T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

CİHANBEYLİ (KONYA) VE ÇEVRESİNİN HİDROJEOLOJİK, HİDROKİMYASAL VE İZOTOPİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Ayla BOZDAĞ

DOKTORA TEZİ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

KONYA, 2010

ÖZET

Doktora Tezi

CİHANBEYLİ (KONYA) VE ÇEVRESİNİN HİDROJEOLOJİK, HİDROKİMYASAL VE İZOTOPİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Ayla BOZDAĞ

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Güler GÖÇMEZ

2010, 299 Sayfa

Jüri: Prof. Dr. Ahmet GÜZEL
Jüri: Yrd. Doç. Dr. Mahmut Tahir NALBANTÇILAR
Juri: Doç. Dr.Yaşar EREN
Juri:Yrd. Doç. Dr. Rahmi AKSOY

İnceleme alanı, Cihanbeyli (Konya) ve çevresinde yaklaşık 3000 km^2'lik bir alanı kapsamaktadır.

İki alt havzayı içine alan inceleme alanının kuzey-kuzeybatısındaki piroklastik kayaçlar, Koçyaka ve Cihanbeyli formasyonları ile güney-güneybatıdaki İnsuyu formasyonundan alınan örneklerde su-kayaç etkileşimi yüksek olup hakim katyon Mg ve Ca, anyon ise HCO_3'dır. Alanın doğu ve orta kesimlerindeki örneklerde ise yüksek TDS içeriğine bağlı Na, Cl ve SO_4 oranında artış olmaktadır. Fakat yeraltısularında akifer litolojisinin heterojenliğinden kaynaklanan düzenli bir kimyasal değişim olmamaktadır.

İnceleme alanındaki sularda bulunan Ca ve Mg iyonlarının kökeni karbonat ayrışması, Ca ve Mg iyonları ile Na arasındaki iyon değişimi ve alanda bulunan jips, aragonit, kalsit gibi evaporitik minerallerden kaynaklanmaktadır. Na^+ ve Cl^- arasındaki güçlü korelasyon (r^2=0,9) ve bu iyonların Br ve B iyonları ile ilişkisinin yanında suların molar Sr/Ca oranları (0,004648-0,028712), suların evaporitik kökenli olduğunu göstermektedir. Ayrıca suların molar Cl/Br oranları bölgede minor oranda halit çözümünü yansıtırken okyanus sularına ait molar Cl/Br (550-700) oranından

daha yüksek çıkan değerler ise bölgede var olan jips, aragonit vb. minerallerin çözündüğünü göstermektedir.

Sıcak ve mineralli sular ile traverten konilerinden alınan sular AIH sınıflamasına göre Ca-Mg-Na-SO_4-HCO_3-Cl bileşiminde olup aynı kökene sahiptirler. Suların hazne kaya sıcaklıkları ise 85-110 ^oC arasındadır.

Yeraltısularında NO_3, B, P, Cr, As, Se, Al iyonları TSE (266) ve ÇOB (2004) standartlarına göre sınır değerlerin üzerinde çıkmıştır. Sulak alanlarda ise CWQG (2005) standartlarına göre As, B ve P değerleri sınır değerlerin üzerindedir.

İzotopik çalışmalarda sulara ait noktalar meteorik su çizgisine yaklaşık paralel ve yakın düşmüş olup, sular meteorik kökenlidir. Trityum değerlerine (0-2,75 TU) göre ise yeraltısuyu döngüsünün uzun zamanlı ve derin dolaşımlı olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Cihanbeyli, yeraltısuyu, sıcak ve mineralli su, evaporasyon trityum.

ABSTRACT

PhD Thesis

INVESTIGATION OF HYDROGEOLOGICAL, HYDROCHEMICAL AND ISOTOPIC CHARACTERISTIC OF THE CİHANBEYLİ (KONYA) AND ENVIRONMENT

Ayla BOZDAĞ

Selçuk University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Geological Engineering

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Güler GÖÇMEZ

2010, 299 Pages

Jury: Prof. Dr. Ahmet GÜZEL
Jury: Assist. Prof. Dr. Mahmut Tahir NALBANTÇILAR
Jury: Assoc. Prof. Dr.Yaşar EREN
Jury:Yrd. Assist. Prof. Dr. Rahmi AKSOY

The study area covers an area approximately 3000 kilometers square in Cihanbeyli (Konya) and it's surrounding.

The study area consists two sub-basins. The water-rock interaction is high in the samples of pyroclastic rocks, Koçyaka and Cihanbeyli formations at the north-northwestern of the study area, and in the samples of İnsuyu formation at the south-southwest. In addition, dominant cations are Mg and Ca and the anion is HCO_3. In the samples taken from eastern and central parts of the field, due to the high TDS content Na, Cl and SO_4 rates increase. But there is no regular change in the groundwater, as a consequence of the heterogeneous attribution of the aquifer lithology.

The origin of the Ca and Mg ions exist in the study area's groundwaters is carbonate weathering, ion exchange between Ca, Mg and Na ions and the existence of the evaporate minerals such as gypsum, aragonite, calcite. The strong correlation

between Na and Cl (r^2=0,9), their relation with Br ions and B ions and also molar Sr/Ca ratios (0,004648-0,028712) of the waters indicate that they have evaporative origin. In addition, water's molar Cl/Br ratios reflect halite dissociation at minor proportion in the region and the values higher than the molar Cl/Br ratios (550-700) belong to ocean waters points out the dissolution of minerals such as gypsum, aragonite, etc. in the region.

According to IAH classification, hot and mineralized waters and the waters were taken from the travertine cones are in Ca-Mg-Na-SO4-HCO3-Cl composition and have the same origin. In addition their reservoir rock temperatures are in the range of 85-110 ^{o}C.

NO_3, B, P, Cr, As, Se and Al ion concentrations at the groundwaters are above the recommended limits in respect of TSE (266) ve ÇOB (2004) standards. Besides As, B and P ion concentrations at the wetlands are above the recommended limits limits in respect of CWQG (2005) standards.

In isotopic studies, points belong to waters were nearly parallel and close to the meteoric water line, so the waters have meteoric origin. According to the Tritium concentration values (0-2,75 TU) the groundwater circulation has deep movement which takes long time.

Keywords: Cihanbeyli, groundwater, hot and mineralized water, evaporation, tritium

ÖNSÖZ

Bu çalışma Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında Doktora Tezi olarak hazırlanmıştır. Bu çalışmada Cihanbeyli (Konya) ve çevresindeki suların hidrojeolojik, hidrokimyasal ve izotopik özellikleri aydınlatılmaya çalışılmıştır.

Öncelikle tez çalışmam boyunca bilimsel katkıları ile bana destek olup, eğitimim süresince yardımlarını esirgemeyen, tez danışmanım ve değerli hocam Sayın Yrd.Doç.Dr. Güler GÖÇMEZ'e sonsuz teşekkür ederim.

Yoğun iş temposuna rağmen değerli vaktini ayıran, bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım Sayın Prof. Dr. Ahmet GÜZEL'e, görüş ve önerileri ile sağladığı katkılardan dolayı Sayın Yrd.Doç.Dr. Mahmut Tahir NALBANTÇILAR' a teşekkür ederim.

Ayrıca iz element analizlerini gerçekleştiren ACME (Kanada) personeline, $\delta^{18}O$ ve δD (^{2}H) izotop analizlerini yapan Davis Stable Isotob Laboratory (Kaliforniya Üniversitesi) personeline, Trityum (TU) izotop analizini gerçekleştiren Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü T.A.K.K. Dairesi Başkanlığı'na teşekkür ederim.

Bu çalışma Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (S.Ü. B.A.P.) Koordünatörlüğünce 07101034'nolu proje ile desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı S.Ü. B.A.P. Koordinatörlüğüne teşekkür ederim.

Bu çalışmanın yürütüldüğü Selçuk Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Başkanlığına ve tüm bölüm Öğretim Elemanlarına teşekkür ederim.

Son olarak benden desteğini esirgemeyen çalışmalarımın her aşamasında yardımını gördüğüm eşim Ali BOZDAĞ ile çalışmalarım sırasında büyük sabır gösteren biricik kızım Bengisu BOZDAĞ'a ve aileme teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER **Sayfa**

ÖZET i
ABSTRACT iii
ÖNSÖZ v
İÇİNDEKİLER vi
1. GİRİŞ 1
1.1. Coğrafi Konum 1
1.2. Yerleşim ve Ulaşım 1
1.3. Bitki Örtüsü 3
1.4. Ekonomi 3
1.5. Morfoloji 4
1.6. İklim Koşulları 8
1.7. Yağış 10
1.8. Buharlaşma ve Terleme 12
1.9. Amaç 20
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI 21
3. MATERYAL VE METOD 26
3.1. Arazi Çalışmaları 26
3.2. Laboratuar Çalışmaları 27
3.3. Büro Çalışmaları 28
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI 29
4.1. Stratigrafi 29
4.1.1. Koçyaka Formasyonu (Kk) 32
4.1.1.1. Ballıktepe blokları (Kkb) 36
4.1.2. Eskipolatlı formasyonu (Te) 40
4.1.3. Gökdağ formasyonu (Tg) 41
4.1.4. Karacadağ volkanitleri (Tk) 43
4.1.4.1. Karacadağ piroklastik kayaçları (Tkp) 44
4.1.4.2. Karacadağ andezitleri (Tka) 44
4.1.4.3. Karacadağ bazaltları (Tkb) 45
4.1.5. İnsuyu formasyonu (Ti) 47
4.1.5.1. Hatırlı üyesi (Tih) 51

4.1.6. Çataltepe andezitleri (Tç) 52
4.1.7. Cihanbeyli formasyonu (TQc) 53
4.1.8. Tuzgölü formasyonu (TQt) 57
4.1.9. Traverten (Qtr) 60
4.1.10. Alüvyon (Qal) 64
4.2. Yapısal Jeoloji 68
4.2.1. Faylar 68
4.2.1.1. Cihanbeyli Fay Zonu 70
4.2.1.2. Yeniceoba Fay Zonu 71
4.2.1.3. Altınekin Fay Zonu 71
4.2.2. Diğer Faylar 72
4.2.3. Diğer Tektonik Yapılar 73
4.2.3.1. Cihanbeyli Grabeni 73
4.2.3.2. Kuşça Yarı Grabeni 73
4.2.3.3. Kelhasan Horstu 74
4.2.4. Kıvrımlar 75
4.2.5. Kırık ve Çatlaklar 75
4.3. Jeoloji Evrimi 80
4.4. İnceleme Alanının Sayısal Yükseklik Modelinden Yararlanılarak Bazı Havza Karakteristiklerinin Belirlenmesi 83
4.4.1. İnceleme Alanının Sayısal Yükseklik Modeli 84
4.4.2. Su Akış Yönlerinin Belirlenmesi 84
4.4.3. Akış Toplanma Alanının Belirlenmesi 89
4.4.4. Drenaj Ağlarının Belirlenmesi 92
4.4.5. Alt Havza Sınırlarının Belirlenmesi 92
4.4.6. Sonuçlar 94
4.5. Jeofizik Çalışmaları 97
4.6. Hidrojeoloji ve Hidrokimya 108
4.6.1. Hidrojeoloji Birimleri 108
4.6.1.1. Geçirimli Birim (G-1) 110
4.6.1.2. Az Geçirimli Birim (AG-1) 110
4.6.1.3. Az Geçirimli Birim (AG-2) 110

4.6.1.4. Az Geçirimli Birim (AG-3) 111
4.6.1.5. Az Geçirimli Birim (AG-4, G-2) 111
4.6.1.6. Geçirimli Birim (G-3) 112
4.6.1.7. Geçirimli Birim (G-4) 112
4.6.1.8. Az Geçirimli Birim (AG-5) 112
4.6.1.9. Az Geçirimli Birim (AG-6) 113
4.6.1.10. Geçirimli Birim (G-5, G-6) 113
4.6.2. Akiferlerin Hidrojeoloji Özellikleri 113
4.6.2.1. Elek analizi 114
4.6.2.2. Porozite 118
4.6.2.3. Permeabilite 119
4.6.3. Soğuk Su Kaynakları 121
4.6.4. Yeraltısularının Hidrokimyasal Özellikleri 125
4.6.4.1. Hidrokimyasal Fasiyesler 138
4.6.4.2. Ana İyon Kimyası 150
4.6.4.2.1. İyon değişimi 150
4.6.4.2.2. Karbonat Ayrışması ve Bozunması 153
4.6.4.2.3. Silikat Ayrışması 163
4.6.4.2.4. Evaporasyon 165
4.6.4.2.5. Minor İyon İçerikleri (Br , B, Sr) 167
4.6.4.2.6. Çok Değişkenli İstatistiksel Analiz 174
4.6.4.2.6.1. Değişkenlerin Korelasyonu 174
4.6.4.2.6.2. Faktör Analizleri 175
4.7. Sıcak ve Mineralli Sular 178
4.7.1. Sıcak ve Mineralli Suların Hidrokimyasal Özellikleri 179
4.7.2. Sıcak Suların Mineral Doygunluklarının İncelenmesi 196
4.7.3. Jeotermometre Uygulamaları 197
4.7.3.1. Katyon Jeotermometreleri 197
4.7.3.2. Li-Mg Jeotermometresi 200
4.7.3.2. Li- Na Jeotermometresi 201
4.7.3.3. $SİO_2$ Jeotermometresi 201
4.7.4.4. Mineral Denge–Sıcaklık Diyagramı Jeotermometresi 202

4.7.4. Karışım Modelleri 207
4.8. İnceleme Alanındaki Sulak Alanlar ve Özellikleri 211
4.8.1. Göller 213
4.8.2. Ülkemizdeki Sulak Alanlar ve Durumları 214
4.8.3. İnceleme alanındaki sulak alanların hidrokimyasal özellikleri 216
4.9. İnceleme Alanındaki Su Kalitesinin Değerlendirilmesi 222
4.9.1. İçme Suları 222
4.9.2. Suların Tarımsal Kullanım İçin Uygunluğu 232
4.9.2.1. Tuzluluk Tehlikesi 232
4.9.2.2. Alkali Tehlikesi 235
4.9.2.3. Sodyum İçeriği 237
4.9.2.4. Karbonat ve Bikarbonat tehlikesi (RSC) 240
4.9.2.5. Magnezyum Tehlikesi (MH) 240
4.9.2.6. İz elementler 242
4.9.3. Sulak alanlar 243
4.10. Çevresel İzotop Uygulamaları 244
4.10.1. Giriş 244
4.10.2. $\delta^{18}O$ ve $\delta^{2}H$ İlişkisi 249
4.10.3. Trityum-Elektriksel İletkenlik (EC) ve Trityum- $\delta^{18}O$ İlişkisi 255
5. SONUÇLAR 258
6. KAYNAKLAR 264

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. İnceleme alanının yer bulduru haritası (NASA World Wind'den alınmıştır http://worldwind.arc.nasa.gov/download.html) 2
Şekil 1.2. İnceleme alanının yükseklik haritası 5
Şekil 1.3. İnceleme alanına ait drenaj ağı haritası..... 7
Şekil 1.4. İnceleme alanının klimogramı (1989-2009 yılları arası 20 yıllık ortalama)..... 9
Şekil 1.5. Eklenik sapma grafiği (1989-2009) (KD: Kurak Dönem; YD: Yağışlı Dönem)..... 10
Şekil 1.6. İnceleme alanının yağış dağılış grafiği (1989-2009) 11
Şekil 1.7. İnceleme alanı ve çevresine ait yağış grafiği (1989-2009: 20 yıllık ortalama)..... 13
Şekil 1.8. İnceleme alanının eş yağış haritası (20 yıllık yağış değerleri ortalaması: 1989-2009) 14
Şekil 1.9. İnceleme alanının 2008-2009 yılları eş yağış haritası..... 14
Şekil 1.10.Yağış ve Buharlaşma-Terlemenin değişim grafiği (20 yıllık ortalama: 1989-2009) (Thorntwait 1948'e göre) 17
Şekil 1.11.Yağış ve Buharlaşma-Terlemenin değişim grafiği (2007-2008-2009 yılları) (Thorntwait 1948'e göre) 19
Şekil 4.1. İnceleme alanının jeoloji haritası..... 30
Şekil 4.2. İnceleme alanının genelleştirilmiş dikme kesiti (ölçeksiz)..... 31
Şekil 4.3. Koçyaka formasyonunun (Kk) Karadağ'ın kuzeyindeki genel görünümü (kuzeye bakış)... 33
Şekil 4.4. Vaniç Tepe'nin güneyindeki Koçyaka formasyonuna (Kk) ait serpantinitlerin görünümü (kuzeye bakış) 33
Şekil 4.5. Kızılağıl Tepe'nin güneyinde Koçyaka formasyonuna (Kk) ait gabronun görünümü..... 34
Şekil 4.6. Koçyaka formasyonuna (Kk) ait kuvarsitlerin Vaniç Tepe'deki genel görünümü (kuzeybatıya bakış). 34
Şekil 4.7. Koçyaka formasyonunda (Kk) gözlenen çört bloğunun görünümü..... 35
Şekil 4.8. Ballıktepe bloklarına (KKb) ait kristalize kireçtaşlarının Bozdağ'daki görünümü..... 37
Şekil 4.9. Kelp Tepe'nin kuzeydoğusundaki Ballıktepe blokları (Kkb) ve Koçyaka formasyonunun (Kk) sınır ilişkisi (güneybatıya bakış). 38
Şekil 4.10. Çengeldağ'da gözlenen Ballıktepe bloklarına (Kkb) ait kristalize kireçtaşlarının genel görünümü (kuzeydoğuya bakış)..... 38
Şekil 4.11. Ziyaret Tepe'deki Ballıktepe blokları (Kkb) ve İnsuyu formasyonu (Ti) arasındaki sınır ilişkisi (güneydoğuya bakış)..... 39
Şekil 4.12. Tavşançalı Köyü'nün kuzeybatısında gözlenen Eskipolatlı formasyonu (Te) içerisindeki kumtaşı, şeyl ardalanması. 41
Şekil 4.13. Gökdağ formasyonunun Büyükbeşkavak Köyü'nün doğusundaki genel görünümü. 43
Şekil 4.14. Karadağ'da gözlenen Karacadağ volkanitlerine (Tk) ait andezitler (Tka) ve düşey soğuma çatlakları..... 46

Şekil 4.15. Hacıreşitdağ'da gözlenen Karacadağ volkanitlerine (Tk) ait bazaltların (Tkb) genel görünümü (kuzeybatıya bakış). 46
Şekil 4.16. Kayı Köyünün güneybatısındaki İnsuyu formasyonuna (Ti) ait kırmızı renkli alüvyal yelpaze çökelleri (ay) ve kireçtaşları (kç) (kuzeybatıya bakış). 49
Şekil 4.17. Pınarbaşı Köyü'nün kuzeyindeki İnsuyu Formasyonuna (Ti) ait dış yüzeyleri aşınmış kireçtaşları ve karstik erime boşluklarının görünümü (kuzeye bakış) 49
Şekil 4.18. Pınarbaşı Köyü kuzeyinde İnsuyu formasyonuna ait kireçtaşları içerisinde gözlenen karstik erime boşluklarından görünüm. 50
Şekil 4.19. İlhan Yayla güneybatısında gözlenen İnsuyu formasyonu (Ti) ve alüvyonun (Qal) sınır ilişkisi (güneybatıya bakış) 50
Şekil 4.20. Kuşça Köyü'nün kuzeydoğusundaki Hatırlı (Tih) üyesine ait kızılımsı kahve renkli çamurtaşı ve kum, silt matriksli çakıltaşlarının görünümü (güneybatıya bakış). 52
Şekil 4.21. İnceleme alanının güneyinde Karadağ'daki Çataltepe Andezitleri (Tç) ve soğuma çatlaklarının görünümü (güneybatıya bakış). 53
Şekil 4.22. a: Cihanbeyli'nin kuzeybatısında Cihanbeyli formasyonuna (TQc) ait çakıltaşlarından genel bir görünüm, b: Çakıltaşlarının yakından görünümü 55
Şekil 4. 23. Bağ Tepe'nin kuzeydoğusunda Cihanbeyli formasyonuna (TQc) ait çakıltaşı, killi-siltli çamurtaşı ardalanması ve çakıltaşlarında gözlenen çapraz tabakalanma 56
Şekil 4.24. Ahirigüzel Köyü güneyindeki Cihanbeyli formasyonuna (TQc) ait polijenik kökenli çakılların görünümü. 56
Şekil 4.25. Bozdağ'ın kuzeydoğusunda Cihanbeyli formasyonu (TQc) ve Tuzgölü formasyonu (TQt) arasındaki sınır ilişkisi (kuzeybatıya bakış) 57
Şekil 4.26. Cihanbeyli'nin doğusundaki Tuzgölü formasyonunda (TQt) gözlenen çakıl, kum ardalanması. 59
Şekil 4.27. Acıkuyu Köyü'nün kuzeybatısında, Tuzgölü formasyonuna (TQt) ait kum çakıl ardalanması ve kumlarda gözlenen tablamsı yapılardan bir görünüm 59
Şekil 4.28. a,b,c,d: Karatepe Yayla güneyindeki Tuzgölü formasyonuna (TQt) ait çakıl, kum, jips ve kil ardalanması 60
Şekil 4.29. İnceleme alanındaki traverten konilerine ait lokasyon haritası 62
Şekil 4.30. Bolluk Gölü civarında gözlenen traverten konileri (Qtr) ve tufa oluşukları (a:T13, b:T14 (Girik koni), c:T11, d:T26, e:T28, f:T40) 63
Şekil 4.31. Damar tipi travertenlerden (Qtr) bir görünüm (Bolluk Gölü'nün kuzey-kuzeybatısı, a: güneydoğuya bakış, b: kuzeybatıya bakış). 64
Şekil 4.32. Cihanbeyli'nin batısındaki alüvyonlardan (Qal) bir görünüm (doğuya bakış). 67
Şekil 4.33. İnsuyu Köyünün güneydoğusunda kalın istif oluşturan alüvyonlardaki (Qal) birim içi faylanmalar (güneye bakış) 67
Şekil 4.34. Orta Anadolu ve çevresinin tektonik haritası (Dirik ve Erol 2003, Dirik 2001, Dirik ve Göncüoğlu 1996, Göncüoğlu ve ark. 1996, Koçyiğit ve Özacar 2003'ten değiştirilerek alınmıştır) ... 69

Şekil 4.35. Tuzgölü havzası batı kesiminin tektonik haritası (Dirik ve Erol 2000'den değiştirilerek alınmıştır)..... 69
Şekil 4.36. Cihanbeyli fay zonunu genel görünümü (Kayı Köyü'nün güneybatısı)..... 70
Şekil 4.37. Tersakan Gölü'nün doğu kenarındaki normal fay ve Tersakan Gölü 72
Şekil 4.38. Cihanbeyli grabeninin genel görüntüsü (İlhan Yayla Kuzeybatısından doğuya bakış)..... 73
Şekil 4.39. a-Türkiye'nin basitleştirilmiş ana Neotektonik yapısal haritası b-Kelhasan yükselimini gösteren kabartma haritası (Özsayın ve Dirik, 2007'den alınmıştır)..... 74
Şekil 4.40. Orta Triyas-Üst Jura yaşlı Ballıktepe Bloklarında (kristalize kireçtaşları) ölçülen 82 adet çatlak ölçümüne göre hazırlanan kontur diyagramı. Egemen çatlak konumları: K30^{o}B, 67^{o}GB; K22^{o}B, 78^{o}KD ve K30^{o}D, 58^{o}GD'dur 76
Şekil 4.41. Orta Triyas-Üst Jura yaşlı Ballıktepe Bloklarında (kristalize kireçtaşları) ölçülen 82 adet çatlak ölçümüne göre hazırlanan gül diyagramı. Hakim çatlak doğrultusu: K 15^o-35^o B'dır..... 76
Şekil 4.42. Alt miyosen yaşlı Karacadağ Volkanitlerine ait andezitlerden ölçülen 47 adet çatlak ölçümüne göre hazırlanan kontur diyagramı. Egemen çatlak konumu: K10^{o}D, 84^{o}KB'dur..... 77
Şekil 4.43. Alt Miyosen yaşlı Karacadağ Volkanitlerine ait andezitlerden ölçülen 47 adet çatlak ölçümüne göre hazırlanan gül diyagramı. Hakim çatlak doğrultusu: K 0^o-15^o D'dur..... 77
Şekil 4.44. Alt Miyosen yaşlı Karacadağ Volkanitlerine ait bazaltlardan ölçülen 38 adet çatlak ölçümüne göre hazırlanan kontur diyagramı. Egemen çatlak konumu: K68^{o}D, 57 ^{o}GD'dur 78
Şekil 4.45. Alt Miyosen yaşlı Karacadağ Volkanitlerine ait bazaltlardan ölçülen 38 adet çatlak ölçümüne göre hazırlanan gül diyagramı. Hakim çatlak doğrultusu: K 45^o-55^o D'dur..... 78
Şekil 4.46. Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı Çataltepe andezitlerinde ölçülen 75 adet çatlak ölçümüne göre hazırlanan kontur diyagramı. Egemen çatlak konumları: K43^{o}B, 66^{o}GB; D-B, 65^{o}G; K44^{o}D, 85^{o}GD ve K36^{o}D, 60^{o}GD'dur..... 79
Şekil 4.47. Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı Çataltepe andezitlerinde ölçülen 75 adet çatlak ölçümüne göre hazırlanan gül diyagramı. Hakim çatlak doğrultusu: K 35^o-45^o D..... 79
Şekil 4.48. İnceleme alanının topografik haritası..... 85
Şekil 4.49. İnceleme alanının sayısal yükseklik modeli ile oluşturulan üç boyutlu topoğrafik haritası 86
Şekil 4.50. Çukura doğru akış yönlerinin gösterimi..... 87
Şekil 4.51. Sayısal yükseklik modeli üzerinde var olan çukur ve pik noktalarının ortadan kaldırılması (Kol ve Küpcü 2008'den değiştirilerek alınmıştır) 87
Şekil 4.52. Su akış yönleri modelinin oluşturulma aşamaları..... 88
Şekil 4.53. İnceleme alanının üç boyutlu akış yönü haritası..... 89
Şekil 4.54. Akış toplanma modelinin oluşturulma aşamaları 90
Şekil 4.55. İnceleme alanının akış ağı haritası..... 91
Şekil 4.56. İnceleme alanının drenaj ağı haritası 93
Şekil 4.57. İnceleme alanının alt havza haritası (Her bir renk bir alt havzayı temsil etmektedir)..... 95
Şekil 4.58. İnceleme alanının alt havza sınırları ve akış ağı haritası..... 96
Şekil 4.59. Jeofizik-rezistivite ölçüm hatları ve noktaları (Jeofizik rezistivite ölçüm hatları DSİ 1967'den alınmıştır)..... 98

Şekil 4.60. Jeofizik-Rezistivite ölçüm kesiti. a-Cihanbeyli-Hat I; b- Cihanbeyli Hat 2; c-Cihanbeyli Hat 3 (DSİ 1967, Jeofizik Rezistivite Etüd Raporundan alınmıştır) 99
Şekil 4.61. Jeofizik-Rezistivite ölçüm kesiti. (a-Yeniceoba Hat 6; b-Yeniceoba Hat 10; c-Yeniceoba Hat c) (DSİ 1967, Jeofizik Rezistivite Etüd Raporundan alınmıştır) 101
Şekil 4.62. Jeofizik-Rezistivite ölçüm kesiti. (a-Yeniceoba Hat 2; b-Yeniceoba Hat 5) (DSİ 1967, Jeofizik Rezistivite Etüd Raporundan alınmıştır 104
Şekil 4.63. Jeofizik-Rezistivite ölçüm kesiti. (Yeniceoba Hat 4) (DSİ 1967, Jeofizik Rezistivite Etüd Raporundan alınmıştır) 105
Şekil 4.64. İnceleme alanındanki derin sondaj kuyularına ait loglar (DSİ 1967 Jeofizik Rezistivite Etüd Raporu'ndan değiştirilerek alınmıştır) 106
Şekil 4.65. İnceleme alanındanki derin sondaj kuyularına ait loglar 107
Şekil 4.66. İnceleme alanınındaki hidrojeolojik birimler 109
Şekil 4.67. İnsuyu formasyonuna ait sıkılaşmamış numunelerin eklenik eğrileri 115
Şekil 4.68. Cihanbeyli formasyonundan alınan sıkılaşmamış numunelerin eklenik eğrileri 115
Şekil 4.69. Tuzgölü formasyonundan alınan numunelerin eklenik eğrileri 116
Şekil 4.70. Alüvyondan alınan numunelerin eklenik eğrileri 116
Şekil 4.71. Böğrüdelik Kaynağının görünümü (Böğrüdelik Köyü) 122
Şekil 4.72. Pınarbaşı Kaynağının boşalım alanı (Pınarbaşı Köyü) 123
Şekil 4.73. Akpınar Kaynağının görünümü (Pnarbaşı Köyü'nün 3,5 km doğusu) 123
Şekil 4.74. İnsuyu kaynaklarının boşalım noktaları (İnsuyu Köyü) 123
Şekil 4.75. Kaynak çıkışlarını gösteren temsili enine kesitler 124
Şekil 4.76. İnceleme alanındaki soğuk sulara ait örnek lokasyon haritası 126
Şekil 4.77. İnceleme alanındaki soğuk yeraltısularının EC (µS/cm) haritası a: Ekim 2008 b: Mayıs 2009 131
Şekil 4.78. İnceleme alanındaki soğuk yeraltısularının TDS (mg/l) haritası a: Ekim 2008 b: Mayıs 2009 132
Şekil 4.79. İnceleme alanındaki soğuk yeraltısularının Cl (mg/l) haritası a: Ekim 2008 b: Mayıs 2009 133
Şekil 4.80. İnceleme alanındaki soğuk yeraltısularının SO_4 (mg/l) haritası a: Ekim 2008 b: Mayıs 2009 134
Şekil 4.81. İnceleme alanındaki soğuk yeraltısularının HCO_3+CO_3 (mg/l) haritası a: Ekim 2008 b: Mayıs 2009 135
Şekil 4.82. İnceleme alanındaki soğuk yeraltısularının kurak dönem yüzde iyon dağılımları (Ekim 2008) 136
Şekil 4.83. İnceleme alanındaki soğuk yeraltısularının yağışlı dönem yüzde iyon dağılımları (Mayıs 2009) 137
Şekil 4.84. İnceleme alanındaki sulara ait Chadha Diyagramı (1999) (Ekim 2008) 139
Şekil 4.85. İnceleme alanındaki sulara ait Chadha Diyagramı (1999)(Mayıs 2009) 139

Şekil 4.86. İnceleme alanınındaki derin kuyulardan alınan suların Piper (1944) diyagramı a:Ekim 2008 b: Mayıs 2009 140
Şekil 4.87. İnceleme alanınındaki sığ kuyular, kaynaklar ve çeşmelerden alınan suların Piper (1944) diyagramı a:Ekim 2008 b: Mayıs 2009 141
Şekil 4.88. Alt havza su örneklerine ait Yarı logaritmik Schoeller diyagramı (a:Ekim 2008 b: Mayıs 2009)..... 144
Şekil 4.89. Üst havza su örneklerine ait Yarı logaritmik Schoeller diyagramı (a:Ekim 2008 b: Mayıs 2009)..... 145
Şekil 4.90. Yeraltısularının Ca^{+2}+ Mg^{+2} ve Cl^{-} iyonları (mmol/l) arasındaki ilişkisi 154
Şekil 4.91. İnceleme alanındaki yeraltısularının Ca^{+2}+ Mg^{+2}–SO_4^{-2}+HCO_3 iyonları arasındaki ilişkisi 154
Şekil 4.92. İnceleme alanındaki yeraltısularının Ca^{+2}-Mg^{+2} molar oranının diyagramı 157
Şekil 4.93. İnceleme alanındaki yeraltısularının Ca^{+2}- SO_4^{-2} (mmol/l)diyagramı 158
Şekil 4.94. İnceleme alanındaki yeraltısularının TDS- SO_4^{-2} (mg/l) diyagramı..... 159
Şekil 4.95. İnceleme alanındaki yeraltısularının Mg^{+2}- SO_4^{-2} (mg/l) diyagramı 161
Şekil 4.96. İnceleme alanındaki yeraltısularının Cl^{-}- Ca^{+2}+ Mg^{+2}/HCO_3 diyagramı 161
Şekil 4.97. Cl^{-}(mmol)- Mg^{+2}/Cl^{-}(molar) ve Ca^{+2}/Cl^{-}(molar) diyagramları 162
Şekil 4.98. İnceleme alanındaki yeraltısularının Na^{+}+K^{+}- TZ^{+} (Toplam katyon) diyagramı..... 164
Şekil 4.99. İnceleme alanındaki yeraltısularının Ca^{+2}+ Mg^{+2}-TZ^{+} (Toplam katyon) diyagramı 164
Şekil 4.100. İnceleme alanındaki yeraltısularının molar Na^{+}/Cl^{-}-EC (µS/cm) diyagramı 166
Şekil 4.101. İnceleme alanındaki yeraltısularının Na^{+}- Cl^{-} (meq/l) diyagramı 166
Şekil 4.102. İnceleme alanındaki yeraltısularının molar Cl/Br -Cl (mmol) diyagramı..... 170
Şekil 4.103. Cl (mmol/l)- molar Ca/Sr diyagramı (EC değerliği µS/cm'dir)..... 170
Şekil 4.104. İnceleme alanındaki yeraltısularının Cl- Br (mmol/l) diyagramı..... 171
Şekil 4.105. İnceleme alanındaki suların Gibbs Diyagramı (Ekim 2008) 172
Şekil 4.106. İnceleme alanındaki suların Gibbs Diyagramı (Mayıs 2009) 173
Şekil 4.107. Türkiye'deki Genç Tektonik Hatlar, Sıcak ve Mineralli Su Kaynaklarının Dağılımı (Şimşek ve Yıldırım 2000) 179
Şekil 4.108. İnceleme alanındaki sıcak ve mineralli suların lokasyon haritası 180
Şekil 4.109. Bolluk Gölü doğusundaki artezyen yapan sondaj kuyuları (sıcak ve mineralli sular) ... 181
Şekil 4.110. Sıcak ve mineralli sular ile traverten koni sularından alınan örneklere ait yarı logaritmik Schoeller diyagramı (Ekim 2008)..... 186
Şekil 4.111. Sıcak ve mineralli sular ile traverten koni sularından alınan örneklere ait yarı logaritmik Schoeller diyagramı (Mayıs 2009)..... 186
Şekil 4.112. Sıcak ve mineralli sular ile traverten koni sularından alınan örneklere ait Piper diyagramı (a: Ekim 2008; b:Mayıs 2009)..... 187
Şekil 4.113. Sıcak su sondaj kuyularında geçilen birimlere ait kuyu logları (a-141 nolu sıcaksu sondaj kuyusu; b- 142 nolu sıcak su sondaj kuyusu) 189

