Çubuk-Melikşah (Ankara) Su Kaynaklarının Hidrojeokimyasal Ve İzotopik İncelenmesi

Mehmet Kargın

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Haziran 2018

Hydrogeochemical And Isotopic Investigation Of Çubuk-Melikşah (Ankara) Water Resources

Mehmet Kargın

MASTER OF SCIENCE THESIS

Department of Geological Engineering

June 2018

Çubuk-Melikşah (Ankara) Su Kaynaklarının Hidrojeokimyasal Ve İzotopik İncelenmesi

Mehmet Kargın

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı
Uygulamalı Jeoloji Bilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Didem YASİN

Haziran 2018

ONAY

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans öğrencisi Mehmet Kargın'in YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı "Çubuk-Melikşah (Ankara) Su Kaynaklarının Hidrojeokimyasal Ve İzotopik İncelenmesi" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek oy birliği ile kabul edilmiştir.

Danışman **:** Dr. Öğr. Üyesi Didem YASİN

İkinci Danışman **: -**

Yüksek Lisans Tez Savunma Jürisi:

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Didem YASİN

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin SENDİR

Üye : Doç. Dr. Ali Rıza SÖĞÜT

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun ..... tarih ve ..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Hürriyet ERŞAHAN
Enstitü Müdürü

ETİK BEYAN

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Dr. Öğr. Üyesi Didem YASİN danışmanlığında hazırlamış olduğum "Çubuk-Melikşah (Ankara) Su Kaynaklarının Hidrojeokimyasal Ve İzotopik İncelenmesi" başlıklı bu tezimin özgün bir çalışma olduğunu; tez çalışmamın tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; tezimde verdiğim bilgileri, verileri akademik ve bilimsel etik ilke ve kurallara uygun olarak elde ettiğimi; tez çalışmamda yararlandığım eserlerin tümüne atıf yaptığımı ve kaynak gösterdiğimi ve bilgi, belge ve sonuçları bilimsel etik ilke ve kurallara göre sunduğumu beyan ederim. 29/06/2018

Mehmet KARGIN
İmza

ÖZET

Bu tez çalışması kapsamında, Melikşah (Çubuk-Ankara) bölgesinde bazı su kaynakların hidrojeokimyasal ve izotopik özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç kapsamında bölgede bulunan jeotermal kaynak ve bazı su noktalarında pH, EC, sıcaklık ile kimyasal ve izotop analizleri yapılmıştır.

Çalışma alanında suların sıcaklıkları 12,94 °C- 32,60 °C arasında, pH değerleri, 6,38 - 8,65 arasında, EC değerleri ise 910 mikromhos / cm - 1377 mikromhos / cm arasında değişmektedir.

Sular $CaMgHCO_3$ ve $NaHCO_3$'lı sular tipindedir. Çalışma alanındaki sular meteorik kökenli sulardır.

Rezervuar sıcaklığını tahmin etmek için kullanılan diyagram ve eşitliklere göre çalışma alanında yeralan jeotermal kaynağın rezervuar sıcaklığı 100 °C'den az, düşük rezervuar sıcaklığını göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Melikşah, Çubuk, hidrojeokimya, izotop, jeotermometre

SUMMARY

Within the scope of this thesis study, it was aimed to determine hydrogeochemical and isotopic properties of some water resources in Melikşah (Çubuk-Ankara) region. In order the achieve this purpose, pH, EC, temperature, chemical and isotopic parameters were analyzed for geothermal and some resources.

Temperature measurements, EC (electrical conductivity) and pH values of selected waters are between 12.94 ^{o}C and 32.6 ^{o}C, 910 and 1370 micromhos / cm and 6.38 and 8.65 respectively. Water resources are $CaMgHCO_3$ and $NaHCO_3$ facies. Samples plot on the Global Meteoric Water Line (GMWL). It depicts that, waters replenished by global precipitations.

According to the diagrams and equations used to estimate the reservoir temperature, the reservoir temperature of the geothermal resource located in the study area shows a low reservoir temperature of less than 100 ° C.

Keywords: Melikşak, Çubuk, hydrogeochemistry, isotope, geothermometer

TEŞEKKÜR

Tez hazırlama sürecimin tüm aşamalarında desteklerini esirgemeyen danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Didem Yasin'e, arazi çalışmalarım sırasında göstermiş oldukları misafirperverliklerden dolayı Melikşah Köyü halkına, analizler sırasında göstermiş oldukları katkılardan dolayı tüm DSİ TAKK Dairesi Laboratuvarları çalışanlarına ve Sayın Erdem Çağ ile Sayın Yusuf Çağ'a teşekkürü borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET vi
SUMMARY vii
TEŞEKKÜR viii
İÇİNDEKİLER ix
ŞEKİLLER DİZİNİ xi
ÇİZELGELER DİZİNİ ixiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ xvi
1.GİRİŞ VE AMAÇ 1
2.LİTERATÜR ARAŞTIRMASI 4
3. MATERYAL VE YÖNTEM 6
3.1. Materyal 6
3.2. Yöntem 6
4. JEOLOJİ 8
4.1. Jeoloji 8
4.1.1. Paleozoik 8
4.1.2. Mesozoik 8
4.1.3. Senozoik 9
4.1.3.1. Paleosen 9
4.1.3.2. Miyosen 9
4.1.3.3. Pliyosen 9
4.1.3.4. Kuvaterner 9
4.2. Tektonik 10
4.3.Hidroloji 12
4.3.1. Akarsular 12
4.3.2. Kaynaklar 12
4.3.3. Kuyular 13
5. BULGULAR VE TARTIŞMA 15
5.1. Hidrojeokimyasal İncelemeler 15
5.2. Hata Payı Değerlendirmeleri 25

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

5.3. Piper Ve Schoeller Diyagramı Değerlendirmeleri 26
5.3.1. Piper diyagramı değerlendirmeleri 26
5.3.2. Schoeller diyagramı değerlendirmeleri 28
5.4. Pie Diyagramı Değerlendirmeleri 30
5.5. Doygunluk İndeksleri 33
5.6. Suların Tarımsal Sulamada Kullanılabilme Özellikleri 35
5.6.1. Sulardaki temel iyonlar 35
5.6.1.1. Kalsiyum (Ca^{+2}) 35
5.6.1.2. Magnezyum (Mg^{+2}) 35
5.6.1.3. Potasyum (K^{+}) 36
5.6.1.4. Sodyum (Na^{+}) 36
5.6.1.5. Klor (Cl^{-}) 36
5.6.1.6. Sülfat (SO_4^{-2}) 36
5.6.1.7. Karbonat ve Bikarbonat (CO_3^{-}, HCO_3^{-}) 36
5.6.2. Kalıcı sodyum karbonat değerlendirmeleri 37
5.6.3. Sodyum adsorpsiyon oranı değerlendirmeleri 38
5.6.4. Wilcox diyagramı değerlendirmeleri 38
5.6.5. ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramı değerlendirmeleri 41
5.6.6. pH değerlendirmeleri 44
5.7. Suların Sertlikleri 45
5.8. Suların İçilebilirliği 46
5.9. İzotop Çalışmaları 47
5.10. Sıcak Suların Rezervuar Sıcaklıklarının Hesaplanması 50
5.11. Jeotermometreler 52
5.11.1. Katyon jeotermometreleri 52
5.11.2. Silika jeotermometreleri uygulamaları 55
6. SONUÇ VE ÖNERİLER 56
KAYNAKLAR DİZİNİ 58

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil **Sayfa**

1.1. Çalışma alanının yer bulduru haritası 2
3.1. Bir litrelik numune kapları 6
3.2. YSI 556 MPS pH ve EC ölçer..... 6
3.3. Örnek alım noktaları 7
4.1. Çalışma alanı jeoloji haritası 10
4.2. MH-1/A Kuyusu litoloji ve kuyu donanımı 11
4.3. Faaliyetine devam eden soğuk su kaynağı 12
4.4. MH-1/A jeotermal kuyusu ..... …13
4.5. MH-1/A jeotermal kuyusu başka bir görünüm 14
4.6. Tez alanında bulunan bir keson kuyu 14
5.1. Bir numaralı örnekleme noktası keson kuyu 15
5.2. İki numaralı örnekleme noktası soğuk su kaynağı 17
5.3. Üç numaralı örnekleme noktası su kuyusu 19
5.4. Dört numaralı örnekleme noktası keson kuyu 21
5.5. Beş numaralı örnekleme noktası jeotermal kuyu 23
5.6. Piper diyagramı bölgeleri 26
5.7. Kurak dönmede alınan numunelerin Piper diyagramları 27
5.8. Yağışlı dönemde alınan numunelerin Piper diyagramları 28
5.9. Kurak dönem analizleri yapılan örneklere ait Schoeller diyagramı 29
5.10. Yağışlı dönem analizleri yapılan örneklere ait Schoeller diyagramı 30
5.11. Birinci örneklerin pie diyagramları 31
5.12. İkinci örneklerin pie diyagramları 31
5.13. Üçüncü örneklerin pie diyagramları 31
5.14. Dördüncü örneklerin pie diyagramları 32
5.15. Beşinci örneklerin pie diyagramları 32
5.16. MH-1/A kuyusu (1975) pie diyagramı 32
5.17. Kurak dönem doygunluk indeksi diyagramı 34
5.18. Yağışlı dönem doygunluk indeksi diyagramı 34
5.19. Kurak dönem analizleri yapılan örneklerin Wilcox diyagramı 39

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

Şekil **Sayfa**

5.20. Yağışlı dönem analizleri yapılan örneklerin Wilcox diyagramı 40
5.21. Kurak dönemde alınan numunelerin ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramı 42
5.22. Yağışlı dönemde alınan numunelerin ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramı 43
5.23. pH değişimleri 44
5.24. Kurak dönem Oksijen-18 ve döteryum diyagramı 48
5.25. Yağışlı dönem Oksijen-18 ve döteryum diyagramı 49
5.26. Farklı su kaynaklarının izotop bileşimini ve fiziko – kimyasal süreçlerin su bileşimi üzerine etkilerini gösterir, D – ^{18}O diyagramı 49
5.27. 5 numaralı örnek kurak dönem mineral denge diyagramı 51
5.28. 5 numaralı örnek yağışlı dönem mineral denge diyagramı 51
5.29. Kurak dönem 5. örnek için Giggenbach (1998), diyagramı 54
5.30. Yağışlı dönem 5. örnek için Giggenbach (1998), diyagramı 54

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge **Sayfa**

1.1. Ankara ilinin 1927-2016 arası yağış dağılımı 3
5.1. Bir numaralı örnekleme noktası kurak dönem yerinde ölçüm değerleri 15
5.2. Bir numaralı örnekleme noktası kurak dönem majör iyon analiz sonuçları 15
5.3. Bir numaralı örnekleme noktası kurak dönem O-18 ve döteryum izotop analiz sonuçları 16
5.4. Bir numaralı örnekleme noktası yağışlı dönem yerinde ölçüm değerleri 16
5.5. Bir numaralı örnekleme noktası yağışlı dönem majör iyon analiz sonuçları 16
5.6. Bir numaralı örnekleme noktası yağışlı dönem O-18 ve döteryum izotop analiz sonuçları 16
5.7. İki numaralı örnekleme noktası kurak dönem yerinde ölçüm değerleri 17
5.8. İki numaralı örnekleme noktası kurak dönem majör iyon analiz sonuçları 17
5.9. İki numaralı örnekleme noktası kurak dönem O-18 ve döteryum izotop analiz sonuçları 17
5.10. İki numaralı örnekleme noktası yağışlı dönem yerinde ölçüm değerleri 18
5.11. İki numaralı örnekleme noktası yağışlı dönem majör iyon analiz sonuçları 18
5.12. İki numaralı örnekleme noktası yağışlı dönem O-18 ve döteryum izotop analiz sonuçları. 18
5.13. Üç numaralı örnekleme noktası kurak dönem yerinde ölçüm değerleri 19
5.14. Üç numaralı örnekleme noktası kurak dönem majör iyon analiz sonuçları 19
5.15. Üç numaralı örnekleme noktası kurak dönem O-18 ve döteryum izotop analiz sonuçları 19
5.16. Üç numaralı örnekleme noktası yağışlı dönem yerinde ölçüm değerleri 20
5.17. Üç numaralı örnekleme noktası yağışlı dönem majör iyon analiz sonuçları 20
5.18. Üç numaralı örnekleme noktası yağışlı dönem O-18 ve döteryum izotop analiz sonuçları 20
5.19. Dört numaralı örnekleme noktası kurak dönem yerinde ölçüm değerleri 21
5.20. Dört numaralı örnekleme noktası kurak dönem majör iyon analiz sonuçları 21
5.21. Dört numaralı örnekleme noktası kurak dönem O-18 ve döteryum izotop analiz sonuçları 21
5.22. Dört numaralı örnekleme noktası yağışlı dönem yerinde ölçüm değerleri 22

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

Çizelge **Sayfa**

5.23. Dört numaralı örnekleme noktası yağışlı dönem majör iyon analiz sonuçları 22
5.24. Dört numaralı örnekleme noktası yağışlı dönem O-18 ve döteryum izotop analiz sonuçları 22
5.25. Beş numaralı örnekleme noktası kurak dönem yerinde ölçüm değerleri 23
5.26. Beş numaralı örnekleme noktası kurak dönem majör iyon analiz sonuçları 23
5.27. Beş numaralı örnekleme noktası kurak dönem O-18 ve döteryum izotop analiz sonuçları 23
5.28. Beş numaralı örnekleme noktası yağışlı dönem yerinde ölçüm değerleri 24
5.29. Beş numaralı örnekleme noktası yağışlı dönem majör iyon analiz sonuçları 24
5.30. Beş numaralı örnekleme noktası yağışlı dönem O-18 ve döteryum izotop analiz sonuçları 24
5.31. 1975 yılı MH-1/A kuyusu majör element değerleri (mg/l) 24
5.32. Kurak dönem analizi yapılan örneklerin katyon ve anyon değerleri (mg/l) ve hata payı 25
5.33. Yağışlı dönem analizi yapılan örneklerin katyon ve anyon değerleri (mg/l) ve hata payı 25
5.34. 1975 Yılı MH-1/A kuyusu katyon ve anyon değerleri (mek/l) ve hata payı 26
5.35. Kurak dönem analizi yapılan örneklerin mineral doygunluk indeksleri 33
5.36. Yağışlı dönem analizi yapılan örneklerin mineral doygunluk indeksleri 33
5.37. Analizleri yapılan örneklerin hesaplanan RSC değerleri 37
5.38. Analizleri yapılan örneklerin hesaplanan SAR değerleri 38
5.39. Kurak dönem EC değerleri ve hesaplanan %Na değerleri 39
5.40. Yağışlı dönem EC değerleri ve hesaplanan %Na değerleri 40
5.41. Kurak dönem EC değerleri ve hesaplanan SAR değerleri 41
5.42. Yağışlı dönem EC değerleri ve hesaplanan SAR değerleri 41
5.43. Kurak ve yağışlı dönem pH değerleri 44
5.44. Suların sertliklerine göre sınıflandırılması 45
5.45. Çalışma alanına ait suların sertlik değerleri 45

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

Çizelge **Sayfa**

5.46. Türk (TS 266), Dünya sağlık örgütü (WHO) ve Avrupa Birliği (AB) içme suyu standartlarının tavsiye edilen ve maksimum izin verilen değerleri 46
5.47. Kurak dönem oksijen-18 ve döteryum izotop analiz sonuçları 48
5.48. Yağışlı dönem oksijen-18 ve döteryum izotop analiz sonuçları 48
5.49. Beş numaralı örneğe ait kurak dönem doygunluk indeksleri 50
5.50. Beş numaralı örneğe ait yağışlı dönem doygunluk indeksleri 50
5.51. Farklı araştırıcılar tarafından önerilen katyon jeotermometre denklemleri 52
5.52. Katyon jeotermometresi için hesaplanan rezervuar sıcaklıkları 53
5.53. Silika jeotermometreleri için sıcaklık denklemleri 55
5.54. Silika jeotermometresi için hesaplanan rezervuar sıcaklıkları 55

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklamalar
C_1	az tuzlu su
C_2	orta tuzlu su
C_3	yüksek tuzlu su
C_4	çok yüksek tuzlu su
°C	santigrat derece
Ca^{+2}	kalsiyum iyonu
$CaCO_3$	kalsiyum karbonat
Cl^-	klor iyonu
CO_2	karbondioksit
CO_3^{-2}	karbonat iyonu
D δ(‰)	binde döteryum izotopu
ds/m	desi siemens / metre
δ	standarttan binde birlik sapma
EC	elektriksel iletkenlik
E.N	analiz sonuçlarına ait hata payı
^1H	hidrojen izotopu
^2H	döteryum izotopu
^3H	trityum izotopu
HCO_3^-	bikarbonat iyonu
H_2CO_3	karbonik asit
K^+	potasyum iyonu
km	kilometre
l/s	litre / saniye
m	metre
Mg^{+2}	mağnezyum iyonu
$MgCO_3$	mağnezyum karbonat
mg/l	miligram / litre
mek/l	miliekuvalen / litre
mm	milimetre
µmho/cm	mikromho / santimetre

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

Simgeler	Açıklamalar
Na^+	sodyum iyonu
^{16}O	oksijen-16 izotopu
^{17}O	oksijen-17 izotopu
^{18}O	oksijen-18 izotopu
^{18}O δ(‰)	binde oksijen-18 izotopu
pH	hidrojen iyonları derişiminin negatif logaritması
ppm	milyonda bir
S_1	az sodyumlu su
S_2	orta sodyumlu su
S_3	yüksek sodyumlu su
S_4	çok yüksek sodyumlu su
SO_4^{-2}	sülfat iyonu
%	yüzde

Kısaltmalar	Açıklamalar
DSİ	Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
MTA	Maden Tetkik Ve Arama Genel Müdürlüğü
RSC	kalıcı sodyum karbonat
SAR	sodyum adsorpsiyon oranı
SMOW	standart ortalama deniz suyu
TAKK	Teknik Araştırma Ve Kalite Kontrol

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Bu tez çalışmasının amacı, Ankara İli, Çubuk İlçesi, Melikşah Köyü' nde bulunan, bazı su kaynaklarının hidrojeokimyasal ve izotopik özelliklerini araştırmaktır.

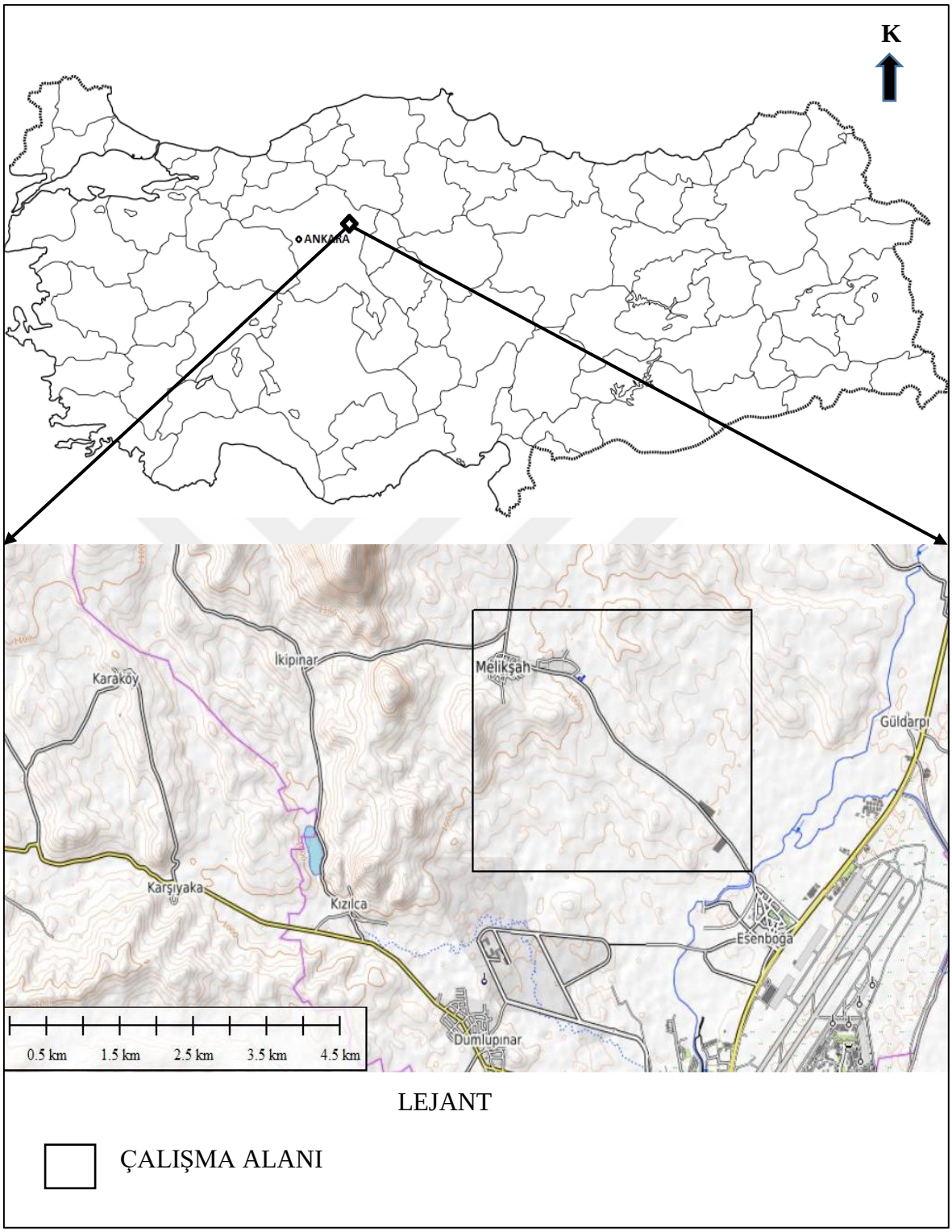
Tez çalışması kapsamında Ankara İli, Çubuk İlçesi, Melikşah Köyü' nde bazı su kaynakları hidrojeokimyasal ve izotopik olarak incelenmiş ve yaptırılan analizler sonucu elde edilen bulgular değerlendirilmiştir.

