



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

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ESKİL OVASINDAKİ YERALTI SU KAYNAKLARININ
HİDROJEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Sümeyya Gül BALABAN

DANIŞMAN

Prof. Dr. Mustafa Murat KAVURMACI

AKSARAY, 2024

Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 222302715 numaralı Yüksek Lisans öğrencisi Sümeyya Gül BALABAN tarafından hazırlanan “**ESKİL OVASINDAKİ YERALTI SU KAYNAKLARININ HİDROJEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ**” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Mustafa Murat KAVURMACI

Aksaray Üniversitesi

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

.....

Üye: Dr. Öğretim Üyesi Özlem GÜLLÜ

Aksaray Üniversitesi

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

.....

Üye: Dr. Öğretim Üyesi Uğur Erdem DOKUZ

Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi

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

.....

Tez Savunma Tarihi: 27/05/2024

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

.....

Prof. Dr. Mehmet Ali HINIS

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

DOĞRULUK BEYANI

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

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

Sümeyya Gül BALABAN

TEŞEKKÜR

Tez çalıőmalarım s¼recinde, mesleki bilgi, öneri ve yorumlarımı esirgemeyen Aksaray Üniversitesi Jeoloji (Hidrojeoloji) M¼hendislięi ğretim üyelerine, çalıőmalarım sırasında her t¼rl¼ olanağı sağlayan, mesleki birikimlerimin oluşmasında önemli katkıları olan evre Araőtırmaları Daire Başkanlığı baőta olmak üzere MTA Genel M¼d¼rl¼ę¼'ne, t¼m eğitim hayatım boyunca beni destekleyen, her zaman yanımda olan ilk ğretmenim canım babama, emektar canım anneme ve beni her zaman y¼reklendiren kıymetli eőime,

Teőekk¼r ederim.

S¼meyya G¼l BALABAN
AKSARAY, 2024

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
1. GİRİŞ	1
1.1 Çalışmanın Amacı ve Önemi	1
1.2 İnceleme Alanı	2
1.3 Bölgenin Coğrafi Özellikleri	3
1.4 Bölgenin Tarım Özellikleri	3
2. MATERYAL VE YÖNTEM.....	5
2.1 Veri Toplama ve Yöntem	5
2.2 Arazi Çalışmaları.....	5
2.3 Laboratuvar Çalışmaları	5
2.4 Büro Çalışmaları.....	6
2.5 Önceki Çalışmalar	6
3. BÖLGESEL JEOLJİ.....	11
3.1 Genel Jeoloji.....	11
3.2 Stratigrafi.....	14
3.2.1 Orta Anadolu kristalen kompleksi	14
3.2.2 Kartal formasyonu	14
3.2.3 Asmaboğazı formasyonu	15
3.2.4 Çaldağ formasyonu	15
3.2.5 Karapınaryaylası formasyonu	16
3.2.6 Yassıpur formasyonu	17
3.2.7 Koçhisar formasyonu.....	17
3.2.8 İnsuyu formasyonu	19
3.2.9 Cihanbeyli formasyonu.....	19
3.2.10 Tuzgölü formasyonu.....	19
3.2.11 Alüvyon	20
3.3 İnceleme Alanı Jeolojisi	21
3.4 İnceleme Alanı Stratigrafisi.....	22
3.4.1 İnsuyu formasyonu	23
3.4.2 Tuzgölü formasyonu.....	23
3.4.2.1 Yeşilova üyesi	24
3.4.2.2 Alibekagılı üyesi	24
3.4.2.3 Bataklık üyesi.....	24
3.4.3 Alüvyon	24
3.5 Yapısal Jeoloji	25
4. HİDROJEOLJİ.....	28
4.1 Hidrojeolojik Özellikler	28
4.1.1 Geçirimli birimler	29
4.1.2 Yarıgeçirimli birimler.....	29
4.1.3 Geçirimsiz birimler.....	29
4.2 Su Kaynakları	31
5. SULARIN HİDROJEOKİMYASAL DEĞERLENDİRİLMESİ	33

5.1 Suların Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.....	36
5.2 Suların İyon Özellikleri ve Dağılımları.....	41
5.3 Suların Sınıflandırılması ve Grafıksel Gösterimleri.....	57
5.4 Suların Sulamada Kullanım Özelliklerine Göre Sınıflandırılması.....	60
5.4.1 ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramı	63
5.4.2 Wilcox diyagramı	65
5.4.3 Sodyum adsorbsiyon oranı (SAR).....	67
5.4.4 Sodyum yüzdesi (%Na).....	67
5.5 Suların Doygunluk İndisleri	69
5.6 Suların Ağır Metal İçerikleri	72
6. ÖRNEKLEME NOKTALARINA AİT SU KİMYASI ANALİZ	
SONUÇLARININ İSTATİSTİKSEL DEĞERLENDİRİLMESİ.....	76
7. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	95
KAYNAKLAR	97
ÖZGEÇMİŞ.....	104



YÜKSEK LİSANS TEZİ

ESKİL OVASINDAKİ YERALTI SU KAYNAKLARININ HİDROJEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Sümeyya Gül BALABAN

Aksaray Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mustafa Murat KAVURMACI

ÖZET

Bu çalışmada Eskil (Aksaray) ovasındaki yeraltı su kaynaklarının hidrojeolojik ve hidrokimyasal özellikleri araştırılmıştır. Çalışma alanı Tuz Gölü'nün güneyinde yer alır. Araştırma kapsamında bölgenin jeolojik, tektonik ve stratigrafik özellikleri de incelenmiştir. Çalışma alanının temelinde Orta Anadolu Kristalen Kompleksi kaya birimi yer almaktadır. Çalışma alanındaki akiferleri oluşturan en önemli birimler Paleozoyik yaşlı Orta Anadolu Metamorfitlerine ait mermerlerdir. Bu birim içerisinde düşey yönde gelişen faylı, kırıklı ve karstik-boşluklu kesimler hidrojeolojik açıdan yüksek bir geçirimsizlik yaratmıştır. Üst Kretase dönemine ait Orta Anadolu Granitoidleri geçirimsiz olmasına rağmen alterasyon nedeniyle kırılma geçirmiştir. Bu birimler faylı ve kırıklı üst kuşaklarda geçirimsiz olup bölgede zayıf akifer sistemleri oluşturmaktadır. Kuvaterner yaşlı konglomera ve kumtaşı tabakaları geçirgen özelliğe sahiptir.

Yeraltı sularının hidrojeokimyasal özelliklerini araştırmak için Ekim 2015 ve Nisan 2023 dönemlerinde 15 farklı su kuyusundan örnekleme çalışmaları gerçekleştirilmiştir. İnceleme alanında yeraltı sularının fiziksel ve kimyasal parametre değerleri sırasıyla pH 6,8 – 8,18, elektriksel iletkenlik (EC) 717.92 – 1831 μ S/cm, toplam çözünmüş katı madde (TÇKM) 604 – 1553,8 mg/L arasında değişim gösterir. Yeraltı suları Na-Cl, Na-HCO₃, Ca-HCO₃, Mg-HCO₃ ve Ca-Cl tip fasiyes özelliğine sahiptir. Analiz sonuçları, Tuz Gölü'nden uzaklığa bağlı olarak yeraltı suyunun su tipinin NaCl'den NaHCO₃ ve CaHCO₃ fasiyesine doğru değiştiğini göstermiştir. NaCl ve CaHCO₃ tip fasiyes özelliği gösteren suların farklı oranlarda karışmaları sonucu bölgede farklı tipte su fasiyesleri gelişmiştir. İnceleme alanındaki tarımsal faaliyetler kirlilik ve su kullanımı açısından denetim altında tutulmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Tuz Gölü, Yeraltı Suyu, Hidrojeokimya, Su Kalitesi, Tuzluluk

Mayıs, 2024; 104 sayfa

M.Sc. THESIS

HYDROGEOCHEMICAL PROPERTIES OF GROUNDWATER RESOURCES IN ESKİL PLAIN

Sümeyya Gül BALABAN

**Aksaray University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Geological Engineering**

Supervisor: Prof. Dr. Mustafa Murat KAVURMACI

ABSTRACT

In this study Hydrogeological and hydrochemical characteristics of underground water resources in Eskil (Aksaray) plain were investigated. The study area is located in the south of Lake Tuz. Within the scope of the research, the geological, tectonic and stratigraphic features of the region were also examined. The Central Anatolian Crystalline Complex rock unit is located on the base of the study area. The most important units that created the aquifers in the study area are marbles belonging to Central Anatolia Metamorphites of Palaeozoic age. Faulted, fractured, and karstic-hollowed sections, which developed vertically in this unit created a high permeability in terms of hydrogeology. Although the Central Anatolia Granitoids of the Upper Cretaceous period are impermeable, they became fragile due to alterations. These units are permeable in the faulted and fractured upper belts and forms weak aquifer systems in the region. The Quaternary aged conglomerate and sandstone layers have permeable properties.

In order to investigate the hydrogeochemical properties of groundwater, sampling studies were carried out from 15 different water wells in October 2015 and April 2023. The physical and chemical parameter values of groundwater in the study area vary between pH 6,8 – 8,18, electrical conductivity (EC) 717.92 – 1831 μ S/cm, total dissolved solids (TDSM) 604 – 1553,8 mg/L, respectively. Groundwaters have Na-Cl, Na-HCO₃, Ca-HCO₃, Mg-HCO₃ and Ca-Cl type water facies. Analysis results showed that depending on the distance from the LT, the water type of groundwater change from NaCl to NaHCO₃ and CaHCO₃ facies. Different types of water facies have developed in the region as a result of the mixing of NaCl and CaHCO₃ type waters at different rates. Agricultural activities in the study area should be kept under control in terms of pollution and water use.

Keywords: Lake Tuz, Groundwater, Hydrogeochemistry, Water Quality, Salinity

May, 2024; 104 pages

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Çalışma alanı yer bulduru haritası.	2
Şekil 1.2. Aksaray ilinin arazi kullanım haritası.....	4
Şekil 3.1. İnceleme alanı stratigrafik dikme kesiti.....	12
Şekil 3.2. Karapınaryaylası formasyonuna ait kumtaşı birimleri.	16
Şekil 3.3. Yassıpur formasyonuna ait jips birimleri.	17
Şekil 3.4. Koçhisar formasyonuna ait kumtaşı birimleri.	18
Şekil 3.5. Tuz Gölü'nden görünüm.....	21
Şekil 3.6. Çalışma alanı jeoloji haritası	21
Şekil 3.7. İnceleme alanının GB-KD yönlü jeolojik enine kesiti.	22
Şekil 3.8. Çalışma alanı civarı stratigrafisi	22
Şekil 3.9. Orta Anadolu sadeleştirilmiş tektonik harita	25
Şekil 4.1. Çalışma alanı hidrojeoloji haritası.	28
Şekil 5.1. Örneklem noktaları EC-TÇKM-Ph ilişkisi grafiği (Ekim 2015).	37
Şekil 5.2. Örneklem noktaları EC-TÇKM-Ph ilişkisi grafiği (Nisan 2023).	38
Şekil 5.3. Örneklem noktaları TÇKM-EC ilişkisi grafiği.	39
Şekil 5.4. Çalışma alanındaki örneklerin ait Gibbs-1 diyagramı.	40
Şekil 5.5. Çalışma alanındaki örneklerin Gibbs-2 diyagramı	41
Şekil 5.6. Örneklem noktalarının dönemsel iyon dağılım diyagramları	42
Şekil 5.7. Örneklem noktaları Na ⁺ -toplam iyon dağılım grafiği.....	44
Şekil 5.8. Örneklem noktaları Na ⁺ -Cl ⁻ dağılım grafiği.	45
Şekil 5.9. Örneklem noktalarına ait Na ⁺ -HCO ₃ ⁻ grafiği.	46
Şekil 5.10. Örneklem noktalarına ait Na ⁺ -Ca ⁺² grafiği.	46
Şekil 5.11. Örneklem noktalarına ait SO ₄ ⁻² - Cl ⁻ grafiği.	47
Şekil 5.12. Örneklem noktalarına ait SO ₄ ⁻² - toplam iyon grafiği.....	48
Şekil 5.13. Örneklem noktalarına ait Ca ⁺² -SO ₄ ⁻² grafiği.....	49
Şekil 5.14. Örneklem noktalarına ait Ca ⁺² - HCO ₃ ⁻ grafiği.....	50
Şekil 5.15. Örneklem noktalarına ait Ca ⁺² - toplam iyon grafiği.	50
Şekil 5.16. Örneklem noktalarına ait Ca ⁺² - Mg ⁺² toplam iyon grafiği.....	51
Şekil 5.17. Örneklem noktalarına ait Mg ⁺² - toplam iyon grafiği.....	51
Şekil 5.18. Ca ⁺² iyonu dönemsel dağılım grafiği.....	52
Şekil 5.19. Mg ⁺² iyonu dönemsel dağılım grafiği.....	53
Şekil 5.20. Na ⁺ iyonu dönemsel dağılım grafiği.....	53
Şekil 5.21. K ⁺ iyonu dönemsel dağılım grafiği.....	54
Şekil 5.22. Cl ⁻ iyonu dönemsel dağılım grafiği.	54
Şekil 5.23. SO ₄ ⁻² iyonu dönemsel dağılım grafiği.	55
Şekil 5.24. HCO ₃ ⁻ iyonu dönemsel dağılım grafiği.	55
Şekil 5.25. İnceleme alanındaki suların Piper diyagramı	58
Şekil 5.26. Yeraltı sularının yarı logaritmik Schoeller diyagramları.....	59
Şekil 5.27. İnceleme alanındaki suların ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramı	64
Şekil 5.28. İnceleme alanındaki suların Wilcox diyagramı	66
Şekil 5.29. Örneklem noktaları doygunluk indisi grafiği (Ekim 2015).	71
Şekil 5.30. Örneklem noktaları doygunluk indisi grafiği (Nisan 2023).....	71
Şekil 5.31. İnceleme alanındaki suların ağır metal dağılım grafiği (Ekim 2015).....	73
Şekil 5.32. İnceleme alanındaki suların ağır metal dağılım grafiği (Nisan 2023).	73
Şekil 6.1. Toplam anyon - elektriksel iletkenlik grafiği (Ekim 2015).	78
Şekil 6.2. Toplam katyon - elektriksel iletkenlik grafiği (Ekim 2015).....	78
Şekil 6.3. Toplam anyon - elektriksel iletkenlik grafiği (Nisan 2023).	79
Şekil 6.4. Toplam katyon - elektriksel iletkenlik grafiği (Nisan 2023).	79

Şekil 6.5. Toplam anyon - toplam katyon grafiği (Ekim 2015).....	80
Şekil 6.6. Toplam anyon - toplam katyon grafiği (Nisan 2023).....	80
Şekil 6.7. Dönemsel EC değerleri grafiği (Ekim 2015-Nisan 2023).....	81
Şekil 6.8. Dönemsel EC dağılım haritaları (Ekim 2015-Nisan 2023).	82
Şekil 6.9. Dönemsel pH dağılım haritaları (Ekim 2015-Nisan 2023).....	83
Şekil 6.10. Cl ⁻ iyonu dönemsel değişim grafiği (Ekim 2015-Nisan 2023).....	84
Şekil 6.11. Cl ⁻ iyonu dönemsel dağılım haritaları (Ekim 2015-Nisan 2023).	85
Şekil 6.12. Na ⁺ iyonu dönemsel değişim grafiği (Ekim 2015-Nisan 2023).	86
Şekil 6.13. Na ⁺ iyonu dönemsel dağılım haritaları (Ekim 2015-Nisan 2023).	87
Şekil 6.14. SO ₄ ⁻² iyonu dönemsel değişim grafiği (Ekim 2015-Nisan 2023).....	88
Şekil 6.15. SO ₄ ⁻² iyonu dönemsel değişim grafiği (Ekim 2015-Nisan 2023).....	89
Şekil 6.16. Ca ⁺² iyonu dönemsel dağılım haritası (Ekim 2015-Nisan 2023).....	90
Şekil 6.17. Mg ⁺² iyonu dönemsel dağılım haritası (Ekim 2015-Nisan 2023).	91
Şekil 6.18. HCO ₃ ⁻ iyonu dönemsel dağılım haritası (Ekim 2015-Nisan 2023).	92
Şekil 6.19. Örnekleme noktaları dendrogram diyagramı (Ekim 2015).	93
Şekil 6.20. Örnekleme noktaları dendrogram diyagramı (Nisan 2023).....	94

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 5.1. İnceleme alanındaki suların Ekim 2015 örnekleme dönemine ait su kimyası analiz sonuçları.	34
Çizelge 5.2. İnceleme alanındaki suların Nisan 2023 örnekleme dönemine ait su kimyası analiz sonuçları.	35
Çizelge 5.3. İnceleme alanındaki örnekleme noktalarına ait su analiz sonuçlarının dönemsel iyon dizilimi ve su tipi değişimi.....	36
Çizelge 5.4. Örnekleme noktalarına ait dönemsel iyon oranları.....	56
Çizelge 5.5. Çalışma alanında sulama amaçlı kullanılan suların değerlendirme parametreleri (Ekim 2015).	61
Çizelge 5.6. Çalışma alanında sulama amaçlı kullanılan suların değerlendirme parametreleri (Nisan 2023).....	62
Çizelge 5.7. İnceleme alanındaki suların ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramına göre sınıflaması.	65
Çizelge 5.8. SAR değerine göre suların sınıflandırma kriteri.....	67
Çizelge 5.9. Sulama suyu kalite parametreleri FAO.....	69
Çizelge 5.10. Ekim 2015 örnekleme dönemine ait doygunluk indisi sonuçları.	70
Çizelge 5.11. Nisan 2023 örnekleme dönemine ait doygunluk indisi sonuçları.....	70
Çizelge 5.12. İnceleme alanındaki suların ağır metal analiz sonuçları (Ekim 2015)	74
Çizelge 5.13. İnceleme alanındaki suların ağır metal analiz sonuçları (Nisan 2023)	75
Çizelge 6.1. Su kimyası analiz sonuçlarının tanımlayıcı istatistiksel bilgileri.	76
Çizelge 6.2. Örnekleme noktaları dönemsel su fasiyes değişimi.....	77

SİMGELER VE KISALTMALAR

AIH	Uluslararası Hidrojeologlar Birliği
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
EC	Elektriksel İletkenlik
G.G.	Geçirimli Birim
G.Y.	Yarı Geçirimli Birim
G.Z.	Geçirimsiz Birim
ICP-MS	İndüktif Eşleşmiş Plazma / Kütle Spektrometresi
ICP-OES	İndüktif Eşleşmiş Argon Plazma-Optik Emisyon Spektrometresi
MAT	Maden Analizleri ve Teknolojileri
meq/l	Litrede Miliekivalen Değeri
mg/l	Litrede Miligram
MTA	Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
OAKK	Orta Anadolu Kristalen Kompleksi
T.Ç.K.M.	Toplam Çözünmüş Katı Madde
T.G.F.Z.	Tuz Gölü Fay Zonu
°C	Santigrat Derece
%	Yüzde

1. GİRİŞ

1.1 Çalışmanın Amacı ve Önemi

Ankara, Konya ve Aksaray'ın kesişme noktasında bulunan Tuz Gölü İç Anadolu Bölgesi'nde bulunmaktadır. Tuz Gölü yüzölçümü bakımından Türkiye'nin 2. büyük gölüdür ve ülkenin tuz ihtiyacının % 40'nı sağlar. Dünyanın en tuzlu ve en sığ göllerinden birisi olan Tuz Gölü ve çevresi jeolojik ve hidrojeolojik özelliklerinden dolayı günümüze kadar birçok araştırmacının ilgisini çekmiştir. Bu çalışmaların birçoğu Tuz Gölü suyunun kimyası, tuz oluşumlarının mineralojik ve petrografik özellikleri, göl çevresinde bulunan tarımsal alanların gölden etkileşimi ve göl havzasında bulunan tatlı su kaynaklarının su kalite değişimleri üzerinde yoğunlaşmıştır. Günümüzde dünya genelinde değişen iklim koşulları, yağışların azalması, kuraklık ve küresel ısınma etkisinin yanı sıra nüfus artışına bağlı olarak artan tarımsal faaliyetler için açılan ruhsatlı/ruhsatsız kuyulardan kontrolsüzce su çekilmesinin bir sonucu olarak Tuz Gölü'nün hidrojeolojik ve jeolojik özellikleri de önemli değişimler gösterebilmektedir.

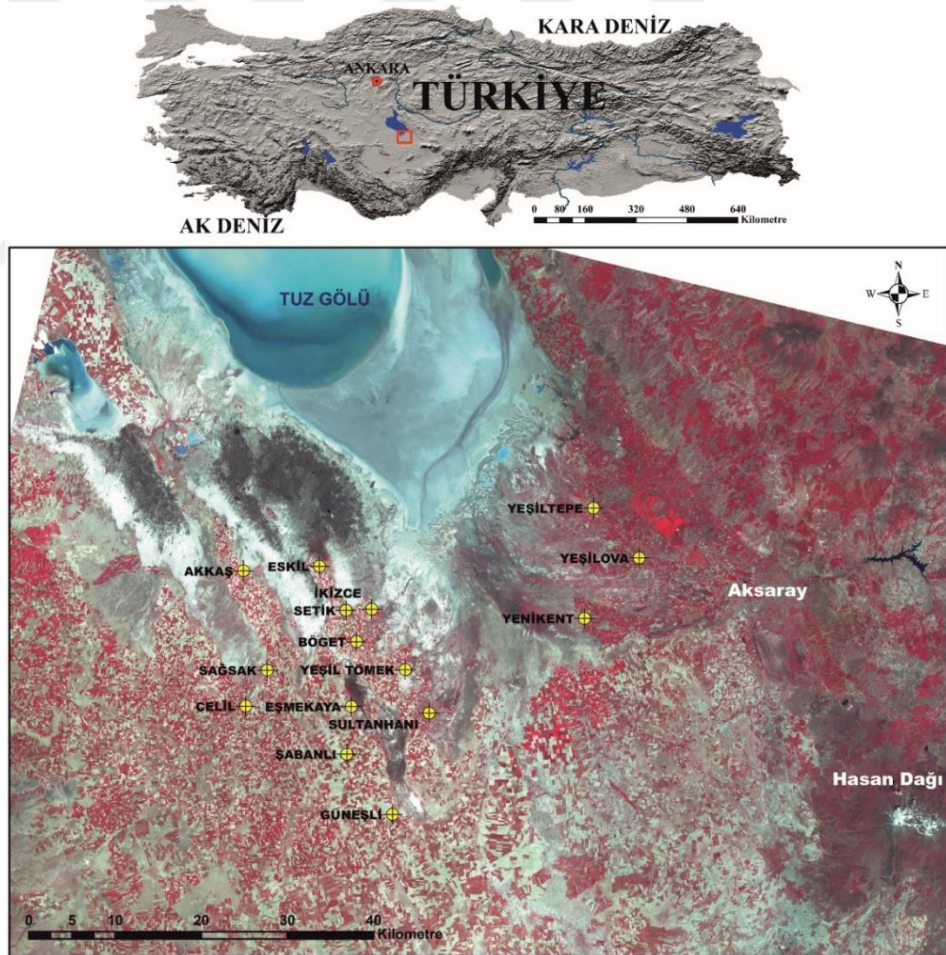
Tuz Gölü'nün hemen güneyinde yer alan Eskiil'den Aksaray'ın doğusunda bulunan yüksek kotlu tepelere kadar uzanan geniş düzlük Aksaray ilinin en önemli tarım alanlarından birisini oluşturur. Bu geniş ovada daha çok sulu tarım şeklinde şekerpancarı ve yonca üretimi yapılmaktadır. Türkiye İstatistik Kurumu'nun 2020 yılı verilerine göre 1 milyon 774 bin tonla en fazla yoncanın üretildiği Konya'nın ardından Aksaray 1 milyon 551 tonla yonca üretiminde ikinci sırada yer almaktadır. Gerek Tuz Gölü'nün hidrojeolojik önemi gerekse bölgenin tarımsal faaliyetlerinin verimli bir şekilde sürdürülebilmesi açısından Tuz Gölü'nün güneyinde yer alan yeraltı sularının hidrojeolojik özelliklerinin sürekli araştırılması ve izlenmesi gerekmektedir.

Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'ne Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanan çalışma kapsamında Tuz Gölü'nün güneyinde bulunan yeraltı sularının hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal özellikleri incelenmiştir. Aynı zamanda yeraltı sularının birbiri ve Tuz Gölü ile olan etkileşimleri de zamansal ve konumsal olarak araştırılmıştır. Tez kapsamında elde edilen veriler, bölgede yeraltı su potansiyelinin sürdürülebilirliğinin sağlanması ve verimli kullanımına yönelik esasların oluşturulması, kaynakları

olumsuz etkileyebilecek ağır metal ve kirlilik parametrelerinin belirlenmesi bölge halkının tarımsal faaliyetlerinin daha efektif olmasına ve su yönetimi üzerine çalışmalar yürüten araştırmacılara, yerel yöneticilere ve kamu kurumlarına katkı sağlayacaktır.

1.2 İnceleme Alanı

Tez sahası İç Anadolu Bölgesi'nde Tuz Gölü'nün güneyinde $33^{\circ} 24' 41''$ doğu boylamı ile $38^{\circ} 24' 6''$ kuzey enlemleri arasında L30, L31 isimli 1/100000'lik pafta içerisinde bulunur (Şekil 1.1). 200 km²'lik bir alanı kaplayan çalışma sahası denizden yaklaşık 1000 metre yüksekte olup Tuz Gölü Havzası sınırında bulunmaktadır. Tez sahası kuzeyinde Tuz Gölü ve Ankara, doğu ve güneyinde Aksaray, güneybatısında Konya, kuzeydoğusunda Kırşehir bulunmaktadır.



Şekil 1.1. Çalışma alanı yer bulduru haritası.

1.3 Bölgenin Coğrafi Özellikleri

Aksaray ili İç Anadolu bölümünün orta Kızılırmak kısmında yer alır. 7997 km² yüzölçümündedir.

Bölgede Hasan Dağı (3268m), Melendiz Dağları ve Ekecik Dağı (2033) gibi önemli volkanik dağların yanı sıra lavlardan oluşan platolar vardır. Aksaray sınırlarının batısında ise Konya ovasının büyük bir kısmı yer almaktadır. Tuz Gölü'nde sonlanan Ulurmak, bölgede geniş plato oluşturmaktadır. Aksaray'ın rakımı 980 m'dir.

Aksaray'ın bitki örtüsü; çayırlar, gelincik, papatya, keven ve diğer otlar ve yarı kurakçıl bitkilerdir. Yazları sıcak ve kurak olduğundan ilkbahardaki yeşil otlar, sonbaharda kuruyarak bozkıra dönüşür.

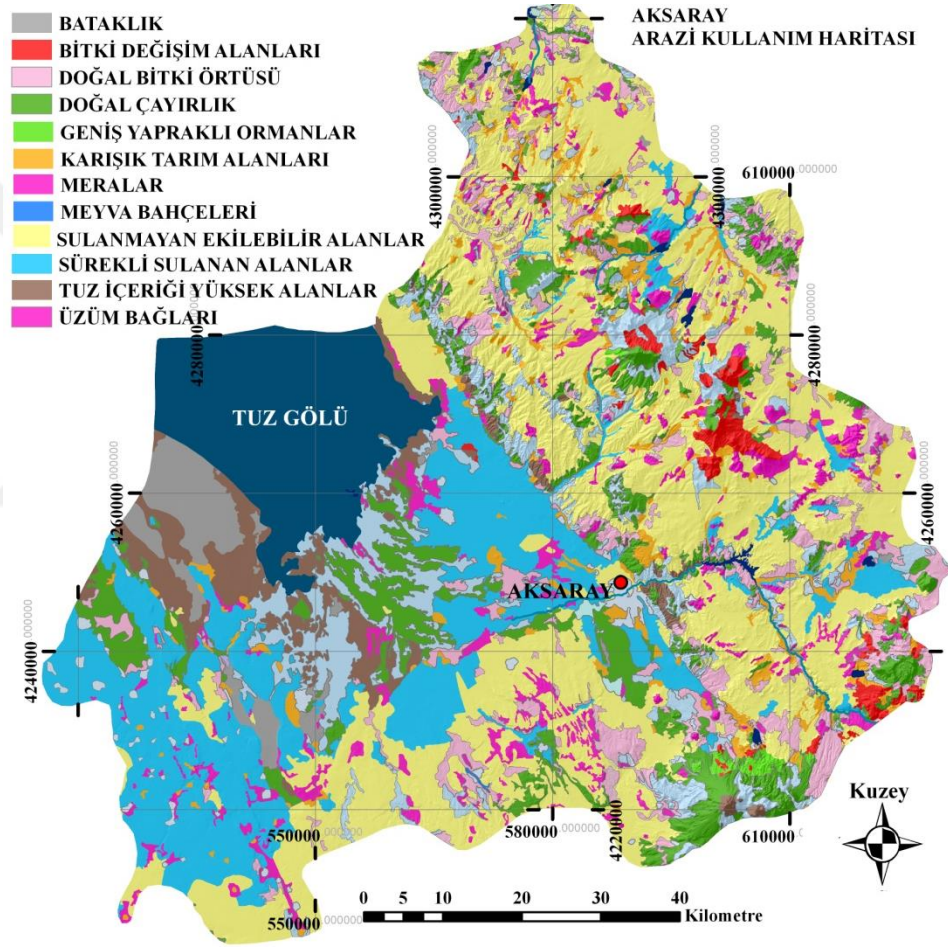
Aksaray ili ve civarının kuzey ve doğu bölümünde çok sayıda farklı debilere sahip fay ve dokanak türü su kaynakları yer alır. Bu kaynaklar Hasan Dağı'nın kuzeyini ve Melendiz dağlarının batısını temsil etmektedir. Bu tür kaynak suları bölgede Karasu ve Melendiz ırmağı gibi önemli akarsu kaynaklarını oluşturur. Aksaray ilinin batısında ise su kaynakları daha çok yeraltı suları ile temsil edilir. Tuz Gölü güneyinde yer alan Eskill Ovası ve çevresinde içme ve sulama amaçlı açılan 3000 den fazla yeraltı suyu kuyusu mevcuttur.

Karasal iklimin hakim olduğu Aksaray ili orta iklim kuşağında yer alır. Tipik karasal iklim özelliği olarak yaz ayları sıcak ve kurak geçerken kış ayları soğuk ve yağışlıdır. Çoğunlukla bahar aylarında yağışlar görülmektedir. Son 40 yıla ait yağış verileri incelendiğinde ortalama yıllık yağış miktarı 340 mm'dir. Yaz ve kış mevsimi ile gece gündüz arasındaki sıcaklık farkı fazladır. Nemlilik oranı yaz aylarında az olup, sıcaklık artışı ve şiddetli rüzgarlardan dolayı buharlaşma miktarı yüksektir. Eriyen kar kütleleri ilkbaharda küçük ölçekli taşkınlara ve toprak kaymalarına neden olur. 1998'den bu yana en yüksek yağış miktarı günlük toplam 65.8 kg/m² dir. Ölçülen en fazla kar yüksekliği ise yaklaşık 45 cm'dir (URL-1).

1.4 Bölgenin Tarım Özellikleri

151 köy, 41 belde ve 7 ilçenin bağlı olduğu Aksaray ilinin sosyo-ekonomik yapısı tarım ve hayvancılıktan oluşmaktadır. Yerleşik nüfusun önemli bir kısmı tarım ve

hayvancılıkla geçinir. Aksaray'da, toprakların yarısından çoğu tarım faaliyetleri için uygun iken, geri kalan kısmı ise tarıma elverişsiz alanlardır. Yüzey ölçümü 420.430 hektar olan Aksaray'da tarıma elverişli yerlerde; hububat, baklagiller, endüstriyel bitkiler, yumrulu bitkiler, meyve ve sebze yetiştiriciliği yapılmaktadır (Şekil 1.2). Bu araziler kullanım biçimine göre %86'sında kuru, %14'ünde sulu tarım olarak ikiye ayrılmaktadır. Tarımsal alanlardaki üretimi ve verimliliği yükseltmek için; ürün çeşitliliğinde değişiklik yapılması, toprağın bilinçsiz işlenmesinin önlenmesi, kaliteli ve etkin kullanımına ağırlık verilmesi gerekmektedir (URL-2).



Şekil 1.2. Aksaray ilinin arazi kullanım haritası (ÖÇKB, 2010).

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Tez çalışması kapsamında; literatür taraması, arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

2.1 Veri Toplama ve Yöntem

Tez çalışmasının veri toplama ve yöntem kısmında çalışma planı oluşturulmuştur. Literatür çalışmaları kapsamında; Tuz Gölü havzasında önceki yıllarda yapılan çalışmalardan elde edilmiş jeolojik, hidrojeolojik, hidrojeokimyasal verilerin toplanması ve değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu doğrultuda YÖK tezleri, makaleler ve kamu kurum ve kuruluşlarına ait proje çalışmaları ve raporları incelenmiştir.

2.2 Arazi Çalışmaları

Arazi çalışmaları kapsamında alanın jeolojisi incelenmiş ve birimlerin hidrojeolojik özellikleri açısından değerlendirilmeler yapılmıştır. İnceleme alanında bulunan 15 köy merkezindeki yeraltı suyu kuyusundan yağışlı ve kurak dönem dikkate alınarak iki farklı örnekleme döneminde (Ekim 2015, Nisan 2023) örneklemler gerçekleştirilmiş ve yerinde fiziko-kimyasal parametrelere yönelik ölçümler yapılmıştır. Su örneklemleri çift kapaklı 1 litrelik polietilen şişelere asitli ve asitsiz olarak alınmıştır. Su örneklerinin ağır metal içeriklerinin korunması amacı ile örneklere HNO_3 ve H_2SO_4 eklenmiştir.

2.3 Laboratuvar Çalışmaları

Laboratuvar çalışmaları kapsamında Ekim 2015 örnekleme dönemine ait su analizleri Aksaray Üniversitesi Su Kimyası Laboratuvarında, Nisan 2023 örnekleme dönemine ait su analizleri ise Maden Tetkik Arama (MTA) Genel Müdürlüğü MAT (Maden Analizleri ve Teknolojisi) Dairesi Başkanlığı laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Analizler yapılırken majör katyonların ve Pb, Zn, Cd, Co, Cu, Ni, Ba, Fe, Mn, Mo, Cr, Al, Hg, As ve Li gibi ağır metallerin analizi için; 0,1 ppm'in altındaki değere sahip elementlerin analizi ICP-MS cihazı ile $^{\text{a}}\text{SM 3120 B}$ ICP Metodu, 0,1 ppm'in üstündeki değere sahip elementlerin analizi ICP-OES Cihazı ile yapılmıştır. F^- , Br^- , Cl^- , NO_3^- , NO_2^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} iyonlarının analizi için ise; İyon Kromatografi Metodu ($^{\text{a}}\text{SM 4110 B}$) İyon Kromatografi Cihazı ile yapılmıştır. pH tayini için; $^{\text{a}}\text{SM 4500 H}^+\text{B}$

elektrometrik metot, iletkenlik tayini için; aSM 2510 B laboratuvar metodu kullanılmıştır. Toplam sertlik (A°) tayini için; hesap yöntemi CO_3^{-2} , HCO_3^{-} , Ca^{+2} , Mg^{+2} analiz sonuçları ile hesaplanmıştır. CO_3^{-2} , HCO_3^{-} , tayini için volumetrik analiz yöntemi kullanılmıştır.

2.4 Büro Çalışmaları

Büro çalışmaları kapsamında, öncelikle su kimyası analiz sonuçlarından elde edilen veriler kullanılarak hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal değerlendirilmeler için AquaChem programında veri tabanı oluşturulmuştur. Analiz sonuçlarının güvenilirliği test edildikten sonra hidrojeokimyasal değerlendirmelerde sıklıkla kullanılan ilgili diyagramlar ve grafikler çizilmiştir. Sonraki aşamada su kimyası analiz verileri üzerinde temel istatistiksel yöntemler uygulanarak eğrilik, basıklık ve korelasyon katsayısı gibi önemli parametreler hesaplanmıştır. Son aşamada su kimyası analiz verileri ArcMap yazılımına girilerek Coğrafi Bilgi Sistemi veri tabanı oluşturulmuş, veriler sınıflandırılmış ve farklı ölçeklerde su kimyası parametrelerinin konumsal dağılım haritaları üretilmiştir.

2.5 Önceki Çalışmalar

French (1915) çalışmasında; tuzlu göllerin çevredeki jipsli tuzlu formasyonlarla ilişkisini belirterek Tuz Gölü'nün hidrojeokimyası ile jeolojisi arasındaki ilişkiye yönelik araştırmalar yapmıştır.

Agalede (1945) çalışmasında Tuz Gölü'nün güney-batı ve batı kıyılarının jeolojik ve hidrografik şartlarını araştırmıştır. Stratigrafik istif ve fosil keşfi bakımından incelemeler yapmıştır.

Gawlık (1956) çalışmasında Tuz Gölü – Şereflikoçhisar mevkiinde hidrojeolojik harita etüdü yapmayı amaçlamıştır. Bu kapsamda 1/25000 ölçekli 6 paftanın hidrojeolojik etüdü tamamlanmıştır. Etütlerden elde edilen sonuçlar; stratigrafik, tektonik ve hidrolojik olmak üzere 3 kısımda değerlendirilmiştir ve Şereflikoçhisar ilçesi için içme suyu temininde kaynak önerisinde bulunmuştur.

Erol (1969) çalışmasında Tuz Gölü kapalı havzasında jeolojik-jeomorfolojik araştırmalar yapmak, gölün ve havzanın Neojen ve Kuvaterner içinde geçirdiği

safhaları, bu gelişmeler üzerinde genç tektonizma etkisini aydınlatmayı amaçlamıştır. Hidrolojik açıdan da değerlendirmeler yaparak baskın iyon içeriğinin kaynağına ilişkin yorum yapmıştır.

MTA (1976) projesinde; Tuz Gölü Havzası'nda mevcut tuz yataklarının jeolojik etüt ve aramaları, tuz üretim teknolojisi ve tuza dayalı yan sanayi olanaklarının araştırılarak ülke ekonomisi yönünden değerlendirilmesini amaçlamıştır.

Birinci cildi oluşturan ön çalışma raporu, bölgeyi temsil edecek şekilde alınan tuz, su ve kaya numunelerinin analiz sonuçlarına, iç ve dış kaynaklı literatür bilgilerine dayanılarak hazırlanan jeoloji, jeofizik, hidrojeoloji, jeokimya, havzanın tuz potansiyeli, tuz üretim teknolojisi ve yan ürünler sanayi olanakları, işletme olanaklarının araştırılması, tuz ve yan ürünlerin pazar etütlerini kapsamaktadır.

Uygun ve Şen (1978) Tuz Gölü'nde yapılan bir yıllık incelemeler sonucunda göl suyunun hidrokimyasal özelliklerini belirlemeyi amaçlamışlardır. Göl; derin ve sığ bölge olarak ikiye ayrılıp mineral içerikleri kıyaslanmıştır.

İça vd. (1978) Tuz Gölü havzasının hidrojeolojik etüt çalışması yaparak Tuz Gölü Kapalı Havzasının hidrojeolojik özelliklerini belirlemek amaçlanmıştır. Bu kapsamda öncelikle havzanın litolojik birimleri tanımlanmış ve akifer özellikleri belirlenmiştir.

Aygün vd. (1979) çalışmasında Tuz Gölü'nün batı, kuzeybatı ve güneybatısında jeoloji haritaları oluşturmak ve daha önceden aynı kurumda yapılan 1977 yılındaki çalışmalarla birleştirerek 1/100.000 ölçekli jeoloji haritaları hazırlanmak ve hidrojeoloji çalışmaları için altlık oluşturmayı amaçlamışlardır. Bu kapsamda araştırmacılar bölgenin detaylı jeoloji etüdü, yapısal jeoloji unsurları ve hidrojeoloji alanlarında detaylı saha çalışmaları gerçekleştirmiştir.

Büyük (1979) Tuz Gölü tuz aramaları projesinin bir bölümünü oluşturan çalışmasında Tuz Gölü Havzası'nın hidrojeolojisi incelenerek göldeki tuz oluşum koşullarının saptanması, potansiyelinin belirlenmesi ve bu potansiyelden en iyi biçimde yararlanmak üzere uygun üretim yöntemleri geliştirilmesine katkı sağlanması amaçlanmıştır. Çalışma sonunda olası üretim için yer seçimi konusunda öneride bulunmuştur.

Şen (1979) çalışmasını Şerefli Koçhisar Tuz Gölü'ne boşalan Konya ana tahliye kanalının göldeki etkisini ağır metaller (Hg, Pb, Cu, Zn, Mn, Al, Cr, Fe, As) açısından araştırmak amacı ile yapmıştır. Çalışmanın birinci aşamasında; belirlenen örnekleme noktalarından bir yıllık süre için alınan su örneklerinde yukarıdaki ağır metallerin analizleri yapılarak, kanal suyunun bu elementler açısından karakteri; ikinci aşamada, insan gıdası olarak kullanılan tuzun üretildiği gölde, kanal suyunun neden olduğu olumsuzlukların gölden taban çökeltileri, tuz ve tuzlu su örnekleri alınarak boyutları belirlenmiştir.

Orhan vd. (1997) Tuz Gölü havzasının Şerefli Koçhisar ve Aksaray arasında kalan kesimindeki sedimanter birimler incelenmiştir. Çalışma alanında yüzeyleyen Asmaboğazi ve Karapınaryaylası formasyonlarının diyajenetik tarihçelerinin ortaya çıkarılmasını amaçlanmıştır. Bu doğrultuda ilgili formasyonların yüzeylendiği yerlerden 200 el örneği alınmış ve çeşitli analizlere tabii tutulmuştur. Çalışma sonucunda her iki formasyonun diyajenetik tarihçelerini kontrol eden faktörlerin değişkenlik gösterdiği saptanmıştır.

Taş (2005) Eski İlçesinin coğrafi etüdünü gerçekleştirmiştir. Çalışma sahasını jeoloji, jeomorfoloji ve hidrografi yönlerinden de değerlendirmiştir. İlçede su sorunu olduğunu ve buna çözüm önerisi olarak ruhsatlı ve ruhsatsız kuyuların kapatılmasını ve tarımsal faaliyet gerçekleştiren yöre halkına damlama ve yağmurlama sulama sistemleri kullanmaları koşuluyla limitli su kullanımını önermiştir.

Örmeci vd. (2007) tarafından Tuz Gölü ve civarının coğrafi bilgi sistemine entegre sistemlerle kirlilik ve kuraklık bakımından zamansal olarak analiz edilmiş ve aşamalı olarak çalışılmıştır. Bu aşamalar noktasal ve noktasal olmayan kirlenici kaynakların belirlenmesi, iklim verileri kullanılarak zamana bağlı kuraklık analizi, sıcaklık ve yağış değişimleri, spektrometre ölçmeleri ve uydu verisi arasındaki korelasyon araştırılmasından oluşmaktadır. Çalışmalar sonucunda ise Tuz Gölü'nün kuruma tehlikesini, ayrıca kuraklıktan dolayı gölde tuz oluşumunun azaldığı ve gölün susuz kalan batı kesiminde çölleşme saptanmıştır. Tuz Gölü ve civarının yoğun olarak tarımsal, endüstriyel ve evsel atıklarla kirlendiği, bölgede acil olarak arıtma tesislerinin kurulması gerektiği önerisinde bulunulmuştur.

Çevre ve Orman Bakanlığı (2010) tarafından kurumca yapılması planlanan projelere esas olmak üzere, bölgenin yer üstü ve yeraltı su kaynakları potansiyelinin tespiti ve bu potansiyelin verimli kullanımına yönelik bir çalışma olmasını amaçlamıştır. Bu kapsamda Tuz gölü havzasının jeolojisi ve tektonik yapısının ortaya konması için çeşitli kamu kurum ve kuruluşları ile üniversiteler tarafından Tuz Gölü havzası içinde yapılmış olan çeşitli jeolojik, hidrojeolojik ve jeofizik çalışmalardan faydalanılmış, tüm veriler coğrafi bilgi sistemi (CBS) ortamında bir araya getirilerek jeolojik ve hidrojeolojik açıdan yorumlanarak, ayırtlanmış ve korele edilmiştir. Projede farklı CBS ortamlarında, farklı datum ve projeksiyonlardaki raster ve vektörel veriler bir araya getirilip düzenlenerek sayısallaştırılmış ve proje veri tabanı oluşturulmuştur.

Gürbüz (2012) tez çalışması kapsamında; Tuz Gölü Havzası'nın Pliyo-Kuvaternerdeki jeomorfolojik evrimin anlaşılması ve bölgenin iklim ve tektonik nitelikleriyle birlikte değerlendirilerek Tuz Gölü Havzası'nın o dönemdeki jeolojik evrimine ışık tutulmasını amaçlamıştır. Gürbüz (2012) yaptığı araştırma bulgularına ek olarak sığ sismik çalışmalarının da yapılmasını bu sayede araştırma sonuçlarını doğrulamayı önermiştir.

Kürçer (2012) TGFZ'nun Neotektonik özelliklerini araştırılarak tartışmalara yol açan durumları ortadan kaldırmayı amaçlamıştır. Bir diğer amacı ise TGFZ'nun segment yapısını incelemek, deprem üzerindeki etkisini araştırmak, TGFZ'nunu paleosismolojik olarak da incelemek ve nihayetinde bu bölgenin depremsellik tehlikesini belirlemektir.

Kavurmacı (2013) doktora tezinde; Şereflikoçhisar havzasında; yeraltı sularının hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal olarak inceleyerek bölgedeki tuzlu su girişiminin çevresel etkilerini araştırmıştır. Tuz Gölü civarında yapılan bu çalışmada jeolojik birimlerin hidrojeolojik özellikleri belirlenmiş, su örneklemeleri alınarak hidrojeokimyasal analizler ve izotop içerikleri değerlendirilmiştir. Tuz Gölü'nden uzaklaştıkça batıdan doğuya elektriksel iletkenlik değerlerindeki negatif değişime, sulama suyu kalitesinin Tuz Gölü civarında ve Şereflikoçhisar'ın güneyinde düşük olmasına dikkat çekmiş ve çalışma alanını sulama kalitesi açısından beş ayrı bölgeye ayırmıştır.

Gökmenoğlu ve Ünal (2014) tarafından Tuz Gölü-Yeraltı suyu ilişkisinin belirlenmesi, yüzey sularından kaynaklanan kirlilik ile bu kirliliğe karşı alınabilecek önlemlerin araştırılması ve beslenme miktarının tespit edilmesini amaçlamışlardır. Çalışma kapsamında, geçmişte yapılan detay jeoloji verileri baz alınmış ve hidrojeoloji haritasının oluşturulmasında kullanılmıştır. Tüm havzayı temsilen, mevcut kuyulardan yeraltı suyu seviye gözlemleri, kaynak ve akarsuların debi ölçümleri ve kimyasal analizleri yapılmıştır. Yağışlı dönemlerde yeraltı suları Tuz Gölü'nü beslemekte ancak kurak dönemde yeraltı sularında yüksek düşümler meydana gelmekte ve bu durum Tuz Gölü'nün de kurumasına neden olmaktadır. Tuz Gölü'ne kirlilik karıştırdığı belirlenen 5 adet akarda ihtiyaç duyulan parametre analizleri yapılmış ve kirletici unsurlar belirlenmiştir. Havza genelinde atıkların göle kontrolsüz bir şekilde bırakılması ana kirletici unsur olarak belirlenmiştir.