Şekil 4.114. İnceleme alanındaki sıcak ve mineralli suların Langelier-Ludwing diyagramı (Langelier ve Ludwing 1942)..... 190
Şekil 4.115. İnceleme alanına ait sıcakve mineralli suların (a) anyon ve (b) katyon üçgen diyagramları (Giggenbach 1998) 199
Şekil 4.116. İnceleme alanındaki suların Giggenbach diyagramı, Na/1000-K/100-$Mg^{0.5}$(Giggenbach 1991)..... 200
Şekil 4.117. Sıcak suların sıcaklık-mineral denge diyagramları 203
Şekil 4.118. Silis karışım modeline göre, inceleme alanındaki sıcak ve mineralli suların hazne kaya sıcaklıkları ve soğuk su karışım oranları (Şahinci 1991b)..... 208
Şekil 4.119. İnceleme alanına ait jeotermal model 210
Şekil 4.120. Sulak Alan Tipi (Pakalne 2004) 212
Şekil 4.121. İnceleme alanındaki sulak alanlar (NASA World Wind'den alınmıştır)..... 214
Şekil 4.122. Türkiye'deki Sulak Alanların Genel Görünümü (Çevre ve Orman Bakanlığı 2007)..... 216
Şekil 4.123. İnceleme alanında bulunan sulak alanların kurak ve yağışlı dönemdeki genel görünümleri (a, c,e: Ekim 2008; b, d, f: Mayıs 2009)..... 218
Şekil 4.124. Göl sularının bileşimlerini gösteren üçgen diyagramı (*:Mayıs 2009, **:Ekim 2008).. 219
Şekil 4.125. Sulak alanlara ait ana iyonların dağılımının grafiksel gösterimi..... 220
Şekil 4.126. İnceleme alanındaki suların içilebilirlik diyagramı (Schoeller, 1962) 225
Şekil 4.127. İnceleme alanındaki suların ABD Tuzluluk Laboratuar Diyagramı (Ekim 2008) 233
Şekil 4.128. İnceleme alanındaki sulara ait Wilcox diyagramı (Wilcox, 1948) (Ekim 2008)..... 238
Şekil 4.129. Hidrolojik döngüdeki O ve H izotoplarının sistematik gösterimi (Mook 2001)..... 246
Şekil 4.130. Sistematik $\delta^{18}O$ ve δD diyagramındaki su-kayaç etkileşim işlemleri (Mook 2001) 247
Şekil 4.131. İnceleme alanından alınan izotop örneklerine ait lokasyon haritası..... 247
Şekil 4.132. İnceleme alanındaki suların $\delta^{18}O$- $\delta^{2}H$ grafiği (Mayıs 2009)..... 250
Şekil 4.133. İnceleme alanındaki suların $\delta^{18}O$- $\delta^{2}H$ grafiği (Ekim 2008)..... 250
Şekil 4.134. İnceleme alanındaki suların $\delta^{18}O$- $\delta^{2}H$ grafiği (Mayıs 2009)..... 252
Şekil 4.135. Suların kökenlerine göre dağılımı (Mayıs 2009)..... 252
Şekil 4.136. $\delta^{18}O$- Cl (mmol/l) grafiği (Ekim 2008). 254
Şekil 4.137. Ortalama $\delta^{18}O$ ile yükseklik (m) arasındaki ilişki (Mayıs 2009) 254
Şekil 4.138. İnceleme alanından alınan suların Trityum(TU)- EC (µS/cm) ilişkisi(*: Ekim 2008; **: Mayıs 2009) 257
Şekil 4.139. İnceleme alanından alınan suların $\delta^{18}O$-Trityum($\delta^{3}H$) (*: Ekim 2008; **: Mayıs 2009) 257

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 1.1. Cihanbeyli İlçesi'ne ait aylık ortalama sıcaklık değerleri (20 yıllık ortalama:1989-2009) 8
Çizelge 1.2. Cihanbeyli İlçesi'ne ait aylık ortalama yağış değerleri (20 yıllık ortalama:1989-2009) 9
Çizelge 1.3. İnceleme alanı ve çevresindeki yağış istasyonlarının 20 yıllık (1989-2009) aylık ortalama yağış değerleri 12
Çizelge 1.4. Yağış ve Buharlaşma-Terlemenin deneştirmeli nem bilançosu (20 yıllık ortalama: 1989-2009) (Thorntwait 1948'e göre) 16
Çizelge 1.5. 2007 yılına ait Yağış ve Buharlaşma-Terlemenin deneştirmeli nem bilançosu (Thorntwait 1948'e göre) 18
Çizelge 1.6. 2008 yılına ait Yağış ve Buharlaşma-Terlemenin deneştirmeli nem bilançosu (Thorntwait 1948'e göre) 18
Çizelge 1.7. 2009 yılına ait Yağış ve Buharlaşma-Terlemenin deneştirmeli nem bilançosu (Thorntwait 1948'e göre) 19
Çizelge 4.1. İnceleme alanında bulunan traverten konilerinin özellikleri 65
Çizelge 4.2. İnceleme alanından alınan örneklere ait elek analiz sonuçları..... 117
Çizelge 4.3. İnceleme alanındaki soğuk suların fizikokimyasal analiz sonuçları (*: keson kuyu; ** Kaynak; ***Çeşme) (Ekim 2008) 127
Çizelge 4.4. İnceleme alanındaki soğuk suların fizikokimyasal analiz sonuçları (*: keson kuyu; ** Kaynak; ***Çeşme) (Mayıs2009) 129
Çizelge 4.5. İnceleme alanındaki suların hidrokimyasal fasiyeslere göre ayrımı (Ekim 2008) 143
Çizelge 4.6. İnceleme alanındaki suların hidrokimyasal fasiyeslere göre ayrımı (Mayıs 2009)..... 143
Çizelge 4.7. İnceleme alanındaki suların fizikokimyasal tahlil sonuçlarının mmol/l ve molar değerleri (Ekim 2008) 146
Çizelge 4.8. İnceleme alanındaki suların fizikokimyasal tahlil sonuçlarının mmol/l ve molar değerleri (Mayıs 2009) 148
Çizelge 4.9. İnceleme alanındaki suların korelasyon katsayıları (Ekim 2008) 152
Çizelge 4.10. İnceleme alanındaki suların korelasyon katsayıları (Haziran 2009)..... 152
Çizelge 4.11. İnceleme alanındaki sulara ait ana minerallerin doygunluk indeksleri..... 155
Çizelge 4.12. İnceleme alanındaki yeraltısularına ait ağır metal ve ana iyonlar arasındaki korelasyon katsayıları..... 167
Çizelge 4.13. İnceleme alanındaki sulara ait çok değişkenli faktör analizleri 175
Çizelge 4.14. Final küme merkezleri (Parametreler mg/l, EC µS/cm alınmıştır) 177
Çizelge 4.15. İnceleme alanındaki sıcak ve mineralli suların fizikokimyasal analiz sonuçları (Ekim 2008; *= Traverten konilerinden alınan sular)..... 182
Çizelge 4.16. İnceleme alanındaki sıcak ve mineralli suların fizikokimyasal analiz sonuçları (Mayıs 2009; *= Traverten konilerinden alınan sular)..... 183

Çizelge 4.17. İnceleme alanındaki sıcak ve mineralli suların ağır metal ve iz element sonuçları(Ekim 2008; * :soğuk su; **:traverten konilerinden alınan sular). 184
Çizelge 4.18. İnceleme alanındaki sıcak ve mineralli suların korelasyon katsayıları (Ekim 2008) ... 191
Çizelge 4.19. İnceleme alanındaki sıcak ve mineralli suların korelasyon katsayıları (Mayıs 2009) .. 191
Çizelge 4.20. İnceleme alanındaki sıcak ve mineralli suların hidrokimyasal katsayıları. 192
Çizelge 4.21. İnceleme alanındaki sıcak ve mineralli suların mineral doygunluk değerleri (*:Traverten konilerinden alınan sular). 198
Çizelge 4.22. İnceleme alanındaki sıcak ve mineralli sulara ait jeotermometre sonuçları (a: Kharaka ve ark.1982, b: Kharaka ve ark.1982 c: Fournier 1977a ,1977b, d: Arnorsson ve ark. 1983). 201
Çizelge 4.23. Sıcak ve mineralli suların sıcaklık-mineral denge jeotermometresi ile hesaplanan hazne kaya sıcaklıkları (^{o}C) . 203
Çizelge 4.24. İnceleme alanındaki sıcak ve mineralli suların karışım oranları. 207
Çizelge 4.25. Türkiye'nin uluslararası öneme sahip sulak alanlar listesi* (Erdem 2004) . 215
Çizelge 4.26. İnceleme alanında bulunan sulak alanlara ait fizikokimyasal analiz değerleri (*: Ekim 2008). 217
Çizelge 4.27. Sulak alanlardan alınan su örneklerine ait iyon oranları (**: Ekim 2008, *: Mayıs 2009) . 217
Çizelge 4.28. İncelme alanındaki içme amaçlı kullanılan suların fizokimyasal analiz sonuçları (Ekim 2008). 223
Çizelge 4.29. İnceleme alanındaki içme amaçlı kullanılan suların bazı iz ve ağır metal içerikleri (Ekim 2008). 224
Çizelge 4.30. İçme suyu olarak kullanılan suların sertlik derecelerine göre sınıflandırılması (Erguvanlı ve Yüzer 1973) . 226
Çizelge 4.31. İnceleme alanındaki sulama suyu için kullanılan sondaj kuyu sularının ve göl sularının fizokimyasal analiz sonuçları (Ekim 2008) . 227
Çizelge 4.32. İnceleme alanındaki sulama suyu için kullanılan sondaj kuyu sularının ve göl sularının bazı iz ve ağır metal içerikleri (Ekim 2008) . 230
Çizelge 4.33. İnceleme alanındaki suların ABD Tuzluluk Laboratuarı Diyagramına göre sınıflandırılması. 234
Çizelge 4.34. Tuzluluk ve alkali tehlikesi Sınıflaması. Richards (1954). 236
Çizelge 4.35. İnceleme alanındaki suların Wilcox Diyagramına (1948) göre sınıflandırılması . 239
Çizelge 4.36. Sulama suyu amaçlı kullanılan suların sertlik derecelerine göre sınıflandırılması (Erguvanlı ve Yüzer 1973). 241
Çizelge 4.37. İnceleme alanından alınan örneklerin çevresel izotop değerleri.(BG: Bolluk Gölü; TrG:Tersakan Gölü; TG:Tuz Gölü; GG:Gökgöl; KS-KS(2): Kar suyu; YS-YS(2):Yağmur suyu) ... 248

EKLER LİSTESİ

EK-1. Cihanbeyli (KONYA) ve Çevresinin Jeoloji Haritası

EK-2. Cihanbeyli (KONYA) ve Çevresinin Hidrojeoloji Haritası

EK-3. Cihanbeyli (KONYA) ve Çevresinin Jeoloji Kesitleri

EK-4. İnceleme alanındaki suların fizikokimyasal analiz sonuçları (Ekim 2008)

EK-5. İnceleme alanındaki suların fizikokimyasal analiz sonuçları (Mayıs 2009)

EK-6. İnceleme alanındaki göl sularının fizikokimyasal analiz sonuçları (Mayıs 2009)

EK-7. İnceleme alanındaki suların iz element içerikleri (Ekim 2008)

EK-8. İnceleme alanındaki suların iz element içerikleri (Mayıs 2009)

1. GİRİŞ

1.1. Coğrafi Konum

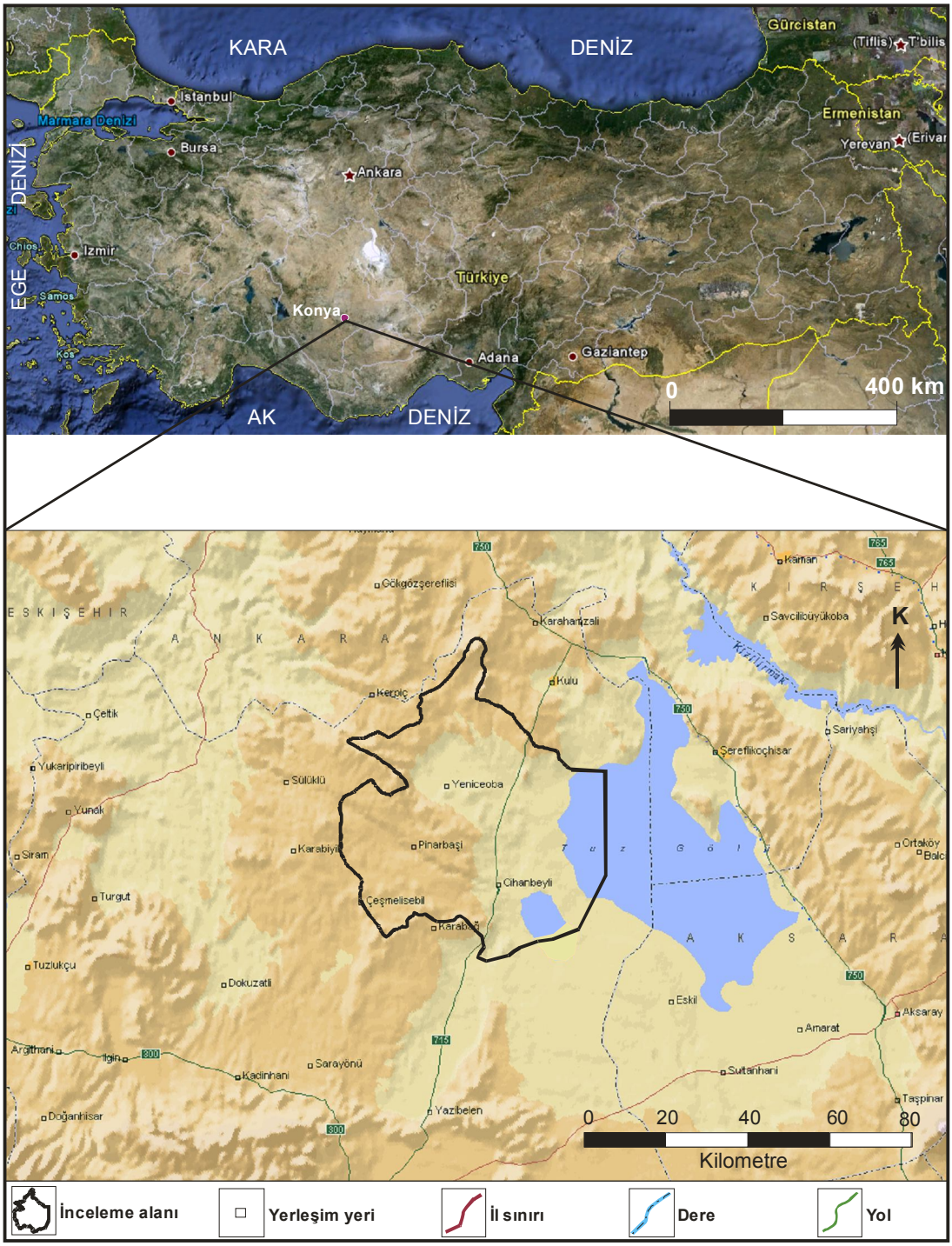
İnceleme alanı, İç Anadolu Bölgesi'nde, Konya İli'nin yaklaşık 90 km kuzey doğusunda yer alan Cihanbeyli İlçesi ve çevresini içermektedir (Şekil 1.1).

Çalışma alanı, Türkiye 1/100.000 ölçekli topoğrafik haritasının Ilgın K29, Aksaray K30 ve Ankara J29 paftalarında yaklaşık 3000 km^2'lik bir alanı kapsamaktadır. İnceleme alanının doğusunda Tuz Gölü, batısında Sülüklü, güneyinde Konya ve kuzeyinde Ankara bulunmaktadır (EK-1).

1.2. Yerleşim ve Ulaşım

İnceleme alanı içerisinde bulunan en büyük yerleşim yerleri Cihanbeyli İlçesi'dir. Bunun dışında Yeniceoba ve Tavşançalı Beldeleri ile Böğrüdelik, Pınarbaşı, İnsuyu, Sığırcık, Yapalı, Damlakuyu (Corca), Acıkuyu, Uzunkuyu, Celep, Arşıncı, Doğutepe, Kozanlı, Bulduk, Büyükbeşkavak, Küçükbeşkavak, Kütükuşağı, Kuşça, Gemicik, Ahirigüzel ve Kayı Köyleri ile çok sayıda yayla bulunmaktadır. Ayrıca bölgede Bolluk Gölü ve Tersakan Gölü bulunmakta olup inceleme alanının doğusu Tuz Gölü ile sınırlanmıştır.

Bölge ulaşım ağı yönünden oldukça önemlidir. Cihanbeyli İlçesi Ankara-Konya karayolu üzerinde bulunmaktadır. Cihanbeyli'den köylere ulaşım asfalt yollarla sağlanmaktadır. İnceleme alanı Tuz Gölü'ne ve dünyada az rastlanır traverten konilerine yakın olmasından dolayı oldukça önemlidir. Ayrıca tarihi İpek Yolu inceleme alanı içerisinden geçmektedir.



Şekil 1.1. İnceleme alanının yer bulduru haritası (NASA World Wind'den alınmıştır http://worldwind.arc.nasa.gov/download.html)

1.3. Bitki Örtüsü

İnceleme alanı oldukça düz bir topoğrafyaya sahip olup doğal bitki örtüsü bakımından oldukça fakirdir. Karasal ve yarı kurak ikliminden dolayı yarı çöl niteliğindedir. İnceleme alanında tek akarsu olan İnsuyu deresinin her iki yamacında kendiliğinden çıkan ağaçlık alanlar ve düzlüklerde meyve bahçeleri bulunmaktadır. Geniş ekilebilir alanlar olmasına rağmen ağaçlık ve orman alanı yok denecek kadar azdır. Sadece sulama imkanına sahip küçük arazi parçalarında ağaç gruplarına rastlanılmaktadır.

1.4. Ekonomi

İnceleme alanında Türkiye'nin ikinci büyük gölü olan Tuz Gölü bulunmaktadır. Yağış alanı 11.900 km^2 olan Tuz Gölü'nün su yüzeyi mevsimlere göre 1200 – 1960 km^2 arasında değişmekle birlikte ortalama yüzey alanı yaklaşık 1660 km^2 kadardır. Tuz Gölü'nde Kayacık, Yavşan ve Kayacık tuzlalarında tuz üretimi yapmaktadır. Bunlardan Tuz Gölü'nün batısında bulunan Yavşan tuzlası inceleme alanı içerisinde bulunmaktadır. Yavşan tuzlası toplam 8.8 km^2 lik havuz sahası ile bir açık işletmedir. İşletmede yıllık 450.000-500.000 ton civarında %97 ve üzeri saflıkta göl tuzu (NaCI) üretmektedir (http: // www. turkiyetuz. Com /gol / yavsan.asp).

İnceleme alanında bulunan diğer büyük göller Tersakan ve Bolluk Gölleri dir. 11 km^2 alana sahip olan Bolluk Gölü ve 52 km^2 alana sahip Tersakan Gölü'nde Aklim A.Ş. tarafından sodyum sülfat üretimi yapılmaktadır. Tersakan ve Bolluk göllerinde yıllık toplam 12.000 ton susuz sodyum sülfat üretimi, yıllık toplam 40.000 ton ham tuz üretimi ayrıca Bolluk Gölü'nde sodyum sülfat yanında 2008 yılında magnezyum klorür, magnezyum-potasyum sülfat türevi olan Leonit gübresi Türkiye'de ilk kez üretilmeye başlanmış ve 6.000 ton leonit üretimi yapılmıştır (Aklim Alkali Kimya A.Ş. 2009).

Türkiye'de sodyum sülfat üretimi yapılabilecek inceleme alanında bulunan Tersakan ve Bolluk Gölleri ile inceleme alanı dışında Afyon-Dazkırı Acıgöl'den başka göl bulunmamasından dolayı göller büyük öneme sahiptir. Tersakan ve Bolluk

göllerinde üretilen sodyum sülfat; deterjan, kağıt, cam ve tekstil sanayiinde kullanılmaktadır. Ayrıca bu göllerde üretilen ham tuz ise, çoğunlukla karayolları ve tekstil sektörünce kullanılmaktadır. Leonit gübresi ise, narenciye, muz, patates ve ayçiçeği üretiminin yanı sıra potasyum eksiği olan topraklarda kullanılmakta olup damlama sulama için en uygun gübredir. Göllerden elde edilen sodyum sülfat, hem Türkiye'de kullanılmakta hem de yurtdışınına ihraç edilmektedir (http://www.etkinpatent.com/habervizyon/yazi_goster_ortak.php?w=istanbul&e_id=32918).

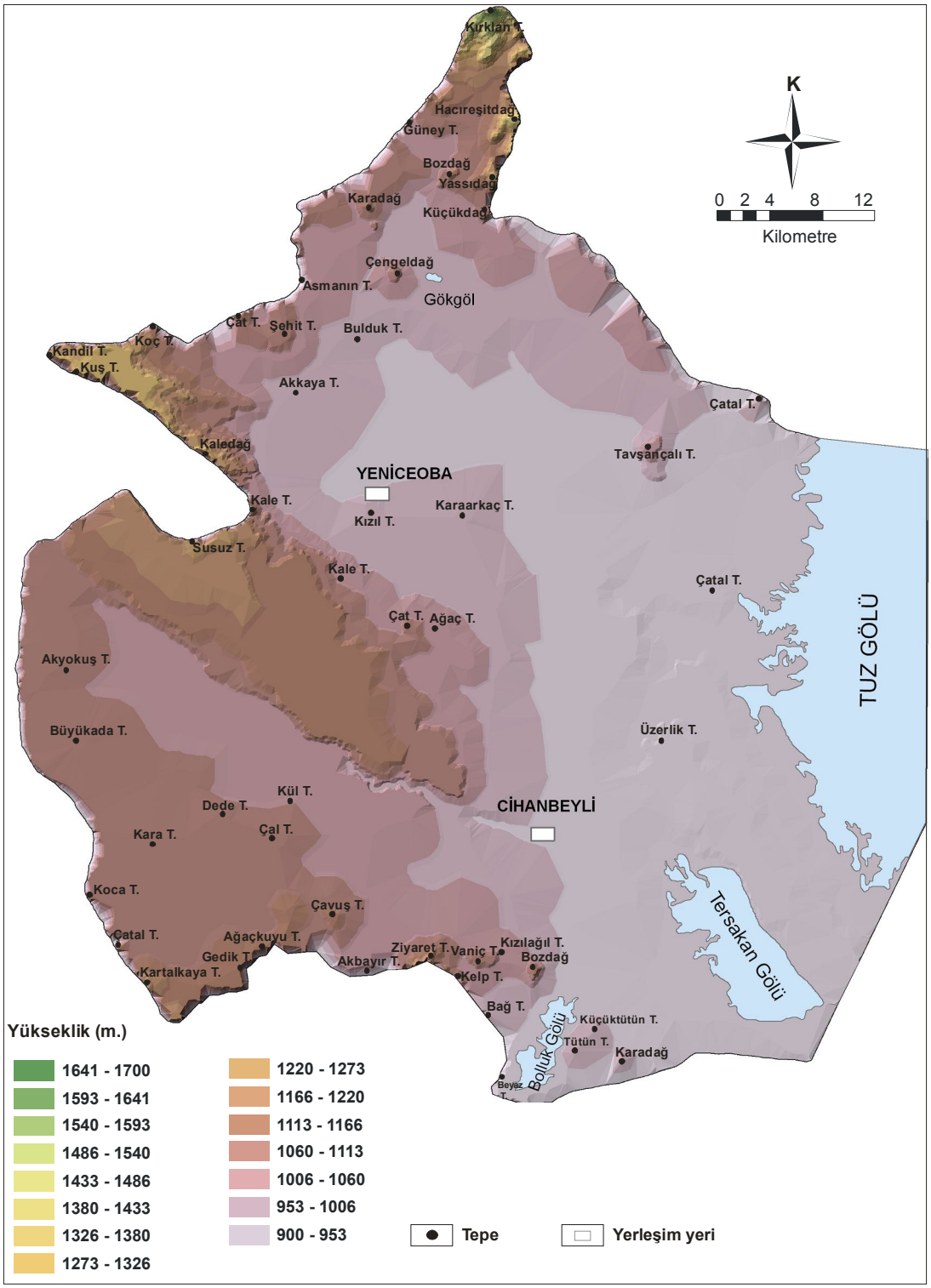
İnceleme alanında bulunan Bozdağ, Bulduk Tepe ve Çengeldağ'da da mıcır ocakları özel şirketler tarafından işletilmektedir.

Bölgede ekonomik yapının temelini tarım ve hayvancılık oluşturmaktadır. Bölge tarıma dayalı nüfus gibi görülse de köylerin çoğu boşalmış durumdadır. Hayvancılık son derece azalmış, geniş tarım alanlarına sahip olmasına rağmen kuraklık nedeniyle rasyonel tarım gelişememiştir. Yörede yalnızca tahıl ve şeker pancarı üretimi yapılmaktadır.

1.5. Morfoloji

İnceleme alanı oldukça düz bir topoğrafyaya sahiptir. Ancak batıya ve kuzeye doğru yükseltiler artmaktadır. Genellikle Yükseltiler 925 m ile 1060 m arasında değişmektedir (Şekil 1.2). Bölgedeki en yüksek nokta inceleme alanının en kuzeyinde bulunan Kırklan Tepe (1736 m.), en düşük nokta ise Tuz Gölü'dür (905 m) (EK-1).

İnceleme alanının güney, güneybatısında bulunan tepelerin topoğrafik kotu 1278 m ile 962 m arasında değişmektedir. Yükseltilerin başlıcaları, Kartalkaya Tepe (T.) (1278 m), Ziyaret T. (1245 m), Bozdağ (1191m), Ağaçkuyu T. (1175 m), Gedik T. (1172 m), Koca T. (1169 m), Çavuş T. (1159 m), Çatal T. (1152 m), Kelp T. (1142 m), Kara T. (1132 m), Dede T. (1122 m), Vaniç T. (1121 m), Çal T. (1119.7 m), Büyükada T. (1111 m), Akyokuş T.(1096 m), Kızılağıl T. (1084 m), Karadağ (1081 m), Akbayır T. (1078 m), Kül T. (1063), Tütün T. (1022 m), Bağ T. (1014 m), Küçüktütün T. (1009 m) ve Beyaz T. (962 m) dir (EK-1).

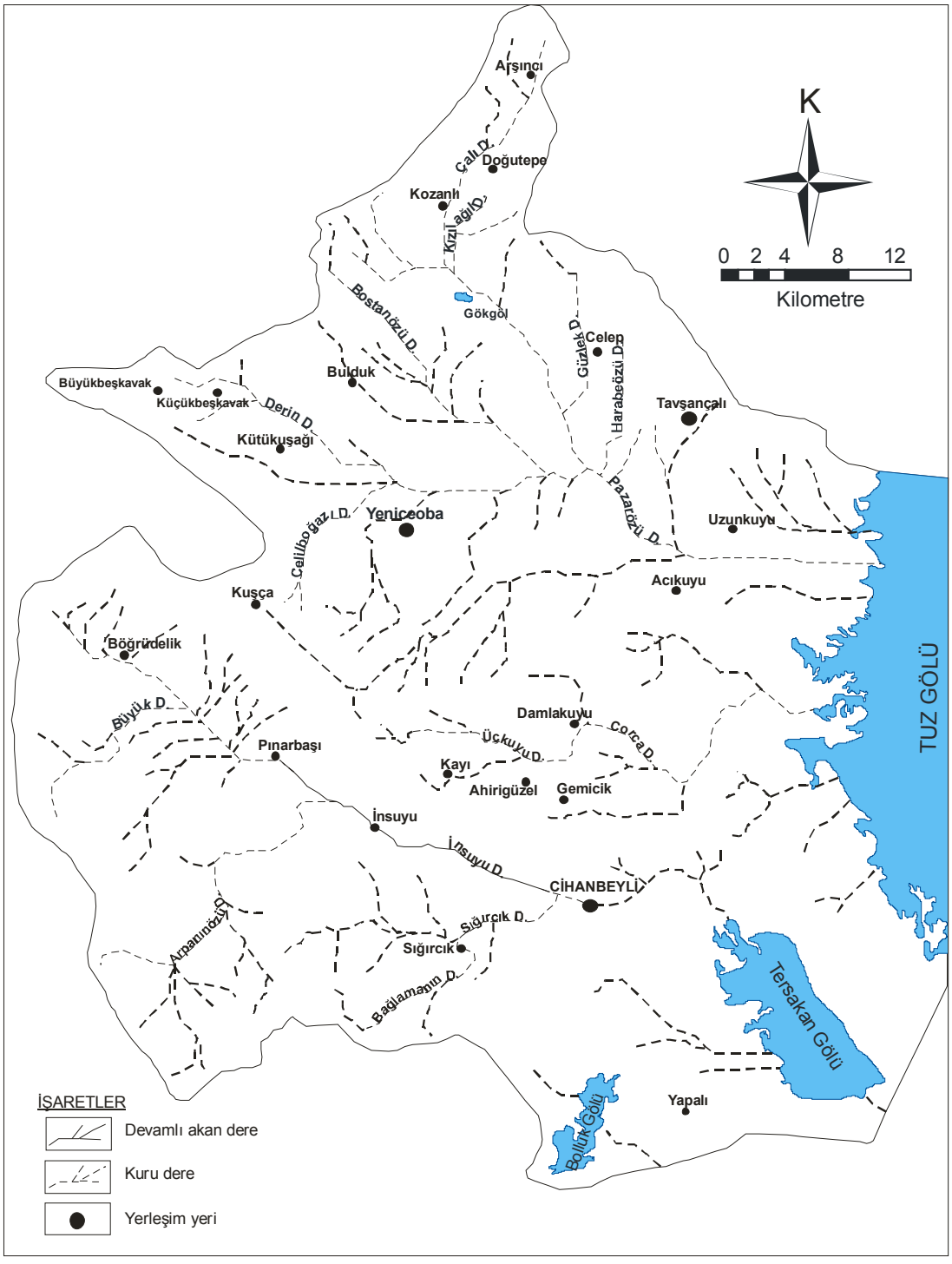


Şekil 1.2. İnceleme alanının yükseklik haritası

Alanın kuzey yarısındaki yükseltiler 1736 m ile 934 m arasında değişmektedir. Kırklan T. (1736 m), Hacıreşitdağ (1474 m), Kuş T. (1366 m), Kandil T. (1363 m), Kaledağ (1323 m), Yassıdağ (1313 m), Susuz T. (1261 m), Kale T. (1261 m), Koç T. (1184 m), Çal T. (1180 m), Bozdağ (1158 m), Küçükdağ (1151 m), Çengeldağ (1142 m), Güney T. (1138 m), Şehit T. (1124 m), Çat T. (1114 m), Karadağ (1111 m), Ağaç T. (1096 m), Kale T. (1094 m), Tavşançalı T. (1085 m.), Asmanın T. (1093 m), Bulduk T. (1024 m), Kızıl T. (1018 m), Karaarkaç T. (1016 m), Çatal T. (1008m), Akkaya T. (1005 m), Üzerlik T. (944 m), ve Çatal T. (934 m) bu alanda bulunan başlıca tepelerdir (Şekil 1.2).

İnceleme alanının az engebeli olmasından dolayı akarsu ağı fazla gelişmemiştir. Fakat dağlık kesimlerde dentritik tipte gelişmiş akarsu ağları mevcut olup dereler batıdan doğuya doğru akarak Tuz Gölü'ne boşalmaktadır (Şekil 1. 3). Bölgede yalnızca İnsuyu Deresi sulu deredir. Bölgenin kurak-yarı kurak özelliğinden dolayı ve küresel ısınmanın bir sonucu olarak diğer dereler tamamen kurumuş durumdadır. İnsuyu Deresi, Pınarbaşı Köyü'nden çıkarak inceleme alanının ortasından geçmekte olup B-KB'dan D-GD'ya doğru akmaktadır. Pınarbaşı Köyü'nün yaklaşık 3,5 km doğusunda bulunan Akpınar kaynağı ve İnsuyu Köyü'nde bulunan kaynaklar İnsuyu Deresine akarak birleşmektedirler. Fakat Dere üzerinde kurulmuş alabalık tesisi ve dere boyunca, dere içerisinden sulama amaçlı çekilen sular derenin debisini azaltarak Tuz Gölü'ne ulaşmasını engellemektedir. Ayrıca İnsuyu Deresi, Cihanbeyli göletine bağlanarak burada toplanmakta ve sulamada kullanılmaktadır. Fakat inceleme döneminde zaman zaman bu göletin kuruma noktasına geldiği gözlenmiştir.

Sahanın güneyinde bulunan Büyük Dere, Arpanınözü Dere ve Bağlamanın Dere güneybatıdan kuzeydoğuya doğru akarak İnsuyu deresine bağlanmaktadırlar. İnceleme alanının kuzeyinde bulunan Çalı Dere, Kızılağıl Dere, Güzlek Dere ve Harabeözü Dere kuzey/kuzeybatıdan güneydoğuya doğru akarak Pazarözü Deresi ile birleşmektedir. Bostanözü Dere'si ve Derin Dere kuzeybatıdan güneydoğuya doğru akarak Pazarözü deresiyle birleşmektedir. Celilboğazı Dere güneybatıdan kuzeydoğuya akarak Pazarözü Deresi ile birleşmektedir. Pazarözü Dere'si ise Tuz Gölü'ne boşalmaktadır. Üçkuyu Dere'si ise, batıdan doğuya doğru Corca Dere'si ile birleşerek Tuz Gölü'ne akmaktadır (Şekil 1.3).



Şekil 1.3. İnceleme alanına ait drenaj ağı haritası

1.6. İklim Koşulları

İnceleme alanı karasal ve kurak-yarı kurak bir iklime sahiptir. Cihanbeyli Meteoroloji İstasyonundan alınan verilere göre 20 yıllık ortalama sıcaklık 11,69 ^{o}C ve ortalama yağış 28,30 mm'dir. Bu süre içerisinde en düşük sıcaklık 1989 yılı Ocak ayında olup -6,7 ^{o}C ve en yüksek sıcaklık 2006 yılı Ağustos ayında 27,20 ^{o}C dır.