Tez alanının içinde yer alan Melikşah Köyü, Ankara ilinin tipik iklim özelliklerini gösterdiğinden dolayı, Meteoroloji Genel Müdürlüğünden elde edilen istatistiki aylık yağış bilgilerinden hareketle arazi çalışması verileri, tez süresi içinde aylık yağışların azaldığı ve arttığı aylar dikkate alınarak, kurak dönem verileri ve yağışlı dönem verileri olarak değerlendirilmiştir. Bu bağlamda, 2017 yılının yaz aylarından, Ekim 2017 tarihine kadar olan zaman kurak dönem, Ekim 2017 yılı ve Mayıs 2018 tarihi arasında kalan zaman ise yağışlı dönem olarak belirlenmiştir.

Tez alanında bir adet jeotermal kaynak bulunmaktadır. Tez alanında numune alınan noktalardan elde edilen kurak dönem ve yağışlı dönem laboratuvar analiz sonuçları karşılaştırılarak verilmiştir.

İnceleme alanı Ankara'nın Akyurt İlçesinin yaklaşık 10 km kuzeydoğusunda olup, Karaköy, Karşıyaka, Kızılca, İkipınar, Dumlupınar Köyleri ve Çubuk İlçesinin Güldarpı Mahallesi tarafından çevrelenmektedir.

Çalışma alanının güneydoğusunda ise Ankara ilinin yoğun olarak kullanılan bir ulaşım noktası olan Ankara Esenboğa Havalimanı bulunmaktadır (Şekil 1.1). İnceleme alanı 1/ 25000 ölçekli Bolu H.29-C2 paftasında yer almaktadır.



Şekil 1.1. Çalışma alanı yer bulduru haritası.

Çalışma alanının yer bulduru haritası yukarıdaki şekilde gösterilmiştir (Şekil 1.1).

Tez alanı Ankara İlinin ve İç Anadolu Bölgesinin genel iklim özelliklerini taşımaktadır. Bölge yaz ayları sıcak ve kurak kış ayları ise soğuk ve yağışlı olan bir iklim tipine sahiptir. Ankara İlinin 1927-2017 arasında aylara göre genel yağış dağılımı aşağıda gösterilmiştir (Çizelge 1.1).

Çizelge 1.1. Ankara ilinin 1927-2017 arası yağış dağılımı (MGM, 2017).

Aylar	Yağış Ortalaması (mm)	Ortalama Yağışlı Gün
Ocak	39.5	12.1
Şubat	35.0	11.1
Mart	38.6	10.7
Nisan	42.3	11.0
Mayıs	51.2	12.1
Haziran	34.2	8.4
Temmuz	13.7	3.4
Ağustos	11.5	2.6
Eylül	17.8	4.0
Ekim	27.6	6.8
Kasım	31.7	8.0
Aralık	43.9	11.6

Bölgenin Ankara İline ve Çubuk İlçesine ulaşım kolaylığı olmasından dolayı Melikşah Köyü halkının önemli bir kısmı Ankara ve Çubuk'ta çalışmaktadır. Bir kısım halk da kendi arazisinde çiftçilik yapmaktadır. Tarımı yapılan ürünler arasında domates ve ceviz önde gelmektedir.

2.LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Tez alanına ilişkin ilk çalışma Keskin ve Kartal (1976) tarafından yapılmıştır. Keskin ve Kartal 1976' da yaptıkları çalışmada inceleme alanının jeoloji haritasını yapmış ve MTA tarafından yapılan Melikşah jeotermal sahası sondajlarının kuyu bitirme raporlarını derlemişlerdir. Bu araştırıcıların raporlarına göre MTA, 1973 yılında 4 adet ve 1974 yılında 3 adet olmak üzere toplam 7 adet gradyan sığ sondaj yapmıştır. Bu sondajlardan 4 tanesinde yer gradyan değerinin (ortalama 0,3 °C / 10 m), üstünde gradyan değeri bulunmuş ve diğer 3 sondajdan 2 tanesinde de sıcak su elde edilmiştir. 1974 yılında MH-1 adıyla ilk derin sondaja başlanmıştır. Bu sondajda 166. m de sıcak su napına rastlanılmış, 32 °C'de 150 l/sn debide sıcak su elde edilmiştir ve daha derine inilememiştir. Daha sonra yine aynı yıl araştırmaya devam edilerek bu kez MH-1/A sondajı yapılmış ve 594.50 metrede ikinci sıcak su napına rastlanmıştır. Bu sondaj sonunda 39 °C'de 300 l/sn debili sıcak su elde edilmiştir. 1975 tarihinde ise MH-1/B adlı derin sondaja başlanmış 1296. metrede 61 °C 'de sıcak suya rastlanılmıştır. Ayrıca Melikşah civarındaki kaplıca suyunun jeotermal özelliklerinin incelenmesine yönelik Tatlı, 1975 ve Erişen ve Ünlü, 1980' de çalışmalar yapmıştır.

DSİ (1979), Çubuk ovasının ayrıntılı hidrojeolojik etüt raporunu yayınlamış ve ovanın beslenim ve boşalım ilişkilerini ortaya koymuştur. Çubuk ovasının besleniminin yağıştan ve yüzeysel akıştan kaynaklandığını ve ovanın Çubuk-1 barajını beslediğini ileri sürmüştür.

Akyürek vd. (1996), Ankara İlinin doğal kaynaklarını ve çevre jeolojisini araştırdığı çalışmasında, Ankara ili ve çevresinin jeolojisini detaylı olarak çalışmıştır.

Akkuş vd. (2005), yayınladıkları Türkiye Jeotermal Envanterinde, Melikşah'ın 1 km güneybatısında yer alan kaynakların MTA'nın sondajlarından sonra kuruduklarını belirtmişler ve tez alanındaki jeotermal kuyunun, süs balıkçılığı, seracılık ve turistik tesislerde balneoloji amacıyla kullanıldığını belirtmişlerdir.

Gül (2006), yaptığı yüksek lisans tez çalışmasında, Çubuk İlçesi doğu ve kuzeydoğusundaki volkaniklerin oluşum, ortam ve kökenlerini incelemiş ve Çubuk

volkaniklerinin And ve Kargabedir volkaniklerine benzerlik gösterdiğini belirtmiştir. Aynı araştırmacı yaptığı jeokimyasal çalışmada, Çubuk volkanik kayaçlarının bileşimlerinin, bazaltik trakiandezit, traki andezit, trakit, dasit ve riyolit bileşiminde olduğunu savunmuştur.

Bağıran (2007), yaptığı yüksek lisans tez çalışmasında, Erken-Orta Miyosen yaşlı gölsel birimler ile temsil edilen Hançılı formasyonunun özelliklerini incelemiş ve Hançılı formasyonunu oluşturan litostratigrafi birimlerini çamurtaşı ve karbonat fasiyesleri olarak iki ayrı fasiyese ayırarak incelemiştir. Karbonat fasiyesinin dolomit ve kireçtaşı birimleri ile temsil edildiğini belirtmiştir.

Kökçü (2007), yaptığı yüksek lisans tez çalışmasında, Melikşah civarı Miyo-Pliyosen yaşlı gölsel birimleri incelemiş ve Gölbaşı formasyonunu oluşturan sert, kompakt görünümlü, stalagmitik doku ve bantlı yapıdaki karbonat seviyelerini traverten olarak tanımlamıştır.

Yastı (2008), yaptığı yüksek lisans tez çalışmasında, ovadaki en önemli akifer birimin alüvyon olduğunu belirtmiştir. Araştırmacı ayrıca Çubuk-Güldarpı yerleşim merkezlerinde yer alan alüvyon akiferde yeraltı suyu akış yönünün genellikle güneye doğru olduğunu ve yeraltı sularındaki tuzlanma artışının havzanın üst sınırından ortalarına doğru arttığını, alüvyon yönünde artış gösterdiğini açıklamıştır.

Çapar (2009), yaptığı yüksek lisans tez çalışmasında, Melikşah' da yerleşim yerleri arasında bitki örtüsünün bulunmamasının nedeninin jeotermal kaynak tarafından oluşturulan bir termal anomali olarak düşünüldüğünü vurgulamıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Su numunesi alım işlemlerinde 1'er litrelik etiketli sızdırmaz numune kapları kullanılmıştır (Şekil 3.1). Alınan su numuneleri, numune alım işlemlerinin bitiminden kısa bir süre sonra ilgili laboratuvarlara ulaştırılmıştır. Numune alınan her lokasyonda, YSI 556 Mps ölçüm cihazı kullanılarak sıcaklık, pH ve EC değerleri ölçümleri yerinde yapılmıştır (Şekil 3.2).



Şekil 3.1. Bir litrelik numune kapları.



Şekil 3.2. YSI 556 MPS pH ve EC ölçer.

Rockware AqQA adlı bilgisayar programı kullanılarak Piper diyagramları, Schoeller diyagramları ve majör elementlere ait pie diyagramları çizilmiştir. Mineral doygunluk indekslerinin hesaplanmasında ise USGS Phreeqc Interactive adlı bilgisayar programı kullanılmıştır.

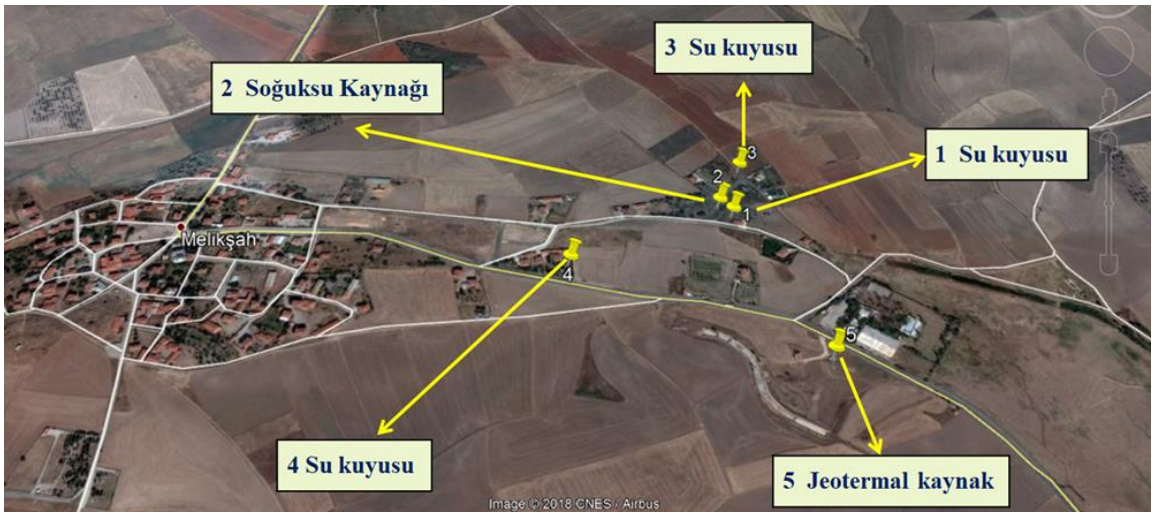
3.2. Yöntem

Tez çalışması, literatür taraması, ön arazi çalışmaları, arazi çalışmaları ve büro çalışmaları olarak toplam 4 aşamadan elde edilen verilerle oluşturulmuştur. Ön arazi çalışmasında, tez alanı önceki çalışmalar ışığında jeolojik olarak incelenmiş, su numunesi alımı için uygun lokasyonlar tespit edilmiş, jeotermal alan hakkında gerekli bilgiler toplanmış ve su numunesi alımı için ilgili özel işletmeyle irtibata geçilmiştir.

Tez alanından su örneği alma çalışmaları kurak ve yağışlı dönemde gerçekleştirilmiştir. Arazi çalışmaları kapsamında daha önce tespit edilmiş olan kuyu ve kaynak yerlerinin koordinatları alınmış, haritada işaretlenmiş ve numune alım işlemleri gerçekleştirilmiştir.

Kurak dönem örnek alım ve yerinde ölçüm işlemleri Ekim 2017 tarihinde, yağışlı dönem örnek alım işlemleri ve yerinde ölçüm işlemleri ise Mayıs 2018 tarihinde gerçekleştirilmiştir. Su numunesi alım işlemlerinde, numune alınan lokasyonlar 1 ile 5 arasında numaralandırılmış ve her bir numara için önceden hazırlanmış numaralı numune kapları kullanılmıştır (Şekil 3.1).

Majör iyon analizleri Ankara'da bulunan Toprak, Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Laboratuvarı'nda, Döteryum ve Oksijen izotop analizleri ise yine Ankara'da bulunan DSİ TAKK Dairesi Başkanlığı Laboratuvarları'nda yapılmıştır. Büro çalışmaları kapsamında ise analiz sonuçları değerlendirmeye alınmış ve her lokasyon için Piper diyagramları, Schoeller diyagramları, Oksijen-18- Döteryum grafikleri, majör elementlere ait pie diyagramları çizilmiş yine analiz sonuçlarından hareketle mineral doygunluk indeksleri hesaplanmış, doygunluk indeksi diyagramları çizilmiş ve tüm bu veriler ışığı altında sonuçlar yorumlanmıştır. Örnek alım ve yerinde ölçüm noktaları aşağıdaki şekilde görülmektedir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Örnek alım noktaları.

4. JEOLOJİ

4.1. Jeoloji

Çalışma alanında jeolojiye ilişkin bilgiler Keskin ve Kartal (1976)‘ dan özetlenmiştir. Çalışma alanının temelini Kızılca Köyü civarında görülen içerisinde bol miktarda mika kuvars ve mermer bulunan Paleozoik yaşlı şistler oluşturur. Palozoik yaşlı şistlerin üzerine Kelviran güneybatısında yer alan grovak serpantin, yer yer kireçtaşı blokları içeren karışık bir seri gelir. Bu seri üzerinde orta – üst Triyas yaşlı Çaltape ve Çalburnu tepelerde gözlenen kireçtaşları izlenir. Kireçtaşlarını uyumsuz olarak Miyosen yaşlı killi kireçtaşı, çakıltaşı örter. Bu birimler üzerine Pliyosen yaşlı kiltaşı, kumtaşı, çakıltaşı gelmektedir. Alanda en genç birim Melikşah civarında ve İkipınar kuzeybatısında görülen traverten ile daha çok güneyde görülen alüvyondur.

4.1.1. Paleozoik

Keskin ve Kartal’ a (1976)’ ya göre, Kızılca Köyü civarında görülen Paleozoik şist, az metamorfize olmuş, yeşilimsi gri ve boz renkli, levhamsı yapılı fillitik şiştlerdir. İçerisinde bol miktarda mika ve kuvars vardır. Sahanın doğusunda şistler içerisinde 50 m dolayında kalınlık gösteren mermerler bulunur.

4.1.2. Mesozoik

Mesozoik, Kelviran güneybatısında, fosilli Triyas kalkerlerinin spilitik, diabaz, gabro, yer yer serpantin, kumtaşı, grovak ve kristalize kalker olistositlerini içeren karışık bir seri ile ve kalsit dolu kalkerler ile temsil edilir. Melikşah’ın kuzey batısında Çal Tepe ve Çalburnu Tepelerde, gri-beyaz, yer yer siyahımsı, çatlaklı, çatlakları kalsit dolu kalkerler gözlenir. Bu kalkerler yer yer Duostominidal Ammobaculites sp. ve İnvolutina cf gascher gibi bol mikrofosil içerirler ve görünen kalınlıkları 100 m den fazladır.

4.1.3. Senozoik

4.1.3.1. Paleosen

Paleosen, Melikşah'ın kuzey batısında iyi yuvarlaklaşmış ve değişik boyutta kalker ve lav çakılları ile şist parçalarını içeren yeşilimsi kırmızı konglomera serileri ile karakteristiktir. Bu seri daha güneyde Kelviran ve Melikşah -İkipınar arasında volkanik fasiyesde görülür. Kumtaşı, tüf ve konglomeralardan meydana gelen bu serinin alt kısımları genellikle lav ve kalker çakıllarından meydana gelen konglomeralardan oluşmuştur.

4.1.3.2. Miyosen

İkipınar kuzeyinde ve Miradağ güneyinde görülen birimler, konglomera, killi kalker ve breşimsi kalkerlerle temsil edilir ve Paleosen üzerine diskordans olarak gelmektedir.

4.1.3.3. Pliyosen

Genellikle iyi tutturulmuş kil, konglomera-kumtaşı ve kiltaşları ile temsil edilir ve bölgede geniş yer kaplarlar. Görünür kalınlıkları 200-300 m dir.

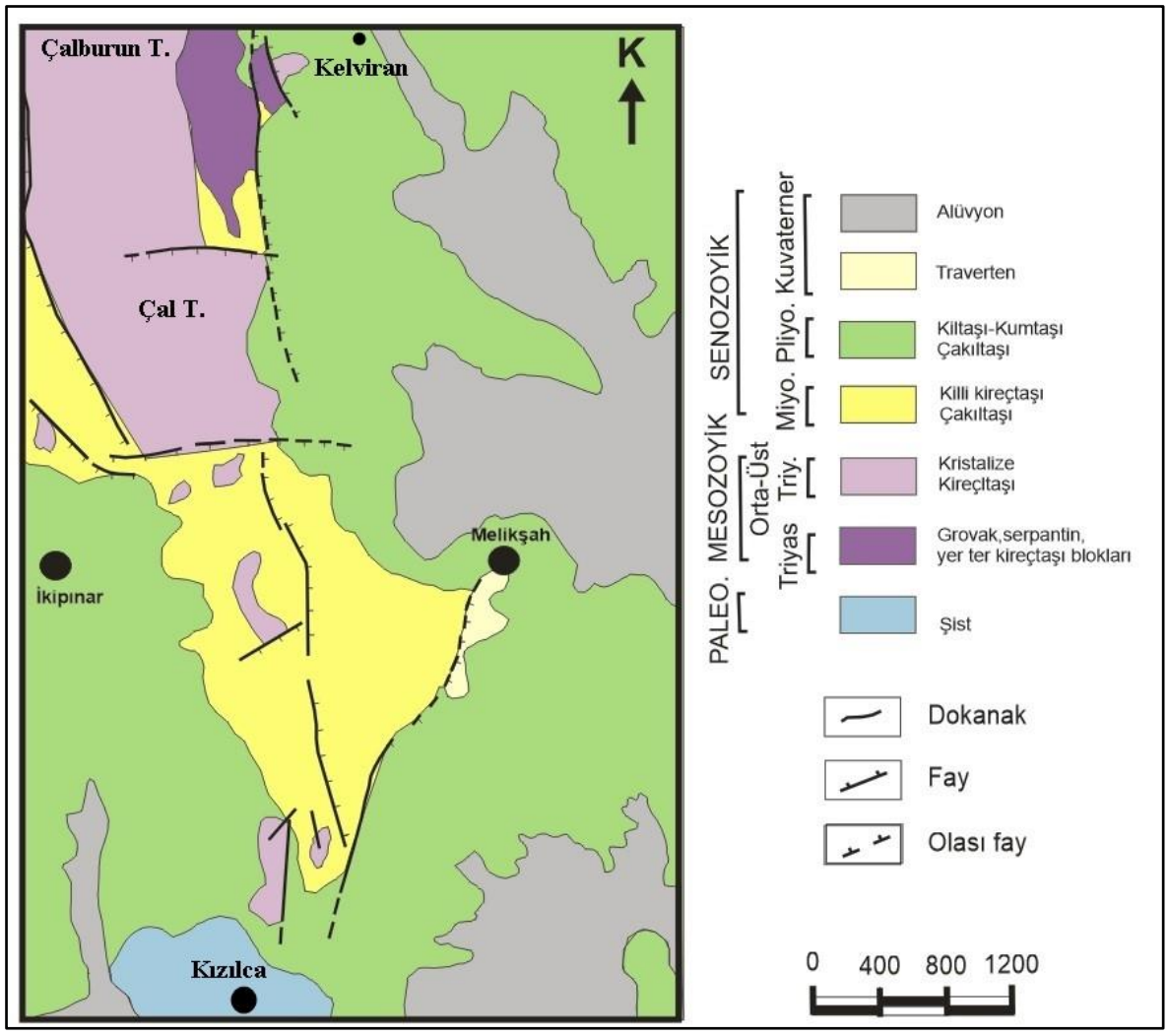
4.1.3.4. Kuvaterner

Melikşah civarında ve İkipınar kuzeybatısında ve batısında görülen travertenler ile daha çok güneyde görülen alüvyonlar Kuvaterner yaşlıdır (Şekil 4.1).

