	0.00	0.05	0.00	0.00
Ö8	0.00	0.06	0.98	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.027	0.00	0.02	0.00	0.00
Ö9	0.00	0.08	1.11	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.014	0.00	0.01	0.00	0.00
Ö10	0.00	0.06	1.11	0.00	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.014	0.00	0.00	0.00	0.00
Ö11	0.00	0.02	0.63	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.016	0.00	0.01	0.00	0.00
Ö12	0.00	0.05	1.25	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.014	0.00	0.01	0.00	0.00
Ö13	0.00	0.01	2.56	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.014	0.00	0.01	0.00	0.00
Ö14	0.00	0.01	0.53	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.014	0.00	0.01	0.00	0.00
Ö15	0.00	0.00	0.54	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.019	0.00	0.01	0.00	0.00
Ö16	0.00	0.00	0.32	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.015	0.00	0.01	0.00	0.00
Ö17	0.00	0.01	0.28	0.00	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.014	0.00	0.01	0.00	0.00
Ö18	0.00	0.02	0.66	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.014	0.00	0.01	0.00	0.00
Ö19	0.00	0.01	0.24	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.014	0.00	0.01	0.00	0.00
Ö20	0.00	0.01	0.29	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.016	0.00	0.01	0.00	0.00
Ö21	0.00	0.00	0.05	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.018	0.00	0.00	0.00	0.00
Ö22	0.00	0.00	0.13	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.015	0.00	0.00	0.00	0.00
Ö23	0.00	0.00	0.32	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.015	0.00	0.01	0.00	0.00
Ö24	0.00	0.03	0.46	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.022	0.00	0.01	0.00	0.00
Ö25	0.00	0.00	0.16	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.015	0.00	0.01	0.00	0.00
Ö26	0.00	0.00	0.07	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.014	0.00	0.01	0.00	0.00
Ö27	0.00	0.00	0.02	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.015	0.00	0.00	0.00	0.00
Ö28	0.00	0.00	0.08	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.025	0.00	0.01	0.00	0.00
Ö29	0.00	0.00	0.08	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.014	0.00	0.00	0.00	0.00
Ö30	0.00	0.01	0.13	0.00	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.015	0.00	0.02	0.00	0.00
Ö31	0.00	0.04	1.35	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.017	0.00	0.03	0.00	0.00
Ö32	0.00	0.04	1.09	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.014	0.00	0.00	0.00	0.00
Ö33	0.00	0.01	0.20	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.017	0.00	0.03	0.00	0.00
Ö34	0.00	0.04	0.14	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.014	0.00	0.17	0.00	0.00
Ö35	0.01	0.02	0.12	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.014	0.00	0.15	0.00	0.00
Ö36	0.00	0.01	0.03	0.00	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.014	0.00	0.09	0.00	0.00
Ö37	0.00	0.01	0.03	0.00	0.407	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.014	0.00	0.16	0.00	0.00
Ö38	0.00	0.01	0.03	0.00	0.122	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.015	0.00	0.05	0.00	0.00
Ö39	0.00	0.00	0.01	0.00	0.072	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.018	0.00	0.09	0.00	0.00
Ö40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.059	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.015	0.00	0.05	0.00	0.00

Çizelge 4.10 (devam): Mayıs 2015 örnekleme dönemine ait ağır metal analiz sonuçları.

Örnek	ELEMENTLER (mg/L)														
adı	Al	As	B	Cd	Ba	Co	Cr	Cu	Fe	Li	Mn	Ni	P	Pb	Zn
Ö41	0.00	0.00	0.01	0.00	0.116	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.016	0.00	0.04	0.00	0.00
Ö42	0.16	0.01	0.08	0.00	0.079	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.019	0.00	0.48	0.00	0.00
Ö43	0.00	0.01	0.48	0.00	0.066	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.017	0.00	0.04	0.00	0.00
Ö44	0.00	0.04	1.40	0.00	0.009	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.041	0.00	0.02	0.00	0.00
Ö45	0.00	0.04	1.11	0.00	0.055	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	0.014	0.00	0.03	0.00	0.00
Ö46	0.00	0.01	0.10	0.00	0.079	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.023	0.00	0.01	0.00	0.00
Ö47	0.00	0.01	0.14	0.00	0.127	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.019	0.00	0.03	0.00	0.00
Ö48	0.00	0.01	0.95	0.00	0.064	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	0.133	0.00	0.05	0.00	0.00
Ö49	0.00	0.06	1.08	0.00	0.041	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.014	0.00	0.05	0.00	0.00
Ö50	0.00	0.01	0.75	0.00	0.054	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.014	0.00	0.07	0.00	0.00
Ö51	0.00	0.01	0.11	0.00	0.052	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.015	0.00	0.00	0.00	0.00
Ö52	0.00	0.00	0.03	0.00	0.061	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.014	0.00	0.01	0.00	0.00
Ö53	0.00	0.03	0.03	0.00	0.059	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.015	0.00	0.00	0.00	0.00
Ö54	0.00	0.11	0.22	0.00	0.084	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.037	0.00	0.29	0.00	0.00
Ö55	0.00	0.04	1.01	0.00	0.149	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.014	0.00	0.01	0.00	0.00
Ö56	0.00	0.00	0.13	0.00	0.191	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.014	0.00	0.02	0.00	0.00
Ö57	0.00	0.00	0.02	0.00	0.077	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.014	0.00	0.01	0.00	0.00
Ö58	0.00	0.01	0.02	0.00	0.095	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.014	0.00	0.00	0.00	0.00
Ö59	0.02	0.05	1.12	0.00	0.112	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	0.014	0.00	0.06	0.00	0.00
Ö60	0.00	0.05	1.04	0.00	0.127	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.014	0.00	0.10	0.00	0.00
Ö61	0.03	0.02	0.78	0.00	0.085	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.016	0.00	0.07	0.00	0.00
Ö62	0.01	0.09	2.74	0.00	0.048	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	0.018	0.00	0.07	0.00	0.00
Ö63	0.00	0.01	0.13	0.00	0.032	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.016	0.00	0.01	0.00	0.00
Ö64	0.00	0.00	0.04	0.00	0.033	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.011	0.00	0.01	0.00	0.00

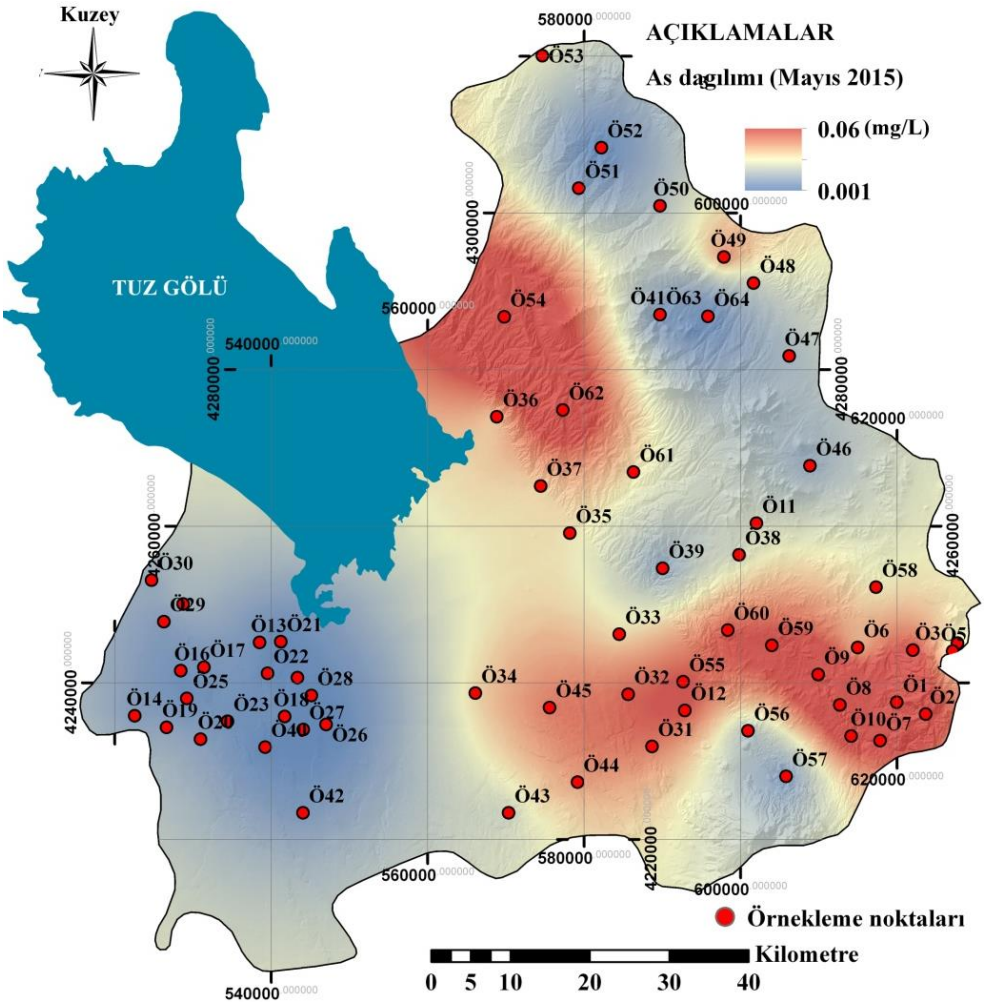
Mayıs 2015 örnekleme dönemine ait analiz sonuçları incelendiğinde Al, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Li, Ni, P, Pb, Zn gibi ağır metallerin analiz sonuçları suların tamamı için sınır değerlerin altında kalmıştır. İncelenen yeraltı sularında yapılan arsenik (As) ölçümlerine göre ö-1, ö-2, ö-3, ö-4, ö-7, ö-8, ö-9, ö-10, ö-11, ö-12, ö-18, ö-24, ö-31, ö-32, ö-34, ö-35, ö-44, ö-45, ö-49, ö-53, ö-54, ö-55 ö-59, ö-60, ö-61 ve ö-62 numaralı suların arsenik değerleri sınır değerlerin (10 µg As/L) üzerinde diğer su kaynaklarında ise altında ölçülmüştür (Şekil 4.22). Bu sularda As konsantrasyonları Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2012) ve Avrupa Birliği (EU, 1998) standartlarının da üzerindedir. Sınır değerlerin üzerinde As içeren yeraltı suları inceleme alanı ve çevresinde As açısından potansiyel sağlık riski içermektedir.



Şekil 4.22: İncelenen sulardaki bazı ağır metallerin değişim grafiği.

İnceleme alanına ait arsenik elementinin konumsal dağılımını gösterir Şekil 4.23 incelendiğinde yüksek risk taşıyan bölgelerin güneyde ve kuzeyde yoğunlaştıkları gözlenir. As içeriği yüksek jeolojik formasyonların su kayaç temas süresince yeraltı suları içerisinde çözünmesi belirli bölgelerdeki yeraltı sularının As içeriklerinin yüksek olmasına neden olabilir. İndirgen koşulların hakim olduğu yeraltı sularında ise As yüksek miktarlarda bulunabilir (Sarkar, 2002). As'li sular genellikle volkanik kayaçlarda ve jeotermal bölgelerde yaygın olarak gözlenebilir (Choong vd., 2007).