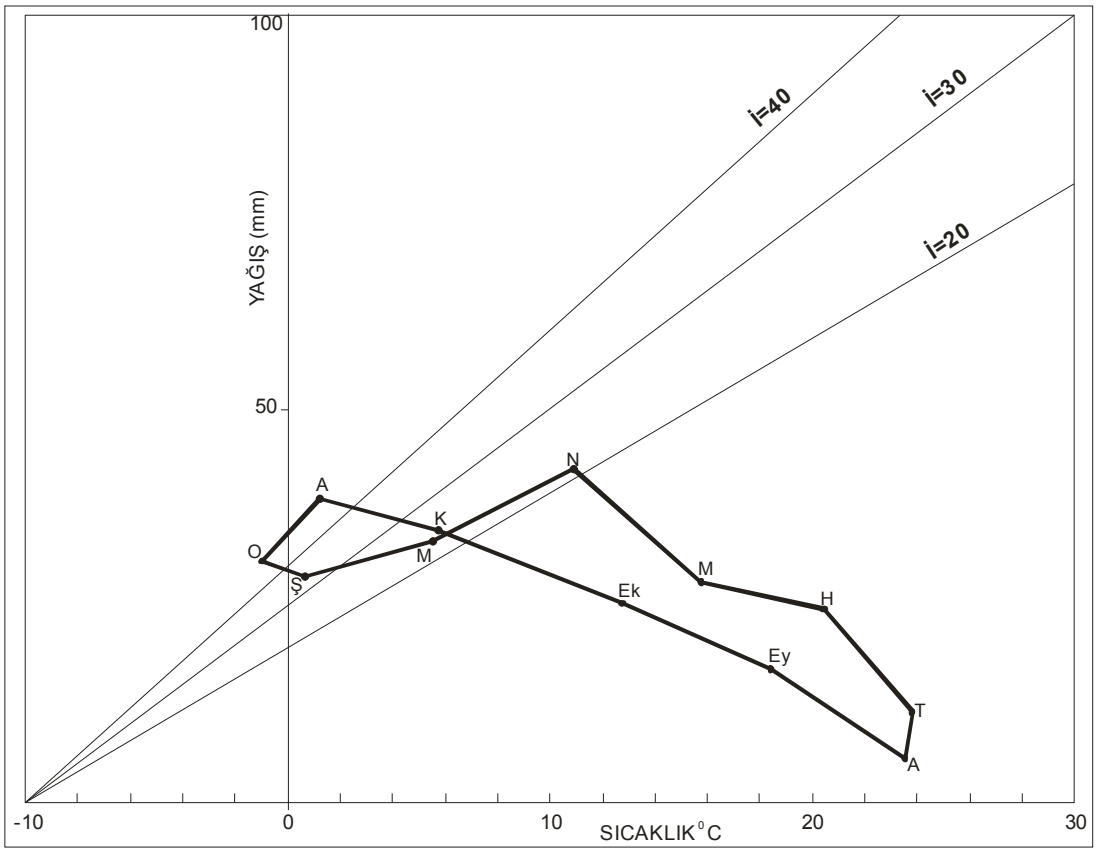
1989-2009 yılları arası sıcaklık ve yağış değerleri Çizelge 1.1 ve Çizelge 1.2'de verilmiştir. Bu değerler kullanılarak alanın klimogramı çizilmiştir (Şekil 1.4). Klimograma göre, Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül ve Ekim ayları 20 indisinin altında kaldığı için kurak aylar, Ocak ve Aralık ayları 40 indisinin üstünde kaldığı için yağışlı, Kasım, Şubat, Mart, Nisan, ayları ise yağışlı geçiş aylarıdır. Ayrıca inceleme alanının klimogramına göre Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarının sıcaklığı 20 ^{o}C'ın üzerindedir. Kasım, Aralık, Ocak, Şubat ve Mart aylarının sıcaklığı 10 ^{o}C'ın altındadır. Yağış ve sıcaklık bakımından yaz ve kış ayları çok farklılık göstermektedir. Kurak aylarda tarımsal amaçlı sulamaya ihtiyaç duyulurken, yağışlı aylar da sulama yapılmamaktadır.

Çizelge 1.1. Cihanbeyli İlçesi'ne ait aylık ortalama sıcaklık değerleri (20 yıllık ortalama:1989-2009)

Aylar	Minimum Sıcaklık (^{o}C)	Maksimum Sıcaklık (^{o}C)	20 yıllık ortalama sıcaklık(^{o}C)
Ocak	-6,7	4,9	-1
Şubat	-4,9	3,8	0,3
Mart	2,8	11	5,4
Nisan	7,3	15	10,9
Mayıs	13,5	19	15,8
Haziran	19,3	22,6	20,4
Temmuz	20,7	26,1	23,9
Ağustos	20,8	27,2	23,5
Eylül	15,3	25,4	18,3
Ekim	10,1	20	12,7
Kasım	1,3	14	5,7
Aralık	-2,7	5,9	1,2

Çizelge 1.2. Cihanbeyli İlçesi'ne ait aylık ortalama yağış değerleri (20 yıllık ortalama:1989-2009)

Aylar	Minimum Yağış-mm	Maksimum Yağış-mm	20 yıllık ortalama yağış-mm
Ocak	4,5	60,1	29,69
Şubat	3,6	70,9	28,457
Mart	3,6	115	32,99
Nisan	11,8	121,9	42,39
Mayıs	5,4	67	29,4
Haziran	0,3	93,9	25,5
Temmuz	0,4	43,9	12,16
Ağustos	0,4	22,2	5,77
Eylül	0,5	48,4	17,84
Ekim	0,4	95,5	25,4
Kasım	0,6	97,9	34,8
Aralık	0,8	80,3	39

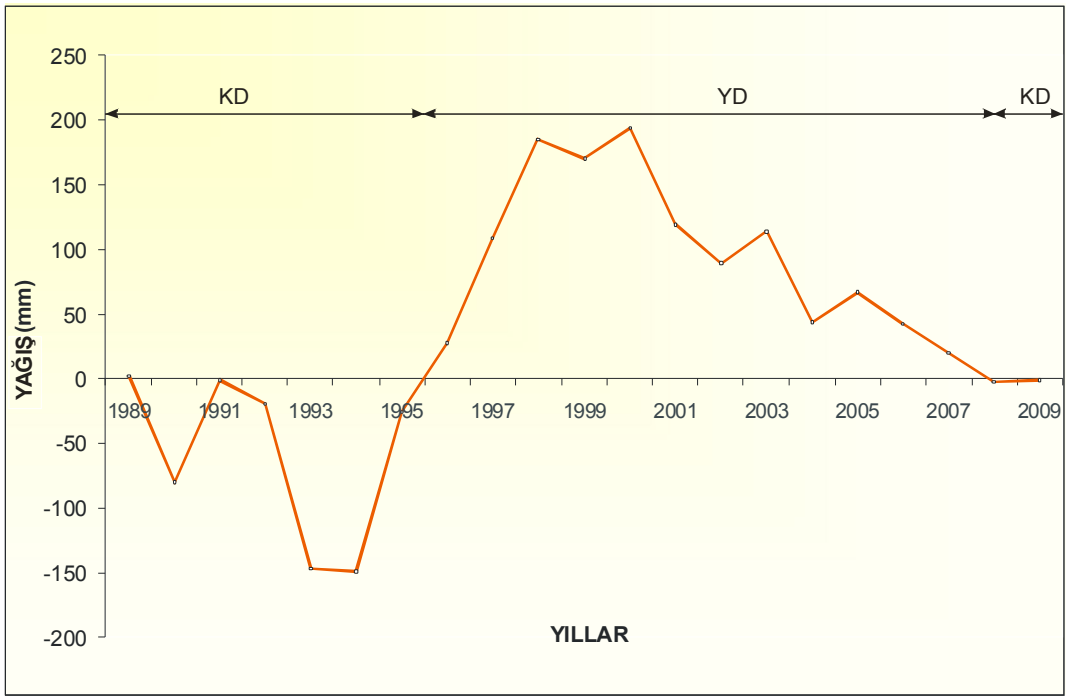


Şekil 1.4. İnceleme alanının klimogramı (1989-2009 yılları arası 20 yıllık ortalama)

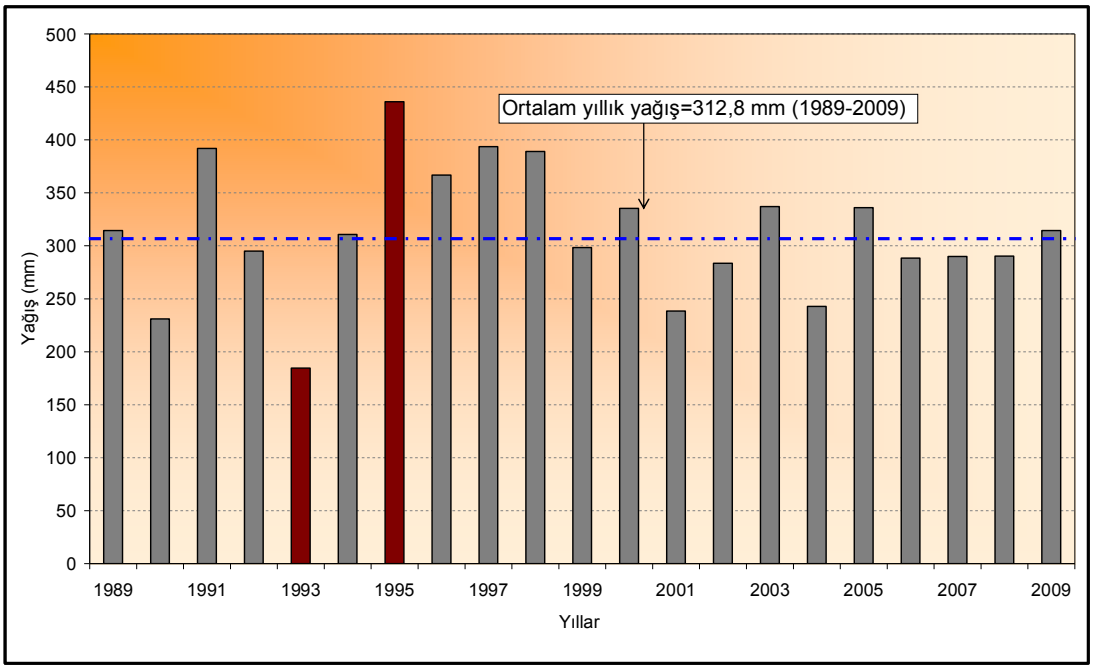
1.7. Yağış

Konya Meteoroloji İstasyonundan alınan yağış değerleri kullanılarak bölgenin yağışlı ve kurak dönemlerini belirlemek amacı ile eklenik sapma eğrisi ve yağış dağılış histogramı hazırlanmıştır (Şekil 1.5, 1.6). Eklenik sapma grafiğine göre 1989-1995 ve 2008-2009 yılları arası kurak dönemler, 1996-2007 yılları arası yağışlı dönemlerdir (Şekil 1.5).

20 yıllık ortalama yağış değerlerine göre çizilen yağış dağılım grafiğinde bölgenin 20 yıllık ortalama yağış yüksekliği 312,8 mm'dir. 1995 yılı en yağışlı dönem, 1993 yılı en kurak dönemdir. 2008 yılında en az yağış Ağustos ayında (6,7 mm), en fazla yağış Aralık ayında (51,50 mm)'dır. Ortalama yağış yüksekliği 290,2 mm'dir. 2009 yılında ise en az yağış Ağustos ayında (0,5 mm) ve en fazla yağış Nisan ayında (62,10 mm) gerçekleşmiştir. Bu yıla ait ortalama yağış yüksekliği 311,9 mm'dir (Şekil 1.6).



Şekil 1.5. Eklenik sapma grafiği (1989-2009) (KD: Kurak Dönem; YD: Yağışlı Dönem)



Şekil 1.6. İnceleme alanının yağış dağılış grafiği (1989-2009)

Cihanbeyli ve çevresindeki meteoroloji istasyonlarının aylık ortalama verilerinden yararlanarak meteoroloji istasyonlarındaki 20 yıllık ortalama yağış miktarları incelendiğinde aylık değerlerin yaklaşık birbirine paralel olduğu, yağış miktarlarının Temmuz ve Ağustos aylarında en düşük, Nisan ve Aralık aylarında en yüksek değerlere ulaştığı gözlenmektedir (Çizelge 1.3, Şekil 1.7).

İnceleme alanında ortalama yağış değerlerini hesaplamak için adı geçen yağış istasyonlarına ilişkin değerler ile inceleme alanı ve çevresinin son 20 yıllık eş yağış haritaları (izohyetes haritaları) hazırlanmıştır. Yağış değerleri en az Konya'da 291,11 mm, en fazla Ilgın'da 437,79 mm dir. Cihanbeyli'de ise 312,8 mm olarak ölçülmüştür. 20 yıllık yağış ortalamalarına göre yağış miktarı güneydoğu ve güneybatıya doğru azalmaktadır (Şekil 1.8).

İnceleme alanı ve çevresi son yıllarda en az yağış alan bölgedir. 2008-2009 yıllarındaki yağış değerlerine göre hazırlanan eş yağış haritasına göre ortalama yağış değerleri batı ve güneydoğuya doğru artış göstermektedir (Şekil 1.9).

Çizelge 1.3. İnceleme alanı ve çevresindeki yağış istasyonlarının 20 yıllık (1989-2009) aylık ortalama yağış değerleri

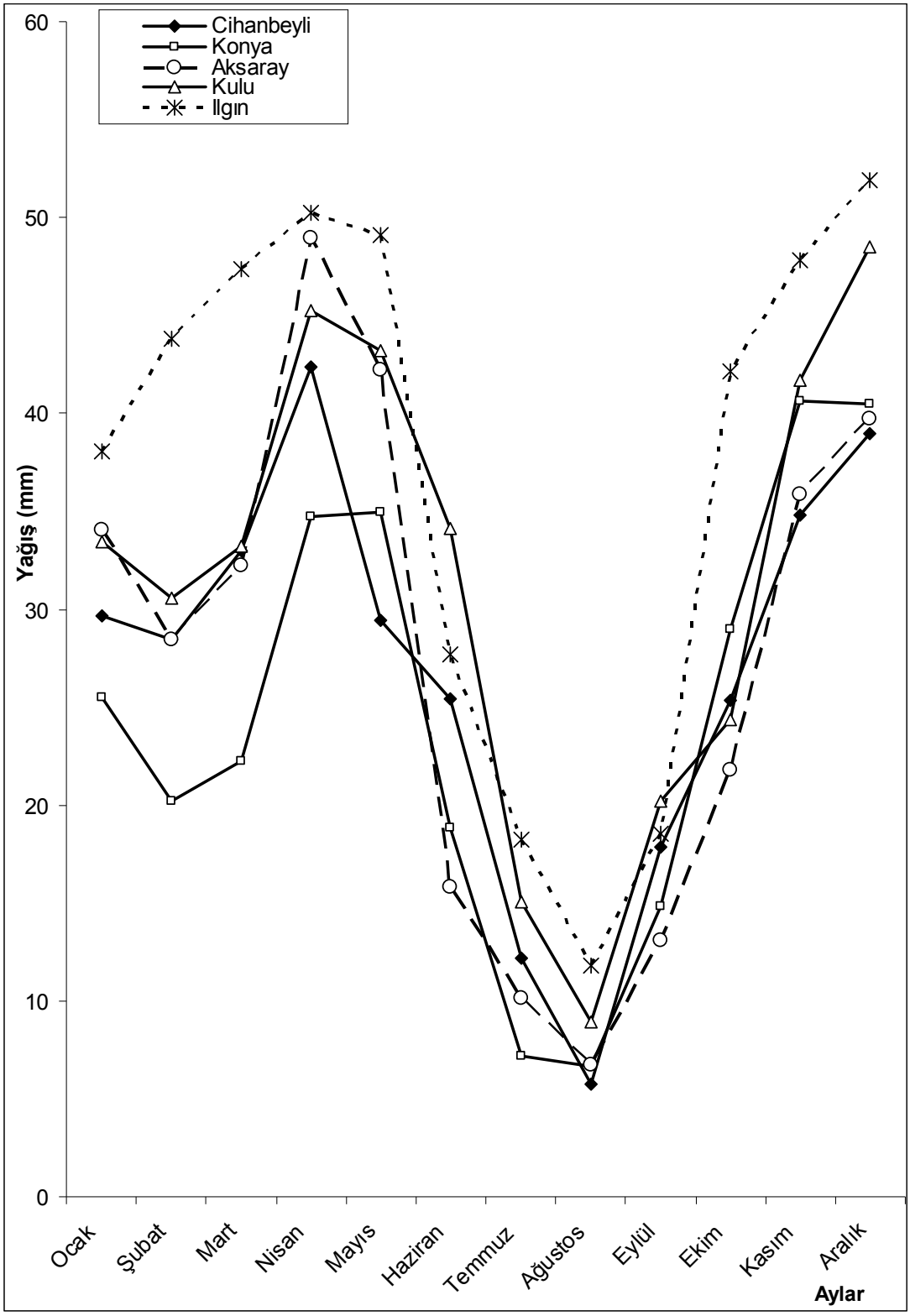
İstasyon Adı	Aylar											
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
AKSARAY	34,05	28,438	32,2	49	42,2	15,8	10,16	6,73	13,11	21,8	35,8	39,7
KONYA	25,51	20,219	22,22	34,7	35	18,9	7,215	6,69	14,84	29	40,7	40,5
KULU	33,43	30,586	33,2	45,3	43,2	34,2	15,06	8,91	20,19	24,4	41,7	48,5
ILGIN	38,05	43,771	47,36	50,2	49,1	27,7	18,21	11,8	18,56	42,1	47,8	51,9
CİHANBEYLİ	29,69	28,457	32,99	42,39	29,4	25,5	12,16	5,77	17,84	25,4	34,8	39

1.8. Buharlaşma ve Terleme

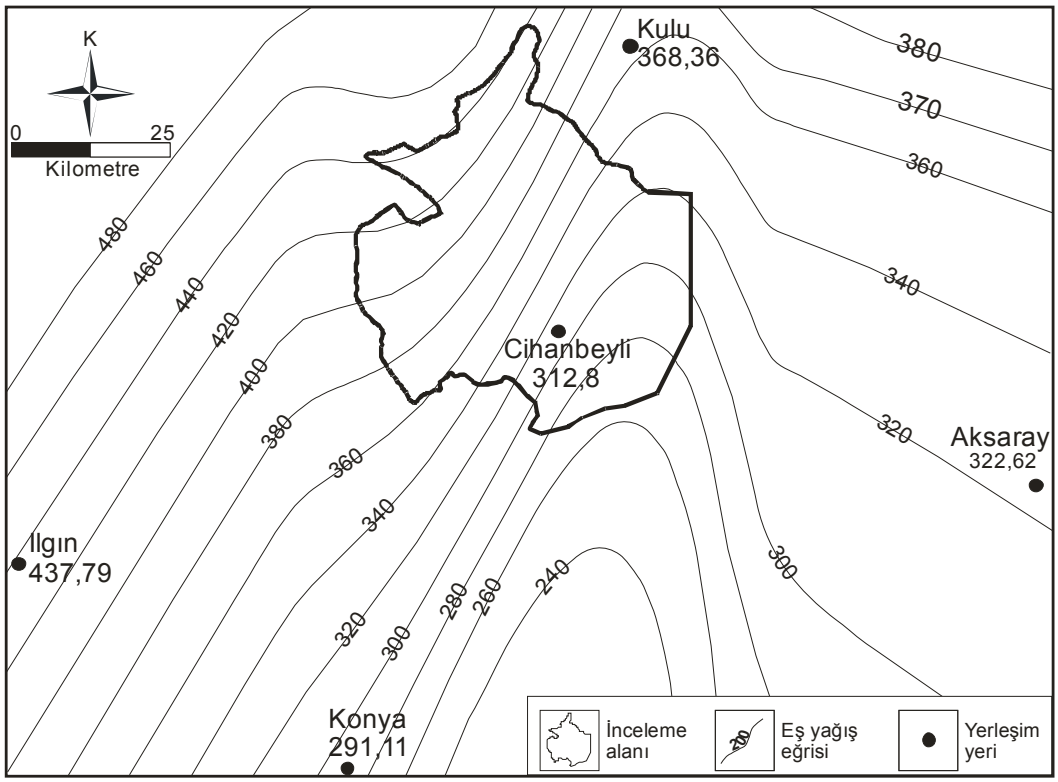
Konya Meteoroloji İstasyonundan alınan 20 yıllık (1989-2009) ortalama yağış, sıcaklık değerleri kullanılarak Thorntwaite (1948) yöntemi ile yağış, buharlaşma-terlemenin deneştirmeli nem bilançosu hazırlanmış, potansiyel buharlaşma-terleme (Etp) ve gerçek buharlaşma-terleme (Etr), değerleri hesaplanmıştır. Bu değerlere göre, yağış ve buharlaşma-terlemeye ait değişim grafiği çizilmiştir (Çizelge 1.4, Şekil 1.10).

Buna göre; düzeltilmiş buharlaşma-terleme miktarı (Etpc) 704 mm, gerçek buharlaşma-terleme miktarı (Etr) 293 mm olarak hesaplanmıştır. Bu miktar yağışın % 93,67'sine eşittir. Su fazlası 73,64 mm olup bu miktar yağışın % 23,54'üne karşılık gelir.

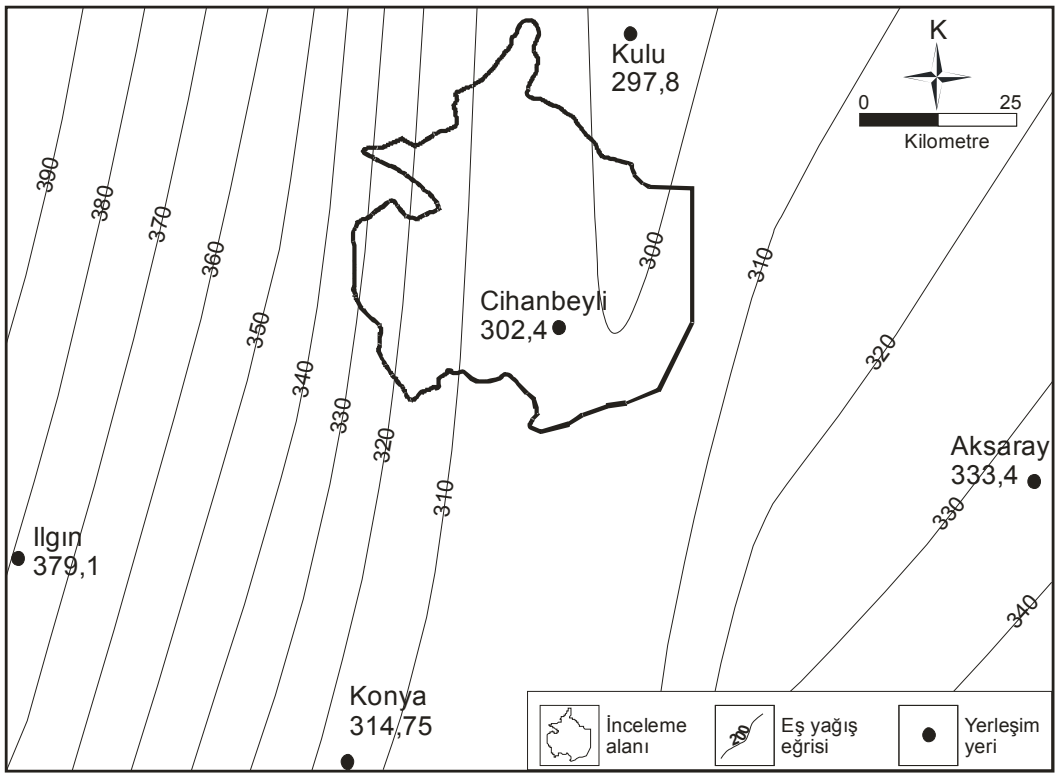
İnceleme alanının iklim formülü Thorntwaite (1948)'e göre $DB_1'sb_3'$ şeklindedir. Harflerin belirlediği iklim tiplerine göre inceleme alanı yarı kurak-kurak (D), mezotermal yani orta sıcaklıktaki iklim (B_1'), su fazlası kış mevsiminde orta derecede (s) olan, denizel etkinin yakın olduğu yerleri (b_3') göstermektedir.



Şekil 1.7. İnceleme alanı ve çevresine ait yağış grafiği (1989-2009: 20 yıllık ortalama)



Şekil 1.8. İnceleme alanının eş yağış haritası (20 yıllık yağış değerleri ortalaması: 1989-2009)



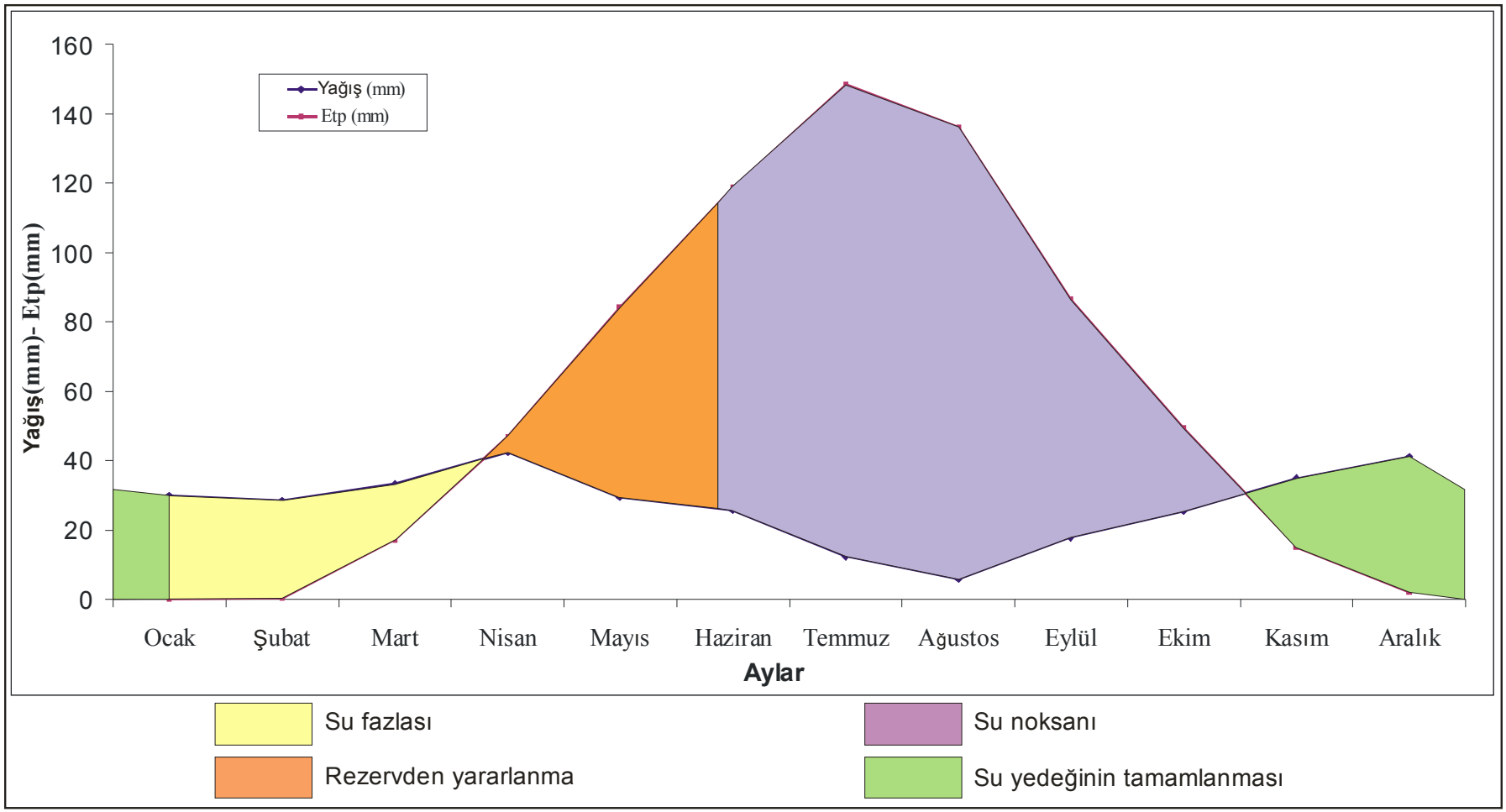
Şekil 1.9. İnceleme alanının 2008-2009 yılları eş yağış haritası

Meteoroloji istasyonundan alınan ortalama yağış, sıcaklık değerleri kullanılarak Thorntwaite (1948) yöntemi ile 2007, 2008 ve 2009 yıllarına ait yağış, buharlaşma-terlemenin deneştirmeli nem bilançosu hazırlanarak, potansiyel buharlaşma-terleme (Etp) ve gerçek buharlaşma-terleme (Etr), değerleri hesaplanmıştır. Bu değerlere göre, yağış ve buharlaşma-terlemeye ait değişim grafiği çizilmiştir (Çizelge 1.5, Çizelge 1.6, Çizelge 1.7 ve Şekil 1.11). 2007 yılı Ocak ayında faydalı su yedeği 100 alınmıştır. 2007 yılı Ocak, Şubat ve Mart aylarında yağış, buharlaşma-terlemeden fazladır ve su fazlası gözlenmektedir. Nisan ayında yağış, buharlaşma-terlemeden az olup toprağın su ihtiyacı faydalı su yedeğinden (rezerv) tamamlanmaktadır. Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül ve Ekim aylarında yağış, buharlaşma terlemeden az olmakta ve su noksanı gözlenmektedir. 2007 yılı Kasım, Aralık aylarında ve 2008 yılı Ocak ayında yağış artmış buharlaşma-terleme azalmıştır ve toprağın faydalı su yedeği tekrar tamamlanmaya başlamıştır. 2008 yılı Şubat ayında su fazlası gözlenirken Mart ve Nisan aylarında buharlaşma-terleme yağıştan fazla olduğu için toprağın faydalı su yedeğinden yararlanılmıştır. Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül ve Ekim aylarında yağış, buharlaşma-terlemeden az olmakta ve su noksanı gözlenmektedir. Kasım, Aralık aylarında yağış, buharlaşma-terlemeden fazladır ve toprağın faydalı su yedeği tamamlanmaya çalışılmıştır. 2009 yılı Ocak, Şubat, Mart ve Nisan aylarında yağış, buharlaşma-terlemeden fazla olduğu için su fazlası gözlenmektedir. Mayıs ayında buharlaşma-terleme, yağıştan fazladır ve toprağın faydalı su yedeğinden faydalanılmıştır. Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül ve Ekim aylarında buharlaşma-terleme yağıştan fazla olmaktadır ve su noksanı gözlenmektedir. Kasım ve Aralık aylarında yağış, buharlaşma-terlemeden fazladır ve toprağın faydalı su yedeği tamamlanmaya çalışılmıştır (Şekil 1.11).

Çizelge 1.4. Yağış ve Buharlaşma-Terlemenin deneştirmeli nem bilançosu (20 yıllık ortalama: 1989-2009) (Thorntwait 1948'e göre)

AYLAR	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Toplam
Aylık sıcaklık ortalaması (^{0}C)	-1	0,3	5,4	10,9	15,8	20,4	23,9	23,5	18,3	12,7	5,7	1,2	
Sıcaklık indisi	0	0,01	1,12	3,25	5,71	8,41	10,68	10,41	7,13	4,10	1,22	0,12	52,17
Potansiyel Buh-Ter (Etp-mm)	0	0,38	16,74	42,07	68,46	95,72	117,82	115,24	83,01	51,41	17,97	2,33	611,15
Enlem düzeltme katsayısı	0,85	0,84	1,03	1,11	1,23	1,24	1,26	1,18	1,04	0,96	0,84	0,82	
Düzeltilmiş Etp-mm	0	0,32	17,24	46,69	84,21	118,70	148,45	135,98	86,33	49,35	15,10	1,91	704
Yağış-mm	29,69	28,45	32,99	42,39	29,4	25,5	12,16	5,77	17,84	25,4	34,8	39	312,8
*Faydalı su yedeği-mm	100*	100	100	95,706	40,899	0	0	0	0	0	19,70	58,694	
Gerçek Buh-Ter (Etr-mm)	0	0,32	17,24	46,69	84,21	66,40	12,20	5,80	17,80	25,40	15,10	1,91	293
Su fazlası-mm	29,69	28,13	15,75	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0,00	73,64
Su noksanı-mm	0	0	0	0	0	52,296	136,25	130,18	68,529	23,95	0	0	411,21

*: Faydalı su yedeği bölgenin iklim ve bitki koşullarına göre 100 alınmıştır.