Tüm bu birimlerden, kil, konglomera-kumtaşı ve kiltaşları ile temsil edilen Pliyosen ve konglomera, killi kalker ve breşimsi kalkerlerle temsil edilen Miyosen örtü kaya, Triyas, Permiyen kalkerleri ile şistler içindeki mermerler ise hazne kaya niteliğindedirler (Keskin ve Kartal, 1976).

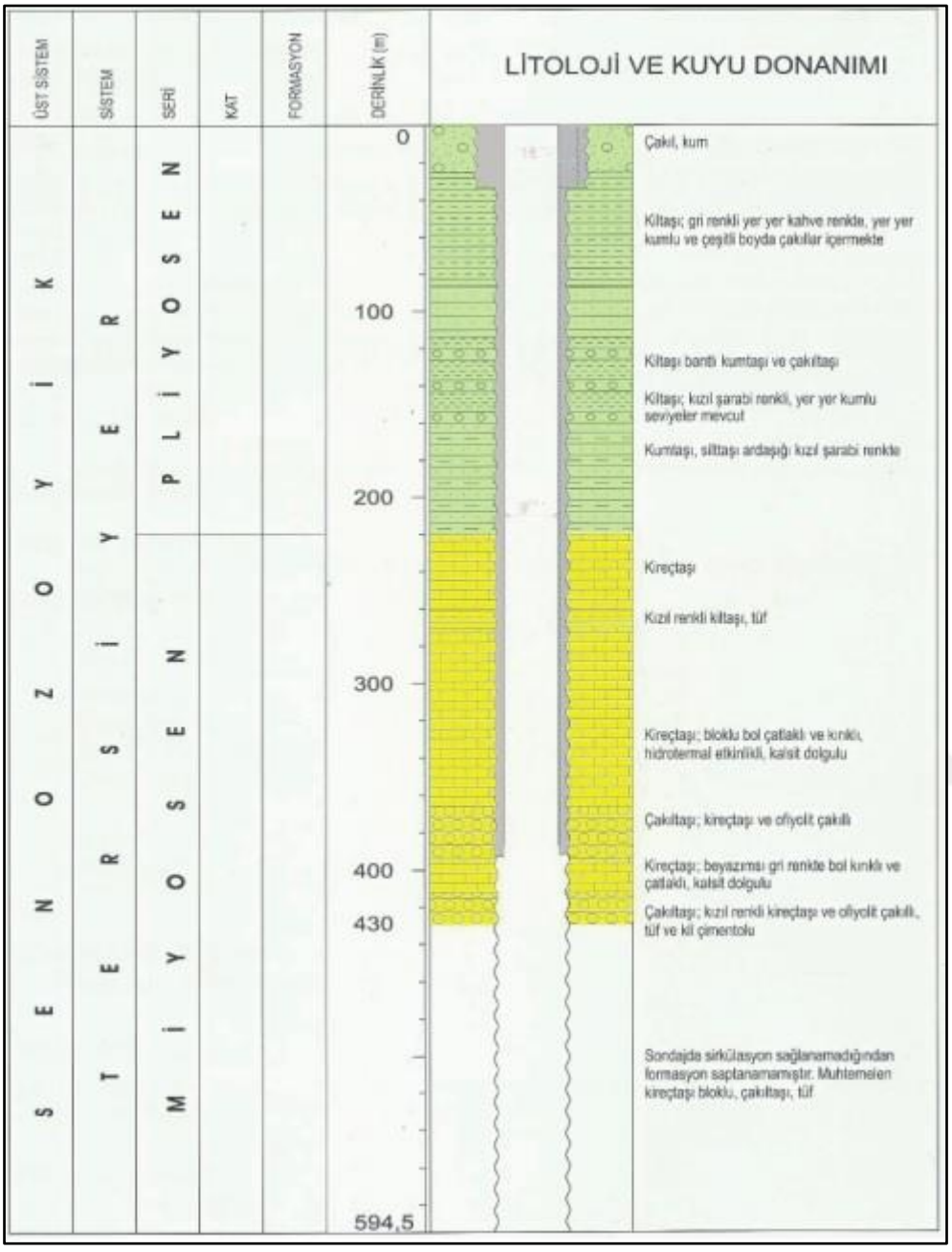
4.2. Tektonik

Çalışma alanında kuzeydoğu - güneybatı ve kuzey - güney uzanımlı olan eğim atımlı normal fayların eğimleri yaklaşık 80 derecedir (Tatlı, 1975, Erişen ve Ünlü, 1980). Melikşah fayı olarak adlandırılan ve Melikşah Köyü' nün batısında ve kuzeybatısında bulunan faylar ise kuzey – güney uzanımlı olup, eğimleri genellikle doğuya doğrudur (Erişen ve Ünlü, 1980). Günümüzde kurumuş olan Melikşah sıcak su kaynakları da bu fay zonunda yer almaktadır (Keskin ve Kartal, 1976).



Şekil 4.1. Çalışma alanı jeoloji haritası. (Keskin ve Kartal, 1976)' dan değiştirilerek alınmıştır.

MH-1/A sıcak su kuyusunun litolojisi Şekil 4.2’ de görülmektedir.



Şekil 4.2. MH-1/A Kuyusu litoloji ve kuyu donanımı. (Keskin ve Kartal, 1976)’ dan değiştirilerek alınmıştır.

4.3.Hidroloji

Tez alanındaki var olan iki soğuksu kaynağından biri kurumuş, diğeri ise faaliyetine devam etmektedir. Bölgede alüvyon zeminden sağlanan soğuk suyun tarımsal faaliyetlerde kullanımı amaçlı derinliği 7 m' yi geçmeyen keson tipi su kuyuları mevcuttur. Tez alanında çalışan tek jeotermal kuyu ise şu anda işletilerek termal turizm amaçlı kullanılmaktadır.

4.3.1.Akarsular

Tez alanının güneydoğusundan Çubuk Çayı geçmektedir. Çubuk Çayı tez alanının yaklaşık 40 km kuzeydoğusunda bulunan Aydos Dağlarından doğmakta ve Ankara İli içerisinde diğer akarsular ile birleşerek Sakarya Nehri üzerinden Karadeniz'e dökülmektedir.

4.3.2.Kaynaklar

Keskin ve Kartal (1976), bölgede üç sıcak su kaynağı olduğunu belirtmişlerdir. Ancak bu kaynaklar günümüzde kurumuş ve atıl durumdadır. Mevcut iki soğuksu kaynağından da biri kurumuş diğeri ise faaliyetine devam etmektedir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. Faaliyetine devam eden soğuk su kaynağı.

4.3.3.Kuyular

Tez alanının tek sıcak su kuyusu olarak MTA Genel Müdürlüğü tarafından açılan MH-1/A kuyusu bulunmaktadır (Şekil 4.4 ve Şekil 4.5). MTA tarafından 1974 Yılında başlatılıp, 1975 yılında bitirilen MH-1/A sondajında 594.50 m derinliğe inilmiş, 39 °C sıcaklıkta ve 300 l/s debili sıcak su elde edilmiştir (Keskin ve Kartal, 1976). MH-1/A kuyusu günümüzde termal turizm amacıyla kullanılmaktadır.



Şekil 4.4. MH-1/A jeotermal kuyusu.

Tez alanında DSİ Genel Müdürlüğü tarafından açılan üç adet sulama amaçlı soğuk su kuyusu da günümüzde kurumuş ve faaliyetlerine devam etmemektedir. Bunun dışında tez alanında bölge sakinleri tarafından açılan tarımsal sulama amaçlı çok sayıda keson kuyu bulunmaktadır. Bu kuyulardan bir tanesi, aynı zamanda bu tez çalışmasında da 4. numunenin alındığı kuyu Şekil 4.6' da gösterilmiştir. Tüm keson kuyuların derinliği 7 m' yi geçmemektedir.



Şekil 4.5. MH-1/A jeotermal kuyusu başka bir görünüm.



Şekil 4.6. Tez alanında bulunan bir keson kuyu.

1975 Yılında MTA tarafından açılan MH-1/ A kuyusu Şekil 4.4 ve Şekil 4.5'de, tez alanındaki derinliği 7 m'yi geçmeyen kuyulardan bir tanesi de Şekil 4.6' da gösterilmiştir.

5. BULGULAR VE TARTIŞMA

5.1. Hidrojeokimyasal İncelemeler

Birden beşe kadar numaralandırılan örnekleme noktalarına ait yapılan analizlerden elde edilen ayrıntılı bilgiler ile yerinde ölçüm sonuçları (Şekil 5.1-Şekil 5.5) ve (Çizelge 5.1-Çizelge 5.30)' da verilmektedir.



Şekil 5.1. Bir numaralı örnekleme noktası keson kuyu.

Çizelge 5.1. Bir numaralı örnekleme noktası kurak dönem yerinde ölçüm değerleri.

No	Yerler	Tür	Koordinatı		T (°C)	pH	EC (µmho/cm)
1	Melikşah Köyü batısı	Su kuyusu: 7 m derinlikte	496153 D	4446113 K	16.02	8.21	1349

Çizelge 5.2. Bir numaralı örnekleme noktası kurak dönem majör iyon analiz sonuçları.

Na	K	Mg	Ca	Cl	SO_4	CO_3	HCO_3
mek/l							
3.85	1.47	4.99	5.26	5.29	2.91	0.00	7.36

Çizelge 5.3. Bir numaralı örnekleme noktası kurak dönem O-18 ve döteryum izotop analiz sonuçları.

Lokasyon No	^{18}O δ (‰)	D δ(‰)
1	-9.04	-65.36

Çizelge 5.4. Bir numaralı örnekleme noktası yağışlı dönem yerinde ölçüm değerleri.

No	Yerler	Tür	Koordinatı		T (°C)	pH	EC (µmho/cm)
1	Melikşah Köyü batısı	Su kuyusu: 7 m derinlikte	496153 D	4446113 K	12.94	7.36	1343

Çizelge 5.5. Bir numaralı örnekleme noktası yağışlı dönem majör iyon analiz sonuçları.

Na	K	Mg	Ca	Cl	B	SO_4	CO_3	HCO_3
mek/l								
4.25	1.30	6.76	4.22	5.11	0.38	3.63	0.00	7.78

Çizelge 5.6. Bir numaralı örnekleme noktası yağışlı dönem O-18 ve döteryum izotop analiz sonuçları.

Lokasyon No	^{18}O δ (‰)	D δ(‰)
1	-9.42	-64.45

Bir numaralı örnekleme noktasına ait kuyu ve kuyu yeri Şekil 5.1’ de, kurak ve yağışlı dönem yerinde ölçüm değerleri sırasıyla Çizelge 5.1 ve Çizelge 5.4’de, kurak ve yağışlı dönem majör element analiz sonuçları sırasıyla Çizelge 5.2 ve Çizelge 5.5’ de, kurak ve yağışlı dönem izotop analiz sonuçları da sırasıyla Çizelge 5.3 ve Çizelge 5.6’ da verilmiştir.



Şekil 5.2. İki numaralı örnekleme noktası soğuk su kaynağı.

Çizelge 5.7. İki numaralı örnekleme noktası kurak dönem yerinde ölçüm değerleri.

No	Yerler	Tür	Koordinatı		T (°C)	pH	EC (µmho/cm)
2	Melikşah Köyü batısı	Soğuksu Kaynağı	496133 D	4446134 K	15.20	8.65	1340

Çizelge 5.8. İki numaralı örnekleme noktası kurak dönem majör iyon analiz sonuçları.

Na	K	Mg	Ca	Cl	SO_4	CO_3	HCO_3
mek/l							
3.60	1.18	5.15	5.36	5.08	3.12	0.00	7.09

Çizelge 5.9. İki numaralı örnekleme noktası kurak dönem O-18 ve döteryum izotop analiz sonuçları.

Lokasyon No	^{18}O δ (‰)	D δ(‰)
2	-9.03	-65.35

Çizelge 5.10. İki numaralı örnekleme noktası yağışlı dönem yerinde ölçüm değerleri.

No	Yerler	Tür	Koordinatı		T (°C)	pH	EC (µmho/cm)
2	Melikşah Köyü batısı	Soğuksu Kaynağı	496133 D	4446134 K	13.26	7.84	1296

Çizelge 5.11. İki numaralı örnekleme noktası yağışlı dönem majör iyon analiz sonuçları.

Na	K	Mg	Ca	Cl	SO_4	CO_3	HCO_3
mek/l							
3.00	1.05	6.10	4.00	4.98	4.19	0.00	4.98

Çizelge 5.12. İki numaralı örnekleme noktası yağışlı dönem O-18 ve döteryum izotop analiz sonuçları.

Lokasyon No	^{18}O δ (‰)	D δ(‰)
2	-9.31	-64.95

İki numaralı örnekleme noktasına ait kaynak ve kaynak yeri Şekil 5.2’ de, kurak ve yağışlı dönem yerinde ölçüm değerleri sırasıyla Çizelge 5.7 ve Çizelge 5.10’da, kurak ve yağışlı dönem majör element analiz sonuçları sırasıyla Çizelge 5.8 ve Çizelge 5.11’ de, kurak ve yağışlı dönem izotop analiz sonuçları da sırasıyla Çizelge 5.9 ve Çizelge 5.12’ de verilmiştir.





Şekil 5.3. Üç numaralı örnekleme noktası su kuyusu.

Çizelge 5.13. Üç numaralı örnekleme noktası kurak dönem yerinde ölçüm değerleri.

No	Yerler	Tür	Koordinatı		T (°C)	pH	EC (µmho/cm)
3	Melikşah kuzey batısı	Su kuyusu: 7 m derinlikte	496175 D	4446222 K	14.37	8.11	1377

Çizelge 5.14. Üç numaralı örnekleme noktası kurak dönem majör iyon analiz sonuçları.

Na	K	Mg	Ca	Cl	SO_4	CO_3	HCO_3
mek/l							
9.45	0.90	3.27	3.35	4.75	1.86	0.00	10.36

Çizelge 5.15. Üç numaralı örnekleme noktası kurak dönem O-18 ve döteryum izotop analiz sonuçları.

Lokasyon No	^{18}O δ (‰)	D δ(‰)
3	-9.13	-66.31

Çizelge 5.16. Üç numaralı örnekleme noktası yağışlı dönem yerinde ölçüm değerleri.

No	Yerler	Tür	Koordinatı		T (°C)	pH	EC (µmho/cm)
3	Melikşah kuzey batısı	Su kuyusu: 7 m derinlikte	496175 D	4446222 K	16.65	7.27	1114

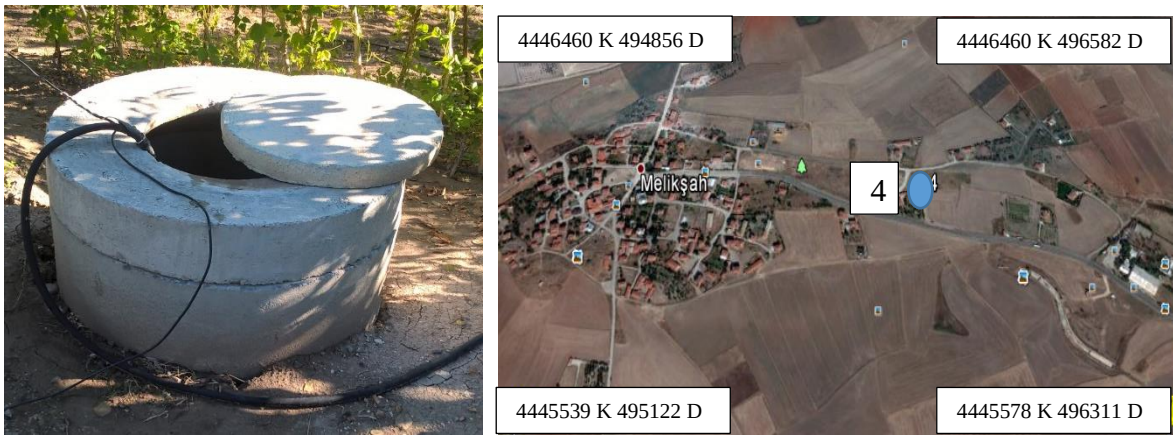
Çizelge 5.17. Üç numaralı örnekleme noktası yağışlı dönem majör iyon analiz sonuçları.

Na	K	Mg	Ca	Cl	SO_4	CO_3	HCO_3
mek/l							
5.30	0.98	3.48	3.44	2.90	2.71	0.00	7.58

Çizelge 5.18. Üç numaralı örnekleme noktası yağışlı dönem O-18 ve döteryum izotop analiz sonuçları.

Lokasyon No	^{18}O δ (‰)	D δ(‰)
3	-9.37	-65.32

Üç numaralı örnekleme noktasına ait kuyu ve kuyu yeri Şekil 5.3’ de, kurak ve yağışlı dönem yerinde ölçüm değerleri sırasıyla Çizelge 5.13 ve Çizelge 5.16’da, kurak ve yağışlı dönem majör element analiz sonuçları sırasıyla Çizelge 5.14 ve Çizelge 5.17’ de, kurak ve yağışlı dönem izotop analiz sonuçları da sırasıyla Çizelge 5.15 ve Çizelge 5.18’ de verilmiştir.



Şekil 5.4. Dört numaralı örnekleme noktası keson kuyu.

Çizelge 5.19. Dört numaralı örnekleme noktası kurak dönem yerinde ölçüm değerleri.

No	Yerler	Tür	Koordinatı		T (°C)	pH	EC (µmho/cm)
4	Melikşah Köyü batısı	Su kuyusu: 7 m derinlikte	495886 D	4445993 K	15.21	6.38	1081

Çizelge 5.20. Dört numaralı örnekleme noktası kurak dönem majör iyon analiz sonuçları.

Na	K	Mg	Ca	Cl	SO_4	CO_3	HCO_3
mek/l							
4.25	0.79	3.67	3.71	2.24	1.80	0.00	8.38

Çizelge 5.21. Dört numaralı örnekleme noktası kurak dönem O-18 ve döteryum izotop analiz sonuçları.

Lokasyon No	^{18}O δ (‰)	D δ(‰)
4	-9.31	-64.98

Çizelge 5.22. Dört numaralı örnekleme noktası yağışlı dönem yerinde ölçüm değerleri.

No	Yerler	Tür	Koordinatı		T (°C)	pH	EC (µmho/cm)
4	Melikşah Köyü batısı	Su kuyusu: 7 m derinlikte	495886 D	4445993 K	13.54	6.51	1048

Çizelge 5.23. Dört numaralı örnekleme noktası yağışlı dönem majör iyon analiz sonuçları.

Na	K	Mg	Ca	Cl	SO_4	CO_3	HCO_3
mek/l							
4.25	0.68	3.69	3.23	2.82	2.00	0.00	7.03

Çizelge 5.24. Dört numaralı örnekleme noktası yağışlı dönem O-18 ve döteryum izotop analiz sonuçları.

Lokasyon No	^{18}O δ (‰)	D δ(‰)
4	-9.11	-61.93

Dört numaralı örnekleme noktasına ait kuyu ve kuyu yeri Şekil 5.4’ de, kurak ve yağışlı dönem yerinde ölçüm değerleri sırasıyla Çizelge 5.19 ve Çizelge 5.22’de, kurak ve yağışlı dönem majör element analiz sonuçları sırasıyla Çizelge 5.20 ve Çizelge 5.23’ de, kurak ve yağışlı dönem izotop analiz sonuçları da sırasıyla Çizelge 5.21 ve Çizelge 5.24’ de verilmiştir.



Şekil 5.5. Beş numaralı örnekleme noktası jeotermal kuyu.

Çizelge 5.25. Beş numaralı örnekleme noktası kurak dönem yerinde ölçüm değerleri.

No	Yerler	Tür	Koordinatı		T (°C)	pH	EC (µmho/cm)
5	Melikşah Güneydoğusu	Jeotermal kuyu	496270 D	4445826 K	32.60	8.52	980

Çizelge 5.26. Beş numaralı örnekleme noktası kurak dönem majör iyon analiz sonuçları.

Na	K	Mg	Ca	Cl	SO_4	CO_3	HCO_3
mek/l							
1.61	0.17	2.47	2.13	0.36	0.13	2.67	3.22

Çizelge 5.27. Beş numaralı örnekleme noktası kurak dönem O-18 ve döteryum izotop analiz sonuçları.

Lokasyon No	^{18}O δ (‰)	D δ(‰)
5	-10.60	-73.98

Çizelge 5.28. Beş numaralı örnekleme noktası yağışlı dönem yerinde ölçüm değerleri.

No	Yerler	Tür	Koordinatı		T (°C)	pH	EC (µmho/cm)
5	Melikşah Güneydoğusu	Jeotermal kuyu	496270 D	4445826 K	29.59	8.65	910

Çizelge 5.29. Beş numaralı örnekleme noktası yağışlı dönem majör iyon analiz sonuçları.

Na	K	Mg	Ca	Cl	SO_4	CO_3	HCO_3
mek/l							
1.51	0.12	1.50	2.82	0.43	0.12	1.01	4.39

Çizelge 5.30. Beş numaralı örnekleme noktası yağışlı dönem O-18 ve döteryum izotop analiz sonuçları.

Lokasyon No	^{18}O δ (‰)	D δ(‰)
5	-10.60	-73.62

Beş numaralı örnekleme noktasına ait kuyu ve kuyu yeri Şekil 5.5' de, kurak ve yağışlı dönem yerinde ölçüm değerleri sırasıyla Çizelge 5.25 ve Çizelge 5.28'de, kurak ve yağışlı dönem majör element analiz sonuçları sırasıyla Çizelge 5.26 ve Çizelge 5.29' da, kurak ve yağışlı dönem izotop analiz sonuçları da sırasıyla Çizelge 5.27 ve Çizelge 5.30' da verilmiştir.