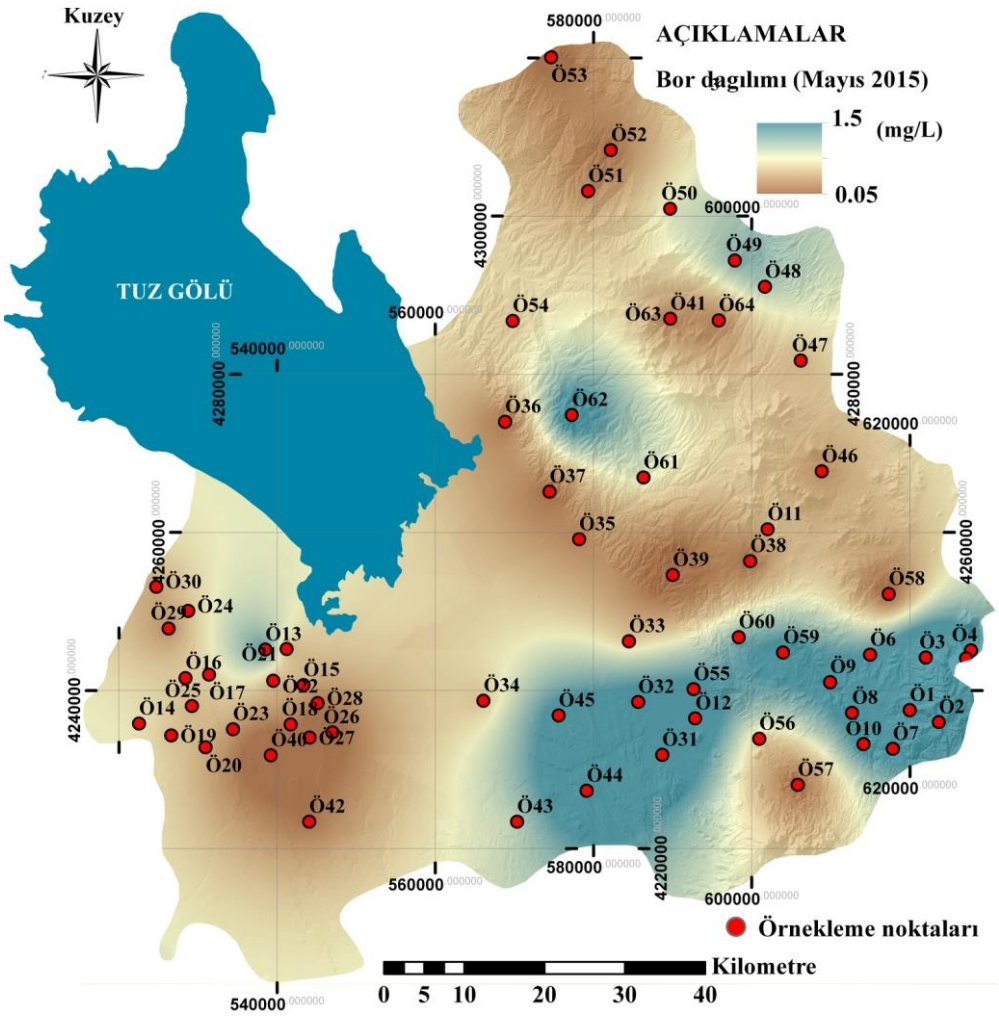
İnceleme alanının güneyinde yer alan Hasandağı ve çevresinde yoğun olarak görülen yüksek As içeriğinin nedeni Hasandağı volkanizması ürünleri bazaltlar, tüfler ve ignimbiritler olabilir. Bölgenin jeotermal potansiyelinin yüksek olması ve bu bölgede derin dolaşım sistemine sahip sıcak ve mineralli su kaynaklarının sık görülmesi yüksek As içeriğinin varlığını açıklayan diğer bir sebeptir. Yüksek As içeriğine sahip derin dolaşımlı suların kırık ve çatlaklar boyunca yüzeye çıkarken karşılaştıkları sığ dolaşım sistemine sahip soğuk yeraltı sularıyla karışmaları sonucu yeraltı suları As açısından zenginleşmiş olabilir. İnceleme alanının kuzeyinde gözlenen yüksek As içeriğinin nedeni ise bölgenin en önemli kırık sistemi olan Tuz Gölü Fay Zonu'na bağlı olarak yeraltı sularının bu bölgede daha derin dolaşım sistemi kazanmaları ve bundan dolayı As çözebilecek kadar su kayaç temas sürelerinin uzaması olabilir.



Şekil 4.23: İnceleme alanı ve çevresinde As elementinin konumsal dağılımı.

Bor, Mayıs 2015 örnekleme döneminde ö-1, ö-3, ö-5, ö-7, ö-9, ö-10, ö-12, ö-13, ö-31, ö-32, ö-44, ö-45, ö-49, ö-55, ö-59, ö-60 ve ö-62 numaralı sularda sınır değerlerin (1000 µg B/L) üzerinde, diğer sularda ise sınır değerin altında ölçülmüştür. Doğada bulunan bor bileşiklerinin suda kolay çözünürlüğü nedeni ile herhangi bir bölgede yüksek yoğunlukta bulunabilir. Türkiye'de borat yatakları genellikle volkanizmanın etkili olduğu kurak bölgelerdeki kapalı havzalarda oluşur (Helvacı, 2003).

İnceleme alanındaki B elementinin konumsal dağılımını gösterir Şekil 4.24 incelendiğinde B değerlerinin, bölgenin güneyinde yer alan Hasandağı ve çevresinde yüksek konsantrasyon değerleri aldığı görülür. B değerlerinin konumsal dağılımı Hasandağı ve çevresinde gözlemlenen yüksek As içeriğinin dağılımına oldukça benzer bir dağılım göstermiştir. Bunun nedeni As içeriğinin bölgede zenginleşmesine neden olan faktörler B elementinin de zenginleşmesinde etkili olmuşlardır.



Şekil 4.24: İnceleme alanı ve çevresinde B elementinin konumsal dağılımı.

Yeraltı sularının ağır metal analizlerinde az da olsa tespit edilebilen diğer bir element mangandır. Mangan ö-3, ö-7, ve ö-48 numaralı sularda sınır değerin (50 µg Mn/L) üzerinde ölçülmüştür. Sulu ortamlarda mangan iyonlarının hareketlilikleri, demir iyonlarına göre yüksek olup, bozulma sırasında mangan demire göre daha erken çözeltiye geçer (Gökçe, 2000). Mangan mineralleri demir minerallerine göre daha bazik ve daha oksidan koşullarda çökelebildiklerinden dolayı derin koşullarda demir ve mangan iyonları bir arada bulunurken yüzeysel koşullarda birbirinden ayrılır ve mangan daha çok zenginleşir (Gökçe, 2000).

Yeraltı suları ağır metal analizlerine göre B ve As haricinde kıta içi su kaynaklarının sınıflamasına göre I. kalite su sınıfına girer.

5. HİDROJEOLOJİK VERİLERİN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Hidrojeolojik çalışmalardaki zorluklardan birisi çoğunluğu birbirlerinden bağımsız olan çok sayıdaki parametrenin tek bir ortam yorumu için kullanılmasıdır. Çok sayıdaki kimyasal parametrenin yanı sıra örnekleme noktalarının çokluğu bilinmezleri ya da çoklu kümelerden olan sapmaları daha da karmaşık hale getirmektedir. Jeolojik birimlerin yanal ve düşey yönde sık değişimleri, litolojik özellikler arasındaki farklılıklar çoklu kimyasal parametrelerin yorumlanmasını daha da güç kılmaktadır.

Bu bölümde hidrojeolojik verilerin daha verimli bir şekilde yorumlanabilmesi için farklı örnekleme dönemlerine ait su kimyası verileri bazı jeoistatistik yöntemlerle incelenmiş ve verilerin konumsal dağılımları belirlenmiştir.

5.1 Jeoistatiksel Çalışma Yöntemi

Jeoistatistik, jeolojik verilerin değişkenlerini ve birbirleriyle olan ilişkilerini inceleyen matematiksel bir bilim dalıdır. Jeolojide belirli bir bölge içerisindeki örneklenmiş verilerin mesafeye bağlı değişimlerini tespit etmek ve herhangi bir noktadaki değeri tahmin edebilmek için yaygın olarak kullanılır.

Bu tezde uygulanan jeoistatiksel çalışmadaki amaç su örnekleri arasındaki mesafede su kalite değerlerinin değişimlerini ve dağılımlarını tespit etmektir. Su kalite parametrelerinin konumsal değişimleri arasındaki benzerliklerden yararlanarak hidrojeolojik verilerin daha verimli bir şekilde yorumlanması sağlanacaktır.

Jeokimyasal analiz kapsamında su kimyası verilerinin dağılımlarını incelemek için veriler ilk olarak histogram ve normal QQPlot analizleri ile değerlendirilmiştir. Verilerin aritmetik ortalama ve ortanca değerleri arasındaki fark önemlidir. Farkın büyük olması verilerin normal dağılım göstermediğini ve birden fazla faktör tarafından etkilendiğini gösterir. Histogram ve normal QQPlot analizlerinde sadece pH değerleri normal dağılım diğer veriler ise asimetrik dağılım göstermişlerdir. Bu edinim variogram analizinde modellerinin belirlenmesinde kullanılmıştır.

Sonraki çalışmalarda su kimyası verileri trend analizi ile değerlendirilmiş ve bu analiz kapsamında su analiz değerlerinin yönelimleri ve birbirleri ile olan ilişkileri incelenmiştir. Elde edilen veriler diğer analiz sonuçları ve bölgenin jeolojik ve hidrojeolojik özellikleri dikkate alınarak yorumlanmıştır.

Sonraki aşamada su analiz verilerinin değişimleri incelenmiştir. Jeoistatistikte bölgesel değişkenlerin mesafeye bağlı değişimleri variogram fonksiyonu ile belirtilir ve bu fonksiyon birbirinden belirli bir uzaklıktaki iki değişken arasındaki farkın varyansı olarak ifade edilir (Uyar, 2005). İki nokta arasındaki uzaklığın oranına göre örnekleme noktaları arasındaki farkın varyansı da büyük ya da küçük olacaktır.

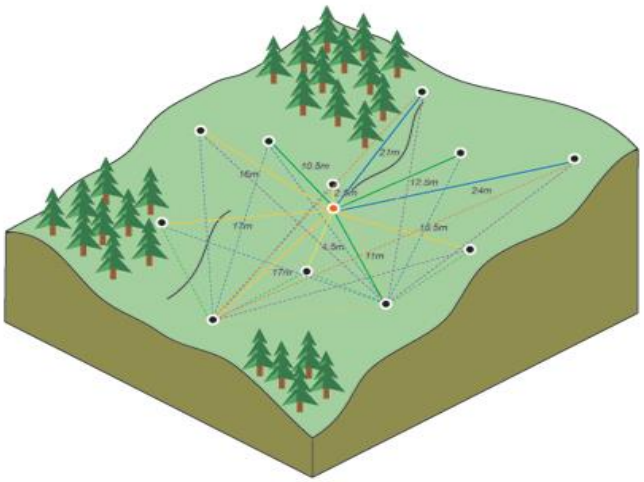
İnceleme alanındaki örnekleme noktaları arasındaki konumsal korelasyonun yapılabilmesi için mesafeye bağlı olarak verilerin variogram analizi gerçekleştirilmiştir. Variogram analizleri y ekseninde değerlerin karesindeki değişim, x ekseninde örnekleme noktaları arasındaki mesafeye bağlı olarak çizilmiştir. Histogram veya normal QQPlot analizlerinde normal dağılım göstermeyen su kimyası verilerinin farklı yönlerdeki değişkenlerini analiz edebilmek için, açı yönü ve açı toleransı ayarları dört farklı yönde yapılarak variogram içinde külçe, eşik ve mesafe parametreleri değiştirilmiş ve verilerin izotropik veya anizotropik dağılım özellikleri belirlenerek en uygun variogram model tespit edilmiştir. Belirlenen model verilerin konumsal dağılımlarını gösterir tematik haritaların çiziminde kullanılmıştır.