Şekil 1.10.Yağış ve Buharlaşma-Terlemenin değişim grafiği (20 yıllık ortalama: 1989-2009) (Thorntwait 1948'e göre)

Çizelge 1.5. 2007 yılına ait Yağış ve Buharlaşma-Terlemenin deneştirmeli nem bilançosu (Thorntwait 1948'e göre)

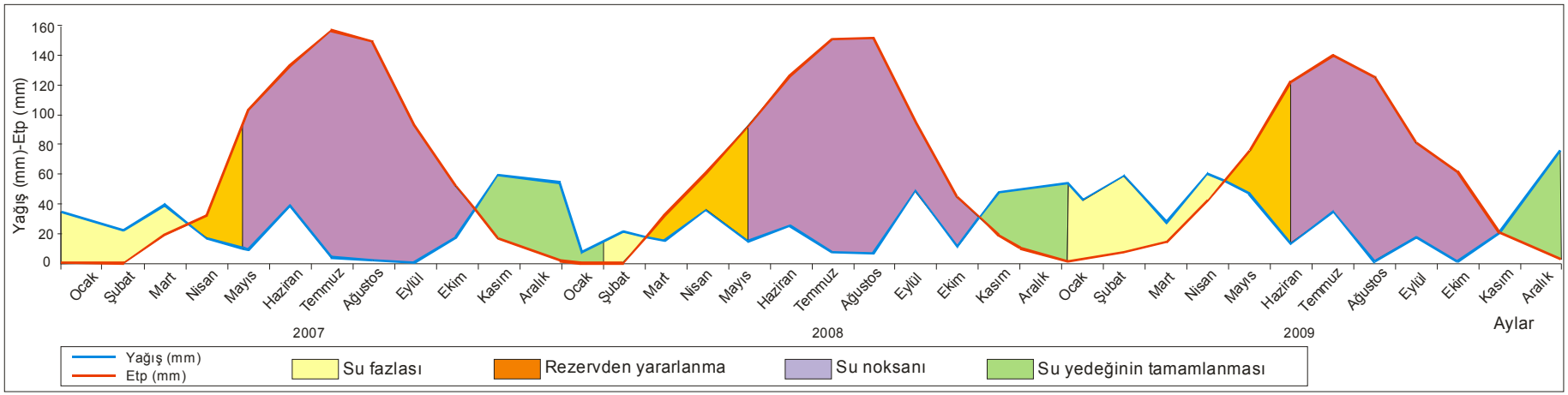
AYLAR	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Toplam
Aylık sıcaklık ortalaması (^{0}C)	0,3	0,3	6,69	9	19	22,6	25,1	25,4	20	14	7	3,2	12,71
Sıcaklık indisi	0	0,01	1,55	2,43	7,55	9,81	11,50	11,71	8,16	4,75	1,66	0,51	59,68
Potansiyel Buh-Ter (Etp-mm)	0	0,22	18,84	28,78	83,73	107,29	124,65	126,78	90,10	54,12	20,10	6,57	661
Enlem düzeltme katsayısı	0,85	0,84	1,03	1,11	1,23	1,24	1,26	1,18	1,04	0,96	0,84	0,82	
Düzeltilmiş Etp-mm	0	0,19	19,40	31,95	102,99	133,04	157,06	149,60	93,70	51,95	16,88	5,38	762
Yağış-mm	29,9	21,8	39,2	16,2	8,8	38,7	3,7	1,8	0,5	17,5	59	56,6	293,7
Faydalı su yedeği-mm	100	100	100	84,254	0	0	0	0	0	0	42,12	93,335	
Gerçek Buh-Ter (Etr-mm)	0	0,19	19,40	31,95	93,05	38,70	3,70	1,80	0,50	17,50	16,88	5,38	229
Su fazlası-mm	29,9	21,61	19,80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	71,31
Su noksanı-mm	0	0	0	0	9,932	94,341	153,36	147,8	93,2	34,452	0	0	533,08

Çizelge 1.6. 2008 yılına ait Yağış ve Buharlaşma-Terlemenin deneştirmeli nem bilançosu (Thorntwait 1948'e göre)

AYLAR	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Toplam
Aylık sıcaklık ortalaması (^{0}C)	-1	-2,1	9,7	14,2	17,7	21,8	24,4	25,7	20,2	12,8	7,8	0,6	12,65
Sıcaklık indisi	0	0,00	2,73	4,86	6,78	9,29	11,02	11,92	8,28	4,15	1,96	0,04	61,03
Potansiyel Buh-Ter (Etp-mm)	0	0,00	31,33	54,47	74,98	101,44	119,46	128,80	90,82	46,85	22,84	0,55	672
Enlem düzeltme katsayısı	0,85	0,84	1,03	1,11	1,23	1,24	1,26	1,18	1,04	0,96	0,84	0,82	
Düzeltilmiş Etp-mm	0	0,00	32,27	60,46	92,23	125,79	150,52	151,99	94,46	44,98	19,18	0,45	772
Yağış-mm	6,3	21,3	14,6	35,6	14,8	25,2	7,5	6,7	48,4	11	47,3	51,5	290,2
Faydalı su yedeği-mm	99,635	100	82,326	57,467	0	0	0	0	0	0	28,12	79,62	
Gerçek Buh-Ter (Etr-mm)	0	0,00	32,27	60,46	72,27	25,20	7,50	6,70	48,40	11,00	19,18	0,45	283
Su fazlası-mm	0	20,94	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20,94
Su noksanı-mm	0	0	0	0	19,961	100,59	143,02	145,29	46,057	33,979	0	0	488,89

Çizelge 1.7. 2009 yılına ait Yağış ve Buharlaşma-Terlemenin deneştirmeli nem bilançosu (Thorntwait 1948'e göre)

AYLAR	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Toplam
Aylık sıcaklık ortalaması (^{0}C)	1,7	3,4	4,9	10,5	15,1	21,4	23,5	22,6	18,1	15,6	7,4	4,2	12,4
Sıcaklık indisi	0	0,56	0,97	3,07	5,33	9,04	10,41	9,81	7,01	5,60	1,81	0,77	54,58
Potansiyel Buh-Ter (Etp-mm)	3	8,45	13,83	38,68	63,14	101,07	114,67	108,79	80,63	65,98	24,12	11,24	634
Enlem düzeltme katsayısı	0,85	0,84	1,03	1,11	1,23	1,24	1,26	1,18	1,04	0,96	0,84	0,82	
Düzeltilmiş Etp-mm	3	7,10	14,25	42,93	77,66	125,33	144,49	128,37	83,85	63,34	20,26	9,21	720
Yağış-mm	43,7	60,7	28,3	62,1	48,5	13,4	35,9	0,5	17,8	1	21,6	59,8	393,3
Faydalı su yedeği-mm	100	100	100	100	70,836	0	0	0	0	0	1,34	51,923	
Gerçek Buh-Ter (Etr-mm)	3	7,10	14,25	42,93	77,66	84,24	35,90	0,50	17,80	1,00	20,26	9,21	314
Su fazlası-mm	20,32	53,60	14,05	19,17	0	0	0	0	0	0	0	0	107,14
Su noksanı-mm	0	0	0	0	0	41,09	108,59	127,87	66,054	62,339	0	0	405,94



Şekil 1.11.Yağış ve Buharlaşma-Terlemenin değişim grafiği (2007-2008-2009 yılları) (Thorntwait 1948'e göre)

1.9. Amaç

Selçuk Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünde "Cihanbeyli (Konya) ve çevresinin hidrojeolojik, hidkimyasal ve izotopik özelliklerinin İncelenmesi" isimli doktora çalışmasında Cihanbeyli ve çevresindeki traverten konileri, sulak alanlar, kaynaklar, sondaj suları ile sıcak ve mineralli suların hidrojeolojik, hidrokimyasal ve izotopik özellikleri belirlenerek alandaki suların kökeni, akifer formasyonları, su-kayaç etkileşimi, evaporasyonun etkisi, kirlilik ve yeraltısuyu döngüsünü ortaya çıkarmak amaçlanmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Agelede (1954) çalışmasında Tuz Gölü'nün güneybatı ve batısının 1/100,000 ölçekli jeoloji haritasını çıkararak bölgede yer alan kayaçları karbonatlı kayaçlar, ofiyolitler ve kırıntılı kayaçlar olarak ayırtlamışdır.

Rigo de Righi ve Cortesini (1959) Tuz Gölü Havzasının stratigrafisini ve yapısal konumunu ayrıntılı olarak inçelemişler, Asmaboğazı, Kırkavak, Eskipolatlı ve Mezgit formasyonlarını ilk kez ayırtlamışlardır. Araştırmacılar ayrıca bölgede karasal Üst Kretase'nin varlığını ortaya çıkarmışlardır. Birand (1961), Tuz Gölü ve çevresindeki bitki örtüsü üzerinde araştırmalar yapmış ve bölgede tuza dayanıklı bitki birliklerini tespit etmiştir.

Erol (1969) Tuzgölü havzasının jeolojisi ve jeomorfolojisi üzerine yaptığı çalışmasında havzanın Miyosen-Erken Pliyosen döneminde geniş bir tatlı su gölü ile kaplı olduğu ve havza gelişiminin sınırlı bir şekilde orta kesimlerinde Kuvaterner'de de devam ettiğini belirtmiştir. Ayrıca havzanın batı ve doğu kısımlarındaki faylarla yüzeye sodyum sülfat ve tuz getiriminin olabileceğini ortaya koymuştur.

Devlet Su İşleri (1971, 1973) yıllarında Altınekin ve Cihanbeyli-Kulu ovalarının hidrojeolojik etüdlerini yayınlamıştır. Daha çok 1/ 100.000'lik MTA haritalarının baz alındığı yayınlarda hidrojeolojik veriler değerlendirilmiştir.

Arıkan (1975) Haymana ile Tuz Gölü arasındaki bölgeyi inceleyerek yörede yüzeyleyen kayaçları tanımlamış, Haymana ve Tuz Gölü havzalarının Üst Kretase-Eosen döneminde birbirleri ile ilgili olduklarını ortaya koymuştur.

Uğurtaş (1975) Tuz Gölü güneyindeki jeofizik çalışmasında uyguladığı sismik gravite etüdleri ile havza tabanında diyapir ve yastık şeklinde yükselmiş tuz kütlelerinin varlığını ortaya koymuştur. Gölün tabanında yer alan tuz kütlelerinin ise Geç Kretase-Eosen döneminde oluşmuş olabileceklerini ifade etmiştir. Ayrıca yazar bölgedeki tuz yapılarınıda doğu ve batı tuz duvarı olmak üzere ikiye ayırmıştır.

Turgut (1978) çalışmasında Tuz Gölü havzasındaki sondaj ve kesit verilerine dayanarak Tuz Gölü havzasının paleocoğrafik evrimini ve bunun yapısal kontrolünü açıklamaya çalışmıştır. Özellikle tuz kesen kuyularda geçilen birimleri yorumlayan araştırmacı diyapir yapan tuzun Üst Kretase yaşlı olduğunu ileri sürmüştür.

Görür ve Derman (1978) Haymana ve Tuz Gölü Havzalarının stratigrafik ve tektonik analizini hazırlamışlardır. Çalışmalarında Tuz Gölünde, bir yarım grabenleşmenin söz konusu olabileceğini belirterek tabandaki tuzun muhtemel yaşının Geç Kretase olduğunu belirtmişlerdir.

Uygun (1981) "Tuz Gölü Havzasının Jeolojisi, Evaporit Oluşumları ve Hidrokarbon Olanakları" adlı çalışmasında Tuz Gölü havzasının genellikle KB-GD gidişli büyük faylarla karakterize edilen, sürekli bir çöküntü ve depolama ortamı olduğunu, Geç Kretase-Lütesiyen döneminin denizel, Lütesiyen sonrası birimlerin ise sadece karasal çökellerle karakterize edildiğini belirtmiştir. Tuz Gölü batısında geniş alanlar kaplayan kireçtaşları ile ara tabakalı çakıltaşı, marn ve kiltaşlarını İnsuyu formasyonu adı altında ayırtlamış ve yaşının Geç Miyosen-Pleyistosen olduğunu belirtmiştir.

Canik (1988) "Bozdağ-Yapalı Toprakkale Dolayındaki (Cihanbeyli-Konya) sıcak ve mineralli sular ve oluşuklar" adlı çalışmasında sıcak ve minerali kaynakların ters dönmüş tabak görünümlü traverten konilerini oluşturduğu ve bu oluşukların az derinlikteki, az basınçlı akiferlerden yükselen suların, ince bir tabaka şeklinde akarken, içerdiği $CaCO_3$'ı kenarına çökertmesiyle traverten konilerinin meydana geldiğini belirtmiştir. Ayrıca konilerin bozulmadan günümüze kadar gelmeleri, bölgede bugünkünden çok farklı ve erozyonu hızlandırıcı bir iklimin olmadığını gösterdiğini belirtmiştir.

Ercan ve ark. (1990) Tuz Gölü havzasında, Hasandağı ve Karacadağ civarında yaptıkları çalışmalarında inceleme alanında 15 farklı kaya birimi haritalayarak bu birimlerin petrokimyasal yönden subalkalen ve yer yer hafif alkalen nitelikte olduğunu belirtmişlerdir.

Ayhan ve ark. (1993) "Konya Kapalı Havzasında ve Tuz Gölünde Kirliliğin Tespiti ve Giderilmesi" adlı projesinde Konya Kapalı Havzasında ve Tuz Gölünde kirletici parametreleri saptayarak bu parametreleri matematiksel modeller ve istatistiksel değerlendirilmelerle yorumlayarak Konya Kapalı Havzasında 2010 yılında kirlenmenin maksimum boyutlara ulaşacağını belirtmişlerdir.

Ulu ve ark. (1994) Cihanbeyli ve Karapınar yörelerinde yaptıkları çalışmada bölgedeki genç volkanitlerin aynı tür volkanizma özellikleri gösterdiklerini sığ mantoda gerçekleşen kısmi ergimelerin meydana gelmesiyle oluştuklarını

belirtmişlerdir. Çökelme sisteminin tabanını oluşturan çakıltaşı arakatmanlı çamurtaşı, sepiyolitik killer ile gölsel marn ve kireçtaşından oluşan istifin havza çöküşüne bağlı olarak kurak-yarı kurak iklim koşullarında gerçekleşen distal alüvyal ortamdan, evaporitik kil-playa düzlükleri gölsel ortama geçiş gösterdiklerini ileri sürmüşlerdir. Bu çökeller üzerine alüvyal çökeller ile jipsli killer ve gölsel kireçtaşlarından oluşan Pliyo-Kuvaterner yaşlı çökellerin geldiğini belirtmişlerdir.

Kurt ve ark. (1997) Tuz Gölünün doğu ve batısındaki ofiyolitik birimleri petrografik ve jeokimyasal yönden karşılaştırmalı olarak incelemişlerdir. Araştırmacılar bu çalışmada gabrolardaki klinopiroksenlerdeki Cr/Si oranını kullanarak gabroları ofiyolitik ve ofiyolitik olmayan olarak ikiye ayırmışlardır.

Orhan (1997) çalışmasında Tuz Gölü havzasındaki Şereflikoçhisar-Aksaray arasında Geç Kretase yaşlı Asmaboğazı formasyonunun diyajenetik özelliklerini incelemiştir. Bu formasyonun kıyı ve sığ denizel ortamda çökelmiş çakıllı kumtaşı, merceksel geometrili konglomera, fosilce zengin kumtaşı-çamurtaşı ardalanması ve bol *Hippuritesli* kireçtaşlarından oluştuğunu belirtmiştir.

Dirik ve Erol (2000) "Tuzgölü ve civarının tektonomorfolojik evrimi Orta Anadolu" adlı çalışmalarında doğudaki KB-GD doğrultulu, yüksek açılı normal fay bileşenli sağ yanal doğrultu atımlı Tuzgölü fay zonunu, batıda sağ yanal doğrultu atımlı Eskişehir-Sultanhanı fay sistemini ve GB daki yüksek açılı normal fay karakterli Altınekin fay zonunu incelemişlerdir. Bu fay zonlarının bölgenin en önemli yapısal unsurları olduğunu belirtmişlerdir. Tuzgölü fay zonu ve Eskişehir-Sultanhanı fay sistemini Tuzgölü havzasının gelişiminde, Altınekin fay zonunun ise Pleyistosenden itibaren Tuzgölünün şekillenmesinde önemli rol oynadığını savunmuşlardır. Ayrıca deprem merkezlerinin dağılımında bu fay zonlarının halen aktif olabileceğini belirtmişlerdir.

Kurt (2000) çalışmasında Tuz Gölü'nün güneydoğusunda yer alan ve Orta Anadolu'nun önemli volkanik kütlelerinden biri olan Hasandağ volkanitlerini incelemiştir. Araştırmacı, riyolit akıntıları içindeki riyolit ve obsidyen oluşumlarının gözeneklilik, kristallenme, renk ve akma bantlaşması bakımından farklılık gösterdiğini, jeokimyasal olarak riyolit ve obsidyenlerin aynı şartlar altında oluştuğunu belirtmiştir.

Asan (2002) "Karacadağ (Kulu-Konya) yöresi volkanik kayaçların petrografik ve jeokimyasal incelemesi" adlı yüksek lisans çalışmasında bölgedeki kalkalkalin volkanizmanın Arap- Afrika levhasının Anadolu levhacığı altına dalması sonucu tümüyle tüketilmesi ve bunu takiben Arap-Afrika levhası ile Anadolu levhacığı arasındaki kıta-kıta çarpışmasına bağlı bir dizi kompleks levha hareketleri ile ilişkili olduğunu belirtmiştir. Ayrıca daha genç olan alkalin karakterli volkanizmanın ise sıkışma tektoniği ile ilişkili olabileceğini ortaya koymuştur.

Derman ve ark. (2003) Orta Anadolu'da Haymana, Tuzgölü ve Ulukışla havzaları olarak tanımlanan havzalarda yaptıkları çalışmalarında, literatürde ayrı havzalar olarak tanımlanan bu alanların aslında tek bir havzanın, Orta Anadolu Havzası parçaları olduğunu ortaya koymuşlardır.

Dirik ve Erol (2003) Tuzgölü ve çevresinin tektonomorfolojik evrimi üzerine yaptıkları çalışmada, gelişimi Geç Kretase'de bir graben olarak başlayan Tuzgölü Havzası'nın, ilk kez Eosen'de sıkıştığını ve Geç Miyosen-Erken Pliyosen'de batıya kaçmaya başlayan Anadolu Levhası'nın daha önceden çalışılmış olan fayları tekrar harekete geçirerek fay kontrollü iç havzaların oluşmasını sağladığını belirtmişlerdir.

Eren (2003a, b) Konya Havzası'nın batısında yaptığı incelemelerinde, havzayı batıdan sınırlayan fayların Miyo-Pliyosen yaşlı gölsel kireçtaşlarını ve Kuvaterner çökellerini kestiğini ve bu fayların çoğunlukla normal faylar, bir kısımının ise sağ yönlü doğrultu atım bileşenine sahip normal faylar olduğunu ortaya koymuştur.

Canik ve ark. (2004) Bolluk Gölü ve Çevresinde yapmış oldukları çalışmada jeotermal suların meteorik kökenli ve yeraltında uzun kalış süresine, yaklaşık benzer dolaşım sürelerine sahip olduklarını belirtmişlerdir. Ayrıca yeraltısularında bor ve amonyum kirliliğinin olduğunu, Bolluk Gölü'nün ise aşırı iletken olduğunu ve Gölde bor, amonyum kirliliği olduğunu belirtmişlerdir.

Göçmez ve ark. (2005) "Konyada'ki Sıcak ve Mineralli Suların Hidrokimyasal Özellikleri" adlı çalışmalarında Cihanbeyli ve çevresindeki sıcak suların ısınma nedeninin jeotermal gradyan ve sahadaki genç volkanitler olduğunu belirtmişlerdir.

Bayarı ve ark. (2005) Konya Kapalı Havzası yeraltısuyunda karbon -14 yaş dağılımı isimli çalışmalarında Karapınar çevresindeki obruklarda ve Cihanbeyli

çevresindeki Traverten konilerindeki sularda izotop tahlilleri yaparak suları izotopik açıdan inceleyip dolaşım sürelerini, ve yaşlarını ortaya koymuşlardır.

Asan (2007) "Kulu(Konya)-Haymana(Ankara) yöresi volkanik kayaçlarının jeokimyası petrolojisi ve petrojenezi" adlı doktora çalışmasında Kulu-Karacadağ volkanitlerinin kalkalkali ve alkali olmak üzere iki gruba ayrıldığını, geniş yayılıma sahip kalkalkali kayaçların andezit-dasit türünde lav ve proklastiklerden oluştuğunu, daha dar yayılım sunan alkali kayaçların ise bazalt, havayit, mujearit, benmorit ve trakidasitten oluştuğunu belirtmiştir. Ayrıca Kulu-Karadağ volkanitlerinde yaptırmış olduğu $^{40}Ar/^{39}Ar$ radyometrik yaş tayinine göre bu volkanitlerin Geç Miyosen'de (21.3-18.0 My) oluştuğunu belirtmiştir.

Özsayın ve Dirik (2007), İnönü-Eskişehir Fay Sistemi'nin Yeniceoba-Cihanbeyli bölümündeki yaptığı incelemede, bölgede yayılım gösteren kayaçları, Neojen öncesi temel ve Neojen ve sonrası örtü birimleri olmak üzere iki ana grupta toplayarak, Neojen birimleri ayrıntılı olarak incelemişlerdir. İnönü-Eskişehir Fay Sistemi'nin güney doğudaki uzantısını oluşturan Cihanbeyli ve Yeniceoba fay zonlarını, neotektonik dönemde meydana gelen deformasyonları tespit etmek için kırıklar halinde incelemiş ve fay düzlemleri üzerinden alınan kayma verilerinin kinematik analizler sonucunda değerlendirilmişlerdir. Buna göre Yeniceoba fay zonunun iki, Cihanbeyli fay zonunun tek evreli bir deformasyon geçirdiğini belirtmişlerdir. Ayrıca her iki fay zonu üzerinde tespit edilen ve güncel çökelleri kesen kinematik analiz sonuçlarına göre günümüzde bu bölgenin KKD-GGB doğrultusunda açıldığını tespit etmiştir.

Kara ve ark. (2008) MTA Genel Müdürlüğü-Enerji Hammadde Etüt ve Arama Dairesinin 2006-2007 yılı iş programında yer alan jeotermal enerji aramaları projeleri kapsamında 425 metre derinliğinde açılan sondaj kuyusunda, 49°C sıcaklığında ve 38 l/s debide sıcak akışkan elde etmişlerdir. Ayrıca Cihanbeyli jeotermal sahasındaki suların meteorik kökenli ve derin dolaşımlı olduğunu suların yeraltında uzun kalış süresine sahip olduklarını belirtmişlerdir. Ayrıca açılan derin sıcak su sondajından 2.23 MWt enerji elde edildiğini belirtmişlerdir.

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Arazi Çalışmaları

Arazi çalışmalarında öncelikle inceleme alanının stratigrafisi belirlenerek, 1:100.000 ölçekli jeoloji haritası hazırlanmış ve stratigrafik dikme kesiti çıkarılmıştır. Birimlerin petrografik ve sedimantolojik özelliklerini belirlemek için ve ayrıca porozite ve permeabilite deneyleri ile elek analizleri için inceleme alanından örnekler alınmıştır.

Su kimyası çalışmalarında, inceleme alanı içerisindeki tüm su noktaları (sıcak sular, kaynaklar, derin kuyular, sığ kuyular ve yüzey suları) tespit edilerek haritaya işaretlenmiş ve bu noktalardan, kurak (Ekim ayı) ve yağışlı dönemlerde (Mayıs ayı) örnekleme çalışmaları yapılmıştır. Örneklerin pH değeri AZ 8640 marka pH metre ile sıcaklık ve elektriksel iletkenlik (EC) değerleri Crıson CM 35 marka kondüktimetre ile arazide ölçülmüştür. Su örnekleri ikişer adet 500 ml'lik polietilen şişelere konulmuş ve katyon analizi için alınan örneklere çökelimi önlemek için HNO_3 ilave edilmiştir. Trityum analizi için 1,5 litrelik şişelere kurak dönemde (Ekim 2008) 25 adet, yağışlı dönemde (Mayıs 2009) 9 adet su örneği, $\delta\ ^{18}O$ ve δ^2H analizleri için 50 mililitrelik polietilen şişelere kurak dönemde (Ekim 2008) 33 adet, yağışlı dönemde (Mayıs 2009) ise 41 adet su örneği alınmıştır.

İnceleme alanında bulunan sıcak ve mineralli sular ile bir adet soğuk su örneğinin SiO_2 analizleri için kurak dönemde 500 mililitrelik polietilen şişelere 9 adet su örneği alınmıştır.

İnceleme alanında bulunan travertenlerin fiziksel özellikleri belirlenip haritaya işaretlenmiştir. Su kimyası çalışmaları için içerisinde su bulunan travertenler tespit edilip kurak (Ekim 2008) ve yağışlı dönemlerde (Mayıs 2009) örnekleme çalışmaları yapılmıştır.

3.2. Laboratuar Çalışmaları

Petrografik ve sedimantolojik incelemeler için alınan 100 örneğin ince kesitleri Jeoloji Mühendisliği Bölümü ince kesit laboratuarında yaptırılarak polarizon mikroskop altında incelenmiştir. Ayrıca formasyonlardan alınan sıkılaşmamış örneklerin permeabilite ve porozite deneyleri Selçuk Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Hidrojeokimya laboratuarında yapılmıştır. Permeabilite deneyleri ELE-605A marka sabit basınçlı permeametre ve delikli kutu yöntemi ile porozite deneyleri ise sıkılama yöntemi ile yapılmıştır. Formasyonlardan alınan sıkılaşmış malzemelerde porozite değerleri Niğde Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Zemin laboratuarında yapılmıştır. Sıkılaşmamış örneklerin elek analizleri Octağan 200 marka elek sallayıcısında Afnor Serisi elek takımı kullanılarak yapılmıştır.

Su kimyası ve izotop çalışmalarında inceleme alanından alınan 142 adet su örneği analiz yapım tarihine kadar buzdolabında 4^oC de muhafaza edilmiştir. Örneklerin kalsiyum, magnezyum, klor, bikarbonat ve karbonat değerleri volumetrik metod ile, sülfat değeri gravimetrik metod ile Selçuk Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Hidrojeokimya Laboratuarında yapılmıştır.

Örneklerin Na ve K değerleri CM6 3LB-DFP 7 marka Flame Photometer ile belirlenmiştir. NO_3 analizi WTW SpectroFlex (6600) spektrometre aleti ile spektrofotometrik olarak Çevre Mühendisliği Laboratuvarında ölçülmüştür. Kurak dönemde (Ekim 2008) 44 adet, yağışlı dönemde (Mayıs 2009) 39 adet seçilen su örneklerinin katyon ve iz element analizleri Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS Enhanced) ile Kanada ACME laboratuarlarında yaptırılmıştır. Sıcak sulardan alınan örneklerin SiO_2 analizi Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol Dairesi Başkanlığı (TAKK)'nda yaptırılmıştır.

İzotopik çalışmalar için inceleme alanından kurak dönem (Ekim 2008) ve yağışlı dönemde (Mayıs 2009) örnekler alınmıştır. Trityum (^3H) analizi Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol Dairesi Başkanlığı (TAKK)'nda yaptırılmıştır. $\delta^{18}O$ ve δ^2H izotop analizleri GVI Optima Satable

Isotope Ratio Mass Spectrometer (SIRMS) ile Kaliforniya Üniversitesi, Davis Duraylı İzotop Laboratuarında yaptırılmıştır.

3.3. Büro Çalışmaları

Bu aşamada literatür taraması, jeoloji, tektonik, laboratuar, su kimyası ve izotop analizlerinden elde edilen bilgiler değerlendirilerek tez yazım işlemi gerçekleştirilmiştir. Jeoloji haritası CorelDRAW (www. corel.com) ve ArcGIS /ArcMap yardımıyla çizilmiştir. İnceleme alanının havza modellemesi için Arc/Info (versiyon 9.2) Coğrafi Bilgi Sistemi yazılımından yararlanılmıştır. Tektonik çalışmalarla bölgenin tektonik haritası hazırlanıp tektonik unsurlardan alınan ölçümlere göre, StereoNET programı yardımıyla gül diyagramı ve çatlak kontur diyagramı yapılmıştır.

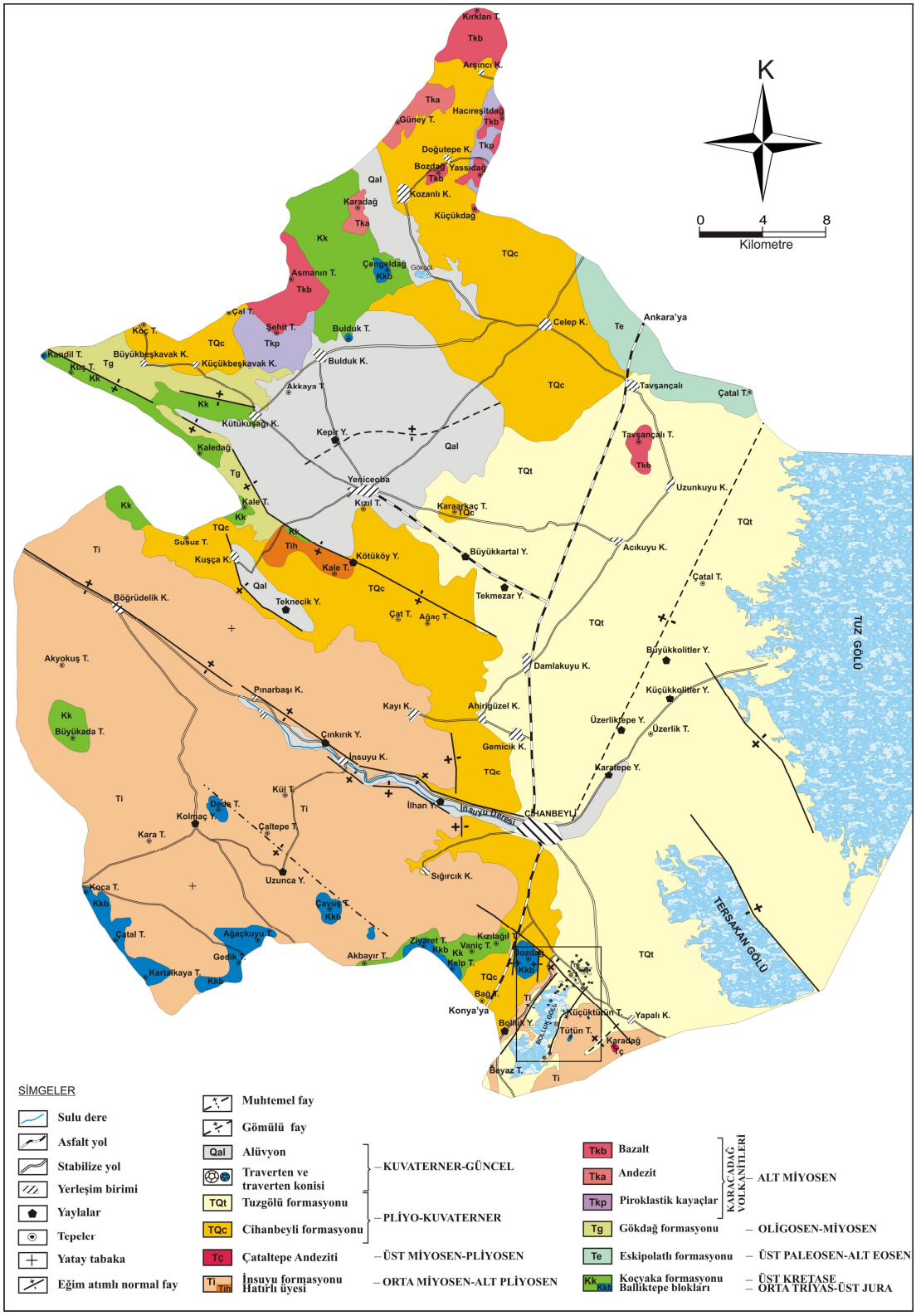
Su kimyası analizlerinden elde edilen veriler, AqQA 1.1 (www.rockware.com), PhreeqCi (versiyon 2) (Parkhust ve Appelo 1999), ArcGIS /ArcMap 9.2, SPSS (versiyon 15.0) paket programları ve Excel programı kullanılarak değerlendirilmiştir.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

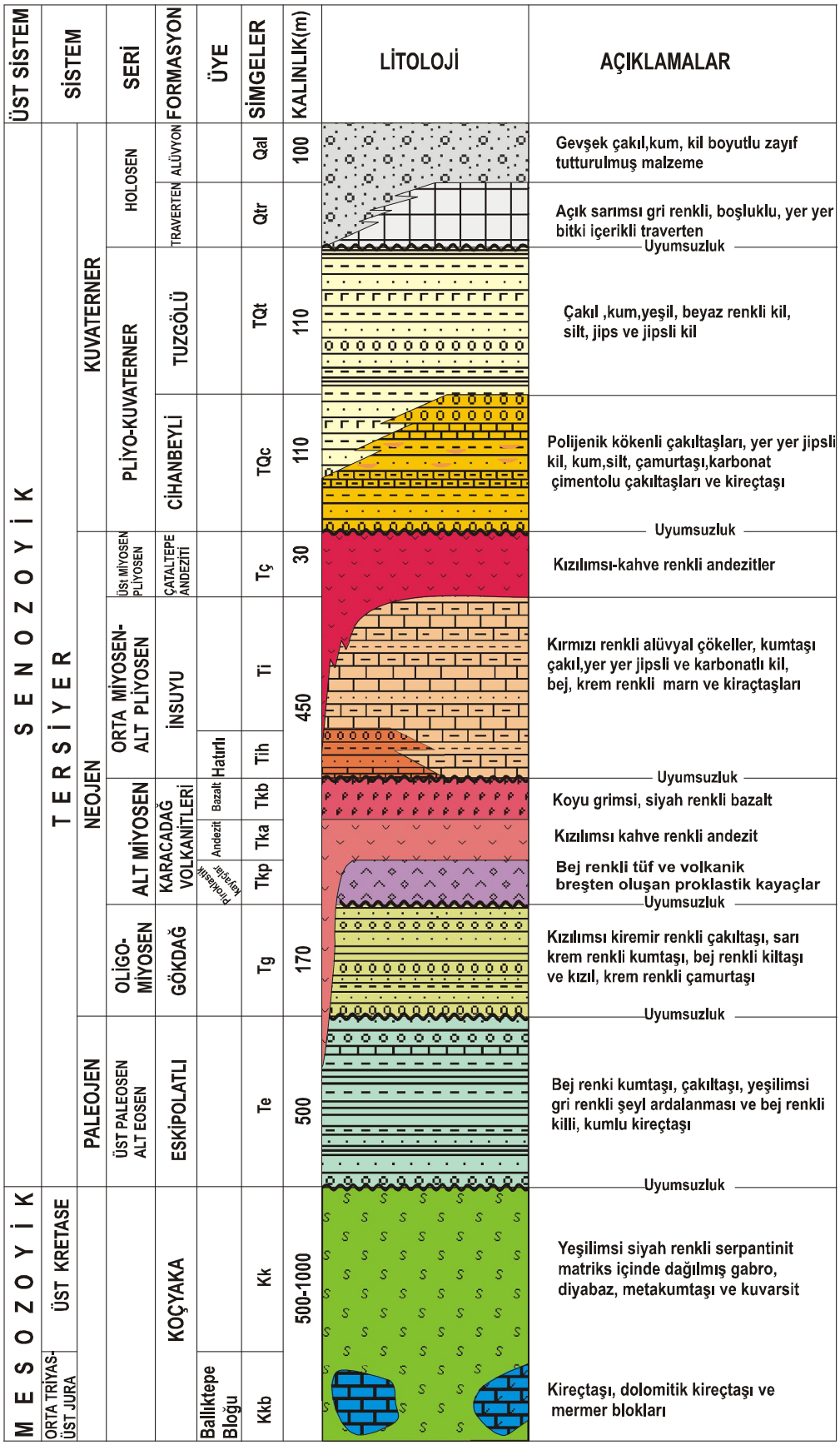
4.1. Stratigrafi

İnceleme alanında litostratigrafik birim ayırtlama ilkesine uygun olarak on birim incelenmiştir (Şekil 4.1, EK-1).

İnceleme alanı içinde temeli Üst Kretase yaşlı Koçyaka formasyonu oluşturmaktadır. Birim yeşilimsi gri renkli serpantinit, gabro, kızıl renkli radyolarit, kızılımsı kahve renkli kuvarsit, metakumtaşı, çört ve kireçtaşı bloklarından oluşmaktadır. Koçyaka formasyonu içerisinde gri, bej renkli mermer, kristalize kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı ve gri renkli dolomitten oluşan Orta Triyas-Üst Jura yaşlı Ballıktepe formasyonuna ait bloklar mevcuttur. Koçyaka formasyonu üzerine uyumsuzlukla Üst Paleosen-Alt Eosen yaşlı Eskipolatlı formasyonu gelmektedir. Birim, bej renkli kumtaşı, çakıltaşları, yeşilimsi gri renkli şeyl, bej renkli killi ve kumlu kireçtaşlarından oluşmaktadır. Kızılımsı kiremit renkli çakıltaşı, kumtaşı, kiltaşı ve çamurtaşlarından oluşan Oligo-Miyosen yaşlı Gökdağ formasyonu altındaki bu birimleri uyumsuzlukla örtmektedir. Bej renkli tüf, volkanik breş, kızılımsı kahve renkli andezit ve koyu grimsi siyah renkli bazaltlardan oluşan Alt Miyosen yaşlı Karacadağ volkanitleri ise, kendinden yaşlı tüm bu birimleri kesmektedir. Tüm bu birimlerin üzerine Miyosen'den günümüze kadar Neo-otokton örtü kayaları gelmektedir. Alüvyal çökeller, çakıltaşı, kumtaşı, tüf, kiltaşı, marn ve kireçtaşlarından oluşan Orta Miyosen-Alt Pliyosen yaşlı İnsuyu formasyonu ve çakıltaşı, çamurtaşı, killi kireçtaşı ve killerden oluşan Hatırlı üyesi kendinden önceki birimleri açılı uyumsuzlukla örtmektedir. Bu birimin üzerine İnsuyu formasyonunu kesen ve üst dokanağı Tuzgölü formasyonu tarafından örtülen kızıl renkli andezitlerden oluşan Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı Çataltepe andezitleri gelmektedir. Çakıltaşı, kum, kil ve çakıllı kireçtaşlarından oluşan Pliyo-Kuvaterner yaşlı Cihanbeyli formasyonu, İnsuyu formasyonu üzerine uyumsuz olarak gelmektedir. Çakıl kum, yeşil, krem renkli kil, silt ve jips seviyelerinden oluşan Pliyo-Kuvaterner yaşlı Tuzgölü formasyonu, Cihanbeyli formasyonu ile yanal-düşey geçişlidir. Travertenler ve tutturulmamış gevşek malzemeden oluşan Kuvaterner yaşlı alüvyonlar, bütün birimleri uyumsuz olarak örtmektedir (Şekil 4.2).