Ayrıca 5 numaralı örneğin alındığı MH-1/A kuyusuna ait 1975 yılında MTA tarafından yapılan analize ait majör element değerleri de mg/l olarak aşağıdaki çizelgede gösterilmiştir. (Çizelge 5.31).

Çizelge 5.31. 1975 yılı MH-1/A kuyusu majör element değerleri (mg/l) (MTA,1975).

Kuyu adı	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^{+}	Na^{+}	Cl^{-}	HCO_3^{-}	CO_3^{2-}	SO_4^{2-}
MH-1/A (1975)	67.54	17.4	5.85	49.00	10.5	344.74	10.8	49.00

5.2. Hata Payı Değerlendirmeleri

Analiz sonuçlarına ait hata paylarının hesaplanmasında, 5.1 numaralı eşitlik kullanılmıştır. Her iki dönemde yapılan analiz sonuçları için aşağıdaki çizelgelerde görüldüğü gibi hata payı % 5 den küçük olduğu için kabul edilebilir sınırlar içerisindedir (Çizelge 5.32 ve Çizelge 5.33).

Çizelge 5.32. Kurak dönem analizi yapılan örneklerin katyon ve anyon değerleri (mg/l) ve hata payı.

No	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^{+}	Na^{+}	∑ Katyon	Cl^{-}	HCO_3^{-}	CO_3^{2-}	SO_4^{2-}	∑ Anyon	E.N %
1	5.26	4.99	1.47	3.85	15.57	5.29	7.36	0.00	2.91	15.56	0,03
2	5.36	5.15	1.18	3.60	15.29	5.08	7.09	0.00	3.12	15.29	0.00
3	3.35	3.27	0.90	9.45	16.97	4.75	10.36	0.00	1.86	16.97	0.00
4	3.71	3.67	0.79	4.25	12.42	2.24	8.38	0.00	1.80	12.42	0.00
5	2.13	2.47	0.17	1.61	6.38	0.36	3.22	2.67	0.13	6.38	0.00

$$\text{Hata payı} = \text{E.N} = \left| \frac{\sum \text{Katyon} - \sum \text{Anyon}}{\sum \text{Katyon} + \sum \text{Anyon}} \right| \times 100 \qquad 5.1$$

Çizelge 5.33. Yağışlı dönem analizi yapılan örneklerin katyon ve anyon değerleri (mg/l) ve hata payı.

No	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^{+}	Na^{+}	∑ Katyon	Cl^{-}	HCO_3^{-}	CO_3^{2-}	SO_4^{2-}	∑ Anyon	E.N %
1	4.22	6.76	1.30	4.25	16.53	5.11	7.78	0.00	3.63	16.52	0,03
2	4.00	6.10	1.05	3.00	14.15	4.98	4.98	0.00	4.19	14.15	0.00
3	3.44	3.48	0.98	5.30	13.20	2.90	7.58	0.00	2.71	13.19	0.03
4	3.23	3.69	0.68	4.25	11.85	2.82	7.03	0.00	2.00	11.85	0.00
5	2.82	1.50	0.12	1.51	5.95	0.43	4.39	1.01	0.12	5.95	0.00

Ayrıca 5 numaralı örneğin alındığı MH-1/A kuyusuna ait 1975 yılında MTA tarafından yapılan analize ait anyon ve katyon değerleri de mek/l olarak aşağıdaki çizelgede gösterilmiştir. (Çizelge 5.34).

Çizelge 5.34. 1975 Yılı MH-1/A kuyusu katyon ve anyon değerleri (mek/l) (MTA,1975) ve hata payı.

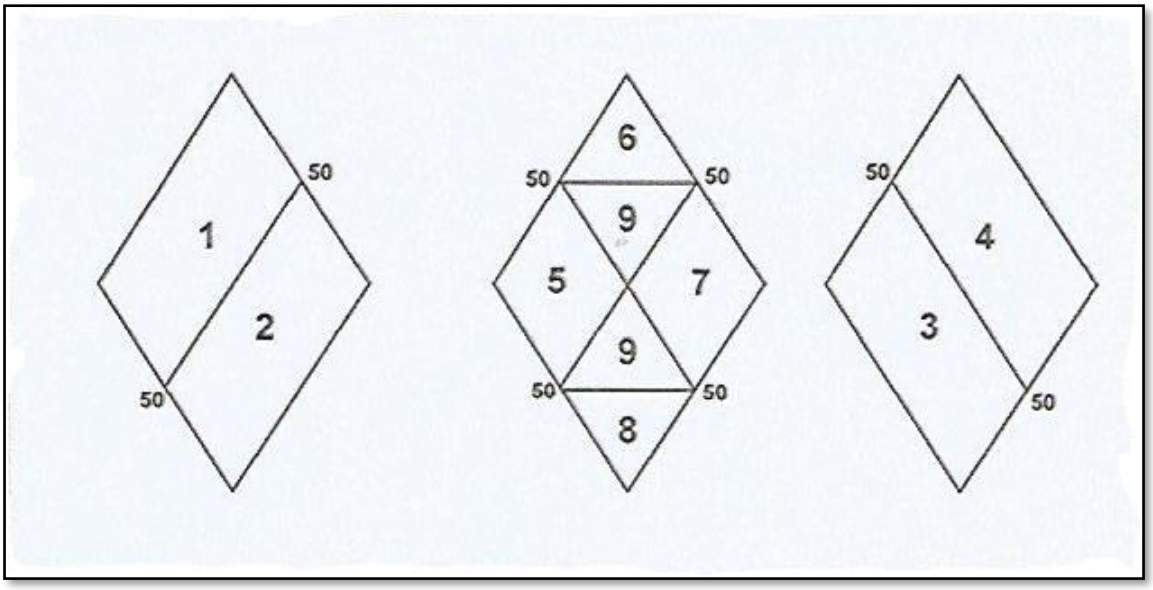
Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^{+}	Na^{+}	∑ Katyon	Cl^{-}	HCO_3^{-}	CO_3^{2-}	SO_4^{2-}	∑ Anyon	E.N %
3.37	1.43	0.15	2,13	7,08	0.296	5.65	0.360	1.02	7.326	1,71

Çizelgede görüldüğü gibi hata payı % 5 den küçük olduğu için kabul edilebilir sınırlar içerisindedir (Çizelge 5.34).

5.3. Piper ve Schoeller Diyagramı Değerlendirmeleri

5.3.1. Piper diyagramı değerlendirmeleri

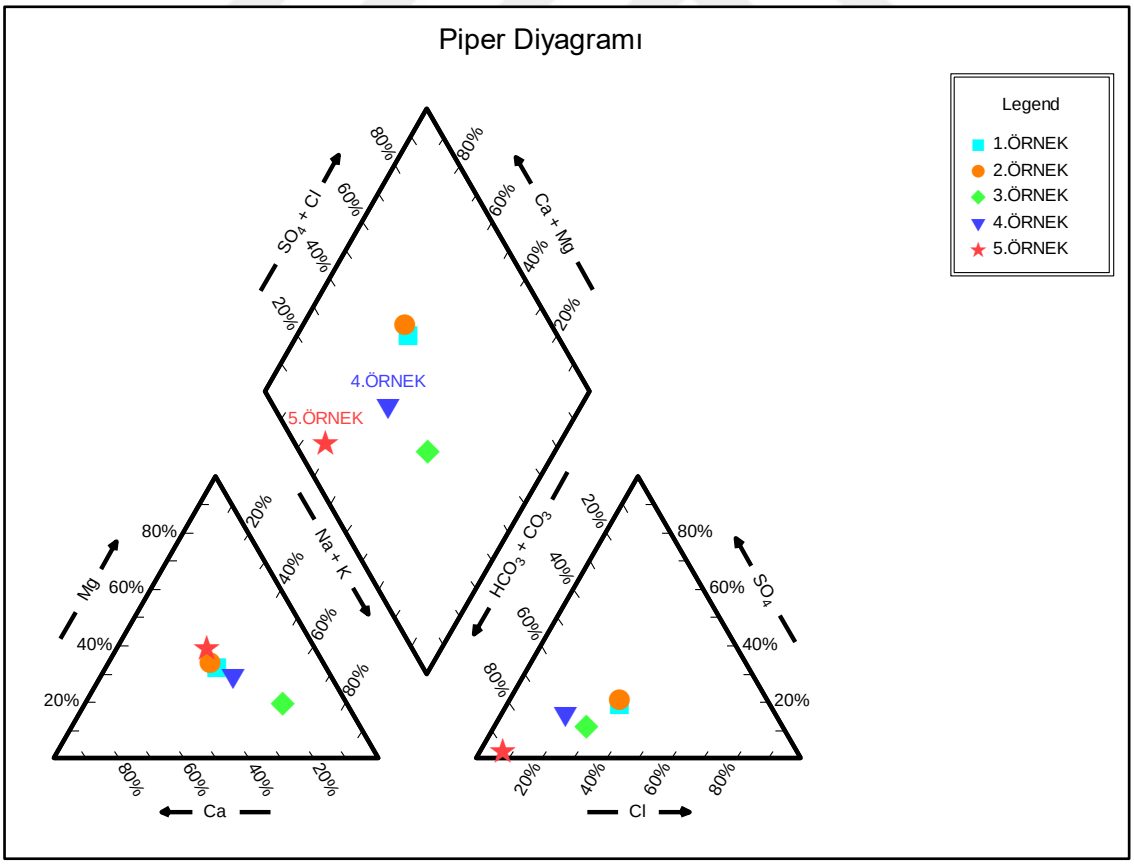
Piper diyagramında bölgelerin temsil edildiği su fasiyesleri aşağıdaki gibidir (Şekil 5.6).



Şekil 5.6. Piper diyagramı bölgeleri (Doğan,1981).

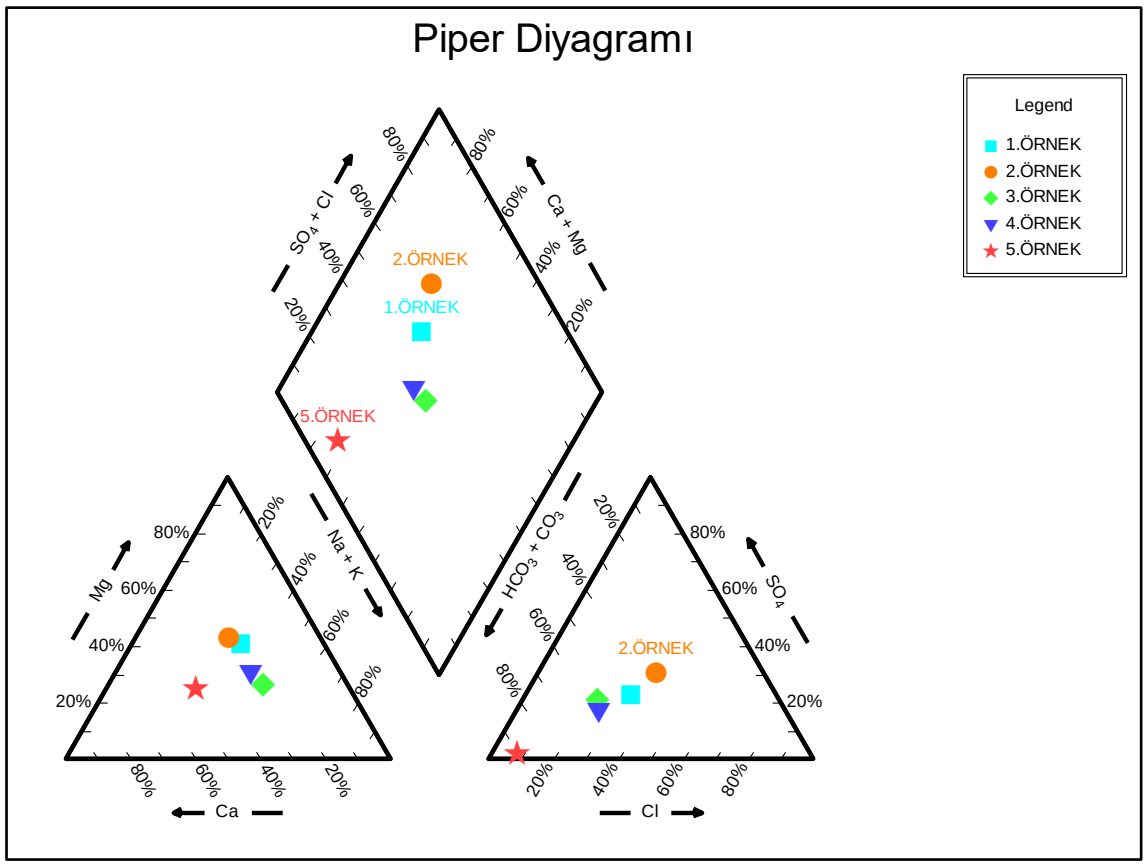
Şekil 5.6' da gösterilmiş olan bölgelerden birinci bölge, $Ca^{2+} + Mg^{2+} > Na^{+} + K^{+}$ (karbonatlı ve sülfatlı sular), ikinci bölge, $Na^{+} + K^{+} > Ca^{2+} + Mg^{2+}$ (tuzlu ve sodalı sular), üçüncü bölge, $HCO_3^{-} + CO_3^{2-} > Cl^{-} + SO_4^{2-}$, dördüncü bölge, $Cl^{-} + SO_4^{2-} > HCO_3^{-} + CO_3^{2-}$, beşinci bölge, karbonat sertliği > karbonat olmayan sertlik ($CaCO_3$ ve $MgCO_3$ 'lü sular), altıncı bölge, karbonat olmayan sertlik > karbonat sertliği ($CaSO_4$ ve $MgSO_4$ 'lü sular), yedinci bölge, karbonat olmayan alkalinite > karbonat alkalinitesi (NaCl, $NaSO_4$ ve KCl'li sular), sekizinci bölge, karbonat alkalinitesi > karbonat olmayan alkalinite olarak ve dokuzuncu bölge de hiçbir iyonu % 50'yi geçmeyen sular olarak ifade edilmektedir (Doğan, 1981).

Kurak dönem için analizleri yapılan örneklerin Piper diyagramı aşağıdaki gibidir (Şekil 5.7). Buna göre 1, 2, ve 5. örnekler, Ca+Mg > Na+K, karbonatlı ve sülfatlı sular grubuna girerken 3. ve 4. örnekler ise Na+K>Ca+Mg, tuzlu ve sodalı sular sınıfına girmektedir. Beş numaralı örnek, karbonat sertliği > karbonat olmayan sertlik ($CaCO_3$ ve $MgCO_3$ 'lü sular) olarak nitelendirilmektedir.



Şekil 5.7. Kurak dönemde alınan numunelerin Piper diyagramları (Piper, 1944).

Yağışlı dönem için analizleri yapılan örneklerin Piper diyagramı da aşağıdaki gibidir (Şekil 5.8). Buna göre kurak dönemde olduğu gibi 1, 2 ve 5 numaralı örnekler, Ca+Mg > Na+K, karbonatlı ve sülfatlı sular grubuna girmektedir. 3 ve 4 numaralı örnekler ise Na+K>Ca+Mg, tuzlu ve sodalı sular sınıfına girmektedir.



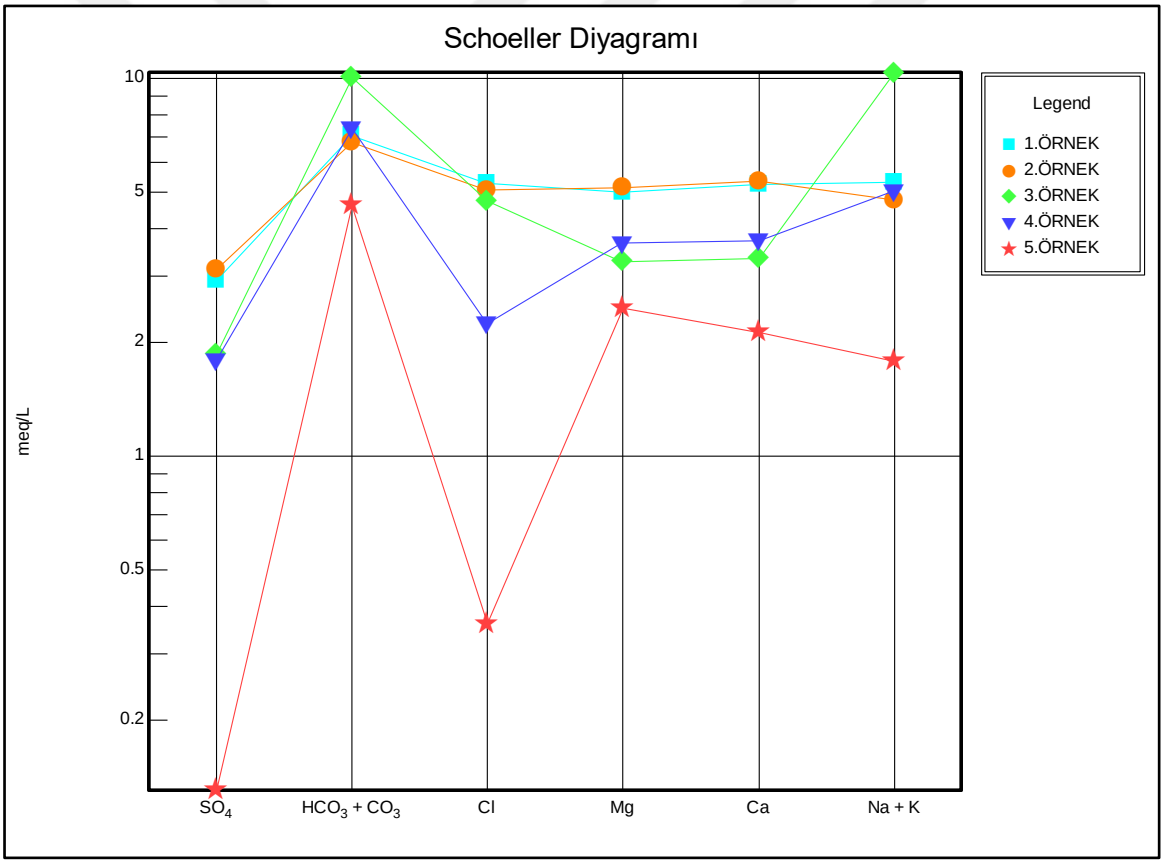
Şekil 5.8. Yağışlı dönemde alınan numunelerin Piper diyagramları (Piper, 1944).

5.3.2. Schoeller diyagramı değerlendirmeleri

Schoeller diyagramında logaritmik eksen üzerine her bir iyona ait analiz sonuçlarının mek/l değerleri işaretlenmektedir. Kökenleri aynı olan sular, diyagramda birbirlerine paralel olarak görüldüğünden suların kökenlerinin aynı olduğu anlaşılmaktadır. Yeraltı suyunun akım yönünde iyonlarca zenginleşmesinden dolayı, beslenme bölgesinden boşalım bölgesine doğru konsantrasyonlarda artış görülür (Şahinci, 1985). Sülfat konsantrasyonu diğer iyonlara göre oldukça düşük ise sülfat indirgenmesinden söz etmek mümkün olabilir. Hidrojen sülfürün (HS^-), oksidasyonu ile SO_4^{-2} konsantrasyonu artar (Nicholson, 1993). Klor konsantrasyonlarından büyük ya da yaklaşık eşit olan yüzey sularındaki yüksek SO_4^{-2}

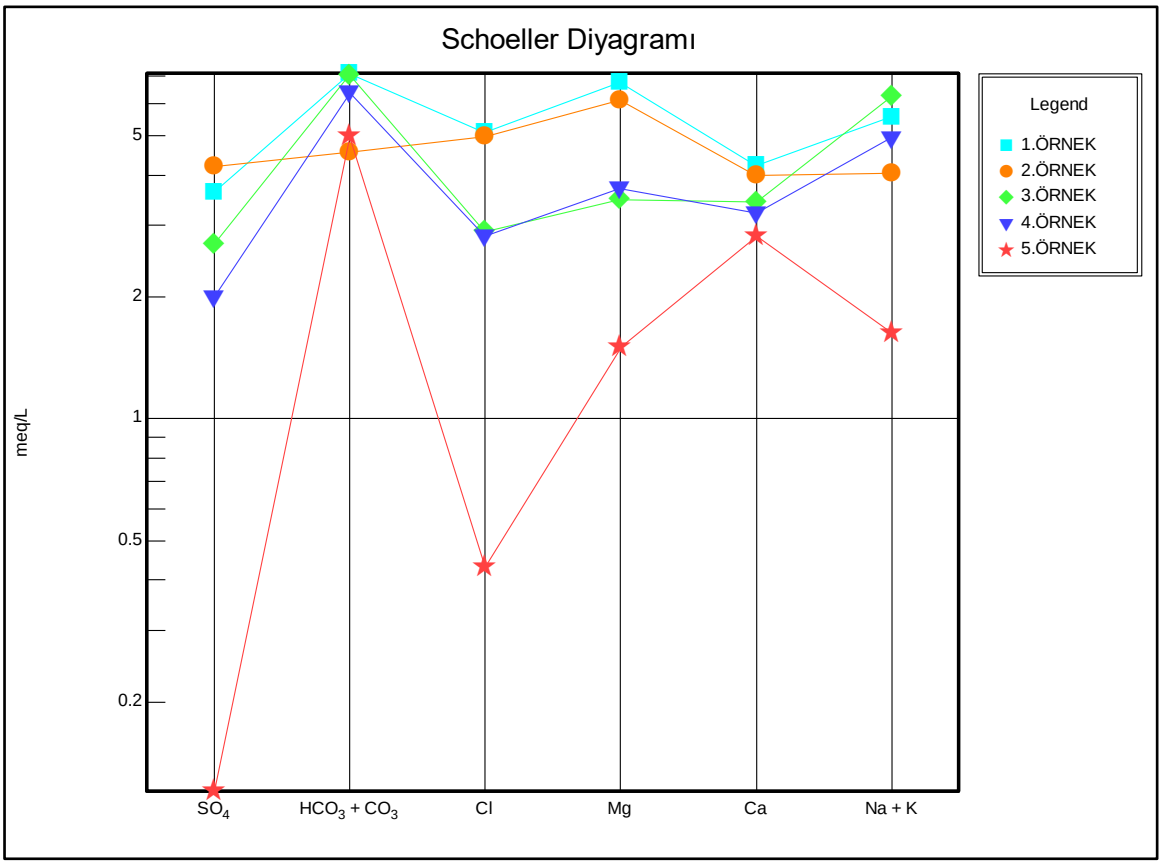
konsantrasyonu, genellikle yüzeye yakın sular içinde buhar yoğunlaşmasının varlığını gösterir. Bunun yanında düşük SO_4^{-2} derişimlerinde, bu durumun nedeni bakteriyel sülfat indirgenmesi olabilir. Bu yüzden sülfat indirgenmesi doğal sularda beklenmedik şekilde düşük SO_4^{-2} derişimlerine sebep olabilmektedir.