5.2 Tematik Harita Çizim Yöntemi

Bu bölümde Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) aracı olan ArcGIS yazılımı kullanılarak jeoistatiksel açıdan değerlendirilmiş su kimyası verilerinin konumsal dağılımlarını gösterir tematik haritaların hazırlanmasına değinilmiştir. Tematik haritaların oluşturulmasında yerbilimlerinde yaygın olarak kullanılan ve diğer yöntemlere göre daha doğru sonuçlar veren Kriging interpolasyon yöntemi tercih edilmiştir. Kriging, verilerin birbirine bağımlı olması ilkesinden yola çıkarak ölçülmüş değerlerden ölçülmemiş noktaların tahmin edilebilmesi için kullanılan bir interpolasyon tekniğidir (Aldworth, 1998; Kavurmacı ve Üstün, 2016) (Şekil 5.1). Herhangi bir bölgedeki değeri bilinmeyen bir noktanın değerini tahmin edebilmek için o bölgedeki önceden belirlenmiş verilerin konumsal uzaklığının değişim fonksiyonuna bağlı olarak hesaplayabilmek mümkündür (ESRİ, 2012);

$$Z(x_o)=\sum_{i=1}^{N}\lambda_i Z(x_i) \qquad (5.1)$$

Burada $Z(x_i)$: i lokasyonunda ölçülen değer, λ_i: i lokasyonunda ölçülen değer için ağırlık katsayısı, X_0: o lokasyonundaki tahmin edilecek değer, N: ölçülmüş değerler sayısıdır.



Şekil 5.1: İnterpolasyon yönteminin kavramsal modeli (ESRİ, 2012).

İnterpolasyon yönteminde konumsal değişimleri belirleyebilmek için jeoistatistik çalışmalarda değinilen variogramlar kullanır. Variogramların özelliği ise, su kimyası verilerinin sürekliliği, etki mesafesi ve eğilim yönü gibi değişkenleri bir fonksiyon olarak gösterebilmesidir. Farklı bir ifade ile variogram γ(h), belirli bir bölgedeki su verilerinin mesafeyle ne ölçüde değiştiğini ifade eden bir eğri olup, aşağıda verilen denklem ile tanımlanır (Oliver, 1990);

$$\gamma(h) = \frac{1}{2n}\sum_{i=1}^{n}[Z(x_i) - Z(x_i+h)]^2 \qquad (5.2)$$

Bu eşitlikte; γ(h): semi-variogram değeri, h: noktalar arası uzaklık (lag mesafesi), $z(x_i)$ ve $z(x_i+h)$: x noktasındaki değer ve bu noktadan h mesafedeki değerdir.

Bölgesel değişken, veri özelliği bakımından yoğun ve düşük alanlar şeklinde geçişli bir yapı sergiliyorsa, variogram belirli bir uzaklıktan sonra artışını durdurur ve belirli bir değerde sabit kalır (Tercan ve Saraç, 1998; Uyar, 2005). Bu değere Tepe değeri (C), variogramın bu değeri aldığı uzaklığa da yapısal uzaklık (a) denir (Uyar, 2005).

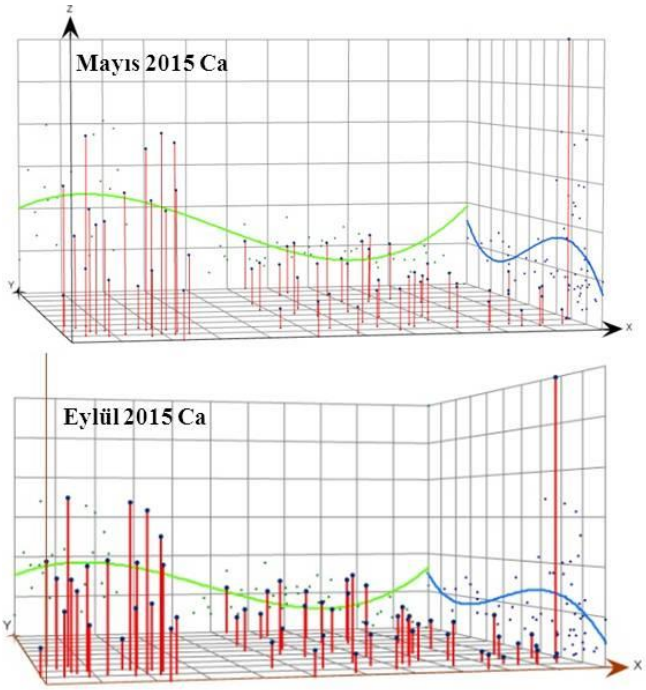
Bu uzaklık kovaryansın sıfır olduğu ve fiziksel olarak bir örneğin etki zonu anlamına gelir. Etki zonu dışında örneklerin birbiriyle korelasyonu yoktur ve birbirlerinden bağımsızdırlar (Tercan ve Saraç, 1998). Variogram her zaman pozitif değerler aldığından seçilecek fonksiyonun da pozitif tanımlı bir fonksiyon olması gerekmektedir (Clark, 1979).

Bu çalışma kapsamında, su kimyası verilerinin variogramları oluşturulmuş ve deneysel variogramlara en uygun teorik modeller belirlenmiştir. Her bir tematik harita için tepe değerli modeller (küresel model, exponential (üssel) model, gauss modeli ve linear modeli) test edilmiştir. Modellerin uygunluğu hataların ortalama karekökü değerine göre belirlenmiştir. Bu çalışmada tematik haritaların çizilmesi için exponential (üssel) modelin en uygun model olduğu tespit edilmiştir. Exponential (üssel) model kullanılarak Kriging interpolasyon yöntemi ile çalışma alanı için 3×3 metre aralıklarla noktasal veri değeri tahminleri yapılmış ve su kimyası verilerinin konumsal dağılım haritaları hazırlanmıştır.

5.3 Tematik Haritaların Yorumlanması

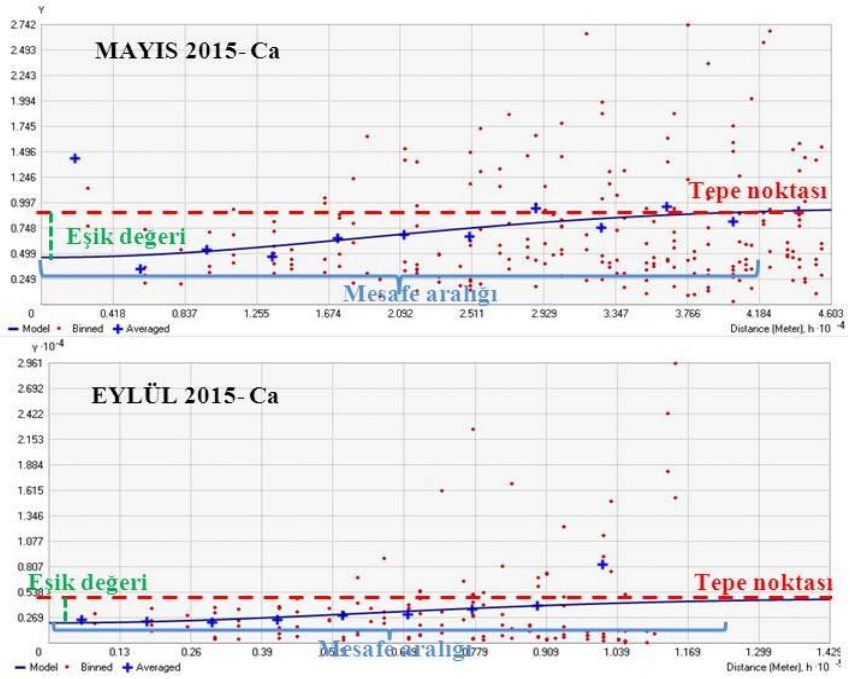
Bu bölümde su kimyası verilerine göre hakim anyon ve katyon durumunda bulunan Ca^{+2}, Na^{+}, HCO_3^{-} ve Cl^{-} iyonlarının trend ve variogram analizleri ile konumsal dağılımlarını gösteren tematik haritalar yorumlanmıştır.

Trend analizi, su kimyası analiz verilerinin örnekleme noktalarının konumlarına göre eğilimleri gösterir diyagramlardır. Diyagramın y ekseni kuzey-güney, x ekseni ise doğu-batı yönündeki eğilimleri gösterir. Trend analizinde yönlere göre eğilimler arasındaki benzerlikler veya farklılıklar incelenir. Veriler bölgesel olarak farklılıklar gösteriyorsa veri seti belirli bir eğilime sahiptir (Tüysüz ve Yaylalı, 2005). Ca^{+2} iyonunun farklı örnekleme dönemleri için hazırlanan trend analizleri Şekil 5.2'de verilmiştir. Her iki örnekleme döneminde de veriler benzer dağılım göstermiştir. Ca^{+2} değerleri inceleme alanının batısında en yüksek değerleri alırken, merkeze doğru azalmış ve doğuya doğru yeniden yükselim eğilimi göstermiştir. İnceleme alanının güneyi Ca^{+2} açısından kuzeye oranla daha yüksek değerler içerir. Bölgenin jeolojik haritası ile karşılaştırıldığında eğilimin yüksek olduğu alanlarda karbonatlı kayaçların geniş yayılım göstermesi bu eğilimin nedeni olabilir.