Hüseyinca (2015) doktora çalışmasında; Tuz Gölü'nün suyu, suda çökelen tuz tabakası, bu tabaka altındaki sığ çökelleri ve yakın çevrede yüzeylemiş olan diğer birimlerin; mineraloji-petrografi ve jeokimya içeriklerinin incelenmesini amaçlamıştır. Çalışma sonucunda incelenen birimlere ait köken kayaç özellikleri, kimyasal bozunma etkisini ve tektono stratigrafilerini belirlemiştir.

Kavurmacı ve Üstün (2016) makalelerinde Aksaray-Eskil'de su kalite indeksi geliştirmek ve yüksek su kalitesine sahip alanları belirlemek amacıyla 21 noktadaki su kuyularından alınan su örneklemelerini Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) yöntemiyle değerlendirmişlerdir.

Kıbrıs (2017) tez çalışmasında Tuz Gölü havzasındaki Haymana formasyonunu inceleyerek çeşitli analizlerle rezervuar kayaçta oluşabilecek bileşikler (inorganik ve organik) tespit etmeyi amaçlamıştır. Bu doğrultuda tüm analiz türlerine göre sonuçları değerlendirmiştir.

Dursun (2022) doktora tezinde; Sultanhanı (Aksaray) ovasındaki yeraltı sularının hidrojeolojik, hidrokimyasal ve izotopik özellikleri araştırmıştır. Çalışma alanı Tuz Gölü'nün güneyinde bulunan Sultanhanı-Aksaray arasını kapsamaktadır. Alan içerisinde yüzeyleyen birimlerin jeolojik, tektonik ve stratigrafik özelliklerini incelemiştir.

3. BÖLGESEL JEOLJİ

3.1 Genel Jeoloji

İnceleme alanında temelde Orta Anadolu Kristalen Kompleksi (OAKK) olarak adlandırılan birim yer almaktadır (Göncüoğlu vd., 1996) (Şekil 3.1). OAKK içeriğinde düzenli istif şeklinde bulunan Orta Anadolu Metamorfikleri, deformasyon ve metamorfizmaya uğramış Metamorfik Ofiyolitli karışık, magmatiklerden oluşan Orta Anadolu ofiyolitleri, birimleri dokanakla kesen Orta Anadolu Granitoyitleri'nden oluşan kristalen kayalarla temsil edilir (Göncüoğlu vd., 1996). Bu birimler bölgede yüksek kotları oluşturur ve aynı zamanda Kırşehir masifinin doğu uzantısıdır. Paleozoyik yaşlı (Atabey, 1989) Metamorfikler; çeşitli kayaç gruplarından oluşan ve sokulum yaşı Üst Kretase olan Orta Anadolu Granitoyitlerince sıcak dokanaklarla kesilmiştir (Göncüoğlu vd., 1991). Geç Kretase - Oligosen zamanlarında gelişen Tuz Gölü Havzası; Sübsidans Geç Kretase - Orta Eosen dönemlerinde meydana gelmiş ve bunu Geç - Orta Eosen'den Oligosen sonlarına kadar süregelen regresyon takip etmiştir (Arıkan, 1975). Tuz Gölü Havzası Geç Kretase'den Orta Eosen bitimine kadar denizel özellikte iken Geç Eosen - Kuvaterner dönemlerinde karasal özellikli sedimanter birimlerle doldurulmuştur (Arıkan, 1975).

Üst Maestrihtiyen ve Alt Paleosen yaşlı çökellerle Tuz Gölü Havzası'nın temelindeki sedimantasyon başlar (Göncüoğlu vd. 1996; Çemen vd. 1999). Kartal formasyonu bu istifin Tuz Gölü havzası doğusunda bulunan Maestrihtiyen yaşlı ilk birimidir. Tuz gölü fayı boyunca yüzeylenen bu birim bordo-kırmızı renkli, boylanması kötü, kalın tabakalı, gevşek çimentolu çakıl taşlarından oluşur. Kartal formasyonunu yanal ve düşey yönlü geçişleri olan Üst Maestrihtiyen yaşlı Asmaboğazi formasyonu üzerler. Birim tabanında merceksel geometrili çakıltaşları, orta tabakalı fosilli kumtaşı ve kumlu kireçtaşlarından oluşmaktadır (Dirik ve Erol, 2000). Rudistli kireçtaşları ise bu formasyonun üst seviyelerinde görülmektedir (Göncüoğlu vd., 1996).

ÜST SİSTEM		SİSTEM		SERİ		FORMASYON		ÜYE		SİMGE		LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
KUVATERNER		HOLOSEN		PLİYOSEN		OLİGO-MİYOSEN		EYOSEN		PALEOSEN			
KRETASE		ÜST KRETASE		Kartal		Asmağazı		Kk		Ka			
PALEOZOYİK		Orta Anadolu		Kristalen Karmaşığı		OAKK							
SENEZOYİK													
TERSİYER													
				İnsuyu		Koçhisar		Karapınaraylası		Çalıdağ			
				Cihanbeyli		Yassıpur		Kky		Tç			
				Yeşilova		Batakılık		Tky		Tç			
				Alibeyoğlu		Yassıpur		Tky		Tç			
				Qtua		Ty		Tky		Tç			
				Qtuy		Tk		Tky		Tç			
				Qtub		Tm		Tky		Tç			
				Qa		Tc		Tky		Tç			
<p>Tutturulmamış çakıl, kum, silt ve kil, güncel traverten çökelleri</p> <p>Organik ara katkılı karbonatlı kil</p> <p>Pekişmemiş veya az pekişmiş karbonatlı kum, silt ve kil</p> <p>Gri - yeşil renkli çakıllı, kumlu, siltli seviyeler</p> <p>Gevşek tutturulmuş polijenetik çakıltaşı, killi siltli çamurtaşı, kumtaşı ve çakıllı kireçtaşı</p> <p>Beyaz, krem renkli ve kalsit dolgulu, mikritik, kırılğan kireçtaşları</p> <p>Sarımsı yeşil renkli, marn ve tuf karışımı</p> <p>İnce kömür merceklere içeren, sarımsı - bej renkli, killi gösel kireçtaşı</p> <p>Sarı renkli, kötü boylanmalı, çakıl, kum, silt ve killerden oluşan kırıntılı birimler</p> <p>Beyaz - gri renkli jips ve anhidritler</p> <p>Gri renkli, ince taneli, sık dokulu, iyi tutturulmuş kumtaşlar</p> <p>Kırmızı renkli, kalın tabakalı, çakıltaşı - kumtaşı ardalanması</p> <p>İnce - orta taneli, sıkı tutturulmuş, yeşil renkli kumtaşları</p> <p>Kötü boylanmalı, orta tabakalı, iri taneli konglomera</p> <p>Yeşil renkli marn - kumtaşı ardalanması</p> <p>Beyaz - krem renkli, bol çatlaklı kireçtaşı</p> <p>Gri renkli, Rudistli, kumlu kireçtaşı</p> <p>Bordo - kırmızı renkli, kalın tabakalı, kötü boylanmalı, çakıltaşı - kumtaşı</p> <p>Granit - granodiyorit - monzonit intrüzyonları</p> <p>Yeşil renkli serpantin, gabro türü kayalardan oluşan ofiyolitli karmaşık</p> <p>Gnays - şist - mermer ve kuvarsitler</p>													
Ölçeksiz													

Şekil 3.1. İnceleme alanı stratigrafik dikme kesiti (Kavurmacı, 2013'den değiştirilerek alınmıştır).

Stratigrafik istife göre Asmaboğazı formasyonu üzerine Çaldağ formasyonu gelir. Bu formasyona ait birimler Alt Paleosen yaşlı olup; orta kalın tabakalı, bol algli ve beyaz - krem renkli fosilli kireçtaşıdır. Formasyonun alt seviyeleri ise kırmızı renkli kumlu dolomiktiktir ve üst seviyelerinde sırasıyla yeşil renkli marn - kumtaşı ardalanması, açık beyaz - krem renkli kireçtaşları görülür (Göncüoğlu vd., 1996). İlk kez Dellaloğlu ve Aksu (1984) tarafından tanımlanan Karapınaryaylası formasyonu Üst Paleosen - Alt Eosen yaşlı olup Çaldağ formasyonu üzerine gelir. Birim kumtaşı - marn ara katmanlı çakıltaşı - şeyl, türbiditik kireçtaşı ardalanmasından oluşur ve ara ara kalın olistostromlar içerir. Asmaboğazı formasyonu ile açısız uyumsuz olan birimin alt seviyelerinde ince kumtaşı - şeyl ardalanması görülürken üst seviyelerde türbiditik kumtaşı - kalsit ardalanması görülür (Dirik ve Erol, 2000). Bu formasyon üzerine ise kırmızı - gri - boz renkli kalın tabakalı çakıltaşı ve kırıntılılarla üst seviyelerinde kalın evaporit seviyeleri içeren Yassıpur formasyonu gelir (Dirik ve Erol, 2000). Yassıpur formasyonun alt seviyeleri kalın tabakalı çakıltaşı ve kırıntılılardan, üst seviyelerde kalın evaporit merceklerinden oluşmaktadır (Dirik ve Erol, 2000).

Tamamen karasal birimler içeren ve Tuz Gölü havzasının doğusunda yüzeyleyen Oligo - Miyosen yaşlı Koçhisar formasyonu Tuz Gölü'nün kuzeydoğusundan Şereflikoçhisar'a kadar boylanır ve yersel olarak Yassıpur ve Karapınaryaylası formasyonlarını diskordan olarak örter (Dirik ve Erol, 2000). Tabandan yüzeye doğru kalın tabakalı kırmızı - pembe renkli çakıllı kaba kumtaşı, orta kalın tabakalı kumtaşı ve çamurtaşı ardalanması görülen birimler arasındadır. Ara ara killi gölsel kireçtaşı ve kömür mercekleri de içerir ve üst seviyelerinde ince jips ve şeyl ardalanmasına geçer. (Çemen ve Dirik, 1992). Yanal ve düşey geçişli olarak Peçenek formasyonu, Koçhisar formasyonunun üzerine gelir. Birim alt seviyelerinde kırmızı renkli alüvyal çökeller görülürken, üste doğru sırasıyla çapraz tabakalanmalı gevşek tutturulmuş orta tabakalı kumtaşı, çakıltaşı, silttaşı ardalanması, orta kalın tabakalı beyaz krem renkli bol boşluklu mikritik kireçtaşı birimleri görülür (Dirik ve Erol, 2000). Bu birimin ardından stratigrafik istifte Tuzgölü formasyonu gelir. Birim en altta çakıl kum fasiyesiyle başlayarak kum, kil, çakıl, karbonatlı, jipsli ve sülfatlı çökellerden oluşur (Ulu vd., 1994).

3.2 Stratigrafi

İnceleme alanını içerisinde alan bölge yaşlıdan genç birimlere doğru Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı (OAKK), Kartal, Asmaboğazı, Çaldağ, Karapınaryaylası, Yassıpur, Koçhisar, İnsuyu, Cihanbeyli ve Tuzgölü formasyonlarından oluşur.

3.2.1 Orta Anadolu kristalen kompleksi

Orta Anadolu'daki magmatik, metamorfik ve ofiyolitik kayaçların tamamı Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı olarak tanımlanmaktadır (Göncüoğlu vd., 1991). OAKK, ülkemizde mostra veren en büyük karmaşıktır. Tuz Gölü Fayı, Orta Anadolu Fay Zonu'nun ve İzmir-Ankara-Erzincan Kenet Kuşağı sınırlarını içeren üçgen bir alan olarak bulunmaktadır (Aydın vd., 1998). Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı'nın jeolojisinde yaygın olarak granitoidler mevcuttur (Aydın vd. 1998). Karmaşıktaki başlıca birimler ise; Orta Anadolu Metamorfikleri, metamorfizma ve deformasyon geçirmiş olan Metamorfik Ofiyolitik Karışık ve Orta Anadolu Ofiyolitikleridir (Erler vd., 1991; Göncüoğlu vd., 1991, 1992, 1993, 1994, 1996; Akıman vd. 1993; Türel vd., 1993; Yalın vd., 1996, 2000; Yalın ve Göncüoğlu, 1998; Dirik ve Erol, 2003; Gürbüz, 2012).

Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı içerisinde yer alan Orta Anadolu Ofiyolitikleri, Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı kireçtaşı bloklarının oluşturduğu olistrostrom ve ofiyolitik kayaçlardan meydana gelen (Göncüoğlu vd., 1996) yığışım malzemesinden oluşmaktadır (Dirik ve Erol, 2003). Ara ara radyolarit ve gabro blokları da içeren ofiyolitik kayaçlar ağırlıklı olarak serpantinlerden oluşmaktadır (Özsayın, 2007). Kütahya-Bolkardağı Metamorfikleri olarak da adlandırılan (Özcan vd., 1990a, b) ve Tuz Gölü havzasının batı ve güneybatısında yüzeylenir (Göncüoğlu vd., 1996). Paleozoyik yaşlı birim kalın meta-kırıntılılardan üste doğru renkleri siyaha kadar koyulaşan Mesozoyik kireçtaşlarına geçmektedir (Göncüoğlu, 2011).

3.2.2 Kartal formasyonu

Tuz Gölü havzası temel birimler üzerine gelen ve kırmızı renkli kırıntılılardan oluşan karasal birimle başlamaktadır. Farklı araştırmacılar tarafından Kartal, Kızıltepe, Asmayaylası, Haymana ve Hanobası formasyon isimleriyle adlandırılmıştır (Gürbüz, 2012). Çoğunlukla üst seviyelerde tane boyu küçülürken alt seviyeleri blok boyutuna

erişen yuvarlaklaşmış çakıl içerikli konglomeralardan oluşmaktadır. Bu konglomeralar kötü boylanmalı kaba taneli kırmızı renkli kumtaşı ve çamurtaşları şeklinde üst seviyelere doğru görülmektedir (Nairn, 2010). Tane bileşenleri çeşitli nötr ve bazik oluşumlu magmatik ve ofiyolitik kayalardan meydana gelmektedir (Uçar, 2008). Birim litolojik içeriği ile alüvyon yelpazesi çökellerini temsil eder. Çemen vd. 1999 tarafından Geç Kretase’de açılan Tuz gölü havzasının kenar faylarının kontrolünde olduğu ifade edilmiştir. İstifin bu kesiminin yaşı, Maastrihtiyen veya Geç Kretase’den daha yaşlı olduğu düşünülmektedir (Uçar, 2008). Bu formasyon üzerine Üst Maestrihtiyen yaşlı Asmaboğazı formasyonu gelir.

3.2.3 Asmaboğazı formasyonu

Asmaboğazı formasyonu alt seviyelerinde açık gri-bej renkli orta – ince tabakalı algli gri ve sarımsı renkli “Orbitoides” fosilli kumtaşları, merceksi çakıltaşları, ve “Hippurites” fosilli kireçtaşlarından oluşmaktadır (Dirik ve Erol, 2000; Kavurmacı, 2010). Birimin fosil içeriği baz alındığında Maastirithiyen yaşlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Dirik ve Erol, 2000; Göncüoğlu vd., 1996). Formasyonda kumtaşları ve kumlu kireçtaşları seviyelerine ardalanmalı olarak yeşilimsi gri renkli ince tabakalı marnlar görülmektedir. Birimin gevşek tutturulmuş seviyelerinde sıklıkla kil bağlayıcı görülür (Kavurmacı, 2013). Bu formasyona fosil içeriği ve litolojik birimleri ile birlikte bakıldığında çökme ortamının sığ denizel fasiyeste gelgit arası olduğu düşünülebilir (Göncüoğlu vd., 1996).

3.2.4 Çaldağ formasyonu

Tuz Gölü havzasının doğusunda Kartal ve Asmaboğazı formasyonları üzerinde bulunan Çaldağ formasyonu alt seviyelerinde kırmızı renkli kumlu birimler üst seviyelerine doğru yeşilimsi marn ile geçişli orta-kalın tabakalı, alg fosilleri içeren kireçtaşı birimlerinden oluşmakta olup alt Paleosen yaşlıdır (Çemen vd., 1999; Dirik ve Erol, 2003). Havzanın farklı kısımlarından alınan fosil içeriklerine göre birimin yaşı saptanmıştır (Erk, 1975; Sirel, 1975; Ünalın, vd., 1976) sığ denizel killi kireçtaşlarından oluşmaktadırlar (Özsayın; 2007; Akıl, 2008).

3.2.5 Karapınaryaylası formasyonu

Formasyon içeriğinde karbonatlı konglomeralar, türbiditik kireçtaşları, iyi tutturulmuş kumtaşları, iri taneli çakıltaşları ve ofiyolitik malzemelerden oluşan marnları barındırmaktadır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Karapınaryaylası formasyonuna ait kumtaşı birimleri.

Birimin üst seviyelerinde bol çakıllı kumlu kireçtaşları görülürken, alt seviyelerine doğru kalın türbiditik kırıntılı birimler görülmektedir (Oktay ve Dellaloğlu, 1987). Karapınaryaylası formasyonu ilk olarak Dellaloğlu ve Aksu (1984) tarafından tanımlanmıştır. Karamollauşağı üyesi, Çavuşkalesi üyesi ve Kayacık üyesi olmak üzere formasyon ayırılmıştır (Orhan vd., 1997). Birim içerisinde saptanan fosillere ve diğer çalışmalarına göre farklı araştırmacılar tarafından farklı yaş tanımlamaları yapılmıştır. Oktay ve Dellaloğlu (1987) üst Paleosen-üst Eosen; Göncüoğlu vd. (1996) üst Eosen-Oligosen ve Paleosen-orta Eosen; Nairn (2010) ve Uçar (2010) ise Selandiyen (orta Paleosen)'den itibaren orta Eosen'e kadar olduğu üzerinde durmuşlardır (Gürbüz, 2012).

3.2.6 Yassıpur formasyonu

Oligo-Miyosen yaşlı birim havzanın doğusunda yüzeylenmekte olup beyaz-gri renkli jips ve anhidrit türü evaporitik kayalarla karakteristiktir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Yassıpur formasyonuna ait jips birimleri.

Birim ilk olarak Rigo de Righi ve Cortesini (1960) tarafından Mezgit formasyonu olarak adlandırılmış, sonraki çalışmalarda ise Yassıpur formasyonu olarak bahsedilmiştir (Gürbüz, 2012). Farklı araştırmacıların görüşüne göre ise önceki çalışmalarda da Yassıpur Formasyonu olarak isimlendirilmiştir (Oktay ve Dellaloğlu, 1987; Dellaloğlu, 1997; Dirik ve Erol, 2003). Birim havzanın doğu ve kuzeyindeki özelliklerince üst Eosen-Oligosen yaşlı olduğu belirtilmiştir (Dellaloğlu ve Aksu, 1984; Atabey vd., 1987; Oktay ve Dellaloğlu, 1987; Dellaloğlu, 1997; Dirik ve Erol, 2003; Uçar, 2008).

3.2.7 Koçhisar formasyonu

Koçhisar formasyonu karasal bir litoloji sunarak içeriğinde en altta kırmızı konglomeradan başlar. Daha sonra çakıltası, kumtaşı, çamurtaşı ve marn ardalanması ile devam eder (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Koçhisar formasyonuna ait kumtaşı birimleri.

Çamurtaşı birimleri ara ara kömür bantları bulundururken (Uçar, 2008), marnlar üst seviyelerinde jips içermektedirler (Dirik ve Erol, 2003). Farklı araştırmacılar tarafından Koçhisar (Dellaloğlu ve Aksu, 1984; Oktay ve Dellaloğlu, 1987; Dellaloğlu, 1997; Çemen vd., 1999; Dirik ve Erol, 2003; Uçar, 2008), ve Gökdağ (Göncüoğlu vd., 1996; Çemen vd., 1999; Dirik ve Erol, 2003; Özsayın, 2007; Özsayın ve Dirik, 2007; Akıl, 2008) formasyonları olarak tanımlanmışlardır. Formasyonun fosil bulgularına göre birim Miyosen yaşlıdır (Dellaloğlu, 1977). Formasyonun litolojik birimleri incelendiğinde; çökeltme ortamı akarsu ve göl olabilir (Kavurmacı, 2013).

3.2.8 İnsuyu formasyonu

İnsuyu formasyonu beyaz, gri renkil kalın-orta tabakalı gösel kireçtaşı, marn, çakıltaşı, kumtaşı, kilitaşı, ve yer yer volkanik katkılar içerir. Ulu vd. (1994) çalışmalarında bu birime İnsuyu formasyonu demişlerdir. Birim, Özcan vd. (1990) tarafından tanımlanan dilekçi formasyonunun bir kısmı ile Hakyemez vd. (1992) tarafından İnsuyu kireçtaşı olarak adlandırılan birim ile denestirilebilir.

Formasyon yoğun olarak marn ve kil ara tabakalı kireçtaşı içerir. Kireçtaşları, beyaz - gri, mikritik ve spartik dokulu, ara ara silisli ve bol gastropod fosillidir. Bu formasyonun yaşı araştırmacılar tarafından Üst Miyosen olarak belirlenmiştir ve çökeli mi karbonatça zengin olan göl ortamında meydana gelmiştir (Gürbüz, 2012).

3.2.9 Cihanbeyli formasyonu

İlk olarak Akarsu (1971) karasal kırıntılı ve karbonatlı birimlere Cihanbeyli formasyonu tanımlamasını yapmıştır. Farklı araştırmacılar; Göncüoğlu vd. (1996); Çemen vd. (1999) ve Dirik ve Erol (2000) aynı nitelikteki birimler için de bu adlandırmayı yapmışlardır. Formasyondaki birimler gevşek tutturulmuş polijenetik çamurtaşı, killi siltli çamurtaşı, kumtaşı ve çakıllı kireçtaşından oluşmaktadır (Şekil 3.3). Formasyonda farklı araştırmacılar tarafından Tunoğlu vd. (1995) ile Beker (2002) bulunan fosillere göre Cihanbeyli formasyonunun yaşı Pliyosendir (Kürçer, 2012).

3.2.10 Tuzgölü formasyonu

Birbirleri ile yanal ve düşey geçişli, genellikle gevşek tutturulmuş kum, kil, çakıl ve karbonatlı çökellerden oluşan kaya birimleri Tuzgölü formasyonu olarak tanımlanmıştır (Ulu vd., 1994). Aynı araştırmacılar geniş yayılım gösteren bu formasyonu Yeşilova, Alibekagılı ve Batakılık üyesi olmak üzere 3'e ayrılmıştır. Tuzgölü formasyonu ara ara iklim değişikliklerine göre gelişen çökelleri de içerir (Şekil 3.4). Birim alt istifindeki tüm formasyonları uyumsuz olarak üzerler. Ulu vd. (1994) tarafından yapılan çalışmada bu formasyonun çökelleme yaşına Pliyo-Kuvaterner olarak tanımlamışlardır (Akçay ve Dönmez, 2005).

Formasyona ait üyelerden Yeşilova üyesi Ulu vd. (1994) tarafından adlandırılmış olup çakıl, kum ve silt birimlerini içermektedir. Temeldeki metamorfikler ve İnsuyu

formasyonu birimin beslenme alanını oluşturur. Bu kayaçlardan türeme taneler genellikle iyi derecede yuvarlak ve iyi derecede boylanmıştır. Çakıllar ara ara kumlu bir matriks ile ara ara de taneli tutturulmuştur (Ulu vd., 1994). Ulu vd. (1994) tarafından ayrıntılı olarak incelenen birim çökelme ortamının değişken iklim koşullarında oluştuğunu belirtmiştir. Yine aynı araştırmacılar birimi Pliyo-Kuvaterner olarak yaşlandırmıştır (Akçay ve Dönmez, 2005).

Alibekağalı üyesinin göl tabanındaki karbonat katkılı kum, silt ve karbonatları içerdiğini belirten Ulu vd. (1994) bu birimi Alibekağalı üyesi olarak tanımlamışlardır. Birim farklı bölgelerde geniş yayılım göstermektedir. Birim yanal uzanımlı olup, ara ara üst seviyelerinde kireçtaşı ve kilitaşı içerir. Birimin yaşı doğrudan belirlenememekle birlikte Ulu vd. (1994) çökelim yaşının Tuzgölü formasyonu ile aynı olup Pliyo-Kuvaterner olarak belirtmişlerdir (Akçay ve Dönmez, 2005).

Gölde yüzey sularının toplandığı ve biriktiği kısımlarda oluşan ve karbonatlı kil ile karbonatın meydana getirdiği birim, Ulu vd. (1994) tarafından Bataklık üyesi olarak tanımlanmıştır. Birim çalışma alanı olan Eskil köyü kuzeyinde de mostra vermektedir. Tuz Gölü formasyonuna ait diğer üyeler gibi Alibekağalı üyesinin yaşının da Pliyo-Kuvaterner olduğu düşünülmektedir (Akçay ve Dönmez, 2005).

3.2.11 Alüvyon

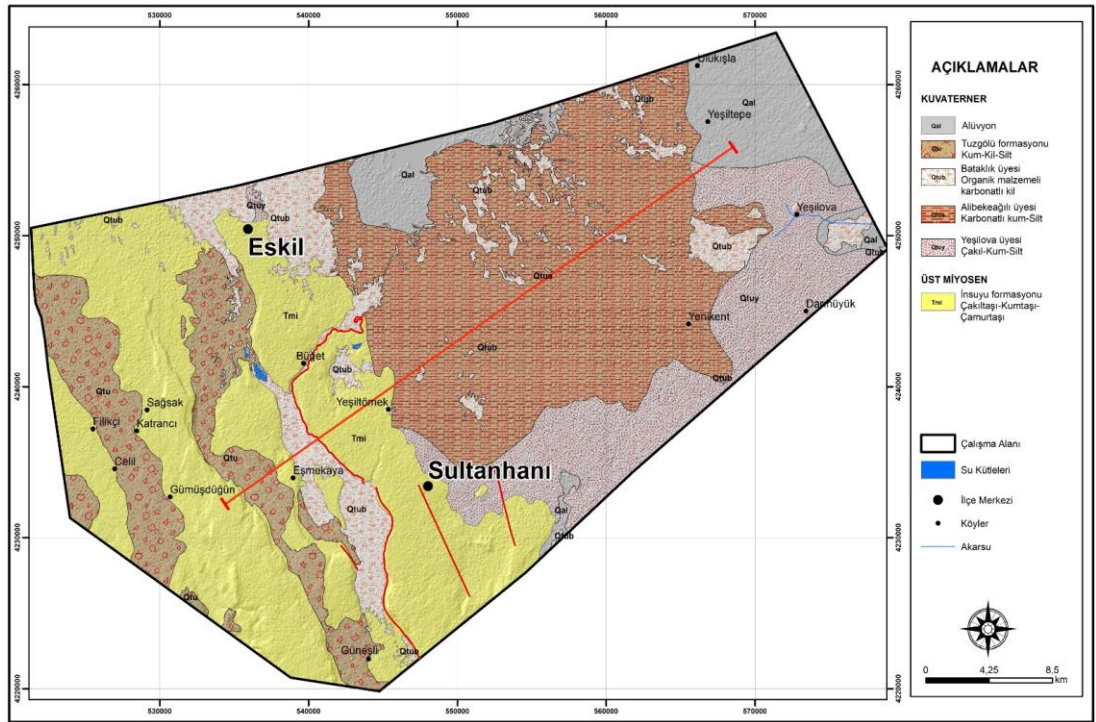
Alüvyonlar çakıl, kum ve kil birikimlerinden oluşmaktadır (Akçay ve Dönmez, 2005). Alüvyon kötü boylanmalı, kahverengi-yeşilimsi-gri renklidir. Tuz Gölü havzasının kenarları çoğunlukla alüvyal yelpazeler, alüvyal delta ve kıyı çökelimleri ile karakterizedir. Bu alanlarda depolanmış çökeller yatay ve düşey yönde havzanın içerisine doğru farklı çökelme ortamlarına geçerler (Şekil 3.5) (Gürbüz, 2012).



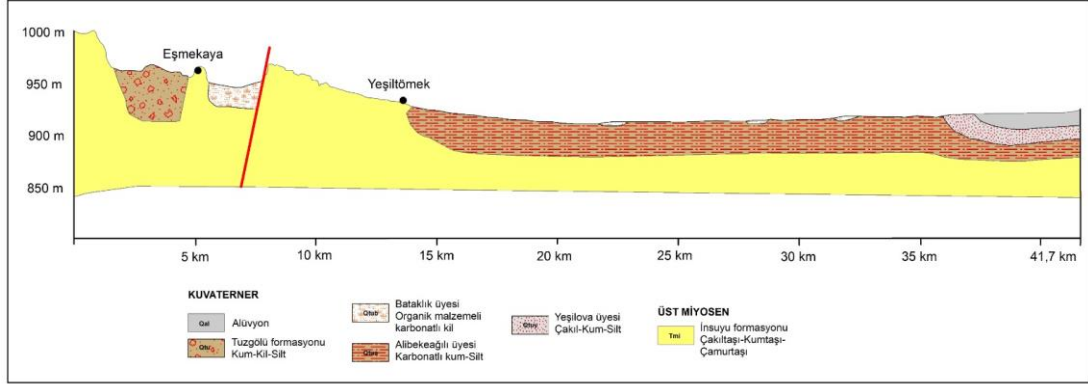
Şekil 3.5. Tuz Gölü'nden görünüm (URL-3).

3.3 İnceleme Alanı Jeolojisi

Geçtiğimiz bölümde çalışma alanının geniş kapsamda stratigrafisi ve genel jeolojisi ele alınmış olup bu bölümde ise çalışma alanında yüzeylenen birimlerin özellikleri ve stratigrafisi anlatılacaktır (Şekil 3.6 ve Şekil 3.7).



Şekil 3.6. Çalışma alanı jeoloji haritası (MTA 1:100000'lik açınmalı L30 L31 paftalarından oluşturulmuştur.).



Şekil 3.7. İnceleme alanının GB-KD yönlü jeolojik enine kesiti.

3.4 İnceleme Alanı Stratigrafisi

Çalışma alanında yüzeylenen birimler yaşlıdan gence; İnsuyu formasyonu ve Tuzgözü formasyonudur (Şekil 3.8).

ÜST SİSTEM	SİSTEM	SERİ	FORMASYON	ÜYE	SİMGE	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
SENEZOYİK	KUVATERNER	HOLOSEN	Tuzgözü	Alüvyon	Qa		Tutturulmamış çakıl, kum, silt ve kil
				Batakik	Qtub		Organik ara katkılı karbonatlı kil
				Alibekeçli	Qtua		Pekşememiş veya az pekşemiş karbonatlı kum, silt ve kil
			İnsuyu	Yeşilova	Qtuy		Gri - yeşil renkli çakıllı, kumlu, siltli seviyeler
					Tmi		Gevşek tutturulmuş polijenetik çakıltaşı, killi siltli çamurtaşı, kumtaşı ve çakıllı kireçtaşı
							Beyaz, krem renkli ve kalsit dolgulu, mikritik, kırılğan kireçtaşları
					Sarımsı yeşil renkli, marn ve tuf karışımı		

Şekil 3.8. Çalışma alanı civarı stratigrafisi (MTA, 2005).

3.4.1 İnsuyu formasyonu

Karasal kilitaşı, marn, kireçtaşı ve ignimbiritli birim, Ulu vd. (1994) araştırmacılarınca İnsuyu formasyonu olarak tanımlanmıştır (Akçay ve Dönmez, 2005).

Formasyon, Toprakkaya, Kutluköy, Hamidiye, Gildiriç, İncesu, Bezirci, Güneşli köyleri ve Sultanhanı nahiye merkezi civarında geniş bir yayılıma sahiptir. Birim, aynı zamanda kumtaşı, konglomera tortullarını da içerir. İnsuyu formasyonu ara ara volkanik geçişler (Gördeles ignimbirit üyesi) izlenir. Bu birim, doğudaki Ürgüp formasyonunun Gördeles ignimbirit üyesine karşılık gelmektedir. Civardaki yanal konumlu özellikle gölssel kireçtaşları geniş alanlara yayılır ve büyük düzlüklerde görülür (Akçay ve Dönmez, 2005).

İnsuyu formasyonunu değişik kesimlerinde Üst Miyosen (Ponsiyen) yaşı veren memeli fosilleri görülmektedir (Aslan, 1977). Bu bulgulara göre İnsuyu formasyonunun yaşı Üst Miyosen'dir. Ayrıca birim içerisindeki ignimbiritler Aksaray ve Ürgüp (Nevşehir) dolaylarında üst Miyosen yaşı olarak kabul edilmiştir. Bu bölgelerde üst Miyosen yaşı veren çok sayıda radyometrik yaş bulguları mevcuttur (Temel, 1992). Dolayısı ile İnsuyu formasyonunun çökelim yaşı üst Miyosendir. Tuzgölü formasyonu bu birimi uyumsuz olarak üzerlemektedir (Şekil 3.9) (Akçay ve Dönmez, 2005).

3.4.2 Tuzgölü formasyonu

Birbirleri ile yanal ve düşey geçişli, genellikle gevşek tutturulmuş kum, kil, çakıl ve karbonatlı çökellerden oluşan kaya birimleri Tuzgölü formasyonu olarak tanımlanmıştır (Ulu vd., 1994). Aynı araştırmacılar geniş yayılım gösteren bu formasyonu Yeşilova, Alibekalı ve Bataklık üyesi olmak üzere 3'e ayrılmıştır. Tuzgölü formasyonu ara ara iklim değişikliklerine göre gelişen çökelleri de içerir (Şekil 3.4). Birim alt istifindeki tüm formasyonları uyumsuz olarak üzerler. Ulu vd. (1994) tarafından yapılan çalışmada bu formasyonun çökeltme yaşına Pliyo-Kuvaterner olarak tanımlanmışlardır (Akçay ve Dönmez, 2005). Aynı araştırmacılar geniş yayılım gösteren bu formasyonu Yeşilova, Alibekalı ve Bataklık üyesi olmak üzere 3'e ayrılmıştır. Tuzgölü formasyonu ara ara iklim değişikliklerine göre gelişen çökelleri de içerir (Şekil 3.4). Birim alt istifindeki tüm formasyonları uyumsuz olarak

üzerler. Ulu vd. (1994) tarafından yapılan çalışmada bu formasyonun çökelme yaşına Pliyo-Kuvaterner olarak tanımlanmışlardır (Akçay ve Dönmez, 2005).

3.4.2.1 Yeşilova üyesi

Formasyona ait üyelerden Yeşilova üyesi Ulu vd. (1994) tarafından adlandırılmış olup çakıl, kum ve silt birimlerini içermektedir. Temeldeki metamorfikler ve İnsuyu formasyonu birimin beslenme alanını oluşturur. Bu kayalardan türeme taneler genellikle iyi derecede yuvarlak ve iyi derecede boylanmıştır. Çakıllar ara ara kumlu bir matriks ile ara ara da taneli tutturulmuştur (Ulu vd., 1994). Ulu vd. (1994) tarafından ayrıntılı olarak incelenen birim çökelme ortamının değişken iklim koşullarında oluştuğunu belirtmiştir. Yine aynı araştırmacılar birimi Pliyo-Kuvaterner olarak yaşlandırmıştır (Akçay ve Dönmez, 2005).

3.4.2.2 Alibekağılı üyesi

Alibekağılı üyesinin göl tabanındaki karbonat katkılı kum, silt ve karbonatları içerdiğini belirten Ulu vd. (1994) bu birimi Alibekağılı üyesi olarak tanımlanmışlardır. Birim farklı bölgelerde geniş yayılım göstermektedir. Birim yanal uzanımlı olup, ara ara üst seviyelerinde kireçtaşı ve kiltası içerir. Birimin yaşı doğrudan belirlenememekle birlikte Ulu vd. (1994) çökelim yaşının Tuzgölü formasyonu ile aynı olup Pliyo-Kuvaterner olarak belirtmişlerdir (Akçay ve Dönmez, 2005).

3.4.2.3 Bataklık üyesi

Gölde yüzey sularının toplandığı ve biriktiği kısımlarda oluşan ve karbonatlı kil ile karbonatın meydana getirdiği birim, Ulu vd. (1994) tarafından Bataklık üyesi olarak tanımlanmıştır. Birim çalışma alanı olan Eskil köyü kuzeyinde de mostra vermektedir. Tuz Gölü formasyonuna ait diğer üyeler gibi Alibekağılı üyesinin yaşının da Pliyo-Kuvaterner olduğu düşünülmektedir (Akçay ve Dönmez, 2005).

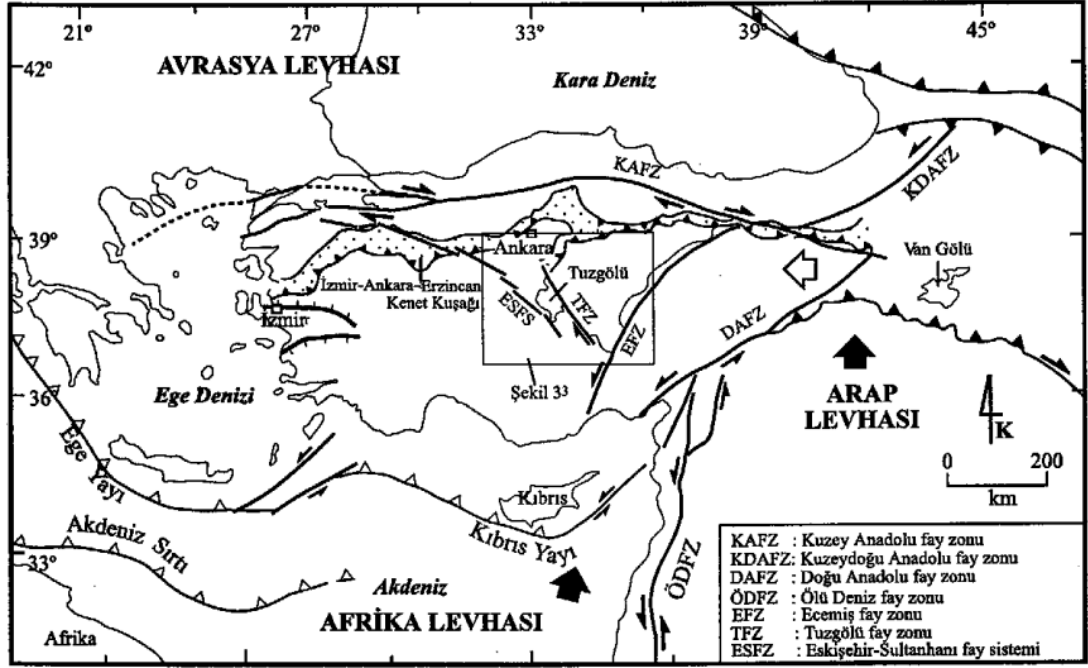
3.4.3 Alüvyon

Alüvyonlar çakıl, kum ve kil birikimlerinden oluşmaktadır (Akçay ve Dönmez, 2005). Alüvyon kötü boylanmalı, kahverengi-yeşilimsi-gri renklidir. Tuz Gölü havzasının kenarları çoğunlukla alüvyal yelpazeler, alüvyal delta ve kıyı çökelimleri ile

karakterizedir. Bu alanlarda depolanmış çökeller yatay ve düşey yönde havzanın içerisine doğru farklı çökeltme ortamlarına geçerler (Şekil 3.4) (Gürbüz, 2012).

3.5 Yapısal Jeoloji

Tuz Gölü havzası ve civarı üç önemli fay zonu tarafından kontrol edilmektedir (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Orta Anadolu sadeleştirilmiş tektonik harita (Dirik ve Erol 2000).

Bunlardan birincisi Tuz Gölünün doğu kenarını kontrol eden Tuzgölü fay zonu, ikincisi batıdaki Yeniceoba ve Cihanbeyli fay zonlarından oluşan Eskişehir-Sultanhanı fay sistemi, üçüncüsü ise havzanın güneybatısındaki Altınekin fay zonudur (Dirik ve Erol, 2000).

Tuz Gölü Fay Zonu: KB-GD doğrultulu, yaklaşık 200 km uzantısında ve 5-25 km genişliğinde olup farklı araştırmacılar tarafından; Aksaray fay zonu, Tuz Gölü fayı, Koçhisar-Aksaray fay zonu, Tuz gölü fay seti, Hasandağ fay seti ve Koçhisar fay seti olarak da adlandırılmaktadır (Dirik ve Erol, 2000). Basamaklı yarı graben veya horst graben yapısındaki bu fay zonu (yarı) paralel faylardan meydana gelir. Ana faya ait düşen batı bloktaki kalın ve deforme alüvyon yelpazeleri, fayların dik kısımları ve doğu bloktaki dere yatakları önemli morfolojik bileşenlerdir (Dirik ve Göncüoğlu, 1996). Tuzgölü fayının güney kısımlarında volkanizma aktivitesi, jeotermal su

kaynakları, basamaklı karstik oluşunlar ve faya bağlı gelişen teraslar ile belirginleşir (Toprak ve Göncüoğlu, 1993). Ayrıca ana fay zonu boyunca, yükselen doğu blok üzerinde yüzeyleyen Üst Kretase-Miyosen aralığındaki çökeller alçalan batı bloktaki Pliyo-Kuvaterner yaşlı birimlerle yan yana gelir. Tuz Gölü fay zonunun yaşı hakkında çok değişik görüşler ileri sürülmüştür. Maestriştien yaşlı Kartal formasyonu'nun litolojisi ve doğudaki dağılımı göz önüne alınırsa, bu birimin Üst Maestriştien'de oluşmuş ve fay kontrollü doğu kenarı bugün yüzeyde görünen fay zonunun daha doğusunda olan bir havzanın kenar fasiyesi olarak geliştiği görülür. Bu fay zonundaki hareket daha sonraki evrelerde batıya doğru göç etmiş ve Üst Pleyistosen'den itibaren bugünkü konumunu almıştır. Bu fay zonunun en batı ucu Koçhisar'ın güneyindeki derin oluğu kontrol etmektedir. Tuz gölü fay zonu sağ yanal doğrultu atımlı normal fay karakterinde olduğunu Neotektonikte göstermektedir (Toprak ve Göncüoğlu, 1993; Dirik ve Göncüoğlu, 1996; Çemen vd., 1999).

Çalışma alanını da kapsayan Tuz Gölü'nün güneyinde Sultanhanı bölgesinde Eskişehir-Sultanhanı fayları görülmektedir. Bu fay sisteminin muhtemelen Eskişehir fay zonu ile birleştiği düşünülmektedir (Dirik ve Erol, 2000). Kuzeyden güneye doğru Ilıca, Yeniceoba ve Cihanbeyli fay zonları fay sisteminin bileşenlerini oluşturur. Haymana'nın GB kısmında Ilıca fay zonu bulunmaktadır. KB-GD uzanımlı fay zonu Yeniceoba Ovası'nın kuzeyinde de görülüp sıcak su kaynaklarının bu fay zonu üzerinde olması önem teşkil etmektedir. İlk kez Çemen vd. (1999) araştırmacıları tarafından adlandırılan Yeniceoba ve Cihanbeyli fay zonları KB-GD doğrultulu, paralel normal ve sağ-yanal doğrultu atımlı faylardan oluşur. Fay zonunda tabandaki birimler de dahil olmak üzere yaşlı birimler Miyo-Pliyosen yaşlı çökellerle yan yana gelmiştir. Bölgede incelenen kuyuların korelasyonu sonucunda bu fayların aynı zamanda Tuz Gölü havzasının gelişimini kontrol eden kenar faylar olduğunu kanıtlamaktadır (Dirik ve Erol, 2000).

KD-GB doğrultusundaki Altnekin fay zonu; Güneyde Konya ovasının batısına etki ile başlar KD ya gidildikçe buradaki Cihanbeyli ve Yeniceoba fay zonlarını da keser ve kuzeyde Kulu ve daha ilerisine kadar gittiği düşünülmektedir. Bu fay zonu kontrolünde Altnekin ovası graben olarak gelişim göstermiştir. Cihanbeyli güneyinde bulunan ve tuz, potas, sodyum sülfat içeriği yüksek olan Boluk Gölü'nün de dahil

olduğu çöküntü ve çeşitli boyutlarda traverten konileri bu fay zonuna bağlı olup önem arz eden yapılardır (Dirik ve Erol, 2000).

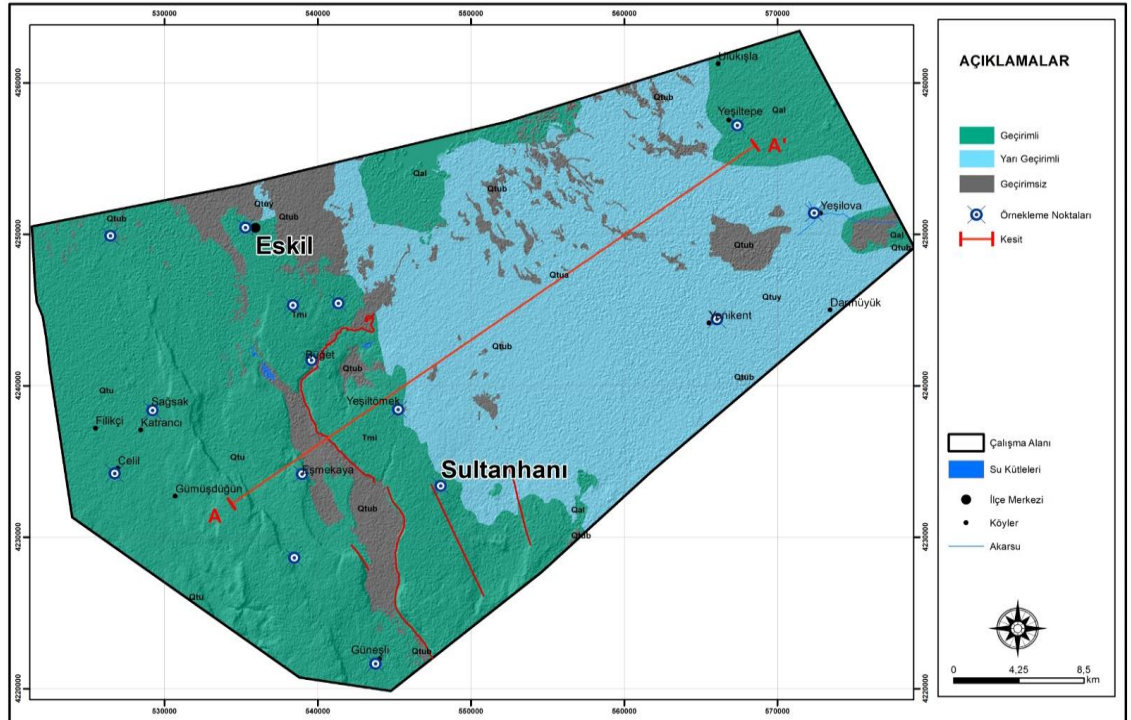


4. HİDROJEOLOJİ

Tez çalışmasının hidrojeoloji kısmında, inceleme alanındaki birimlerin hidrojeolojisi, su numunesi alınan örnekleme noktalarının konumları ve akifer, akitard, akiklud gibi özellikleri anlatılmıştır.