Şekil 4.1. İnceleme alanının jeoloji haritası



Şekil 4.2. İnceleme alanının genelleştirilmiş dikme kesiti (ölçeksiz)

4.1.1. Koçyaka Formasyonu (Kk)

İnceleme alanının güneyinde ve kuzeybatısında yaklaşık 125 km^2'lik bir alanda mostra vermektedir. Serpantinit, metakumtaşı, gabro, çört, radyolarit ve çeşitli tür ve boyutta bloklar içeren metamorfik birim, Karaman (1983) tarafından "Koçyaka ofiyolitli melanjı", Özcan ve ark. (1990) tarafından "Koçyaka metamorfik ofiyolitli karmaşığı" adı altında incelenmiştir. Ulu ve ark. (1994) ise birimi "Koçyaka formasyonu" adı altında incelemişlerdir. Bu çalışmada da Koçyaka formasyonu adı benimsenmiştir.

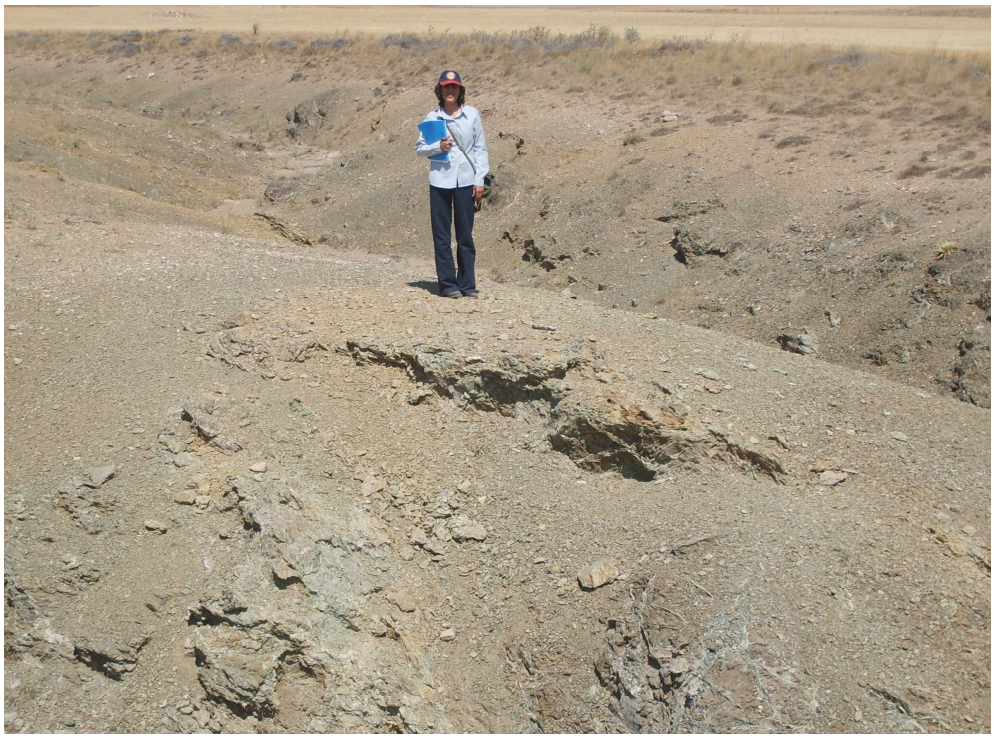
Birim, inceleme alanında Vaniç Tepe, Kızılağıl Tepe, Akbayır Tepe, Büyükada Tepe, Kaledağ, Kale Tepe, Kuş Tepe, Ziyaret Tepe'nin kuzeyi, Kepenek Yayla, Çengeldağ'ın batı ve kuzeybatısında, Kütükuşağı ve batısında gözlenmektedir (EK-1).

Birim, yeşil, yeşilimsi gri renkli serpantinitler, koyu gri, yeşilimsi renkli gabro ve diyabazlar, kızıl renkli radyolarit, çörtlü kireçtaşı, çört ve kızılımsı kahve renkli kuvarsitlerden meydana gelmektedir (Şekil 4.3). Serpantinitler açık-koyu yeşil renkli, bol çatlaklı, masif olup çoğunlukla bozuşma nedeni ile yapraksı bir görünüm kazanmışlardır. Yumuşak ve kırılgan özellik gösterdiklerinden parçalanmışlar ve çoğu yerde döküntü halinde ortaya çıkmışlardır. Serpantinitlerin çatlakları kuvars ile dolmuştur (Şekil 4.4). Serpantinitler, gabrolar ve ileri derecede altere olmuş kireçtaşları, ardalanmalar sunmaktadır. Yeşil renkli gabrolar bol çatlaklı olup çatlaklar yer yer kuvars ile doldurulmuştur (Şekil 4.5).

Radyolaritler ise, çoğunlukla melanj içerisinde değişik seviyelerde saçılmış durumdadırlar. Kızılımsı kahve renkli kuvarsitler, birkaç metre arazide topoğrafik çıkıntılar oluşturacak şekilde, özellikle Kızılağıl Tepe'nin güneydoğu ve kuzeydoğu eteklerinde oldukça belirgindir (Şekil 4.6). Kızılımsı kahve renkli çörtler ise, kireçtaşları ile ardalanmalar sunmaktadır. Genellikle kireçtaşları içerisinde yumrular ve ara bantlar şeklinde bulunmaktadır (Şekil 4.7).



Şekil 4.3. Koçyaka formasyonunun (Kk) Karadağ'ın kuzeyindeki genel görünümü (kuzeye bakış)



Şekil 4.4. Vaniç Tepe'nin güneyindeki Koçyaka formasyonuna (Kk) ait serpantinitlerin görünümü (kuzeye bakış)



Şekil 4.5. Kızılağıl Tepe'nin güneyinde Koçyaka formasyonuna (Kk) ait gabronun görünümü



Şekil 4.6. Koçyaka formasyonuna (Kk) ait kuvarsitlerin Vaniç Tepe'deki genel görünümü (kuzeybatıya bakış).



Şekil 4.7. Koçyaka formasyonunda (Kk) gözlenen çört bloğunun görünümü

Birim içerisinden alınan 7 adet gabro örneğinin petrografik incelemesine göre kayacı oluşturan taneler, hornblend, piroksen, plajiyoklaz ve opak minerallerinden oluşmaktadır. Kayaç, tane iriliğine göre faneritik dokulu, kristalleşme derecesine göre holokristalin dokulu, tane durumuna göre hipidiyomorf tanesel dokuludur. 5 adet serpantinit örneğinin petrografik incelemesine göre ise, kayacı oluşturan taneler serpantinleşmiş olivin, serpantin ve opak minerallerden oluşmaktadır ve lepidoblastik dokuludur.

Koçyaka formasyonu inceleme alanının temelini oluşturmaktadır. Üstüne Üst Paleosen-Alt Eosen yaşlı Eskipolatlı formasyonu uyumsuzlukla gelmektedir. Birim oldukça kıvrımlı bir yapıya sahip olduğu için stratigrafik kalınlığı tam olarak saptanamamıştır. Birimin kalınlığının önceki çalışmalarda yaklaşık 500-1000m olduğu belirtilmektedir (Ulu ve ark. 1994). Bu çalışmada da aynı kalınlık esas alınmıştır.

Birimin yaşı Dinçer (1982) ile Dellaloğlu ve Aksu (1984a, b) tarafından yapılan çalışmalarda Maestrihtiyen olarak belirtilmiştir. Yeniyol (1979) ise birimin yaşının Alt Paleosen'e kadar çıktığını belirtmektedir. Özcan ve ark.(1990), birime benzer özellikler taşıyan "Çöğürtler Karışığı" denilen karışıktaki matrikste Üst

Maestrihtiyen'i belirleyen fosiller bulmuştur. Ulu ve ark.(1994) yaptıkları çalışma ile önceki çalışmaları değerlendirerek birime Maestrihtiyen yaşını vermişlerdir. Bu çalışmada da birimin yaşı Üst Kretase (Maestrihtiyen) olarak kabul edilmiştir.

4.1.1.1. Ballıktepe blokları (Kkb)

Açık gri, kızıl renkli mermer, kristalize kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı ve gri renkli dolomitten oluşan birimi ilk kez Göğer ve Kıral (1969) "Lorasdağı Kireçtaşı" ve "Kızılören dolotaşı" olarak iki isim altında incelemişlerdir. Özcan ve ark. (1990) birime "Lorasdağı Kireçtaşı" adını vermişlerdir. Eren (1993), aynı birimi formasyon mertebesinde tanımlayarak "Lorasdağı Formasyonu" olarak incelemiştir. Ulu ve ark. (1994) ise birime "Ballıktepe Formasyonu" adını vermişlerdir. İnceleme alanında Koçyaka formasyonu içerisinde allokton olarak izlenen birim "Ballıktepe blokları" adı altında incelenmiştir.

İnceleme alanı içerisinde birim, Bozdağ, Kelp Tepe, Ziyaret Tepe, Çavuş Tepe, Dede Tepe, Ağaçkuyu Tepe, Gedik Tepe, Kartalkaya Tepe, Çatal Tepe, Koca Tepe, Bulduk Tepe, Kantil Tepe, Çengeldağ, Tütün Tepe ve Küçüktütün Tepe'de yüzlek vermektedir (EK-1).

Koçyaka formasyonu içerisinde bloklar şeklinde gözlenen birim, egemen olarak mermer, kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı ve dolomitten oluşmaktadır. Kristalize kireçtaşlarının taze kırık yüzeyleri açık gri-beyaz renkli, yüzeyde altere olmuş kısımlar pembemsi, kırmızı renkli olan kireçtaşları ise, genellikle orta-kalın tabakalı bol çatlaklıdır. Tabaka kalınlıkları yer yer 1 metrenin üzerine çıkarak masif görünüm sergilemektedirler (Şekil 4.8, 4.9, 4.10, 4.11).

Sert ve zor kırılan bu kireçtaşları ileri derecede metamorfizma geçirerek rekristalize olmuş ve mermere dönüşmüştür (Ulu ve ark. 1994).

Dolomitler, koyu gri renkli, orta-kalın tabakalı yer yer masif yapılı olup düzensiz kırıklar sunan yüzeylere sahiptir. Dolomitler genellikle Boz Tepe ve Ziyaret Tepe'lerde kireçtaşları ile ardalanmalar sunmaktadırlar. Makroskobik olarak gözlenebilen ve boyları birkaç milimetreyi bulan iri kalsit kristalleri ile kolayca ayırt

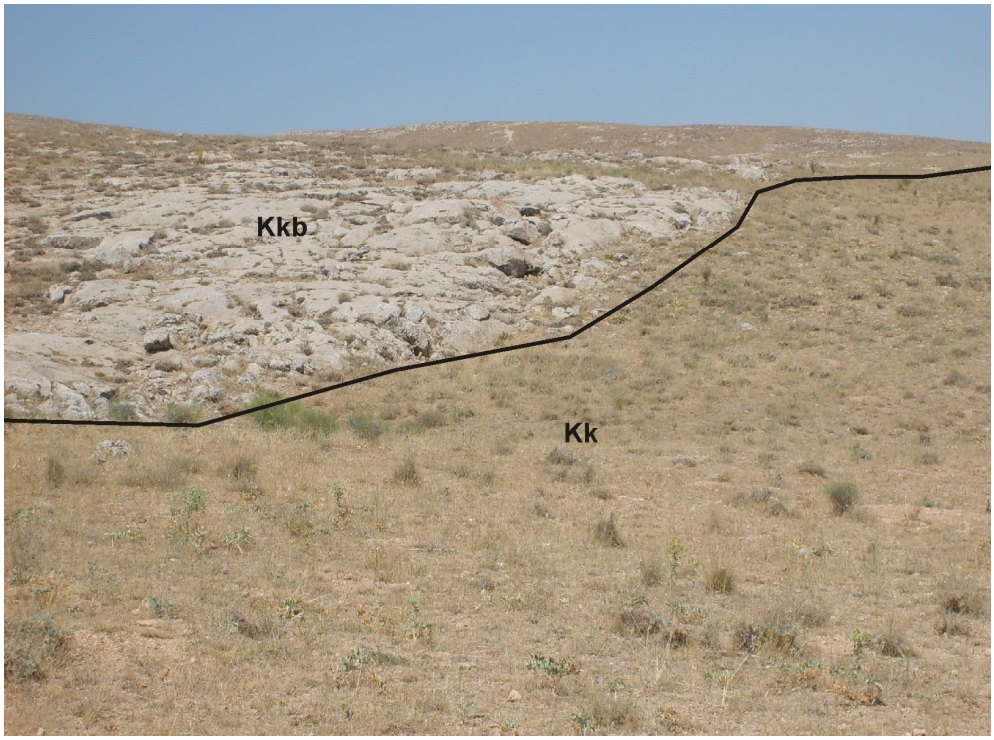
edilebilmektedir. Mermerler açık gri, beyaz ve krem renkli olup, genellikle orta kalın tabakalı ve yer yer de masif yapılıdırlar.

Birim içerisinden alınan 10 adet örneğin petrografik incelemesinde, örneklerin %85-90 oranında kalsit, % 10-15 oranında dolomit minerallerinden oluştuğu gözlenmektedir. Kalsit mineralleri birbirine paralel şeritler halinde dizilmiş şekilde gözlenmektedir. Kayaç masif yapılı ve kalsit miktarı > %50'den fazla olduğu için kayaç mermer olarak adlandırılmıştır. Ancak alizerin kırmızısı ile dolomit ve kalsit birbirinden ayrıldığı için kayaç dolomitik kireçtaşı olarak adlandırılmıştır. Kayaç granoblastik dokuludur. Ayrıca bazı örneklerin petrografik incelemesinde, kayacın %100 kalsit mineralinden oluştuğu belirlenmiştir. Bu nedenle granoblastik dokulu olan kayaç, kristalin kireçtaşı veya mermer olarak adlandırılmıştır.

İnceleme alanında birim içerisinde fosil bulunamamıştır. Özcan ve ark. (1990), Ballıktepe formasyonunun eşdeğeri olan Loras formasyonu içerisinden derledikleri örneklerde Alt Anisiyen- Üst Jura yaşını veren fosiller buluşlardır. Ulu ve ark. (1994) ise birimin yaşını Orta Triyas-Üst Jura olarak kabul etmişlerdir. Bu çalışmada da birimin yaşı Ulu ve ark. (1994)' nın çalışmasına istinaden Orta Triyas-Üst Jura olarak kabul edilmiştir.



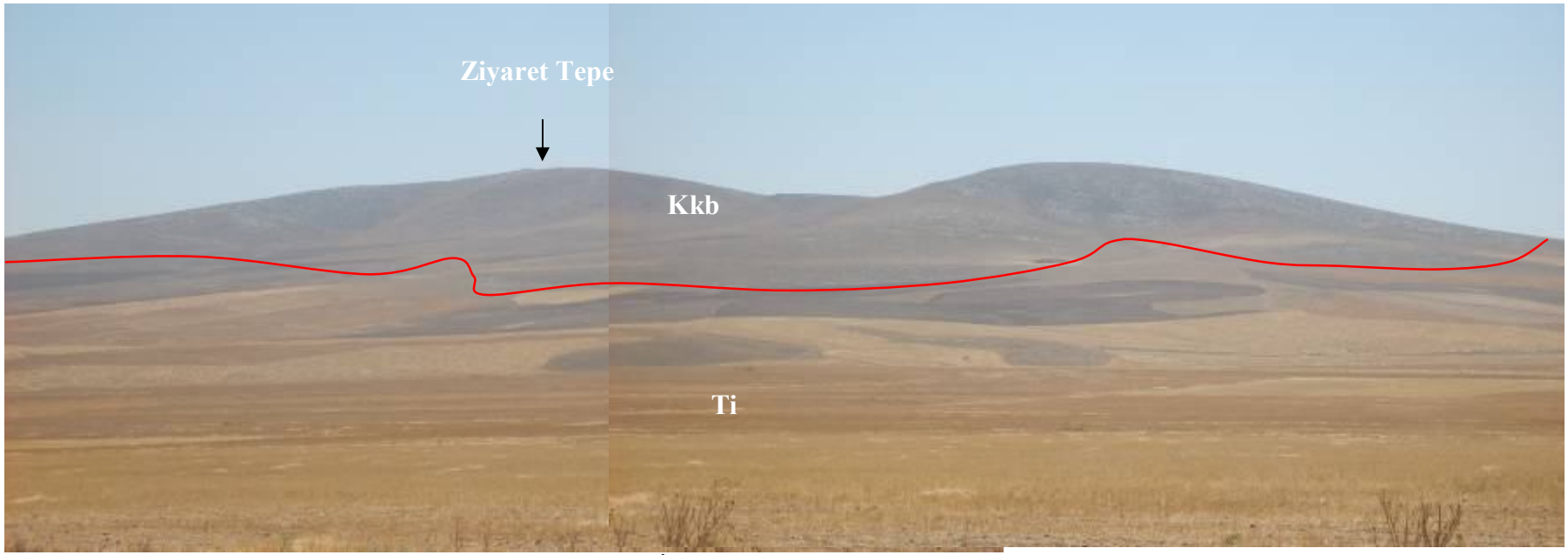
Şekil 4.8. Ballıktepe bloklarına (KKb) ait kristalize kireçtaşlarının Bozdağ'daki görünümü



Şekil 4.9. Kelp Tepe'nin kuzeydoğusundaki Ballıktepe blokları (Kkb) ve Koçyaka formasyonunun (Kk) sınır ilişkisi (güneybatıya bakış).



Şekil 4.10. Çengeldağ'da gözlenen Ballıktepe bloklarına (Kkb) ait kristalize kireçtaşlarının genel görünümü (kuzeydoğuya bakış).



Şekil 4.11. Ziyaret Tepe'deki Ballıktepe blokları (Kkb) ve İnsuyu formasyonu (Ti) arasındaki sınır ilişkisi (güneydoğuya bakış)

4.1.2. Eskipolatlı formasyonu (Te)

İnceleme alanının kuzeydoğusunda küçük bir alanda mostra veren birime ilk kez Rigo de Righi ve Cortesini (1960) "Eskipolatlı formasyonu" adını vermişlerdir. Daha sonra Reckamp ve Özbey (1960), Dellaloğlu ve Aksu (1984 a) ve Ulu ve ark. (1994) de yaptıkları çalışmada birimi Eskipolatlı Formasyonu adı altında incelemişlerdir. Bu çalışmada da birim Ulu ve ark. (1994)'nın çalışması benimsenerek Eskipolatlı formasyonu adı altında incelenmiştir.

Birim inceleme alanında Tavşançalı'nın kuzey ve doğusunda yaklaşık 36 km^2'lik bir alanda gözlenmektedir (EK-1).

Birim, sarı, kahverengi, yeşilimsi gri renkli, ince-orta taneli, polijenik kökenli, karbonat çimentolu, orta-kalın tabakalı kumtaşı ve yeşilimsi gri, boz renkli, ince-orta tabakalı şeyl ardalanmasından oluşmaktadır (Şekil 4.12). Kumtaşı tabakalarının kalınlıkları 1-30 cm arasında değişmektedir. Kumtaşı, şeyl ardalanması içerisinde yer yer gri, krem renkli, iri taneli, orta-kötü boylanmalı, gevşek yer yer iyi tutturulmuş konglomera mercekleri gözlenmektedir. Çakıllı seviyeler içerisinde çoğunlukla kireçtaşı ve volkanik bloklar gözlenmektedir.

Birim üste doğru bej renkli killi ve kumlu kireçtaşlarına geçiş göstermektedir. Kireçtaşları kirli sarı veya krem renkli olup, bol nummulit ve alveolin fosillidir (Akıl 2008).

Birim içerisindeki kumtaşlarından alınan 6 adet örneğin petrografik incelemesinde, kuvars, plajiyoklaz, feldispat, sedimanter, volkanik ve metamorfik kayaç parçacıkları ile matriks ve çimento gözlenmiştir. Kumtaşlarının matriksini kil ve karbonat oluştururken, çimentosunu çoğunlukla kalsit çimento ve az oranda demiroksit çimento oluşturmaktadır.

Eskipolatlı formasyonu altta Maestrihtiyen yaşlı Koçyaka formasyonu ve üstte Alt Miyosen yaşlı Karacadağ Volkanitleri ile uyumsuzdur. Birimin kalınlığının önceki çalışmalarda yaklaşık 500 m olduğu belirtilmektedir (Ulu ve ark. 1994).

.



Şekil 4.12. Tavşançalı Köyü'nün kuzeybatısında gözlenen Eskipolatlı formasyonu (Te) içerisindeki kumtaşı, şeyl ardalanması.

Uygun ve ark. (1982) yaptıkları çalışmada birimin içerisinden Alveolina sp., Discocyclina sp., globorotalia sp. vee globigerine sp. gibi fosilleri tanımlamış ve bu fosil kapsamına göre, Üst Paleosen-Alt Eosen yaşını vermişlerdir. Bu çalışmada da aynı yaşlama benimsenerek birimin yaşı Üst Paleosen-Alt Eosen olarak kabul edilmiştir.

4.1.3. Gökdağ formasyonu (Tg)

Çalışma alanının kuzeybatısında gözlenen kızılımsı renkli çakıltaşı, kumtaşı, şeyl, kiltaşı ve çamurtaşlarından oluşan birime ilk kez Agelede (1954) "Oligosen filişi" adını vermiştir. Daha sonra birimi, Özmumcu (1974) "Gökdağ formasyonu", Dinçer (1982) "Gökdağ üyesi", Uygun ve ark. (1982) "Kuşça formasyonu", Umut ve ark. (1990) ise birimi "Kırmızıbayırtepe formasyonu" olarak adlandırmışlardır. Göncüoğlu ve ark. (1996) ise birimin tipik olarak Gökdağ civarında yüzeylediği için

birimi "Gökdağ formasyonu" olarak adlandırmışlardır. Bu çalışmada da birim Göncüoğlu ve ark. (1996)'nın adlaması esas alınarak Gökdağ formasyonu adı altında incelenmiştir.

Birim, inceleme alanında Büyükbeşkavak Köyü'nün çevresinde, Kütükuşağı Köyü'nün kuzey-kuzeybatısında ve güneybatısında yüzeylemektedir (EK-1).

Birim, kızılımsı kiremit renkli çakıltaşı, kumtaşı, kiltaşı ardalanması ile başlamakta üste doğru çakıltaşı-çamurtaşı ardalanmasıyla devam etmektedir. Birimin en üst seviyelerinde ise jipsler gözlenmektedir. Çakıltaşları genellikle polijenik kökenli, yarı köşeli ve kötü boylanmalıdır.

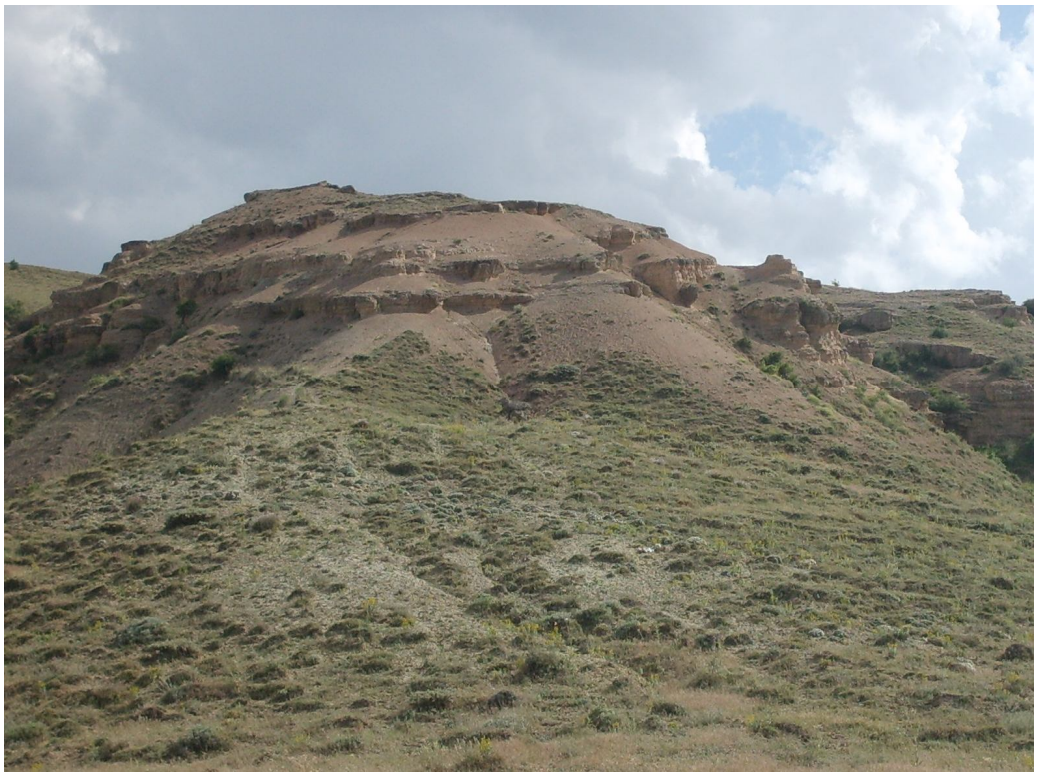
Genellikle kötü boylanmalı ve yarı köşeli olan çakıltaşları serpantinit, radyolarit, gabro, rekristalize kireçtaşı, metamorfik kayaç parçaları ve nummulitli kireçtaşı parçalarından oluşmakta ve karbonat çimento içermektedir (Akıl 2008). Yeşilimsi-gri renkli kumtaşları orta-kalın tabakalıdır. Çakıltaşlarından kumtaşlarına geçiş derecelidir ve kumtaşları içerisinde yer yer şeyl ve kiltaşı seviyeleri bulunmaktadır. Üst seviyelerde ise, kırmızı-gri renkli çakıltaşı-çamurtaşı ardalanması şeklinde devam etmektedir. Bu seviyedeki çakıltaşlarının tane boyları daha küçük olup, üst seviyelere doğru çakıltaşı tabakalarının kalınlıkları azalırken çamurtaşı tabakalarının kalınlıkları artmaktadır. (Şekil 4.13).

Özsayın (2007) yaptığı çalışmada, birimin en üst kısımlarda kalınlığı birkaç cm. ile dm. arasında değişen nodüler yapılı bir jips seviyesinin gözlendiğini belirtmiştir.

Gökdağ formasyonu altta Üst Paleosen-Alt Eosen yaşlı Eskipolatlı formasyonu ile uyumsuz olup üstte Alt Miyosen yaşlı Karacadağ volkanitleri ile uyumsuzdur. Birimin kalınlığının önceki çalışmalarda yaklaşık 170m. olduğu belirtilmektedir (Uğuz ve ark. 1999). Bu çalışmada da aynı kalınlık esas alınmıştır.

Fosil içeriğine göre birimin yaşını Agelede (1954) ve Uygun ve ark. (1982) Oligosen olarak belirlemişlerdir. Umut ve ark. (1990) ise üst seviyelerinde tespit ettikleri *Hipparion sp.* fosiline göre birimin yaşını Geç Miyosen olarak kabul etmişlerdir. Çakıltaşlarında bulunan Nummulitli kireçtaşı çakılları ise, Lütesiyen sonrası bir uyumsuzluğu işaret etmektedir. Özsayın (2007) yaptığı çalışmada birimin tamamen karasal olduğunu belirterek Oligo–Miyosen yaş aralığını kabul etmiştir. Bu

çalışmada da birimin yaşı Özsayın (2007)'nin çalışmasına istinaden Oligo-Miyosen olarak kabul edilmiştir.



Şekil 4.13. Gökdağ formasyonunun Büyükbeşkavak Köyü'nün doğusundaki genel görünümü.

4.1.4. Karacadağ volkanitleri (Tk)

Karacadağ volkanitleri ile ilgili birçok araştırmacı çalışmalar yapmışlardır. Agelede (1954), Görür (1981), Ercan (1987), Asan ve Kurt (2003) bunlardan bazılarıdır. Asan (2007), yaptığı çalışmada birimi "Karacağ volkanitleri" adı altında ayrıntılı olarak incelemiştir. Bu çalışmada da birim Karacadağ Volkanitleri adı altında incelenerek içerdiği litolojilere göre üç alt başlıkta anlatılmıştır.

4.1.4.1. Karacadağ piroklastik kayaçları (Tkp)

Birim inceleme alanının kuzeyinde Bulduk Köyü batısı ve Hacıreşitdağ ile Yassıdağ'ın eteklerinde gözlenmektedir (EK-1).

Tüf ve volkanik breşlerden oluşan birim genel olarak Karacadağ volkanitlerinin tabanında gözlenmektedir.

Birim içerisinde gözlenen tüfler açık sarımsı gri renkli ve yer yer tabakalı olup tabaka kalınlıkları cm. boyutu ile m. boyutu arasında değişmektedir ve yoğun alterasyon izleri gözlenmektedir. Volkanik breşler içerisinde gözlenen volkanik kayaç çakılları kötü boylanmalı olup, çakıllar genelikle andezitlerden oluşturmaktadır.

Asan (2007), yaptığı çalışmada volkanik breşler içerisinde gözlenen volkanik kayaç çakıllarının kalkalkali andezit ve dasitlerden oluştuğunu ve bunların yer yer m. boyutuna ulaştığını, tüflerin ise genellikle riyolit ve andezit tüfü şeklinde olduğunu belirtmiştir.

4.1.4.2. Karacadağ andezitleri (Tka)

Kızılımsı kahve renkli andezitlerden oluşan birim, inceleme alanının kuzeyinde Karadağ, Güney Tepe ve çevresinde gözlenmektedir (EK-1).

Kızılımsı kahve renkli andezitler masif lav akıntısı şeklinde olup yer yer gaz boşlukları içermekte ve tipik olarak düşey soğuma çatlakları sunmaktadırlar (Şekil 4.14).

Andezitlerden alınan 5 adet örneğin petrografik incelemesinde, kayacı oluşturan fenokristaller, plajiyoklaz, amfibol, orto/klinopiroksen minerallerinden oluşmaktadır. Kayaç hipokristalin porfirik dokuludur.

4.1.4.3. Karacadağ bazaltları (Tkb)

Koyu gri, siyah renkli bazaltlardan olışan birim inceleme alanının kuzeyinde Arşıncı Köyü'nün kuzeyi, Kırkla Tepe, Hacıreşitdağ, Yassıdağ, Bozdağ, Küçükdağ, Asmanın Tepe Şehit Tepe ve kuzeyi ile Tavşancalı Tepe'de gözlenmektedir (EK-1)

Koyu grimsi, siyahımsı, bozuşmuş yüzeyleri kırmızımsı kahvemsi renkte olan bazaltlar masif lav akıntısı ve dayklar biçiminde yüzeyleme sunmaktadır (Şekil 4.15). Bazaltlarda gözlenen gaz boşlukları alt kısımlardan üst kısımlara doğru gidildikçe çoğalmıştır.

Ulu ve ark. (1994) yaptıkları çalışmada, bazaltlarda gözlenen gaz boşluklarının yer yer epidotlaştığını ve üst kısımlara doğru gidildikçe bu boşlukların yer yer kalsit ve zeolit ile dolmuş olduğunu belirtmişlerdir.

Bazaltlardan alınan 6 adet örneğin petrografik incelemesinde, kayacı oluşturan fenokristaller, plajiyoklaz, olivin, klinopiroksen ve opak minerallerinden oluşmaktadır. Kayacın holokristalin porfirik dokulu olduğu belirlenmiştir.

Volkanik breş, tüf, andezit ve bazaltlardan oluşan Karacadağ Volkanitlerinin alt sınırı inceleme alanında gözlenmemektedir. Fakat inceleme alanı dışında Üst Paleosen-Alt Eosen Eskipolatlı formasyonunu kesmektedir. Birimin üstüne Orta Miyosen-Alt Pliyosen yaşlı İnsuyu formasyonu gelmektedir.

Yapılan ilk çalışmalardan itibaren Karacadağ volkanitlerinin yaşı üzerine farklı görüşler ortaya atılmıştır. Oligosen'den Kuvaterner'e kadar çok farklı yaş aralığında yaşlar kullanılmıştır. Ancak Asan (2007) yaptığı çalışmada $^{40}Ar/^{39}Ar$ yaşlandırma metodu ile birimin yaşının Alt Miyosen (21.3-18.0 My) olduğunu belirlemiştir. Bu çalışmada da birimin yaşı Asan (2007)'ye göre Alt Miyosen olarak kabul edilmiştir.



Şekil 4.14. Karadağ'da gözlenen Karacadağ volkanitlerine (Tk) ait andezitler (Tka) ve düşey soğuma çatlakları



Şekil 4.15. Hacıreşitdağ'da gözlenen Karacadağ volkanitlerine (Tk) ait bazaltların (Tkb) genel görünümü (kuzeybatıya bakış).

4.1.5. İnsuyu formasyonu (Ti)

İnceleme alanının batısında geniş yayılım gösteren kırmızı renkli alüvyal çökeller, kumtaşı, çakıltaşı- sittaşı ardalanması, jipsli killer, marn ve kireçtaşlarından oluşan birim, Turkis Gulf Oil (1961) çalışanları tarafından Neojen olarak ele alınmıştır. Akarsu (1971) birime "Cihanbeyli formasyonu" adını vermiştir. Erol (1969) ise Neojen çökellerini ayrıntılı olarak çalışmasına rağmen jeomorfolojik olarak yorumlamıştır. Uygun ve ark.(1982) birimi, kireçtaşı düzeylerini göz önünde bulundurarak Cihanbeyli yöresindeki İnsuyu deresine itafen "İnsuyu kireçtaşı" adı altında incelemişlerdir. Ulu ve ark. (1994) yaptıkları çalışmada birimin sadece kireçtaşı ve çakıllı kireçtaşı düzeylerinden oluşmadığını, yer yer marn, tüf, tüfit, çakıltaşı ve kumtaşı düzeyleri içerdiğini belirterek birimi "İnsuyu formasyonu" adı altında incelmişlerdir. Bu çalışmada da Ulu ve ark. (1994)'ün çalışması benimsenerek, birim İnsuyu formasyonu adı altında incelenmiştir.