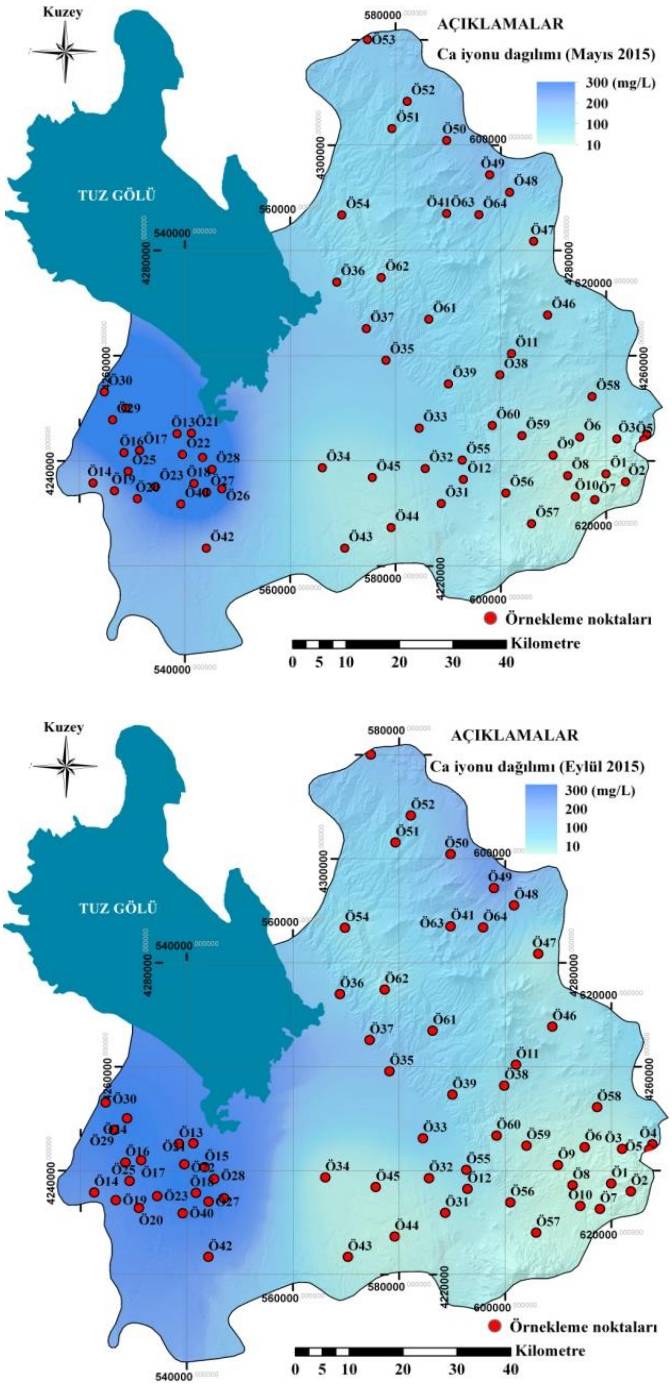
Şekil 5.2: Mayıs ve Eylül 2015 örnekleme dönemine ait Ca^{+2} iyonu trend analizi.

Ca^{+2} iyonunun variogram analizi incelendiğinde, verilerin düzensiz aralıklarla doğrusal olmayan bir hat boyunca dizildikleri ve bazı verilerin genel ortalamadan farklı dağılım gösterdikleri ve zonal anizotropi özelliğine sahip oldukları gözlenmiştir (Şekil 5.3). Zonal anizotropi özelliğinde farklı tepe noktaları değerleri elde edilebilir.



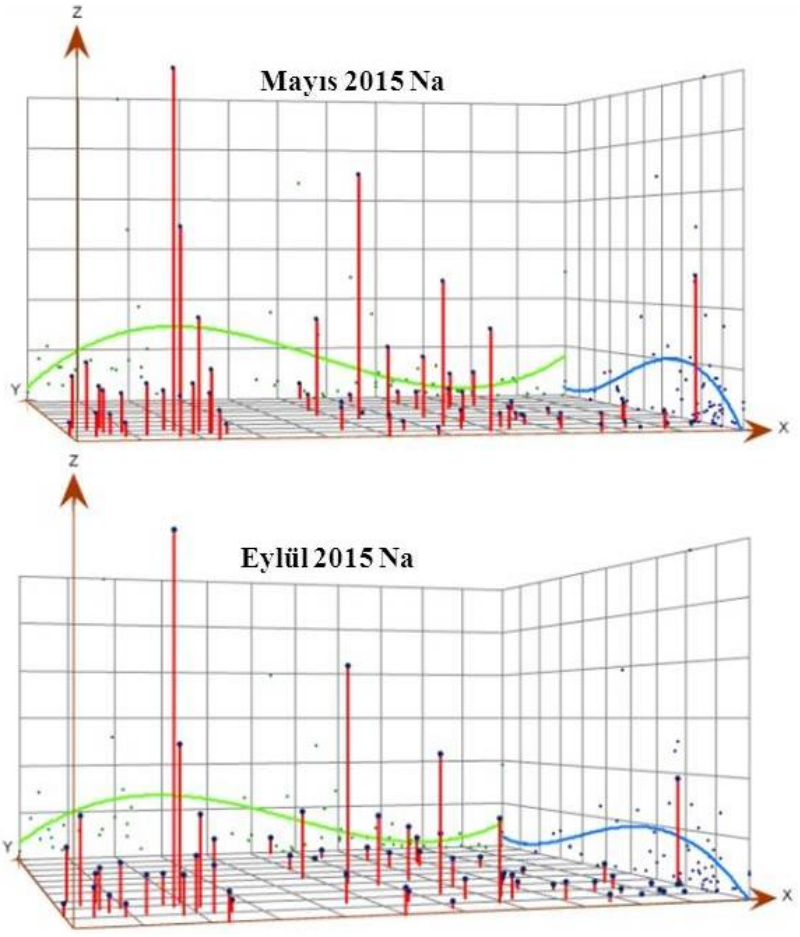
Şekil 5.3: Örnekleme dönemlerine ait Ca^{+2} iyonu variogram analizi.

İnceleme kapsamındaki suların kriging interpolasyon yöntemi kullanılarak oluşturulan Ca^{+} iyon değerlerinin konumsal dağılımı incelendiğinde Ca^{+} iyonunun inceleme alanının batısında trend analizine uyumlu olarak daha yüksek derişime sahip olduğu belirlenmiştir (Şekil 5.4). Bunun nedeni, İnsuyu formasyonuna ait kireçtaşlarının bu alanda geniş yayılım göstermesidir. Şekil 4.10 incelendiğinde Eylül 2015 örnekleme döneminde Ca^{+2} iyon değerlerinin genel olarak arttığı gözlemlenmiştir.



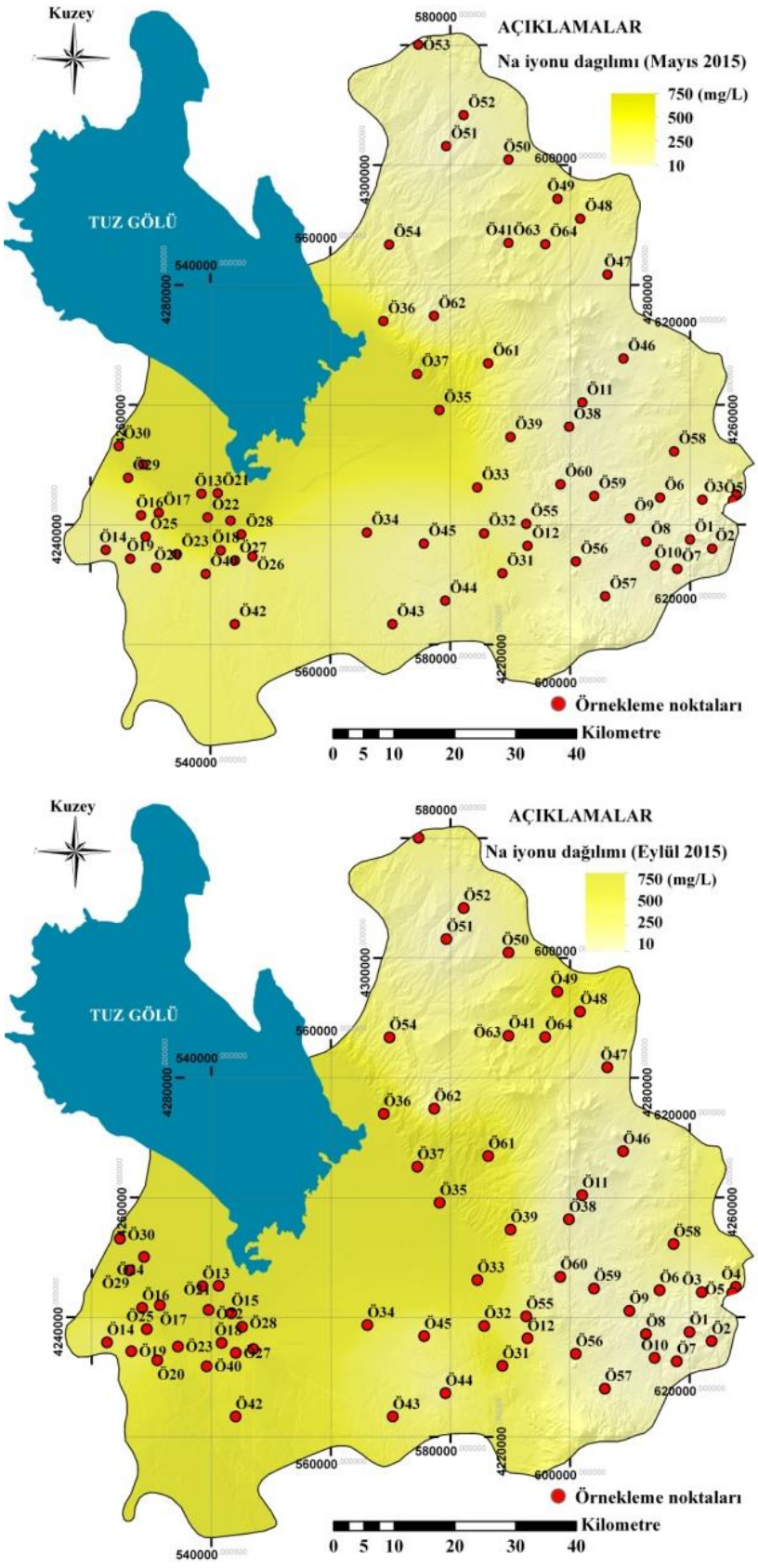
Şekil 5.4: İnceleme alanındaki sularda gözlenen Ca^{+2} iyonunun konumsal dağılımı.

Na^+ iyonunun trend analizi her iki örnekleme döneminde benzer dağılım göstermiştir (Şekil 5.5). Na^+ değerlerinin batıda, iç kesimlerde ve doğuda bölgesel olarak homojen bir eğilim göstermediği görülmektedir. Bu üç farklı bölgede bazı kuyularda Na^+ değerleri aşırı yüksek değerlerde gözlenirken diğer kuyularda normal değerler içermiştir. Özellikle Tuzgölü'ne yakın konumda bulunan inceleme alanının orta kesimlerinde yer alan kuyularda değerlerin ortalama değerin üzerinde görülmesi, bu bölgede yer alan tatlı su akiferlerinin Tuzgölü'nden etkilendiklerinin bir kanıtıdır. Bazı kuyuların ortalama değerin çok üzerinde anomali vermesi su kaynaklarının Na^+ içeriklerinin artmasında tektonizmanın da etkili olduğunu gösterir.