4.1 Hidrojeolojik Özellikler

Tuz Gölü havzasının genelinde olduğu gibi çalışma alanında muhtemel yeraltı suyu hareketi Tuz Gölü'ne doğrudur. Bölgede sulama kuyularının çok sayıda olması ve aşırı su çekiminden dolayı yeraltı suyu hareketleri küçük ölçekli konverjan naplar şeklinde görülebilir. Aksaray genelinde yükseltisi olan kısımlardaki soğuk su kaynaklarının geneli faylanmaya bağlı olarak oluşan kırık sistemlerinden veya çoğunlukla dokanaklardan açığa çıkmaktadır. İnceleme alanının jeolojik ve tektonik yapısı nedeni ile kaynak sularına rastlanılmamıştır. Çalışma sahasındaki litolojik birimlerin geçirimsizlik durumlarına göre hidrojeolojik olarak geçirimli (GG), yarı geçirimli (GY) ve geçirimsiz (GZ) birimler olarak farklı gruplandırılmıştır (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Çalışma alanı hidrojeoloji haritası.

4.1.1 Geçirimli birimler

Stratigrafik olarak inceleme alanının tabanında yer alan Paleozoyik yaşlı mermerler geçirimlidir. Bu birimdeki kırıklı, çatlaklı ve karstik boşluklu yapılar mermerlere geçirimli bir özellik kazandırmıştır. Mermerleri keserek bölgeye yerleşen Üst Kretase yaşlı Orta Anadolu Granitoyitleri hidrojeolojik olarak geçirimlidir. Birincil gözenekliliği olmayan bu birimler geçirdikleri deformasyonlara bağlı olarak ikincil gözeneklilik kazanarak kırılğan hale gelmiştir. Bu nedenle kırıklı ve çatlaklı üst kuşaklar geçirimli olup zayıf akifer özellikleri göstermektedir.

İnceleme alanında Tuzgölü formasyonunun geçirimli ve gözenekli olan birimlerinden kötü boylanmalı, yuvarlak - yarı köşeli gevşek tutturulmuş çakıltaşı ve kumtaşı içeren kısımları geçirimlidir. Bol kırık ve çatlak sistemine sahip İnsuyu formasyonu yer yer karstik boşluklar içermesinden dolayı hidrojeolojik anlamda geçirimlidir. Birim bölgenin en önemli akiferlerini oluşturur.

4.1.2 Yarıgeçirimli birimler

Çalışma alanın da güncel alüvyona ve Tuzgölü formasyonuna ait siltli birimler ayrıca Tuzgölü formasyonunun tüf, tüfit ara katkılı kısımları yarı geçirimli özelliktedir.

4.1.3 Geçirimsiz birimler

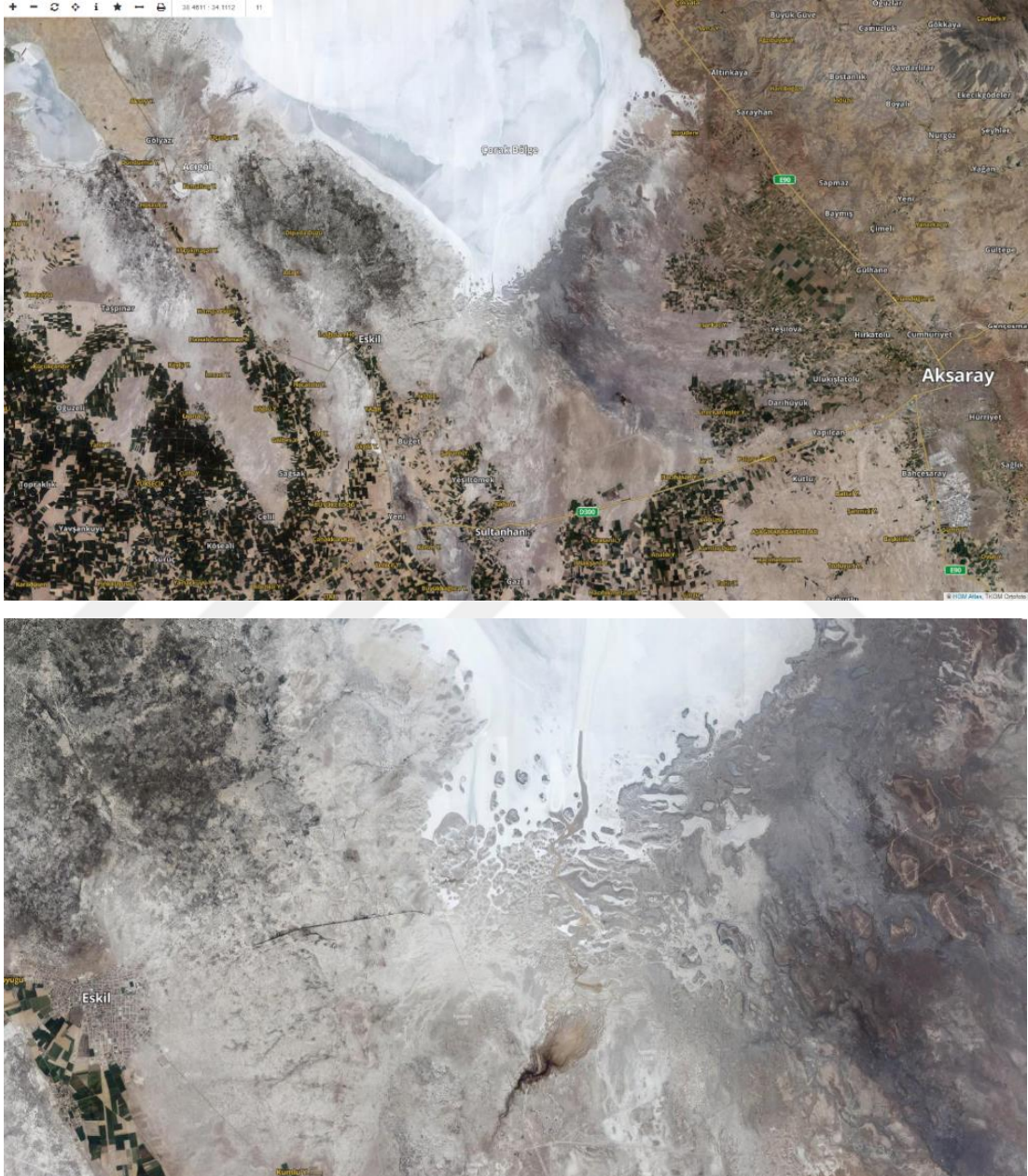
Çalışma alanın da güncel alüvyona ve Tuzgölü formasyonuna ait killi, karbonat ara katkılı seviyeler hidrojeolojik açıdan geçirimsiz özelliktedir. Şekil 4.2'de inceleme alanının hidrojeolojik dikme kesiti verilmiştir.

ÜST SİSTEM		SİSTEM		SERİ		FORMASYON ÜYE		SİMGE		LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR						
SENEZOYİK		KUVATERNER		HOLOSEN		Tuzgöllu		Qa									
TERSIYER		PLIYOSEN		OLİGO-MIYOSEN		EYOSEN		PALEOSEN									
MESOZOYİK		KRETASE		ÜST KRETASE		KRETASE		KRETASE									
PALEOZOYİK		KRETASE		ÜST KRETASE		KRETASE		KRETASE									
Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı	KRETASE	ÜST KRETASE	Kartal	Asmaboğazi	Kk	Ka	Tç	Tky	Ty	Tk	Tmi	Tc	Qtuy	Qtua	Qtub	Qa	<p>Çakıllı ve kumlu seviyeler boyunca gözenekliliğı ve geçirimsizliğı yüksek, silt ve killi seviyeleri geçirimsiz, orta akifer</p> <p>Çakıllı ve kumlu seviyeleri geçirimsiz, silt ve killi seviyeleri geçirimsiz, gözenekliliğı zayıf, sülfatlı-karbonatlı zayıf akifer</p> <p>Çakıllı ve kumlu seviyeleri geçirimsiz, silt ve killi seviyeleri geçirimsiz, gözenekliliğı zayıf,</p> <p>Bol kırık ve çatlaklı yapıdan dolayı ikincil gözenekliliğı yüksek, geçirimsiz, iyi akifer</p> <p>Gözenekliliğı yüksek, geçirimsiz, iyi akifer Gözenekliliğı yüksek, geçirimsiz kumtaşı-çakıltası araldanması, killi seviyeler geçirimsiz, orta akifer</p> <p>Kırık zonlar haricinde gözeneklilik çok düşük, geçirimsiz jips ve anhidritten oluşan akifüj</p> <p>İri taneler boyunca geçirimsizlik ve gözenekliliğı yüksek, killi seviyeler boyunca geçirimsiz orta akifer</p> <p>Killi ve karbonatlı seviyeler boyunca geçirimsiz, kumlu seviyeler boyunca geçirimsiz düşük, zayıf akifer Bol kırık ve çatlaklı yüzeyler boyunca ikincil gözenekliliğı yüksek, iyi akifer</p> <p>Bol kırık ve çatlaklı seviyeler boyunca gözenekliliğı yüksek, iyi akifer</p> <p>Kumlu, çakıllı seviyeleri geçirimsiz, killi seviyeleri geçirimsiz, orta gözenekliliğe sahip zayıf akifer</p> <p>Masif yüzeyler boyunca akifüj, kırık ve çatlaklı seviyelerde ikincil gözenekliliğı yüksek geçirimsiz seviyelerde zayıf akifer</p> <p>Gnays ve şistler geçirimsiz, bol kırık ve çatlaklı mermer ve kuvarsitler boyunca geçirimsiz iyi akifer</p>

Şekil 4.2. İnceleme alanının hidrojeolojik dikme kesiti (Kavurmacı, 2013).

4.2 Su Kaynakları

İnceleme alanı; Tuz Gölü havzasına ait en büyük alt havza alanıdır. Temsilen yaklaşık 1500 km²'lik yüzölçümüyle bugünkü Tuz Gölü'nü de kapsayan KB-GD yayımlı yaklaşık 6000 km²'lik bir alanda bulunmaktadır (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. Tuz Gölü alt havzasına ait göl, sulak alan ve bataklık.

Zamana iklimsel değişikliklere, beşeri faktörlere bağlı olarak küçülen Tuz Gölü'nün bugün kapladığı alana kadar çekilmesi aşamasında birikinti alanlarındaki göl ve bataklıklar Tuz Gölü alt havzasını oluşturmaktadır. Tuz Gölü alt havzasının batısında

bulunan yüksek miktarda tuz, potasyum ve sülfat içeren Bolluk ve Tersakan gölleri en önemli kalıntı göllerinin başlıcalarıdır. Havzanın güneyinde yani ağırlıklı olarak da tez sahasının bulunduğu alanda daha sık dolaşımli birçok sulak alan bugün bataklık alanında varlıklarını korumaktadır. Altınekin'in KD kısmındaki Bolluk Gölü ve bu fay hattının doğusunda günümüz Tuz Gölü'nün uzantısına paralel olan Tersakan Gölü; yapısal unsurlar sebebiyle birbirlerinden ayrılırlar da yüzey akışı sebebiyle aynı zamanda birbirleri ile ilişkilidir. Çalışma alanında bulunan diğer sulak alanlar ise kendi içlerinde yapısal kontrolden dolayı Miyo-Pliyosen yaşlı kireçtaşlarıyla birbirlerinden ayrılırlar (Gürbüz, 2012). Çalışma sahasında içme ve sulama amaçlı kullanılan suyun çoğunluğu buradaki yeraltı su kaynaklarından karşılanmaktadır.

Türkiye'nin en büyük ikinci gölü olarak Tuz Gölü çalışma sahasının en önemli su kaynağıdır. Aksaray - Konya - Ankara illerine kıyısı bulunan göl yaklaşık 1670 km² yüzölçümündedir. Tuz Gölünün yağış alanı yaklaşık 11.900 km² olup dışarıya akıntısı olmadığından kapalı havza gölü olarak tanımlanır. Denizden yüksekliği 905 metre olan göle ulaşan akarsular sırasıyla batıdan gelen İnsuyu ve Kırkdelik çaylarıdır. Göle su getiren bu akarsuların buharlaşmanın çok olduğu kurak dönemlerde suları iyice azalır ve/veya tamamen kurur. Şereflikoçhisar'dan gelen Peçeneközü deresinde yapılan Peçenek barajı inşası; gölün kuzeyden beslenmesini sağlayan en önemli su kaynağının kesilmesine sebep olmuştur. Güneyden gelen DSİ atık su tahliye kanalı Tuz Gölü'nü yukarıda bahsedilen akarsulardan farklı olarak besleyen diğer bir kaynaktır. Tuz Gölü'nün tuzluluk oranı kurak dönemlerin sonunda binde 329 gibi yüksek bir seviyeye gelir. Gölün derin olmayışı ve buharlaşma etkisinin fazla olması sebebiyle biriken tuz tabakası makinelerle kazılıp tuzlalara getirilmektedir. 2001 yılında Özel Çevre Koruma Bölgesi olarak ilan edilen Tuz Gölü ve civarı bünyesinde özel bir habitat barındırır.

5. SULARIN HİDROJEOKİMYASAL DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu bölümde çalışma alanı ve çevresi ile ilgili hidrojeokimyasal özellikler; alınan su numuneleri üzerinden (Çizelge 5.1, Çizelge 5.2 ve Çizelge 5.3) değerlendirilmiştir. Bu kapsamda 2015 ve 2023 yıllarına ait bir dönem kurak Ekim 2015 ve bir dönem yağışlı Nisan 2023 olmak üzere toplam 30 adet su numunesi toplanmıştır. Bu örneklerle ait analizleri ICP-MS, ICP-OES yöntemi ile Ekim 2015 yılında Aksaray Üniversitesi su kimyası laboratuvarlarında, Nisan 2023 örnekleme döneminde ise MTA Genel Müdürlüğü Maden Analizleri ve Teknolojileri Dairesi laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Analizler yapılırken majör katyonların ve Pb, Zn, Cd, Co, Cu, Ni, Ba, Fe, Mn, Mo, Cr, Al, Hg, As ve Li gibi ağır metallerin analizi için; 0,1ppm'in altındaki değere sahip elementlerin analizi ICP-MS cihazı ile aSM 3120 B ICP Metodu, 0,1ppm'in üstündeki değere sahip elementlerin analizi ICP-OES Cihazı ile yapılmıştır. F⁻, Br⁻, Cl⁻, NO₃⁻, NO₂⁻, PO₄⁻³, SO₄⁻² iyonlarının analizi için ise; İyon Kromatografi Metodu (aSM 4110 B) İyon Kromatografi Cihazı ile yapılmıştır. pH tayini için; aSM 4500 H+B elektrometrik metot, iletkenlik tayini için; aSM 2510 B laboratuvar metodu kullanılmıştır. Toplam sertlik (Ao) tayini için; hesap yöntemi CO₃⁻², HCO₃⁻, Ca⁺²,Mg⁺² analiz sonuçları ile hesaplanmıştır. CO₃⁻², HCO₃⁻, tayini için volumetrik analiz yöntemi kullanılmıştır.

Çalışma kapsamında örnekleme noktalarının koordinatları, pH, elektriksel iletkenlik (EC), toplam çözünmüş katı madde miktarı (TÇKM) gibi bazı fiziko-kimyasal parametreler örnekleme ile eş zamanlı olarak yerinde ölçülmüştür. Laboratuvar analizleri için su örnekleri 1 lt.'lik çift kapaklı polietilen şişelere alınarak örnekleme yapılmıştır. Koruyucu madde olarak ph>2 olana kadar HCl asit damlatılmış ve her noktadan ikişer örnek alınmıştır.

Çalışma alanında yeraltı sularının ana beslenme kaynağı; havzanın güneybatı, güney ve güneydoğu kısmını çevreleyen Toroslar ve akım yönü ise Toroslardan Tuz Gölü'ne doğru olduğu C14 yaş tayini çalışmaları ile ortaya konmuştur (Özyurt ve Bayarı, 2015).

Çizelge 5.1. İnceleme alanındaki suların Ekim 2015 örnekleme dönemine ait su kimyası analiz sonuçları.

Örnek adı	Koordinat		pH	EC	TÇKM	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²	HCO ₃ ⁻	İyon dengesi	Su Tipi
	x	y												
AKKAŞ	526483	4249890	7	1239	941	190,05 9,48	56,35 4,64	59,25 2,58	9,265 0,24	82,29 2,32	126,42 2,63	670 10,98	3,02	Ca-HCO ₃
SETİK	538385	4245294	7,66	1249	944	172,90 8,62	54,5 4,49	87,05 3,78	7,715 0,20	136,92 3,86	111,92 2,33	582 9,54	4,14	Ca-HCO ₃
BÖGET	539609	4241671	7,12	1831	1399	94,3 4,7	69,1 5,69	199,25 8,66	3,39 0,09	158,52 4,47	292,81 6,10	426 6,98	4,32	Na-HCO ₃
GÜNEŞLİ	543787	4221629	7,36	800	604	67,90 3,39	47,91 3,94	67,7 2,94	4,98 0,13	99,84 2,81	63,05 1,31	354 5,80	2,31	Mg-HCO ₃
İKİZCE	541357	4245436	7,21	1267	954	175,50 8,75	55,3 4,55	87,05 3,78	6,9 0,18	137,12 3,86	110,51 2,30	609 9,98	3,34	Ca-HCO ₃
CELİL	526764	4234191	7,09	1290	974	200,90 10,02	55,1 4,53	77,15 3,35	6,71 0,17	119,55 3,37	101,77 2,12	697 11,43	3,33	Ca-HCO ₃
SULTANHANI	548030	4233382	7,69	1196	901	118 5,89	51,7 4,26	111,8 4,86	6,835 0,17	168,05 4,73	103,52 2,16	504 8,26	0,07	Ca-HCO ₃
YENİKENT	566057	4244375	7,84	1145	853	108,65 5,42	50,2 4,13	103,7 4,51	7,84 0,20	182,08 5,13	191,31 3,99	267 4,38	2,76	Ca-HCO ₃
SAĞSAK	529231	4238360	7,36	1229	927	121,40 6,05	49,855 4,10	71,1 3,09	7,135 0,18	138,59 3,9	113,85 2,37	427 7	0,58	Ca-HCO ₃
ESKİL	535289	4250421	7,11	1273	963	181,80 9,07	53,3 4,39	68,85 2,99	5,74 0,15	103,95 2,93	109,94 2,29	713 11,69	-0,93	Ca-HCO ₃
YEŞİL TÖMEK	545256	4238423	7,4	1285	970	112,25 5,60	61,7 5,08	107,95 4,69	6,21 0,16	171 4,82	125,05 2,61	495 8,11	-0,02	Ca-HCO ₃
ŞABANLI	538479	4228621	7,16	1352	1018	117,05 5,84	60,95 5,02	123,75 5,38	32 0,82	182,23 5,13	137,01 2,85	598 9,8	-2,11	Ca-HCO ₃
EŞMEKAYA	538988	4234144	7,38	1219	921	132,35 6,60	41,75 3,44	90,5 3,93	3,035 0,08	178,21 5,02	110,64 2,31	459 7,52	-2,76	Ca-HCO ₃
YEŞİLOVA	572401	4251383	8,03	1282	966	93,15 4,65	53,15 4,37	143,85 6,25	19,135 0,49	223,64 6,3	135,03 2,81	428 7,02	-1,14	Na-HCO ₃
YEŞİLTEPE	567099	4257167	8,18	1377	1038	39,36 1,96	52,65 4,33	265,65 11,55	10,73 0,27	264,85 7,46	122,17 2,55	541 8,87	-2,03	Na-HCO ₃

Çizelge 5.2. İnceleme alanındaki suların Nisan 2023 örnekleme dönemine ait su kimyası analiz sonuçları.

Örnek adı	Koordinat		pH	EC	TÇKM	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	Cl	SO ₄ ⁻²	HCO ₃ ⁻	İyon dengesi	Su Tipi
	x	y												
AKKAŞ	526444	4249986	7,0	1352.97	1211.6	177,4 8,85	60,1 4,95	66,8 2,9	6,0 0,15	97,2 2,74	115,2 2,4	689 11,3	1,25	Ca-HCO ₃
SETİK	537953.88	4246284.74	7,1	1513.70	1347.8	152,3 7,6	72,9 6	129,3 5,62	9,5 0,24	213,9 6,03	204,0 4,25	566 9,28	-0,23	Ca-HCO ₃
BÖGET	539595	4241387	7,2	1722.84	1553.8	133,5 6,66	134,6 11,08	250,2 10,88	29,5 0,75	315,5 8,89	422,0 8,79	577 9,46	3,94	Na-HCO ₃
GÜNEŞLİ	544444	4221782	7,3	865.64	769.8	105,2 5,25	35,6 2,93	64,4 2,8	2,7 0,07	85,5 2,41	65,5 1,36	411 6,74	2,48	Ca-HCO ₃
İKİZCE	541529	4245526	7,2	1017.65	902.1	83,7 4,17	83,5 6,87	135,9 5,91	10,8 0,28	202,0 5,69	144,2 3	544 8,92	-1,09	Mg-HCO ₃
CELİL	526600	4234404	7,1	869.54	766.5	159,0 7,93	46,8 3,85	73,8 3,21	6,0 0,15	94,0 2,65	88,8 1,85	622 10,20	1,5	Ca-HCO ₃
SULTANHANI	548564	4233636	7,2	1257.96	1115.8	173,4 8,65	49,2 4,05	95,1 4,13	9,1 0,23	167,6 4,72	143,5 2,99	478 7,84	4,65	Ca-HCO ₃
YENİKENT	566158	4244499	7,6	732.22	641	51,6 2,57	27,6 2,27	225,6 9,81	13,9 0,36	129,8 3,66	125,6 2,62	466 7,64	3,79	Na-HCO ₃
SAĞSAK	529431	4238230	6,9	900.40	799.8	166,2 8,29	51,5 4,24	66,8 2,9	6,6 0,17	100,0 2,82	87,3 1,82	666 10,92	0,15	Ca-HCO ₃
ESKİL	535264.50	4250613.62	6,8	914.13	814.8	180,9 9,02	49,8 4,10	61,8 2,69	6,3 0,16	88,4 2,49	90,3 1,88	689 11,30	0,95	Ca-HCO ₃
YEŞİL TÖMEK	544831	4238915	7,3	717.92	638.3	91,3 4,55	59,0 4,86	72,1 3,13	4,5 0,12	105,2 2,96	63,6 1,33	544 8,92	-2,11	Mg-HCO ₃
ŞABANLI	537807	4230448	7,0	1482.31	1314	227,4 11,34	53,1 4,37	105,6 4,59	4,2 0,11	316,2 8,91	186,0 3,88	422 6,92	1,77	Ca-Cl
EŞMEKAYA	538958	4234222	7,3	1453.10	1293.3	99,9 4,98	105,3 8,67	136,5 5,93	4,5 0,12	245,1 6,9	269,1 5,61	433 7,1	0,22	Mg-HCO ₃
YEŞİLOVA	572591	4251495	7,3	1391.99	1235	137,7 6,87	77,7 6,4	245,4 10,67	23,4 0,6	303,0 8,54	133,0 2,77	755 12,38	1,75	Na-HCO ₃
YEŞİLTEPE	567163	4257091	7,4	1524.38	1353.1	60,9 3,04	64,5 5,31	475,2 20,66	10,5 0,27	422,0 11,89	185,5 3,86	700 11,48	3,62	Na-Cl

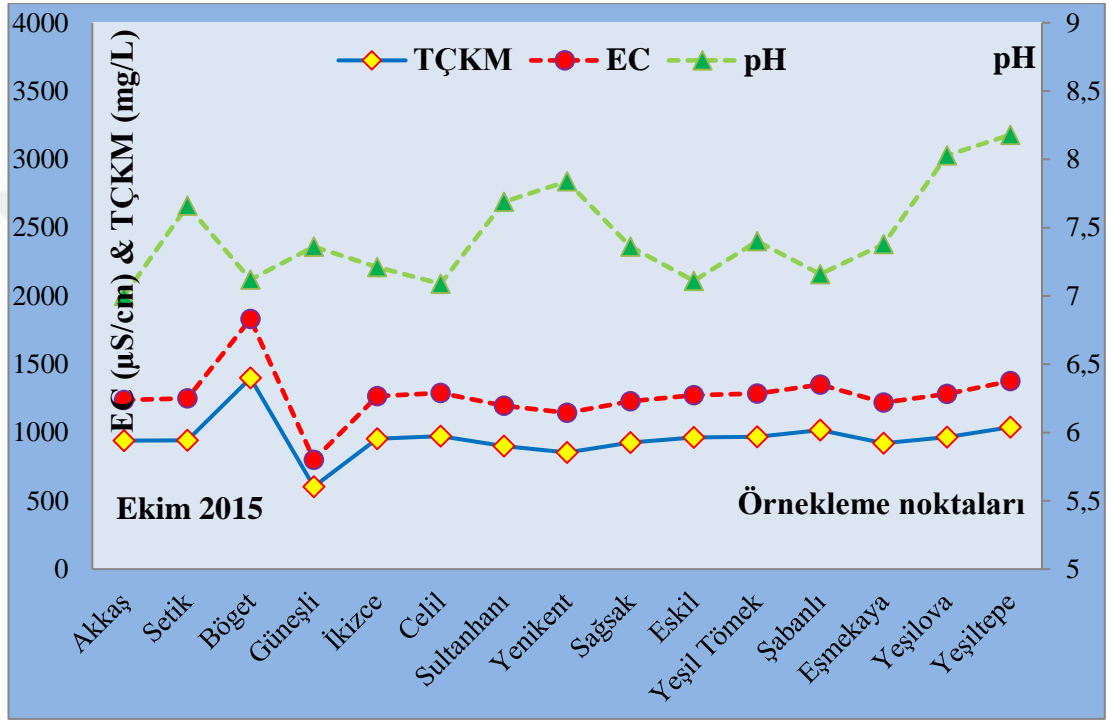
Çizelge 5.3. İnceleme alanındaki örnekleme noktalarına ait su analiz sonuçlarının dönemsel iyon dizilimi ve su tipi değişimi.

İyon Dizilimi (meq/L)	Su Tipi	Ekim 2015	Nisan 2023
$Ca^{+2}>Mg^{+2}>Na^{+}+K^{+}; HCO_3^{-}>SO_4^{-2}>Cl^{-}$		Akkaş Setik	
$Ca^{+2}>Mg^{+2}>Na^{+}+K^{+}; HCO_3^{-}>Cl^{-}>SO_4^{-2}$	Ca-HCO ₃	İkizce Celil Sağsak Eskil Yeşil Tömek	Akkaş Setik Celil Sağsak Eskil
$Ca^{+2}>Na^{+}+K^{+}>Mg^{+2}; HCO_3^{-}>Cl^{-}>SO_4^{-2}$		Sultanhanı Yenikent Şabanlı Eşmekaya	Sultanhanı
$Na^{+}+K^{+}>Ca^{+2}>Mg^{+2}; HCO_3^{-}>SO_4^{-2}>Cl^{-}$		Böget	
$Na^{+}+K^{+}>Ca^{+2}>Mg^{+2}; HCO_3^{-}>Cl^{-}>SO_4^{-2}$	Na-HCO ₃	Yeşilova	Yeşilova Yenikent
$Na^{+}+K^{+}>Mg^{+2}>Ca^{+2}; HCO_3^{-}>Cl^{-}>SO_4^{-2}$		Yeşiltepe	Böget
$Mg^{+2}>Ca^{+2}>Na^{+}+K^{+}; HCO_3^{-}>Cl^{-}>SO_4^{-2}$	Mg-HCO ₃	Güneşli	Yeşil Tömek
$Mg^{+2}>Na^{+}+K^{+}>Ca^{+2}; HCO_3^{-}>Cl^{-}>SO_4^{-2}$			Eşmekaya
$Mg^{+2}>Na^{+}+K^{+}>Ca^{+2}; SO_4^{-2}>HCO_3^{-}>Cl^{-}$	Mg-SO ₄		İkizce
$Ca^{+2}>Na^{+}+K^{+}>Mg^{+2}; Cl^{-}>HCO_3^{-}>SO_4^{-2}$	Ca-Cl		Şabanlı
$Na^{+}+K^{+}>Mg^{+2}>Ca^{+2}; Cl^{-}>HCO_3^{-}>SO_4^{-2}$	Na-Cl		Yeşiltepe

5.1 Suların Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

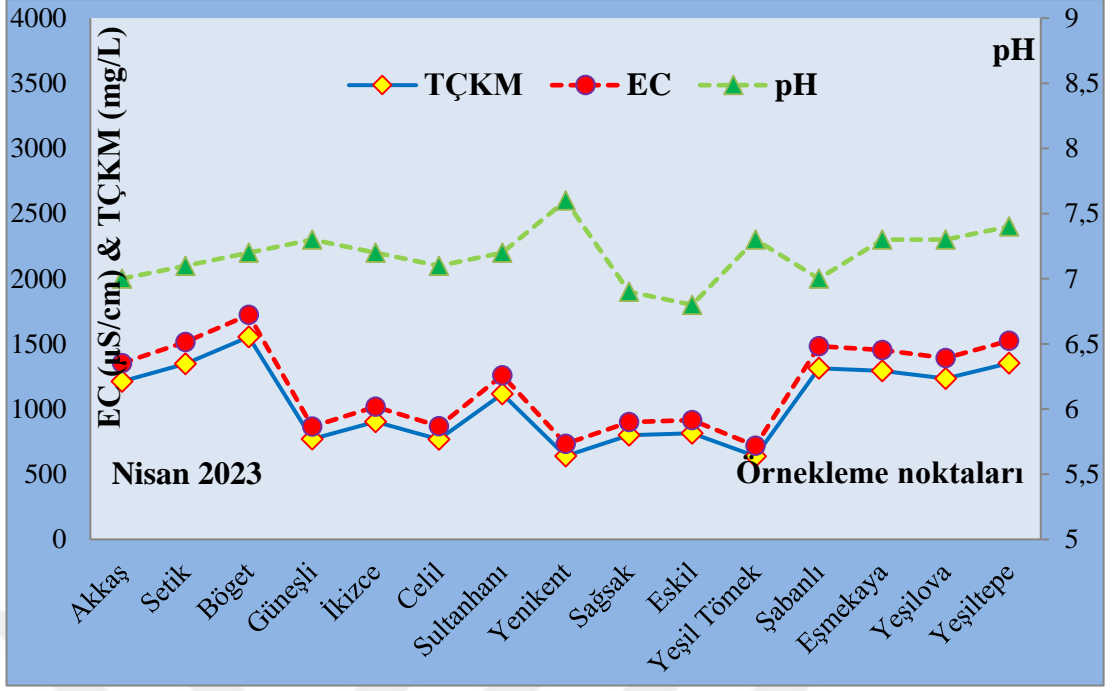
Tez çalışmasının bu bölümünde, belirlenen örnekleme noktalarından su kimyası analizi yaptırılmak üzere su numunesi alınmış ve bu numunelerin alınması sırasında yerinde ölçümler yapılmıştır. Örnekleme noktalarından alınan sulara ait bazı kimyasal ve fiziksel parametre değerleri; pH 6,8 – 8,18, elektriksel iletkenlik (EC) 717.92 – 1831 μ S/cm, toplam çözünmüş katı madde (TÇKM) 604 – 1553,8 mg/L değer aralıklarında ölçülmüştür (Çizelge 5.1, Çizelge 5.2). Örnekleme dönemleri arasında benzer bir dağılım ya da sistematik bir artış veya azalma saptanamamıştır. Bu durum farklı akifer sistemlerine sahip suların birbirleri ile farklı oranlarda karışmasından, sisteme daha taze yağış sularının girmesinden veya sulama amaçlı kullanımlarıyla ilişkilidir. Sudaki asit baz dengesini oluşturan pH aynı zamanda sudaki hidrojen iyonuna ait derişimi de gösterir (Doğan, 1981). Sularda suyun bazik özelliğini arttırıcı iyonlar karbonat ve bikarbonatlar iken, suyun asit özelliğini mineral asitleri ve karbonik asit arttırmaktadır (Hem, 1985). Sularda serbest olarak bulunan karbondioksit, fiziksel olarak suda çözünür ve hidratasyon sebebiyle karbonik aside

dönüşür. Bu durumda ise su, çözen - aşındırıcı bir forma dönüşür. Aynı zamanda pH değerine aşındırıcı ve kabuk bağlayıcı özellikte bağlıdır (Türker, 2006). pH değeri 6,8 – 8,18 aralığında değişen inceleme alanındaki suların hafif çözücü ve hafif kabuklaştırıcı bazı özellikleri temsil ettiği görülmektedir. Sulardaki pH aralığı kıta içi su kaynaklarının sınıflamasına göre (URL-4) değerlendirildiğinde I. kalite su sınıfına dahil olduğu görülmektedir. T.Ç.K.M., EC ve pH değerlerinin birbirleriyle ilişkisini gösteren grafikler Şekil 5.1 ve Şekil 5.2 de verilmiştir.



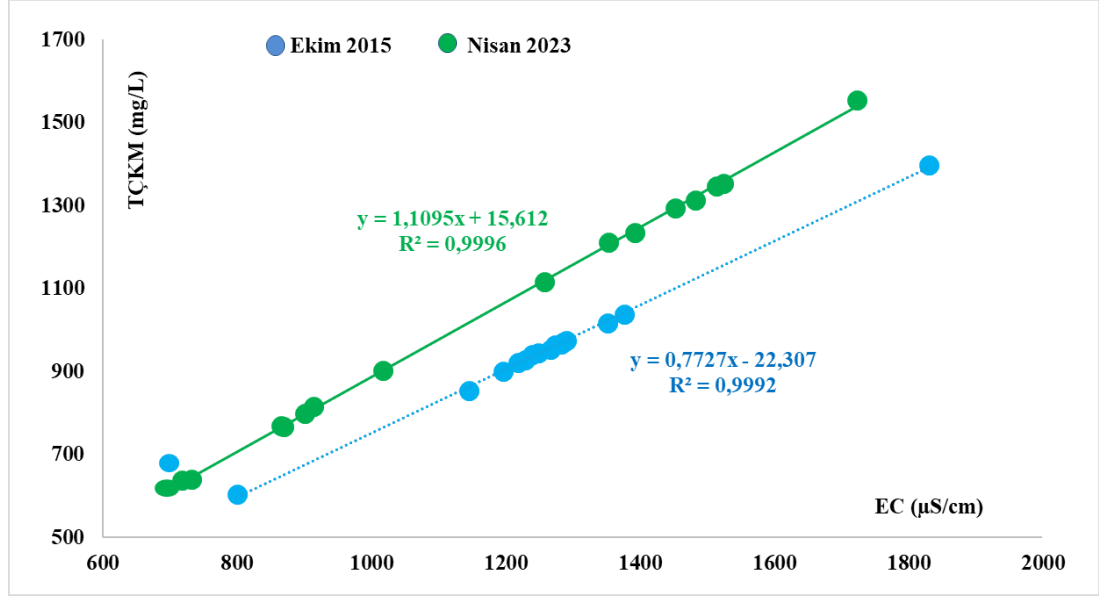
Şekil 5.1. Örneklem noktaları EC-TÇKM-Ph ilişkisi grafiği (Ekim 2015).

En yüksek pH değerleri Yeşilova ve Yeşiltepe en düşük pH değerleri ise Akkaş, Böget ve Celil örneklem noktalarından alınan sularda ölçülmüştür. En yüksek EC ve TÇKM değeri Böget en düşük EC ve TÇKM değeri ise Güneşli örneklem noktalarından alınan sularda ölçülmüştür. Diğer örneklem noktalarından alınan su örneklerinin EC ve TÇKM değerleri birbirlerine yakındır. Örneklem noktalarından alınan numunelerine ait EC-TÇKM-pH grafiği incelendiğinde her iki dönemde alınan örneklemelerde de EC-TÇKM ve pH arasındaki benzer bir dağılım olduğu görülmektedir.



Şekil 5.2. Örneklem noktaları EC-TÇKM-Ph ilişkisi grafiği (Nisan 2023).

Nisan 2023 örneklem döneminde ise en yüksek pH değerleri Yenikent ve Yeşiltepe en düşük pH değerleri ise Sağsak ve Eski örneklem noktalarından alınan sularda ölçülmüştür. En yüksek EC ve TÇKM değeri Böget en düşük EC ve TÇKM değeri ise Yenikent örneklem noktalarından alınan sularda ölçülmüştür. TÇKM içeriği 1000 mg/l üzerinde olan Akkaş, Böget, Sultanhanı, Şabanlı, Eşmekaya, Yeşilova ve Yeşiltepede bölgesinde bulunan yeraltı sularının daha derin dolaşım sistemine sahip oldukları ve su kayaç temas sürelerinin diğerlerine göre daha uzun olduğu söylenebilir. TÇKM-EC değerleri arasındaki korelasyon incelendiğinde, bu parametreler arasında % 99 oranında doğrusal pozitif bir bağıntı olduğu gözlenmektedir (Şekil 5.3). Bu korelasyon yüzdesi Ekim 2015 ve Nisan 2023 tarihli her iki örneklem dönemi içinde geçerlidir. Nisan 2023 örneklem dönemi için çizilen EC ve TÇKM arasındaki bağıntıyı gösteren korelasyon çizgisi Ekim 2015 dönemi için çizilen korelasyon çizgisinin üzerinde yer almıştır. Bu sonuç Nisan 2023 örneklem döneminde EC ve TÇKM değerlerinde bölgesel bir artış olduğunu göstermektedir.

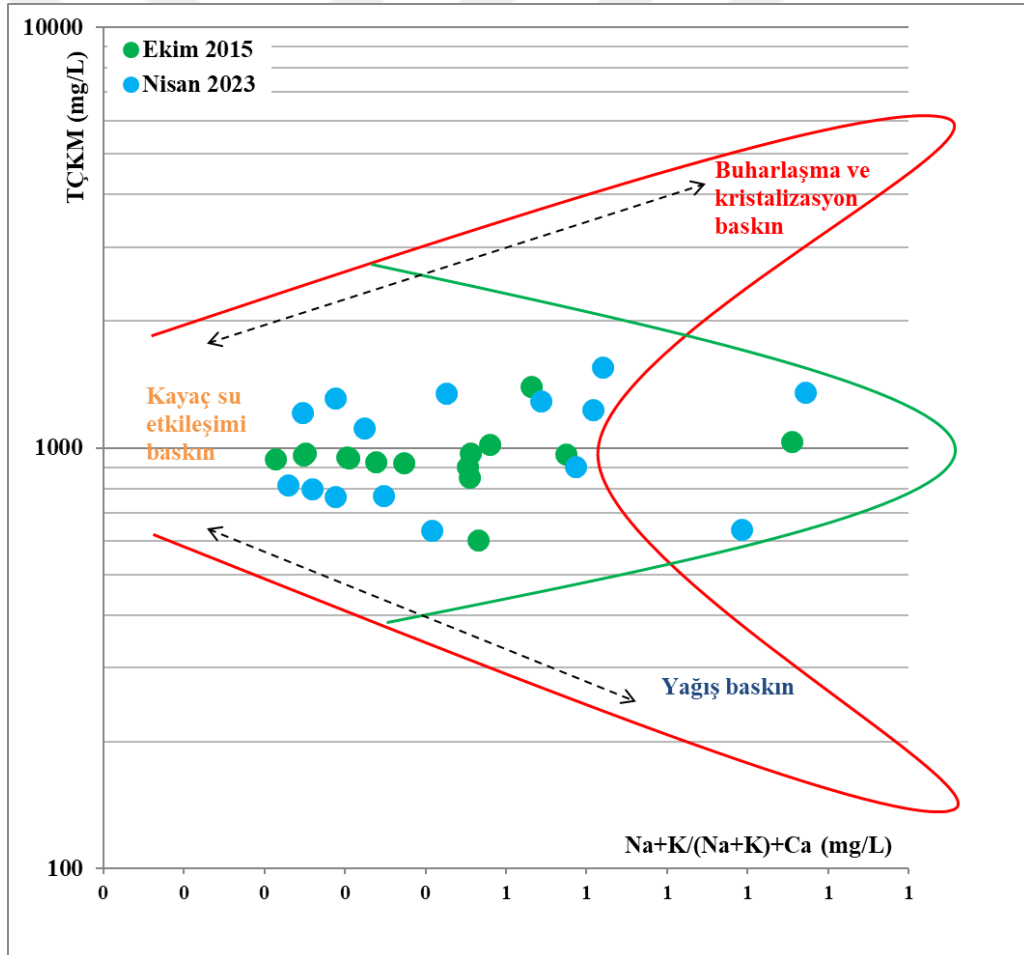


Şekil 5.3. Örneklem noktaları TÇKM-EC ilişkisi grafiği.

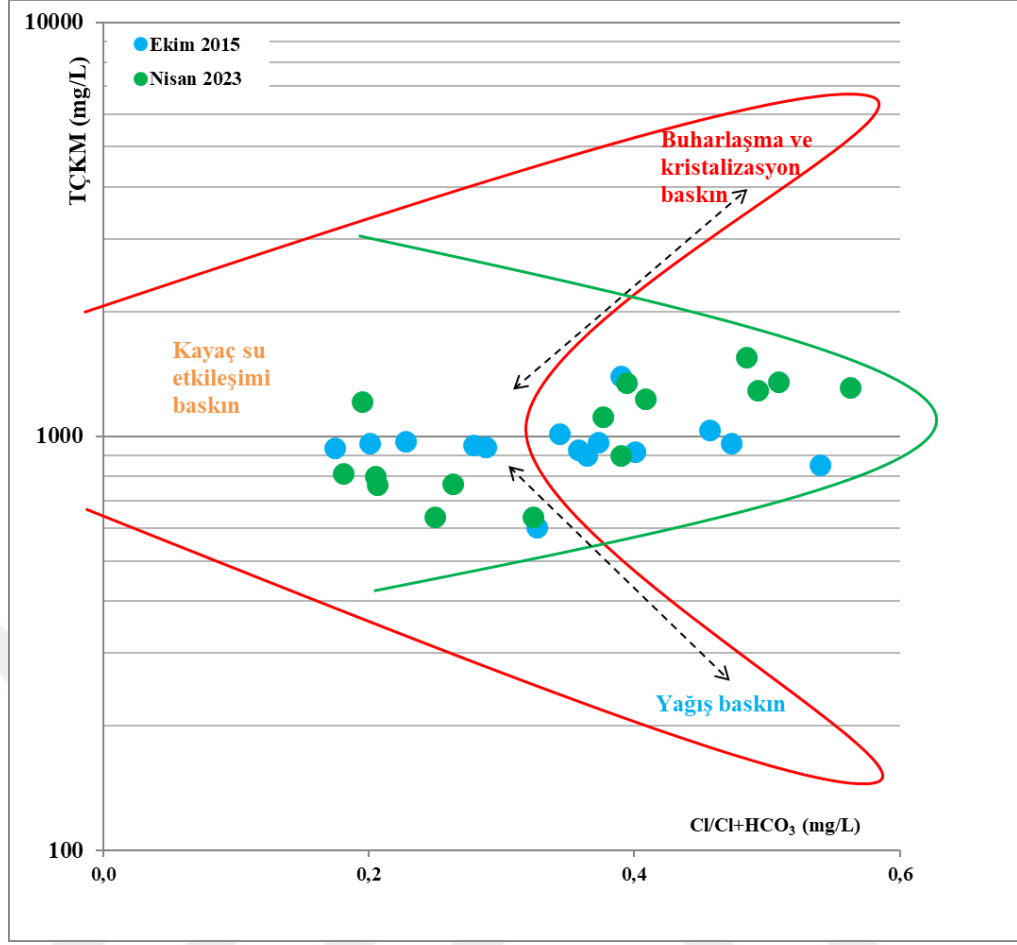
Tez çalışması kapsamında su numunesi alınan örneklerin EC değer aralığı 717.92 – 1831 µS/cm arasında değişim gösterir. Bu değer aralığı incelendiğinde yelpazenin nispeten geniş olması çalışma alanındaki suların su - kayaç etkileşim sürelerinin farklı olması ya da suların çözünürlük ve kimyasal denge şartlarının değişmesi açıklanabilir. Su örneklemeleri yapılan kuyuların genelinde yağış miktarı ile EC arasında ters orantı olup yağış miktarının artışı ile EC değerleri düşmüştür. Sığ dolaşım sistemine sahip mevsimsel yağışlardan daha fazla etkilenen yeraltı sularında nispeten daha düşük EC değerleri gözlemlenirken, en yüksek EC değerleri ise Tuz Gölü'ne daha yakın nispeten daha derin dolaşım sistemine sahip yeraltı sularında rastlanmaktadır. Tuz Gölü'ne yakın kuyularda ölçülen yüksek EC ve TÇKM değerleri yeraltı sularının Tuz Gölü'nden negatif olarak etkilendiğini gösterebilir. Tuz Gölü ve onu besleyen derin dolaşım sistemine sahip Na-Cl ce zengin tuzlu yeraltı suları hidrolik dolaşım sistemleri boyunca yukarı doğru yükselirken karşılaştıkları tatlı su akiferlerinin tuzlanmasına neden olur. Aynı zamanda Tuzgölü formasyonunun geçirimli birimleri boyunca az miktarlarda da olsa tatlı su akiferlerine tuzlu su girişimi olma ihtimali bulunmaktadır. Sularda EC ile tuzluluk arasında pozitif anlamda bir ilişki mevcuttur. Bu duruma bağlı olarak suyun tuz miktarı arttıkça, elektriksel iletkenliği de orantılı olarak artmaktadır. Beslenme alanındaki yağış miktarları, su - kayaç temas süreleri ve etkileşimleri, suların ph ve sıcaklık gibi değerleri TÇKM miktarları üzerinde etkilidir. Tez çalışması kapsamında incelemesi yapılan suların, TÇKM değerleri göz önünde

bulundurulduğunda kıta içi su kaynaklarının sınıflamasında II. ve III. sınıf su kalitesine sahip oldukları tespit edilmiştir.

Çalışma alanı su kimyası verileri kullanılarak çizilen Gibbs diyagramları incelendiğinde; örnekleme noktalarının daha çok “Kayaç-su etkileşimi baskın” alanda toplandığı gözlenmektedir (Şekil 5.4 ve Şekil 5.5). Bu durumda inceleme kapsamındaki yeraltı suları üzerinde yağış, buharlaşma ve kristilazasyon etkisi zayıftır. Ekim 2015 ve Nisan 2023 örnekleme dönemi için ayrı ayrı çizilen, $Na+K/Na+K+Ca$ iyon oranları ile TÇKM değerleri arasındaki ilişkiyi gösteren Gibbs grafiğinde her iki örnekleme dönemi içinde benzer bir dağılım sistematığı olduğu görülmektedir. Bu sonuç yeraltı sularının zamansal olarak da mevsimsel yağışlardan ve sıcaklık değerlerinden etkilenmediklerini göstermektedir.



Şekil 5.4. Çalışma alanındaki örneklerin ait Gibbs-1 diyagramı ($TÇKM - Na^++K^+/(Na^++K^+)+Ca^{+2}$) (Gibbs, 1970).