Kurak dönem analizleri yapılan örneklerin Schoeller diyagramları aşağıda gösterilmiştir (Şekil 5.9). Buna göre 1 ve 2 numaralı örnekler aynı kökene sahip sular iken 3, 4 ve 5 numaralı örnekler de diğer bir aynı kökeni oluşturan sular olarak değerlendirilebilir. Düşük sülfat değerinden dolayı 3, 4 ve 5 numaralı aynı kökene sahip sulardan 5 numaralı su sülfat indirgenmesine uğramıştır denilebilir.



Şekil 5.9. Kurak dönem analizleri yapılan örneklere ait Schoeller diyagramı (Schoeller, 1962).

Yağışlı dönem analizleri yapılan örneklerin Schoeller diyagramları aşağıda gösterilmiştir (Şekil 5.10). Buna göre 1 ve 2 numaralı örnekler aynı kökene sahip sular iken 3,4 ve 5 numaralı örnekler de diğer bir aynı kökeni oluşturan sular olarak değerlendirilmiştir. Yine kurak dönemdeki gibi düşük sülfat değerinden dolayı, 3, 4 ve 5 numaralı aynı kökene sahip sulardan 5 numaralı su sülfat indirgenmesine uğramıştır denilebilir.

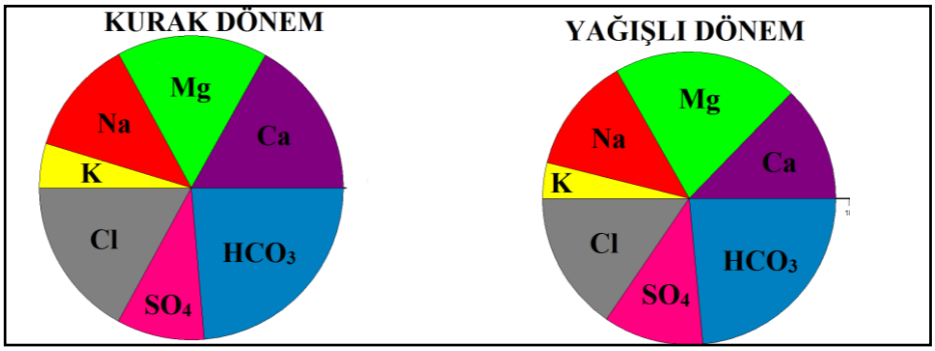


Şekil 5.10. Yağışlı dönem analizleri yapılan örneklere ait Schoeller diyagramı (Schoeller, 1962).

5.4. Pie Diyagramı Değerlendirmeleri

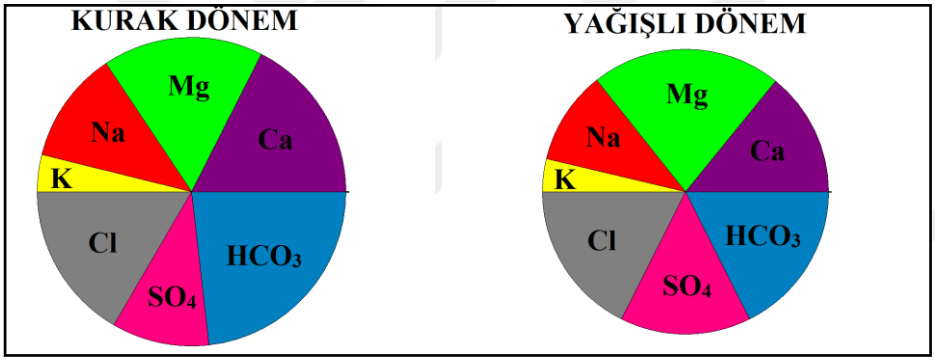
Aşağıdaki pie diyagramlarında kurak ve yağışlı dönem majör element analiz sonuçları karşılaştırılarak verilmiştir (Şekil 5.11-Şekil 5.15). Ayrıca 1975 yılında MTA tarafından MH-1/A kuyusu için yapılan analizler için de pie diyagramı çizilmiştir (Şekil 5.16).

Bir numaralı örnek kurak ve yağışlı dönemde $CaMgHCO_3$ tipindedir. (Şekil 5.11).



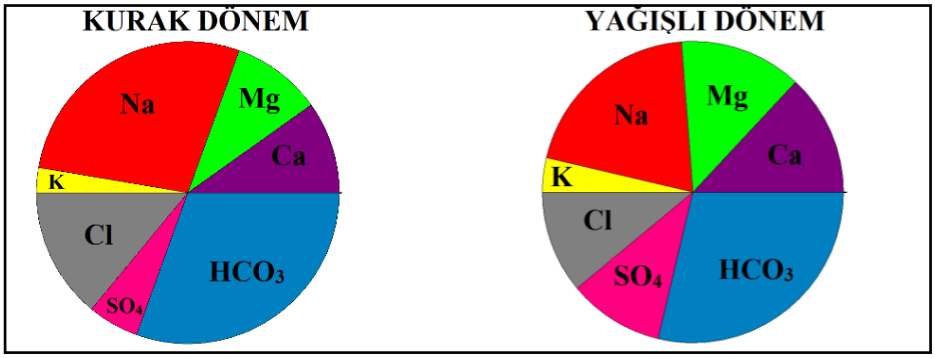
Şekil 5.11. Birinci örneklerin pie diyagramları.

İki numaralı örnek de kurak ve yağışlı dönemde $CaMgHCO_3$ tipindedir (Şekil 5.12).



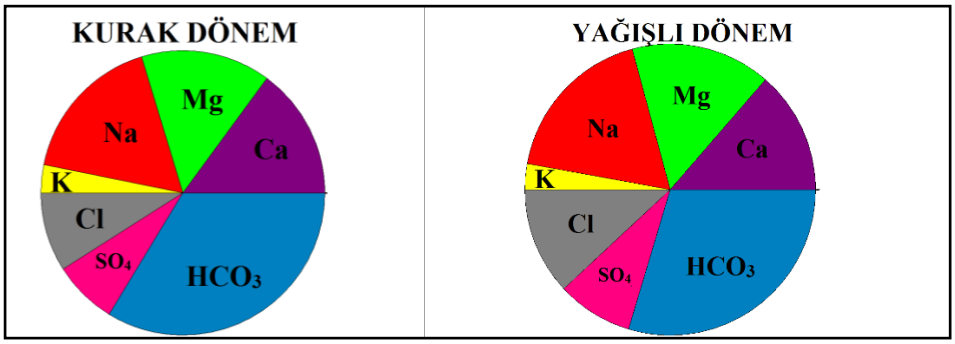
Şekil 5.12. İkinci örneklerin pie diyagramları.

Üç numaralı örnek, kurak ve yağışlı dönemde $NaHCO_3$ tipindedir (Şekil 5.13).



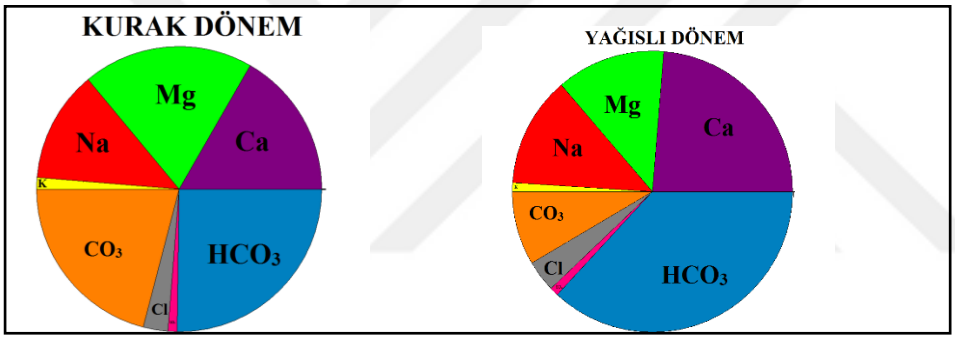
Şekil 5.13. Üçüncü örneklerin pie diyagramları.

Dört numaralı örnekler, kurak ve yağışlı dönemde $NaHCO_3$ tipindedir (Şekil 5.14).



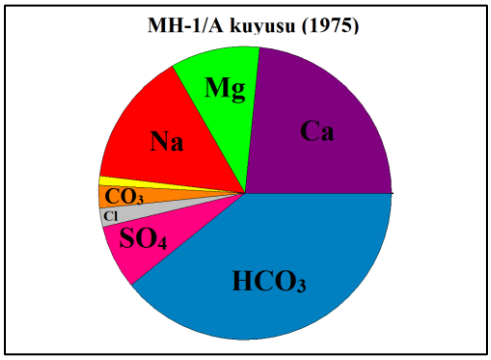
Şekil 5.14. Dördüncü örneklerin pie diyagramları.

Beş numaralı örnekler her iki dönemde de $CaMgHCO_3$ tipindedir. (Şekil 5.15).



Şekil 5.15. Beşinci örneklerin pie diyagramları.

Şekil 5.16'da görülen diyagramda MTA tarafından 1975 yılında analizleri yapılan MH-1/A kuyusuna ait majör elementler yer almaktadır (Şekil 5.16). Bu sonuçlara göre su tipi $CaMgHCO_3$ olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 5.16. MH-1/A kuyusu (1975) pie diyagramı.

$CaMgHCO_3$ ‘ lı suların, kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı birimlerinden gelebileceği, $NaHCO_3$’ lı suların kil, marn ile ilgili olduğu ve katyon değişiminden kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

5.5. Doygunluk İndeksleri

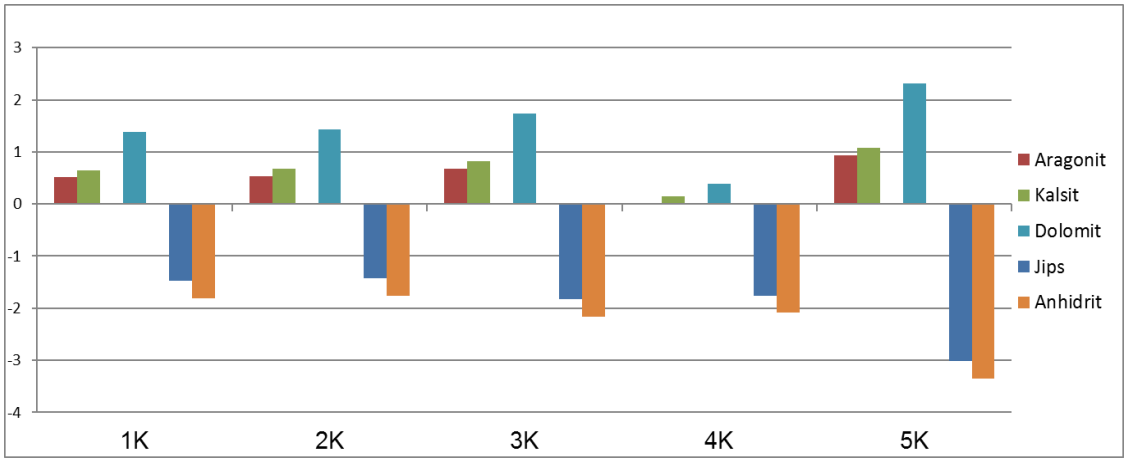
Suyun kimyasal kompozisyonu, pH’ı ve çıkış sıcaklığından yararlanılarak hesaplanan mineral doygunluk indeksleri Çizelge 5.35 ve Çizelge 5.36’ da verilmektedir. Doygunluk indeksi (Di) değerlendirmeleri ise şöyledir. Di = 0 ise su ilgili mineral ile dengededir yani doygundur. Di < 0 ise su ile ilgili mineral doygun değildir yani minerali çözündürücü özelliktedir. Eğer Di > 0 ise su ilgili minerale aşırı doygundur yani mineral çökeltici özelliktedir.

Çizelge 5.35. Kurak dönem analizi yapılan örneklerin mineral doygunluk indeksleri.

Örnek No	Jips	Anhidrit	Kalsit	Aragonit	Dolomit
1	-1.47	-1.81	0.65	0.51	1.38
2	-1.43	-1.77	0.68	0.53	1.43
3	-1.83	-2.17	0.82	0.68	1.74
4	-1.76	-2,09	0.15	0.00	0.39
5	-3.01	-3.35	1.08	0.93	2.32

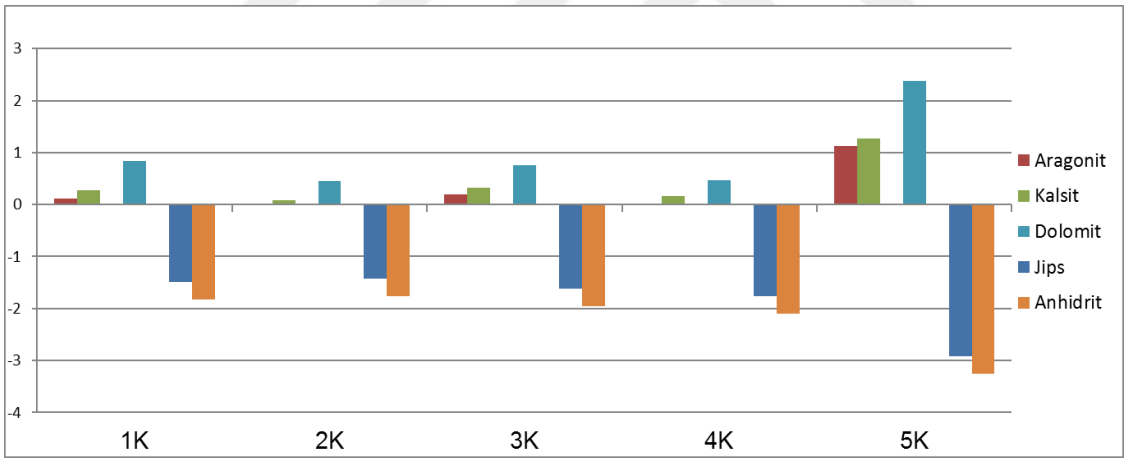
Çizelge 5.36. Yağışlı dönem analizi yapılan örneklerin mineral doygunluk indeksleri.

Örnek No	Jips	Anhidrit	Kalsit	Aragonit	Dolomit
1	-1.49	-1.83	0.27	0.12	0.83
2	-1.42	-1.76	0.09	0.00	0.45
3	-1.62	-1.96	0.33	0.19	0.76
4	-1.76	-2.10	0.16	0.01	0.47
5	-2.92	-3.26	1.27	1.13	2.38



Şekil 5.17. Kurak dönem doygunluk indeksi diyagramı.

Kurak dönem analizleri yapılan numunelerden Şekil 5.17' de görüldüğü gibi tüm örnekler dolomit, aragonit, kalsit minerallerine doygunluk ve doygunluk üstü değerler verirken, jips ve anhidrit minerallerine doygun olmadığı tespit edilmiştir (Şekil 5.17).



Şekil 5.18. Yağışlı dönem doygunluk indeksi diyagramı.

Çizelge 5.35, Çizelge 5.36 ve Şekil 5.18'de görüldüğü gibi tüm örnekler kurak dönem analiz sonuçları gibi kalsit ve dolomite doygunluk üstü değerler verirken değişiklik, 2 numaralı örnekte olmuştur. İki numaralı örnek, kurak dönemden farklı olarak Aragonit minerali ile dengededir. İki numaralı örnek dışında diğer örnekler kurak dönemde olduğu gibi Aragonit mineraline doygunluk üstü değerler vermektedir (Şekil 5.18).

5.6. Suların Tarımsal Sulamada Kullanılabilme Özellikleri

Bir bitkinin yaşamını devam ettirebilmesi topraktan yeterli derecede su ve besin elementleri alması ile mümkündür. Bitkiden istenilen gelişim ve verimin alınması, sulama suyu kalitesi ile birebir ilgilidir. Örneğin tuzlu bir sulama suyu bitkinin turgor basıncını arttırır ve bitki içinde su dolaşımının bozulmasına neden olur. Sulardaki tuzluluğun göstergesi olarak elektriksel konduktivite (EC) değerleri kullanılmaktadır. Özgül elektriksel iletkenlik yani elektriksel konduktivite (EC), +25 °C'deki 1 cm^3 suyun iletkenliğidir ve ds/m olarak ifade edilir.

Sulama suyundaki katyonlar ve anyonlar direkt olarak bitki yapısına geçebileceği gibi sulanan toprakta bir takım reaksiyonlara da neden olabilmektedir. Örneğin sulama suyu ile ortama gelen Ca^{++} katyonunun kil minerallerinin yüzeyinde bulunan eşdeğer bir miktar Mg^{++} katyonu ile yer değiştirmesi gibi. Bunun için sulama suyundaki katyon ve anyonlar bitki sağlığı açısından hayati öneme sahiptir.

5.6.1. Sulardaki temel iyonlar

5.6.1.1. Kalsiyum (Ca^{+2})

Kalsiyum yerkabuğunda oksijen, silisyum, alüminyum ve demirden sonra ağırlık yüzdesine göre beşinci sırada yer almaktadır. Kalsiyumun başlıca kaynakları, kalsit, aragonit, jips, anhidrit gibi mineraller ile anortit, albit, piroksen gibi silikatlı minerallerdeki kalsiyumun çözünmesi olarak belirtilebilir.

5.6.1.2. Magnezyum (Mg^{+2})

Olivin, piroksen ve amfibolün yapısında yer alır. Sularda genellikle karbonatların çözünmesi ile bulunur. Magnezyum bitki yapraklarına yeşil rengini veren klorofilin önemli bir bileşim unsurudur. Magnezyum sulama sularında sodyum tehlikesini azaltıcı etkisi vardır.

5.6.1.3. Potasyum (K^+)

Yerkabuğunda potasyum miktarının büyük bir kısmı alkali feldspatlarda bulunmaktadır (Şahinci, 1991). Mika, feldspat(mikroklin, ortoklas) ve nefelinde bol miktarda bulunmaktadır. Sularda potasyum sodyuma göre daha az miktarda bulunur.

5.6.1.4. Sodyum (Na^+)

Doğada kolayca eriyen sodyum tuzları sayesinde sularda kolayca çözünebilmektedir. Sodyum topraktaki baz değişimi olayları nedeniyle toprak tarafından tutulma eğilimindedir. Sodyum sulama suyu sınıflamalarında oldukça önemlidir. Sodyumun sulama suyu açısından önemi toprak ve bitkiler üzerinde zararlı etkilerinden dolayıdır. Sodyum oranı %50'yi geçerse, sulama suyunda sodyum tehlikesinden söz edilebilir. Topraktaki sodyum hakim katyon halini alırsa toprakların sodikleşmesi söz konusu olabilir.

5.6.1.5. Klor (Cl^-)

Klor genellikle sedimanter kayaçlarda ve özellikle evaporitlerde bulunmaktadır. Ayrıca hornblend, biyotit ve sodalit gibi magmatik kayaçların minerallerinde klor iyonu mevcuttur. Sedimanter kütleler içindeki tuz yatakları sulardaki klorun en önemli kaynağıdır.

5.6.1.6. Sülfat (SO_4^{-2})

Jips ve anhidrit minerallerinin yıkanması doğal sulardaki sülfatın en önemli kaynağını oluşturur. Diğer sülfat tuzları da sulardaki sülfat konsantrasyonunun değişmesine neden olur.