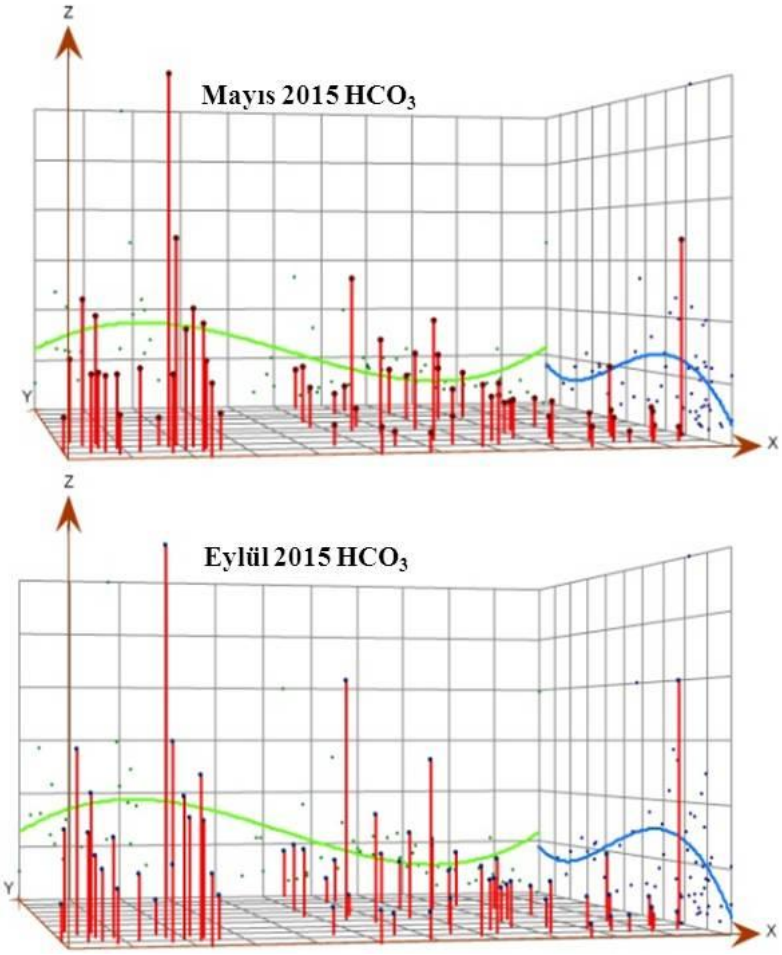
Şekil 5.5: Mayıs ve Eylül 2015 örnekleme dönemine ait Na^+ iyonu trend analizi.

İnceleme kapsamındaki suların Na^+ iyon miktarlarının konumsal dağılımını gösterir tematik harita incelendiğinde Na^+ iyonunun Tuzgölü'nün güneyinde daha yüksek konsantrasyona sahip oldukları belirlenmiştir (Şekil 5.6). Bunun nedeni Tuzgölü'nden tatlı su akiferlerine olan beslenim olabilir. Çizilen tematik harita ile trend analizi arasındaki uyum harita çiziminde oluşturulan variogram modellerinin doğru belirlendiğini gösterir.



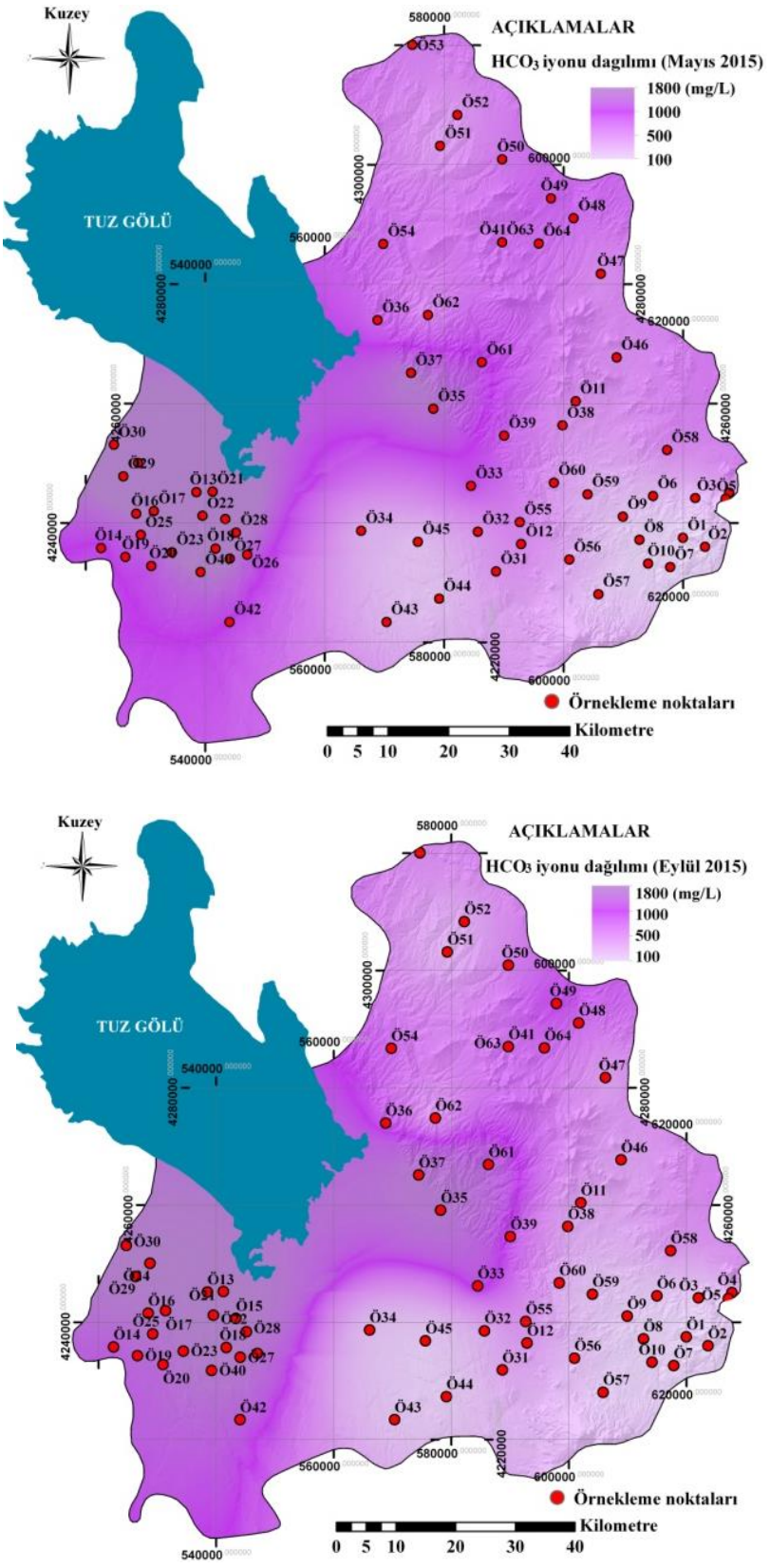
Şekil 5.6: İnceleme alanındaki sularda gözlenen Na^+ iyonunun konumsal dağılımı.

HCO_3^- iyonunun farklı örnekleme dönemleri için hazırlanan trend analizleri Şekil 5.7'de verilmiştir. Her iki örnekleme döneminde de veriler Ca^{+2} iyonu için hazırlanan trend analizine benzer dağılım göstermiştir. HCO_3^- iyonu batıdan doğuya doğru en yüksekten en düşüğe olmak üzere bir eğilim gösterir. Orta kesimde bazı suların HCO_3^- değerleri ortalama değerlerin üzerine çıkarak kendi aralarında kümelenmiş ve düzensiz anomali oluşturmuştur. Eğilimlerin nedeni karbonatlı kayaçların bölgedeki varlığı ile açıklanabilir.



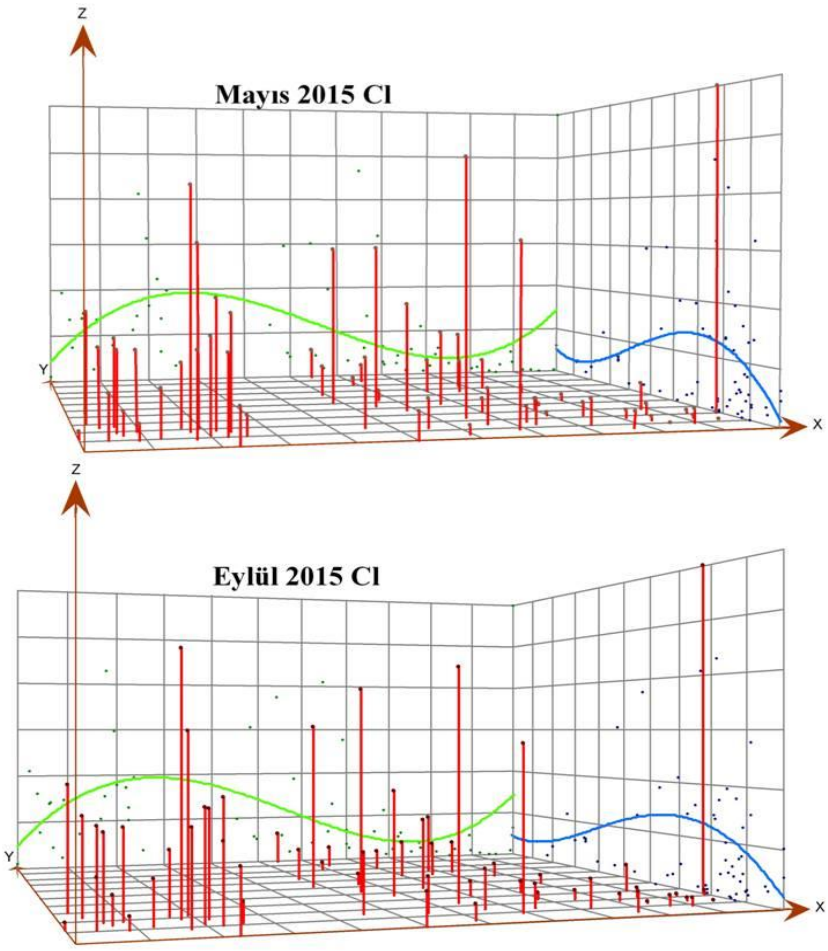
Şekil 5.7: Mayıs ve Eylül 2015 örnekleme dönemine ait HCO_3^- iyonu trend analizi.

Çalışma alanında HCO_3^- iyon miktarının konumsal dağılımı incelendiğinde HCO_3^- iyonunun inceleme alanının güneybatısında ve orta kesimlerde daha yüksek derişime sahip olduğu gözlenmiştir (Şekil 5.8). Bunun nedeni bu bölgede İnsuyu formasyonuna bağlı kireçtaşı ve dolomitik kayaçların yaygın olarak gözlenmesi olabilir.