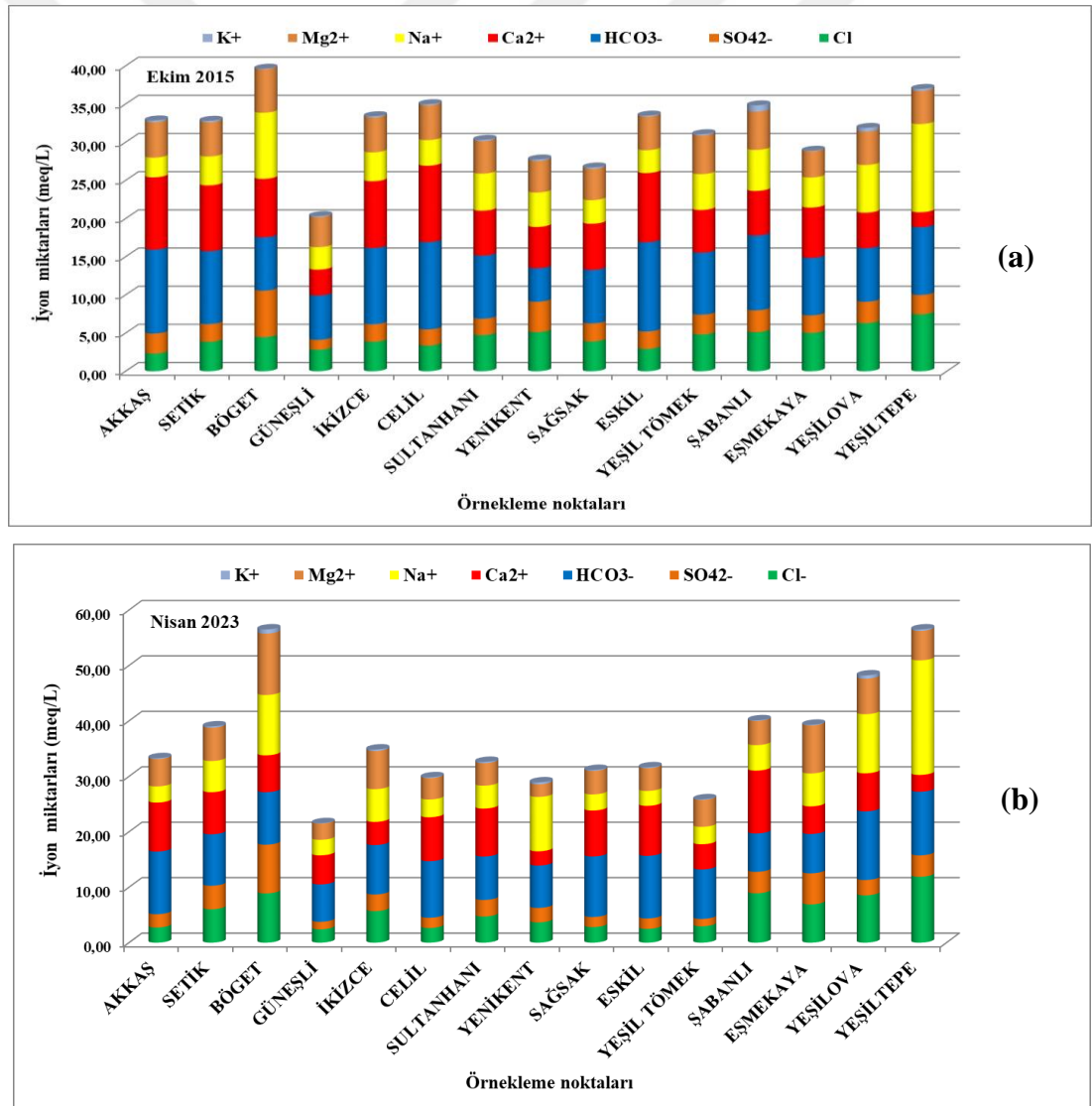
Şekil 5.5. Çalışma alanındaki örneklerin Gibbs-2 diyagramı ($T\check{C}KM-Cl^{-}/Cl^{-}+HCO_3^{-}$) (Gibbs, 1970).

Şekil 5.5'te verilen Gibbs grafiği TÇKM ve $Cl/Cl+ HCO_3$ iyon oranları arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Bu grafikte de yeraltı suları üzerinde su – kayaç etkileşiminin baskın olduğu görülmektedir.

5.2 Suların İyon Özellikleri ve Dağılımları

Yeraltı suları hidrolojik döngüsü boyunca etkileşimde buldukları kayalardan negatif ve pozitif yüklü iyonlar çözer. Çözünen bu iyonların toplam miktarları ve iyonların su içerisinde bulunma oranları hidrojeolojik olarak suyun karakteristiğini belirler. Hidrolojik çevrim içerisinde suların zamanla kimyasal olarak değişkenlik gösterme sebepleri arasında sürekli olarak hareket halinde olmaları ve çözme - çökeltme dengesinin sürekli değişmesi gösterilebilir. Suyun karakteristik değişiminin bir diğer nedeni de iyon takasıdır. Suların tipi belirlenirken içeriğindeki çözülmüş iyonların miktarı göz önünde bulundurulur. Uluslararası Hidrojeologlar Birliği (AIH)

Sınıflaması (1979)'a göre suların çözünmüş iyon oranı %20 meq/L'den fazla olanlar değerlendirilmeye katılır ve en yüksek içerikli çözünmüş iyondan en düşük içerikli çözünmüş iyon miktarına göre büyükten küçüğe doğru sıralanır. Bu sıralamada önce katyonların iyon içerik sıralamasının ardından anyonların çözünmüş iyon miktarlarının sıralaması gelir. Majör katyonlar Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^{+} ve K^{+} iken majör anyonlar ise HCO_3^{-} , SO_4^{-2} , Cl^{-} ve CO_3^{-4} 'dür. Bu kapsamda suların karakteristik özelliklerinin tanımlanması sağlık, turizm, tarımsal, endüstriyel ve daha birçok alanda suların daha doğru ve verimli bir şekilde kullanılmasına katkı sağlar. Tez çalışması kapsamında alınan su örneklemelerinin Ekim 2015 ve Nisan 2023 dönemlerindeki su kimyası analiz sonuçları Çizelge 5.1 ve Çizelge 5.2'de, iyon dağılımlarını gösterir diyagram ise Şekil 5.6'da verilmiştir.



Şekil 5.6. Örneklem noktalarının dönemsel iyon dağılım diyagramları (a: Ekim 2015 b: Nisan 2023).

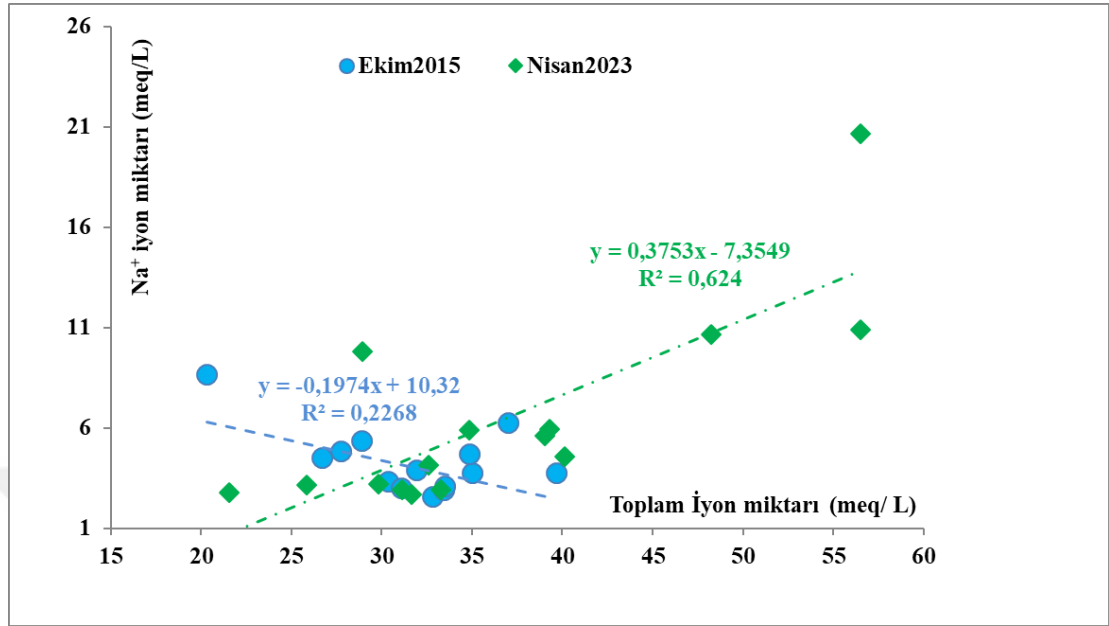
Hidrokimyasal açıdan sular Ca-HCO₃, Na-HCO₃, Mg-HCO₃, Ca-Cl, Na-Cl su tipindedir. Sulardaki karışım oranlarının çeşitli süreçlerden etkilenme durumuna göre suların iyon miktarı içerikleri örnekleme dönemlerinde değişiklikler göstermiştir. Setik, Böget, Celil, Sultanhanı, Sağsak, Eskil, Yeşilova merkezlerinden alınan su numunelerinin kimyasal su tipi özellikleri tüm örnekleme dönemleri boyunca değişim göstermemiştir. Diğer örnekleme noktalarının kimyasal su tiplerinde ise çoğunlukla kation miktarlarına bağlı değişiklikler gözlemlenir.

Yağışlı dönemde Ca⁺², Mg⁺² ve SO₄⁻² iyonlarınca artış gösteren örnekleme noktalarında daha fazla çözünerek baskın iyon haline gelmişlerdir. En dikkat çekici değişim Yenikent, Şabanlı ve Yeşiltepe örnekleme alanlarında gözlemlenmiştir. Bu örnekleme alanlarından Yenikent'te kurak dönemde Ca-HCO₃ tipli su fasiyesi baskınken yağışlı dönemdeki su fasiyesi tipi NaHCO₃ şekline; Şabanlı'da kurak dönemde Ca-HCO₃ tipli su fasiyesi baskınken yağışlı dönemdeki su fasiyesi tipi Ca-Cl şekline; Yeşiltepe'de ise kurak dönemde Na-HCO₃ olan su fasiyesi tipi yağışlı dönemde Na-Cl şekline dönüşmüştür. Bu örnekleme noktasında yeraltı suyunda bir tuzlanma etkisinden söz edilebilir.

İyon bolluk dizilimleri her iki dönemde de aynı kalan iki grup örnekleme noktası vardır. Bunlardan baskın fasiyesi Ca-HCO₃ olan Akkaş, Setik, Celil, Sultanhanı, Sağsak ve Eskil örnekleme noktaları için iyon dizilim sıralaması; Ca⁺²>Mg⁺²>Na⁺+K⁺ ; HCO₃⁻ > SO₄⁻²>Cl⁻ iken baskın fasiyesi Na-HCO₃ olan Böget ve Yeşilova örnekleme noktaları için iyon dizilimleri; Na⁺+K⁺>Ca⁺²>Mg⁺²;HCO₃⁻>SO₄⁻²>Cl⁻ şeklinde gelişmiştir. Her iki dönemde de baskın majör kation Ca⁺²'dan Mg⁺²'a değişim gösteren İkizce, Yeşil Tömek ve Eşmekaya örnekleme noktaları için; kurak dönemde iyon dizilimi Ca⁺²>Mg⁺²>Na⁺+K⁺ ; HCO₃⁻>Cl⁻>SO₄⁻² iken Mg⁺²>Ca⁺²>Na⁺+K⁺ ; HCO₃⁻>Cl⁻>SO₄⁻² olarak değişim göstermiştir. Güneşli örnekleme noktasında ise majör kation kurak dönemde Mg iken yağışlı dönemde Ca'a dönüşerek iyon içeriği dizilimi Ca⁺²>Mg⁺²>Na⁺+K⁺ ; HCO₃⁻>SO₄⁻²>Cl⁻ olmuştur.

İyon içeriğindeki değişimlere neden olarak mevsimlere bağlı artıp azalan yağışlar, yeraltı sularının yeraltındaki dolaşım süreçleri boyunca iyon konsantrasyonlarında oluşan değişim ve hidrolojik sistemdeki farklı akifer türlerinin birbirleriyle olan etkileşimi gösterilebilir (Kavurmacı, 2013). Yeraltı sularının Na⁺ içeriği 59.25 - 475.2 mg/L değer aralığındadır. Na⁺ bakımından zengin olan kayaçlar ve mineraller;

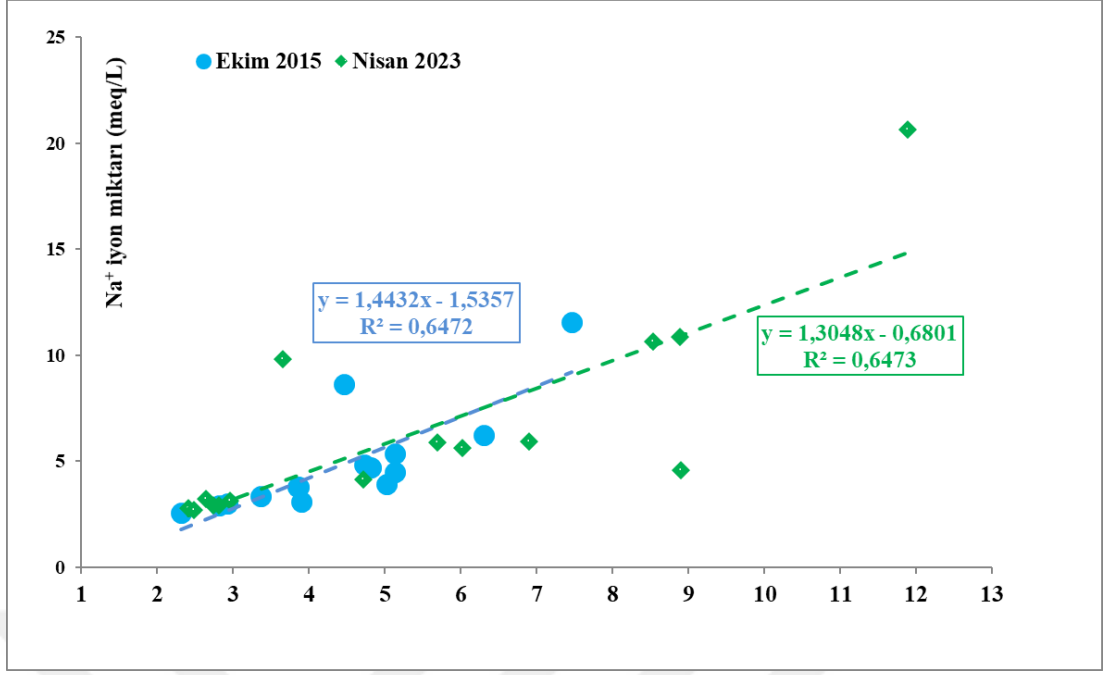
evaporitler, magmatik kayalar, kil mineralleri, feldispatlar olarak sıralanabilir (Şahinci, 1991). Şekil 5.7 de Na⁺ iyonuna ilişkin grafik yer almaktadır.



Şekil 5.7. Örneklem noktaları Na⁺-toplam iyon dağılım grafiği.

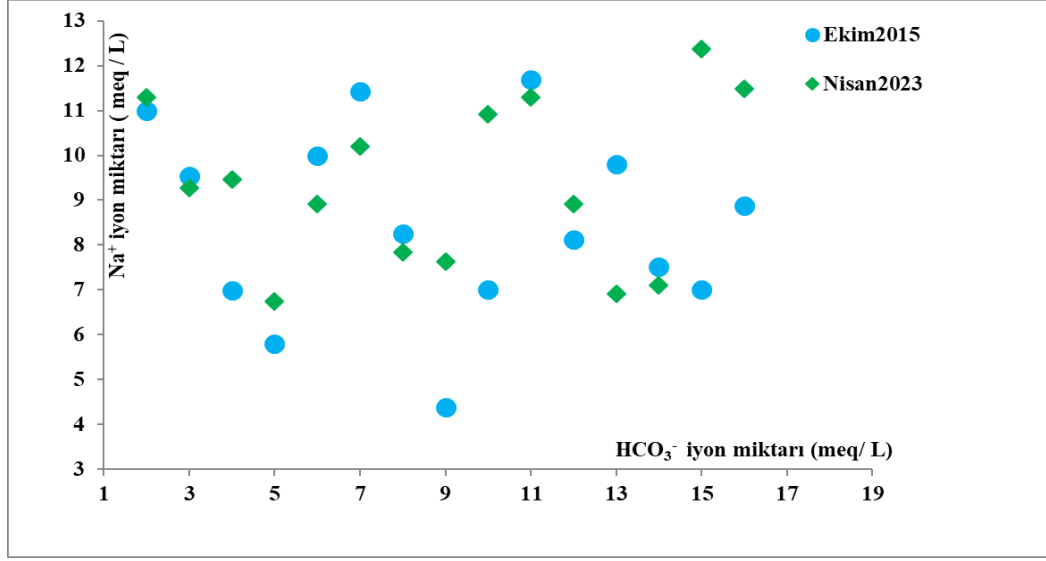
Şekil 5.7 incelendiğinde Ekim 2015 örneklem döneminde Na iyonu ve toplam iyon miktarı arasında negatif zayıf bir korelasyon görülmektedir. Bu korelasyonun yüzdesi % 22'dir, başka bir deyişle Na iyonu ve toplam iyon miktarı arasında anlamlı bir ilişki tespit edilememiştir. Nisan 2023 örneklem döneminde ise Na iyonu ve toplam iyon miktarı arasında % 62'lik pozitif bir korelasyon belirlenmiştir. Nisan 2023 örneklem döneminde Na iyon miktarındaki artış toplam iyon konsantrasyonunu önemli ölçüde artmasına neden olmuştur.

İnceleme alanındaki yeraltı sularının yağışlı ve kurak dönemlerde Na⁺ iyonu değerleri 2,58 – 20,66 meq/L arasında değişim gösterir. Ayrıca her iki örneklem döneminde de Na⁺ ve Cl⁻ iyonları arasındaki pozitif doğrusal ilişki görülmektedir (Şekil 5.8). Her iki örneklem döneminde Na ve Cl iyonları arasındaki korelasyon yüzdesi % 64'tür. Bu sonuç, Na iyon değerleri arttıkça Cl iyon değerlerinin de arttığını ifade eder. İnceleme kapsamındaki yeraltı suları dolaşım süreleri boyunca NaCl türü halit türü kayalarla temas ederek Na ve Cl türü iyonlarca zenginleşmiş veya NaCl ce zengin daha derin dolaşım sistemine sahip yeraltı suları ile farklı oranlarda karışmış olabilir.



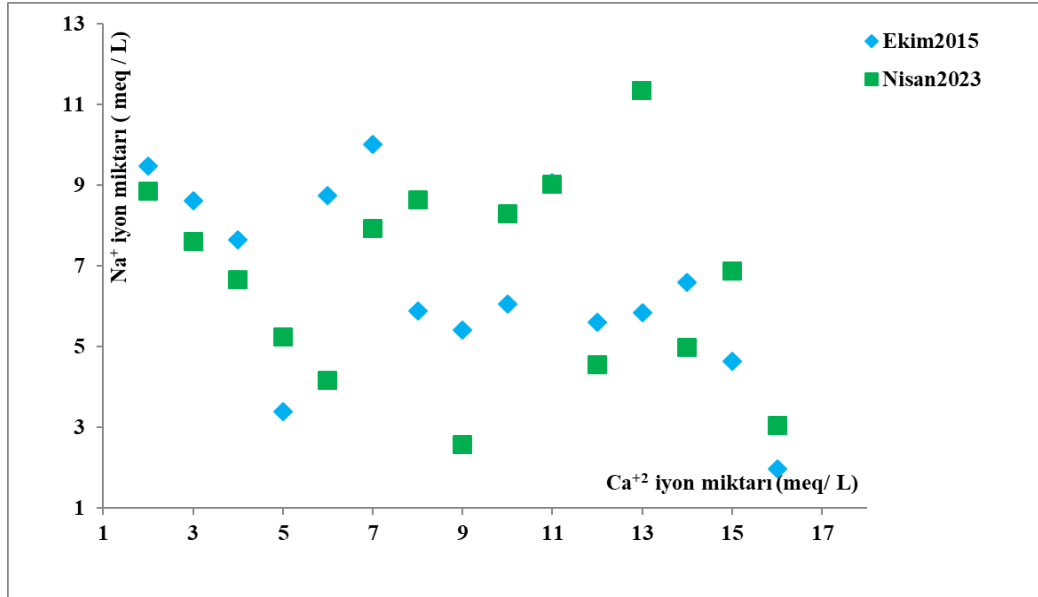
Şekil 5.8. Örnekleme noktaları Na⁺-Cl⁻ dağılım grafiği.

Kurak dönemde normal değer aralığı üzerinde sodyum içeren örnekleme noktaları Böget, Yeşilova, Yeşiltepe iken yağışlı dönemde ise; Böget, İkizce, Yenikent, Eşmekaya, Yeşilova ve Yeşiltepedir. Na⁺ iyonu miktarındaki artışın sebebi; çalışma sahasındaki evaporitik kayaçların çözünen konumuna geçmesi veya yeraltı sularının akış yolu boyunca granit, tüf, kil ve kumtaşı gibi kayaçlarla temas esnasında Na⁺ ile Ca⁺² arasında gerçekleşen iyon takasından kaynaklanır (Afşin vd., 2007). Na⁺ iyonunun HCO₃⁻ ve Ca⁺² iyonları ile birlikte değerlendirildiği grafiklere Şekil 5.9 ve Şekil 5.10'da yer verilmiştir. Her iki örnekleme döneminde de Na iyonu ve Ca, HCO₃ iyonları arasında anlamlı bir korelasyon tespit edilememiştir.



Şekil 5.9. Örnekleme noktalarına ait Na⁺-HCO₃⁻ grafiği.

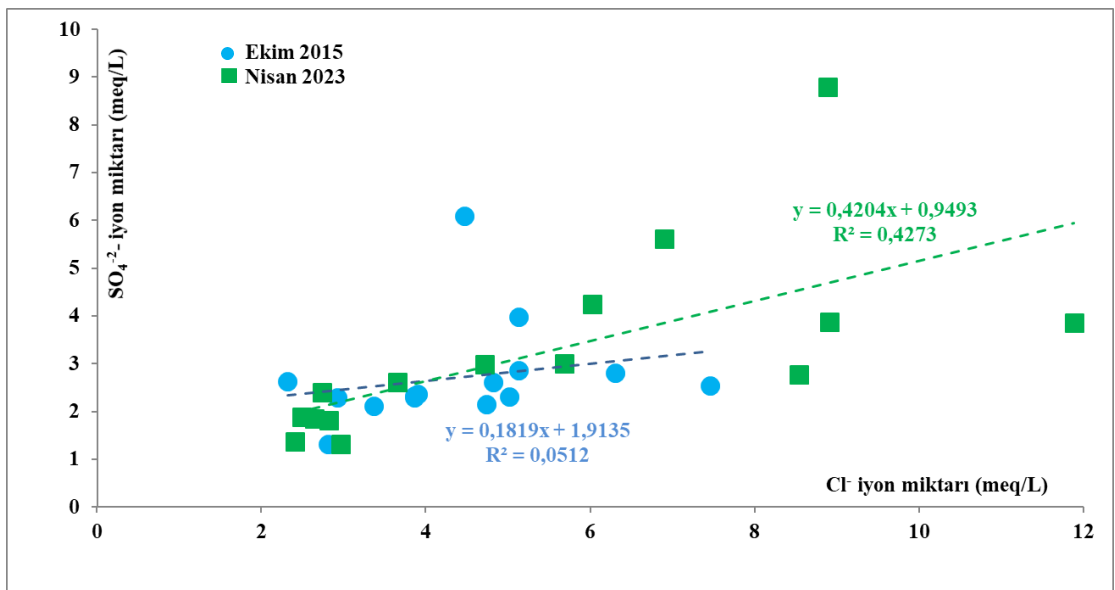
Na-Ca iyonlarının zamansal değişim grafiği Şekil 5.10'da verilmiştir. Örnekleme noktalarındaki suların çoğunluğunda Ca⁺² içeren kayalarla daha çok temas ettiği anlaşılmaktadır. Böget, Yeşilova, Yeşiltepe örnekleme noktalarında ise her iki dönemde de Na⁺ iyonu yoğunluğu daha fazladır. Bunun sebebi buradaki suların Na⁺ içeren felsik kayalarla temas artışından kaynaklanıyor olabilir. İkizce ve Yenikent örnekleme noktasında ise Ekim 2015'te Ca⁺² iyonu baskın iken Nisan 2023 döneminde Na⁺ iyonu yoğunluğu daha fazladır.



Şekil 5.10. Örnekleme noktalarına ait Na⁺-Ca⁺² grafiği.

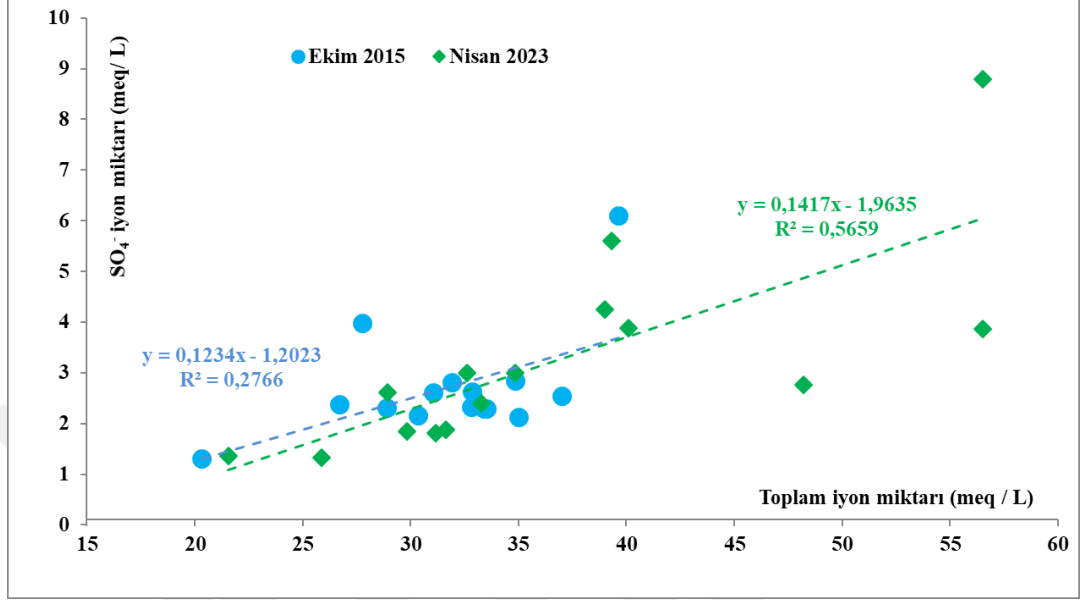
Cl⁻ iyonu derişim miktarının zamansal olarak artıp azalmasından yeraltı suyu ve beslenme alanı arasındaki mesafe hesaplanabilmektedir (Doğan, 1981). Su hidrolik akım yolu boyunca yeraltında Cl⁻ iyonunu çöktürememektedir. Bu nedenle suyun yeraltındaki dolaşım süresi uzayıp beslenme noktasından uzaklaşmaya başlamasıyla orantılı olarak Cl⁻ iyon derişimine artış meydana gelebilir (Doğan, 1981). Zamansal olarak Cl⁻ iyon miktarında görülen azalmalar sisteme daha taze bir suyun girişı ile açıklanabilir. İnceleme alanındaki yeraltı sularının yağışlı ve kurak dönemde Cl⁻ iyonu değerleri 2,32 – 11,89 meq/L arasında değişim göstermiştir. İnceleme alanında yeraltı suyunun zamana bağlı iyon sıralamasında görülen bu değişimin sebebi yağışlara bağlı olarak sisteme katılan yağış sularının akifere karışması sonucu oluşan seyrelmeden kaynaklanabilir. Evaporitik kayalardan özellikle halitin çözünmesi yeraltı sularındaki Cl⁻ iyon derişiminde artışa sebep olur. Tez çalışma sahasındaki kırıntılı sedimanter kayaların alterasyona uğraması da Cl⁻ iyonu derişim miktarını artırabilecek nedenlerden birisidir.

SO₄²⁻–Cl⁻ iyonlarının zamansal grafiği incelendiğinde (Şekil 5.11) tüm örnekleme dönemlerinde Cl⁻ iyonu çözünürlüğü daha fazladır. Akkaş ve Böget örnekleme noktalarında Ekim 2015 örnekleme döneminde SO₄²⁻ çözünürlüğü artmıştır. Her iki örnekleme dönemi içinde sülfat ve klor iyonları arasında anlamlı bir korelasyon tespit edilememiştir.



Şekil 5.11. Örnekleme noktalarına ait SO₄²⁻ - Cl⁻ grafiği.

Şekil 5.12 de verilen SO_4^{2-} - Toplam iyon grafiği incelendiğinde Nisan 2023 örnekleme döneminde % 56 oranında bir korelasyon belirlenmiştir. Bu sonuç Nisan 2023 örnekleme döneminde jips çözünürlüğünün arttığını gösterebilir.

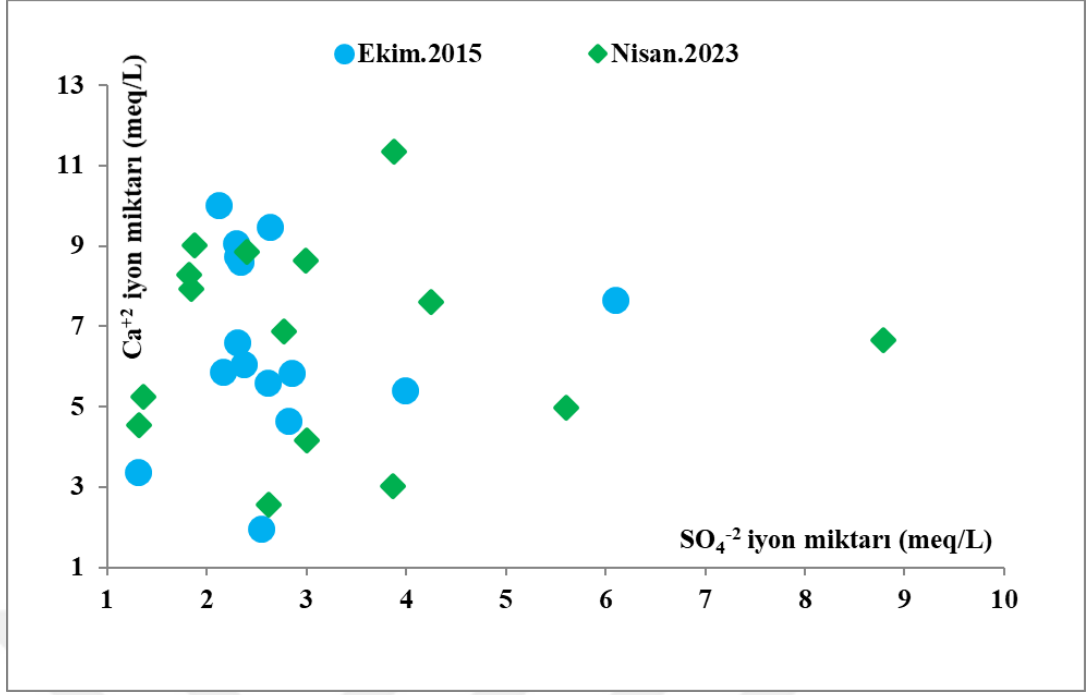


Şekil 5.12. Örnekleme noktalarına ait SO_4^{2-} - toplam iyon grafiği.

İnceleme alanındaki yeraltı sularının SO_4^{2-} iyon derişimleri 1,31 – 8,79 meq/L aralığında değişim göstermiştir. SO_4^{2-} iyonu çoğunlukla anyon iyonları sıralamasında üçüncü sırada konumlanırken Akkaş, Setik, Böget örnekleme noktalarında 2. baskın anyon durumundadır.

Yeraltı sularının SO_4^{2-} içeriği Tuz Gölü havzasının doğu kesimindeki Yassıpur formasyonunun üst düzeylerindeki jipsli ve anhidritli birimlerden veya yeraltındaki uzun dolaşıma bağlı olarak artış göstermesi ile ilişkilidir.

Ca^{+2} - SO_4^{2-} zamansal değişim grafiği incelendiğinde (Şekil 5.13) her iki dönemde de Ca^{+2} ; SO_4^{2-} 'ten daha çok çözünmüşken; Böget ve Eşmekaya Nisan 2023 örnekleme döneminde sülfat çözünürlüğü daha fazladır.



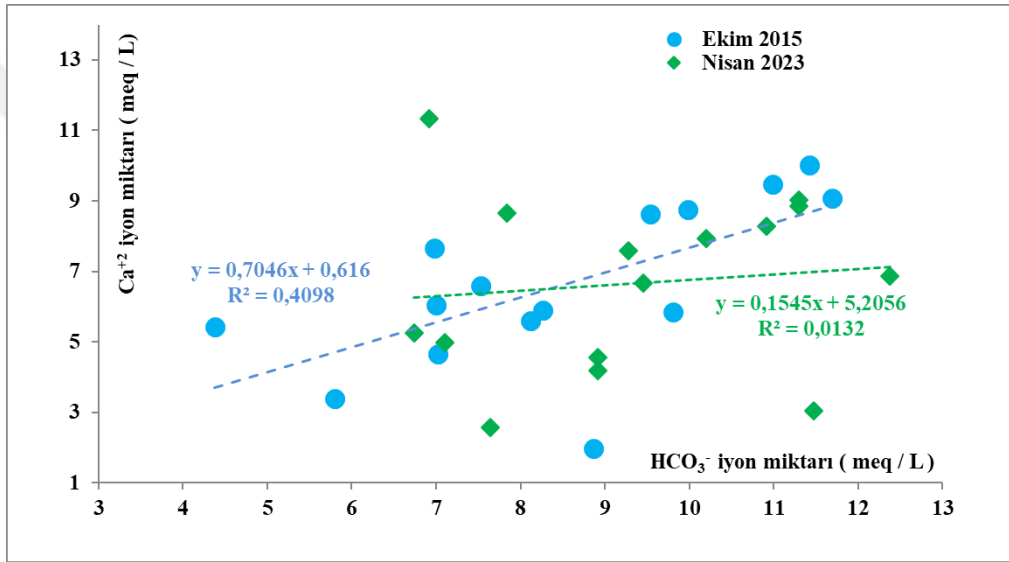
Şekil 5.13. Örneklemeye noktalarına ait Ca⁺² -SO₄⁻² grafiği.

Evaporitik kayaçlardan Yassipur formasyonu inceleme alanında yüzeyde geniş alanlarda mostra vermemesine rağmen yer altında oldukça kalın bir istife sahiptir. BOTAŞ tarafından Eskilin güneyinde Güneşli bölgesinde doğalgaz depolamak için yerin 1500 metre altında 18 adet kaverna oluşturulmuştur. Kavernaların oluşturulması için açılan her birisi 1500 metre derinliğe sahip sondajlarda yaklaşık 700 metre derinlikte ortalama 50 metre kalınlığında anhidrit olarak tanımlanan kayaç birimi kesilmiştir. Örneklemeye noktalarının analiz sonuçları SO₄⁻² iyon derişimleri açısından değerlendirildiğinde diğer iyonlara göre daha düşük miktarlarda bulunmasının sebebi ilgili su örneklemeye noktalarında meydana gelen sülfat indirgenmesi olabilir.

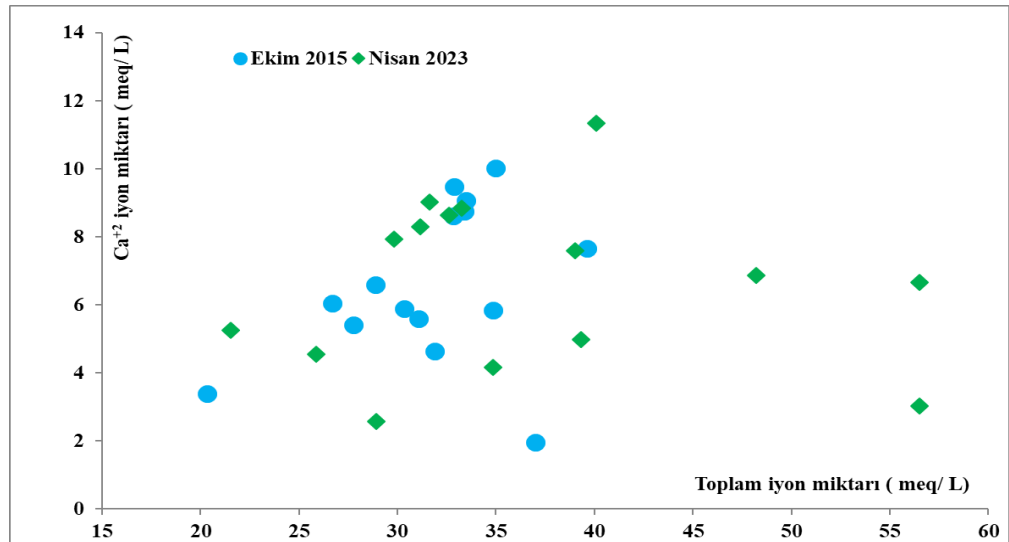
Tez çalışma sahasındaki HCO₃⁻ iyonu derişim miktarları 4,38 – 12,38 meq/L değerleri arasındadır. HCO₃⁻ iyonu su örneklerinde tespit edilen en bol iyon durumundadır. İnceleme kapsamındaki yeraltı sularında HCO₃⁻ iyonlarının kökeni litolojik olarak Bozçaldağ metamorfiteğine ait mermerler ve İnsuyu formasyonuna ait beyaz - sarımsı renkli masif görünlü kireçtaşlarıdır. Ca⁺² iyonu doğal sularda fazlaca mevcut olan katyonlardandır. Tez çalışma sahasındaki yeraltı sularının içerdikleri Ca⁺² iyon derişimi 1,96 – 11,34 meq/L değerleri arasındadır. Ca⁺² örneklemeye noktalarından alınan su numunelerinde çoğunlukla en bol bulunan katyon durumundadır. Yeraltı sularında Ca⁺² iyonunun kökeni temelde yer alan mermerler, İnsuyu formasyonu ve

Yassıpur formasyonu içerisinde bulunan jips ve anhidritlerin çözünmesi ile açıklanabilir.

Ca^{+2} - HCO_3^- ve Ca^{+2} - Toplam iyon grafikleri incelendiğinde (Şekil 5.14) (Şekil 5.15) Sultanhanı ve Şabanlı'da HCO_3^- değerlerinin 2023 yılında Ca^{+2} iyon miktarına göre azaldığı görülmektedir. Böget ve Yenikent örnekleme noktalarında ise HCO_3^- iyon miktarı Ca^{+2} iyonuna oranla artış göstermektedir. Nisan 2023 örnekleme döneminde Ca^{+2} ve HCO_3^- iyonları arasında doğrusal bir ilişki tespit edilememiştir. Buna neden olarak karbonatlı kayaç çözünürlüğünün azalması jips çözünürlüğünün artması gösterilebilir.

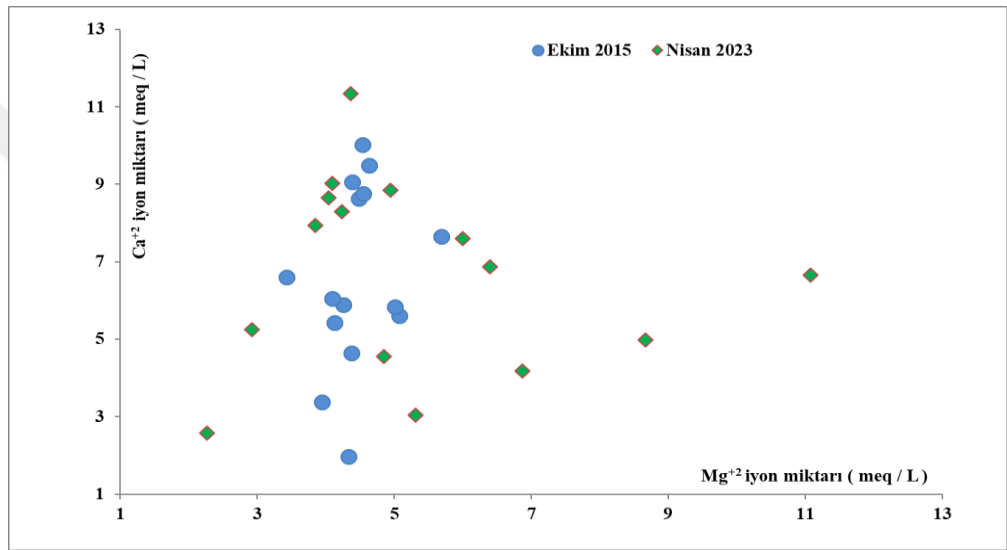


Şekil 5.14. Örnekleme noktalarına ait Ca^{+2} - HCO_3^- grafiği.

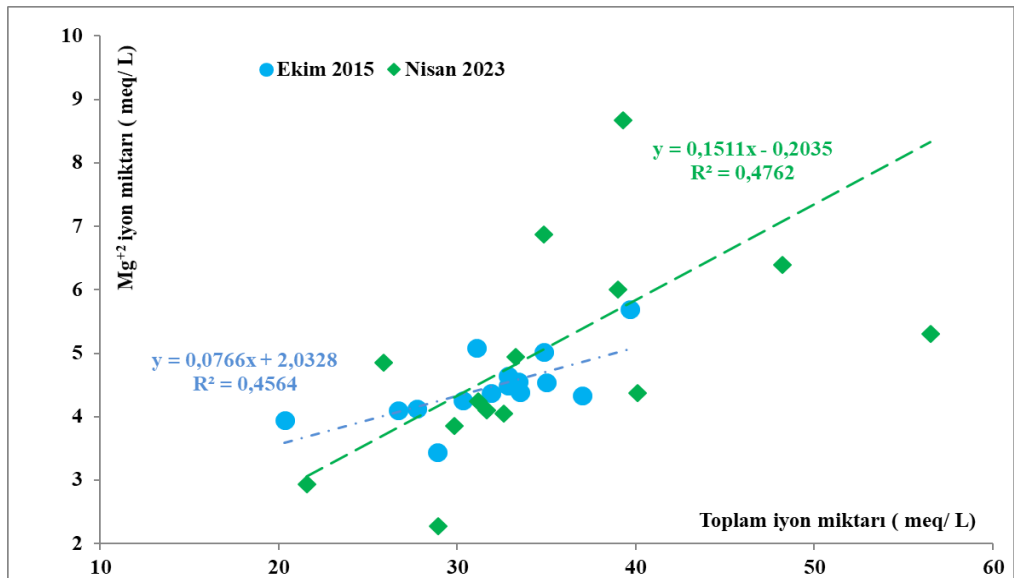


Şekil 5.15. Örnekleme noktalarına ait Ca^{+2} - toplam iyon grafiği.

İnceleme alanında Mg^{+2} iyonu derişimleri 2.93 – 11.08 meq/L aralığında değişim gösterir Kurak dönemde Güneşli, yağışlı dönemde İkizce, Yeşil Tömek, Eşmekaya'da Mg^{+2} iyonu baskın katyon konumundadır. Yeraltı sularında bulunan Mg^{+2} iyonu, çalışma sahası ve civarındaki dolomitik kireçtaşlarından veya temeldeki OAKK'nın serpantinli kısımlarından olivin minerallerinin çözünmesinden veya magmatik kayaların amfibol, piroksen türü minerallerinin bozunmasından zenginleşebilir. Farklı bir zenginleşme sebebi ise yeraltı sularının aşırı doygunluğa ulaşması sonucu ilk olarak Ca^{+2} çökeceğinden Mg^{+2} iyonu da artış meydana gelebilir. Mg^{+2} iyonunun Ca^{+2} ile ve toplam iyon grafikleri Şekil 5.16 ve Şekil 5.17'de yer almaktadır.



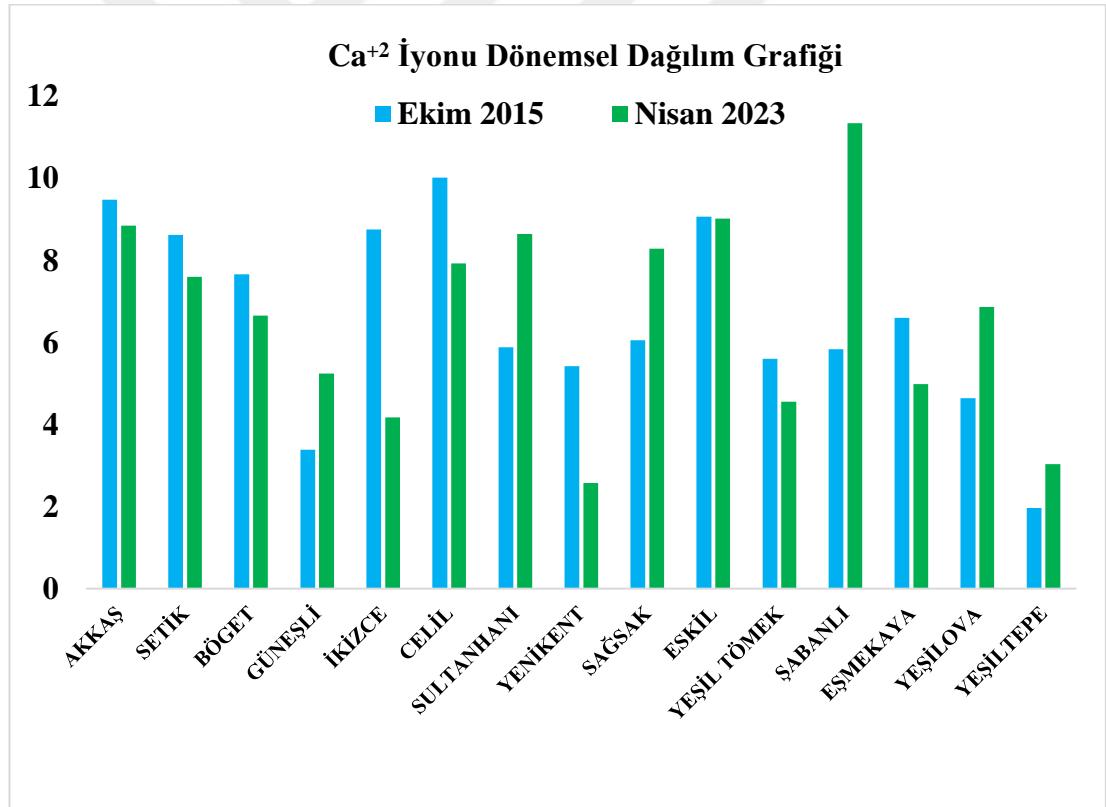
Şekil 5.16. Örnekleme noktalarına ait Ca^{+2} - Mg^{+2} toplam iyon grafiği.