İnceleme alanı içerisinde İnsuyu, Pınarbaşı, Böğrüdelik, Sığırcık, Kayı Köyleri ve çevresi ile Uzunca Yayla, Kolmaç yayla, Çınkırık Yayla, Bolluk Yayla ve çevresi, Akyokuş Tepe, Kara Tepe, Çal Tepe, Beya Tepe, Kül Tepe, Tütün Tepe, Küçüktütün Tepe ve Karadağ çevresinde gözlenmektedir (EK-1).

Birim tabanda genel olarak kırmızı renkli alüvyal çökeller ile başlamakta, kumtaşı, çakıltaşı, silttaşı ardalanması ile devam etmekte ve beyaz-krem renkli gastrapodlu kireçtaşları ile son bulmaktadır (Ulu ve ark. 1994).

Birim içerisindeki çakıltaşları grimsi renkli, az-çok derecelenmeli ve kötü boylanmalıdır. Çakılları kireçtaşı ve volkanik kayaç parçalarından oluşmaktadır. Kumtaşları ince taneli ve kötü boylanmalı, yer yer çapraz tabakalı ve ince-orta tabakalıdır. Sarımsı yeşilimsi renkli marnlar, kireçtaşları ile geçişlidir. Ulu ve ark. (1994) yaptıkları çalışmada marnların magnezyumca zengin olduğunu ve yanal devamlılık arz ettiğini belirtmişlerdir.

Genellikle yatay veya çok az eğimli kireçtaşlarının taze kırık yüzeyleri grimsi beyaz, pembemsi beyaz, krem, beyaz ve yer yer gri-kahve renklidir. Orta-kalın tabakalı, bol kalsit dolgulu, bol erime boşluklu ve kırılgan olan kireçtaşlarının kumtaşlarına geçiş gösteren yerleri kumlu, çok az tüflü, yer yer ince tabakalı ve kil oranı yüksek seviyeler sunmaktadır. Kireçtaşları içerisinde boyutu 1-2 milimetreden

birkaç metreyi aşan boşluklar gözlenmektedir. Kireçtaşlarının kırılgan ve dayanıksız özelliğinden dolayı aşınmaya uğrayan dış yüzeyleri mostrada değişik şekiller oluşturmaktadır (Şekil 4.16, 4.17, 4.18).

İnceleme alanında kireçtaşlarının en iyi gözlendiği yer İnsuyu Deresi ve çevresidir (Şekil 4.19). İnceleme alanının doğusuna ve güneyine gidildikçe kireçtaşı seviyeleri azalırken, killi kireçtaşı ve bej, yeşilimsi renkli jipsli killer yoğun olarak artış göstermektedir.

İnsuyu formasyonundan alınan 17 adet kireçtaşı örneğinin petrografik incelemelerinde, yaklaşık %55-90 arasında mikrit (mikrit çimento), %5-30 arasında sparit (sparit çimento) ve % 5-25 arasında intraklast gözlenmiştir.

İnsuyu formasyonu, altındaki tüm birimleri uymsuzlukla örtmektedir. Üstte ise Pliyo-Kuvaterner yaşlı Cihanbeyli formasyonu tarafından uyumsuzlukla örtülmektedir. Birimin kalınlığı Ulu ve ark.(1994)'nın yaptıkları çalışmada 450 m olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada da aynı kalınlık esas alınmıştır.

Birim içerisinden alınan numunelerde yaş verebilecek bir fosil türüne rastlanmamıştır. Hakyemez (1991), yaptığı çalışmada bu formasyonun eşdeğeri olan Apa Formasyonu olarak adlandırdıkları birimden *Cyprideis torosa* (Jones), *Cyprideis seminulum* (Reuss), Cyprideis sp, faunalarını bulmuşdur. Bu faunalara dayanarak birimin yaşı Üst Miyosen-Pliyosen'dir. Aynı araştırmacı tarafından Hatunsaray civarında yapılan çalışmada birim içerisindeki çamurtaşlarından *Testudo* sp, *Choerolophodon pentelici*, *Choerolophodon* sp., *Hipparion* sp., *Chilotherium* sp., *Gazella* sp., cf. *Oioceros* sp., *Bovieda gen. et*. Sp. indet, *Mammalia gen. et.* Sp. indet, *Proboscidae gen. et*. Sp. indet, ?*Nisidorcas planicornis* omurgalı faunayı bulmuşdur. Bu faunaya göre birimin yaşı Üst Miyosen'dir.

Birim, Konya İli batısında, Hatunsaray civarında Erenler-Aladağ volkanitlerine ait Yeşildere formasyonu ile yanal-düşey geçişlidir. Yeşildere formasyonundan elde edilen radyometrik yaş >10,9 m.y., ile 7,95 m.y. arasındadır (Keller ve ark. 1977). Bu verilere göre ise birimin yaşı Orta-Üst Miyosen'dir.

Tüm veriler değerlendirildiğinde İnsuyu formasyonunun yaşı Orta Miyosen sonu-Alt Pliyosen olarak kabul edilmiştir (Ulu ve ark. 1994). Bu çalışmada da birimin yaşı Orta Miyosen-Alt Pliyosen olarak kabul edilmiştir.



Şekil 4.16. Kayı Köyünün güneybatısındaki İnsuyu formasyonuna (Ti) ait kırmızı renkli alüvyal yelpaze çökelleri (ay) ve kireçtaşları (kç) (kuzeybatıya bakış).



Şekil 4.17. Pınarbaşı Köyü'nün kuzeyindeki İnsuyu Formasyonuna (Ti) ait dış yüzeyleri aşınmış kireçtaşları ve karstik erime boşluklarının görünümü (kuzeye bakış)



Şekil 4.18. Pınarbaşı Köyü kuzeyinde İnsuyu formasyonuna ait kireçtaşları içerisinde gözlenen karstik erime boşluklarından görünüm.



Şekil 4.19. İlhan Yayla güneybatısında gözlenen İnsuyu formasyonu (Ti) ve alüvyonun (Qal) sınır ilişkisi (güneybatıya bakış).

4.1.5.1. Hatırlı üyesi (Tih)

İnsuyu formasyonu içerisinde çakıltaşı, çamurtaşı, killi kireçtaşı ve killerden oluşan birimi Ulu ve ark. (1994) "Hatırlı üyesi" adı altında incelemişlerdir. Göncüoğlu ve ark. (1996) yaptıkları çalışmada birimi gerek fiziksel özellikleri gerekse konumu itibariyle Gökdağ formasyonu içerisinde incelemişlerdir. Özsayın (2007), yaptığı çalışmada birime ait litolojilere ve morfolojik verilere (peribacası morfolojisi) başka bir alanda rastlanmamasından dolayı Gökdağ formasyonundan ayrıldığını belirterek "Kuşça üyesi" adı altında incelemiştir. Bu çalışmada birim, Ulu ve ark. (1994)'nın adlaması esas alınarak "Hatırlı üyesi" adı altında incelenmiştir.

Birim, inceleme alanı içerisinde Yeniceoba'nın güneydoğusundan başlayıp Kuşça Köyü'nün kuzeyine doğru devam eden yaklaşık 8 km^2 lik bir alanda yüzeylemektedir (EK-1).

Birim kirli gri, sarı renkli çakıltaşı, kiltaşı, silttaşı ve tüflerden oluşmaktadır. Birim en altta orta-kalın tabakalı, kötü boylanmalı, köşeli-yarı yuvarlak çakıllı ve polijenik kökenli çakıltaşları ile başlamakta üste doğru ince taneli kum-silt matriksli çakıltaşlarına geçiş göstermektedir. Köşeli-yarı köşeli, gabro, serpantinit ve radyolarit çakıllarından oluşan çakıltaşlarının arasında ince seviyeler halinde dereceli geçiş gösteren kaba-ince taneli kumtaşı seviyeleri bulunmaktadır. Bağlayıcı malzeme kumlu olup kızılımsı bir renk hakimdir. Üste doğru bej renkli, ince taneli çakıltaşı-kaba taneli kumtaşı ardalanması ile devam eden litoloji, peribacası morfolojisi gösteren, boz, krem renkli çamurtaşı-çakıltaşı ardalanmasına geçmektedir (Şekil 4.20).

En üstte kalın tabakalı, gri-boz renkli tüflü seviyeler yer alırken, alt seviyelerde rastlanan çakıltaşı-çamurtaşı ardalanması tekrar gözlenmektedir (Özsayın 2007). Ayrıca birim içerisinde jips mercekleri gözlenmektedir.

Hatırlı Üyesinin alt dokanağı inceleme alanında gözlenememektedir. Üstte İnsuyu formasyonunun evaporitli kil fasiyesine geçiş göstermektedir. Birimin kalınlığı yaklaşık 80 m'dir (Ulu ve ark. 1994). Bu çalışmada da aynı kalınlık esas alınmıştır.



Şekil 4.20. Kuşça Köyü'nün kuzeydoğusundaki Hatırlı (Tih) üyesine ait kızılımsı kahve renkli çamurtaşı ve kum, silt matriksli çakıltaşlarının görünümü (güneybatıya bakış).

4.1.6. Çataltepe andezitleri (Tç)

Kızıl renkli andezitlerden oluşan birime, Ulu ve ark. (1994) yaptıkları çalışmada "Çataltepe andezitleri" adını vermişlerdir. Bu çalışmada da birim Çataltepe andezitleri adı altında incelenmiştir.

Birim inceleme alanının güneydoğusunda yer alan Karadağ'da gözlenmektedir (EK-1).

Andezitler kızılımsı-kahve renkli olup düşey soğuma çatlakları sunmaktadırlar (Şekil 4.21). Andezitler çerisinde bol miktarda amfibolit ve feldispat mineralleri çıplak gözle ayırt edilebilmektedir.

Andezitlerden alınan 4 adet örneğin petrografik incelemesinde, kayacı oluşturan fenokristaller plajiyoklaz, amfibol, piroksen ve opak mineralleridir. Kayacın hamuru plajiyoklaz mikrolitleri ve volkanik camdan oluşmaktadır. Kayaç hipokristalin porfirik dokuludur.

Birim inceleme alanında İnsuyu formasyonunu keser durumdadırlar. Üstte ise Pliyo-Kuvaterner yaşlı yanal düşey geçişli Cihanbeyli ve Tuzgölü formasyonları tarafından uyumsuzlukla örtülmektedir. Birimin kalınlığı yaklaşık 25-30m'dir (Ulu ve ark. 1994). Bu çalışmada da aynı kalınlık esas alınmıştır.

Birim, Orta Miyosen-Alt Pliyosen yaşlı İnsuyu Formasyonu'nu kestiğinden ve Kuvaterner yaşlı Tuzgölü formasyonu tarafından da örtüldüğünden yaşı Üst Miyosen-Pliyosen'dir (Ulu ve ark. 1994). Bu çalışmada da aynı yaşlandırma benimsenmiştir.



Şekil 4.21. İnceleme alanının güneyinde Karadağ'daki Çataltepe Andezitleri (Tç) ve soğuma çatlaklarının görünümü (güneybatıya bakış).

4.1.7. Cihanbeyli formasyonu (TQc)

İlk kez Akarsu (1971) tarafından karasal kırıntılar ve karbonatlar için "Cihanbeyli formasyonu" adı kullanılmıştır. Daha sonraki çalışmalarda Göncüoğlu ve ark. (1996), Çemen ve ark. (1999) ve Dirik ve Erol (2000), Özsayın (2007) ve

Akıl (2008) aynı stratigrafik konum ve litolojik özellikteki kırıntılar için aynı adı kullanmışlardır. Fakat Ulu ve ark. (1994), yaptıkları çalışmada İnsuyu formasyonu üzerindeki kırmızı renkli alüvyal çökeller, killer, jipsli killer, çakıltaşları, kumtaşları ve çakıllı kireçtaşlarından oluşan karasal çökellere "Cihanbeyli formasyonu" adını vermişlerdir. Bu çalışmada da birim Cihanbeyli formasyonu adı altında incelenmiştir.

Birim inceleme alanı içerisinde Cihanbeyli İlçesi'nin güney ve güneybatısında, Ahirigüzel Köyü'nün doğusunda, Celep Köyü, Kozanlı Köyü, Doğutepe Köyü, Arşıncı Köyü ve çevrelerinde, Küçükbeşkavak Köyü ve kuzeyi, Kuşça Köyü doğusunda, Kötüköy Yayla'nın doğusu ile Karaarkaç Tepe, Bağ Tepe, Ağaç Tepe, Çat Tepe, Susuz Tepe, Koç Tepe, Kızıl Tepe ve çevrelerinde yüzlek vermektedir (EK-1).

Birim, İnsuyu formasyonu üzerinde, yaklaşık 40-50 cm kalınlıkta yatay tabakalar sunan, tabakaların tabanı yer yer aşınmış, matriks içermeyen, yer yer kumlu siltli matriks içeren tane destekli, yer yer polijenik kökenli çakıltaşları ile başlamaktadır. Bu çakıltaşları İnsuyu formasyonuna ait kireçtaşlarından ve volkanik çakıllardan oluşmaktadır. Çakıltaşları arasında kalınlıkları birkaç cm'yi geçmeyen, ince laminalı kumtaşı, silttaşı ve kiltaşı tabakaları ve mercekleri ile orta kalınlıkta, çapraz tabakalı kumtaşları bulunmaktadır (Şekil 4.22, 4.23).

Bunların üzerine, killi-siltli çamurtaşı ile kumlu-çakıllı çamurtaşı arasında yer alan masif veya paralel tabakalanmalı, çamurtaşları gelmektedir (Ulu ve ark. 1994). Bu çamurtaşları kötü boylanmalı olup yanal olarak devamlılık sunmaktadır. Çamurtaşları üste doğru çapraz tabakalı çamurtaşları ve kumtaşlarına geçmektedir. Bunlar üste doğru silttaşı ve kiltaşı ara katkılı ve iri taneli kumtaşı ve çakıltaşlarına geçiş göstermektedir. Çakıltaşları, genellikle yarı yuvarlak-yuvarlak ve polijenik kökenli çakıllardan oluşmaktadır (Şekil 4.24).

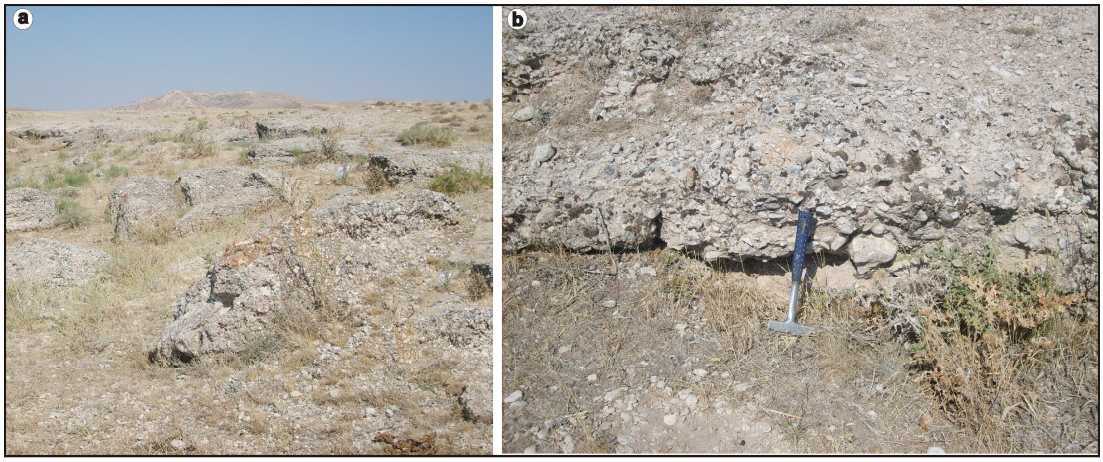
Birimin en üst seviyelerinde ise yatay ve paralel tabakalanmalar sunan kireçtaşları ve çakıllı kireçtaşları bulunmaktadır. Temelden ve İnsuyu formasyonuna ait kireçtaşlarından türemiş çakıl boyutundaki taneler kireçtaşı içerisinde değişik oranlarda bulunmaktadırlar.

Birim içerisinden alınan 8 adet kumtaşının petrografik incelemesinde yaklaşık % 60-80 karbonat taneleri, % 5-15 kuvars ve % 10-25 kalsit çimento gözlenmiştir. Birim içerisinden alınan 3 adet kireçtaşının petrografik incelemesinde ise yaklaşık

%2-60 intraklast ve %1-2 ekstraklast taneleri ile %10-50 sparit çimento ve % 15-30 mikrit çimento gözlenmiştir.

Birim, altındaki Orta Miyosen-Alt Pliyosen yaşlı İnsuyu formasyonunu uyumsuzlukla örtmektedir. Üstte ise yanal ve düşey olarak Pliyo-Kuvaterner yaşlı Tuzgölü formasyonuna geçmektedir (Şekil 4.25). Birimin kalınlığı yaklaşık 110 m dir (Ulu ve ark. 1994).

Birim içerisinde daha önce yapılan çalışmalarda ve bu çalışmada yaş verebilecek fosil bulunamamıştır. Ulu ve ark. (1994), formasyonun Orta Miyosen Sonu- Alt Pliyosen (?) yaş dokanağındaki İnsuyu formasyonu üzerine erozyonal bir yüzeyle uyumsuz olarak geldiğini, diğer taraftan da Tuzgölü formasyonuna geçtiğini belirterek birimin yaşının Pliyo-Kuvaterner olabileceğini söylemişlerdir. Bu çalışmada da birimin yaşı Ulu ve ark. (1994)'e göre Pliyo-Kuvaterner olarak kabul edilmiştir.



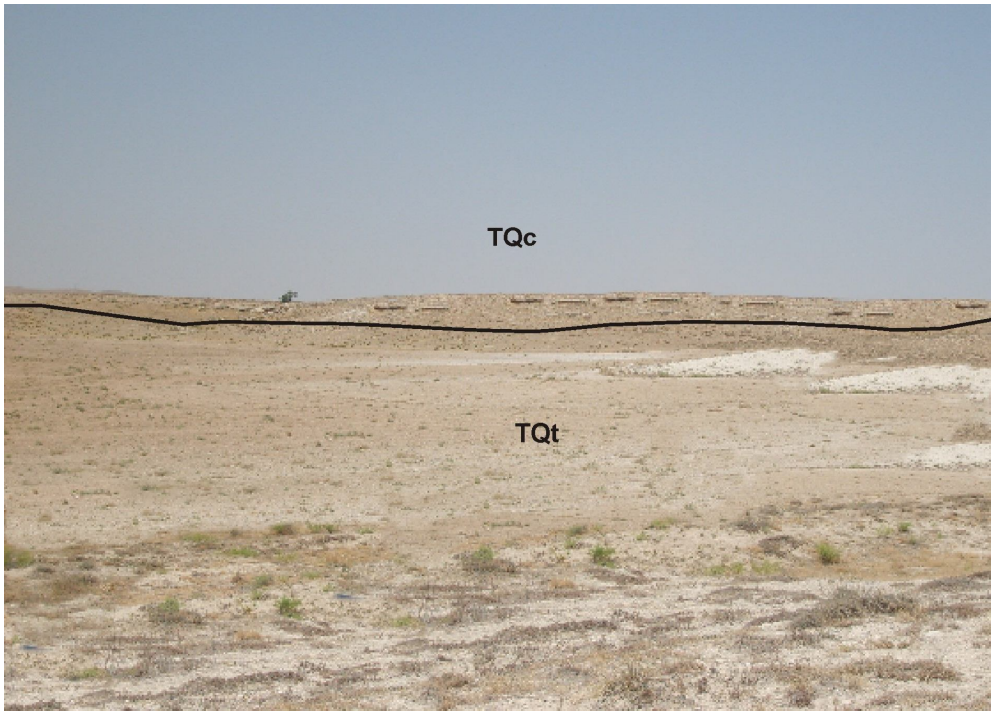
Şekil 4.22. a: Cihanbeyli'nin kuzeybatısında Cihanbeyli formasyonuna (TQc) ait çakıltaşlarından genel bir görünüm, b: Çakıltaşlarının yakından görünümü



Şekil 4. 23. Bağ Tepe'nin kuzeydoğusunda Cihanbeyli formasyonuna (TQc) ait çakıltaşı, killi-siltli çamurtaşı ardalanması ve çakıltaşlarında gözlenen çapraz tabakalanma.



Şekil 4.24. Ahirigüzel Köyü güneyindeki Cihanbeyli formasyonuna (TQc) ait polijenik kökenli çakılların görünümü.



Şekil 4.25. Bozdağ'ın kuzeydoğusunda Cihanbeyli formasyonu (TQc) ve Tuzgölü formasyonu (TQt) arasındaki sınır ilişkisi (kuzeybatıya bakış)

4.1.8. Tuzgölü formasyonu (TQt)

İnceleme alanının doğusunda geniş bir alanda mostra veren çakıl, kum, silt, karbonatlı kum ve siltler, karbonatlı seviyeler ile jipsli killerden oluşan birime Ulu ve ark.(1994), Tuzgölü civarında en iyi gözlendiğinden dolayı "Tuzgölü formasyonu" adını vermişlerdir. Bu çalışmada da birim Tuzgölü formasyonu adı altında incelenmiştir.

Birim, inceleme alanı içerisinde Cihanbeyli İlçesi ve doğusu, Yapalı Köyü, Uzunkuyu Köyü, Tavşançalı Köyü, Damlakuyu Köyü, Gemicik Köyü, Acıkuyu Köyü ve çevreleri ile Bolluk Gölünün çevresi ve Büyükkartal Yayla, Tekmezar Yayla, Büyükkolitler Yayala, Küçükkolitler Yayla, Karatepe Yayla, Üzerliktepe Yayla ve çevrelerinde yüzlek vermektedir (EK-1).

Birim yatay ve düşey yönde tedrici geçişli çakıl, kum, kil, silt, karbonatlı kum, kil ve jipslerden oluşmaktadır.

Cihanbeyli İlçesi -Tuzgölü arasında ve Yeniceoba'nın doğusunda birim genellikle çakıl-kum ardalanmasından oluşmaktadır. Çakıllar kendinden yaşlı tüm birimlerin tanelerini içermektedir. Çakıl ve kumlar iyi yuvarlaklanma özelliği göstermekte olup çakıllar genellikle tane destekli ve yer yer kumlu matriks içermektedir. Bunların üzerine yeşil-beyaz renkli, orta-kalın tabakalı, masif görünümlü, tablamsı şekiller sunan yatay, kalın kil çökelleri gelmektedir (Şekil 4.26, Şekil 4.27). Kil tabakaları içerisinde yer yer ince, paralel laminalar halinde silt seviyeleri gözlenmektedir. Killer içerisinde ince paralel laminalı, disk veya kırlangıç kuyruğu biçimli jips yumruları ve değişik kalınlıkta jips kristalleri gözlenmekte olup bunlar yüzlerce metreye ulaşan mercekler şeklinde yayılım sunmaktadırlar. Jips ve killer arasındaki dokanak oldukça belirgin ve keskindir. Birim inceleme alanında, doğuya gidildikçe incelen bir istif sunmaktadır (Şekil 4.28).

Tersakan Gölü ile Tuz Gölü arasında birim, koyu siyah renkli, organik yüzey toprağı içeren karbonatlı kil ile yer yer koyu renkli yüzey toprağına sahip karbonatlı kil veya yumuşak kireçten oluşmuşmaktadır (Ulu ve ark. 1994).

Cihanbeyli formasyonu ile yanal ve düşey geçişli olan birim İnsuyu formasyonu ve daha yaşlı birimleri uyumsuzlukla örtmektedir. Üstte ise Güncel alüvyon çökelleri tarafından uyumsuzlukla örtülür. Birimin kalınlığı yaklaşık 20-110 m dir (Ulu ve ark. 1994).

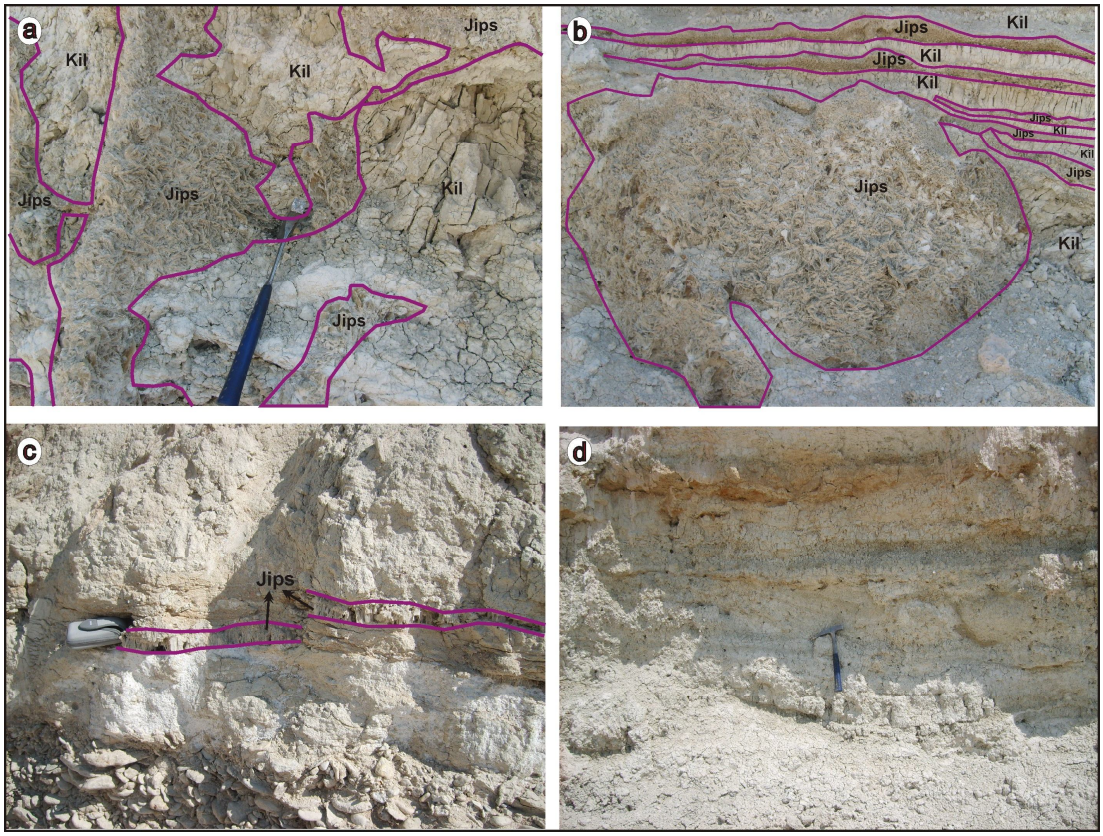
Birim içerisinde daha önce yapılan çalışmalarda ve bu çalışmada yaş verebilecek fosil bulunamamıştır. Ulu ve ark. (1994) yapmış oldukları çalışmada Pliyo-Kuvaterner olabileceğini söylemişlerdir. Bu çalışmada da birimin yaşı Ulu ve ark. (1994)' e göre Pliyo-Kuvaterner olarak kabul edilmiştir.



Şekil 4.26. Cihanbeyli'nin doğusundaki Tuzgölü formasyonunda (TQt) gözlenen çakıl, kum ardalanması.



Şekil 4.27. Acıkuyu Köyü'nün kuzeybatısında, Tuzgölü formasyonuna (TQt) ait kum çakıl ardalanması ve kumlarda gözlenen tablamsı yapılardan bir görünüm



Şekil 4.28. a,b,c,d: Karatepe Yayla güneyindeki Tuzgölü formasyonuna (TQt) ait çakıl, kum, jips ve kil ardalanması

4.1.9. Traverten (Qtr)

Travertenler; yüksek oranlarda kalsiyum (Ca^{+2}) ve karbonat (CO_3^{-2}) ya da kalsiyum bikarbonatça ($Ca(HCO_3)_2$) doygun sızıntı veya kaynak suları tarafından, kırık/çatlak, mağara ya da yer yüzeyinde, kaynaklardan çıkarken basıncın düşmesine bağlı olarak CO_2 kaybederler bu esnada sular içerisindeki $CaCO_3$ çökelimi gerçekleşir. Genellikle iri gözenekli, ince taneli ve bantlı yapılı kalsiyum karbonat ($CaCO_3$) bileşimli çökellerdir.

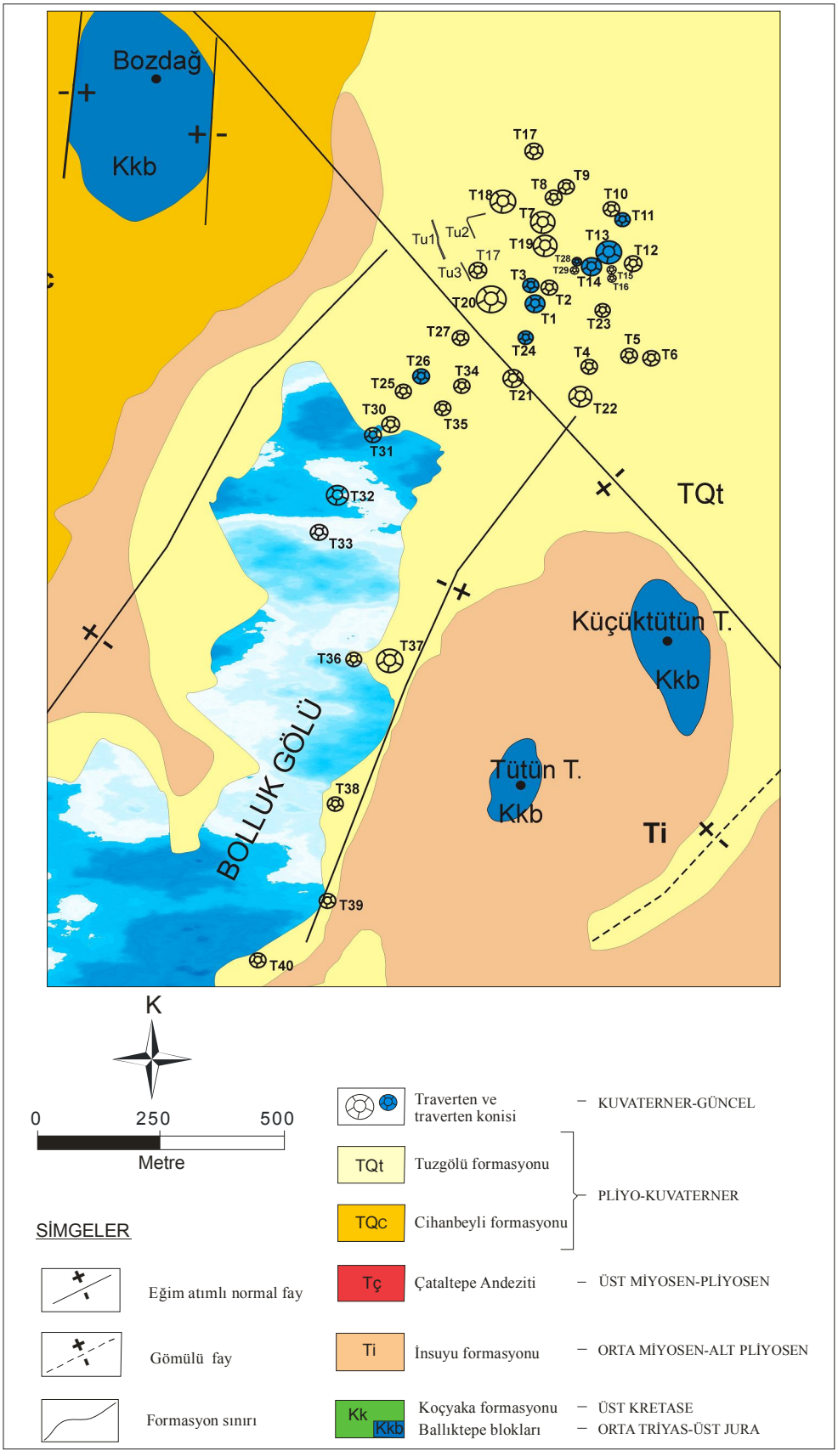
İnceleme alanında Bolluk Gölü ve çevresinde koni şeklinde 40 adet traverten konisi tespit edilmiştir. Bunlar yoğun olarak Bolluk Gölünün KD'sunda ve Yapalı Köyü yolu üzerinde gözlenmektedir. Ayrıca Bolluk Gölü'nün KB'sında damar tipi şeklinde 3 adet traverten gözlenmiştir (Şekil 4.29, 4.30, 4.31). 8 adet sulu koni ve 32

adet susuz koni mevcut olup, bunlardan üç tanesi Bolluk Gölü içerisinde bulunmaktadır (Çizelge 4.1).