5.6.1.7. Karbonat ve bikarbonat (CO_3^-, HCO_3^-)

Doğal sularda karbonat ve bikarbonat arasındaki ilişki ortam pH 'ına bağlıdır. Karbonat reaksiyonları nedeni ile sulardaki karbonat ve bikarbonat konsantrasyonları değişmektedir. Karbonat reaksiyonları olarak 4 tip reaksiyondan bahsedilebilir. Bunlardan birincisi, suyun, karbondioksit (CO_2) gazıyla etkileşerek karbonik asit (H_2CO_3) oluşturması, ikincisi, karbonik asitin (H_2CO_3) suda, bikarbonat (HCO_3^-) ve hidrojen iyonu (H^+) oluşturacak

şekilde çözünmesi, üçüncüsü sudaki bikarbonatın (HCO_3^-) karbonat ve hidrojen iyonu (H^+) oluşturacak şekilde çözünmesi ve son olarak da sudaki kalsiyum karbonatın ($CaCO_3$), kalsiyum (Ca^{+2}) ve karbonat (CO_3^{-2}) iyonlarını verecek şekilde çözünmesidir.

5.6.2. Kalıcı sodyum karbonat değerlendirmeleri

Sulama suyunun kullanılabilirliğini belirleyen faktörlerden biri de kalıcı sodyum karbonat miktarı (RSC) dir. Kalıcı sodyum karbonat aşağıdaki eşitlikle hesaplanır (eşitlik 5.2).

$$RSC = (HCO_3^- + CO_3^2) – (Ca^{2+} + Mg^{2+}) \quad 5.2$$

Kalıcı sodyum karbonat miktarına göre yapılan sınıflamada, sulama suyu için RSC > 2,5 mek/ l ise sulamaya uygun değildir. RSC 2.5-1.25 mek / l arasında ise toprak düzenlemesi önerilir. Eğer RSC < 1.25 mek / l ise o su sulamada rahatlıkla kullanılabilir. Aşağıdaki çizelgede analizi yapılan örneklerin, hesaplanan RSC değerleri görülmektedir (Çizelge 5.37).

Çizelge 5.37. Analizleri yapılan örneklerin hesaplanan RSC değerleri.

Örnek No	Kurak dönem RSC (mek/l)	Yağışlı dönem RSC (mek/l)
1K	-2.89	-3.20
2K	-3.42	-5.12
3K	3.74	0.66
4K	1.00	0.11
5K	1.29	1.08

Çizelge 5.37’ deki RSC değerlerinden görüldüğü gibi kurak dönemde RSC > 2.5 mek/l olduğundan dolayı 3 numaralı örneğin alındığı su, sulama suyu olarak kullanılamaz iken 1,2 ve 4. örneklerin alındığı su rahatlıkla sulama suyu olarak kullanılabilir. Ancak kurak dönemde 5 numaralı örneğin alındığı su sulama suyu olarak kullanılacaksa toprak düzenlemesi önerilir. Buna karşın yağışlı dönemde bütün sular sulamada kullanılabilir.

Önerilen toprak düzenlemesi olarak ilk önce yapılması gereken, toprakta etkili bir drenaj sistemi oluşturmaktır. Daha sonra toprak bol miktarda su ile yıkanmalıdır. Kimyasal

madde kullanılarak yapılan toprak düzenlemesi de ülkemizde yaygındır. Kimyasal madde olarak ülkemizde en çok jips minerali kullanılır. Jips öğütülerek toprağa karıştırılır ve yıkanma suyu verilir.

5.6.3. Sodyum adsorpsiyon oranı değerlendirmeleri

Sodyum zararının belirlenmesinde, sodyum adsorpsiyon oranı, (SAR) adı verilen bir değer kullanılır (eşitlik 5.3).

$$SAR = Na^{+} / \ ((Ca^{2+} + Mg^{2+}) / 2)^{1/2} \qquad 5.3$$

Eşitlikte katyon miktarları mek/l dir. SAR değeri 0-10 arasında ise sodyum zararı düşük, 10-18 arasında ise orta, 18-26 arasında ise yüksek ve 26 dan fazla ise çok yüksektir (Güngör vd.,1995). Aşağıdaki çizelgede analizi yapılan örneklerin, hesaplanan SAR değerleri görülmektedir (Çizelge 5.38). Çizelge 5.38'de görüldüğü gibi her iki dönemde de tüm örneklerin SAR değerleri 10 mek/ l den küçük olduğu için Güngör vd.ne (1995) göre sodyum zararı düşük sular olarak nitelendirilebilir.

Çizelge 5.38. Analizleri yapılan örneklerin hesaplanan SAR değerleri.

Örnek No	Kurak dönem SAR (mek/l)	Yağışlı dönem SAR (mek/l)
1K	1.70	1.81
2K	1.57	1.34
3K	5.19	2.85
4K	2.21	2.29
5K	1.06	1.03

5.6.4. Wilcox diyagramı değerlendirmeleri

Wilcox diyagramında % Na ve EC değerleri kullanılarak sulamada suların kullanılabilirliği ile ilgili "çok iyi", "iyi-kullanılabilir", "şüpheli kullanılabilir", "şüpheli kullanılamaz" ve "sulamaya uygun değildir" alanlarından yararlanılarak değerlendirme yapılmaktadır. %Na değeri aşağıdaki 5.4 eşitliği ile hesaplanmıştır.

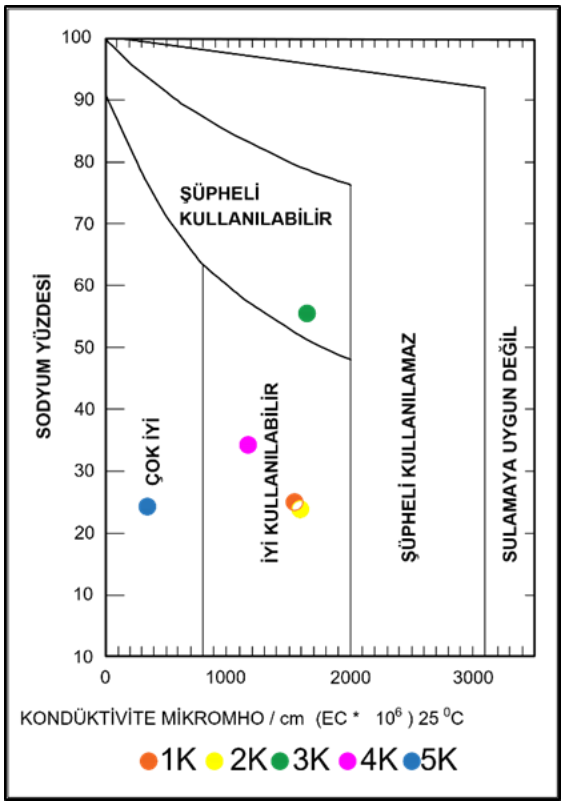
$$\%Na = Na/ (Na+Ca+Mg+K) \times 100 \quad (5.4)$$

Kurak dönem için EC değerleri ve hesaplanan % Na değerleri aşağıdaki çizelgede verilmiştir (Çizelge 5.39).

Çizelge 5.39. Kurak dönem EC değerleri ve hesaplanan %Na değerleri.

Örnek No	EC (micromho/cm) (25 °C)	Kurak dönem % Na
1K	1650	24.7
2K	1630	23.5
3K	1760	55.6
4K	1310	34.2
5K	580	25.23

Wilcox diyagramına göre, kurak dönemde 5 numaralı örnek çok iyi su olarak, 1 ve 2 numaralı örnekler iyi kullanılabilir su olarak ve 3 numaralı örnek ise şüpheli kullanılabilir su olarak sınıflandırılmaktadır (Şekil 5.19).



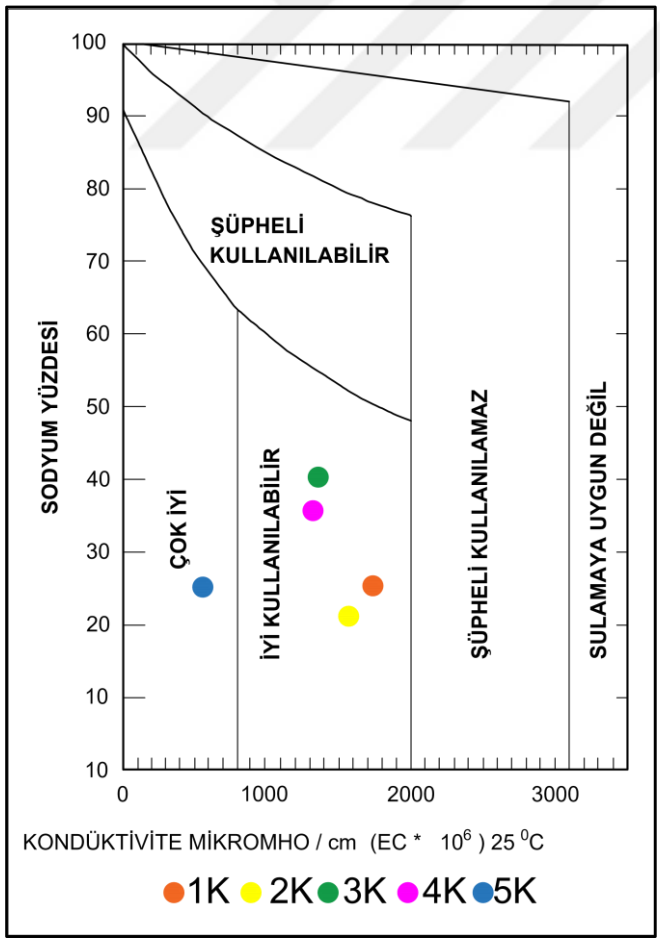
Şekil 5.19. Kurak dönem analizleri yapılan örneklerin Wilcox diyagramı (Wilcox, 1955).

Yağışlı dönem için EC değerleri ve hesaplanan % Na değerleri aşağıdaki çizelgede verilmiştir (Çizelge 5.40).

Çizelge 5.40. Yağışlı dönem EC değerleri ve hesaplanan %Na değerleri.

Örnek No	EC (micromho/cm) (25 °C)	Yağışlı dönem % Na
1K	1730	25.71
2K	1580	21.20
3K	1360	40.15
4K	1310	35.86
5K	570	25.38

Wilcox diyagramına göre, yağışlı dönemde sadece 5 numaralı örnek “çok iyi” sınıfındadır, diğer örnekler ise “iyi kullanılabilir” sınıfındadır (Şekil 5.20).



Şekil 5.20. Yağışlı dönem analizleri yapılan örneklerin Wilcox diyagramı (Wilcox, 1955).

5.6.5. ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramı değerlendirmeleri

Ülkemizde yaygın bir kullanım alanı bulan ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramı da sulama suyu kalitesi hakkında bilgi verir. Bu diyagram, yatay eksende tuzluluk zararı (EC) değeri, düşey eksende sodyum adsorpsiyon oranı (SAR) değeri bulunmak üzere toplam 16 sınıfa ayrılan bir diyagramdır.

Aşağıdaki çizelgelerde analizi yapılan örneklerin, analizlerden elde edilen EC ve hesaplanan SAR değerleri görülmektedir (Çizelge 5.41 ve Çizelge 5.42).

Çizelge 5.41. Kurak dönem EC değerleri ve hesaplanan SAR değerleri.

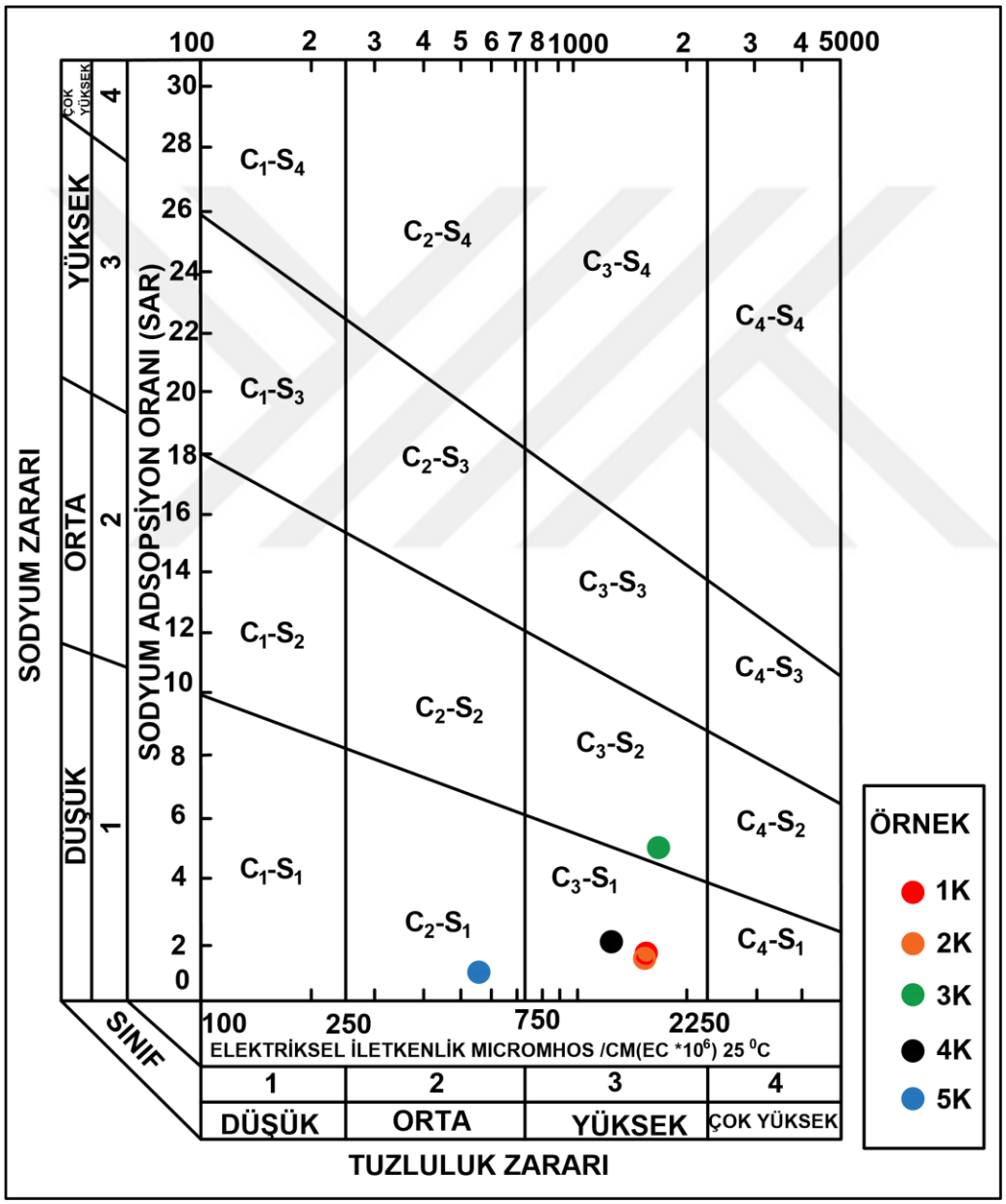
Örnek No	EC (micromho/cm) (25 °C)	Kurak dönem SAR (mek/l)
1K	1650	1.70
2K	1630	1.57
3K	1760	5.19
4K	1310	2.21
5K	580	1.06

Çizelge 5.42. Yağışlı dönem EC değerleri ve hesaplanan SAR değerleri.

Örnek No	EC (micromho/cm) (25 °C)	Yağışlı dönem SAR (mek/l)
1K	1730	1.81
2K	1580	1.34
3K	1360	2.85
4K	1310	2.29
5K	570	1.03

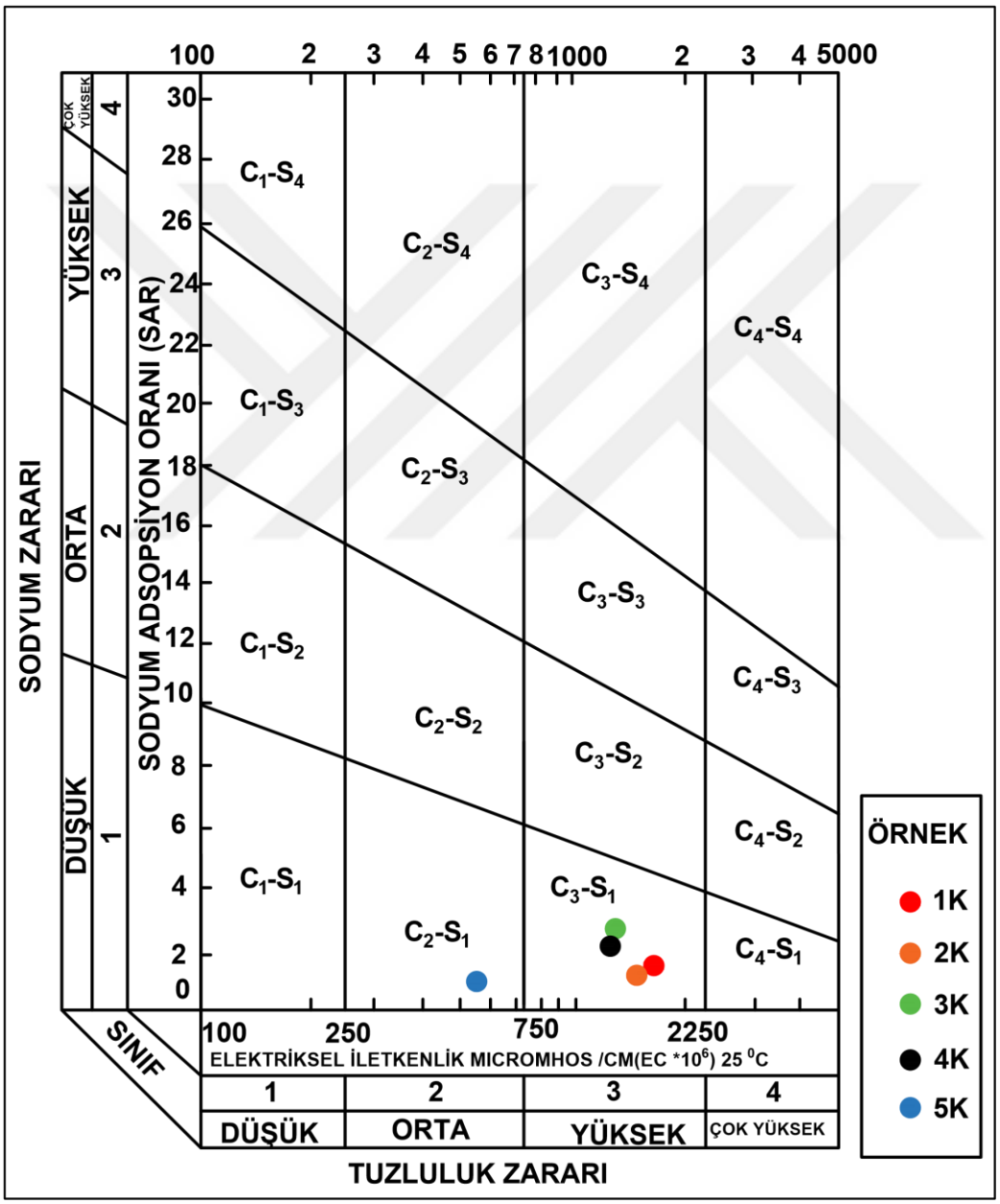
Kurak ve yağışlı dönemde yapılan analiz sonuçlarından elde edilen değerlere göre yapılan ABD tuzluluk diyagramı sınıflamaları aşağıdaki şekillerde verilmiştir (Şekil 5.21 ve Şekil 5.22).

Elektriksel iletkenlik ve sodyum adsorbsiyon oranı değerleri kullanılarak yapılan ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramı sınıflamasına göre, kurak dönemde 1, 2 ve 4 numaralı örneklerin sınıfı C_3-S_1 yani yüksek tuzlu ve düşük sodyumlu su olarak değerlendirilmiştir. Üç numaralı örnek, C_3-S_2 yani yüksek tuzlu ve orta sodyumlu su olarak ve 5 numaralı örnek ise C_2-S_1 yani orta tuzlu düşük sodyumlu su olarak değerlendirilmiştir (Şekil 5.21).



Şekil 5.21. Kurak dönemde alınan numunelerin ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramı.

Yağışlı dönem için yapılan ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramı sınıflamasına göre, 1, 2, 3 ve 4 numaralı örneklerin sınıfı C_3-S_1 yani yüksek tuzlu ve düşük sodyumlu su ve 5 numaralı örnek ise C_2-S_1 yani orta tuzlu düşük sodyumlu su olarak değerlendirilmiştir (Şekil 5.22). İnceleme döneminde değişiklik sadece 3 numaralı örnekte olmuştur. Üç numaralı örnek kurak dönemde, C_3-S_2 yani yüksek tuzlu ve orta sodyumlu su iken yağışlı dönemde, C_3-S_1 yani yüksek tuzlu ve düşük sodyumlu su sınıfına katılmıştır.



Şekil 5.22. Yağışlı dönemde alınan numunelerin ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramı.