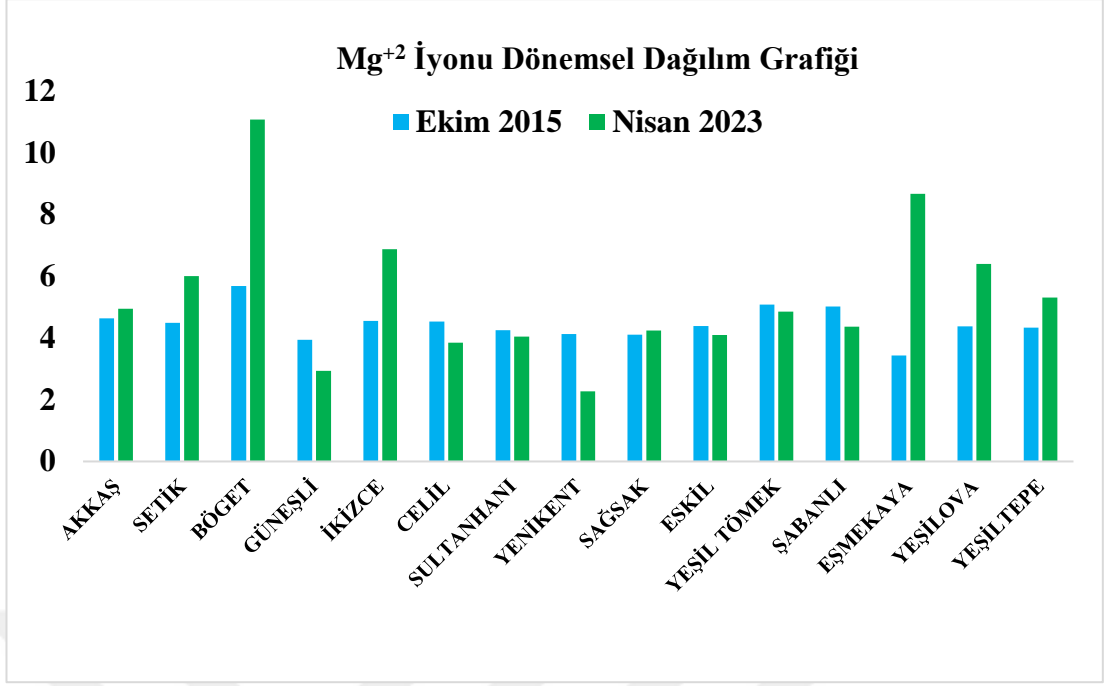
Şekil 5.17. Örnekleme noktalarına ait Mg^{+2} - toplam iyon grafiği.

K^+ iyonu ağırlıklı olarak feldispat, mika, feldispatoid ve kil minerallerinde mevcuttur. Bu tür minerallerin herhangi birinin bozunmasıyla potasyum yeraltı sularında zenginleşebilir. Suların kalite ve kullanım amaçlarına göre sınıflandırılmasında sıklıkla birlikte değerlendirilen Na^+ ve K^+ iyonlarından; Na^+ içeren feldispatlara oranla, K^+ içeren feldispatların sulardaki çözünmeye karşı direnci çok daha fazladır. Bu nedenle suların iyon derişimlerinde K^+ miktarı Na^+ 'a göre çok daha az miktardadır (Doğan, 1981). İnceleme alanında yer alan suların K^+ değerleri 0,07 – 0,82 meq/L aralığında değişir.

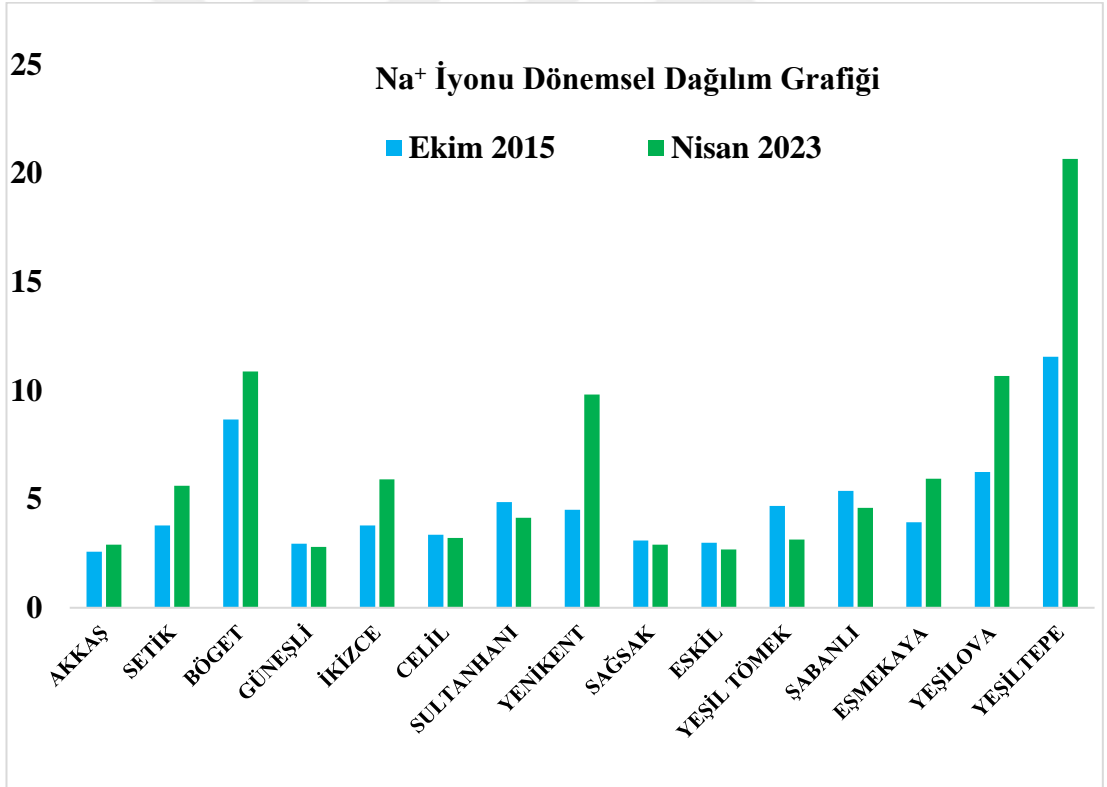
Her iki dönemde de alınan numunelere ait majör anyon ve katyonların dönemsel iyon içeriklerindeki farklılıkları gösterebilmek amacıyla her majör iyonla ait dönemsel değişim grafikleri oluşturulmuştur (Şekil 5.18, Şekil 5.19, Şekil 5.20, Şekil 5.21, Şekil 5.22, Şekil 5.23 ve Şekil 5.24).



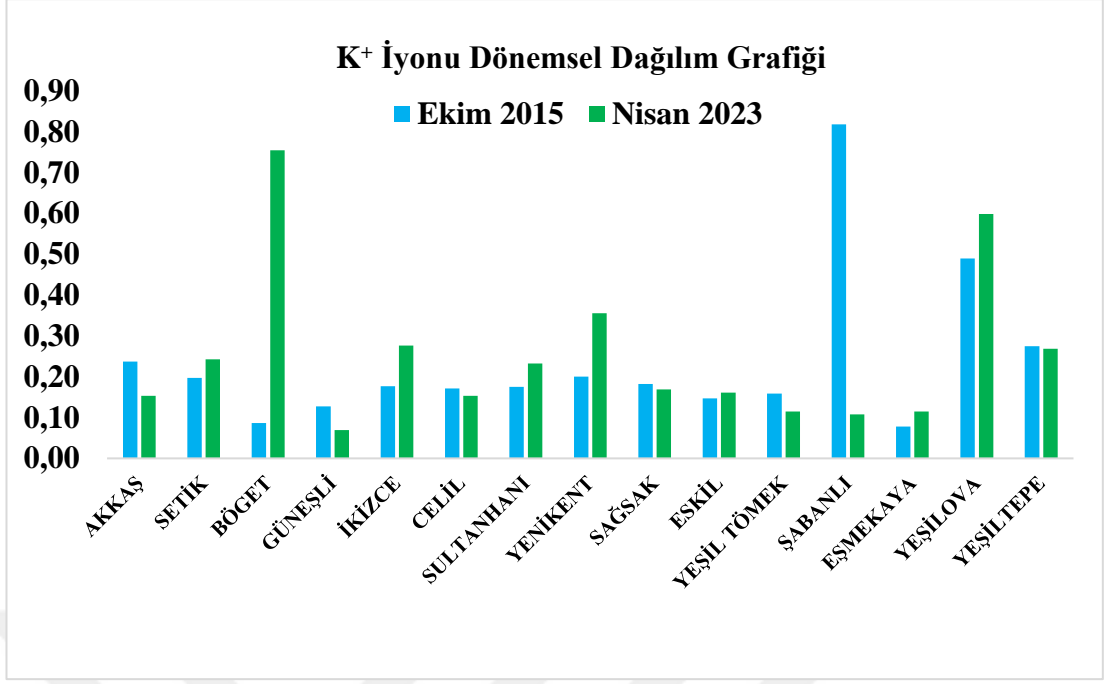
Şekil 5.18. Ca⁺² iyonu dönemsel dağılım grafiği.



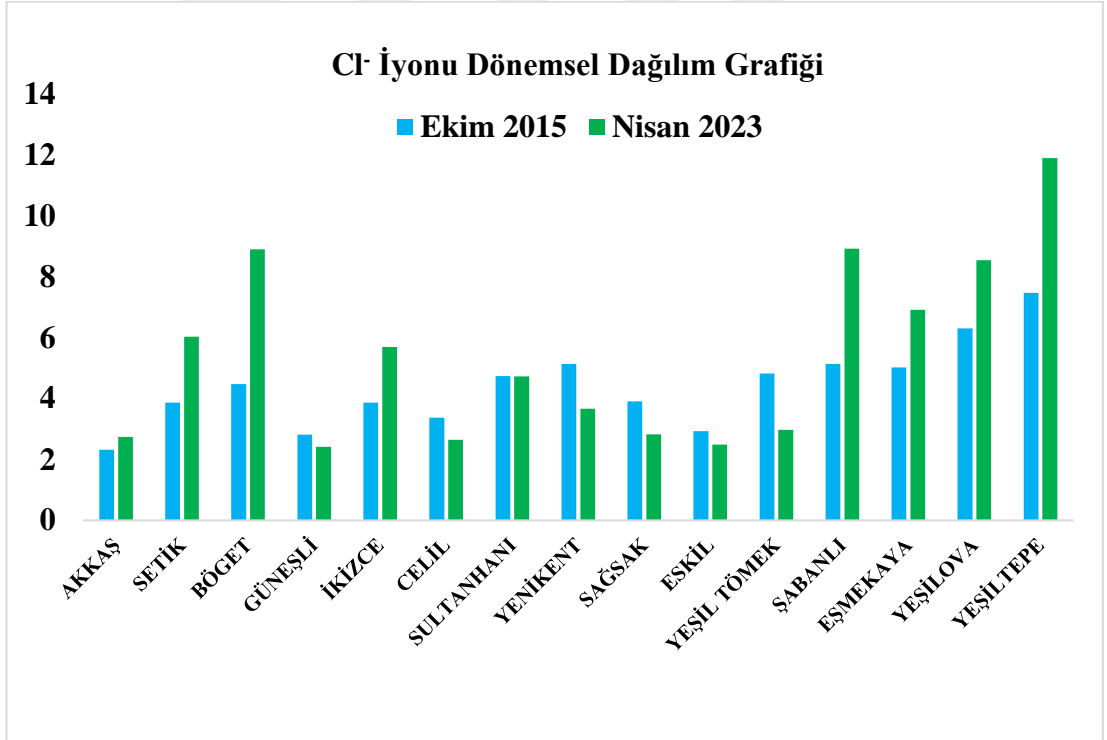
Şekil 5.19. Mg⁺² iyonu dönemsel dağılım grafiği.



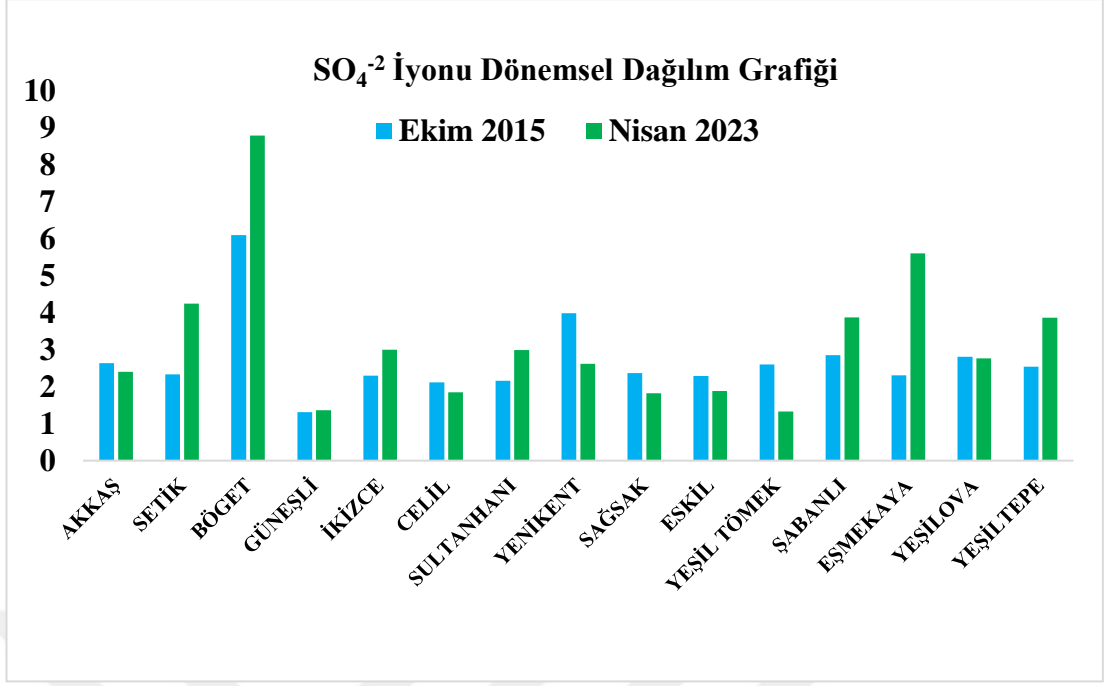
Şekil 5.20. Na⁺ iyonu dönemsel dağılım grafiği.



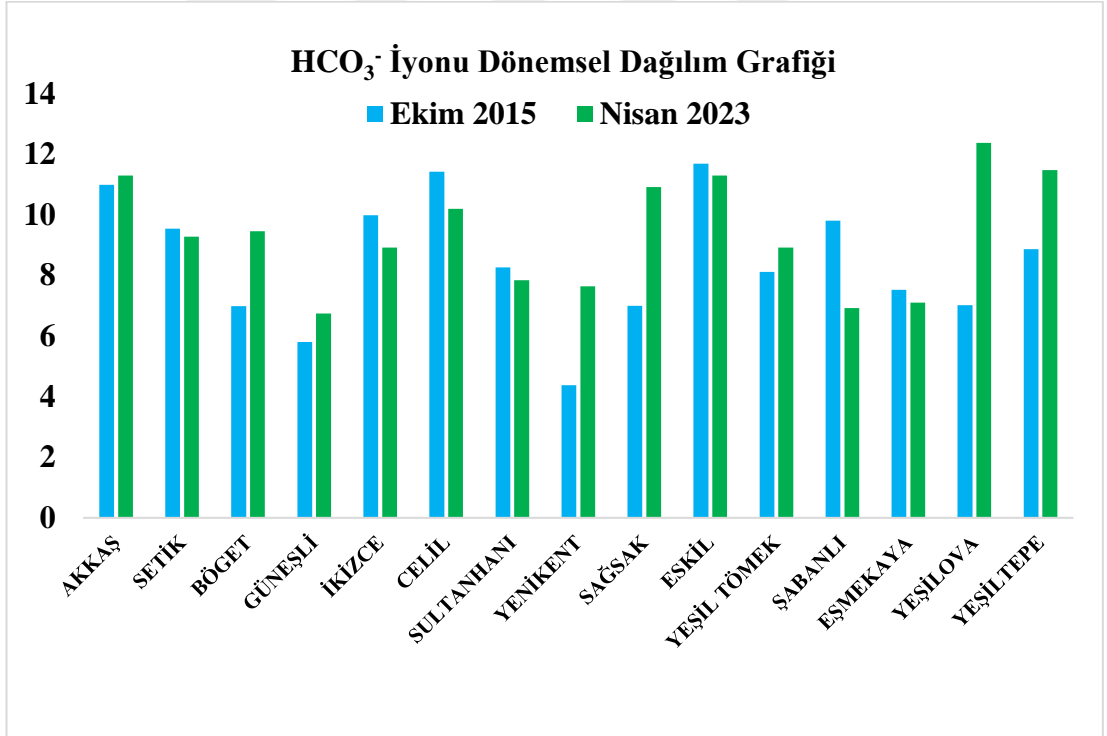
Şekil 5.21. K⁺ iyonu dönemsel dağılım grafiği.



Şekil 5.22. Cl⁻ iyonu dönemsel dağılım grafiği.



Şekil 5.23. SO₄⁻² iyonu dönemsel dağılım grafiği.



Şekil 5.24. HCO₃⁻ iyonu dönemsel dağılım grafiği.

Çalışma alanında su analizi yapılan örnekleme noktalarının Çizelge 5.4'te iyon oranları hesaplanmıştır. Ca⁺² / Mg⁺² oranı incelendiğinde renklendirilmiş örnekleme noktalarında çoğunlukla yağışlı dönemde Mg⁺² derişiminin Ca⁺² derişiminin önüne

geçtiği görülmektedir. Bunun sebebi mevsimsel olarak su-kayaç etkileşiminin artması olabilir. Güneşli örnekleme noktasında Ca^{+2}/Mg^{+2} oranı Ekim 2015'te nispeten daha düşükken Nisan 2023'te artış göstermiştir. Bu örnekleme noktasında Mg^{+2} iyon çözünürlüğünün azaldığı söylenebilir. İnceleme alanında Böget, Yenikent, Eşmekaya örnekleme noktalarında Nisan 2023 örnekleme dönemindeki Ca^{+2}/SO_4^{-2} oranının Ekim 2015'e göre daha azaldığı görülmektedir. Ca^{+2} iyon derişiminin azalıp SO_4^{-2} iyon derişiminin artması bölgede jips türü kayaçların nispeten çözünürlüklerinin artmasına bağlı olabilir. Na^+/Cl^- oranı incelendiğinde; İkizce, Yenikent, Sağsak, Yeşil Tömek ve Yeşilova örnekleme noktalarında ise sulardaki tuzluluk oranının arttığından söz edilebilir. Yeşiltepe örnekleme noktasında Ca^{+2}/Mg^{+2} ve Ca^{+2}/SO_4^{-2} oranları; Ekim 2015 ve Nisan 2023 örnekleme dönemlerinde birbirine çok yakın değerler almıştır. Tuzlanmanın en çok olduğu bölgenin burası olduğu göz önünde bulundurulursa Na^+/Cl^- oranlarının diğer oranlardan daha yüksek olması ve Ca^{+2}/Mg^{+2} ve Ca^{+2}/SO_4^{-2} oranlarının birbirine yakın olması da beklenebilir.

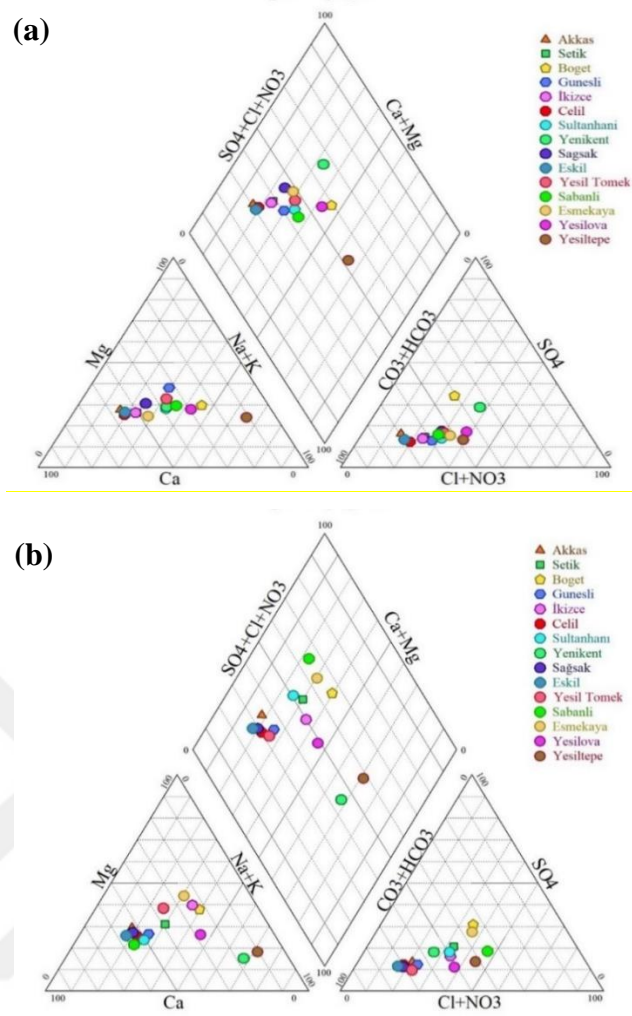
Çizelge 5.4. Örnekleme noktalarına ait dönemsel iyon oranları.

Örnekleme noktaları	Ekim 2015	Nisan 2023	Ekim 2015	Nisan 2023	Ekim 2015	Nisan 2023
	Ca^{+2}/Mg^{+2}	Ca^{+2}/Mg^{+2}	Ca^{+2}/SO_4^{-2}	Ca^{+2}/SO_4^{-2}	Na^+/Cl^-	Na^+/Cl^-
AKKAŞ	2,04	1,79	3,6	3,69	1,11	1,06
SETİK	1,92	1,27	3,7	1,79	0,98	0,93
BÖGET	1,35	0,6	1,26	0,76	1,94	1,22
GÜNEŞLİ	0,86	1,79	2,58	3,85	1,05	1,16
İKİZCE	1,92	0,61	3,8	1,39	0,98	1,04
CELİL	2,21	2,06	4,73	4,29	1	1,21
SULTANHANI	1,38	2,14	2,73	2,89	1,03	0,88
YENİKENT	1,31	1,13	1,36	0,98	0,88	2,68
SAĞSAK	1,48	1,96	2,55	4,56	0,79	1,3
ESKİL	2,07	2,2	3,96	4,8	1,02	1,08
YEŞİL TÖMEK	1,1	0,94	2,15	3,44	0,97	1,06
ŞABANLI	1,16	2,6	2,05	2,93	1,05	0,52
EŞMEKAYA	1,92	0,57	2,86	0,89	0,78	0,86
YEŞİLOVA	1,06	1,07	1,65	2,48	0,99	1,25
YEŞİLTEPE	0,45	0,57	0,77	0,79	1,55	1,74

5.3 Suların Sınıflandırılması ve Grafikselle Gösterimleri

Çalışma yapılan sahalardaki yeraltı sularının fiziksel kimyasal özelliklerinin belirlenmesi, su tiplerinin anlaşılması, yüzey suyu ve yeraltısuyu arasındaki ilişkinin ortaya koyulması, beslenme boşalım alanları hakkında yorumlar yapılması ve su içeriğindeki iyonların kaynağının belirlenebilmesi açısından birçok araştırmacı tarafından bu tür değerlendirilmeleri kolaylaştırmak amacıyla üçgen ve paralel grafikler kullanılması tercih edilmiş ve suların kimyasal özelliklerinin ayırt edilebileceği birçok sınıflandırma sistemi geliştirilmiştir. Tez çalışması kapsamındaki su örneklemelerinin litolojik kökeninin belirlenmesi, birbirleri arasındaki ilişkileri ve hidrolik akım boyunca değişim gösteren hidrojeokimyasal süreçler; çok sayıda analizin tek bir grafik üzerinde gösteren üçgen diyagram (Piper), yarı logaritmik (Schoeller) diyagram gibi grafikler kullanılarak değerlendirilmiştir. Piper diyagramı, iki eş üçgen ve bir merkezi eşkenar dörtgenden oluşur. Üçgenler ayrı ayrı anyon ve kationları temsil eder. Bu diyagramın hidrojeokimyasal yorumlamalara en büyük katkısı; akiferlere farklı fasiyeste suların karışımı belirleyebilmesidir.

Ekim 2015 örnekleme dönemindeki suların kimyasal analiz sonuçları piper diyagramı üzerinde değerlendirildiğinde (Şekil 5.25) Akkaş, Setik, Güneşli, İkizce, Celil, Sultanhanı, Yenikent, Sağsak, Eskil, Yeşil Tömek ve Eşmekaya'dan alınan su örneklemeleri; diyagramın 5. Bölgesine düşmektedir. Bu sular karbonat alkalinitesi karbonat olmayan alkaliniteden fazla karbonat sertliği yüksek Ca- HCO₃ tipli sulardır. Bu suların Ca-HCO₃ fasiyesi göstermeleri suların kökeninde karbonatlı kayalardan oluşan bir akiferden beslendiklerini göstermektedir.

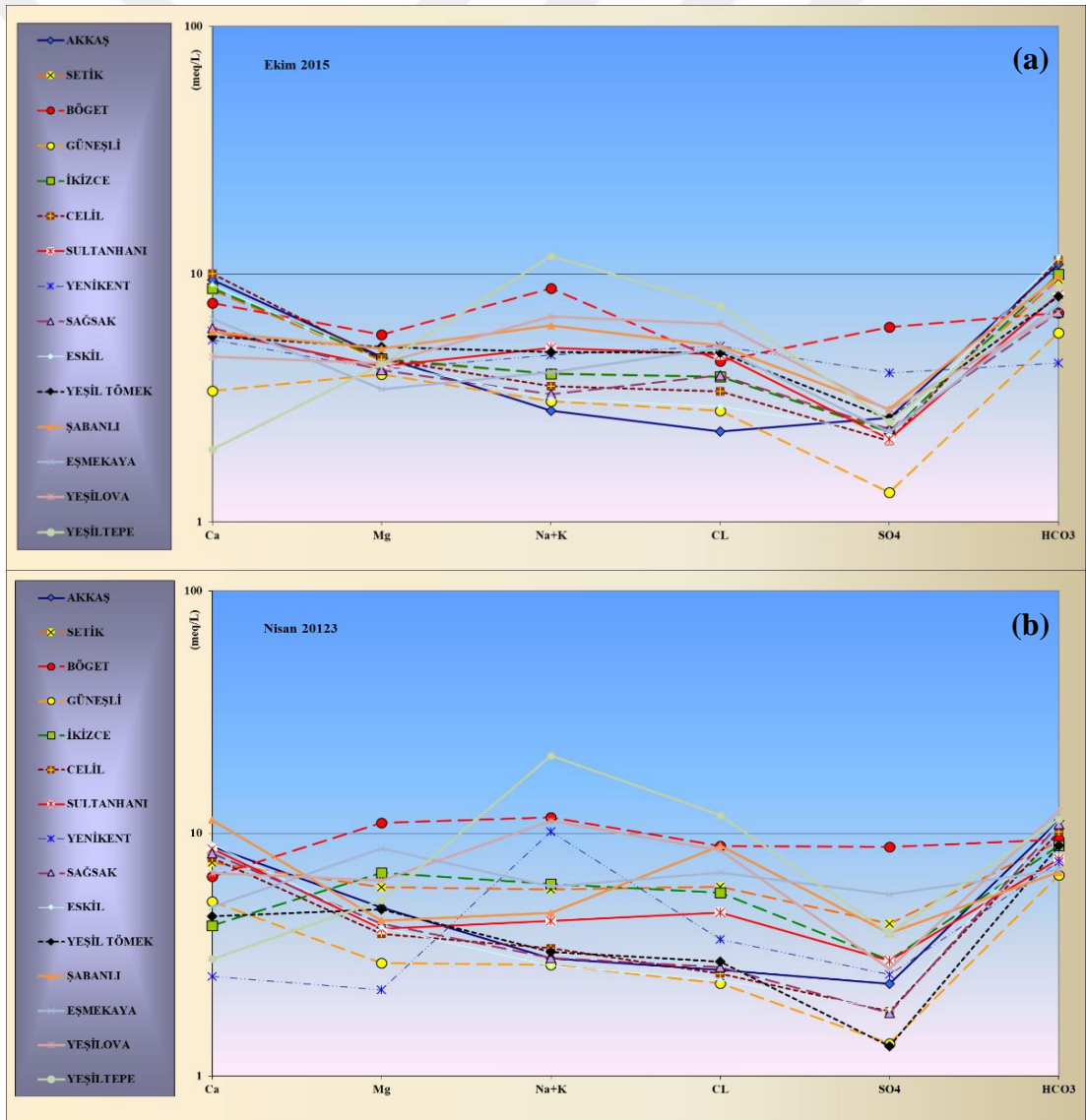


Şekil 5.25. İnceleme alanındaki suların Piper diyagramı (a: Ekim 2015, b: Nisan 2023 örnekleme dönemleri).

Yeşiltepe’den alınan su örnekleme diyagramında 7. Bölgede yer alırlar. Bu tür sular karbonat olmayan alkalinitesi % 50’den fazla olan Na-Cl ve Na-SO₄ fasiyesindedir. Bu fasiyesteki sular bölgedeki tuzlu çökellerden ve evaporitik kayaçların su kayaç temasıyla çok miktarda Na⁺ ve Cl⁻ çözerek zenginleşmiştir. Şabanlı, Böget, Yeşilova’da ise hiçbir iyonu %50’yi geçmeyen karışım sularını niteleyen 9. Bölgede yer alırlar. Bu tipteki sular sodyum, kalsiyum, bikarbonat ve klorür karışımli sularıdır. Farklı tiplerdeki fasiyeslerle karışan bu sular yeraltı dolaşım süresi boyunca kimyasal denge koşullarının değişmesinden dolayı farklı örnekleme dönemlerinde diyagramda farklı bölgelere düşebilirler. Piper diyagramında suların aynı bölgede toplanmaları ilgili su kaynaklarının aynı kökenli veya benzer bir akiferden etkileşimlerini gösterebilir. Yeraltı sularındaki Na⁺ ve Cl⁻ iyon derişimlerinin diğer iyonlara nispeten fazla ve toplam mineralizasyonun yüksek olması bu suların daha derin ve uzun süreli dolaşım sistemine sahip olduklarına işaret edebilir.

Nisan 2023 dönemine ait su örneklemelerin kimyasal analiz sonuçlarının Piper diyagramı üzerindeki konumu incelendiğinde; bazı örnekleme noktalarının diyagramda bulunduğu konumun değiştiği görülmektedir. Bunlar; Eşmekaya; 5. Bölgeden 9. Bölgeye; Yenikent ise Ca^{+2} 'dan Na^{+} 'a baskın iyon değişiminden dolayı karışım suları bölgesinde farklı bir noktaya düşmüştür.

İncelenen sulara ait yarı logaritmik Schoeller diyagramında (Eskil, Celil, Güneşli, Sağsak, İkizce, Akkaş, Setik), (Böget), (Sultanhanı, Yenikent, Yeşil Tömek, Şabanlı, Eşmekaya, Yeşiltepe) yeraltı sularının kendi aralarında birbirine benzer iyon dizilimine sahip olmaları, bu suların aynı veya benzer kökenli akiferlerden geldiklerini göstermektedir (Şekil 5.26).



Şekil 5.26. Yeraltı sularının yarı logaritmik Schoeller diyagramları (a: Ekim 2015, b: Nisan 2015 örnekleme dönemleri).

Ekim 2015 ve Nisan 2023 örnekleme dönemlerine ait Schoeller diyagramlarında Şekil 5.26) Yeşiltepe ve Böget örnekleme noktalarındaki suların grafikte üstte konumlanmaları diğer örnekleme noktalarındaki sulara göre daha uzun dolaşım sistemine ve bu nedenle de daha uzun süreli su kayaç temasına sahip olduklarını gösterir. Güneşli ve İkizce'nin yarı logaritmik diyagramın alt kısmında yer alması bu suların diğer sulara oranla daha genç, beslenme alanına daha yakın ve sık dolaşımli olduklarına işaret etmektedir.

5.4 Suların Sulamada Kullanım Özelliklerine Göre Sınıflandırılması

Tez çalışması kapsamında alınan su numunelerine ait kuyuların tamamı tarımsal sulama suyu için kullanılmaktadır. Çalışma sahasının ve civarının en önemli geçim kaynaklarından birisi tarımdır. Bu suların sulamaya yönelik kullanımı açısından incelenmesinde; Elektriksel İletkenlik (EC), Sodyum Yüzdesi (%Na), Sodyum Adsorbsiyon Oranı (SAR), RSC (Sodyum Karbonatlar) oranı ile FAO (Gıda ve Tarım Örgütü) kriterleri, ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramı ve Wilcox diyagramı kullanılmıştır. Bu amaçla hesaplanan parametreler Çizelge 5.5 ve Çizelge 5.6'da yer almaktadır.

Çizelge 5.5. Çalışma alanında sulama amaçlı kullanılan suların değerlendirme parametreleri (Ekim 2015).

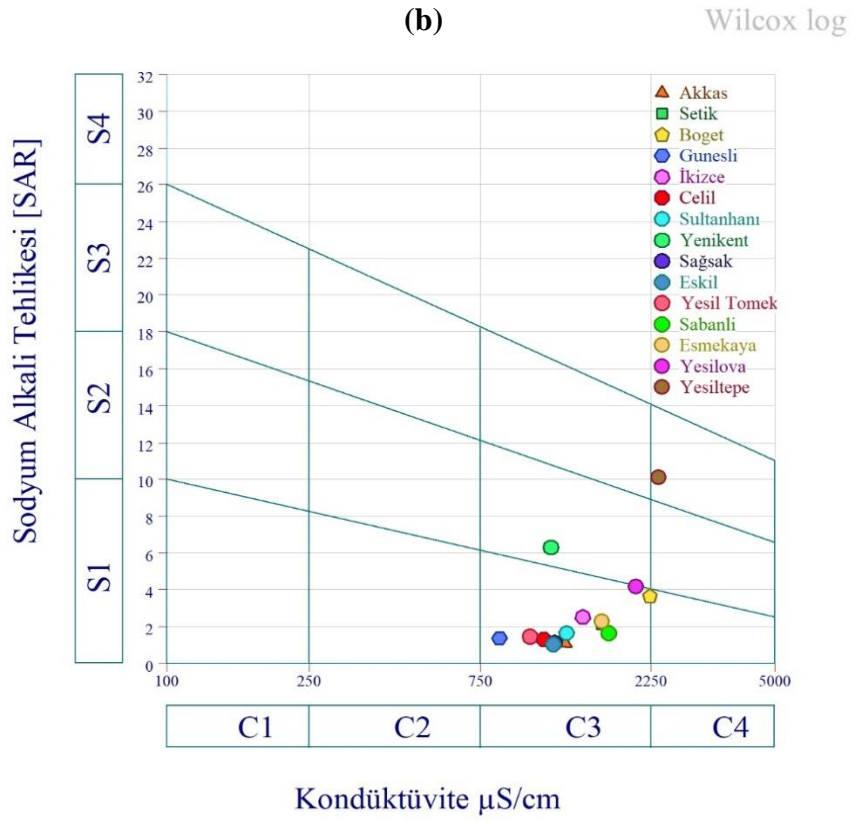
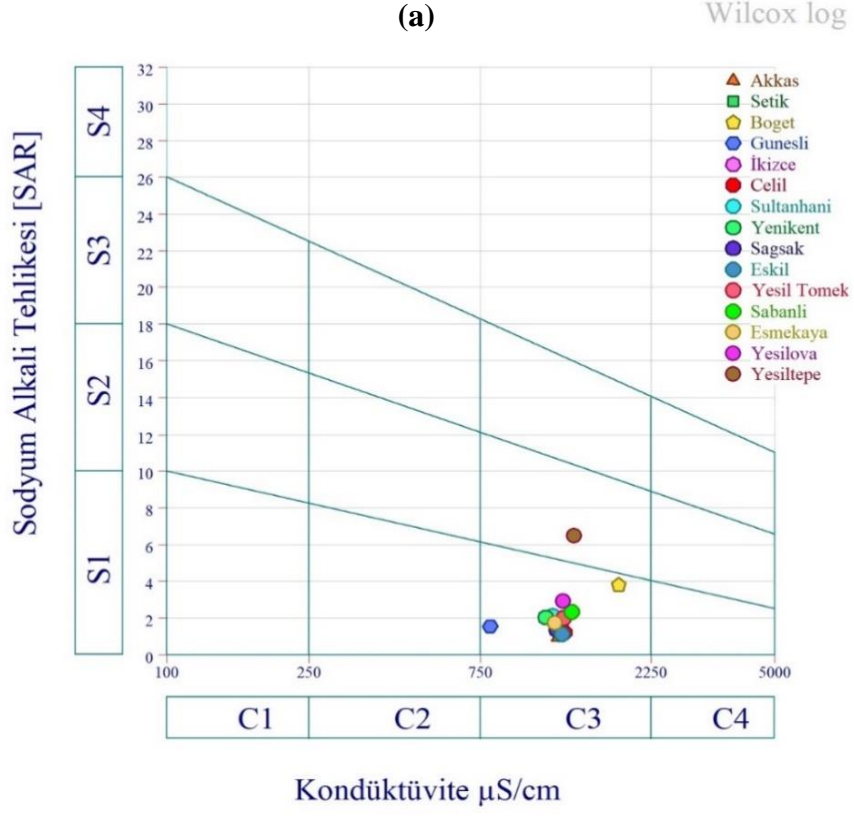
No	pH	EC, µS/cm (20°C)	TÇKM mg/L	Ca ⁺² , meq/L	Mg ⁺² , meq/L	Na ⁺ , meq/L	K ⁺ , meq/L	Cl ⁻ , meq/L	SO ₄ ⁻² , meq/L	HCO ₃ ⁻ , meq/L	Toplam Kasyon	%Na	SAR	RSC
AKKAŞ	7	1239	941	9,48	4,64	2,58	0,24	2,32	2,63	10,98	16,93	15,22	0,97	-3,13
SETİK	7,66	1249	944	8,62	4,49	3,78	0,20	3,86	2,33	9,54	17,09	22,14	1,48	-3,57
BÖGET	7,12	1831	1399	7,66	5,69	8,66	0,09	4,47	6,10	6,98	22,10	39,21	3,35	-6,36
GÜNEŞLİ	7,36	800	604	3,39	3,94	2,94	0,13	2,81	1,31	5,80	10,40	28,30	1,54	-1,53
İKİZCE	7,21	1267	954	8,75	4,55	3,78	0,18	3,86	2,30	9,98	17,27	21,92	1,47	-3,32
CELİL	7,09	1290	974	10,02	4,53	3,35	0,17	3,37	2,12	11,43	18,08	18,55	1,24	-3,13
SULTANHANI	7,69	1196	901	5,89	4,26	4,86	0,17	4,73	2,16	8,26	15,18	32,03	2,16	-1,88
YENİKENT	7,84	1145	853	5,42	4,13	4,51	0,20	5,13	3,99	4,38	14,26	31,62	2,06	-5,17
SAĞSAK	7,36	1229	927	6,05	4,10	3,09	0,18	3,90	2,37	7,00	13,43	23,01	1,37	-3,16
ESKİL	7,11	1273	963	9,07	4,39	2,99	0,15	2,93	2,29	11,69	16,59	18,04	1,15	-1,77
YEŞİL TÖMEK	7,4	1285	970	5,60	5,08	4,69	0,16	4,82	2,61	8,11	15,53	30,22	2,03	-2,56
ŞABANLI	7,16	1352	1018	5,84	5,02	5,38	0,82	5,13	2,85	9,80	17,05	31,55	2,31	-1,05
EŞMEKAYA	7,38	1219	921	6,60	3,44	3,93	0,08	5,02	2,31	7,52	14,05	28,01	1,76	-2,51
YEŞİLOVA	8,03	1282	966	4,65	4,37	6,25	0,49	6,30	2,81	7,02	15,76	39,67	2,94	-2,00
YEŞİLTEPE	8,18	1377	1038	1,96	4,33	11,55	0,27	7,46	2,55	8,87	18,12	63,74	6,51	2,57

Çizelge 5.6. Çalışma alanında sulama amaçlı kullanılan suların değerlendirme parametreleri (Nisan 2023).

No	pH	EC, µS/cm (20°C)	TÇKM mg/L	Ca ⁺² , meq/L	Mg ⁺² , meq/L	Na ⁺ , meq/L	K ⁺ , meq/L	Cl ⁻ , meq/L	SO ₄ ⁻² , meq/L	HCO ₃ ⁻ , meq/L	Toplam Katyon	%Na	SAR	RSC
AKKAŞ	7,00	1352,97	1211,6	8,85	4,95	2,90	0,15	2,74	2,40	11,30	16,85	17,23	1,11	-2,50
SETİK	7,10	1513,7	1347,8	7,60	6,00	5,62	0,24	6,03	4,25	9,28	19,46	28,89	2,16	-4,32
BÖGET	7,20	1722,84	1553,8	6,66	11,08	10,88	0,75	8,89	8,79	9,46	29,37	37,04	3,65	-8,28
GÜNEŞLİ	7,30	865,64	769,8	5,25	2,93	2,80	0,07	2,41	1,36	6,74	11,05	25,35	1,38	-1,44
İKİZCE	7,20	1017,65	902,1	4,17	6,87	5,91	0,28	5,69	3,00	8,92	17,23	34,29	2,51	-2,13
CELİL	7,10	869,54	766,5	7,93	3,85	3,21	0,15	2,65	1,85	10,20	15,14	21,19	1,32	-1,59
SULTANHANI	7,20	1257,96	1115,8	8,65	4,05	4,13	0,23	4,72	2,99	7,84	17,07	24,23	1,64	-4,86
YENİKENT	7,60	732,22	641	2,57	2,27	9,81	0,36	3,66	2,62	7,64	15,01	65,35	6,30	2,79
SAĞSAK	6,90	900,40	799,8	8,29	4,24	2,90	0,17	2,82	1,82	10,92	15,60	18,62	1,16	-1,61
ESKİL	6,80	914,13	814,8	9,02	4,10	2,69	0,16	2,49	1,88	11,30	15,97	16,83	1,05	-1,83
YEŞİL TÖMEK	7,30	717,92	638,3	4,55	4,86	3,13	0,12	2,96	1,33	8,92	12,66	24,76	1,45	-0,49
ŞABANLI	7,00	1482,31	1314	11,34	4,37	4,59	0,11	8,91	3,88	6,92	20,41	22,49	1,64	-8,79
EŞMEKAYA	7,30	1453,10	1293,3	4,98	8,67	5,93	0,12	6,90	5,61	7,10	19,70	30,13	2,27	-6,55
YEŞİLOVA	7,30	1391,99	1235	6,87	6,40	10,67	0,60	8,54	2,77	12,38	24,53	43,49	4,14	-0,89
YEŞİLTEPE	7,40	1524,38	1353,1	3,04	5,31	20,66	0,27	11,89	3,86	11,48	29,28	70,57	10,11	3,13

5.4.1 ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramı

ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramından sulama amaçlı kullanılan yeraltı sularının değerlendirmesinde büyük ölçüde yararlanılmaktadır. Bu diyagrama göre analizi yapılan örnekleme noktalarının sulama amaçlı kullanımını belirlemek için SAR ve EC değerlerinin oranı belirlenir ve bu orana göre sular toplam 16 sınıfa ayrılır. Diyagramı şekilsel olarak incelediğimizde düşey ekseninde SAR değerleri yer alır ve sulama amaçlı kullanılacak olan yeraltı suyunun sodyum tehlikesi açısından S1, S2, S3, S4 olmak üzere 4, yatay ekseninde ise EC değerlerini bu kez tuzluluk riski açısından C1, C2, C3, C4 olmak üzere 4 sınıfa ayırır. Bu diyagramda bahsedilen tuzluluk ve sodyum sınıflandırılmasında kullanılan kısaltmalar; EC değerine göre; C1 (EC < 250'); Az tuzlu suları ifade eder. Bu sınıfa dahil olan sular her türlü bitkinin yer aldığı alanların sulanması için uygundur. C2 (EC = 250 - 750); Orta derece tuzlu suları temsil eder. Bu tipteki sulama amaçlı kullanılan sular ise tuzluluk kontrolü gerekmeksizin tuza orta derece dayanıklı bitkiler için kullanılmaktadır. C3 (EC = 750 - 2250); tamamen tuzlu sular olup tuza dayanımı düşük bitkiler için tercih edilmemelidir. C4 (EC = 2250 – 5000); sınıfı ise aşırı tuzlu sular olup sulamaya uygun değildir. Tuza dayanımı yüksek bitkiler için bazı özel koşullar sağlanılarak kullanılabilir. SAR değeri baz alınarak yapılan sınıflamada; S1; Az sodyumlu sular ve sodyum tehlikesi olmaksızın kullanılabilir. S2; Orta sodyumlu sular olup değişken sodyum içeriği bulundurur ve özellikle jips yönünden zengin olmayan topraklarda sodyum tehlikesi görülebilir. Bu durumda jipsli ve yüksek geçirimli alanlar için kullanımı uygundur. S3; Yüksek sodyumlu sulardır. Birçok toprakta sodyum tehlikesi yaratabilir. Jips miktarı ve yüksek geçirimli topraklar; yıkama ile sodyum tehlikesinin önüne geçilebilir. S4; Çok yüksek sodyum içerikli sulardır. Kullanım amacına göre sulamaya uygun değildir. Fakat tuzluluk düşükken jipslerle birlikte çok özel durumlar için kullanılabilir (Dursun, 2022). Bu diyagrama göre oluşturulan sınıflandırma sunulmuştur (Şekil 5.27 ve Çizelge 5.7).



Şekil 5.27. İnceleme alanındaki suların ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramı (a: Ekim 2015, b: Nisan 2023).

Çizelge 5.7. İnceleme alanındaki suların ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramına göre sınıflaması.

Sınıf	Örnek No	Açıklama
C4S3	Yeşiltepe	Çok fazla tuzlu sodyumlu su
C3S2	Yenikent	Çok fazla tuzlu orta derecede sodyumlu su
C3S1	Akkaş, Setik, Böget, Güneşli, İkizce, Celil, Sultanhanı, Sağsak, Eskill, Yeşil Tömek, Şabanlı, Eşmekaya, Yeşilova	Fazla tuzlu az sodyumlu su

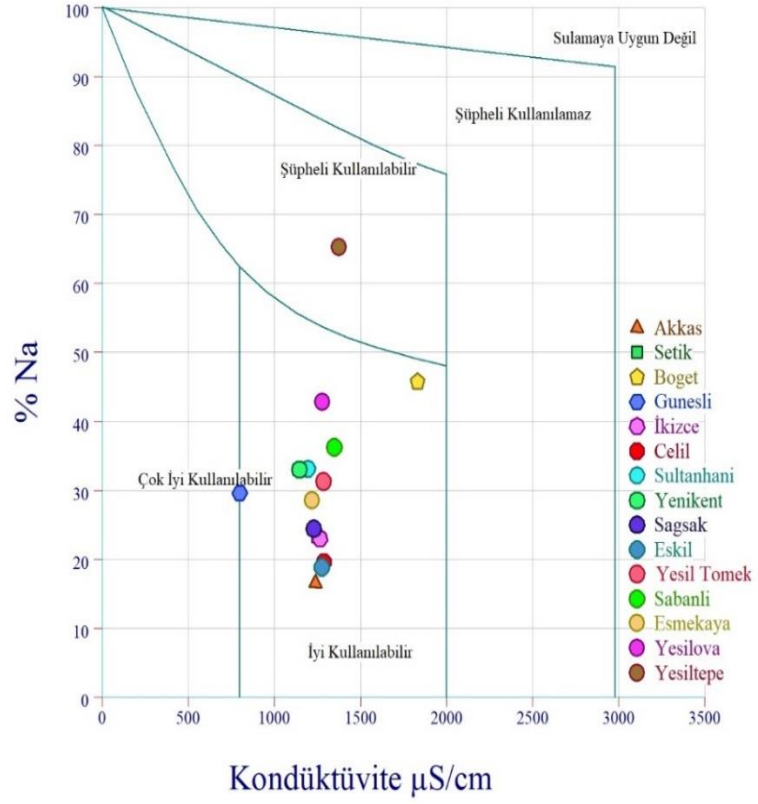
ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramına göre örnekleme noktalarından; Yeşiltepe C4S3, Yenikent C3S2 ve kalan noktalar ise C3S1 alanına yerleşmiştir. Yani tamamına yakını fazla tuzlu, sodyumlu su özelliğinde iken Yeşiltepe çok fazla tuzlu sodyumlu su, Yenikent ise çok fazla tuzlu orta derecede sodyumlu su özelliği göstermektedir.