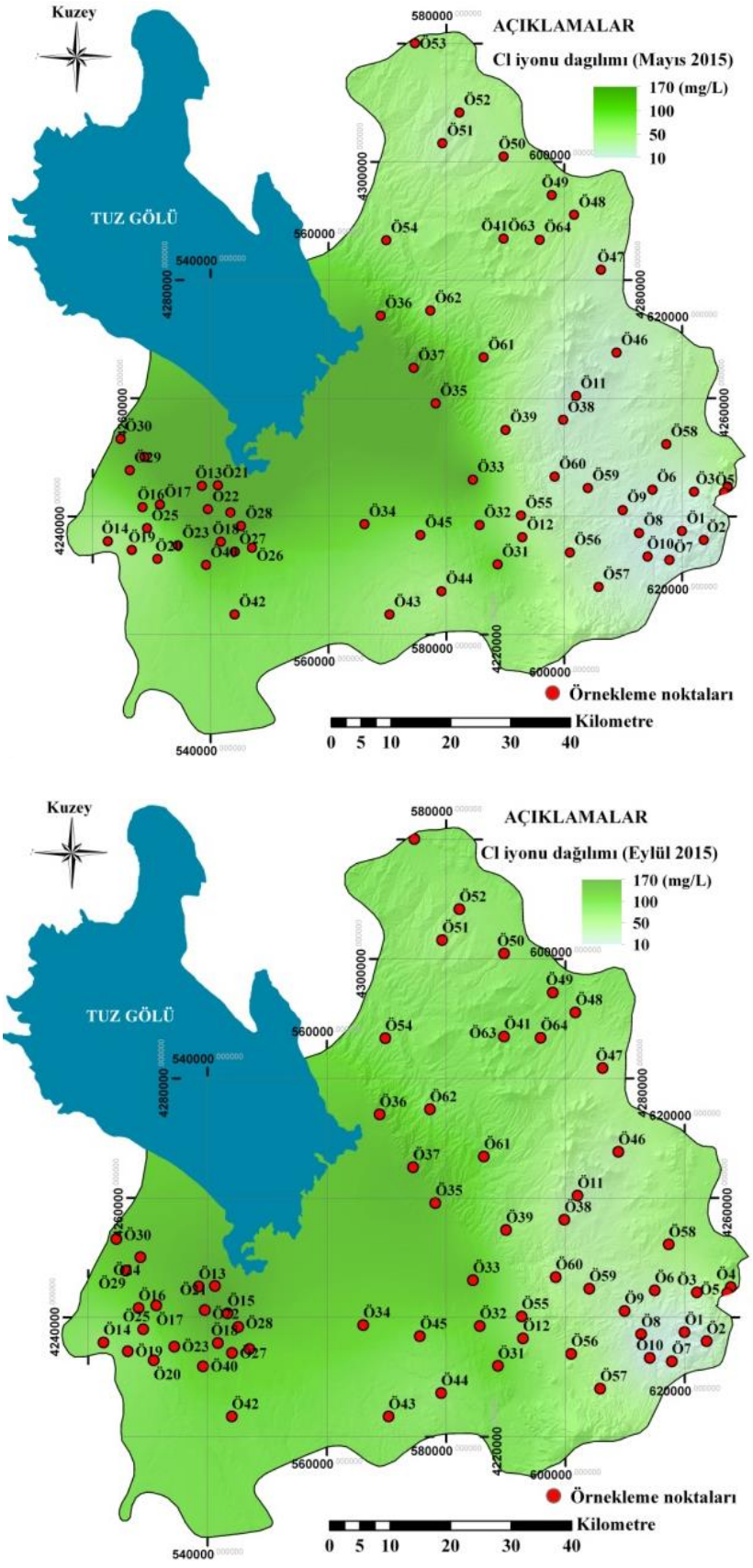
Şekil 5.8: İnceleme alanındaki sularda gözlenen HCO_3^- iyonunun konumsal dağılımı.

Cl^- iyonunun trend analizi incelendiğinde Na^+ için oluşturulan analizle benzerlik içerdiği fakat Cl^- değerlerinin inceleme alanının batısında Na^+ değerlerine oranla daha homojen bir dağılım gösterdiği görülmüştür (Şekil 5.9). Genel olarak Cl^- değerlerinin ortalama değerleri Na^+ değerlerine oranla daha düşüktür. Bunun nedeni inceleme alanında sık gözlenen evaporitik kayaçlar, killi çökeller ve magmatik kayaçlardaki feldispatların ayrışması sonucu suların Na^+ içeriği açısından zenginleşmesi veya iyon değişimi sonucu artma azalma olabilir. Batı ve iç kesimlerde Tuzgölü'ne yakın bölgelerde ortalama değerlerin üzerinde gözlenen Na^+ değerleri doğuya doğru genel olarak azalma eğilimi gösterir.



Şekil 5.9: Mayıs ve Eylül 2015 örnekleme dönemine ait Cl^- iyonu trend analizi.

Şekil 5.10'da verilen Cl^- iyon miktarının konumsal dağılımı incelendiğinde Cl^- iyonunun Tuzgölü'nün güneyinde daha yüksek derişime sahip olduğu belirlenmiştir. Litolojinin yeterli geçirimlilik özelliği kazandığı bölgelerde tuzlu göl suları veya tektonik hatlar boyunca tuz içeriği yüksek yeraltı suları hidrolik dolaşımları esnasında karşılaştıkları tatlı yeraltı sularının Cl^- iyon içeriklerini artırmıştır.



Şekil 5.10: İnceleme alanındaki sularda gözlenen Cl^- iyonunun konumsal dağılımı.

Genel olarak düşük su kalitesine sahip alanlar inceleme alanının batısında ve Tuzgölü'nün güneyinde konumlanmıştır. Su kalitesinin etkilenme potansiyeli bölgede jeolojik yapının, hidrojeolojik sistemin ve tektonizmanın kontrolü altındadır.

Kriging interpolasyon yöntemi ile çizilen haritalarının ortalama karesel hata değerleri Ca^{+2}, Na^{+}, HCO_3^{-} ve Cl^{-} değerleri için sırasıyla 0.96, 0.98, 0.97, 0.94'tür. Çizilen tematik haritalar kullanım amacına uygun olarak yeniden sınıflandırılmıştır.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

İnceleme alanının temelini Paleozoik ve Mesozoik yaşlı meta-sedimanlar, meta-karbonatlar, ofiyolitik karmaşıklar ve magmatik birimlerden oluşan Orta Anadolu Kristalen Kompleksi olarak isimlendirilen kaya grubu oluşturur. Temelde yer alan birimlerin üzerindeki sedimantasyon Orta Eosen'e kadar genelde karbonatlı kayaçların çökeldiği denizel birimlerle devam eder. Bölge Üst Eosen - Oligosen zaman aralığında lagün özelliği gösteren alanlarda kalın evaporit çökelleri ile karakteristiktir. Oligosen'den Kuvaternere kadar karasal, gölsel ve Hasandağı volkanizması ürünlerinin oluşumları devam etmiştir. Günümüzde güncel alüvyon ve traverten çökelimlerinin devam etmesi sonucu bölge bugünkü jeolojik görünümünü kazanmıştır.

İnceleme alanında akifer özelliği gösteren jeolojik birimler, Paleozoyik yaşlı bol kırık ve çatlaklı mermerler, Üst Kretase sokulum yaşlı bol kırık ve çatlaklı granitoyitler, temel birimlerin üzerinde yer alan sedimanter çökelimlerin kumtaşı ve çakıltaşı seviyeleri ile bol kırıklı, çatlaklı ve yer yer karstik boşluklu Eosen ve Miyosen yaşlı kireçtaşı seviyeleri ile Kuvaterner yaşlı gevşek kum ve çakıl içeren alüvyondur.

Mayıs ve Eylül örnekleme dönemlerine ait bazı fiziksel ve kimyasal parametrelerin değerleri sırasıyla; pH (5.89 - 8.92) (5.91 - 8.49), elektriksel iletkenlik (EC) (158.62 – 3625.20) (139.81 – 2789.39) µS/cm, toplam çözünmüş katı madde (TÇKM) (122.57 – 2676.50) (119.78 – 2513.44) mg/L arasında değişmiştir.

Mayıs 2015 ve Eylül 2015 örnekleme dönemlerindeki bazı kimyasal parametreler sırasıyla; Cl^- 2.95 - 502.65, SO_4^{-2} 2.91 - 467.14, HCO_3^- 84.46-1971.85 Ca^{+2} 15.87 - 279.52, Na^+ 9.23 - 694.80, Mg^{+2} 3.82 - 114.43, K^+ 0.47 - 36.40; Cl^- 5.07 - 539.88, SO_4^{-2} 2.75 - 460.31, HCO_3^- 82.14 - 1837.58, Ca^{+2} 18.70 - 353.99, Na^+ 4.79 -783.81, Mg^{+2} 7.36 - 129.09, K^+ 0.31 - 42.69 mg/L arasında değer almıştır.

İnceleme kapsamındaki yeraltı suları hidrojeokimyasal açıdan dört farklı su kimyası özelliği gösterir. ö-13, ö-15, ö-21, ö-22, - ö35, ö-37 ve ö-39 numaralı sular Na-HCO_3, ö-19, ö-29, ö-54 ve ö-58 numaralı sular Mg-HCO_3, ö-31 ve ö-36 numaralı sular Na-Cl ve diğer su örnekleri ise Ca-HCO_3 su kimyası özelliğine sahiptir.

Hakim iyon dizilimleri; ö-3, ö-23, ö-48 ve ö-60 numaralı sularda $Ca^{+2}>(Na^{+}+K^{+})>Mg^{+2}$/ $HCO_3^{-}>SO_4^{-2}>Cl^{-}$;' ö-4, ö-5, ö-6, ö-9, ö-14, ö-16, ö-20, ö-24, ö-26, ö-28, ö-30, ö-40, ö-43, ö-44, ö-49 ve ö-57 numaralı sularda $Ca^{+2}>(Na^{+}+K^{+})>Mg^{+2}$/ $HCO_3^{-}>Cl^{-}>SO_4^{-2}$; ö-13, ö-15, ö-21, ö-35 numaralı sularda $(Na^{+}+K^{+})>Ca^{+2}>Mg^{+2}$/ $HCO_3^{-}>Cl^{-}>SO_4^{-2}$, ö-19, ö-41, ö-54, ö-58 numaralı sularda ise $Mg^{+2}>Ca^{+2}>(Na^{+}+K^{+})$ / $HCO_3^{-}>Cl^{-}>SO_4^{-2}$ şeklinde gelişmiştir.

İnceleme kapsamındaki (ö-1, ö-10, ö-11), (ö-19,ö-58), (ö-25, ö-27, ö32), (ö-5, ö-7, ö-8, ö-14, ö-16, ö-17, ö-20, ö-24, ö-25, ö-28, ö-30, ö-42, ö-44, ö-49), (ö-46, ö-50, ö-51, ö-52, ö-9) (ö-3 ve ö-6) numaralı suların kendi aralarında benzer iyon dizilimlerine sahip olmaları, bu suların aynı havzadan beslenen aynı veya benzer kökenli yeraltı suları olabileceğini gösterir.

ö-4, ö-18, ö-22, ö-29, ö-30, ö-33, ö-57 numaralı sular diğer sulara oranla daha uzun dolaşım sistemine dolayısıyla daha uzun süreli su kayaç etkileşimine sahiptir. Yeraltı sularının tamamı bütün örnekleme dönemleri boyunca jips, halit ve anhidrite doygun olmayıp, bunları çözebilme özelliği gösterir.

Yeraltı suları ö-4, ö-22, ö-33 ve ö-37 numaralı suların haricinde çok iyi - iyi kullanılabilir sulama suyu sınıfında yer alırlar.

ö-1, ö-2, ö-3, ö-4, ö-7, ö-8, ö-9, ö-10, ö-11, ö-12, ö-18, ö-24, ö-31, ö-32, ö-34, ö-35, ö-44, ö-45, ö-49, ö-53, ö-54, ö-55 ö-59, ö-60, ö-61 ve ö-62 numaralı yeraltı suları arsenik ve bor açısından yüksek risk içermektedir.