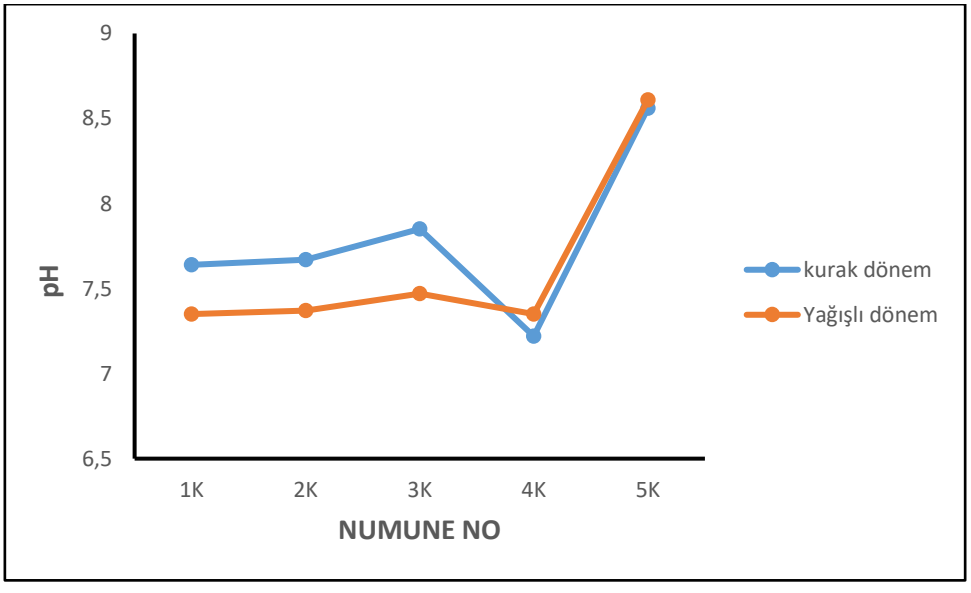
5.6.6. pH değerlendirmeleri

Suların asidik ve bazik olma özelliklerini gösteren pH değerlerine göre örneklere ait sular incelendiğinde suların bazik karakterde olduğu belirlenmiştir (Çizelge 5.43). pH < 7 ise sular asidik özellikte, pH > 7 ise sular bazik özelliktedir.

Çizelge 5.43. Kurak ve yağışlı dönem pH değerleri.

Örnek No	Kurak dönem pH(22 °C)	Yağışlı dönem pH(22 °C)
1K	7.64	7.35
2K	7.67	7.37
3K	7.85	7.47
4K	7.22	7.35
5K	8.56	8.61

Aşağıdaki şekilde kurak dönem ve yağışlı dönem pH değişimi görülmektedir. Buna göre 4. ve 5. örneklerde yağışlı dönemde pH bir miktar yükselmiş, buna karşın 1., 2. ve 3. örneklerde yağışlı dönemde pH bir miktar düşmüştür (Şekil 5.23).



Şekil 5.23. pH değişimleri.

5.7. Suların Sertlikleri

Toplam sertlik aşağıdaki bağıntıyla hesaplanır (eşitlik 5.5). (Ca ve Mg değerleri mek/l cinsinden alınmalıdır.) Suların sertliklerine göre sınıflandırılması Çizelge 5.44'de belirtilmiştir (Gahous,1990).

$$\text{Toplam Sertlik} = (rCa + rMg) \times 5 \qquad 5.5$$

Çizelge 5.44. Suların sertliklerine göre sınıflandırılması (Gahoush,1990).

Sertlik (Fransız)	**Suyun Sınıfı**
0-7,2	Çok yumuşak
7,2-14,5	Yumuşak
14,5-21,5	Az sert
21,5-32,5	Oldukça sert
32,5-54	Sert
> 54	Çok sert

Çalışma alanına ait suların hesaplanan sertlik değerleri Çizelge 5.45 'de belirtilmiştir.

Çizelge 5.45. Çalışma alanına ait suların sertlik değerleri.

Örnek No	**SERTLİK (Kurak dönem)**	**SERTLİK (Yağışlı dönem)**
1	51.25	54.9
2	52.55	50.5
3	33.1	34.6
4	36.9	34.6
5	23	21.6

Çizelge 5.45' de görüldüğü gibi 5 numaralı örnek oldukça sert, yağışlı dönem bir numaralı örnek çok sert, ikinci, üçüncü, dördüncü numunelere ait sular ise sert sular sınıfındadır.

5.8. Suların İçilebilirliği

Çalışma kapsamında suların su kalitelerini araştırmak için seçilen parametreler, Avrupa Birliği (AB), Dünya Sağlık Örgütü (WHO), Türk İçmesuyu (TS 266) standartlarıyla karşılaştırılmıştır (Çizelge 5.46). Buna göre, sıcaklık sınır değerini jeotermal kaynak suyu aşmıştır. Potasyum değerleri 5. örnek hariç tüm örneklerde sınır değerlerin üzerindedir. Kurak dönem 3. örnek 217 mg/l olan Na değeri ile Na sınır değerini aşmıştır. Tüm örneklerin toplam sertlikleri sınır değerler üzerindedir. Bu nedenlerden dolayı tez çalışması kapsamında incelenen hiçbir su içme suyu olarak kullanılamaz.

Çizelge 5.46. Türk (TS 266), Dünya sağlık örgütü (WHO) ve Avrupa Birliği (AB) içme suyu standartlarının tavsiye edilen ve maksimum izin verilen değerleri.

Parametre	Tavsiye Edilen (TS 266)	Maks.İzin Verilen (TS 266)	Tavsiye Edilen (AB)	Maks.İzin verilen (AB)	Tavsiye Edilen (WHO)	Tüm örnekler Min. - Maks. Değer
Sıcaklık (°C)	12	25	12	25	-	12.94-**32.60**
pH	6.5-8.5	6.5-9.2	6.5-8.5	-	-	6.38-8,65
EC (µS/cm)	400	2000	400	-	-	910-1377
Cl (mg/l)	25	600	25	-	250	12,8-188
SO_4 (mg/l)	25	250	25	250	250	5.76-201
Ca (mg/l)	100	200	100	-	-	42.7-107
Mg (mg/l)	30	30	30	50	-	18.2-82.2
Na (mg/l)	20	175	20	175	200	34.7-**217**
K (mg/l)	10	12	10	12	-	4.69-**57.5**
Toplam Sertlik $CaCO_3$ (mg/l)	-	150	-	150	-	**216.17-550.21**

5.9. İzotop Çalışmaları

İzotoplar bir elementin atam numarası (proton sayısı) aynı, atomik kütlesi farklı olan atomlarıdır. Atomik kütle proton ve nötron sayılarının toplamına eşittir. Başka bir deyiş ile proton sayıları aynı, nötron sayısı faklı atomlara izotop denir. Çevresel (doğal) izotoplar kararlı (duraylı) ve radyoaktif izotoplar olmak üzere iki gruba ayrılır. Radyoaktif izotoplar radyoaktif bozuşma gösteren, duraylı izotoplar ise radyoaktif bozuşma göstermeyen izotoplardır.

Yeraltısuyu çalışmalarında kullanılan iki önemli çevresel izotop Oksijen18 (^{18}O) ve Döteryum (^{2}H)' dur. Hidrojenin doğada Hidrojen (^{1}H) ve Döteryum (^{2}H) olmak üzere iki adet duraylı izotopu ve bir adet de trityum (^{3}H) olmak üzere radyoaktif izotopu vardır. Oksijenin ise ^{16}O, ^{17}O, ^{18}O olmak üzere üç adet duraylı izotopu vardır. Bu izotopların sudaki miktarı kütle spektrometresi ile ölçülür. Ölçüm sonuçları (δ) simgesi ile verilir. Dünyada kabul görmüş standart "Standart Ortalama Deniz Suyu" kelimelerinin İngilizce baş harflerinden oluşan SMOW dur. δ değeri standarttan binde birlik sapmayı göstermektedir. Hidrolojik döngünün giriş ve çıkış noktalarını en iyi şekilde temsil etmesinden dolayı, okyanus suyu standart olarak seçilmiştir (Gonfiantini, 1978; Gat ve Gonfiantini, 1981). Bir örneğin 18 O ve D içeriği eşitlik 5.6 ve eşitlik 5.7' deki gibi ifade edilir.

$$\delta\,^{18}\mathrm{O} = \frac{(18O/16O)örnek - (18O/16O)smow}{(18O/16O)smov} * 1000 \qquad 5.6$$

$$\delta\ \mathrm{D} = \frac{(D/H)örnek - (D/H)smow}{(D/H)smov} * 1000 \qquad 5.7$$

Craig, 1961 tarafından Dünya'da farklı bölgelerden toplanan yağış sularının δ18O ve δD değerlerinin δD=8(δ18O)+10 denklemi ile tanımlanan çizgisel bir ilişkiye sahip olduğu belirtilmiştir. Oksijen ve hidrojen izotop oranları bölgeye düşen yağış, sıcaklık, buharlaşma miktarları ve coğrafik koşullar gibi farklı faktörlere bağlı olarak değişir (Clark vd., 1997; Clark ve Fritz, 1997).

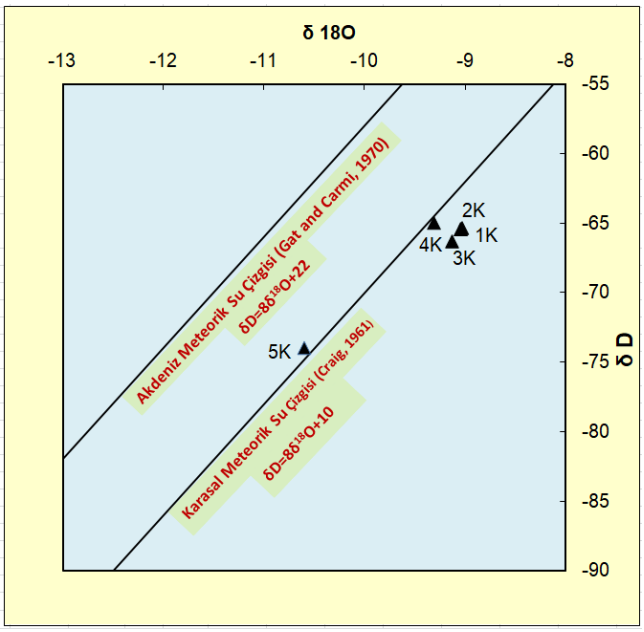
Aşağıdaki Çizelgelerde kurak dönem ve yağışlı dönemde alınan numunelerin oksijen18 ve döteryum izotop analiz sonuçları verilmiştir (Çizelge 5.47 ve Çizelge 5.48).

Çizelge 5.47. Kurak dönem oksijen-18 ve döteryum izotop analiz sonuçları.

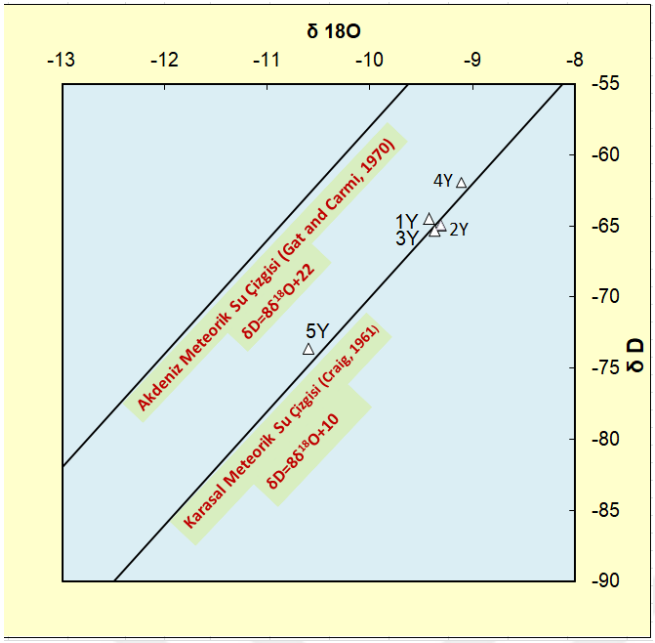
Örnek No	**^{18}O δ (‰)**	**D δ (‰)**
1	-9.04	-65.36
2	-9.03	-65.35
3	-9.13	-66.31
4	-9.31	-64.98
5	-10.60	-73.98

Çizelge 5.48. Yağışlı dönem oksijen-18 ve döteryum izotop analiz sonuçları.

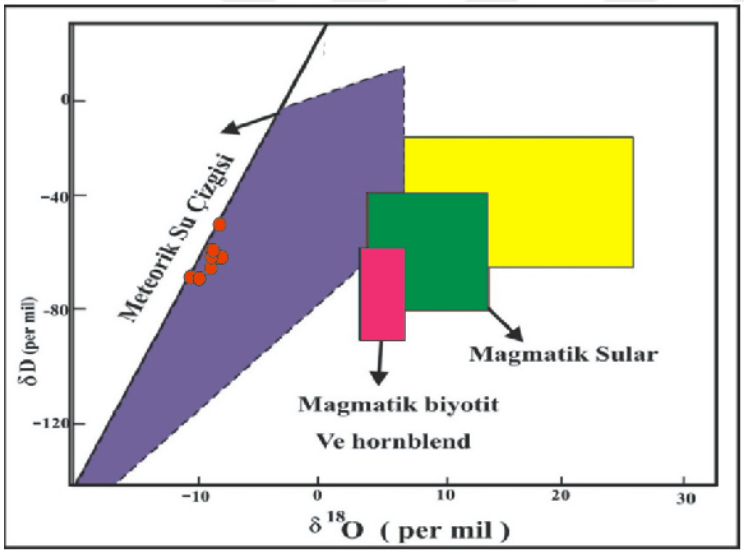
Örnek No	**^{18}O δ (‰)**	**D δ (‰)**
1	-9.42	-64.45
2	-9.31	-64.95
3	-9.37	-65.32
4	-9.11	-61.93
5	-10.60	-73.62



Şekil 5.24. Kurak dönem Oksijen-18 ve döteryum diyagramı.



Şekil 5.25. Yağışlı dönem Oksijen-18 ve döteryum diyagramı



Şekil 5.26. Farklı su kaynaklarının izotop bileşimini ve fiziko – kimyasal süreçlerin su bileşimi üzerine etkilerini gösterir D – ^{18}O diyagramı (Güleç vd., 2002). (veri kaynakları : mağmatik sular-Taylor, 1974; Sheppard, 1977;metamorfik sular – Taylor, 1974; Sheppard, 1981; fosil sular – Taylor, 1974; mağmatik biyotit ve hornblend – Taylor, 1974).

Analiz sonuçları farklı araştırmacılar tarafından kabul edilen su kaynaklarının fiziko kimyasal süreçlerini ve izotop bileşimini gösteren diyagramlara yerleştirildiğinde suların meteorik kökenli sular olduğu ortaya çıkmıştır (Şekil 5.24, Şekil 5.25, Şekil 5.26).

5.10. Sıcak Suların Rezervuar Sıcaklıklarının Hesaplanması

Reed ve Spysher (1984) tarafından sıcaklık ile mineral doygunluk indeksi (SI) değerlerinin değişmesi esasına dayanarak jeotermal sistemlerde rezervuar sıcaklığın tahmin edilmesinde kullanılan bir yöntem geliştirilmiştir. Bu yönteme göre farklı sıcaklık değerlerinden elde edilen doygunluk doğrularının kesiştiği sıcaklık aralığı rezervuar sıcaklığı hakkında bilgi vermektedir.

Çalışma alanında 5 numaralı örneklere ait doygunluk indeksleri (SI), 25 ºC, 50 ºC, 75 ºC, 100 ºC, 125 ºC ve 150 ºC sıcaklıklar için USGS Phreeqc Interactive programı yardımı ile hesaplanmıştır (Çizelge 5.49 ve Çizelge 5.50).

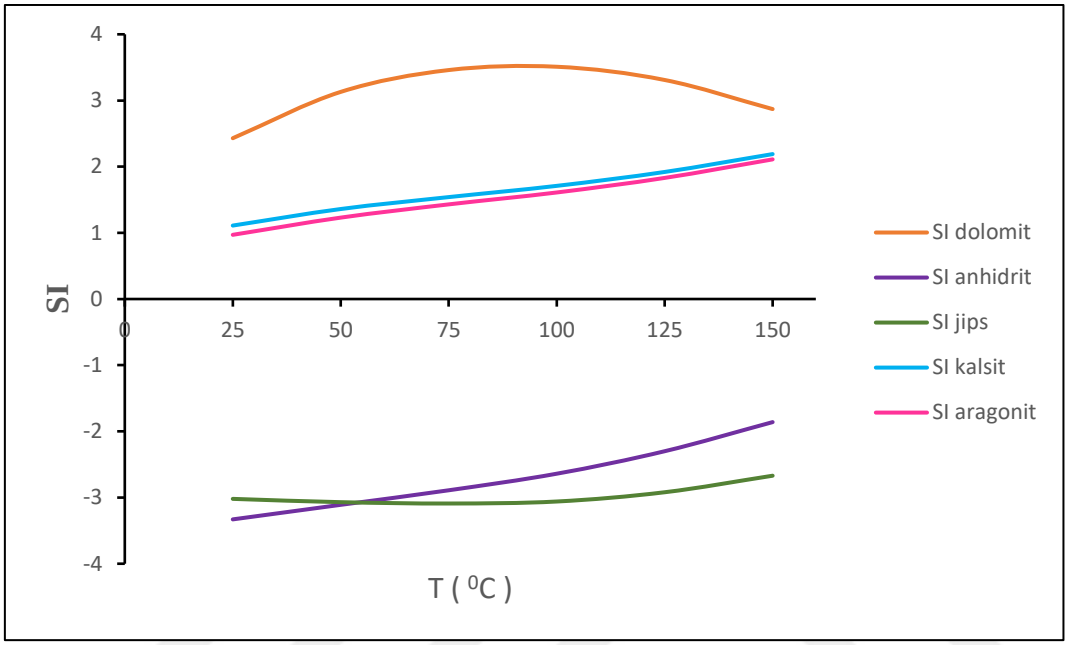
Çizelge 5.49. Beş numaralı örneğe ait kurak dönem doygunluk indeksleri.

(SI)	25 ºC	50 ºC	75 ºC	100 ºC	125 ºC	150 ºC
Aragonit	0,97	1,23	1,43	1,61	1,83	2,11
Kalsit	1,11	1,36	1,54	1,71	1,92	2,19
Dolomit	2,43	3,13	3,46	3,51	3,31	2,87
Jips	-3,02	-3,07	-3,09	-3,06	-2,92	-2,67
Anhidrit	-3,33	-3,11	-2,89	-2,64	-2,30	-1,86

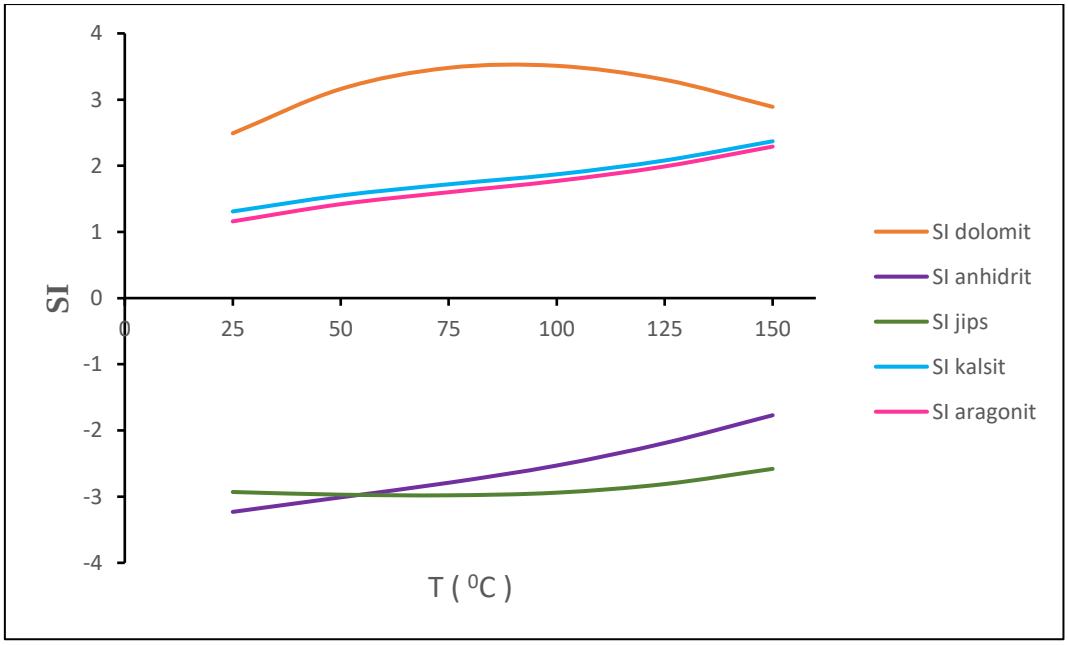
Çizelge 5.50. Beş numaralı örneğe ait yağışlı dönem doygunluk indeksleri.

(SI)	25 ºC	50 ºC	75 ºC	100 ºC	125 ºC	150 ºC
Aragonit	1,16	1,42	1,60	1,77	1,99	2,29
Kalsit	1,31	1,55	1,72	1,87	2,08	2,37
Dolomit	2,49	3,16	3,48	3,51	3,3	2,89
Jips	-2,93	-2,97	-2,98	-2,94	-2,81	-2,58
Anhidrit	-3,23	-3,01	-2,79	-2,53	-2,19	-1,77

Doygunluk indeksi ve sıcaklık verilerinden yararlanılarak çizilen mineral denge diyagramlarına göre (Şekil 5.27 ve Şekil 5.28), jips ve anhidrit doğruları yaklaşık 55 ºC de kesişmektedir. Dolayısı ile bu yöntemin çalışma alanı için uygun sonuçlar verdiği görülmüştür.



Şekil 5.27. 5 numaralı örnek kurak dönem mineral denge diyagramı.



Şekil 5.28. 5 numaralı örnek yağışlı dönem mineral denge diyagramı.

5.11. Jeotermometreler

Sıcak suların rezervuar sıcaklıklarının tahmininde çeşitli jeotermometreler kullanılır. Silika ve katyon jeotermometreleri en yaygın kullanılan jeotermometrelerdir.