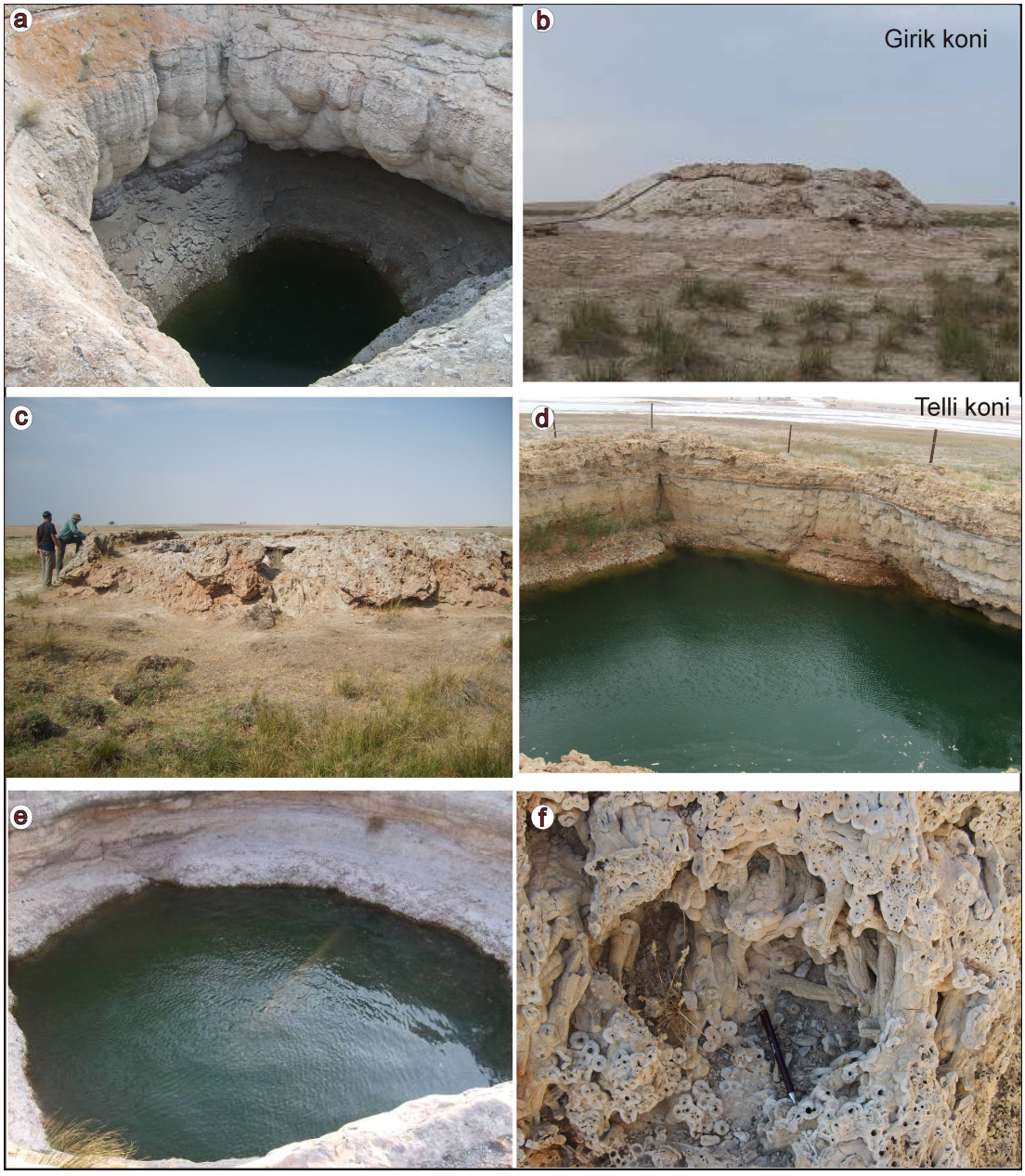
Bej, grimsi beyaz renkli ve boşluklu dom şeklinde olan traverten konilerinin iç çapları 5,30-47,1 m. arasındadır. Üst kesimleri dairesel ve kesik koni şeklindedir.

İnceleme alanında tespit edilen traverten konilerinden 37 adet el örneği alınmıştır. Alınan tüm örneklerin petrografik incelemesinde örneklerin, %10-88 oranında mikrit, % 3-50 oranında sparit, % 0-65 oranında intraklast, %0-5 oranında ooid, % 5-30 oranında porozite, % 0-10 oranında fosil ve % 0-8 oranında ise pellet bileşimine sahip olduğu tespit edilmiştir. İncelenen örneklerde traverten konilerinden alınan örneklerin çok farklılık sergilediği gözlenmiştir. Bazı örneklerde mikrit çok yüksek seviyelerde (%70-80) bulunurken bazı örneklerde ise sparit, kalsit, intraklast, fosil, pellet ve poozitenin hepsi gözlenmektedir. Bazı örneklerde ise sparitik çimento miktarında artış gözlenmiştir.

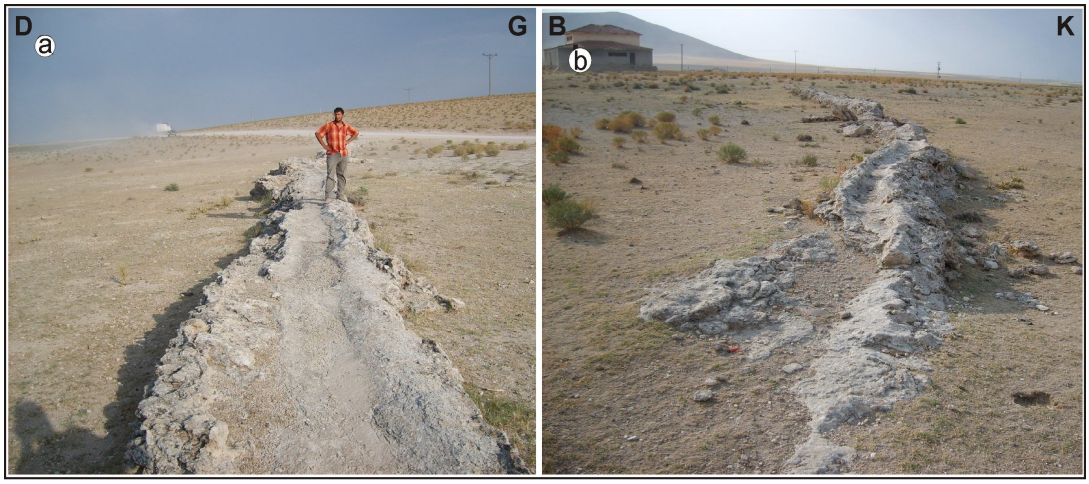
Kuvaterner-Güncel yaşlı Travertenler kendinden önceki tüm birimleri uyumsuzlukla örtmektedirler.



Şekil 4.29. İnceleme alanındaki traverten konilerine ait lokasyon haritası



Şekil 4.30. Bolluk Gölü civarında gözlenen traverten konileri (Qtr) ve tufa oluşukları (a:T13, b:T14 (Girik koni), c:T11, d:T26, e:T28, f:T40)



Şekil 4.31. Damar tipi travertenlerden (Qtr) bir görünüm (Bolluk Gölü'nün kuzey-kuzeybatısı, a: güneydoğuya bakış, b: kuzeybatıya bakış).

4.1.10. Alüvyon (Qal)

İnceleme alanında İnsuyu Deresi boyunca, Teknecik Yayla ve çevresi, Kozanlı Köyü güneyi ve Gökgöl çevresi ile Yeniceoba çevresinde gözlenmektedir (EK-1).

Birim gri, kahvemsi, kızıl, bej renkli çakıl, kum, kil, silt boyutunda gevşek ve tutturulmamış malzemeden oluşmaktadırlar (Şekil 4.32). İnceleme alanında İnsuyu Deresi çevresinde kalınlığı birkaç metreyi bulan alüvyon istiflerinde birim içi faylanmalar gözlenmektedir (Şekil 4.33). Yeniceoba ve çevresinde ise, geniş bir yayılım sunmaktadır.

Alüvyon kendinden yaşlı bütün birimleri açılı uyumsuzlukla örtmektedir. Birimin yaşı Kuvaterner'dir.

Çizelge 4.1. İnceleme alanında bulunan traverten konilerinin özellikleri

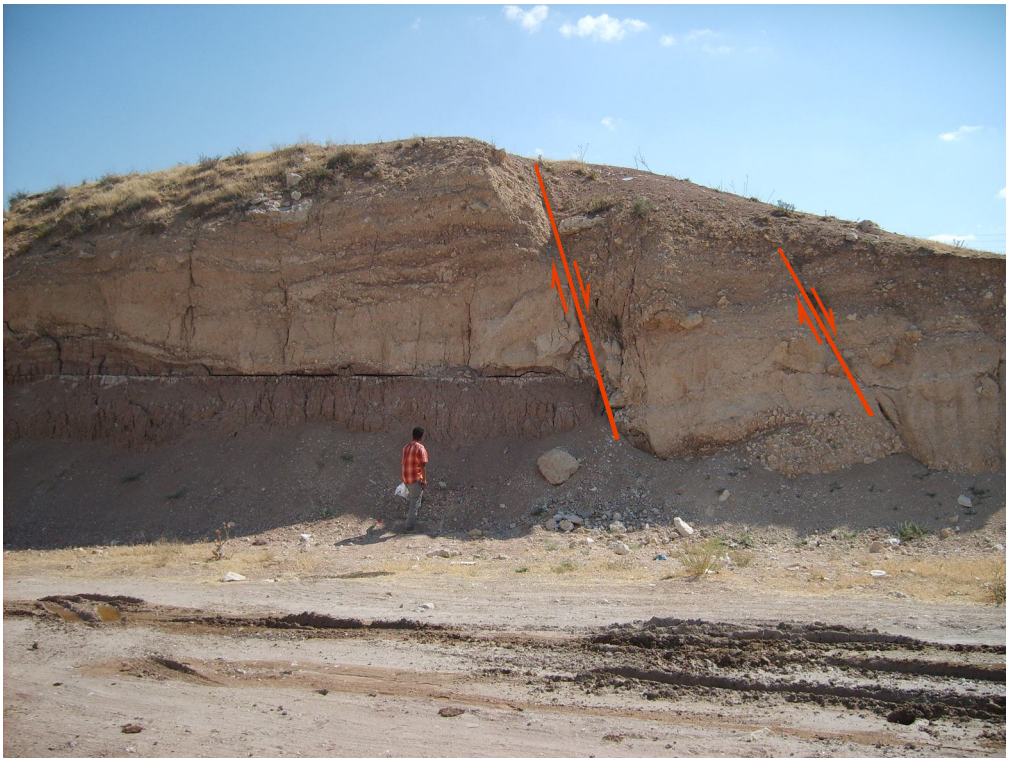
Traverten No	İç çap (m)		Yükseklik (m)	Su derinliği (m)/ Koninin derinliği(m)	Dış çap uzunlukları(m)				Durumu
	Uzun eksen	Kısa eksen			K	G	D	B	
T1	13,10	6,65	2	2,5	14	11	11,3	12,4	Sulu
T2	11,55	7,30	1,5	-	4,18	6,30	2,80	2,40	Susuz
T3	9,80	7,10	-	1,65	31,8	31	28	33	Sulu
T4	16,40	13,30	2,5	0,58	42,4	37,2	49,3	43,5	Susuz
T5	13,90	12	0,5		10	10,3	9,8	6	Susuz
T6	19,63	12,70	1,5	-	22,8	22	22	22,5	Susuz
T7	24,10	22	5	-	35	35	33	33	Susuz
T8	6,90	5,30	1	-	8,2	6,85	7,8	6,5	Susuz
T9	5,40	4,70	3	-	5,90	7,30	6	6,2	Susuz
T10	10,2	8,7	1,5	3,3	10	8,2	8,5	8,4	Susuz
T11	7,80	5,40	2	3	3,40	3,30	3,40	2,60	Sulu
T12	10	6,8	2,4	3,2	9,8	6,7	7,65	14,7	Susuz
T13	18,90	12,50	8,5	9,90	13	15,5	13,5	18,2	Sulu
T14 (Girik koni)	9	9	4,5	4,56	7,20	6,30	7,4	4,8	Sulu
T15	5,70	4,10	3,5	5,10	-	-	-	-	Susuz
T16	6,10	3,80	3,5	5,10	-	-	-	-	Susuz
T17	24,45	21,9	5	0,11	136,8	88,2	150	75,5	Susuz
T18	18,6	16,9	6,5	0,28	147,5	165	170,5	150	Susuz
T19	9,8	8,2	3	-	27,10	18,4	21,1	32,15	Susuz
T20	47,10	46,45	6	-	136	152	148	120,5	Susuz
T21 (Güvercin ini koni)	15,40	9,8	5,1	5,40	34,5	30,1	25,3	30,3	Susuz
T22	22,95	20	3	-	30,3	33,8	33,7	32,5	Susuz

Çizelge 4.1. İnceleme alanında bulunan traverten konilerinin özellikleri

Traverten No	İç çap (m)		Yükseklik (m)	Su derinliği (m)/ Koninin derinliği(m)	Dış çap uzunlukları(m)				Durumu
	Uzun eksen	Kısa eksen			K	G	D	B	
T23	12,8	9,65	0,3	-	8,9	6,7	6,65	10,7	Susuz
T24	7,6	6,4	-	2,5	-	-	-	-	Sulu
T25	13,4	11,4	2,6	2,6	9,5	11	15,9	10	Susuz
T26 (Telli koni)	13,5	11,1	1,5	2,5	1,8	4,20	3,9	1,5	Sulu
T27	15,4	15,3	0,4	0,20	8,1	13,9	8,6	15,9	Susuz
T28	8,9	8,9	-	2,7	-	-	-	-	Sulu
T29	9,44	8,3	-	2,25	-	-	-	-	Susuz
T30	7,5	7,2	-	-	12,4	5,6	6,4	10,4	Susuz
T31	15,2	14,4	3,5	0,53	10,9	11,1	12,75	10,3	Susuz
T32	29,4	24,42	1	-	5,05	5	4,9	4,8	Susuz
T33	8,9	8,1	0,5	-	24,8	18,4	26,2	32,2	Susuz
T34	20,9	19,2	1	0,65	13,8	15,1	11,1	19,2	Susuz
T35	12,8	10,9	1	2,1	2,1	1,8	1,42	1,3	Susuz
T36	30,4	31,3	9	1,25	34	35,7	35,1	34,8	Susuz
T37	46,65	38,2	23	1,15	92,3	88,6	98,9	91,8	Susuz
T38	31,10	29,6	3	0,24	55,7	58	39,9	51	Susuz
T39	11,6	9,8	5	-	25,5	17,5	17,6	23,5	Susuz
T40	40,6	25,95	14	1,30	55	21,8	47,6	11,3	Susuz



Şekil 4.32. Cihanbeyli'nin batısındaki alüvyonlardan (Qal) bir görünüm (doğuya bakış).



Şekil 4.33. İnsuyu Köyünün güneydoğusunda kalın istif oluşturan alüvyonlardaki (Qal) birim içi faylanmalar (güneye bakış)

4.2. Yapısal Jeoloji

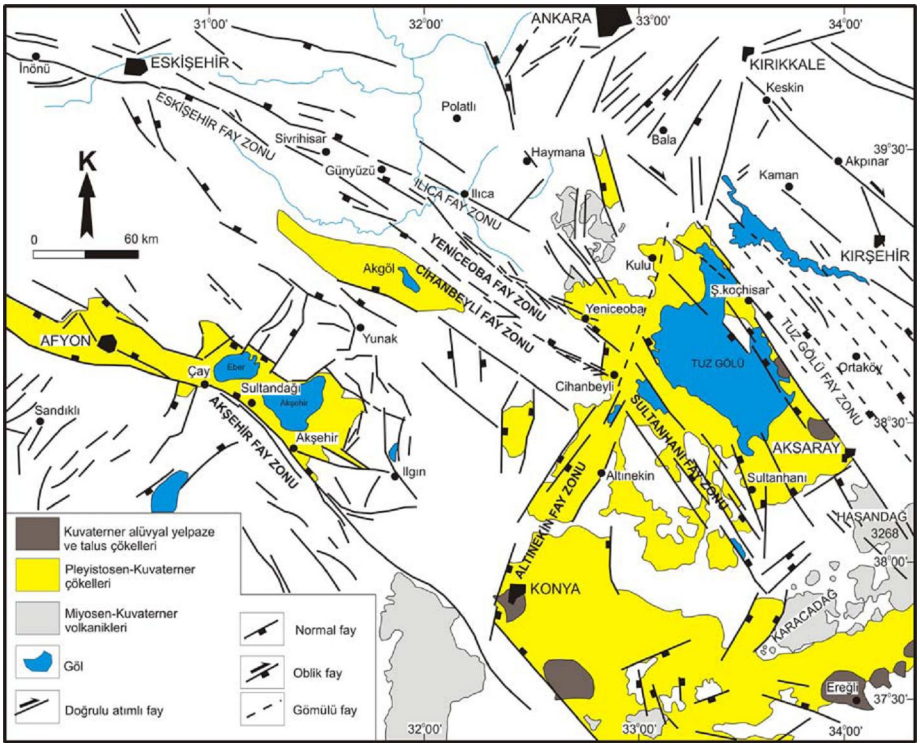
İnceleme alanı, Orta Anadolu'da yer alan, kıta içi havzaların en büyüğü olan Tuz Gölü havzasının kuzeybatısı, Haymana-Polatlı havzasının güneyi ve Altınekin havzasının kuzeyi arasında kalmaktadır.

4.2.1. Faylar

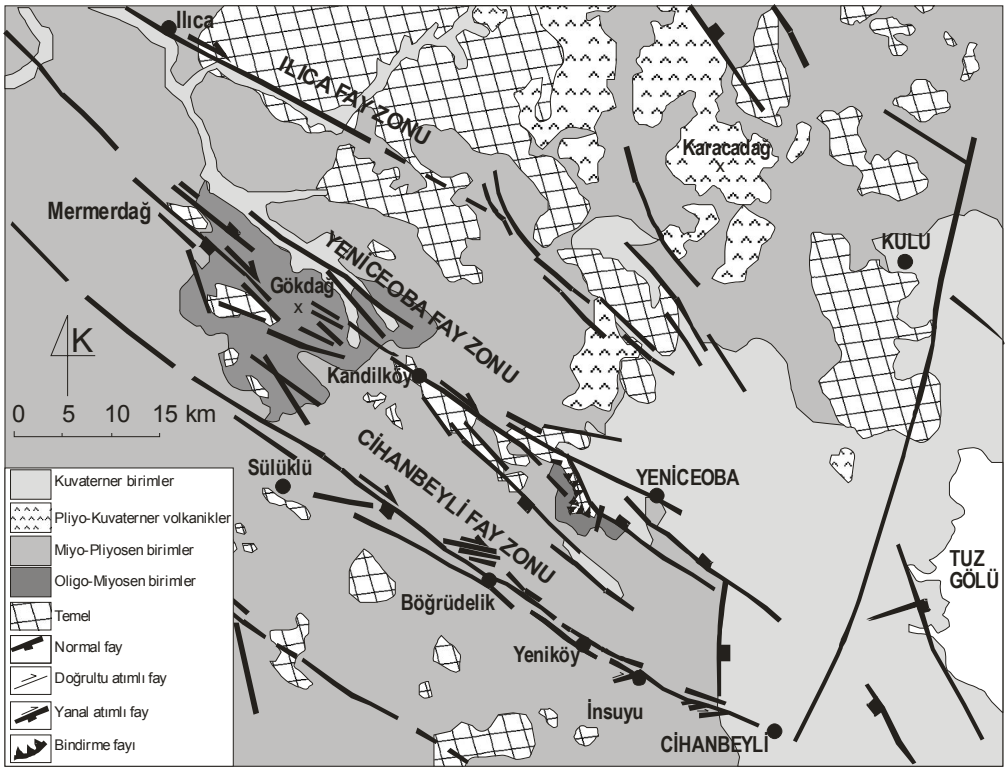
Tuz Gölü havzasının batı ve güney kesimi 2 önemli fay zonu tarafından kontrol edilmektedir. Birincisi İnönü-Eskişehir Fay Sistemi'nin orta kolu olan Yeniceoba ve Cihanbeyli fay zonu, ikincisi ise havzanın güneybatısında bulunan Altınekin fay zonudur (Şekil 4.34).

Eskişehir-Sultanhanı fay sistemi bu bölgedeki en önemli fay zonudur. Daha önce yapılan birçok çalışmada da bu sistemin önemi vurgulanmıştır (Ünalan ve Yüksel 1978, Şaroğlu ve ark. 1987, Koçyiğit 1991a, 1991b, Dirik ve Göncüoğlu 1995, Koçyiğit ve Beyhan 1998, Altunel ve Barka 1998, Bozkurt 2001, Dirik ve Erol 2000 ve 2003, Koçyiğit 2003, Özsayın 2007 ve Akıl 2008).

Eskişehir-Sultanhanı fay sistemi, Tuz Gölü'nün güneyinde Sultanhanı civarından başlayıp KB yönünde Cihanbeyli-Günyüzü ve Eskişehir'e kadar uzanarak, Eskişehir fay zonu ile birleşmektedir. İnceleme alanında Tuz Gölü'nün batısı ile Tersakan Gölü'nün doğusunda bulunan faylar ise bu fayın uzantıları şeklindedir. Bu fay sistemi kuzeyden güneye doğru Ilıca, Yeniceoba ve Cihanbeyli fay zonlarından oluşmaktadır (Şekil 4.35). İnceleme alanı içerisinde bulunan Yeniceoba ve Cihanbeyli fay zonları ilk kez Çemen ve ark.(1999) tarafından adlandırılmıştır. KKB-GGD doğrultulu bu her iki fay zonu birbirine paralel-yarı paralel, yüksek açılı normal fay bileşenli sağ yanal doğrultu atımlı faylardan oluşmaktadır (Dirik ve Erol 2003).



Şekil 4.34. Orta Anadolu ve çevresinin tektonik haritası (Dirik ve Erol 2003, Dirik 2001, Dirik ve Göncüoğlu 1996, Göncüoğlu ve ark. 1996, Koçyiğit ve Özacar 2003'ten değiştirilerek alınmıştır)



Şekil 4.35. Tuzgölü havzası batı kesiminin tektonik haritası (Dirik ve Erol 2000'den değiştirilerek alınmıştır)

4.2.1.1. Cihanbeyli Fay Zonu

Cihanbeyli fay zonu Cihanbeyli İlçe'si ve batıda inceleme alanının dışında Sülüklü İlçe'si arasında kalan, yaklaşık 80 km uzunluğa sahip olan eğim atımlı normal faylardan oluşmaktadır (Özsayın 2007). Yapılan ölçümlere göre bu fayların doğrultuları yaklaşık K50^{o}B olup, 60-80^{o} arasında değişen eğime sahiptirler. Fayların eğim yönü güneye doğrudur (Şekil 4.36)

İnsuyu Köyü'nün yaklaşık 1 km. batısından başlayan ve İnsuyu deresinin güneyinde yaklaşık K70^{o}B doğrultulu ve 65-80^{o} arasında değişen eğime sahip ikinci bir fay sistemi mevcuttur. Bu fay Cihanbeyli'nin batısında bulunan İlhan Yayla'nın yaklaşık 1 km güneydoğusuna kadar devam etmektedir. Bu fayların eğim yönü ise kuzeye doğrudur.



Şekil 4.36. Cihanbeyli fay zonunu genel görünümü (Kayı Köyü'nün güneybatısı)

4.2.1.2. Yeniceoba Fay Zonu

Yeniceoba Fay Zonu, doğuda Damlakuyu Köyü'nden başlayıp batıda inceleme alanının dışında kalan Günyüzü Kasabasına kadar uzanan 130 km uzunluğa sahip normal faylardan oluşmaktadır (Özsayın ve Dirik 2007).

Kandil Tepe'nin kuzeyinden başlayıp Kaledağ'ın kuzeyine kadar devam eden fayın doğrultusu yaklaşık K60-65^{o}B olup kuzeye doğru eğimli normal faydır. Ayrıca Kütükuşağı Köyünün kuzeybatısında K65-70^{o}B gidişli yaklaşık 7 km uzunluğunda normal fay bulunmaktadır. Bu fayın kuzey bloğu düşmüş, güney bloğu yükselmiştir.

Yeniceoba'nın güneybatısında bulunan Kaledağ'ın doğusundan başlayıp Damlakuyu Köyü' ne kadar uzanan fayların doğrultuları yaklaşık K60^{o}B ile K30^{o}B arasında değişmekte olup 60-75^{o} arasında değişen açıya sahip normal faylardan oluşmaktadır. Fayların eğimi kuzeye doğrudur (EK-1).

4.2.1.3. Altınekin Fay Zonu

Altınekin fay zonu, ilk kez Erol (1969) tarafından "Zıvarık (Altınekin) Fay Sistemi" olarak tanımlanmıştır. Fakat bu zonun "sistem" derecesinde olmaması nedeniyle Dirik ve Erol (2003) tarafından Altınekin fay zonu olarak yeniden adlandırılmıştır. Altınekin fay zonu inceleme alanının doğusunda, doğrultuları KKD–GGB olan bir dizi faydan oluşmaktadır. Güneyde Konya ovasının batı kenarını kontrol ederek başlayan bu fay zonu KD'ya doğru, kuzeyde Kulu'ya ve hatta daha kuzeye kadar uzanmaktadır (Şekil 4.34).

İnceleme alanında bulunan tuz, potasyum ve sodyum sülfatça zengin Bolluk gölünün içinde bulunduğu çöküntü ile çevresinde gelişen traverten konileri bu fay zonunun kontrolünde gelişen önemli yapılardır (Dirik ve Erol 2000). Bu traverten konilerinin dağılım ve dizilimlerine bakıldığında bir kısmının Altınekin fay zonunun genel doğrultusuna paralel olduğu dikkati çekmektedir (EK-1).

4.2.2. Diğer Faylar

Arazi incelemeleri sırasında Çavuş Tepe ve Dede Tepe arasında KB-GD gidişli muhtemel bir fay tespit edilmiştir. Bu fay, Cihanbeyli Fay Zonu'na paralel gelişmiş olup kuzey bloğu güney bloğa göre düşmüştür (EK-1).

Bozdağ'ın kuzey etekleri, Bolluk Gölü, Küçüktütün Tepe ve Karadağ'ın doğusu boyunca uzanan KKB-GGD gidişli eğim atımlı normal fay, Bolluk Gölü'nün her iki kenarından geçen faya dik gelişmiştir. Ayrıca Bozdağ'ın doğu ve batısında K-G doğrultulu eğim atımlı normal faylar bulunmaktadır.

Diğer bir fay sistemi ise Cihanbeyli Fay Zonunu dik olarak kesen K-G doğrultulu Ahirigüzel Köyü'nden güneye doğru uzanan faydır. Bu fayın doğu bloğu düşmüş, batı bloğu yükselmiştir. Bu nedenle normal fay özelliği göstermektedir.

Tersakan Gölü'nün doğu kenarı boyunca uzanan KB-GD doğrultulu normal bir fay ile Tuz Gölü'nün batısından geçen KB-GD doğrultulu normal fay bulunmaktadır. Bu faylar Eskişehir-Sultanhanı fay sisteminin uzantısı şeklindedir. Bu fayların batı bloğu düşmüş, doğu bloğu yükselmiştir (Şekil 4.37).



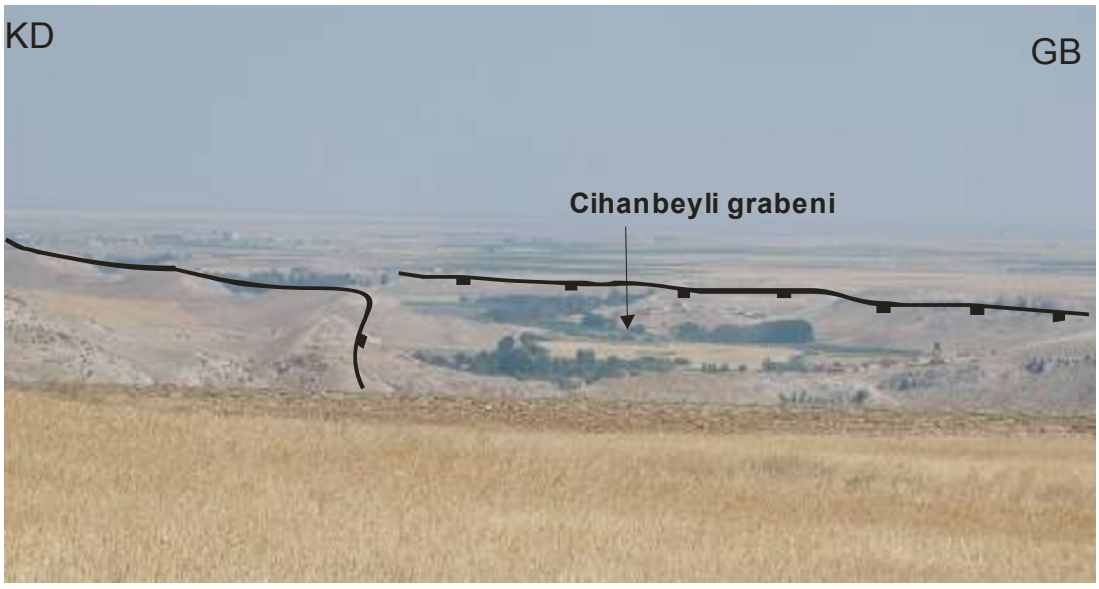
Şekil 4.37. Tersakan Gölü'nün doğu kenarındaki normal fay ve Tersakan Gölü

4.2.3. Diğer Tektonik Yapılar

4.2.3.1. Cihanbeyli Grabeni

İlhan Yayla'nın yaklaşık 2 km kuzeybatısında İnsuyu Deresi'nin kuzey ve güneyinde bulunan bu fay sistemleri, ilk kez Erol (1969) tarafından "Cihanbeyli-İnsuyu Fay Vadisi" olarak adlandırılmıştır. Bu gerilme yapıları daha sonra Koçyiğit (2005) tarafından "Cihanbeyli Grabeni" olarak tanımlanmıştır.

İnsuyu deresinin güney yamacında bulunan yaklaşık K40-50^{o}B doğrultulu ve kuzey yamacında bulunan yaklaşık K50-60^{o}B doğrultulu fayların arasında kalan graben yaklaşık 1 km genişliğinde ve 4 km uzunluğundadır (Şekil 4.38).



Şekil 4.38. Cihanbeyli grabeninin genel görüntüsü (İlhan Yayla Kuzeybatısından doğuya bakış)

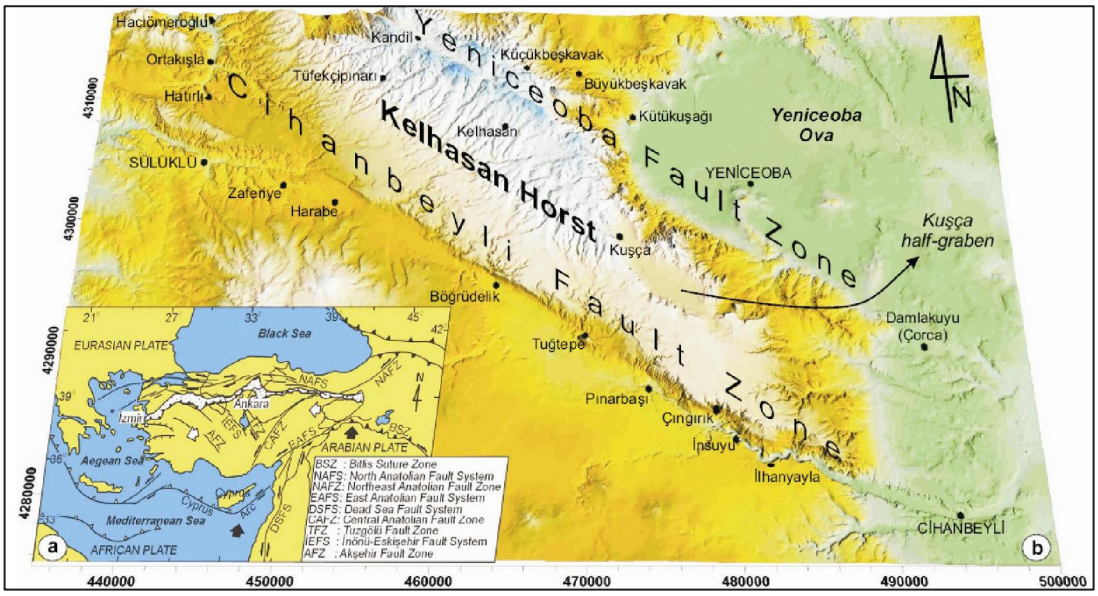
4.2.3.2. Kuşça Yarı Grabeni

Yeniceoba ilçesinin GB'sındaki Kuşça Köyü'nün güneydoğusunda, doğrultusu KB–GD olan bir çöküntü alanı bulunmaktadır. Özsayın (2007) yaptığı çalışmada bu çöküntü alanını güneyden sınırlayan dik topoğrafyanın fay kontrollü

olarak geliştiğini ve KB–GD gidişli ve kuzeydoğuya doğru düşük eğimli düzlemler sunan bu fayın, Yeniceoba fay zonunun genel gidişinden güneydoğuya doğru açılmış bir kol halinde olduğunu belirtmiştir. Ancak bu grabeni kuzeyden sınırlayan ve güneye doğru eğimli herhangi bir fay bulunamadığı için Kuşça yarı grabeni olarak isimlendirilmiştir (Şekil 4.39). Kuşça yarı grabeni yaklaşık 2 km genişliğinde ve 4 km uzunluğundadır (Özsayın ve Dirik 2007).

4.2.3.3. Kelhasan Horstu

KB–GD gidişli olan ve kuzeye eğimli fay düzlemleri sunan Yeniceoba fay zonu ile güneye eğimli fay düzlemlerine sahip Cihanbeyli fay zonları arasındaki yükselim, Özsayın ve Dirik (2005) tarafından Kelhasan horstu olarak adlandırılmıştır. Kelhasan horstu, yaklaşık 50 km uzunluğa ve 12 km genişliğe sahiptir. Kuzeydeki Yeniceoba ovasını güneyden sınırlamaktadır. İnceleme alanının dışında kalan Hacıömeroğlu Köyü'nün güneyinden başlamakta ve güneydoğuya doğru Kuşça Köyü'nün bulunduğu hat üzerinden Cihanbeyli'nin kuzeybatısına kadar devam etmektedir (Şekil 4.39).



Şekil 4.39. a-Türkiye'nin basitleştirilmiş ana Neotektonik yapısal haritası b-Kelhasan yükselimini gösteren kabartma haritası (Özsayın ve Dirik, 2007'den alınmıştır)

4.2.4. Kıvrımlar

Pliyosen yaşlı genç birimlerin oluşumundan sonra önemli bir kıvrımlanma fazı olmamıştır. Bu nedenle inceleme alanı içindeki birimler genellikle yatay ve yataya yakındır.

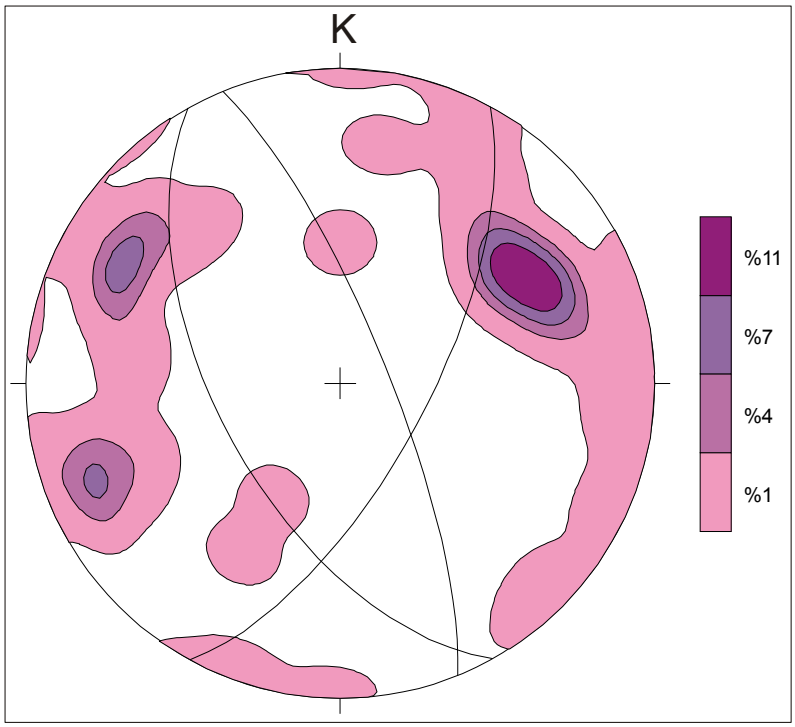
4.2.5. Kırık ve Çatlaklar

İnceleme alanındaki kayaçlar çeşitli tektonik kuvvetlerin etkisi altında çatlaklı ve kırıklı bir yapı kazanmışlardır. Bu tektonik unsurlardan ölçülen çatlak ölçümlerinin StereoNET programında gül diyagramları ve çatlak kontur diyagramları yapılmıştır.