5.4.2 Wilcox diyagramı

Suların kullanım amaçlarına göre değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılan bir diğer diyagram ise Wilcox diyagramıdır. Bu diyagram kullanılırken suların sodyum içeriği (%Na) dikey ekseninde ve Elektriksel iletkenlik (EC) değerinin ise yatay ekseninde oransal dağılımını kullanarak sınıflandırma yapmamızı sağlamaktadır. Yeraltı sularını “çok iyi - iyi”, “iyi-kullanılabilir”, “şüpheli – kullanılabilir”, “şüpheli - kullanılamaz”, “kullanılamaz” şeklinde 5 sınıfta ayırt etmektedir (Dursun, 2022). İnceleme kapsamında bulunan suların Ekim 2015 Wilcox diyagramına göre (Şekil 5.28) örnekleme noktalarından; Yeşiltepe; şüpheli kullanılabilir; kalan diğer tüm örnekleme noktaları ise iyi kullanılabilir özelliktedir. Nisan 2023 örnekleme dönemine ait Wilcox diyagramında ise Yenikent “şüpheli kullanılabilir”, Yeşiltepe, Böget ve Yeşilova yeraltı suları ise “şüpheli kullanılamaz”, diğer yeraltı suları ise “iyi kullanılabilir” olarak sınıflandırılmıştır.

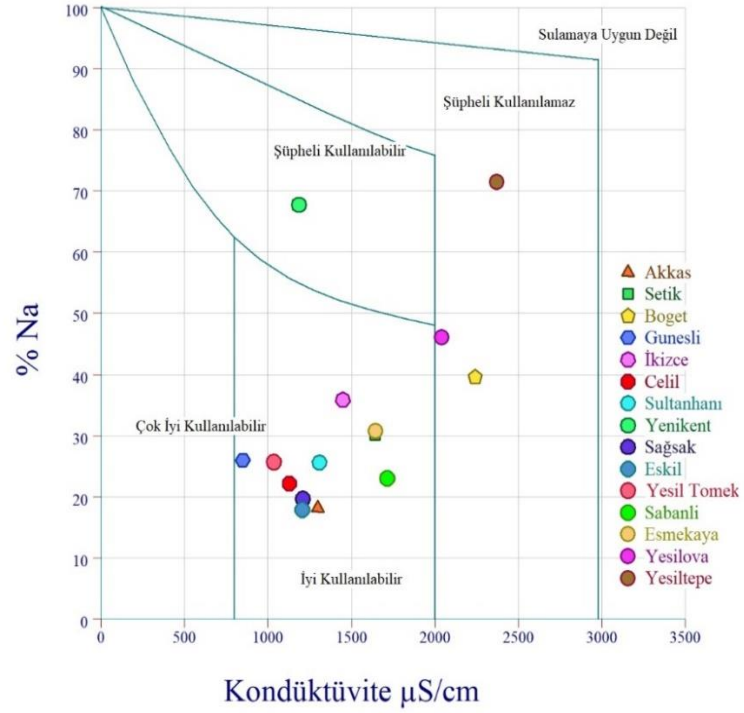
(a)

Wilcox



(b)

Wilcox



Şekil 5.28. İnceleme alanındaki suların Wilcox diyagramı (a: Ekim 2015, b: Nisan 2023).

5.4.3 Sodyum adsorpsiyon oranı (SAR)

Örnekleme noktalarından alınan su numunelerinin sodyum açısından zararlı oluşunu değerlendiren ve bu suların sulamada kullanımını değerlendirirken sodyum adsorpsiyon oranı (SAR) hesaplanmıştır. Bu oran sodikleşme tehlikesi açısından suların değerlendirilmesindeki bir parametre olup aynı zamanda sodyumun, iyon değişim reaksiyonlarındaki aktifliğini ifade etmektedir (Doğan, 1981; Şahinci, 1991). Sularda sıklıkla bulunan Ca^{+2} ve Mg^{+2} iyonları ile yüksek sodyum içerikli suların iyon değiştirmesiyle toprağın da yapısı değişir ve geçirimsizliğini azalır (Akkaya, ve diğ., 2011). Sodyum adsorpsiyon oranı (SAR) hesaplanırken aşağıdaki denklik (Denklem 5.1) kullanılmıştır.

$$SAR = Na^+ / \sqrt{(Ca^{+2} + Mg^{+2}) / 2} \quad (5.1)$$

Bu hesaplamadaki iyonların birimi meq/L cinsinden ifade edilmelidir (Dursun, 2022). Çalışma alanındaki örnekleme noktalarının Ekim 2015 ve Nisan 2023 dönemlerindeki SAR değeri hesaplanıp Çizelge 5.8'e göre değerlendirilmiştir.

Bu sınıflandırmaya göre; Yeşiltepe örnekleme noktasında Nisan 2023 döneminde SAR değeri 10,11 meq/L olduğu için "iyi" sınıfına girerken diğer tüm örnekleme noktaları her iki dönemde de SAR değeri 10 meq/L altında olduğu için "çok iyi" sınıfına girmektedir.

Çizelge 5.8. SAR değerine göre suların sınıflandırma kriteri.

SAR (meq/L)	Su Kalitesi
SAR<10	Çok iyi
10<SAR<18	İyi
18<SAR<26	Şüpheli
SAR>26	Uygun değil

5.4.4 Sodyum yüzdesi (%Na)

Sodyum yüzdesi de diğer diyagramlar kadar sulama amaçlı kullanılan suların değerlendirilmesinde önemli rol oynamaktadır. Sodyum yüzdesi (%Na); suda barınan tüm katyon miktarının toplamında yüzde olarak bulunan sodyum içeriği

hesaplanmaktadır (Doğan, 1981). Sodyum yüzdesi (%Na) matematiksel olarak Denklem 5.2 ile hesaplanmaktadır;

$$\%Na = Na^+ / (Na^+ + K^+ + Ca^{+2} + Mg^{+2}) * 100 \quad (5.2)$$

Bu hesaplamadaki katyonlar majör katyonlar olan Ca, Mg, Na ve K iyonlarını kapsamaktadır (Doğan, 1981). Sodyum yüzdesi (%Na) göz önünde bulundurularak sulama amaçlı suları yorumlaması Wilcox diyagramında da olduğu gibi %50'den küçük olan sular "kullanıma uygun", %50'den büyük olanlar ise "kullanıma uygun değil" şeklinde yapılmaktadır.

İnceleme alanında alınan örnekleme noktalarından Ekim 2015 örnekleme döneminde Yeşiltepe hariç tüm örnekleme noktaları sulama amaçlı kullanıma uygun olup, Yeşiltepe sulama amaçlı kullanıma uygun değildir. Nisan 2023 örnekleme döneminde ise Yenikent ve Yeşiltepe hariç diğer tüm örnekleme noktaları sulama amaçlı kullanıma uygundur. Yenikent örnekleme noktasının Ekim 2015 örnekleme döneminden Nisan 2023 örnekleme dönemine kadar Na^+ içeriğinin arttığı görülmektedir.

Bir başka sulama suyu değerlendirme ölçütü olan FAO (Gıda ve Tarım Örgütü) sınıflandırılması Çizelge 5.9'da verilmiştir.

Çizelge 5.9. Sulama suyu kalite parametreleri FAO (URL-5).

Potansiyel Sulama Sorunu				Birimler	Kullanım Değerleri		
					-	Hafif-Orta	Yoğun
Tuzluluk							
	EC			dS/m	<0,7	0,7-3	>3
	(veya)						
	TÇKM			mg/l	<450	450-2000	>2000
Sızma							
SAR	0 -3	ve EC			>0,7	0,7-0,2	<0,2
	3 - 6				>1,2	1,2-0,3	<0,3
	6 - 12				>1,9	1,9-0,5	<0,5
	12 - 20				>2,9	2,9-1,3	<1,3
	20 - 40				>5	5-2,9	<2,9
Spesifik İyon Toksiditesi							
	Na						
	yüzey sulama			SAR	<3	3-9	>9
	damla sulama			me/l	<3	>3	
	Cl						
	yüzey sulama			me/l	<4	4-10	>10
	damla sulama			me/l	<3	>3	
	B			mg/l	<0,7	0,7-3	>3
	Eser Elementler						
Çeşitli Etkiler							
	NO3 - N			mg/l	<5	May.30	>30
	HCO3-						
	yalnızca üstten damla sulama			me/l	<1,5	1,5-8,5	>8,5
	pH				Normal Aralık 6,5 – 8,4		

5.5 Suların Doygunluk İndisleri

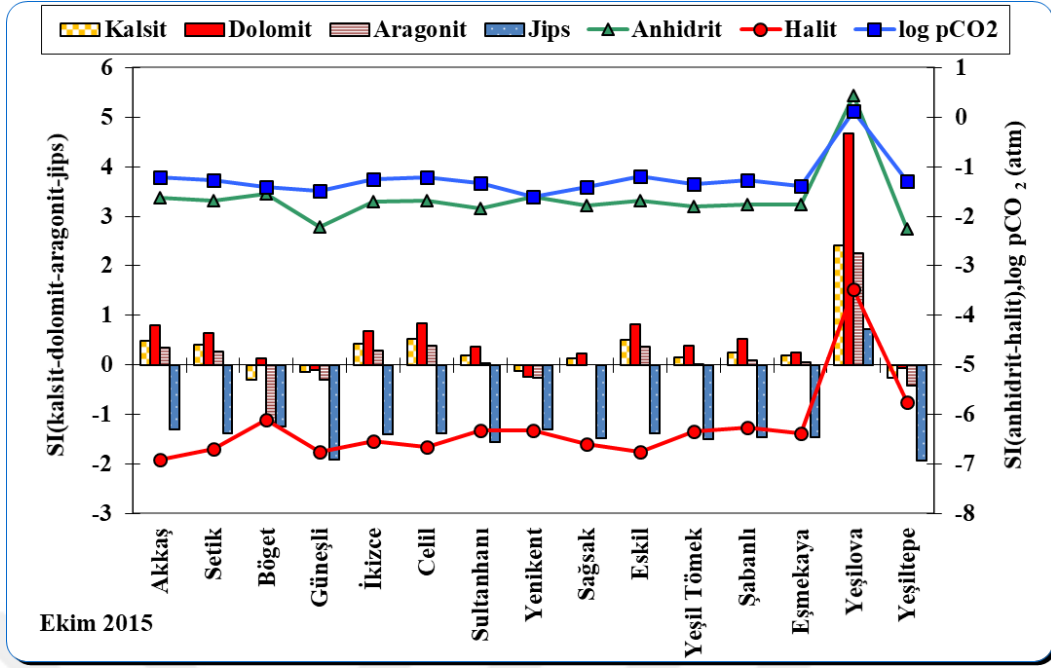
Suların hidrolik akım yolları boyunca etkileşimde buldukları kayalar ve verdikleri tepkimelerin değerlendirilmesi ve suyun hangi minerallerce doygun olup olmadığının anlaşılması için çalışma sahasındaki suların doygunluk indisi hesaplamalarında PhreeqC (Parkhurst ve Appelo 1999) bilgisayar programı kullanılmıştır (Çizelge 5.10. ve Çizelge 5.11). Suların anhidrit, aragonit, kalsit, dolomit, halit ve jips gibi çökeltme ortamlarında bulunabilecek başlıca minerallerin doygunluk oranları grafiksel olarak değerlendirilmiştir (Şekil 5.29 ve Şekil 5.30).

Çizelge 5.10. Ekim 2015 örnekleme dönemine ait doygunluk indisi sonuçları.

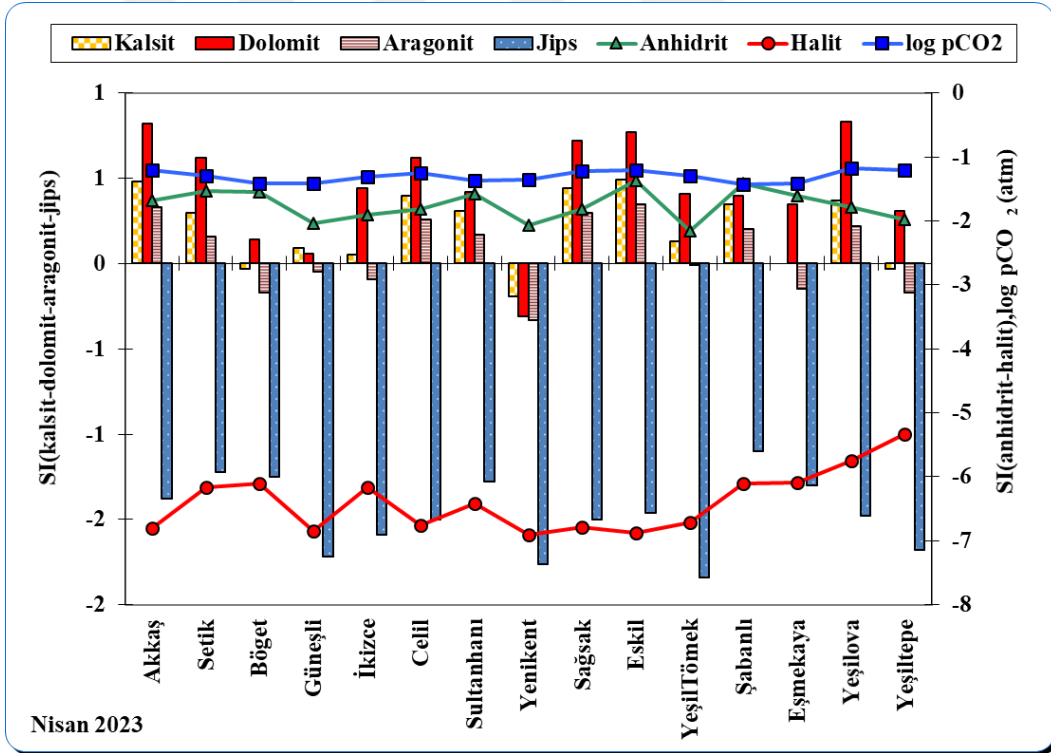
Örnek Adı	Anhidrit	Aragonit	Kalsit	CO ₂	Dolomit	Jips	Halit
AKKAŞ	-1,62	0,35	0,49	-1,22	0,8	-1,31	-6,92
SETİK	-1,69	0,26	0,4	-1,28	0,64	-1,39	-6,7
BÖGET	-1,55	-1,17	-0,3	-1,41	0,14	-1,25	-6,11
GÜNEŞLİ	-2,22	-0,3	-0,15	-1,48	-0,11	-1,91	-6,75
İKİZCE	-1,7	0,28	0,42	-1,26	0,68	-1,4	-6,53
CELİL	-1,69	0,38	0,53	-1,21	0,84	-1,39	-6,65
SULTANHANI	-1,85	0,04	0,19	-1,34	0,36	-1,55	-6,33
YENİKENT	-1,61	-0,27	-0,12	-1,61	-0,25	-1,31	-6,32
SAĞSAK	-1,78	0	0,14	-1,41	0,23	-1,48	-6,6
ESKİL	-1,69	0,36	0,5	-1,19	0,81	-1,39	-6,75
YEŞİL TÖMEK	-1,81	0,01	0,15	-1,35	0,38	-1,5	-6,34
ŞABANLI	-1,77	0,09	0,24	-1,27	0,53	-1,46	-6,26
EŞMEKAYA	-1,77	0,06	0,2	-1,38	0,24	-1,46	-6,39
YEŞİLOVA	0,44	2,26	2,41	0,12	4,68	0,73	-3,47
YEŞİLTEPE	-2,25	-0,41	-0,27	-1,3	-0,07	-1,94	-5,76

Çizelge 5.11. Nisan 2023 örnekleme dönemine ait doygunluk indisi sonuçları.

Örnek Adı	Anhidrit	Aragonit	Kalsit	CO ₂	Dolomit	Jips	Halit
AKKAŞ	-1,68	0,33	0,48	-1,21	0,82	-1,38	-6,8
SETİK	-1,53	0,16	0,3	-1,3	0,62	-1,22	-6,17
BÖGET	-1,55	-0,17	-0,03	-1,41	0,14	-1,25	-6,11
GÜNEŞLİ	-2,03	-0,05	0,09	-1,42	0,06	-1,72	-6,85
İKİZCE	-1,9	-0,09	0,05	-1,31	0,44	-1,59	-6,17
CELİL	-1,81	0,26	0,4	-1,25	0,62	-1,5	-6,76
SULTANHANI	-1,58	0,17	0,31	-1,37	0,42	-1,28	-6,41
YENİKENT	-2,06	-0,33	-0,19	-1,36	-0,31	-1,76	-6,9
SAĞSAK	-1,81	0,3	0,44	-1,22	0,72	-1,5	-6,78
ESKİL	-1376	0,35	0,49	-1,21	0,77	-1,46	-6,87
YEŞİL TÖMEK	-2,15	-0,01	0,13	-1,3	0,41	-1,84	-6,72
ŞABANLI	-1,41	0,2	0,35	-1,43	0,4	-1,1	-6,1
EŞMEKAYA	-1,6	-0,15	0	-1,41	0,35	-1,3	-6,09
YEŞİLOVA	-1,78	0,22	0,37	-1,17	0,83	-1,48	-5,75
YEŞİLTEPE	-1,98	-0,17	-0,03	-1,2	0,31	-1,68	-5,33



Şekil 5.29. Örneklem noktaları doygunluk indisi grafiği (Ekim 2015).



Şekil 5.30. Örneklem noktaları doygunluk indisi grafiği (Nisan 2023).

Doygunluk indisi sonuçları incelendiğinde; Ekim 2015 örneklem döneminde Böğet, Yenikent, Yeşiltepe örneklem noktalarındaki sular kalsitçe doymuyup kalsiti çözebilme, diğer örneklem noktalarındaki sular ise doymuyup, çökeltebilme özelliğine sahiptir. Yenikent örneklem noktasındaki sular dolomitçe doymuyup,

dolomiti çözebilme, diğer örnekleme noktalarındaki sular ise doymun olup çökeltebilme özelliğine sahiptir. Böget, Güneşli, İkizce, Yenikent, Yeşil Tömek, Eşmekaya, Yeşiltepe örnekleme noktalarındaki sular aragonitçe doymun olmayıp, aragoniti çözebilme diğer örnekleme noktalarındaki sular ise doymun olup çökeltebilme özelliğine sahiptir. Nisan 2023 örnekleme döneminde Ekim 2015 örnekleme döneminden farklı olarak İkizce, Yeşil Tömek, Eşmekaya örnekleme noktalarındaki sular aragonitçe doymun olmayıp, aragoniti çözebilme diğer örnekleme noktalarındaki sular ise doymun olup çökeltebilme özelliğine sahiptir.

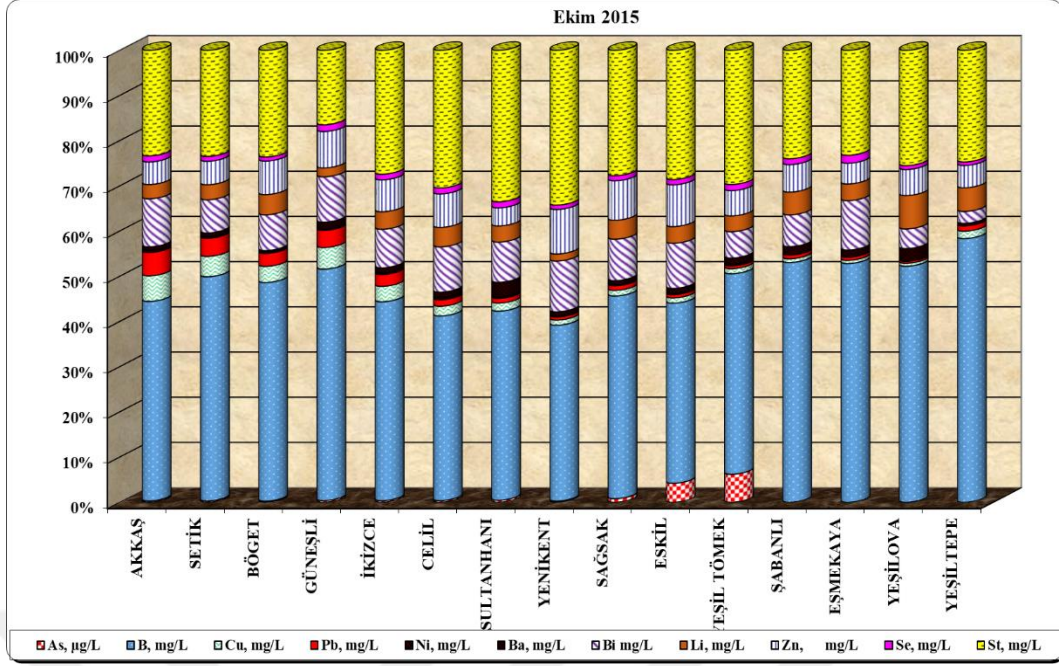
Yeraltı suyunun kimyasal dengesinde gerçekleşen çözüme ve çökelmeye bağlı değişimler, farklı su fasiyeslerinin farklı oranlarda karışması, pH değerinde gözlenen değişimler, suların bünyelerinde ihtiva ettikleri çözülmüş gaz içerikleri, iyon değişimi gibi etkenlerden dolayı suların doymunluk indislerinde değişiklikler meydana gelir.

5.6 Suların Ağır Metal İçerikleri

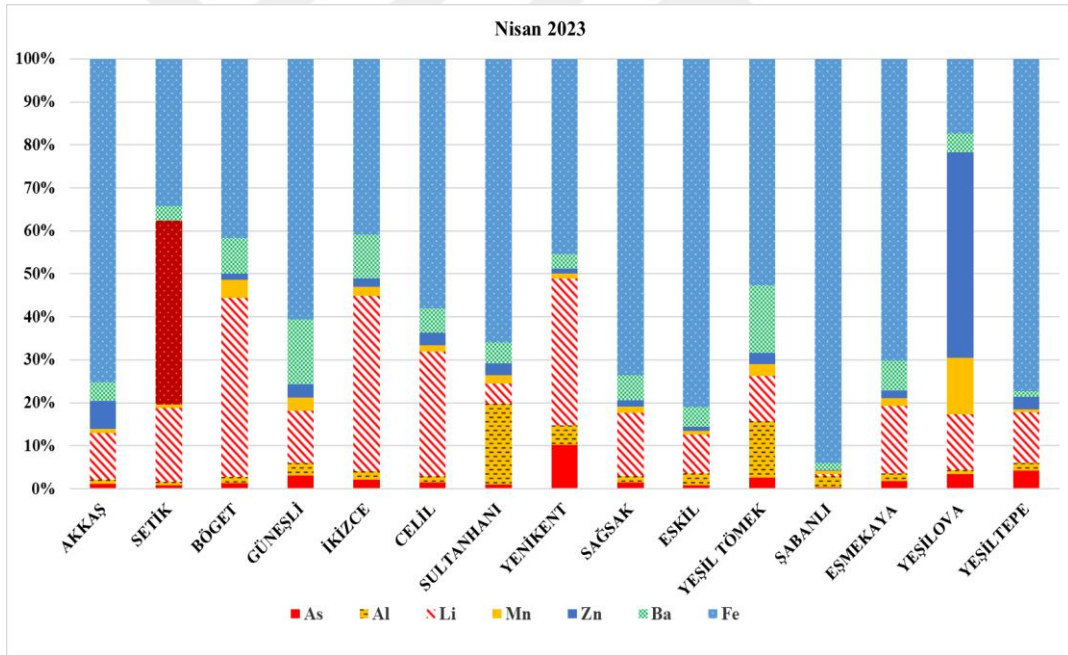
Periyodik cetvelde tam bir tanımlaması yapılmayan elementlerin bulunduğu grupta yer alan metalik özellikli elementler ağır metal tanımını oluşturmaktadır. Ağır metaller; su kaynaklarına endüstriyel atık, madencilik veya doğal sebeplerden dolayı karışarak birer kirlilik unsuru oluşturabilmektedir. Yeraltı suları çoğunlukla yeraltındaki dolaşım süreçleri boyunca temas ettikleri kayalardan ağır metalleri çözerek bünyelerine alırlar.

Çalışma alanında suların potansiyelinin korunması ve efektif kullanımının sağlanabilmesi için, sularda ana iyonların dışında eser miktarlarda bulunan bazı elementler (Al, As, B, Ba, Co, Cr, Cu, Mn, Fe, Mo, Ni, Pb, Hg, Se V, Zn) TS 266 İnsani Tüketim Amaçlı Sular Standartı'nda yer alan suların sınıflandırılmasındaki miktarlar ile kıyaslanmıştır.

Çalışma kapsamında her iki dönemde de alınan su örneklemlerine ait ağır metal analiz sonuçlarında TS 266 ve WHO gibi kuruluşlar tarafından belirlenen sınır değerleri aşan bir element tespit edilememiştir (Şekil 5.31 ve 5.32) (Çizelge 5.12 ve 5.13).



Şekil 5.31. İnceleme alanındaki suların ağır metal dağılım grafiği (Ekim 2015).



Şekil 5.32. İnceleme alanındaki suların ağır metal dağılım grafiği (Nisan 2023).

Çizelge 5.12. İnceleme alanındaki suların ağır metal analiz sonuçları (Ekim 2015)

Örnekleme Adı	As, µ/L	B, mg/L	Cu, mg/L	Pb, mg/L	Ni, mg/L	Ba, mg/L	Bi, mg/L	Li, mg/L	Zn, mg/L	Se, mg/L	Sr, mg/L
AKKAŞ	3,00	0,461	0,059	0,054	0,005	0,008	0,111	0,033	0,052	0,014	0,244
SETİK	3,00	0,507	0,046	0,041	0,003	0,009	0,075	0,034	0,053	0,011	0,24
BÖGET	3,00	0,594	0,044	0,035	0,004	0,004	0,097	0,055	0,091	0,011	0,29
GÜNEŞLİ	3,00	0,419	0,039	0,031	0,002	0,013	0,082	0,016	0,066	0,012	0,135
İKİZCE	3,00	0,387	0,03	0,023	0,003	0,01	0,075	0,034	0,062	0,011	0,241
CELİL	3,00	0,342	0,018	0,012	0,004	0,01	0,084	0,036	0,062	0,011	0,255
SULTANHANI	3,00	0,282	0,012	0,007	0,002	0,022	0,06	0,024	0,027	0,009	0,226
YENİKENT	3,00	0,45	0,013	0,008	0,002	0,011	0,13	0,018	0,114	0,011	0,396
SAĞSAK	7,00	0,396	0,011	0,009	0,002	0,008	0,081	0,037	0,077	0,01	0,245
ESKİL	4,00	0,379	0,011	0,007	0,003	0,01	0,095	0,035	0,088	0,011	0,272
YEŞİL TÖMEK	5,00	0,357	0,009	0,005	0,003	0,011	0,047	0,028	0,045	0,011	0,239
ŞABANLI	3,00	0,453	0,007	0,007	0,002	0,016	0,06	0,043	0,052	0,011	0,205
EŞMEKAYA	3,00	0,3	0,004	0,004	0,001	0,009	0,062	0,021	0,026	0,01	0,132
YEŞİLOVA	4,00	0,481	0,006	0,004	0,002	0,026	0,04	0,068	0,053	0,008	0,235
YEŞİLTEPE	4,00	0,602	0,017	0,012	0,003	0,006	0,027	0,054	0,051	0,008	0,255

Çizelge 5.13. İnceleme alanındaki suların ağır metal analiz sonuçları (Nisan 2023)

Örnekleme Adı	Br, mg/L	F, mg/L	Li, mg/L	Pb, mg/L	Zn, mg/L	Cd, mg/L	Co, mg/L	Cu, mg/L	Ni, mg/L	Ba, mg/L	Fe, mg/L	Mn, mg/L	Cr, mg/L	Mo, mg/L	Al, mg/L	Hg, mg/L	As, mg/L
AKKAŞ	0,2	0,5	0,1	<0,01	0,06	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,04	0,7	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,005	<0,01
SETİK	0,4	0,5	0,2	<0,01	0,5	<0,01	<0,01	0,01	0,02	0,04	0,4	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,005	<0,01
BÖGET	0,5	0,5	0,3	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,06	0,3	0,03	<0,01	0,04	<0,01	<0,005	<0,01
GÜNEŞLİ	0,1	0,2	0,04	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,05	0,2	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,005	<0,01
İKİZCE	0,3	0,5	0,2	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,05	0,2	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,005	<0,01
CELİL	0,1	0,4	0,2	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	0,03	<0,01	0,04	0,4	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,005	<0,01
SULTAN HANI	0,2	0,3	0,05	<0,01	0,03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,05	0,7	0,02	<0,01	<0,01	0,2	<0,005	0,01
YENİKENT	0,2	0,7	0,3	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,03	0,4	0,01	<0,01	<0,01	0,04	<0,005	0,09
SAĞSAK	0,2	0,4	0,1	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,04	0,5	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,005	<0,01
ESKİL	0,1	0,5	0,1	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,05	0,9	<0,01	<0,01	<0,01	0,03	<0,005	0,01
YEŞİL TÖMEK	0,1	0,5	0,04	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,06	0,2	0,01	<0,01	<0,01	0,05	<0,005	<0,01
ŞABANLI	1,0	0,3	0,02	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,06	3,6	0,03	<0,01	<0,01	0,1	<0,005	<0,01
EŞMEKAYA	0,6	0,6	0,09	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,04	0,4	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,005	0,01
YEŞİLOVA	0,4	0,1	0,3	<0,01	1,1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,1	0,4	0,30	<0,01	<0,01	0,02	<0,005	0,08
YEŞİLTEPE	0,7	0,5	0,2	<0,01	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	1,3	0,01	<0,01	0,01	0,03	<0,005	0,07

6. ÖRNEKLEME NOKTALARINA AİT SU KİMYASI ANALİZ SONUÇLARININ İSTATİSTİKSEL DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu bölümde örnekleme noktalarından alınan su numunelerinin analiz sonuçları istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Majör anyon ve katyonların birbiri ile olan ilişkisi ve aynı iyonların dönemsel değişimleri arasındaki ilişki varlığı incelenmiştir. Değişen iyon miktarlarına bağlı olarak da dönemsel su fasiyesleri değerlendirilmiştir (Çizelge 6.1).

Çizelge 6.1. Su kimyası analiz sonuçlarının tanımlayıcı istatistiksel bilgileri.

Ekim 2015	pH	EC, $\mu\text{S/cm}$ (20°C)	TÇKM mg/L	Ca ²⁺ meq/L	Mg ²⁺ meq/L	Na ⁺ meq/L	K ⁺ meq/L	Cl ⁻ meq/L	SO ₄ ²⁻ meq/L	HCO ₃ ⁻ meq/L
Ortalama	7.439	1268.933	958.200	6.600	4.464	4.825	0.235	4.407	2.715	8.492
Standart Sapma	0.363	203.777	157.523	2.320	0.525	2.428	0.188	1.353	1.088	2.108
Basıklık	-0.359	5.702	5.812	-0.472	1.562	3.612	6.929	0.563	7.072	-0.534
Çarpıklık	0.815	0.719	0.854	-0.301	0.521	1.891	2.544	0.610	2.394	-0.175
En Küçük	7.000	800.000	604.000	1.963	3.436	2.576	0.078	2.318	1.314	4.377
En Büyük	8.180	1831.000	1399.000	10.020	5.687	11.550	0.818	7.461	6.100	11.689
Nisan 2023										
Ortalama	7.180	1181.121	1050.447	6.651	5.329	6.390	0.251	5.419	3.227	9.357
Standart Sapma	0.204	333.379	300.402	2.488	2.253	4.890	0.191	3.015	1.939	1.849
Basıklık	0.239	-1.574	-1.506	-0.669	2.014	4.544	2.924	-0.444	4.225	-1.317
Çarpıklık	0.021	0.003	0.028	-0.024	1.301	2.008	1.806	0.774	1.868	0.042
En Küçük	6.800	717.923	638.300	2.574	2.272	2.687	0.069	2.408	1.325	6.738
En Büyük	7.600	1722.841	1553.800	11.342	11.078	20.661	0.754	11.887	8.792	12.377
Örnek sayısı	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15

Her iki döneme ait örnekleme noktalarının analiz sonuçlarının istatistiksel bilgileri kıyaslandığında; ortalama pH değeri Ekim 2015 örnekleme döneminde 7,43 iken Nisan 2023 döneminde nispeten asitleşerek 7,18 değerini almıştır. Ancak EC, TÇKM, Ca²⁺, K⁺ değerleri her iki dönemde de çok yakın değerler almışlardır. Mg²⁺, Na⁺, Cl⁻, SO₄²⁻ ve HCO₃⁻ değerleri Ekim 2015 döneminde daha düşük olduğu söylenebilir.

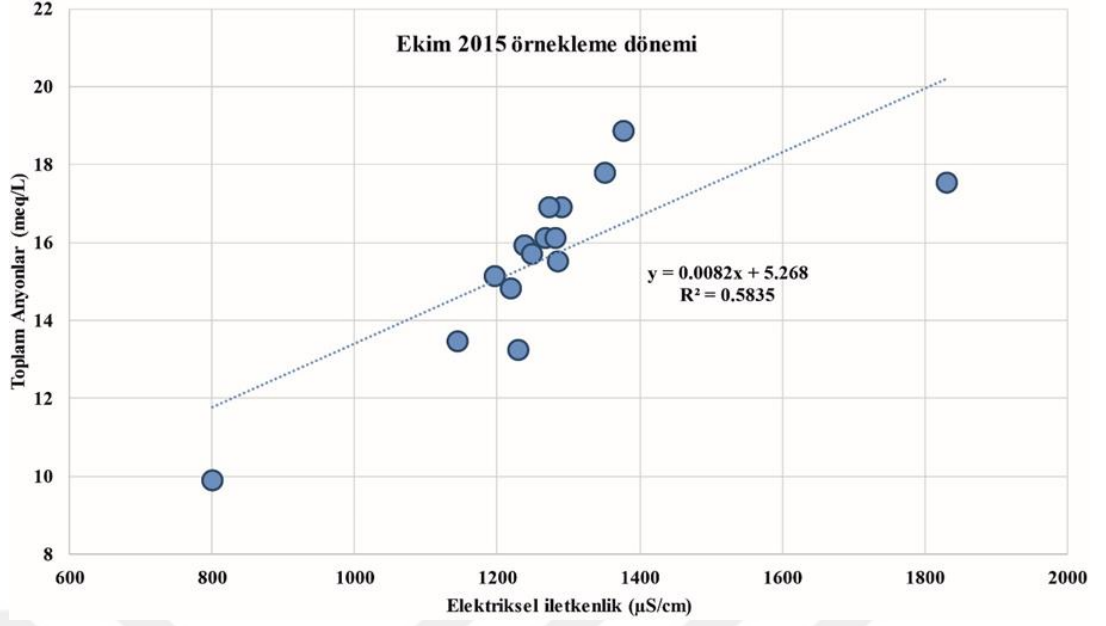
Su fasiyeslerinin dönemsel değişimi incelendiğinde (Çizelge 6.2) İki örnekleme noktasındaki su fasiyes değişiminde Mg²⁺ kaynağı yeraltı sularındaki volkano sedimanter kayaların su ile etkileşiminin artması; SO₄²⁻ kaynağındaki artış ise jips çözünürlüğünün artmasına bağlı olabilir. Şabanlı ve Yeşiltepe'de suların aşırı çekimine bağlı tuzluluk etkisinden söz edilebilir. Ayrıca Yeşiltepe; Tuz Gölü'ne en yakın örnekleme noktası olduğundan hidrolik dolaşım sisteminde Tuz Gölü'nden en çok

etkilenen ve su tipi olarak en çok benzeyen örnekleme noktasıdır. Şabanlı'daki baskın iyon değişiminin sebebi o bölgede yapılan tarımsal faaliyetler gösterilebilir.

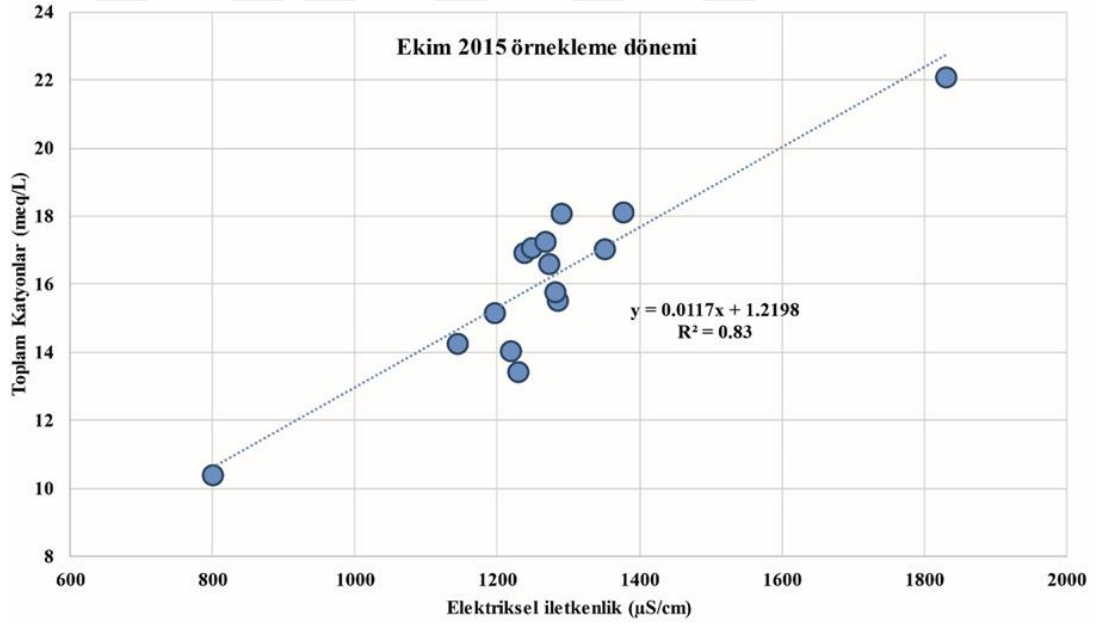
Çizelge 6.2. Örnekleme noktaları dönemsel su fasiyesi değişimi.

Örnekleme Noktası	Su Fasiyesi-2015	Su Fasiyesi-2023
AKKAŞ	Ca-HCO ₃	Ca-HCO ₃
SETİK	Ca-HCO ₃	Ca-HCO ₃
BÖGET	Na-HCO ₃	Na-HCO ₃
GÜNEŞLİ	Mg-HCO ₃	Ca-HCO ₃
İKİZCE	Ca-HCO ₃	Mg-SO ₄
CELİL	Ca-HCO ₃	Ca-HCO ₃
SULTANHANI	Ca-HCO ₃	Ca-HCO ₃
YENİKENT	Ca-HCO ₃	Na-HCO ₃
SAĞSAK	Ca-HCO ₃	Ca-HCO ₃
ESKİL	Ca-HCO ₃	Ca-HCO ₃
YEŞİL TÖMEK	Ca-HCO ₃	Mg-HCO ₃
ŞABANLI	Ca-HCO ₃	Ca-Cl
EŞMEKAYA	Ca-HCO ₃	Mg-HCO ₃
YEŞİLOVA	Na-HCO ₃	Na-HCO ₃
YEŞİLTEPE	Na-HCO ₃	Na-Cl

Tez çalışması kapsamında alınan su örnekleme noktalarının istatistiksel değerlendirilmesi kapsamında çeşitli parametrelerinin hem dönemsel hem de birbirleri ile olan ilişkileri incelenmek üzere regresyon analiz grafikleri oluşturulmuştur. Bu kapsamda Şekil 6.1, Şekil 6.2, Şekil 6.3 ve Şekil 6.4'te toplam anyon ve katyonların Ekim 2015 ve Nisan 2023 örnekleme dönemlerindeki EC değerleri ile olan regresyon grafikleri oluşturulmuştur. Grafikler incelendiğinde; en güçlü ilişki Ekim 2015 döneminde toplam katyon ve EC grafiğinde (Şekil 6.2) daha sonra sırasıyla Nisan 2023 dönemi toplam anyon ve EC grafiği (Şekil 6.3) Nisan 2023 toplam katyon ve EC grafiği (Şekil 6.4) ve en zayıf korelasyon ise Ekim 2015 toplam anyon ve EC grafiğinde (Şekil 6.1) gözlemlenmiştir.

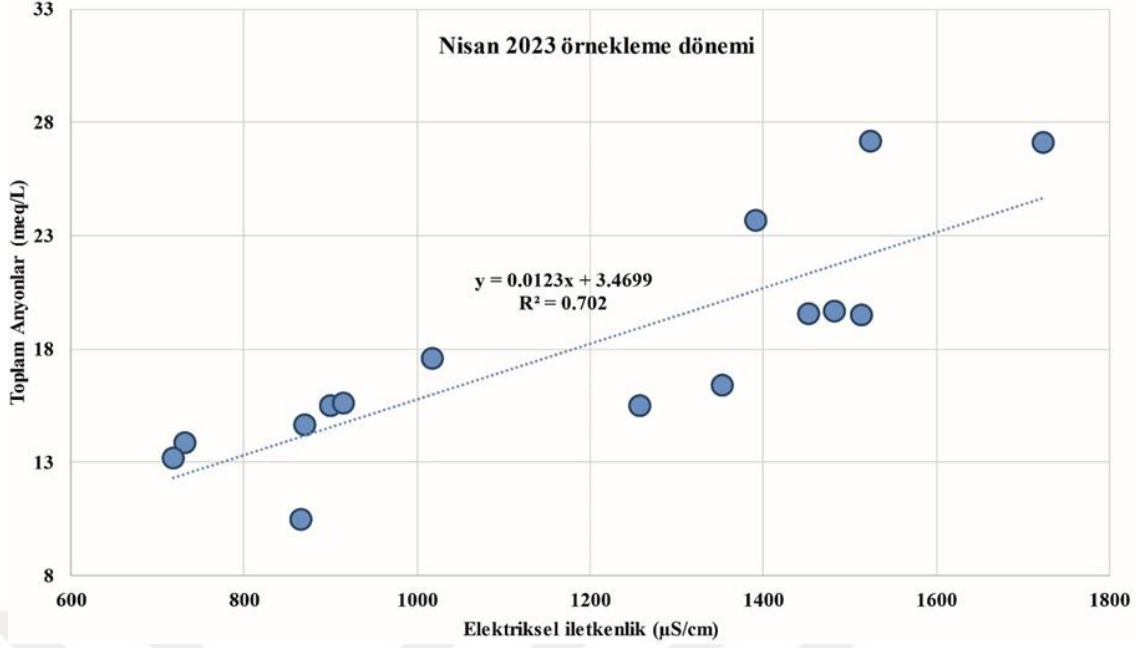


Şekil 6.1. Toplam anyon - elektriksel iletkenlik grafiği (Ekim 2015).

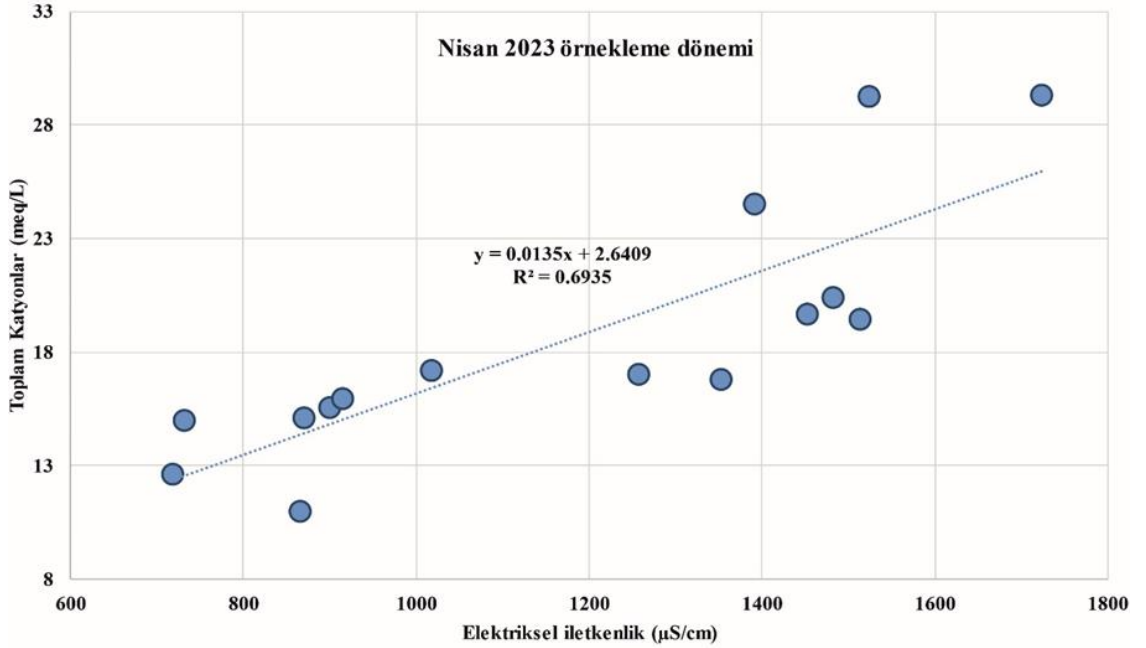


Şekil 6.2. Toplam katyon - elektriksel iletkenlik grafiği (Ekim 2015).

Şekil 6.1 ve Şekil 6.2 incelendiğinde Ekim 2015 örnekleme döneminde elektriksel iletkenlik değerlerinin daha çok katyon iyonlarına bağlı olarak artış gösterdiği söylenebilir. Nisan 2023 örnekleme döneminde ise anyon ve katyonların elektriksel iletkenlik değerleri üzerindeki etkisi eşit olarak tespit edilmiştir.