5.11.1. Katyon jeotermometreleri

Katyon jeotermometreleri için farklı araştırmacılar tarafından önerilen bağıntılar Çizelge 5.51'de verilmiştir.

Çizelge 5.51. Farklı araştırıcılar tarafından önerilen katyon jeotermometre denklemleri.

JEOTERMOMETRE	DENKLEM	REFERANS
Na-K	$T = \frac{1390}{1.750 + \log(Na/K)} - 273.15$	Gigenbach (1988)
Na-K	$T = \frac{1217}{1.483 + \log(Na/K)} - 273.15$	Fournier (1979)
Na-K (250-350°C)	$T = \frac{1319}{1.699 + \log(Na/K)} - 273.15$	Arnorsson (1983)
Na-K	$T = \frac{855.6}{0.857 + \log(Na/K)} - 273.15$	Truesdell (1976)
Na-K	$T = \frac{833}{0.780 + \log(Na/K)} - 273.15$	Tonani (1980)
Na-K	$T = \frac{1178}{1.470 + \log(Na/K)} - 273.15$	Nieva ve Nieva (1987)
Na-Ca	$T = \frac{1096.7}{3.08 - \log(Na/\sqrt{Ca})} - 273.15$	Tonani (1980)
K-Ca	$T = \frac{1930}{3.861 - \log(K/\sqrt{Ca})} - 273.15$	Tonani (1980)

Sıcak suların katyon jeotermometre denklemleri kullanılarak (Çizelge 5.51), elde edilen rezervuar sıcaklıkları değerleri Çizelge 5.52 ‘de belirtilmiştir.

Çizelge 5.52. Katyon jeotermometresi için hesaplanan rezervuar sıcaklıkları.

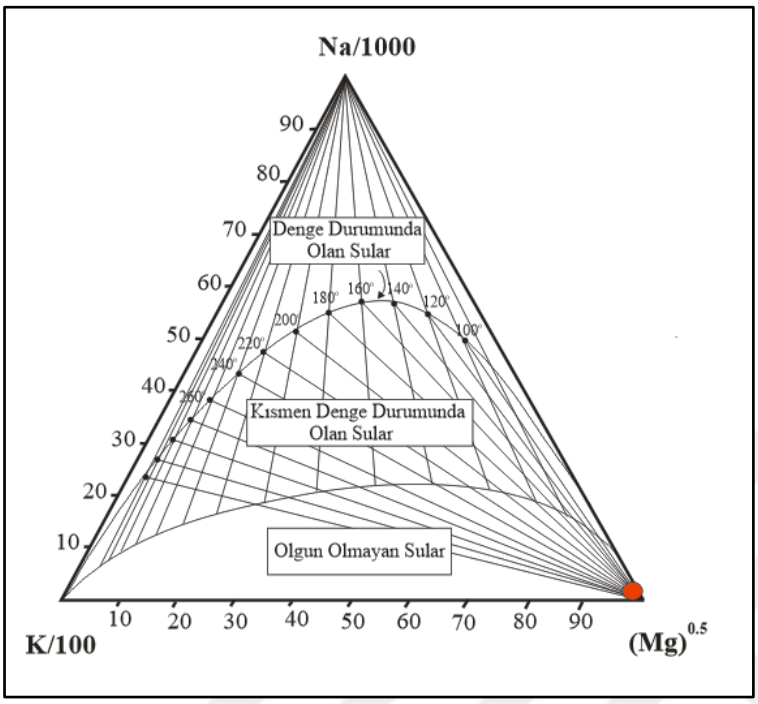
NUMUNE	5.ÖRNEK (Kurak Dönem)	5.ÖRNEK (Yağışlı Dönem)
Denklem	Sıcaklık (^{o}C)	Sıcaklık (^{o}C)
Na-K Gigenbach (1988)	237	214
Na-K Fournier (1979)	221	198
Na-K Arnorsson (1983)	266	198
Na-K Truesdell (1976)	219	164
Na-K Tonani (1980)	201	170
Na-K Nieva ve Nieva(1987)	208	185
Na-Ca Tonani (1980)	87	78
K-Ca Tonani (1980)	129	112

Na-K-Mg üçgen diyagramı jeotermal akışkan, kayaç ve su sıcaklığı arasındaki dengeyi göstermektedir. Suların dengeye ulaşıp, ulaşmadıklarının kontrolü ve jeotermometre seçiminin belirlenmesi için Gigenbach üçgen diyagramı kullanılmıştır.

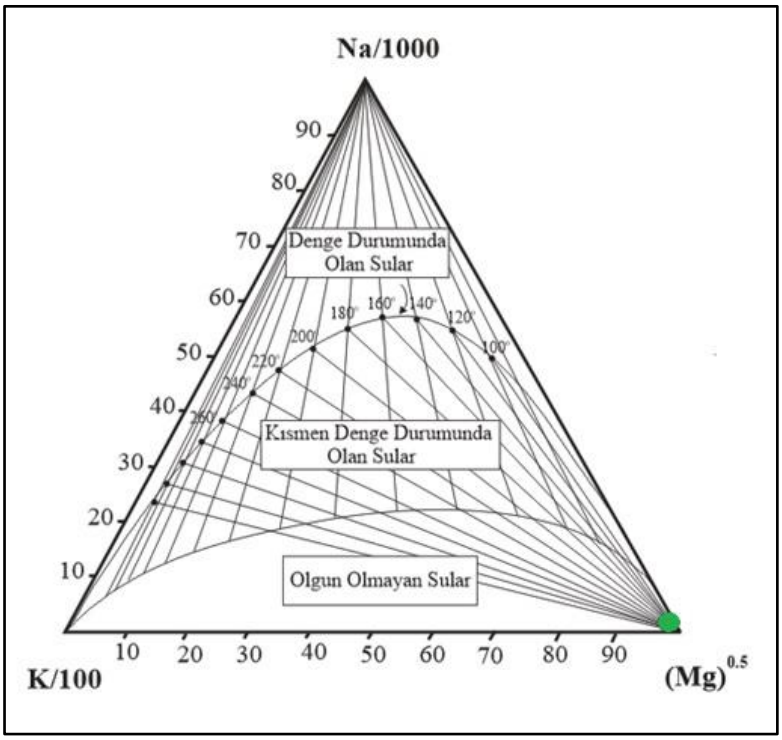
Bu diyagrama göre sular üç sınıfa ayrılmaktadır. Birinci grup sular, su kayaç ilişkisinin dengede olmadığı olgun olmayan sulardır. İkinci grup sular su kayaç etkileşiminin kısmen dengede olduğu kısmen denge durumunda olan sular sulardır. Üçüncü grup sular ise su kayaç etkileşiminin dengede olduğu dengelenmiş sulardır (Gigenbach 1988).

Gigenbach diyagramına göre olgun olmayan sular grubuna düşen sular için katyon jeotermometrelerinin kullanımı şüphelidir. Silika jeotermometreleri daha net sonuçlar vermektedir. Her iki dönemde alınan su numunelerinin analiz sonuçlarına göre hesaplanan Na-K-Mg değerleri diyagramlarda işaretlenmiştir (Şekil 5.29 ve Şekil 5.30).

Çalışma alanında yer alan sıcak su olgun olmayan sular grubuna düşmektedir. Rezervuar sıcaklığının 100 ºC' den düşük olduğu görülmektedir (Şekil 5.29 ve Şekil 5.30).



Şekil 5.29. Kurak dönem 5. Örnek için Giggenbach (1998), diyagramı.



Şekil 5.30. Yağışlı dönem 5. Örnek için Giggenbach (1998), diyagramı.

5.11.2. Silika jeotermometreleri uygulamaları

Bu çalışmada rezervuar sıcaklığının tahmininde silika jeotermometreleri kullanılmıştır. Silika Jeotermometre denklemleri Çizelge 5.53 ‘de verilmiştir.

Çizelge 5.53. Silika jeotermometreleri için sıcaklık denklemleri.

JEOTERMOMETRE	DENKLEM	REFERANS
SiO_2 (Kalsedon)	t = 1032/(4.69-log SiO_2)-273.15 (Q1)	Fournier (1977)
SiO_2 (Kuvars)	t = 1309/(5.19-log SiO_2)-273.15 (Q2)	Fournier (1977)
SiO_2 (Kuvars buhar kaybı)	t = 1522/(5.75-log SiO_2)-273.15 (Q3)	Fournier (1977)
SiO_2 (Kuvars buhar kaybı)	t = 1164/(4.9-log SiO_2)-273.15 (Q4)	Arnorsson (1983)
SiO_2 (Kuvars buhar kaybı)	t = 1498/(5.7-log SiO_2)-273.15 (Q5)	Arnorsson (1983)

Çizelge 5.53’deki bağıntılardan yararlanılarak hesaplanan rezervuar sıcaklıkları çizelge 5.54’ de verilmiştir. Çizelgede görüldüğü gibi rezervuar sıcaklığı maksimum 76,56 ^oC çıkmaktadır.

Çizelge 5.54. Silika jeotermometresi için hesaplanan rezervuar sıcaklıkları.

Örnek No	**Referans**	**SiO2 (ppm)**	**Q1**	**Q2**	**Q3**	**Q4**	**Q5**
5	Keskin, Kartal (1976)	25	40,33	72,04	76,56	59.22	75
	Bu çalışma	23	36.92	68.77	73.68	55.82	72.14

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Melikşah (Çubuk-Ankara) bölgesinde bazı su noktalarında yerinde ölçüm (sıcaklık (°C), elektriksel iletkenlik EC (µmho / cm), pH değerleri ile majör iyon (Na, K, Mg, Ca, Cl, SO_4, HCO_3, CO_3) ve izotop ($\delta^{18}O$, δD) analizleri yapılmıştır.

Yerinde ölçüm sonuçlarından sıcaklık değerleri, 12,94 °C ve 32,60 °C arasında, ph değerleri, 6,38 ve 8,65 arasında, EC değerleri ise 910 µmho / cm ve 1377 µmho / cm arasında değişmektedir.

Yapılan değerlendirmelerde suların $CaMgHCO_3$ ve $NaHCO_3$ 'lı sular olduğu tespit edilmiştir.

Çalışma kapsamında suların su kalitelerini araştırmak için seçilen parametreler, Avrupa Birliği (AB), Dünya Sağlık Örgütü (WHO), Türk İçmesuyu (TS 266) standartlarıyla karşılaştırılmıştır. Buna göre, tez çalışması kapsamında incelenen suların içme suyu olarak kullanılamaz olduğu gözükmektedir.

Suların sertliklerine göre sınıflaması yapıldığında, 5 numaralı örnek oldukça sert, yağışlı dönem bir numaralı örnek çok sert, ikinci, üçüncü, dördüncü numunelere ait sular ise sert sular sınıfındadır.

Her iki dönem için yapılan kalıcı sodyum karbonat değerlendirmelerine göre kurak dönemde RSC > 2.5 mek/l olduğundan dolayı 3 numaralı örneğin alındığı su, sulama suyu olarak kullanılamaz iken 1,2 ve 4. örneklerin alındığı su rahatlıkla sulama suyu olarak kullanılabilir. Ancak kurak dönemde 5 numaralı örneğin alındığı su sulama suyu olarak kullanılacaksa toprak düzenlemesi önerilir. Buna karşın yağışlı dönemde bütün sular sulamada kullanılabilir.

Wilcox diyagramına göre, sadece 5 numaralı örnek "çok iyi" sınıfındadır, diğer örnekler ise "iyi kullanılabilir" sınıfındadır.

ABD Tuzluluk Labaratuvarı diyagramı sınıflamasına göre, kurak dönemde 1, 2 ve 4 numaralı örneklerin sınıfı C3-S1 yani yüksek tuzlu ve düşük sodyumlu su olarak değerlendirilmiştir. Üç numaralı örnek, C3-S2 yani yüksek tuzlu ve orta sodyumlu su olarak ve 5 numaralı örnek ise C2-S1 yani orta tuzlu düşük sodyumlu su olarak değerlendirilmiştir.

Yağışlı dönem için yapılan ABD tuzluluk diyagramı sınıflamasına göre, 1, 2, 3 ve 4 numaralı örneklerin sınıfı C3-S1 yani yüksek tuzlu ve düşük sodyumlu su ve 5 numaralı örnek ise C2-S1 yani orta tuzlu düşük sodyumlu su olarak değerlendirilmiştir. İnceleme döneminde değişiklik sadece 3 numaralı örnekte olmuştur. Üç numaralı örnek kurak dönemde, C3-S2 yani yüksek tuzlu ve orta sodyumlu su iken yağışlı dönemde, C3-S1 yani yüksek tuzlu ve düşük sodyumlu su sınıfına katılmıştır

Su örneklerinin δD (SMOW) değerleri -73,98 ‰ ile -61,93 ‰, $\delta^{18}O$ (SMOW) değerleri ise -10,60 ‰ ile -9,03 ‰ arasında değişmektedir. İzotop analiz sonuçlarına göre örneklerin, Craig (1961) tarafından tanımlanan Dünya Meteorik Sular Doğrusu' na yakın düştüğü sonucuna varılmıştır.

Çalışma alanında yeralan sıcaksuyun rezervuar sıcaklığını belrlemek için kullanılan diyagramlardan ve jeotermometre hesaplarından rezervuar sıcaklığı 100 °C'den az, en fazla 76 °C olarak tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Akkuş, İ., Akıllı, H., Selda, C., Dilemre, A., Tekin, Z., 2005, Türkiye Jeotermal Kaynakları Envanteri, Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü Envanter Serisi, s.53-56.

Akyürek, B., Duru, M., Sütçü, Y.F., Papak, İ., Şaroğlu, F., Pehlivan, N., Gönenç, O., Granit, S. ve Yaşar, T, 1996. Ankara ilinin çevre jeolojisi ve doğal kaynaklar projesi. MTA raporu No: 9961

Anonim, 2017, Ankara İline ait genel istatistik verileri, https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/ililceleristatistik.aspx?k=A&m=ANKARA, erişim tarihi: 17.09.2017

Anonim, 2018, Rockware AqQA bilgisayar yazılımı, https://www.rockware.com/product/aqqa/, erişim tarihi: 20.01.2018

Anonim, 2018, USGS Phreeqc Interactive bilgisayar yazılımı, https://wwwbrr.cr.usgs.gov/projects/GWC_coupled/phreeqc/, erişim tarihi: 20.01.2018

Arnórsson, S., 2000**,** Isotopic and chemical techniques in geothermal exploration, development and use. IAEA, Austria, 351pp.

Bağıran, A., 2007, Sirkeli-Sarıbeyler-Melikşah Köyleri (Ankara-Çubuk) civarı Hançılı Formasyonunun (erken-orta Miyosen) kil mineralojisi ve sedimantolojisi, Yüksek lisans tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 89 s. (yayımlanmamış).

Berner, R, A., 1971, Principles of Chemical Sedimentalogy, Mc Garw-Hill Inc., s.240.

Clark, I., Fritz, P., 1997, Environmental Isotopes in Hydrogeology. CRC Press, 342 s.

Clark, J.F., Stute, M., Schlosser, P., Drenkard, S., 1997, A tracer study of the Floridan aquifer in southeastern Georgia: implications for groundwater flow and paleoclimate. Water Resources Research 33, s.281–289

Craig, H., 1961, Isotopic Variations in Meteoric Waters. Science 133, s.1702-1703.

Çapar, N., 2009, Landsat Uydu Görüntüleri Kullanılarak Jeotermal Kaynakların Araştırılması, Ankara Örneği, Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 139 s. (yayımlanmamış).

Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, 1979, Çubuk Ovası Hidrojeolojik Etüt Raporu, s. 27-44, DSİ Ankara.

DMSHY., 2004, Doğal Mineralli Sular Hakkında Yönetmelik 1 Aralık 2004, Sayı: 25657, Sağlık Bakanlığı, Ankara.

Doğan, L., 1981, Hidrojeolojide Su Kimyası, DSİ yayınları, s.178, Ankara.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Erişen, B.,Ünlü, M.R., 1980, Ankara-Çubuk-Kızılcahamam-Kazan alanının jeolojisi ve jeotermal olanakları. MTA. Rapor No:38500/1, 71s Ankara.

Freze, R.A., Cherry, J., 1979, Groundwater, Prentice-Hall Inc. Englewood Cliffs, 604 p. New Jersey

Fournier, R.O., 1979, A revised equation for the Na-K geothermometer. Geothermal Res. Council Trans., 3, s.221-224.

Fournier, R.O., 1977, A Review of chemical and isotopic geothermometers for geothermal systems. In: Proceedings of the Symp. on Geoth. Energy, Cento Scientific Programme, Ankara, s.133-143.

Gat, J., R., Gonfiantini, R., 1981, Stable Isotope Hydrology, Deuterium and Oxygen-18 in the Water Cycle. IAEA, Tech. Rept. Series No.210, 337pp.

Giggenbach, W.,F., 1988, Geothermal solid equilibria, derivation of Na-K-Mg-Ca geoindicators,Geochimica et Cosmochimica Acta, doi:10.1016/0016-7037(88)90143-3.

Gonfiantini, R., 1978, Standards for Stable Isotope Measurements in Natural Compounds. Nature 271, s.534-536

Gül, B., 2006, Çubuk (Ankara) Yöresi Volkanik Kayaçlarının Mineralojisi, Petrografisi Ve Jeokimyası, Yüksek lisans tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 80 s. (yayımlanmamış).

Güngör, Y.,Yıldırım, O.,Erözel, Z., 2012, Sulama, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın No: 1592, s. 248-259, Ankara.

Güleç, N., Hilton, D. R., Mutlu, H., 2002, Helium and heat distribution in Turkey, Relations to tectonic provinces, volcanism and recent seismic activities, Chemical Geology, s.129-142.

İtashy., 2005, Sular - İnsani Tüketim Amaçlı Sular, TS-266, Türk Standartları Enstitüsü.

Karaçal, İ., 2008, Toprak Verimliliği, Nobel Yayınları, Yayın No: 1335, s. 93-95, Ankara.

Keskin, B., Kartal, T., 1976, Ankara ili Çubuk kazası Melikşah Jeotermal Enerji Alanına İlişkin Arama Sondajları Kuyu Bitirme Raporu, Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, Rapor No.5737, s.4-16.

Kökçü, M., 2007, Melihşah Kuzeyi (Ankara-Çubuk) Pliyosen Yaşlı Yapı Taşlarının Petrogafik Ve Mineralojik Özellikleri, Yüksek lisans tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 70 s. (yayımlanmamış).

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Nicholson,K., 1993, Geothermal Fluids, Chemistry and Exploration Techniques.Springer-Verlag, 263p. Berlin.

Nieva, D., Nieva, R., 1987, Development in geothermal energy in Mexico, part 12-A cationic composition geothermometer for prospection of geothermal resources. Heat recovery systems and CHP, 7, s.243-258.

Piper, A.M., 1944, A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analysis, Trans.Amer. Geophys. Union, Vol 25, p914-923.

Reed, M., Spycher, N., 1984, Calculation of pH and mineral equilibria in hydrothermal waters with application to geothermometry and studies of boiling and dilution. Geochim. Cosmochim. Acta 48, s.1479-1492.

Schoeller, H., 1962, Les eauv souterailnes, Mason, Paris.

Sheppard, S. M. F., 1977, Identification of the origin of oreforming solutions by the use of stable isotopes, Geological Society, London, Special Publications, doi:10.1144/GSL.SP.1977.007.01.04.

Sheppard, S. M. F., 1981, Stable isotope geochemistry of fluids, Chemistry and Geochemistry of 137 Solutions at High Temperatures and Pressures, D. T. Rickard, F. E. Wickman (Eds.), Physics and Chemistry of the Earth, 13/14, s.419-445.

Şahinci, A., 1985, Genel hidrojeoloji, D.E.Ü. Müh. Mim. Fak.Yayını, 169 s. İzmir.

Şahinci, A., 1991, Doğal Suların Jeokimyası, Reform Matbaası, İzmir, s. 548.

Tatlı, S. 1975, Çubuk-Melikşah alanının jeolojisi ve jeotermal enerji olanakları. MTA. Rap. No: 5674 Ankara.

Taylor, H. P., 1974, The application of oxygen and hydrogen isotope studies to problems of hydrothermal alteration and ore deposition, Economic Geology, doi: 10.2113/gsecongeo.69.6.843.

Tonani, F., 1980, Some remarks on the application of geochemical techniques in geothermal exploration. Proceedings, Adv. Eur. Geoth. Res. Second Symp., Strasbourg, s.428-443.

Truesdell, A. H., 1976, Summary of section III geochemical techniques in exploration. In: Proceedings, Second United Nations Symposium on the Development and Use of Geothermal Resources. San Francisco, 1975, Vol.1, Washington D.C., U. S. Government Printing Office, iiii-ixxxix.

USSL Salinity Laboratory, 1954, Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soils, US Department of Agriculture Handbook, No. 60, 160 p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Yastı, M.A., 2008, Çubuk Ovasının Kuzeydoğusunun (Ankara) Hidrojeoloji İncelemesi Yüksek lisans tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 61 s. (yayımlanmamış).

WHO., 2006, World Health Organization (WHO), Guidelines for Drinking Water Quality, Volume 2, Health Criteria and Other Supporting Information: WHO Publ., Geneva, Swit-zerland, 335 p.

Wilcox, L. V., 1955, Classification and use of irrigation waters, USDA,

circular 969, Washington, DC, USA.