Yeraltı sularının kalitesi Tuz Gölü'ne yaklaştıkça ve inceleme alanının batı kesimine doğru gidildikçe düşüş gösterir. Tuzgölü'ne yakın konumda bulunan tatlı su akiferlerinin tuz içeriği artmıştır. Kırık sistemler ve gözenekli birimler boyunca etkili olan tuzlu su etkileşimi alüvyon akiferin litolojik özelliklerine göre de farklılıklar gösterir.

Bu çalışma kapsamında sunulan veriler inceleme alanının su yönetim plan ve esasları ile ilgili çalışmalarda kullanılabilir. Bu sayede bölgede yeraltı sularının daha verimli bir şekilde kullanımı sağlanarak ekolojik ve ekonomik zararlar azaltılabilir.

Bölgede yer alan ruhsatsız sulama kuyuları belirlenmeli, kontrol altında tutulmalı ve sürekli izlenmelidir.

KAYNAKLAR

Afşin, M. ve Baş, H., 1996. Hydrochemical evaluation of the Koçpınar springs (Aksaray). Geological Bulletin of Turkey, 39, 75-86.

Afşin, M., 2000. Determination of the origin of the Helvadere drinking springs by means of hydrochemical and isotopic techniques, Aksaray, Central Anatolia, Turkey. Environmental Geology, 39 (10), 1190-1196.

Afşin, M. ve Elhatip, H., 2000. Traverten çökelten Tuzlusu (Aksaray) sıcak ve mineralli su kaynaklarının hidrojeokimyasal ve izotopik açıdan incelenmesi. H.Ü. Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Bülteni, 22, 63-77, Ankara.

Afşin, M., Erdoğan, N., Gürdal, H., Gürel, A., Kavurmacı, M., Onak, A. ve Oruç, Ö., 2007. Orta Anadolu'daki sıcak ve mineralli suların ve travertenlerin hidrojeokimyasal ve izotopik incelenmesi ve suların tıbbî ve biyoiklimsel değerlendirilmesi. TÜBİTAK- ÇAYDAG 104Y197, 119 s. (Yayımlanmamış).

Aldworth J., 1998. Spatial Prediction, Spatial Sampling, and Measurement Error. Ph.D. Thesis, Iowa State University, Iowa, USA.

Aslan, Y., 2006. Aksaray ili içme sularının fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik olarak incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri enstitüsü, Niğde, 114 s.

Arıkan, Y., 1975. The geology and petroleum prospects of the Tuz Gölü Basin. Bulletin of the Mineral Research and Exploration Institute of Turkey, 85, 17 - 44.

Atabey, E., Tarhan, N., Yusufoğlu, H. ve Canpolat, M., 1988. Hacıbektaş, Gülşehir, Kalaba (Nevşehir) - Himmetdede (Kayseri) arasının jeolojisi, MTA Raporu, Derleme No. 8523, (yayımlanmamış).

Batum, J., 1978. Nevşehir Güneybatısındaki Göllüdağ ve Acıgöl Yöresi Volkanitlerinin Jeolojisi ve Petrografisi. Yerbilimleri Dergisi, C.4, S.1-2, 59-69.

Beekman, P. H., 1966. Hasandağı-Melendizdağı Bölgesindeki Pliyosen ve Kuvaterner Volkanizma Faaliyetleri. MTA Dergi, Ankara, 66, s; 88 - 104.

Bozdağ, A., 2010. Cihanbeyli (Konya) ve çevresinin hidrojeolojik, hidrokimyasal ve izotopik özelliklerinin incelenmesi. Selçuk Üniversitesi, Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 293 s.

Burçak, M., 2006. Aksaray Jeotermal Sahaları (Acıgöl-Ziga-Şahinkalesi) Jeotermal Isı Kaynaklarının Araştırılması ve Jeotermal Sistemlerin Kavramsal

Modellemesi. Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 85 s.

Choong, T.S.Y., Chuaha, T.G., Robiaha, Y., Gregory Koaya, F.L., ve Aznib, I., 2007. Arsenic toxicity, health hazards and removal techniques from water: an overview. Desalination 217, 139–166.

Clark I., 1979. Practical Geostatistics. London, Britain, Applied Science Publishers

Çemen, İ., Göncüoğlu, M.C. ve Dirik, K., 1999. Structural evolution of the Tuz Gölü Basin in Central Anatolia, Turkey. The Journal of Geology, 107/6: 693-706.

Çil, O.Ş., 2004. Aksaray Melendiz Çayı Ilısu-Kızılkaya sularının fiziko-kimyasal özellikleri ve çevresel etkilerin incelenmesi, Yüksek lisans tezi, Niğde Üni., Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde, 81 s.

Dellaloglu, A.A. ve Aksu, R., 1984. Kulu-Şereflikoçhisar-Aksaray dolayının jeolojisi ve petrol olanakları, TPAO Rapor No. 2020.

Demirel, H.B., 2012. Ziga (Aksaray) jeotermal sularının sürdürelebilirlik ve kaynak alanındaki travertenlerin termal turizm açısından değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aksaray, 88 s.

Derman, A.S., Rojay, B., Güney, H. ve Yıldız, M., 2000. Koçhisar-Aksaray fay zonu'nun evrimi hakkında yeni veriler. Haymana-Tuzgölü-Ulukışla basenlerinin uygulamalı çalışması. Bildiri Özleri, 1, Aksaray.

Dirik, K. ve Göncüoglu, M.C., 1996. Neotectonic characteristics of central Anatolia. International Geology Review, 38(9), 807-817.

Doğan, L., 1981. Hidrojeolojide su kimyası, DSİ, yayın no, 906, özel no, 93.

Doğdu, M.Ş., 1995. Melendiz Havzası (Aksaray) hidrojeoloji incelemesi, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 112 s.

Duffus, J. H., 2002. Heavy metals a meaningless term? (IUPAC Technical Report), Pure and Applied Chemistry, Vol. 74, pp. 793-807

Duru, G., 2006 Ziga-Yaprakhisar (Aksaray) sıcak ve mineralli kaynak alanlarındaki traverten çökeliminde etkili olan faktörlerin su kimyası ve izotopik yöntemlerle belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde, 134 s.

Erler, A. ve Bayhan, H., 1995. Orta Anadolu Granitoidlerin genel değerlendirilmesi ve sorunları. Yerbilimleri, 17, 49-67.

Eroğlu, M., 2012. Aksaray ili merkez ilçesinin yüzey ve yeraltı su potansiyelinin ve su kalite parametrelerinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Aksaray üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aksaray, 58 s.

Erol, O., 1969. Tuzgölü Havzasının jeolojisi ve jeomorfolojisi. Tübitak Raporu (Yayınlanmamış).

ESRİ, 2012. ArcMap 10.1 Help File. Online, http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.1/ Accessed October 25, 2015

EU, 1998. İnsani Tüketim Amaçlı Suyun Kalitesi Hakkında 3 Kasım 1998 tarih ve 98/83/EC Sayılı konsey direktifi

Fetter, C.W., 1988. Applied Hydrogeology. 2th Edition, Columbia S.C., Merrill Publishing Company, 592 p.

Garcia, M.G., Hidalgo, M. ve Blesa, M.A. 2001. Geochemistry of groundwater in the alluvial plain of Tucum´an province, Argent ina. Hydrogeology Journal 9: 597–610.

Gevrek, A.İ., 1997. Aksaray doğusu Ihlara Derinkuyu yöresindeki volkanik lastiklerin sedimantolojisi, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 178 s.

Gibbs, R.J. 1970. Mechanisms controlling world water chemistry. Science 17:1088–1090.

Göçmez, G., 1994. Aksaray sıcak ve mineralli su kaynaklarının hidrojeoloji incelemesi, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 281s.

Gökçe, A., 2000. Maden yatakları, Cumhuriyet Üniversitesi Yayınları, no:85, s:248.

Göncüoğlu, M. C., Toprak, V., Kuşçu, İ., Erler, A., ve Olgun, E., 1991. Orta Anadolu Masifi batı bölümünün jeolojisi, Bölüm 1: Güney Kesim. TPAO Rapor No: 2909.

Göncüoğlu, M. C., Dirik, K., Erler, A., Yalınız, K., Özgül, L. ve Çemen, İ. 1996. Tuzgölü havzası batı kısmının temel jeolojik sorunları. TPAO Rapor No: 3753 (Yayınlanmamış).

Göncüoğlu, M.C., Yalınız, K., Parlak, O. ve Floyd, P. A., 1997. Orta Anadolu Ofiyolitlerinin Genel Jeolojik özellikleri (Ç. Ü. Jeo. Müh. Egtm. 20. Yılı Sempozyumu Bildiri Özleri, Adana, 1997) 59-60 s.

Görür, N. ve Derman, A.S., 1978. Tuz Gölü-Haymana Havzasının stratigrafik ve tektonik analizi, TPAO Rapor No. 1514.

Görür, N., Oktay, F., Seymen, I. ve Şengör, A.M.C., 1984. Paleotectonic evolution of Tuzgölü basin complex, central Turkey, In Dixon, J.E., and Robertson, A.H.F., eds. The geological evolution of the eastern Mediterranean Spec. Publ. Geol. Soc., 17, 81-96.

Güler Ç., 1997. Su kalitesi. Sağlık Bakanlığı, çevre sağlığı temel kaynak dizisi, no:43, Ankara, 95 s.

Güllü, B., 2003. Mamasun Yöresi (Aksaray) Magmatik Kayalarının Jeolojik, Petrografik ve Jeokimyasal İncelemesi. Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde, 164 s.

Güllü, Ö., 2003. Mamasun (Aksaray) barajı ve civarındaki akarsuların kirletici parametrelerinin baraj gölü su kalitesi üzerindeki etkilerinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde, 45 s.

Gürbüz, A., 2012. Tuzgölü havzası'nın Pliyo-Kuvaterner'deki tektono-sedimanter evrimi. Ankara Üniversitesi, Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 130 s.

Helvacı, C., 2003. Türkiye borat yatakları; jeolojik konumu, ekonomik önemi ve bor politikası, BAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 5.1., 4 - 41 s.

Hem, J. D., 1985. Study and ınterperation of the chemical characteristics of natural water, USGS Water Supply Paper 2254., U. S. Gov. Print Office, 263 p.

Hınıs, M., 2007, Aksaray İli İçme Suyu Kaynaklarının Arıtma Öncesi Organik Madde Miktarı Bakımından İncelenmesi ve Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 86 s.

IAH (International Association of Hydrogeologists), 1979. Map of mineral and thermal water of Europe. Scale 1:500,000, United Kingdom, 75 s.

Işık, M., Altaş, L. ve Kavurmacı, M., 2008. Aksaray Su Kaynaklarının Arsenik Açısından Değerlendirilmesi, Su - Enerji- Sağlık Sempozyumu, 20 - 23 Ekim 2008, Aksaray.

Kadıoğlu, Y.K., 1991. Geology, petrography and geochemistry of Ağaçören (Aksaray) magmatic rocks. Yüksek Lisans Tezi, O.D.T.U., Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 141 s.,

Karadavut, İ.S., 2007. Melendiz havzası yüzey ve yeraltı suyu kirliliğinin araştırılması, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 132 s.

Karadavut, S., 2009. Aksaray bölgesi yerüstü ve yeraltı su kaynaklarının potansiyeli kalitesi ve etkin sulama açısından değerlendirilmesi. Doktora Tezi, Namıkkemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 88 s.