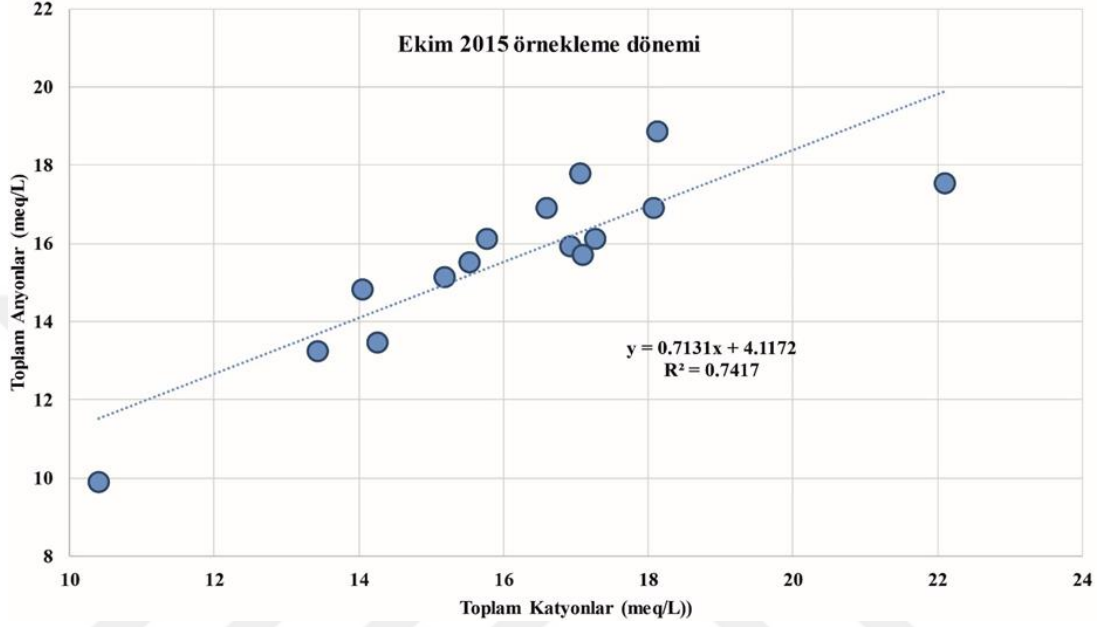
Şekil 6.3. Toplam anyon - elektriksel iletkenlik grafiği (Nisan 2023).



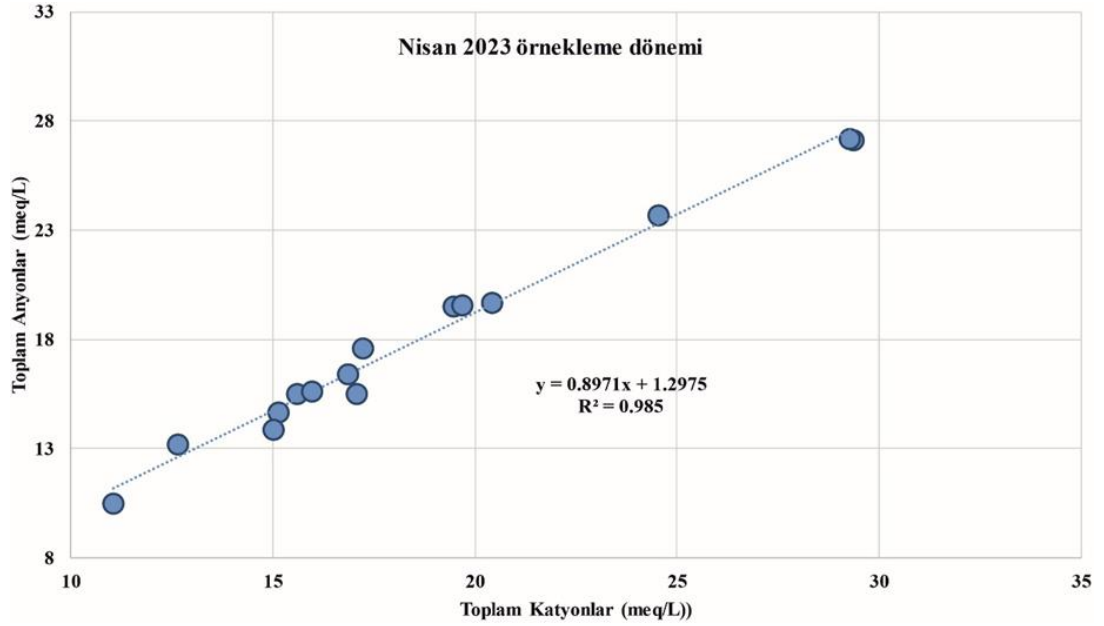
Şekil 6.4. Toplam katyon - elektriksel iletkenlik grafiği (Nisan 2023).

Toplam anyon ve katyonların birbiri ile olan ilişkisi dönemsel olarak ayrı ayrı incelendiğinde (Şekil 6.5 ve Şekil 6.6) Nisan 2023 örnekleme döneminde anyonlar ve katyonlar arasındaki korelasyon yüzdesi % 98 olarak tespit edilmiştir. Bu değer Ekim 2015 örnekleme dönemi için % 74 dür. Bu sonuç Nisan 2023 örnekleme döneminde elde edilen analiz sonuçlarının daha güvenli olduğunu göstermektedir. Şekil 6.5 ve

Şekil 6.6 incelendiğinde Nisan 2023 örnekleme döneminde sudaki çözünmüş iyon miktarının genel olarak artma eğiliminde oldukları söylenebilir. Nisan 2023 örnekleme döneminde ortalama pH değerlerinde gözlenen düşmede suların bu dönemde pH değerlerinin genel olarak azaldığı ve daha çözücü bir özellik kazandıklarını dolayısı ile çözdükleri iyon miktarlarının da arttığını göstermektedir.

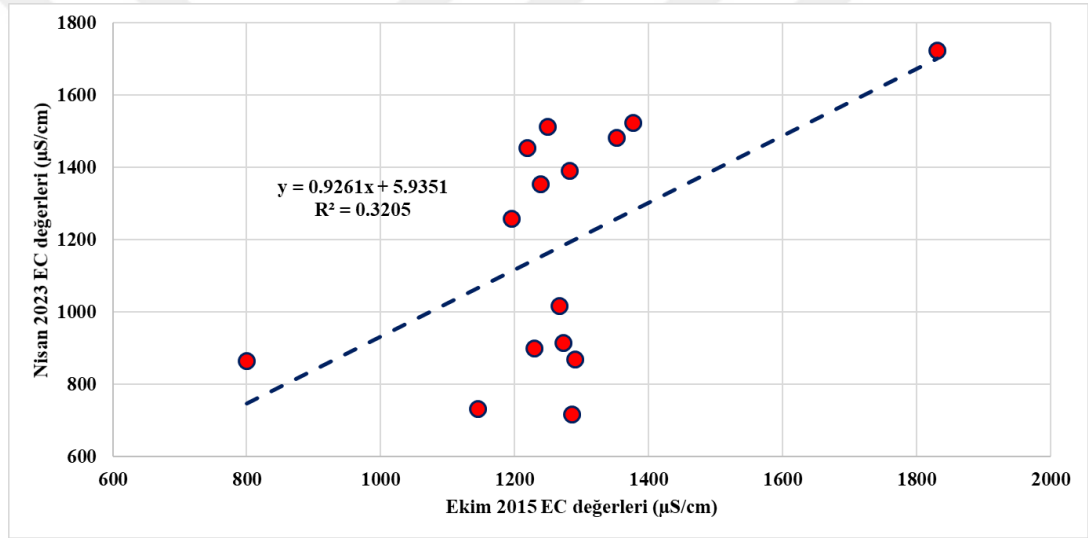


Şekil 6.5. Toplam anyon - toplam katyon grafiği (Ekim 2015).



Şekil 6.6. Toplam anyon - toplam katyon grafiği (Nisan 2023).

Ekim 2015 ve Nisan 2023 örnekleme dönemlerine ait elektriksel iletkenlik değerlerinin korelasyonu incelendiğinde, elektriksel iletkenlik değerleri arasında anlamlı bir ilişki tespit edilememiştir (Şekil 6.7). Korelasyon yüzdesi % 32'dir. Veri seti korelasyon çizgisinden yukarı ve aşağı ayrılarak iki farklı küme oluşturmuştur. Bu sonuç bazı örneklerin zaman içerisinde elektriksel iletkenlik değerlerinin yükselirken diğerlerinin düştüğünü göstermektedir. EC değerleri ilgili dönemlerin yağış ve buharlaşma miktarına, su kayaç etkileşiminin fazlalığına göre değişim gösterebilmektedir. Böget, Şabanlı, Yeşilova ve Yeşiltepe gibi bazı kuyuların Na ve Cl iyon derişimlerinin artması bu kuyuların elektriksel iletkenlik değerlerinin de artmasına neden olmuştur Bazı örnekleme noktalarının EC, Na ve Cl değerlerinin zamansal değişimi Çizelge 6.3'te verilmiştir.



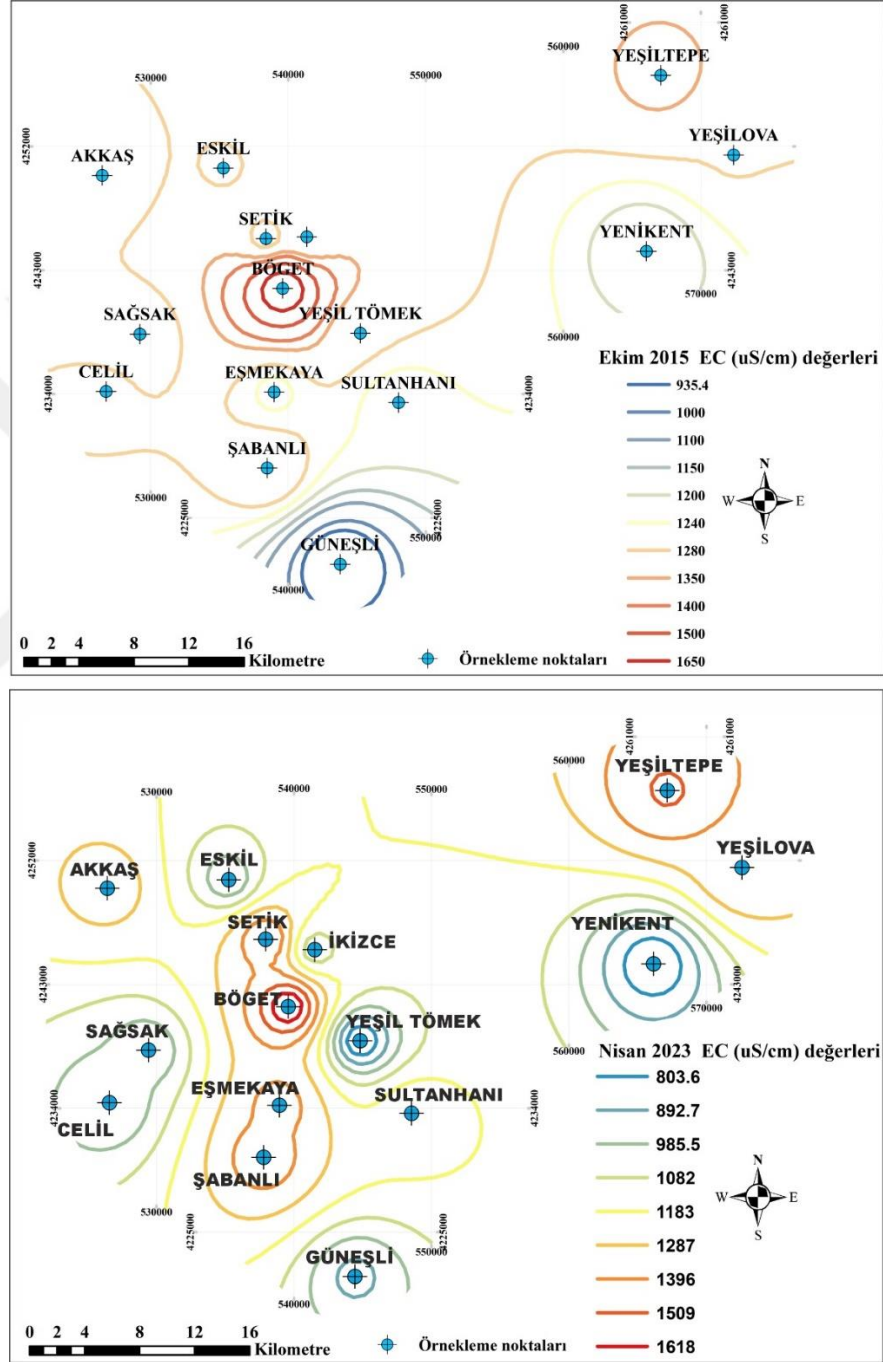
Şekil 6.7. Dönemsel EC değerleri grafiği (Ekim 2015-Nisan 2023)

Çizelge 6.3. Bazı örnekleme noktalarının EC, Na ve Cl değerlerinin zamansal değişimi

Örnekleme noktası	Ekim 2015			Nisan 2023		
	EC µS/cm	Na ⁺ meq/L	Cl ⁻ meq/L	EC µS/cm	Na ⁺ meq/L	Cl ⁻ meq/L
BÖGET	1831	8,66	4,47	2240	10,88	8,89
ŞABANLI	1352	5,38	5,13	1715	4,59	8,91
YEŞİLOVA	1282	6,25	6,30	2040	10,67	8,54
YEŞİLTEPE	1377	11,55	7,46	2370	20,66	11,89

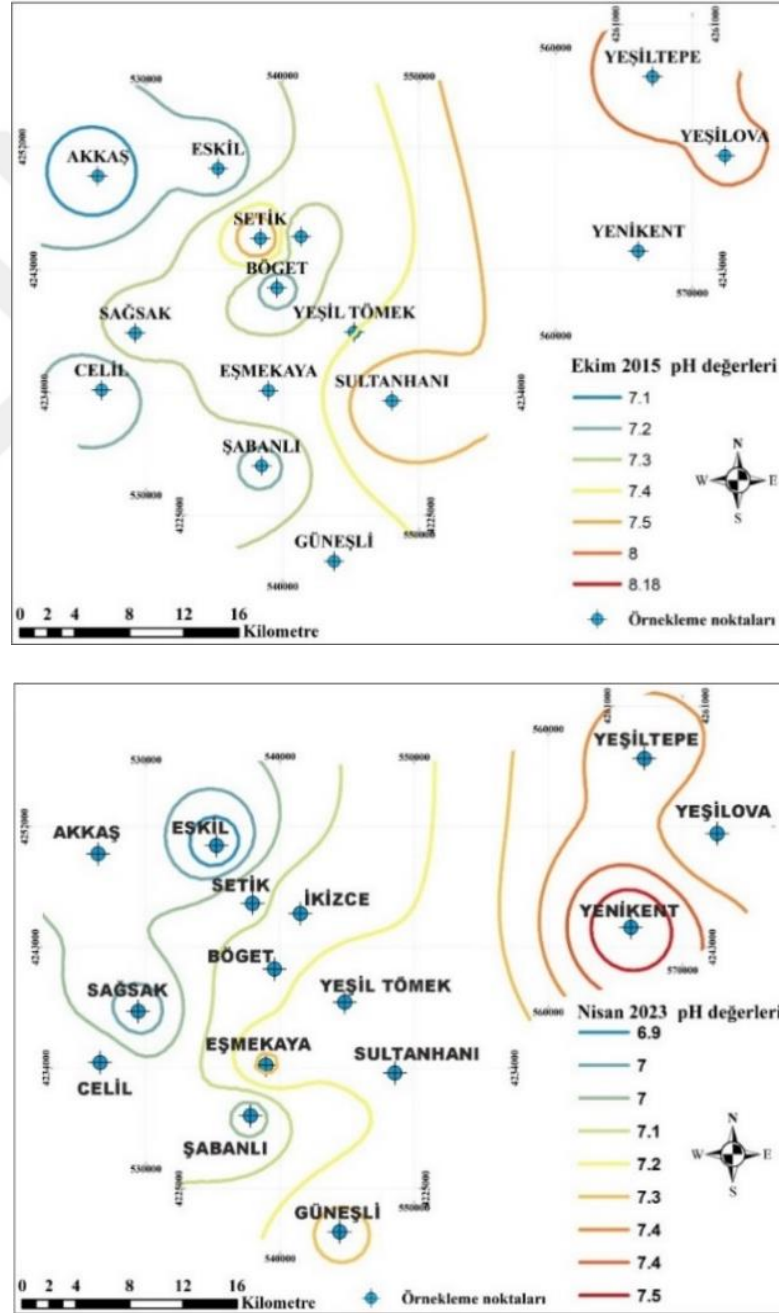
Ekim 2015 ve Nisan 2023 örnekleme dönemleri için hazırlanan elektriksel iletkenlik değerlerinin konumsal dağılım haritası incelendiğinde (Şekil 6.8) EC değerlerinin Tuz

Gölüne doğru arttığı ve haritaların benzer bir dağılım gösterdiği tespit edilmiştir. Ekim 2015 örnekleme döneminde Böğet ve Yeşiltepe civarında EC değerlerinin daha yüksek olduğu, Nisan 2023 örnekleme döneminde ise yüksek EC değerlerinin Şabanlı örnekleme noktasının bulunduğu güneye doğru genişlediği gözlenmiştir. Setik ve Şabanlı arasında kuzey – güney doğrultulu muhtemel bir fay zonu olabilir.



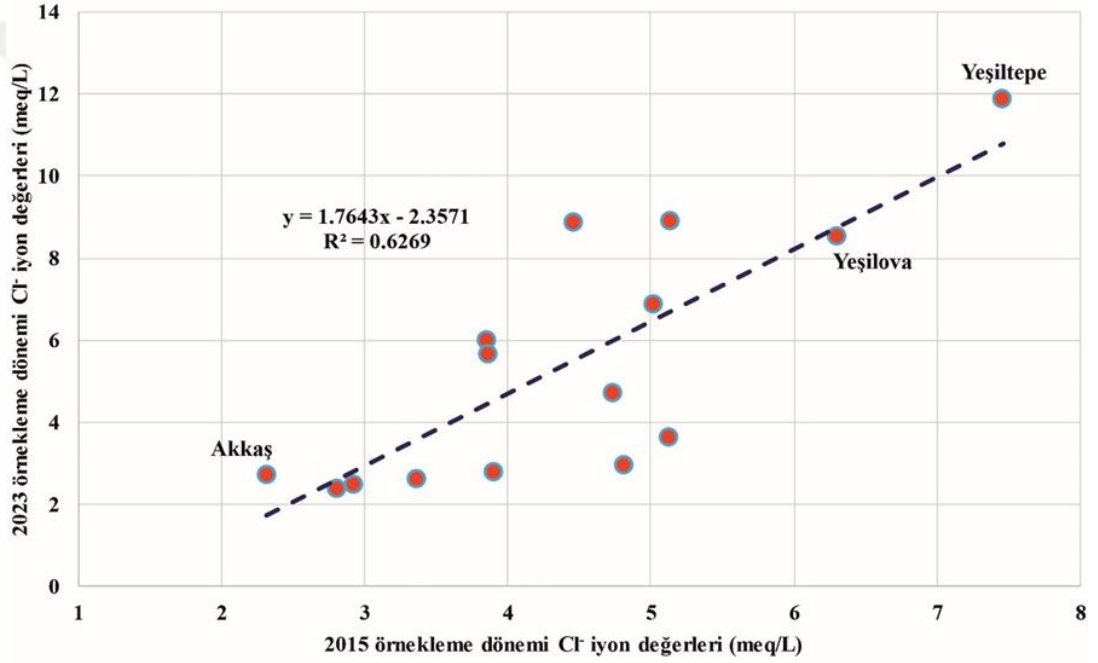
Şekil 6.8. Dönemsel EC dağılım haritaları (Ekim 2015-Nisan 2023).

Ekim 2015 ve Nisan 2023 örnekleme dönemlerindeki pH değerlerinin konumsal dağılım haritaları incelendiğinde (Şekil 6.9) her iki örnekleme döneminde pH değerlerinin inceleme alanının doğu kesimlerinde daha yüksek değerler aldığı görülmektedir. Özellikle yüksek pH değerlerine sahip örnekleme noktaları Yeşiltepe, Yeşilova ve Yenikent civarındadır. Bu örnekleme noktalarının EC ve TÇKM değerlerinin nispeten yüksek olduğu düşünüldüğünde, suların tuz içeriği yüksek başka sularla etkileşim içinde olduklarını veya Tuz Gölü'nden olumsuz olarak etkilendiklerini göstermektedir.



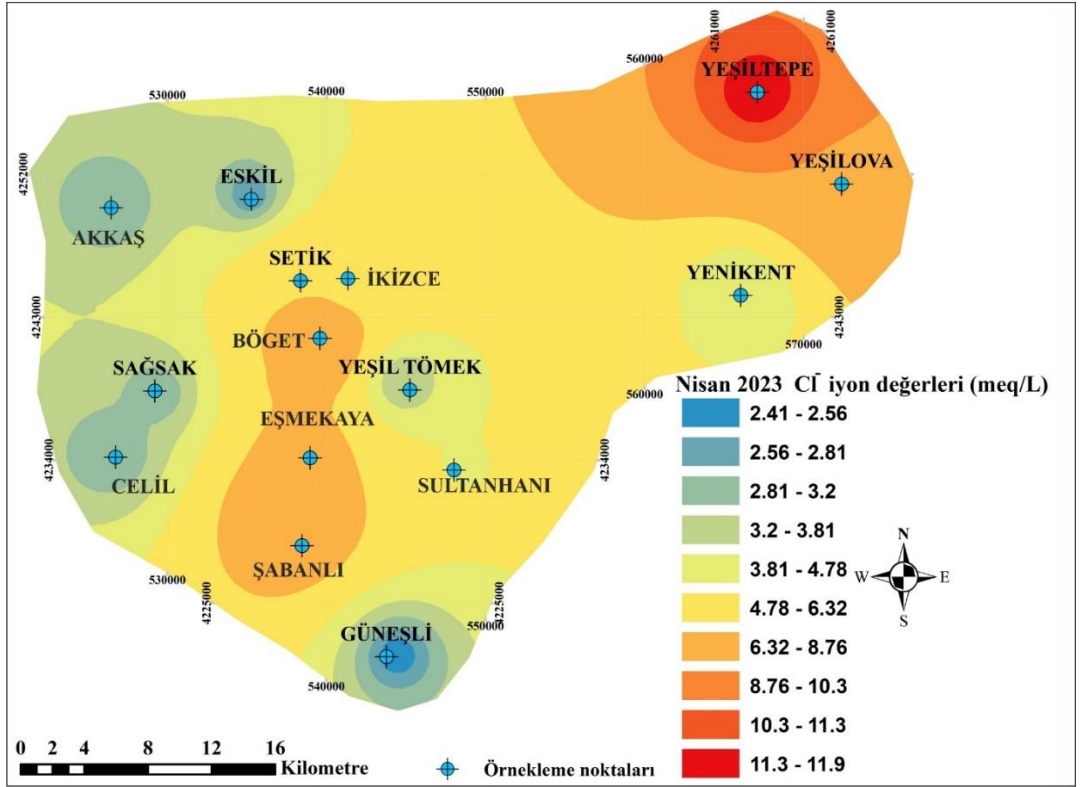
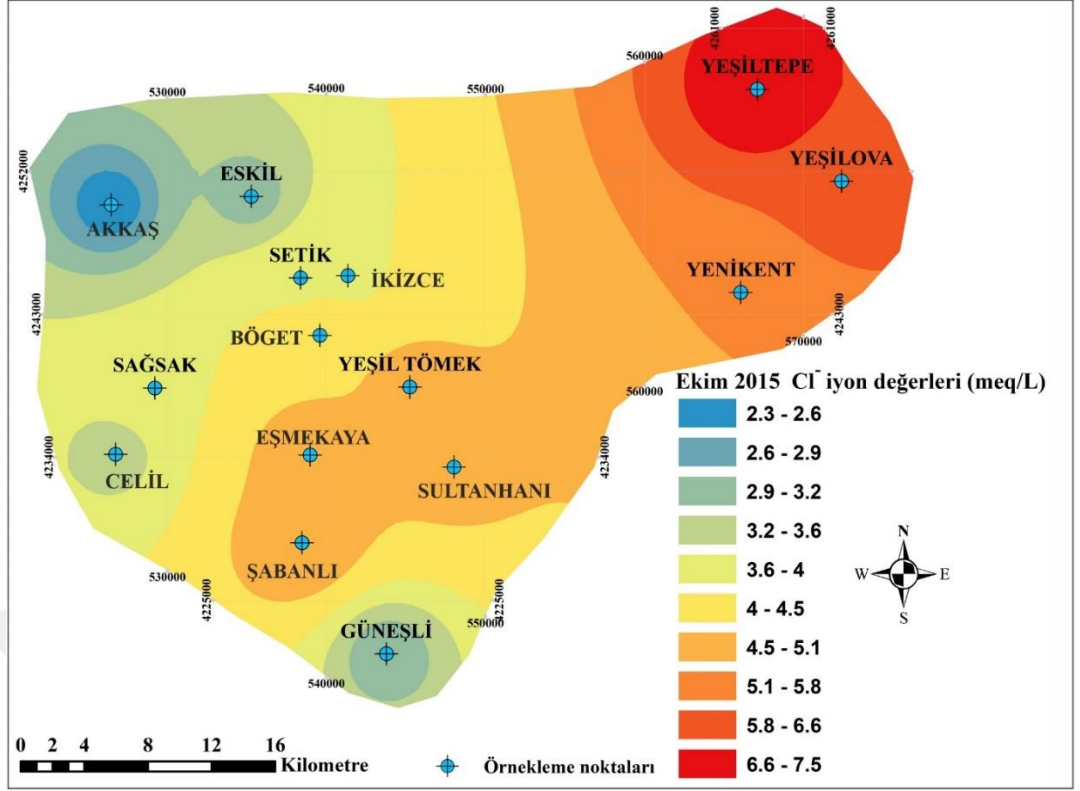
Şekil 6.9. Dönemsel pH dağılım haritaları (Ekim 2015-Nisan 2023).

Ekim 2015 ve Nisan 2023 örnekleme dönemlerine ait Cl⁻ iyonu değerlerinin karşılaştırmalı korelasyon analizi yapılmıştır (Şekil 6.10). Cl⁻ iyon değerlerinin korelasyon oranı % 62'dir. Bazı örneklerin korelasyon çizgisinden ayrılarak yukarı ve aşağı yönlerde konumlandıkları görülmektedir. Korelasyon çizgisinin altında yer alan örnekleme noktalarının Cl⁻ değerleri Nisan 2023 örnekleme döneminde düşme eğilimi göstermiştir. Bu sonuç korelasyon çizgisinin altında kalan yeraltı sularına daha taze ve Cl⁻ iyon derişimi nispeten daha düşük suların karıştığını ve sonuç olarak zaman içerisinde yeraltı sularının Cl⁻ iyon miktarında azalmaya neden olduğunu göstermektedir. Korelasyon çizgisinin üzerinde kalan yeraltı sularında ise zamanla Cl⁻ iyon derişimi artma göstermiştir.



Şekil 6.10. Cl⁻ iyonu dönemsel değişim grafiği (Ekim 2015-Nisan 2023).

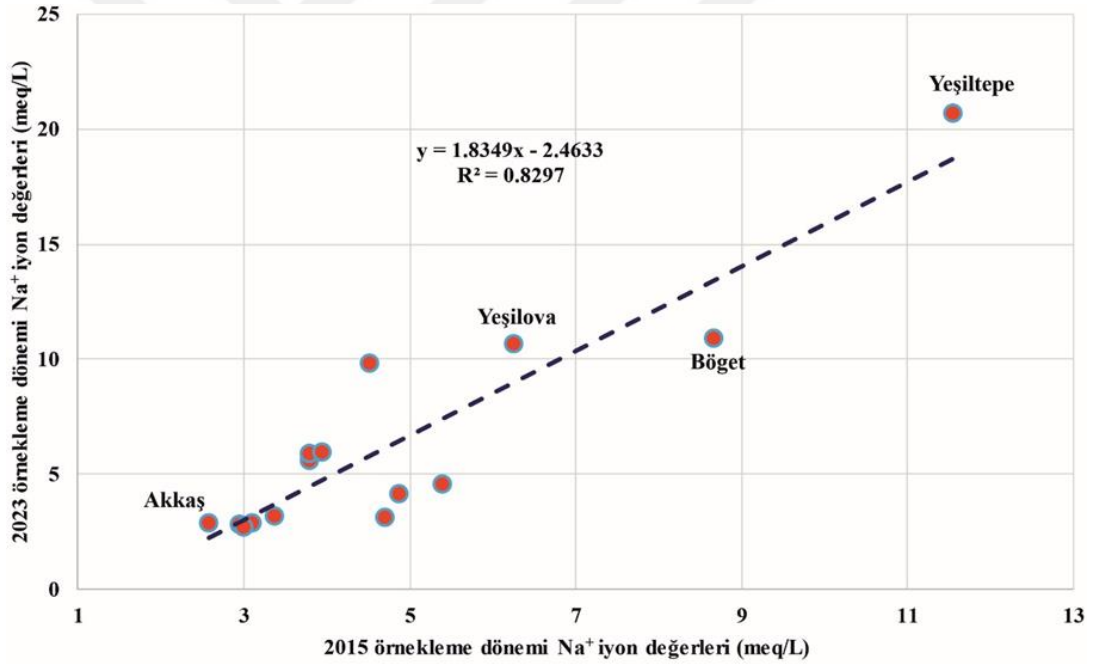
Cl⁻ iyonuna ait dönemsel konumsal dağılım haritalarında her iki örnekleme döneminde benzer bir dağılım elde edilmiştir. En yüksek klor değerleri inceleme alanının doğusu ve kuzeydoğusunda yer alan Yeşiltepe, Yeşilova ve Yenikent bölgelerinde gözlenmiştir. Batıya doğru gidildikçe Cl⁻ değerlerinde azalma eğilimi görülmektedir (Şekil 6.11). Nisan 2023 örnekleme döneminde Böget, Eşmekaya ve Şabanlı hattında kuzey – güney doğrultusunda Cl⁻ değerlerinin yüksek olduğu belirlenmiştir. Bunun nedeni bu bölgede kuzey – güney doğrultusunda gelişen bir kırık fay zonunun varlığı olabilir.



Şekil 6.11. Cl⁻ iyonu dönemsel dağılım haritaları (Ekim 2015-Nisan 2023).

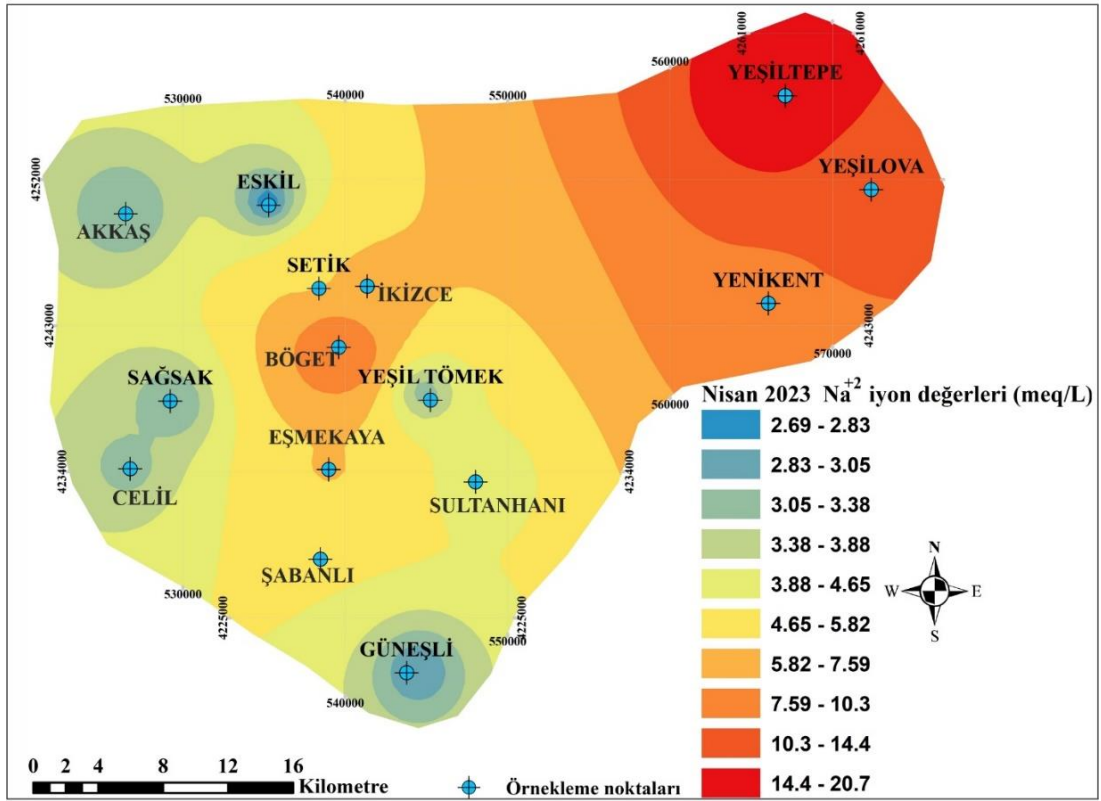
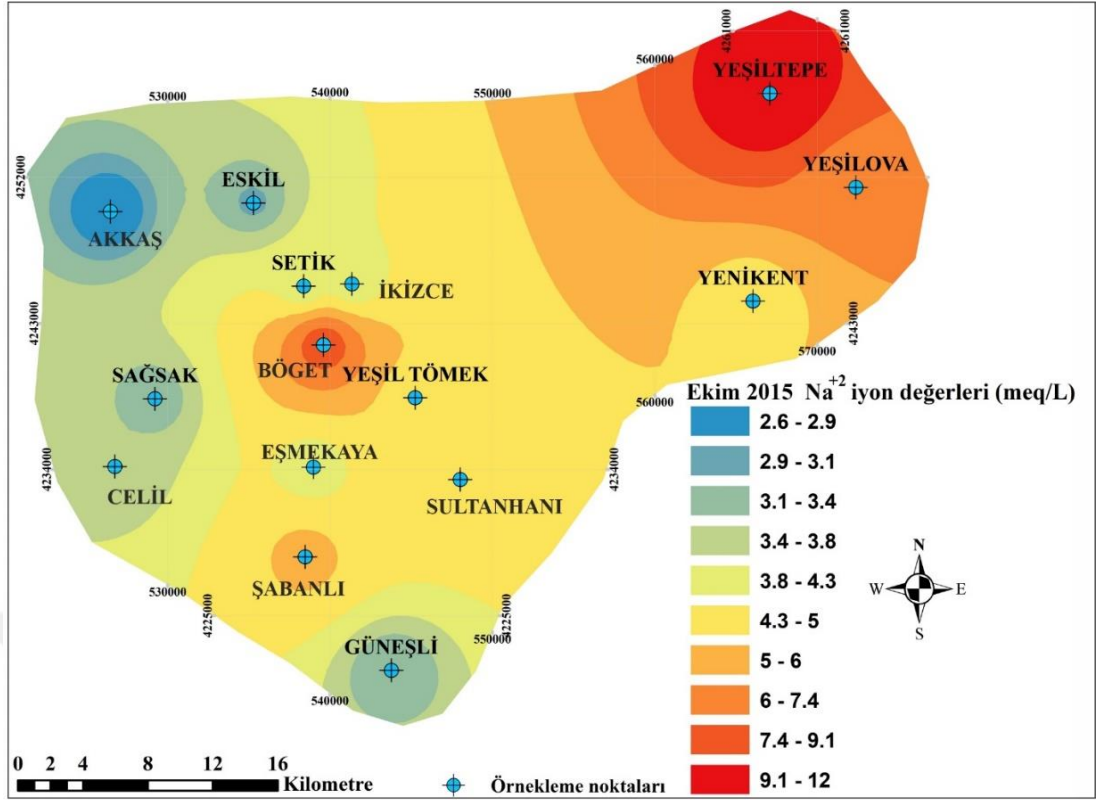
Na⁺ iyonu korelasyon analizi grafiğine göre (Şekil 6.12) Ekim 2015 ile Nisan 2023 örnekleme dönemi arasında pozitif doğrusal bir ilişkiden söz edilebilir. Korelasyon oranı % 83'dür ve Nisan 2023 örnekleme döneminde genel olarak Na iyon miktarları önemli bir artış göstermiştir. Ekim 2015 örnekleme döneminde Na⁺ dağılımı yoğunluk sıralamasına göre Yeşiltepe, Yeşilova, Böget, Yeşil Tömek, Şabanlı iken Nisan 2023 örnekleme döneminde Na⁺ dağılımı yoğunluk sıralamasına göre Yeşiltepe, Yeşilova, Yenikent, Böget, Setik, İkizce, Yeşil Tömek, Eşmekaya şeklindedir.

Bazı örneklerin korelasyon çizgisinden ayrılarak yukarı ve aşağı yönlerde konumlandıkları görülmektedir. Korelasyon çizgisinin altında yer alan örnekleme noktalarının Na değerleri Nisan 2023 örnekleme döneminde düşme eğilimi göstermiştir. Bu sonuç bu yeraltı sularında iyon değişimi meydana geldiğine işaret edebilir.



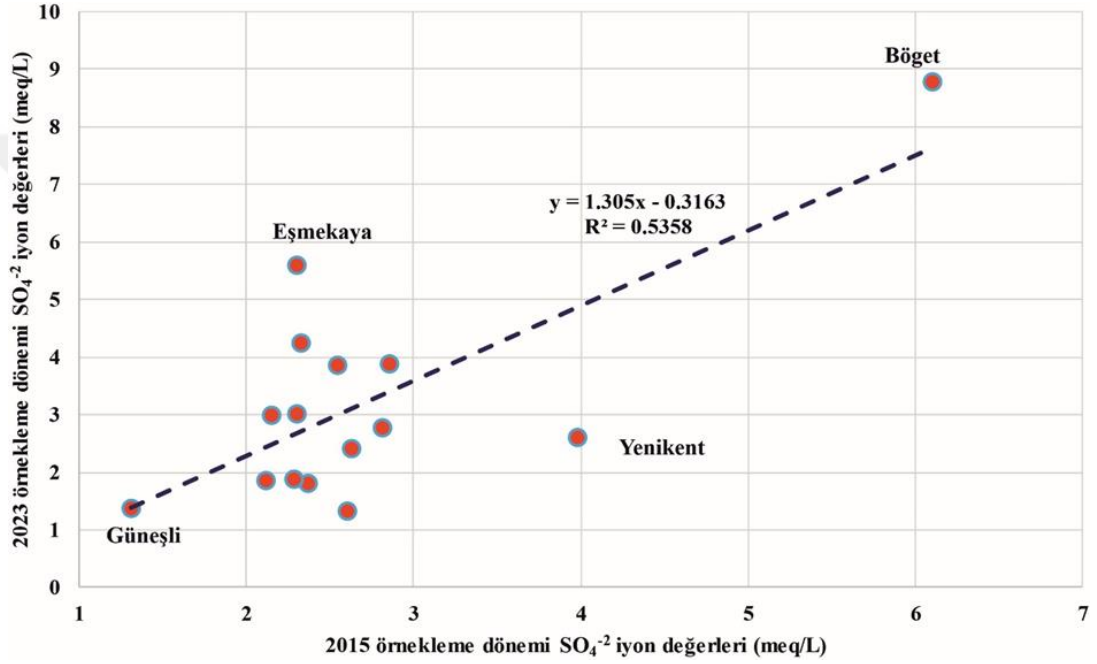
Şekil 6.12. Na⁺ iyonu dönemsel değişim grafiği (Ekim 2015-Nisan 2023).

Na⁺ iyonuna ait dönemsel konumsal dağılım haritalarında her iki örnekleme döneminde benzer bir dağılım elde edilmiştir. En yüksek Na değerleri inceleme alanının doğusu ve kuzeydoğusunda yer alan Yeşiltepe ve Yeşilova bölgelerinde gözlenmiştir. Batıya doğru gidildikçe Na değerlerinde azalma eğilimi görülmektedir (Şekil 6.13).



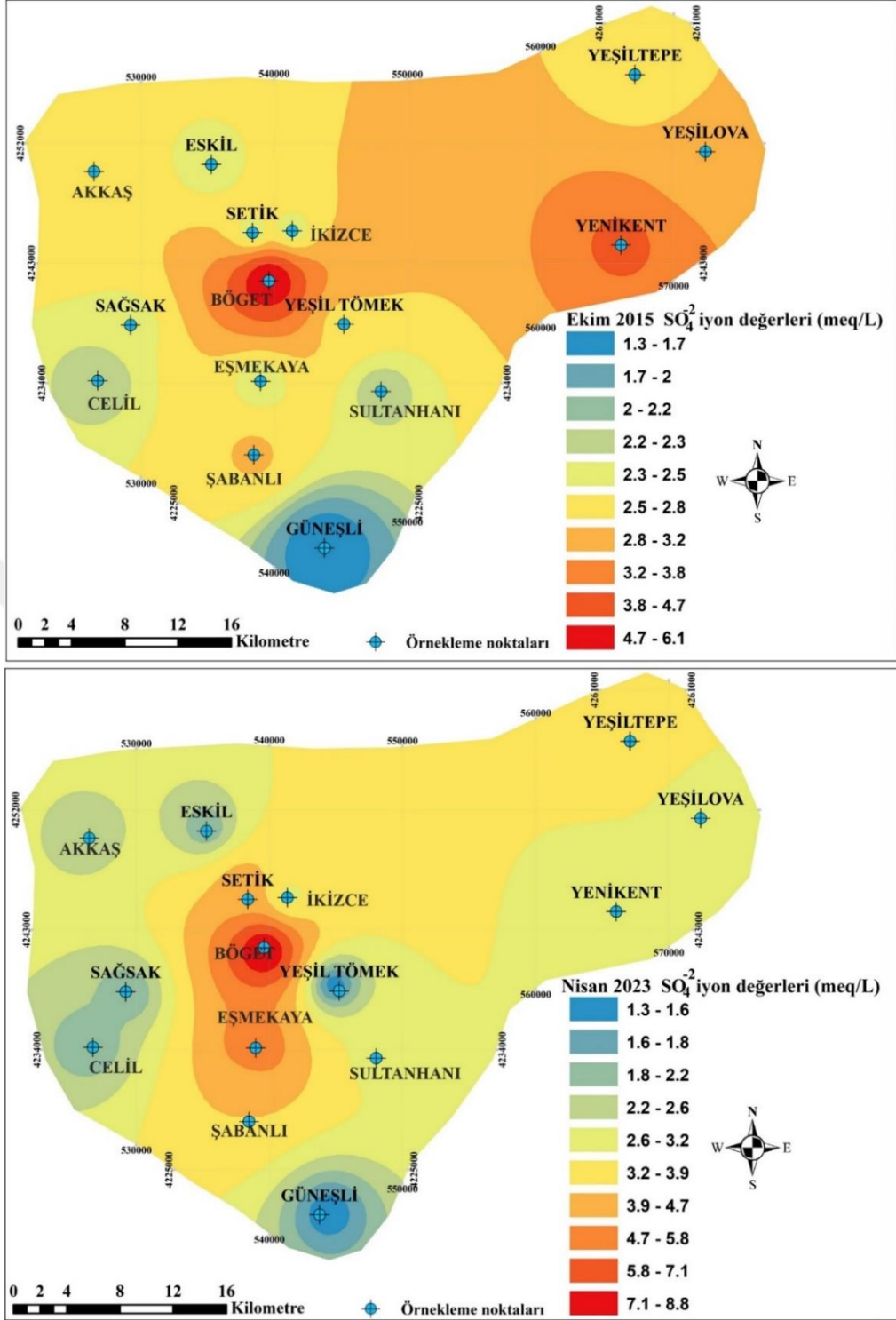
Şekil 6.13. Na^{+} iyonu dönemsel dağılım haritaları (Ekim 2015-Nisan 2023).

SO₄⁻² iyonu korelasyon analiz grafiğine göre (Şekil 6.14) Ekim 2015 ile Nisan 2023 örnekleme dönemi arasında % 53 oranında anlamlı bir ilişki vardır. Korelasyon çizgisinin altında kalan örnekleme noktalarında sülfat değerleri Nisan 2023 örnekleme döneminde düşüş eğilimi göstermektedir. SO₄⁻² iyon konsantrasyonu genel olarak Nisan 2023 örnekleme döneminde artmıştır (Şekil 6.15). En yüksek SO₄⁻² değerleri Ekim 2015 örnekleme döneminde Böget ve Yenikent örnekleme noktalarında Nisan 2023 örnekleme döneminde ise Böget ve Eşmekaya örnekleme noktalarında gözlenmiştir.



Şekil 6.14. SO₄⁻² iyonu dönemsel değişim grafiği (Ekim 2015-Nisan 2023).

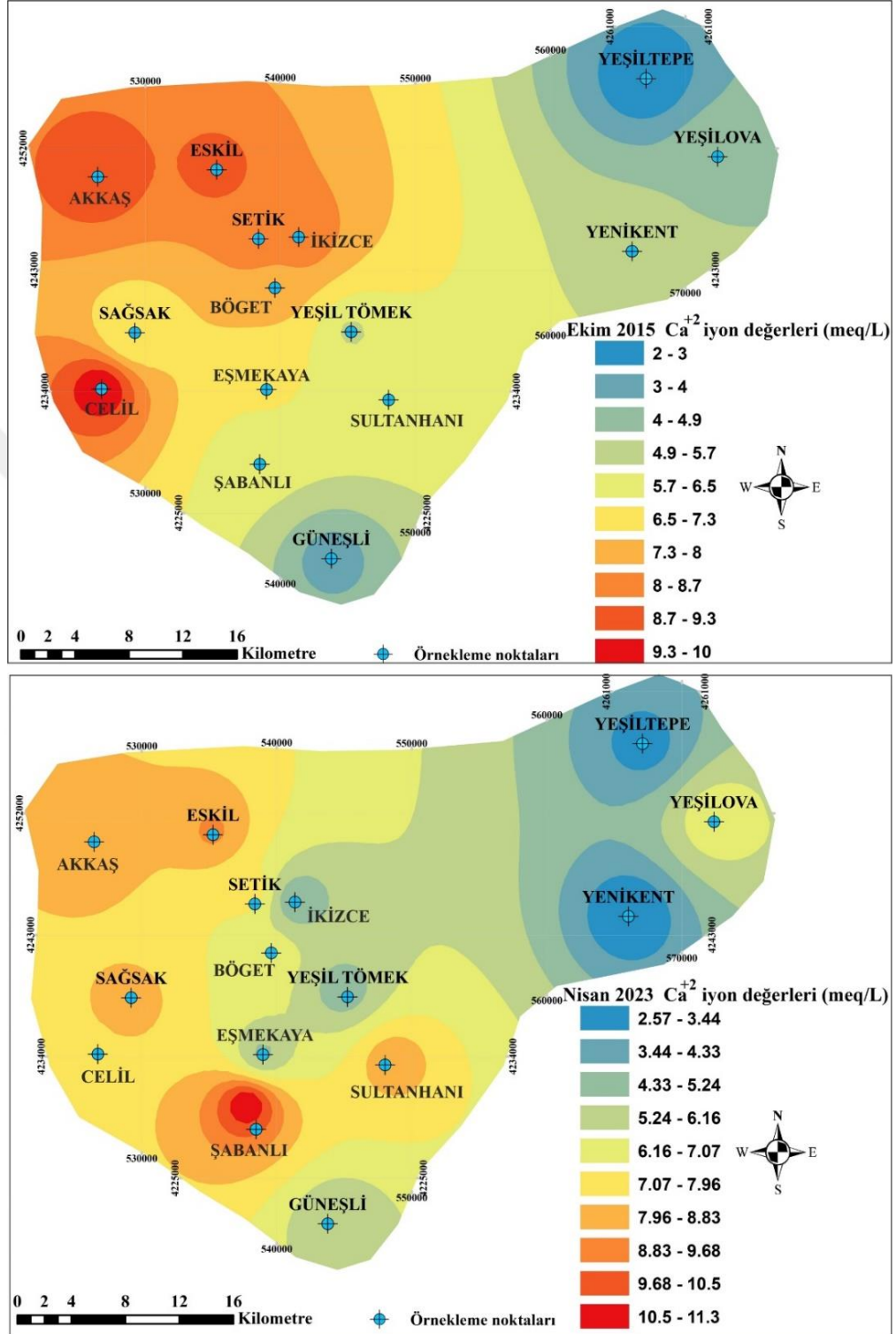
SO₄⁻² iyonu konumsal dağılım haritalarını gösteren Şekil 6.15 incelendiğinde en yüksek sülfat değerlerinin, Ekim 2015 örnekleme döneminde inceleme alanının doğusunda Yenikent bölgesinde ve merkezde Böget çevresinde yer aldığı görülmektedir. En düşük sülfat değeri ise Güneşli ve çevresinde konumlanmıştır. Nisan 2023 örnekleme döneminde ise en yüksek sülfat değerleri Böget ve Eşmekaya çevresinde dağılım göstermektedir. Zamansal olarak Yenikent örnekleme noktasında sülfat değerleri düşüş eğilimindedir. Bunun nedeni bu bölgedeki sularda sülfat indirgenmesi olmuş olabilir. Nisan 2023 örnekleme döneminde en düşük sülfat değerleri yine Güneşli ve çevresinde dağılım göstermektedir.