Kavurmaci, M.M., 2013. Şereflikoçhisar havzası yeraltı sularının hidrojeolojik ve hidrokimyasal açıdan incelenmesi ve bölgedeki tuzlusu girişiminin çevresel etkilerinin araştırılması. Doktora Tezi, Aksaray Üniversitesi, Aksaray, 232 s.

Kavurmacı, M., 2016. Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) Kullanılarak Sıvılaşma Riskinin Değerlendirilmesi: Aksaray Örneği, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Doi: 10.5505/pajes.2016.62534

Kavurmacı, M., Elhatip, H., Karadavut, S., Kurmaç, Y., Altaş, L. ve Işık, M., 2008. Aksaray İli Yeraltı Sularının Hidrojeokimyasal Özellikleri ve Su Kalitesinin Değerlendirilmesi, Su - Enerji- Sağlık Sempozyumu, 20 - 23 Ekim 2008, Aksaray.

Kavurmacı, M. ve Demircioğlu, R., 2009. "Aksaray İli Göletleri Üzerine Limnolojik Bir Araştırma Ve Su Kalitesinin Değerlendirilmesi", 62. Türkiye Jeoloji Kurultayı,13 - 17 Nisan 2009, Ankara.

Kavurmacı, M., Güllü, Ö., Kurmaç, Y., Altaş, L., Işık M. ve Özcan S., 2009. Aksaray İli Yeraltı Suyu Verilerinin Coğrafi Bilgi Sistemi ile Değerlendirilmesi, IX.Ekoloji ve Çevre Kongresi, 7 - 10 Ekim 2009, Nevşehir.

Kavurmacı, M., 2010. Aksaray İli Yeraltı Sularının Korozif Etkinlik Dağılımının Coğrafi Bilgi Sistemi Kullanılarak Belirlenmesi, 63. Türkiye Jeoloji Kurultayı, 5 - 9 Nisan 2010, Ankara.

Kavurmacı, M., 2011. Tuz Gölü Havzasının Güneydoğu Kesimindeki Yeraltı Sularında Karbondioksit Yayılımının ve Çevresel Etkilerinin Belirlenmesi, 64. Türkiye Jeoloji Kurultayı, 25 - 29 Nisan 2011, Ankara.

Kavurmacı, M. ve Üyümez, M., 2015. Aksaray İli İçme Suyu Kaynaklarının Hidrokimyasal Özellikleri ve Ağır Metal Kirliliği Açısından Değerlendirilmesi, 2. Tıbbi Jeoloji Sempozyumu, 12-15 Kasım 2015, Konya.

Kavurmaci, M., ve Üstün, A. K. 2016. Assessment of groundwater quality using DEA and AHP: a case study in the Sereflikochisar region in Turkey. Environmental Monitoring and Asessment, 188(4), 1-13.

Ketin, İ., 1963. 1/500 000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası, Kayseri Paftası İzahnamesi. M.T.A. Yayını, 83 s

Kurmaç, Y., 2003. Aksaray-Uluırmak'ta su kalitesi tespiti ve iyileştirilmesine yönelik araştırmalar, Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 97 s.

Kürçer, A., Gökten, Y.E. ve Yeleser, L., 2012. Tuz Gölü Fay Zonu'nun paleosismolojisi, Orta Anadolu, Türkiye, 65. Türkiye Jeoloji Kurultayı, 4 Nisan 2012, Ankara.

Lahn, E., 1940. Niğde Vilayetinin Aksaray Kazasında Yapılan Maden Araştırmalarına Dair Rapor, MTA Rapor No: 1207, Ankara.

Langelier, W.F. ve Ludwig, H.F. 1942. Graphical methods for indicatingthe mineral character of natural waters. Journ Amer Water Works Assoc., 34 , p 335–352.

Maya, A.L., Loucks, M.D. 1995. Solute and isotopic geochemistry and groundwater flow in the Central Wasatch Range, Utah. J. Hydrol., 172: 31–59.

Mayback, M. 1987. Global chemical weathering of surficial rocks estimated from river dissolved loads. Am Journal Science, 287: 401–428.

MTA 2005. 1/100 000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası serisi K32 paftası, Ankara.

Okay, A.C., 1954. Kayseri-Niğde Tuz Gölü arasında jeolojik etüt MTA Rap., No: 2252, Ankara

Oliver, M.A., 1990. “Kriging: A method of interpolation for geographical information systems”. International Journal of Geographic Information Systems, 4: 313–332.

ÖÇKB, 2010. Tuz Gölü özel çevre koruma bölgesi su kaynakları yönetim planı sonuç raporu, Özel Çevre Koruma Kurulu Başkanlığı yayınları, Ankara, 279 s.

Özaydın, C.M., 2004. Aksaray katı atık sahasındaki yeraltı suyu kirlenmesinin jeoelektrik ve hidrokimyasal yöntemlerle belirlenmesi, Yüksek lisans tezi, Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde, 115 s.

Özcan, S., 2009. Aksaray-Doğantarla ve Konya-Kulu bölgelerinde üst miyosen yaşlı jeolojik serilerin sedimantolojik ve mineralojik incelenmesi, Yüksek lisans tezi, Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde, 119 s.

Özdemir, N., 2007. Ihlara kasabasının zemin özelliklerinin jeolojik-jeoteknik-jeofizik yömtemlerle incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi, Niğde, 56 s.

Pasquare, G., Poli, S., Vezzoli, L. ve Zanchi, A. 1988. Continental arc volcanism and tectonic setting in Central Anatolia, Turkey. Tectonophysics, 146 (1), 217-230.

Sarkar, B., (Editor), 2002. Heavy metals in the environment, Bhattacharya, P., Jacks, G., Frisbie, S.H., Smith, E., Naidu, R., Sarkar, B., “Arsenic in the environment: A Global Perspective” Marcel Dekker, Inc. New York, USA.

Seymen, İ., 1981. Kaman (Kırşehir) Dolayında Kırşehir Masifinin Stratigrafisi ve Metamorfizması. TJK Bülteni, 24, 2, 101-108.

SKKY, 2008. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde değişiklik yapılmasına dair yönetmelik. Resmi Gazete, 13 Şubat 2008, sayı: 26786, Ankara.

Şahinci, A., 1991. Doğal suların jeokimyası. Reform Matbaası, İzmir, 548 s.

Şaroğlu, F., Emre, Ö. ve Boray, A., 1987. Türkiye’nin diri fayları ve depremsellikleri. MTA rapor no: 8174, 394 s.

Şengör, A., Görür, N. ve Saroğlu, F., 1985. Strike-Slip faultinf and related basin formation ın zones of tectonic escape: Turkey as case study, in Bittle, K.T. and Christe-Blick, N. (eds.), strike slip formation and sedimentation. Soc. Economic Paleontologist and Mineralogists, Special Publication, 37, 227-265.

Taşpınar, M., 2015. Ihlara Vadisi (Aksaray) boyunca kaya düşmelerinin değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Aksaray Üniversitesi, Aksaray, 69 s.

Tercan, A.E. ve Saraç, C., 1998. Maden Yataklarının Değerlendirilmesinde Jeoistatistiksel yöntemler. TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, 48, Ankara, Türkiye.

Toprak, V. ve Göncüoğlu, M. C., 1993. Tectonic control on the development of Neogene-Quaternary Central Anatolian volcanic province, Turkey. Geological Journal, 28, 357-369.

Turkish Gulf Oil, 1961. Regional geology and petroleum researches in the Tuzgölü basin in Central Anatolia. Petroleum activities in 1961, Petrol Dairesi Nesriyati, Ankara, No: 6, 31-34.

Türker, H.Ö., 2006. Sarıkaya (Yozgat) sıcak ve mineralli sularının hidrojeokimyasal incelemesi. Yüksek lisans tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Tüysüz, N., ve Yaylalı, G., 2005. Jeoistatistik Kavramlar ve Bilgisayarlı Uygulamalar. Karadeniz Teknik Üniversitesi matbaası, yayın no:220, Trabzon, 381 s.

Ulu, Ü., Bulduk, A. K, Saçlı, L., Ekmekçi, E., Taşkıran, M. A., Karakaş, M., Adır, M., Öcal, H., Sözeri, Ş., Arbaş, A. ve Karabıyıkoğlu, M., 1994. İnlice-Akkise ve Cihanbeyli-Karapınar alanının jeolojisi. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Derleme Rapor No: 9720, Ankara.

US Salinity Laboratory Staff, 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. US Department of Agriculture, Handbook No. 60, pp: 160.

Uyar, H., 2005. JEOVAR3: jeoistatistiksel variogram analizleri ve Kriging teknikleri bilgisayar yazılımı. Hacettepe Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 81 s.

Uygun, A., Yaşar M., Erkan, M. C, Baş, H., Çelik, E., Aygün, M., Bilgiç, T., Kayakıran, S. ve Ayok, F., 1982. Tuzgölü Havzası projesi. Cilt 2. MTA Raporu (Yayınlanmamış).

Ünlütürk, H., 2000. Tuz Gölü Haymana Havzası'nın yeniden değerlendirilmesi. TPAO rapor no: 4082, Ankara.

Üyümez, M., 2016. Aksaray İli İçme Suyu Kaynaklarının Hidrokimyasal Özellikleri ve Ağır Metal Kirliliği Açısından Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aksaray, 97 s.

Yeşilyurt, F.İ., 1999. Hasandağ batısı (Aksaray) Kuvaterner volkanitlerinin mineralojisi ve petrografisi. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 149 s.

Yıldız, M., Yeken, T. ve Onak, A., 2002. Aksaray civarının jeolojisi ve Aksaray belediyesi Bahçeli kent toplu konut alanı zemin özelliklerinin jeofizik ve jeoteknik değerlendirmesi. Aksaray Belediyesi teknik rapor, 41s. (Yayınlanmamış).

Yıldızhan, F., 2007. Aksaray ili Holosen yaşlı çökellerin jeolojik-jeoteknik incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde, 98 s.

Yilmaz, H. M., Yakar, M., Mutluoglu, O., Kavurmaci, M. M. ve Yurt, K. (2012). Monitoring of soil erosion in Cappadocia region (Selime-Aksaray-Turkey). Environmental Earth Sciences, 66 (1), 75-81.

Zengin, E., 2014. Aksaray ilindeki jeotermal enerji kaynaklarının potansiyeli ve ısıtma sisteminde kullanımına yönelik araştırmalar, Yüksek Lisans Tezi, Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aksaray, 70 s.

WHO, 2012. Arsenic, fact sheet No 372. Geneva: World Health Organization.

Wilcox, L.V., 1955. Classification and use of irrigation waters. US. Department of Agriculture Circular No. 969.

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı **:** Beyza Begüm TEKOCAK YARDIMLI

Doğum Tarihi ve Yeri: 27.10.1988 / Aksaray

E-posta adresi **:** begumtekocak@hotmail.com

EĞİTİM BİLGİLERİ (Kurum ve Yıl)

Lisans **:** Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 2013

Yüksek Lisans **:** Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, 2017

Doktora **: -**

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLERİ

2012-2013 UNIVERSITA DEGLI STUDI DEL SANNIO (İTALYA- ERASMUS)

2010 AKSARAY BELEDİYESİ STAJ (45 İŞ GÜNÜ)

2010-2008 SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