Şekil 6.15. SO₄²⁻ iyonu dönemsel değişim grafiği (Ekim 2015-Nisan 2023).

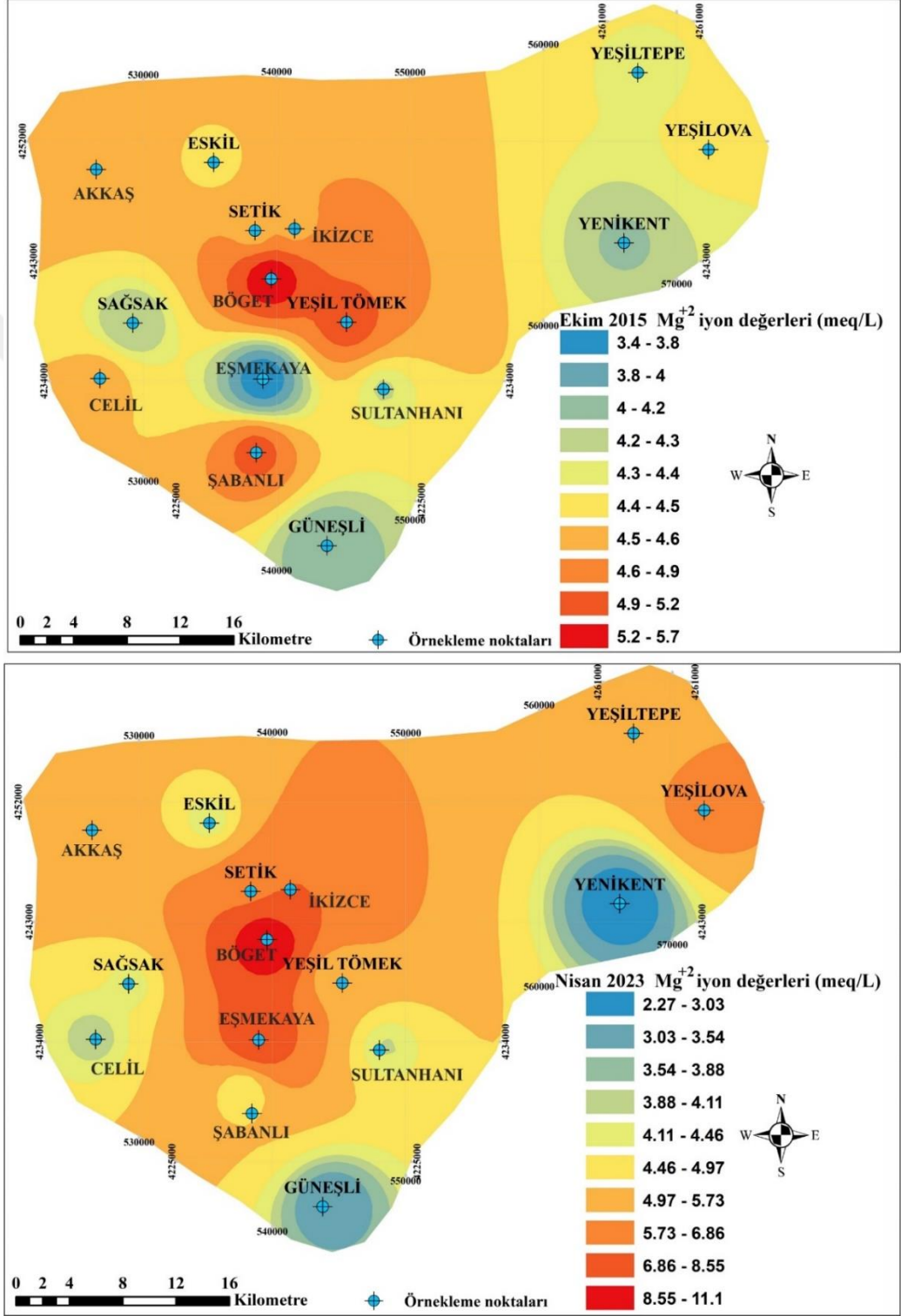
Ca⁺² iyonuna ait dağılım haritaları incelendiğinde (Şekil 6.16); Ekim 2015 örnekleme döneminden Nisan 2023 örnekleme dönemine kadar Ca⁺² iyon derişiminin arttığı görülmektedir. Ekim 2015 örnekleme döneminde Ca⁺² iyonu Celil, Akkaş, Eskil, Setik, İkizce, Böget civarında yayılım gösterirken; Nisan 2023 örnekleme döneminde

Ca^{+2} iyonu Şabanlı, Akkaş, Eskil, Sağsak, Sultanhanı civarında yayılım göstermektedir.

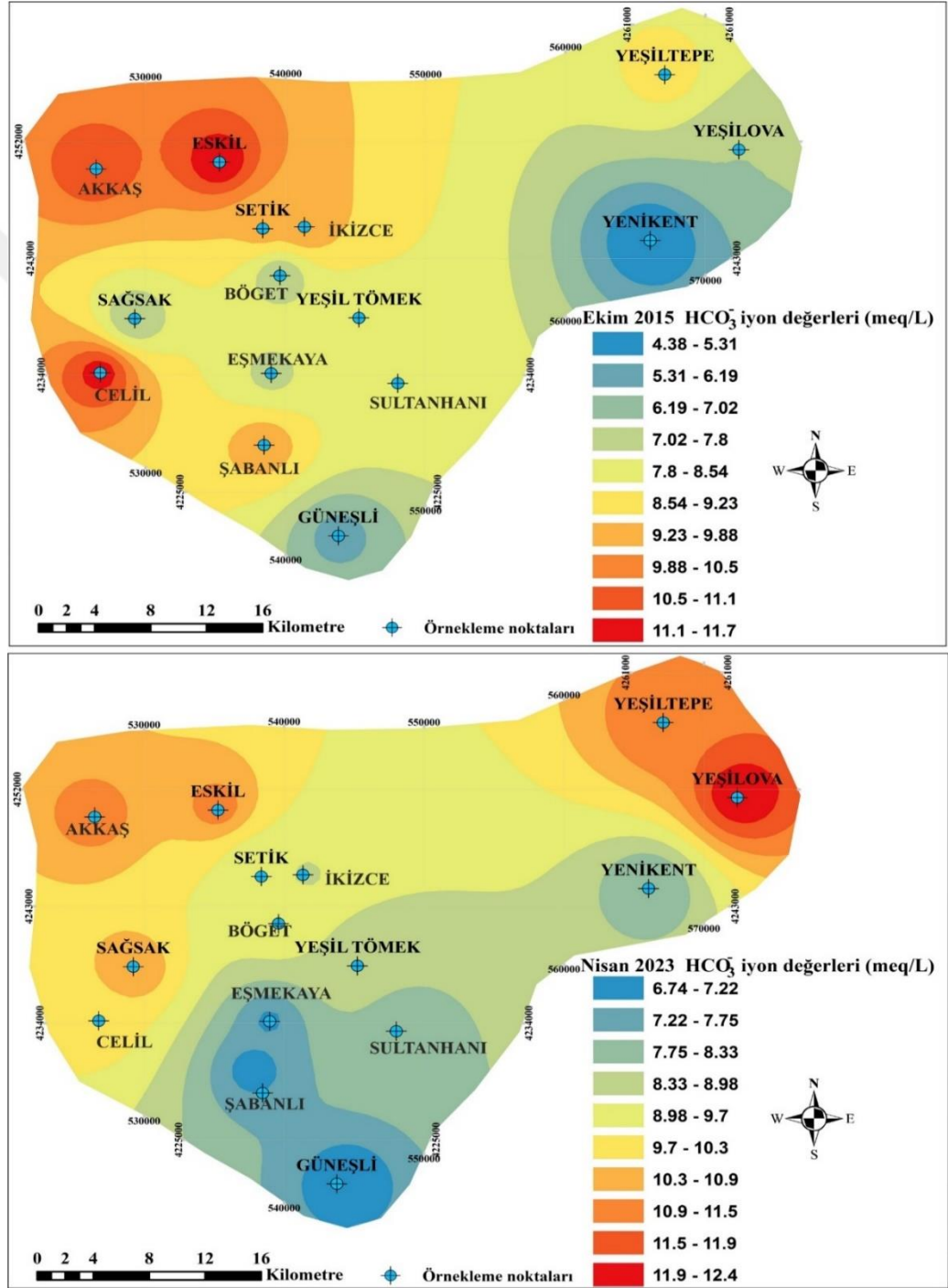


Şekil 6.16. Ca^{+2} iyonu dönemsel dağılım haritası (Ekim 2015-Nisan 2023).

Mg⁺² iyonu da Ca⁺² iyon derişiminde olduğu gibi Ekim 2015 örnekleme döneminden Nisan 2023 örnekleme dönemine kadar nispeten artmıştır (Şekil 6.17.). Her iki dönemde de benzer yayılım gösteren Mg⁺² iyonu en çok Böğe, Yeşil Töme, Şabanlı ve Eşmekaya'da dağılım göstermiştir.

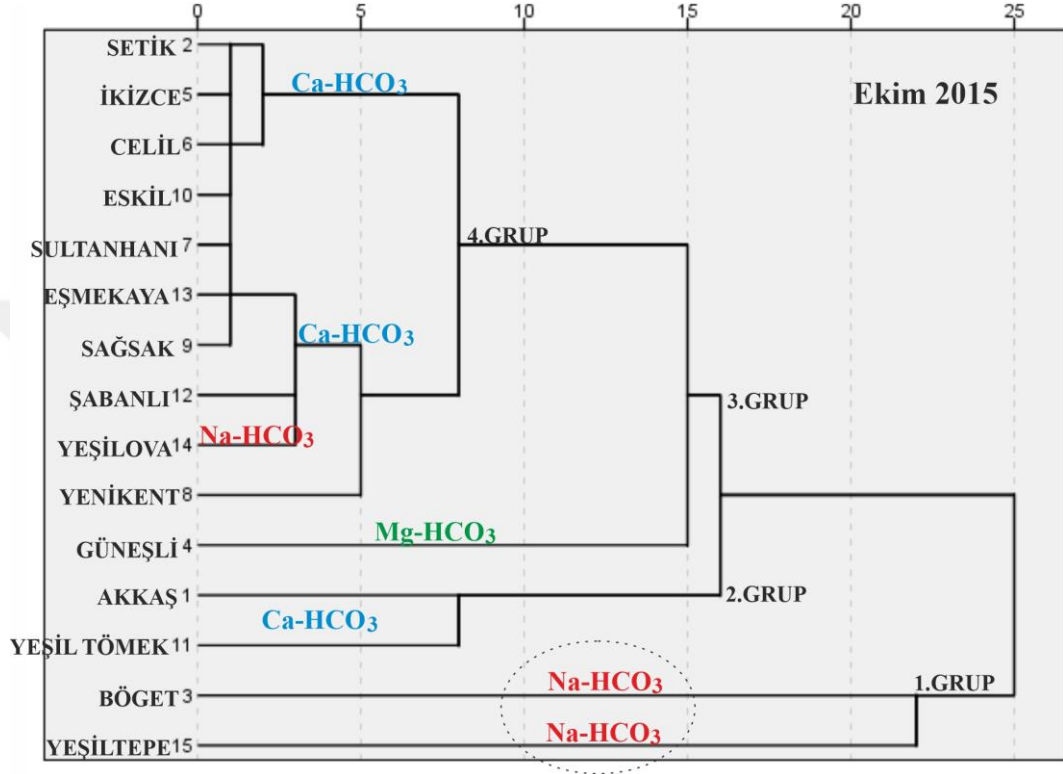


HCO₃⁻ iyon derişimi Ekim 2015 ve Nisan 2023 örnekleme dönemlerinde dağılım haritaları incelendiğinde (Şekil 6.18) iyon derişimi diğer majör iyon derişimlerinden farklı olarak zamanla çok artış göstermemiştir. Ekim 2015 örnekleme döneminde en yoğun HCO₃⁻ iyon derişimi; Celil, Eskil, Akkaş, Setik, İkizce, Şabanlıda gözlenirken, Nisan 2023 örnekleme döneminde HCO₃⁻ iyon konsantrasyonu; Yeşilova, Yeşiltepe, Akkaş, Eskil, Sağsak, Celil örnekleme noktalarında artış göstermiştir.



Şekil 6.18. HCO₃⁻ iyonu dönemsel dağılım haritası (Ekim 2015-Nisan 2023).

Çalışma kapsamında Eski Ovası civarında 15 noktadan alınan su numunelerinin majör iyon tayinlerine göre SPSS programı kullanılarak hiyerarşik kümeleme analizi yapılmıştır. Ekim 2015 dönemindeki örneklemelerin su analiz sonuçlarına göre yapılan dendrogram diyagramı incelendiğinde (Şekil 6.19) 4 grup su fasiyesi gözlemlenmektedir.

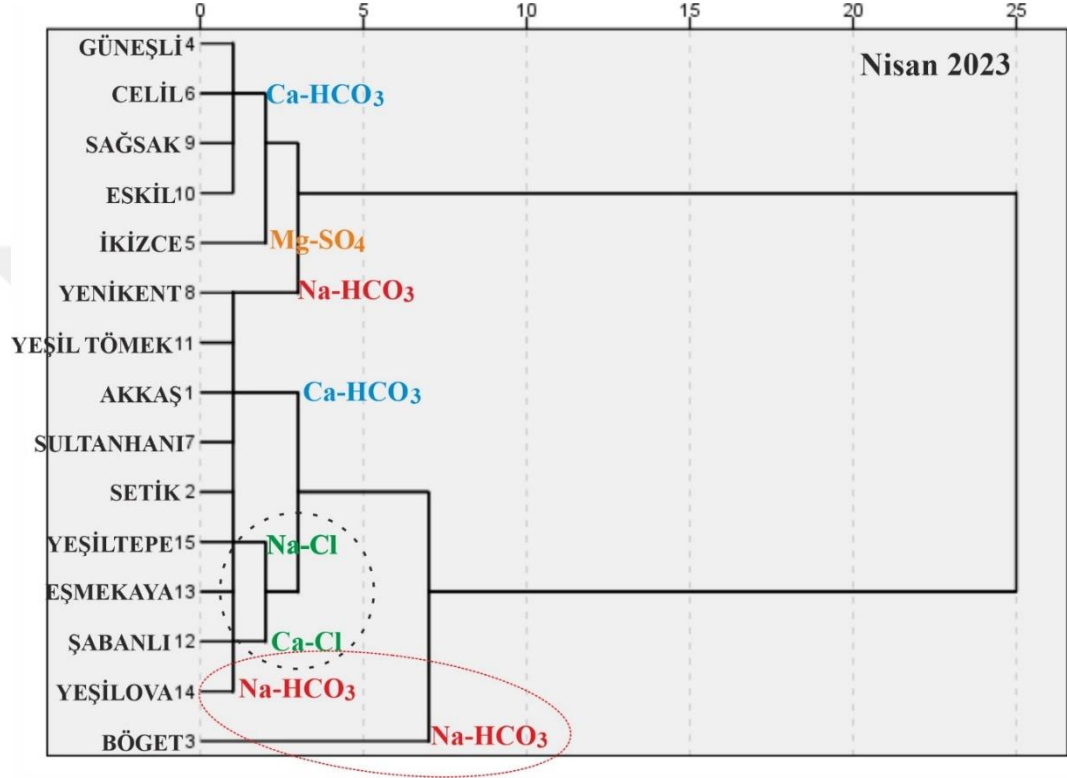


Şekil 6.19. Örneklem noktaları dendrogram diyagramı (Ekim 2015).

Böget ve Yeşiltepe Na-HCO_3 su tipinde olup 1. Grup su tipini, Akkaş ve Yeşil Tömek örneklem noktalarında, su tipi Ca-HCO_3 olup 2. Grup su tipini oluşturmaktadır. Mg-HCO_3 su tipi 3. Grup olup magnezyum ve kalsiyumca en zengin örneklem noktası Güneşli'dir. 4. Grup su tipi ise kendi içerisinde; baskın iyon olarak Ca^{+2} ve Na^+ olan örneklem noktaları ve baskın iyon HCO_3^- ve Na-Ca olan örneklem noktaları olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Eşmekaya, Sağsak, Yeşilova ve Yenikent içerisinde Yeşilova Na^+ bakımından zengin olması sebebiyle diğerlerinden ayrılır. Setik, İkizce, Celil, Eski, Sultanhanı, Eşmekaya, Sağsak Ca-HCO_3 bakımından zengin olup; Setik, İkizce, Celil örneklem noktaları nispeten daha çok Ca-HCO_3 içerir denilebilir.

Nisan 2023 örneklem dönemindeki su analiz sonuçlarının dendrogram diyagramı incelendiğinde ise (Şekil 6.20) yine Ekim 2015 dönemine benzer şekilde 4 grup su tipi

görülmektedir. 1. Grubun içerisinde Na-HCO_3 'ca zengin olan Yeşilova ve Böget yer almaktadır. Bögetin bu iyonlarla derişimi Yeşilova ve Yenikent'ten daha yüksek olduğu söylenebilir. 2. Grup su tipi Na-Cl olup Şabanlı, Eşmekaya ve Yeşiltepe örnekleme noktaları bu grupta yer almaktadır. Setik, Sultanhanı, Akkaş, Yeşil Tömek, Güneşli, Celil, Sağsak örnekleme noktaları ise Ca-HCO_3 su tipindedir. İkizce örnekleme noktası Mg-SO_4 'ce zengin su tipi grubunda yer almaktadır.



Şekil 6.20. Örnekleme noktaları dendrogram diyagramı (Nisan 2023).

Her iki dönemdeki dendrogram diyagramına göre örnekleme noktalarının farklı gruplarda kümelenmesinin nedeni; suların hidrolik akım yolu boyunca bünyesine aldığı iyonlarda gerçekleşen değişim, aşırı su çekimine bağlı olarak yeraltı sularında tuzlanma, su-kayaç etkileşiminden kaynaklanan iyon takası gibi nedenler etken olabilir.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışma alanını da içerisine alan Tuz Gölü Havzasının temelinde Orta Anadolu Kristalen Kompleksi olarak tanımlanan kaya topluluğu bulunmaktadır. OAKK kendi içerisinde de Paleozoik, Mesozoik yaşlı ofiyolitik karmaşıklar ve magmatik birimler barındırır. Tuz Gölü Havzası'nın tabanında çökeltim Üst Maestrihtiyen döneminden başlayarak Orta Eosen dönemine kadar denizel birikimlerle devam eder. Üst Eosen - Oligosen zaman aralığında ise kalın tabakalı evaporit çökelleri baskın hale gelir. Bu zamandan şimdiye kadar da karasal ve gölsel çökeller oluşmaya devam etmektedir.

İnceleme alanında akifer kaya konumunda bulunan jeolojik kayalar, Paleozoyik yaşlı temelde yer alan mermerler ve İnsuyu formasyonudur. Birincil gözenekliliği olmayan bu birimler geçirdikleri alterasyonlara ve tektonik faaliyetlere bağlı olarak ikincil gözeneklilik özelliği kazanmışlar ve bol kırık ve çatlaklı hale gelmiştir.

İnceleme alanında yeraltı sularının fiziksel ve kimyasal içerikleri sırasıyla pH 6,8 – 8,18, elektriksel iletkenlik (EC) 717,92 – 1831 $\mu\text{S}/\text{cm}$, toplam çözünmüş katı madde (TÇKM) 604 – 1553,8 mg/ değerleri arasındadır. Böget, Şabanlı, Yeşilova ve Yeşiltepe gibi bazı kuyuların Na ve Cl iyon derişimlerinin artması bu kuyuların elektriksel iletkenlik değerlerinin de artmasına neden olmuştur.

Yeraltı suları Na-Cl, Na-HCO₃, Ca-HCO₃, Mg-HCO₃ ve Ca-Cl tipli fasiyes özelliği içerirler. Tuz Gölü'ne yakın örnekleme noktalarında Na-Cl fasiyes tipinde zenginleşirken, uzaklaşıldıkça suların fasiyes özellikleri sırasıyla Na-HCO₃, Ca-HCO₃ şeklinde değişim gösterir. Na-Cl ve Ca-HCO₃ tip fasiyes özelliği gösteren suların farklı oranlarda karışmaları sonucu bölgede karışım türünden su fasiyesleri gelişmiştir.

İyon bolluk dizilimleri her iki dönemde de aynı kalan iki grup örnekleme noktası vardır. Bunlardan baskın fasiyes Ca-HCO₃ olan Akkaş, Setik, Celil, Sultanhanı, Sağsak ve Eski örneklem noktaları için sıralama; Ca⁺²>Mg⁺²>Na⁺+K⁺ ; HCO₃⁻>SO₄⁻²>Cl⁻ iken baskın fasiyes Na-HCO₃ olan Böget ve Yeşilova örneklem noktaları için iyon derişim dizilimleri; Na⁺+K⁺>Ca⁺²>Mg⁺²;HCO₃⁻>SO₄⁻²>Cl⁻ şeklindedir.

Akkaş, Setik, Güneşli, İkizce, Celil, Sultanhanı, Yenikent, Sağsak, Eski, Yeşil Tömek ve Eşmekaya yeraltı suyu örnekleri karbonat alkalinitesi karbonat olmayan alkaliniteden fazla karbonat sertliği yüksek Ca- HCO₃ tipli sulardır.

(Eskil, Celil, Güneşli, Sağsak, İkizce, Akkaş, Setik), (Böget), (Sultanhanı, Yenikent, Yeşil Tömek, Şabanlı, Eşmekaya, Yeşiltepe) yeraltı sularının kendi aralarında birbirine benzer iyon dizilimine sahip olmaları, bu suların aynı veya benzer kökenli akiferlerden geldiklerini göstermektedir.

ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramına göre Yeşiltepe C4S3, Yenikent C3S2 ve kalan noktalar ise C3S1 alanına yerleşmiştir. Yeraltı sularının çoğunluğu fazla tuzlu, az sodyumlu su özelliğindedir. Yeşiltepe çok fazla tuzlu yüksek sodyumlu su, Yenikent ise çok fazla tuzlu orta derecede sodyumlu su özelliğine sahiptir.

Wilcox diyagramında ise Yenikent “şüpheli kullanılabilir”, Yeşiltepe, Böget ve Yeşilova yeraltı suları ise “şüpheli kullanılamaz”, diğer yeraltı suları ise “iyi kullanılabilir” olarak sınıflandırılmıştır.

İnceleme alanında en yüksek klor ve sodyum değerleri inceleme alanının doğusu ve kuzeydoğusunda yer alan Yeşiltepe, Yeşilova ve Yenikent bölgelerinde gözlenmiştir. Batıya doğru gidildikçe klor ve sodyum değerlerinde azalma eğilimi görülmektedir.

Çalışma kapsamında yapılan istatistiksel değerlendirmelerde örnekleme noktalarındaki su kimyası analiz sonuçlarına göre Nisan 2023 örnekleme döneminde ölçülen fiziksel parametrelerden EC, TÇKM ve majör iyonların tamamı artma eğilimi göstermiştir. EC, Na⁺, Cl⁻ parametreleri Böget, Şabanlı, Yeşilova ve Yeşiltepe örnekleme noktalarında Ekim 2015'ten Nisan 2023'e dikkat çeken bir değişim göstermiştir. Bunun sebebi örnekleme noktalarından Böget ve Şabanlı hattında varlığından şüphelenilen K-G doğrultulu kırık bir fay zonu ve Yeşiltepe ve Yeşilova'nın ise Tuz gölüne en yakın örnekleme noktaları olması dolayısıyla negatif olarak en çok etkilenmesi gösterilebilir. En yüksek Na⁺ değerleri inceleme alanının doğusu ve kuzeydoğusunda yer alan Yeşiltepe ve Yeşilova bölgelerinde gözlenmiştir. Batıya doğru gidildikçe Na⁺ değerlerinde azalma eğilimi görülmektedir. SPSS programı kullanılarak hiyerarşik kümeleme analizi sonuçlarında her iki dönemde de 4 grup su fasiyesi gözlemlenmektedir. Dönemler arası farklı su fasiyelerinin oluşmasında; suların hidrolik akım yolu boyunca bünyesine aldığı iyonlarda gerçekleşen değişim, aşırı su çekimine bağlı olarak yeraltı sularında tuzlanma, su-kayaç etkileşiminden kaynaklanan iyon takası gibi nedenler gösterilir.

KAYNAKLAR

- 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, 1-119.
- Agalede, H., 1954. Tuz Gölü'nün batı ve güneybatı kenarlarının jeolojik etüdü, MTA Genel Müdürlüğü, Rapor No:2371.
- Akarsu, İ., 1971. II. Bölge AR/TPAO/7477 No'lu sahanın terk raporu, Petrol İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Akıl, B., 2008. İnönü-Eskişehir Fay Sistemi'nin Günyüzü (Eskişehir)-Yeniceoba (Konya-Türkiye) arasındaki bölümünün yapısal evrimi, Doktora tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara.
- Akıman, O., Erler, A., Göncüoğlu, M.C., Güleç, N., Geven, A., Türeli, K. ve Kadıoğlu, Y.K., 1993. Geochemical characteristics of granitoids along the western margin of the Central Anatolian Crystalline Complex and their tectonic implications. *Geological Journal*, 28, 371-382.
- Akkaya, E., Demir, A., ve Varank, G., 2011. Investigation of Threatened Leachate Reusing, *Journal of Engineering and Natural Sciences*, 149–155.
- APHA-AWWA-WEF, 2005. Standard methods of examination of water and wastewater, 21st edition, American Public Health Association, Washington DC, USA.
- Aslan, F., 1977. Niğde ili Aksaray ilçesi ile Nevşehir ili Ürgüp ilçesinde yapılan kazı çalışmaları ve omurgalı fosil yatakları hakkında ön rapor, MTA Jeoloji Etütleri Dairesi Derleme Rapor No:106, Ankara.
- Atabey, E., 1989. 1:100000 ölçekli açın-sama nitelikli Türkiye jeoloji haritaları serisi, Aksaray-H17 paftası, MTA, Ankara.
- Atabey, E., Tarhan, N., Akarsu, B. ve Taşkiran, A., 1987. Şereflikoçhisar, Panlı (Ankara) Acıpınar (Niğde) Yöresinin Jeolojisi, MTA Raporu, Derleme no; 8155, Ankara.
- Aydın, N. S., Göncüoğlu, M. C. ve Erler, A., 1998. Latest Cretaceous magmatism in the Central Anatolian Crystalline Complex: Review of field, petrographic and geochemical features, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 7, 259–268.
- Aygün, M., Ayok, F., Çelenk, S., Çelik, E., Erkan, C., Kayakıran S., Uygun, A., Yaşar, M. ve Zorlu, D., 1979. Tuz Gölü havzası etüt ve aramaları fizibilite araştırması 1978 yılı çalışmaları ara raporu, MTA Genel Müdürlüğü, Rapor No:6467 Ankara.
- Ayhan, A. ve Papak, İ., 1988. Aksaray – Taşpınar – Altınhisar – Çiftlik – Delihebil (Niğde) civarının jeolojisi, MTA Rap. No:8315, Ankara.

- Beekman, P. H., 1966. Hasandağ-Melendizdağı bölgesinde Pliyosen ve Kuvaterner volkanizma faaliyetleri, MTA Der., 66.
- Beker, K., 2002. İnsuyu Kireçtaşları (Karapınar/Konya) Ostrakod topluluğunun Biyostratigrafik ve Kronostratigrafik incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara,.
- Bilgin, Z., R., Metin, Y., Çörekçiöglu, E., Bilgi., T., ve Şan, Ö., 1997. Bozburun-Marmaris-Köyceyiz-Dalaman (Muğla) dolayının jeolojisi, MTA Rapor No:10008, Ankara.
- Büyük, M., Tanıl, A., Şentürk, N., Güölüer, S., 1979. Tuz Gölü projesi hidroloji etütleri 1978 yılı çalışmaları ara raporu, MTA Genel Müdürlüğü, Derleme Rapor No: 6470, Ankara.
- Çemen, İ., Göncüöglu, M.C. ve Dirik, K., 1999. Structural evolution of the Tuzgölü Basin in Central Anatolia, Turkey, Journal of Geology,107, 693-706.
- Çemen, İ., ve Dirik, K., 1992. Tuzgölü havzasının kuzeydoğu kısmının stratigrafisi, yapısal jeolojisi ve jeoloji tarihi, TPAO Rapor No. 3115.
- Dellaloğlu, A. ve Aksu, R., 1984. Kulu-Şereflikoçhisar-Aksaray dolayının jeolojisi ve petrol olanakları, TPAO Rapor No: 2020.
- Dellaloğlu, A., 1997. Ankara ili-Tuzgölü arasındaki Neotetis'in kuzey kolunun evrimi (Haymana-Tuzgölü Basenlerinin stratigrafileri ve jeoteknik evrimleri), Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana..
- Derman, A. S., 2003. Tuzgölü baseni evaporit problemi ve yeni veriler, Turkish Association of Petroleum Geologists Special Publication, 5, 99-112.
- Derman, A. S., Rojay, B., Güney, H. ve Yıldız, M., 2003. Koçhisar-Aksaray Fay Zonu'nun evrimi hakkında yeni veriler, Haymana-Tuzgölü-Ulukışla basenlerinin uygulamalı çalışması, Aksaray, Bildiri Özleri Kitabı, 1.
- Dirik K. ve Erol O., 2000. Tuzgölü ve civarının tektonomorfolojik evrimi Orta Anadolu-Türkiye, Haymana-Tuzgölü-Ulukışla basenleri uygulamalı çalışma, Türkiye Petrol Jeologları Derneği Özel Sayı 5, Ankara.
- Dirik, K. ve Erol, O., 2003. Tectonomorphologic evolution of Tuzgölü and surrounding area, central Anatolia-Turkey. Turkish Association of Petroleum Geologists Special Publication, 5, 27-46.
- Dirik, K. ve Göncüöglu M.C., 1996. Neotectonic characteristics of Central Anatolia, İnt. Geology Review, 38, 807-817.
- Doğan L., 1981. Hidrojeolojide Su Kimyası, DSİ, Yayın No:906, Özel No:93.
- Dönmez, M., Akçay, A. E., Kara, H., Türkecan A., Yergök A. F., Esenyurt, K., 2005. 1/100000 ölçekli açınısama nitelikli Türkiye jeoloji haritaları serisi Aksaray – L32 paftası, MTA, Ankara.

- Dönmez, M., ve Akçay, A., 2005. 1:100000 ölçekli Türkiye jeoloji haritaları No:50 Aksaray – L-30 Paftası, MTA Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara.
- Dursun, Y.G., 2022. Sultanhanı (Aksaray) ovası ve çevresinin hidrojeolojik hidrokimyasal ve izotopik özelliklerinin incelenmesi, Doktora Tezi, Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Aksaray.
- Ercan, T., Türkecan, A. ve Güney, E., 1983. Bodrum yarımadasının jeolojisi ve magmatik kayaların petrolojisi, MTA Rapor No:7352, Ankara.
- Erlor, A., Akıman, O., Unan, C., Dalkılıç, B., Geven, A. ve Önen, P., 1991. Kaman (Kırşehir) ve Yozgat yörelerinde Kırşehir masifi magmatik kayalarının petrolojisi ve jeokimyası, Doğa, 15, 76-100.
- Erol, O., 1969. Tuzgölü Havzasının jeoloji ve jeomorfolojisi genç tektonik hareketler, pluvial göl sekileri ve potas-tuz teşekkül şartları yönünden bir araştırma, MTA Genel Müdürlüğü, Rapor No:4220 .
- Gawlık, J., 1956. Tuz gölü kenarında Şereflikoçhisar havalisinde yapılan hidrojeolojik etüt hakkında rapor, MTA Genel Müdürlüğü, Derleme Rapor No:2472, Ankara.
- Gibbs, R.J., 1970. Mechanisms controlling world water chemistry, Science, 170, 1088-1090.
- Gökmenoğlu, O., Ünal, H., 2014. Tuz gölü hidrojeolojisi ve kirliliğe karşı alınabilecek önlemler projesi etüt raporu, MTA Genel Müdürlüğü, Rapor No:11717, Ankara.
- Göncüoğlu, M. C., 1977. Geologic des Westhichen Niğde massivs, Doktora Tezi, Bonn Üniviversitesi, Bonn, Almanya.
- Göncüoğlu, M. C., 2011. Kütahya-Bolkardağı kuşağının jeolojisi, MTA Dergisi, 142, 227-282.
- Göncüoğlu, M. C., Dirik, K., Erlor, A., Yalınız, K., Özgül, L. ve Çemen, Ş., 1996. Tuzgölü havzası batı kısmının temel jeolojik sorunları, TPAO Rapor No: 3753.
- Göncüoğlu, M. C., Erlor, A., Dirik, K. ve Yalınız, K., 1994. Sivas Baseninin batısındaki temel jeolojisi ve basen birimleri ile ilişkisi, TPAO Rapor No: 3535.
- Göncüoğlu, M. C., Erlor, A., Toprak, V., Yalınız, K., Olgun, E. ve Rojay, B., 1992. Orta Anadolu Masifi'nin batı bölümünün jeolojisi, Bölüm 2: Orta Kesim. TPAO Rapor No: 3535.
- Göncüoğlu, M.C., Erlor, A., Toprak, V., Olgun, E., Yalınız, K., Kuşçu, Ş., Köksal, S. ve Dirik, K., 1993. Orta Anadolu masifinin orta bölümünün jeolojisi, bölüm 3: orta Kızılırmak tersiyer baseninin jeolojik evrimi, TPAO Rapor No: 3313.
- Göncüoğlu, M.C., Toprak, G.M.V., Kuşçu, Ş., Erlor, A. and Olgun, E., 1991. Geology of the western part of the Central Anatolian Massif, Part 1: Southern part, Ankara, Turkey. METU-TPAO Proje Raporu.

- Görür, N., Oktay, F.Y., Seymen, Ş. ve Şengör, A.M.C., 1984. Paleotectonic evolution of the Tuzgölü basin complex, Central Turkey Sedimentary Record of a Neo-Tethyan closure, The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean. Geology Society Special Publication, 17, In J.E. Dixon and A.H.F. Robertson (eds.) Oxford, 467-482.
- Güler, C., Thyne, G. D., McCray, J. E., ve Turner, A. K., 2002. Evaluation of graphical and multivariate statistical methods for.
- Gürbüz, A., 2012. Tuz Gölü Havzası'nın Pliyo-Kuvaterner'deki Tektono-Sedimanter Evrimi, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Hakyemez, Y., Elibol, E., Umut, M., Bakırhan, B., İ., Dağıstan, H., Metin, T. ve Erdoğan, N., 1992, Konya-Çumra-Akören dolayının jeolojisi, MTA Rap. No:9949, Ankara.
- Hem, J. D., 1985. Study and interperation of the chemical characteristics of natural water, USGS Water Supply Paper 2254., U. S. Gov. Print Office, 263p.
- Hüseyinca, M., Y., Tuz gölü ve yakın çevresindeki çökellerin mineralojik ve jeokimyasal özellikleri, Selçuk Üniversitesi, Doktora Tezi, 2015.
- İça, M., Yücel, Z., Büyük, M., Öktü, G., Tanıl, A., 1978. Tuz gölü projesi hidrojeoloji etüdü ara raporu, MTA Genel Müdürlüğü, Rapor No:6625, Ankara.
- Kara, H. ve Dönmez, M., 1990, 1/100000 ölçekli açın-sama nitelikli Türkiye jeoloji haritaları serisi, Kırşehir-G17 Paftası, MTA, Ankara.
- Kara, H., 1997. 1/100000 Ölçekli açın-sama nitelikli Türkiye jeoloji haritaları serisi, Yozgat-G19 Paftası, No:54, MTA, Ankara.
- Kavurmacı, M.M., 2013. Şereflikoçhisar havzası yeraltı sularının hidrojeolojik ve hidrokimyasal açıdan incelenmesi ve bölgedeki tuzlusu girişiminin çevresel etkilerinin araştırılması, Doktora Tezi, Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Aksaray.
- Kavurmacı, M.M. ve Üstün, A.K., 2016. Çok kriterli karar verme analizi ve coğrafi bilgi sistemi (CBS) kullanılarak su kalitesinin değerlendirilmesi, KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi, 19, 2, 208-220.
- Kıbrıs, E., M., 2017. Tuz gölü havzasında yer alan haymana formasyonu kumtaşlarının diyajenezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Anabilim Dalı, Ankara.
- Kürçer, A., 2012. Tuz gölü Fay Zonu'nun neotektonik özellikleri ve paleosismolojisi, Orta Anadolu, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Ankara.
- Oktay, F. Y. ve Dellaloğlu, A.A., 1987. Tuzgölü havzası (Orta Anadolu) stratigrafisi üzerine yeni görüşler, Türkiye 7. Petrol Kongresi bildiriler kitabı, 312-321.

- Orhan, H., Özkan A.M. ve Çelik M., 1997. Şereflikoçhisar – Acıpınar arasındaki üst Kretase – Eosen yaşlı kırıntılı sedimentlerin diyajenetik tarihçesi, TÜBİTAK Proje No: YBAG-0109, Konya.
- Örmeci, C., Kantarcı D., Kınacı, C., Övez, S. ve Ekercin, S., 2007, Tuz gölü ve yakın çevresinin yer ve uydu verileri ile kuraklık ve su kalitesi bakımından zamansal analizi, TÜBİTAK Proje NO:105Y283, İstanbul.
- Özcan, A., Göncüoğlu, M.C., Turhan, N., Şentürk, K., Uysal, S. ve Işık, A., 1990, Konya-Kadınhanı-İlgın dolayının temel jeolojisi, MTA Rapor No:9535 (yayımlanmamış), Ankara.
- Özcan, A., Göncüoğlu, M.C., Turhan, N., Şentürk, K., Uysal, Ş. ve Işık, A., 1990b. Konya-Kadınhanı-İlgın dolayının temel jeolojisi, MTA Rapor No:9535, 139 s. (Yayımlanmamış), Ankara
- Özcan, A., Göncüoğlu, M.C., Turhan, N., Uysal, Ş. ve Şentürk, K., 1990a. Paleozoic evolution of the Kütahya-Bolkardağı Belt. METU, Journal of Pure and Applied Sciences, 21, 1-3, 211-220.
- Özsayın, E., 2007. İnönü-Eskişehir fay sisteminin Yeniceoba-Cihanbeyli (Konya – Türkiye) arasındaki bölümünün neojen-kuvaterner yapısal evrimi, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Özyurt, N., & Bayarı, C.S., 2015. Konya kapalı havzasında bölgesel yeraltısuyu akım yolu boyunca asal gaz izotop sinyalinin değişimi, DSİ 4. Ulusal Hidrolojide İzotop Teknikleri Sempozyumu, 291.
- Parkhurst D.L. ve Appelo C.A.J., 1999. User's guide to PHREEQC (version 2): A computer program for speciation, batchreaction, one-dimensional transport, and inverse geochemical calculations, U.S. Geological Survey Water-Resources Investigations Report 99 - 4259, USGS, Reston, Virginia.
- Pasquare, G., 1968. Geology of Cenozoic volcanic area of Central Anatolia, atti della Accademia Nazionale, Dei. Lincei, Memorie, Ser, 8, 9/3, 55-204.
- Rigo de Righi, M. and Cortesini, A. 1960. Regional studies of the Central Anatolian basins progress report. PDR Turkish Gulf Oil Co, Rapor No. II /11-12.
- Seymen, İ., 1982. Kaman dolayında Kırşehir masifinin jeolojisi, İTÜ Maden Fakültesi. Doç. Tezi s.164, İstanbul.
- Sirel, E., 1975. Polatlı (GB Ankara) güneyinin stratigrafisi. TJK Bülteni, 18 (2), 181-192
- Şahin, M., Kurt, L., Aydın, H., Muratlı, S., Güner, A.S., Hacıömeroğlu, S., Suner, K., Ergani, E., Germeç, E., Biler, L., Kılavuz, A.B., Mercan, S.S., 2010. Tuz gölü özel çevre koruma bölgesi su kaynakları yönetim planı projesi, Çevre ve Orman Koruma Bakanlığı, Çınar Mühendislik Müşavirlik ve Proje Hizmetleri Ltd. Şti. Ankara
- Şahinci, A., 1991. Doğal Suların Jeokimyası, Reform Matbaası, İzmir.

- Şen, E., 1979. DSİ Konya ana tahliye kanalının Tuz Gölünde neden olduğu ağır metal kirliliği konusunda yapılan çalışmaların raporu, MTA Genel Müdürlüğü, Derleme Rapor No:6905, Ankara.
- Şenel, M. Ve Bilgin, Z.R., 1997. 1/100000 ölçekli Türkiye jeoloji haritaları, Marmaris-L4 ve L5 paftaları, No:18, MTA, Ankara.
- Şenel, M., Akdeniz, N., Öztürk, E. M. Özdemir, T., Kadıncık, G., Metin, Y., Öcal, H., Serdaroğlu, M. ve Örçen. S., 1994. Fethiye (Muğla) - Kalkan (Antalya) ve Kuzeyinin Jeolojisi, MTA Rapor No:9761 (yayımlanmamış), Ankara.
- Taş, M.Ö., 2005. Aksaray Eski ilçesinin coğrafi etüdü, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Konya.
- Temel, A., 1992. Kapodokya eksplozif volkanizmasının petrolojik ve jeokimyasal özellikleri, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Toprak, V. ve Göncüoğlu, M.C., 1993. Tectonic control on the development of the Neogene-Quaternary Central Anatolian volcanic province Turkey, Geological Journal, 28, 357-369.
- Tunoğlu, C., Temel, A. ve Gençoğlu, H., 1995. Pliocene ostracoda association and environmental characteristics of Sivrihisar (Eskişehir)-Central Anatolia; 12nd. Inter. Ostracoda Symposium, Ostracoda and Biostratigraphy (Ed. Riha, J.) Belkama/Rotterdam, 265-275.
- Türel, T.K., Göncüoğlu, M. C. ve Akıman, O., 1993. Origin and petrology of Ekecikdağ granitoid in western Central Anatolian Crystalline Complex, MTA Bulletin, 115, 15-28.
- Türker, H.Ö., 2006. Sarıkaya (Yozgat) sıcak ve mineralli sularının hidrojeokimyasal incelemesi, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Uçar, L. 2008. Hanobası-Karapınar (KB Aksaray) alanının stratigrafik incelenmesi, Geosound, 52, 1.
- Ulu, Ü., Bulduk, A. K., Ekmekçi, E., Karakaş, M., Öcal, H., Arbas, A., Saçlı, L., Taşkıran, M.A., Adır, M., Sözeri, Ş. ve Karabıyıkçıoğlu, M., 1994. İnlice-Akkisse ve Cihanbeyli-Karapınar Alanının Jeolojisi, MTA, Derleme Raporu No:9720, Ankara.
- Uygun, A., 1976. Tuz gölü havzası etüt ve aramaları fizibilite araştırması, MTA Genel Müdürlüğü, Derleme Rapor No:5780, Ankara.
- Uygun A. ve Şen E., 1978. Tuz gölü havzası ve doğal kaynakları I: Tuz gölü suyunun jeokimyası, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, e. 21, 113-120.
- Uygun, A., 1981. Tuzgölü havzasının jeolojisi, evaporit oluşumları ve hidrokarbon olanakları, TJK İç Anadolu'nun Jeolojisi Sempozyumu, Ankara, 66-71.

- Ünalın, G., Yüksel, V., Tekeli, T., Gönenç, O., Seyirt, Z. ve Hüseyin, S., 1976. Haymana Polatlı yöresinin (GB Ankara) Üst Kretase-Alt tersiyer stratigrafisi ve paleocoğrafik evrimi, TJK Bülteni, 19, 159-176.
- Yalınız, K., Göncüoğlu, M.C. ve Floyd, P.A., 1996. Supra-subductionzone ophiolites of Central Anatolia: Geochemical evidence from the Sarikaraman ophiolite, Aksaray, Turkey, Mineralogical Magazine, 60, 697-710.
- Yalınız, K., Göncüoğlu, M.C. ve Özkan-Altınır S., 2000. Formation and emplacement ages of the SSZ-type Neotethyan ophiolites in Central Anatolia, Turkey: paleotectonic implications, Geological Journal, 35, 53-68.
- Yalınız, M.K. ve Göncüoğlu, M.C., 1998. General geological characteristics and distribution of the Central Anatolian Ophiolites, Yerbilimleri, 20, 19-30.
- URL-1 <<https://aksaray.ktb.gov.tr/TR>>, Erişim Tarihi: 30.04.2024.
- URL-2 <<http://aksaray.ziraatodasi.org.tr/tarim-profil>>, Erişim Tarihi: 30.04.2024.
- URL-3 <<https://tr.euronews.com/2021/10/28/tuz-golu-kuruyan-gol-yatag-yerini-catlam-s-topraga-b-rakt>>, Erişim Tarihi: 30.04.2024.
- URL-4 <<https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2015/04/20150415-18.htm>>, Erişim Tarihi: 02.05.2024.
- URL-5 <<https://www.fao.org/3/T0234E/T0234E01.htm#ch1.4>>, Erişim Tarihi: 30.04.2024.

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Sümeyya Gül BALABAN

EĞİTİM BİLGİLERİ (Kurum ve Yıl)

Lisans : Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji
Mühendisliği Bölümü, 2012-2016

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLERİ

TEZDEN ÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER

Uluslararası Hakemli Dergilerde Yayımlanan Makaleler

Kongrelerde Sunulan Makaleler