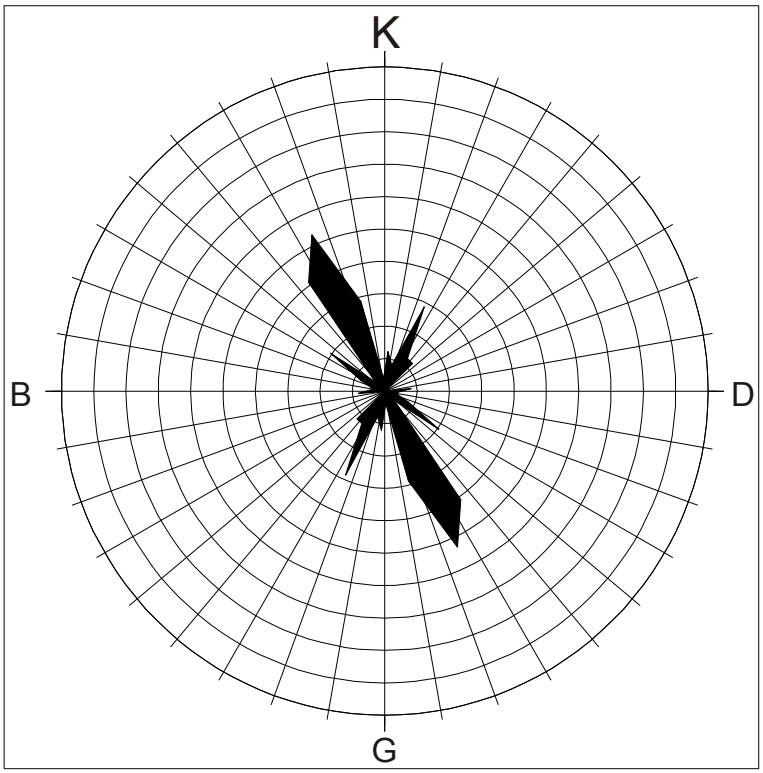
İnceleme alanında Koçyaka Formasyonu içerisinde bulunan Orta Triyas-Üst Jura yaşlı Ballıktepe Bloklarında (kristalize kireçtaşları) ölçülen 82 adet çatlak ölçümüne göre egemen çatlak konumları K30^{o}B, 67^{o}GB; K22^{o}B, 78^{o}KD ve K30^{o}D, 58^{o}GD olarak belirlenmiştir (Şekil 4.40). Hakim çatlak doğrultusu ise K15^{o}-35^{o} B olarak belirlenmiştir (Şekil 4.41).

Alt Miyosen yaşlı Karacadağ Volkanitlerine ait andezitlerden ölçülen 47 adet çatlak ölçümüne göre egemen çatlak konumları K10^{o}D, 84^{o}KB olarak belirlenmiştir (Şekil 4.42). Hakim çatlak doğrultusu ise K 0^{o}-15^{o} D olarak belirlenmiştir (Şekil 4.43). Karacadağ Volkanitlerine ait bazaltlardan ölçülen 38 adet çatlak ölçümüne göre egemen çatlak konumları K68^{o}D, 57 ^{o}GD olarak belirlenmiştir (Şekil 4.44). Hakim çatlak doğrultusu ise K 45^{o}-55^{o} D olarak belirlenmiştir (Şekil 4.45).

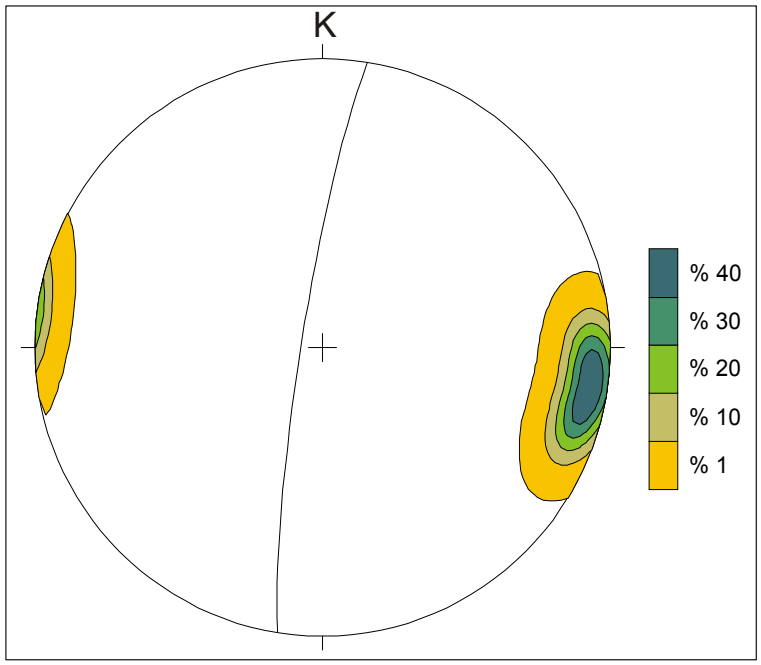
Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı Çataltepe andezitlerinde ölçülen 75 adet çatlak ölçümüne göre egemen çatlak konumları K43^{o}B, 66^{o}GB; D-B, 65^{o}G; K44^{o}D, 85^{o}GD ve K36^{o}D, 60^{o}GD olarak belirlenmiştir (Şekil 4.46). Hakim çatlak doğrultusu ise K 35^{o}-45^{o} D olarak belirlenmiştir (Şekil 4.47).



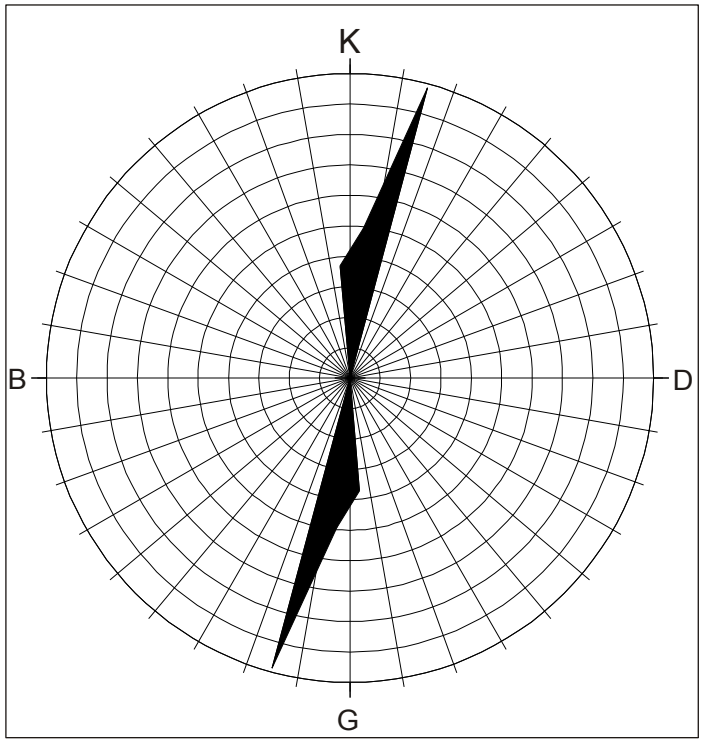
Şekil 4.40. Orta Triyas-Üst Jura yaşlı Ballıktepe Bloklarında (kristalize kireçtaşları) ölçülen 82 adet çatlak ölçümüne göre hazırlanan kontur diyagramı. Egemen çatlak konumları: K30^{o}B, 67^{o}GB; K22^{o}B, 78^{o}KD ve K30^{o}D, 58^{o}GD'dur



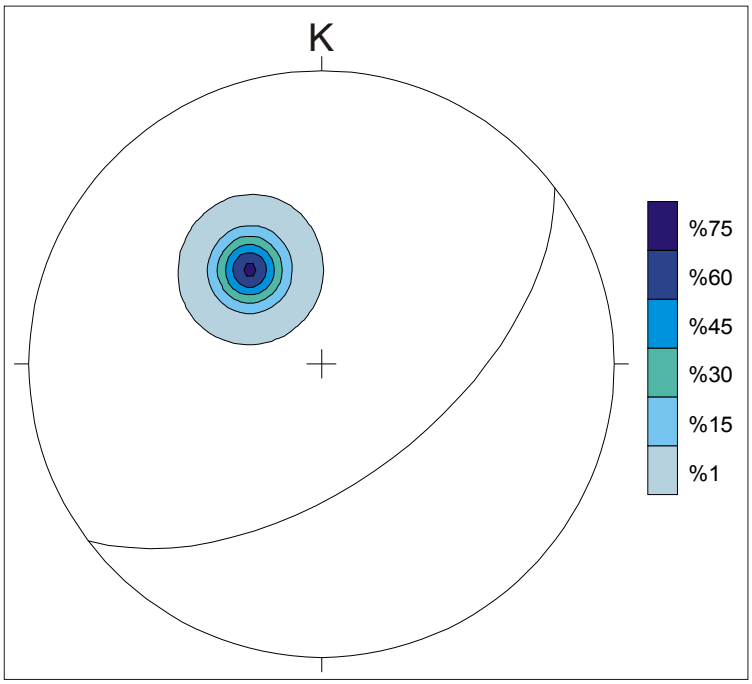
Şekil 4.41. Orta Triyas-Üst Jura yaşlı Ballıktepe Bloklarında (kristalize kireçtaşları) ölçülen 82 adet çatlak ölçümüne göre hazırlanan gül diyagramı. Hakim çatlak doğrultusu: K 15^{o}-35^{o} B'dır



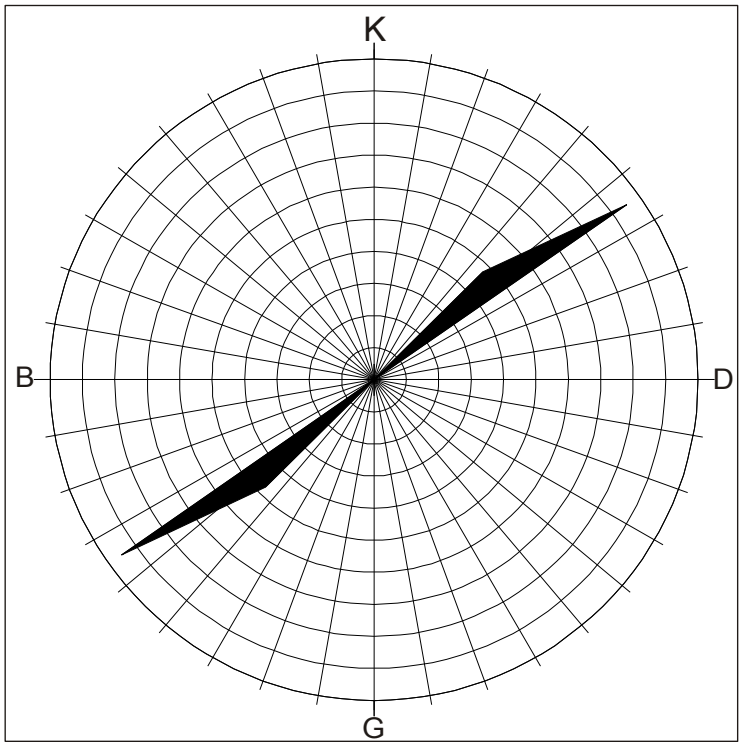
Şekil 4.42. Alt miyosen yaşlı Karacadağ Volkanitlerine ait andezitlerden ölçülen 47 adet çatlak ölçümüne göre hazırlanan kontur diyagramı. Egemen çatlak konumu: K10^{o}D, 84^{o}KB'dur



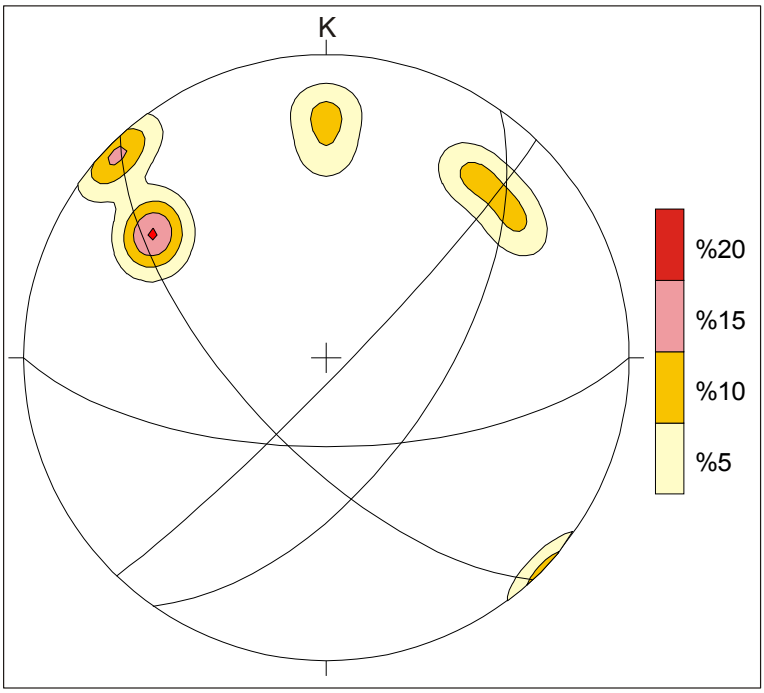
Şekil 4.43. Alt Miyosen yaşlı Karacadağ Volkanitlerine ait andezitlerden ölçülen 47 adet çatlak ölçümüne göre hazırlanan gül diyagramı. Hakim çatlak doğrultusu: K 0^{o}-15^{o} D'dur



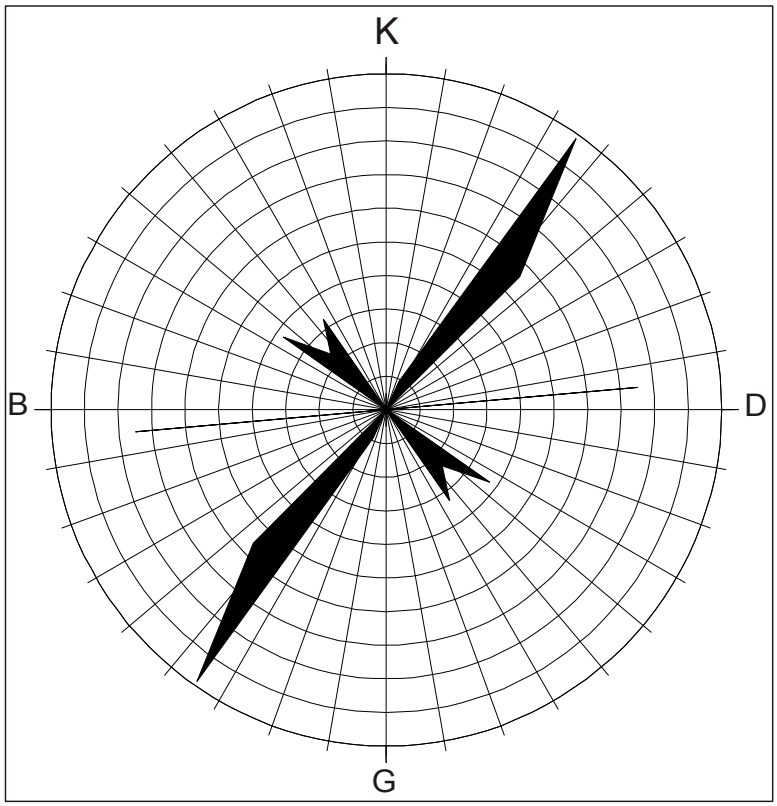
Şekil 4.44. Alt Miyosen yaşlı Karacadağ Volkanitlerine ait bazaltlardan ölçülen 38 adet çatlak ölçümüne göre hazırlanan kontur diyagramı. Egemen çatlak konumu: K68^{o}D, 57 ^{o}GD'dur



Şekil 4.45. Alt Miyosen yaşlı Karacadağ Volkanitlerine ait bazaltlardan ölçülen 38 adet çatlak ölçümüne göre hazırlanan gül diyagramı. Hakim çatlak doğrultusu: K 45^{o}-55^{o} D'dur



Şekil 4.46. Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı Çataltepe andezitlerinde ölçülen 75 adet çatlak ölçümüne göre hazırlanan kontur diyagramı. Egemen çatlak konumları: K43^{o}B, 66^{o}GB; D-B, 65^{o}G; K44^{o}D, 85^{o}GD ve K36^{o}D, 60^{o}GD'dur



Şekil 4.47. Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı Çataltepe andezitlerinde ölçülen 75 adet çatlak ölçümüne göre hazırlanan gül diyagramı. Hakim çatlak doğrultusu: K 35^{o}-45^{o} D

4.3. Jeoloji Evrimi

İnceleme alanında, İç Anadolu'nun Tuz Gölü ve batısındaki geniş düzlükleri kapsayan Mesozoyik'ten günümüze kadar oluşmuş birimler bulunmaktadır. Mesozoyik-Erken Tersiyer yaşlı birimler, Neo-Tetis'in açılıp kapanması ile ilgili bir dizi tektonik ve sedimanter olayları kapsamaktadır (Şengör ve Yılmaz 1983). Miyosen'e kadar devam eden bu olaylar yerini, Orta Miyosen ile birlikte yeni bir tektonik rejime (Neotektonik) bırakmıştır.

Geç Permiyen sonunda kara durumunda olan inceleme alanı Erken Triyas döneminde Neo-Tetis okyanusunun açılmasına bağlı olarak kuzeyden güneye doğru ilerleyen denizel bir ortam halini almıştır ve Orta Triyas'tan itibaren sınırlı platform ortamında karbonatların çökeldiği sığ bir denize dönüşmüştür. Bu sınırlı platformun kuzeyinde bu dönemde gelişen bir karmaşık horst-graben sistemi ile riftleşme sürecine girilmiş. Karbonatlar çökelimini Jura sonuna kadar sürdürmüştür (Ulu ve ark. 1994). İnceleme alanındaki Ballıktepe blokları bu dönemde çökelmiş birimlerdir. Erken Kretase döneminde bölge, kıta kenarı riftleşmesine uğrayarak giderek derinleşmeye başlamış ve bu derinleşme Maestrihtiyen sonuna kadar devam etmiştir. Bu dönemde inceleme alanının temelini oluşturan ofiyolitik melanj (Koçyaka formasyonu) ve inceleme alanında gözlenmeyen bir yay volkanizması gelişmeye başlamıştır. Maestrihtiyen sonunda inceleme alanı içine alan Tuz Gölü Havzası'nın güneyi dalma-batmaya bağlı olarak havzayı güneyden kapatmıştır. Bu kapanmaya bağlı olarak bölgedeki birimler metamorfizmaya uğramıştır (Ulu ve ark. 1994). İnceleme alanında Erken-Orta Paleosen döneminde çökel tespit edilememiş ve bu dönemde bölgenin su üzerinde ve aşınma şartlarının hüküm sürdüğü bir alan niteliğinde olduğu belirlenmiştir (Dellaloğlu ve Aksu 1984 b, Dellaloğlu 1991).

Geç Paleosen'de bölgede yeniden bir transgresyon dönemi başlamıştır. Transgresyon sonucu derinleşen deniz, Erken Eosen ve Orta Eosen başlarında bu konumunu korumuşlar ve şeyl türünde ince kırıntılardan oluşan Eskipolatlı formasyonu çökelmiştir. İnceleme alanının dışında Haymana yöresinde Geç Eosen döneminde gelişen bindirmelere bağlı olarak bölge kuzey, kuzeybatıdan kapalı bir iç deniz veya göl konumunu almıştır. Geç Eosen-Oligosen döneminde inceleme alanının güneyinde meydana gelen bindirmeler ile gelişen yükselimlere bağlı olarak

havza güneyden de kapanmıştır. Erken Miyosen döneminde inceleme alanının kuzeyinde devam eden kıvrımlanma ve kırılma sırasında meydana gelen zayıf zonlardan andezit ve bazaltlardan oluşan Karacadağ volkanitleri oluşmuştur (Dellaloğlu 1997). Bu dönemde inceleme alanının kuzeybatısında yelpaze ve göl çökellerini yansıtan Gökdağ formasyonuna ait birimler çökelmiştir. Miyosen döneminde inceleme alanının güneyinde bulunan yükseltilerden gelen bol miktardaki akarsular bu iç deniz veya göl suyunun tatlılaşmasına neden olmuştur Orta-Geç Miyosen'de ise İnsuyu formasyonuna ait birimler çökelmeye başlamıştır. Bu dönemde inceleme alanının güneyinde başlayan volkanik faaliyetler Pliyosen'e kadar devam etmiştir (Ulu ve ark. 1994). Bu volkanik faliyetlere ait birim inceleme alanındaki Karadağ'da bulunan Çataltepe andezitleri'dir.

Türkiye'de Orta Miyosen'de neotektonik döneminin başlaması ile İç Anadolu Bölgesi, Kuzey ve Doğu Anadolu transform fayları boyunca batıya doğru ilerlemeye başlamıştır. Bu ilerleme sırasında Ege Denizi içerisindeki bir engel ile karşılanmış ve bunun sonucu olarak Ege Bölgesi bir taraftan yükselmeye, bir taraftan da kuvvet dengelenmesini sağlamak için yer yer grabenleşmeye başlamıştır. Bu hareketler, İç Anadolu'yu dolayısı ile inceleme alanını etkilemiş ve inceleme alanında çöküntü (normal) fayların gelişimini sağlamıştır. Geç Miyosen'den itibaren devam eden volkanizmanın çukurlukları doldurarak oluşturduğu yükseltiler ve bölgenin genel yükselimi ile İnsuyu formasyonunda geniş kıvrımlanmalar gelişmiştir. Bu dönemde inceleme alanını da içine alan Tuz Gölü Havzası sığ ve daha geniş alan kaplamaktadır. Havzaya büyüklüğüne oranla daha az bir su gelişi buna bağlı olarak daha az çökel gelişi olmuştur. İklimin de kurak ve yarı kurak olması nedeni ile sular tuzlanmıştır (Ulu ve ark. 1994).

Geç Kuvaterner'de Tuz Gölü'nün doğu kenarını sınırlayan KB-GD gidişli Aksaray Fayı'na paralel olarak gelişen faylar nedeni ile faylar arasında kalan blokların tiltleşmesi sonucu, inceleme alanında bulunan Bolluk ve Tersakan gölleri gibi yeni göller Tuz Gölü'nden ayrılmıştır (Ulu ve ark. 1994).

Pliyo-Kuvaterner'de inceleme alanının büyük bir bölümü kara durumundadır. Bu dönemde bölgede alüvyon yelpazesi, gölsel ve evaporit çökelleri birikmiştir. Miyosen'in tatlı su fasiyesli çökelleri üzerine uyumsuz olarak gelen alüvyal çökeller, jipsli killer ve sınırlı yayılımda gölsel kireçtaşları (Cihanbeyli

formasyonu), çökelme alanı giderek doğuya (Tuz Gölü'ne) doğru giden akarsu, yelpaze deltası, göl çevresindeki evaporitik çökeller (Tuz Gölü formasyonu) bu dönemde kurak ve yarı kurak iklim koşullarının ve gölsel ortamların varlığını kanıtlamaktadır (Ulu ve ark. 1994).

4.4. İnceleme Alanının Sayısal Yükseklik Modelinden Yararlanılarak Bazı Havza Karakteristiklerinin Belirlenmesi

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yeryüzünün fiziki ve beşeri özelliklerine ait her türlü verinin gerçek koordinatları ile birlikte bir veri tabanında toplanması, bunlar üzerinde amaca yönelik çeşitli analizlerin yapılması ve sonuçların harita, tablo ve grafikler şeklinde gösterilmesi için tasarlanmış bir bilgisayar sistemidir (Fitzpatrick ve Maguire 2000, Constantin ve ark. 2001, Esri 2006, Demirci 2008).

Dünya üzerinde, birçok bölgenin yükseklik verileri eşyükselti eğrili harita biçiminde bulunmaktadır. Eşyükselti eğrili haritalar ve düzensiz noktalarda bulunan yükseklik değerleri, bilgisayar ortamında sayısal dosyalara aktarılmakta, bu dosyalar düzenli grid noktalarına dönüştürülmektedir. Grid noktaları, tüm harita yüzeyini kapsayan kare biçiminde, bulundukları koordinatın yükseklik bilgisini içeren yapılardır. Bu noktaların oluşturduğu harita grid haritası olarak ta adlandırılmaktadır. Sonuçta, sayısal yükseklik modeli olarak adlandırılan ve yükseklikliklerin yatay ve düşey yönde eşit aralıklı bir matriks noktaları şeklinde elde edilebildiği bir model oluşturulmaktadır (Venkatachalam ve ark. 2001).

Sayısal yükseklik modelleri, su kaynakları ile ilgili çalışmalarda eğim ve yön (bakı) haritalarının, vadi tabanları ve sırtlarının, drenaj ağlarının ve drenaj ağlarının büyüklük, uzunluk, eğim gibi özelliklerinin, havza ve alt havza özelliklerinin belirlenmesinde kullanılmaktadır (Garbrecht ve Martz 1999).

Coğrafi bilgi sistemi yazılımları kullanılarak, grid formatındaki yükseklik verilerinden drenaj havzaları, drenaj (suyolu) ağları belirlenebilmekte ve drenaj havzası verileri hesaplanabilmektedir. Bu hesaplamalar arasında hidrolojik analizde etkili olan alan, eğim, yön, akış uzunluğu, yüzey akış uzunlukları v.b. gibi birçok önemli değerler bulunmaktadır. Bununla birlikte, coğrafi bilgi sistemi altında çalışan standart bir hidrolojik model ile tüm bu verileri bir arada toplamak oldukça zordur (Smemoe 1997, Corwin 1996). Dağınık hidrolojik modeller havzaların fiziksel özelliklerinin konumsal değişkenliğini açık bir biçimde ortaya koymakta ve modellenen hidrolojik değişkenlerin konumsal değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır (Anonim 1987).

Bu çalışmada da, sayısal yükseklik modelleri üzerinden inceleme alanının alt havza sınırlarının belirlenmesi, bunun yanısıra su akış yönlerinin ve akış toplanma gridlerinin hesaplanması ile drenaj ağlarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

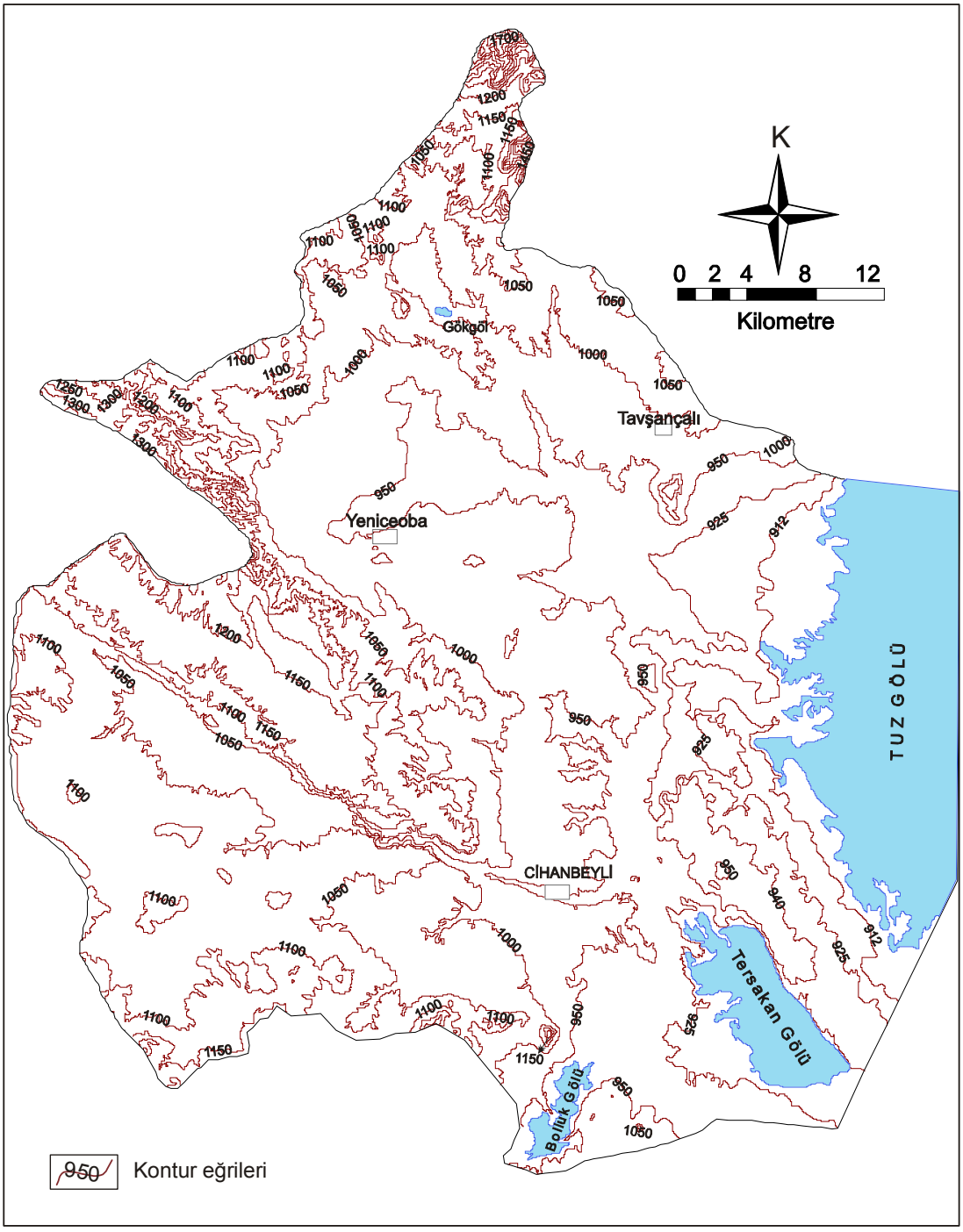
Bu çalışmada, Arc/Info, ArcMap (versiyon 9.2) Coğrafi Bilgi Sistemi yazılımından yararlanılmıştır. Çalışma yeri Cihanbeyli havzasıdır ve su toplama havzasını içeren 1/100.000 ölçekli topoğrafik harita kullanılmıştır. Havza alanı yaklaşık 3000 km^2'dir.

4.4.1. İnceleme Alanının Sayısal Yükseklik Modeli

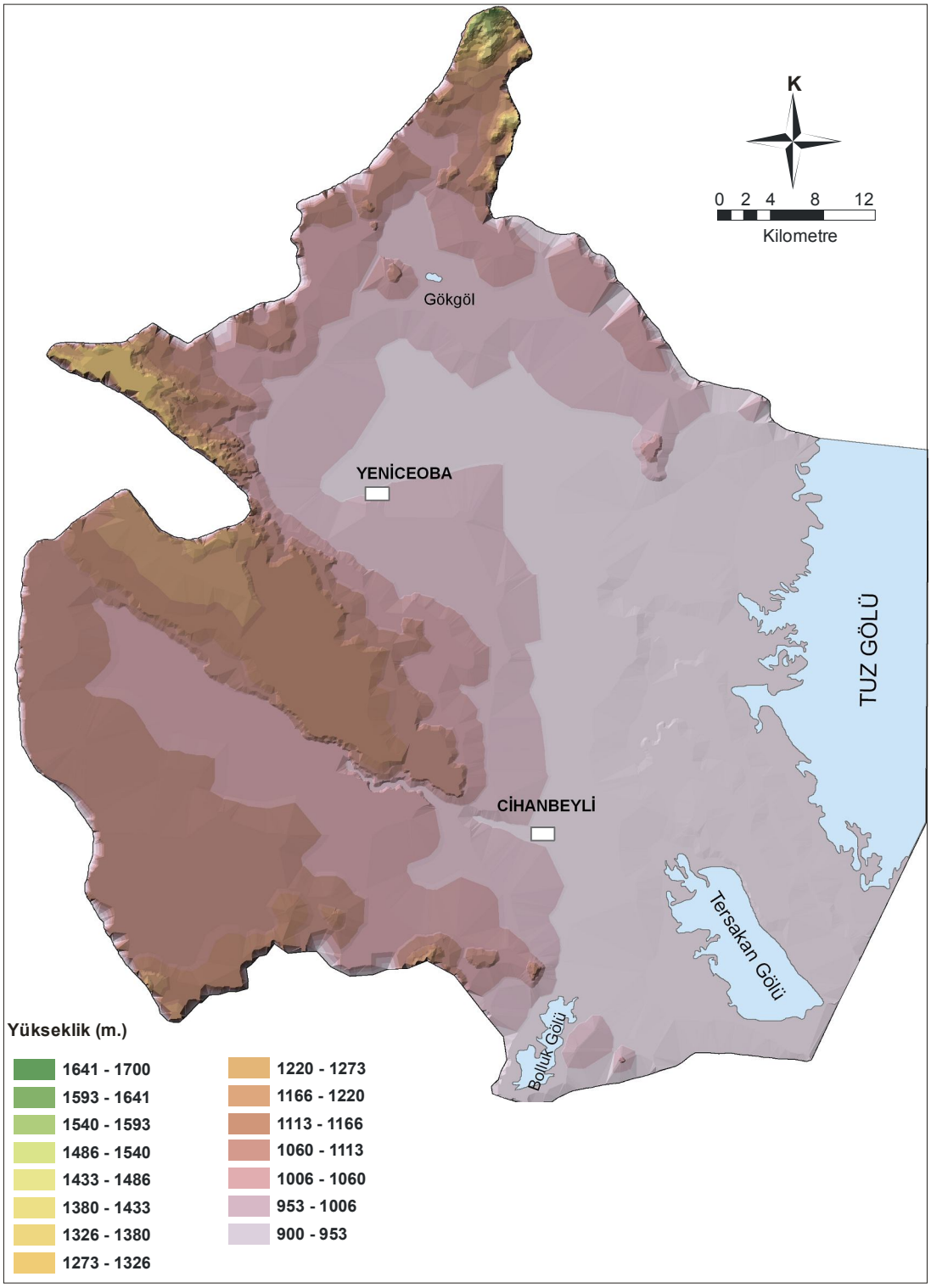
Öncelikle, havzanın 1/100.000'lik topografik haritası sayısallaştırılarak, bilgisayar ortamına aktarılmıştır (Şekil 4.48). Coğrafi bilgi sistemi ortamında her bir konturun yükseklik bilgileri tanımlanmış ve bu değerlere göre arazinin üç boyutlu modellemesi elde edilmiştir. Şekil 4.49'da görüldüğü gibi inceleme alanı fazla engebeli olmayıp geneli 925-1060 m arasında yükseltiye sahiptir.

4.4.2. Su Akış Yönlerinin Belirlenmesi

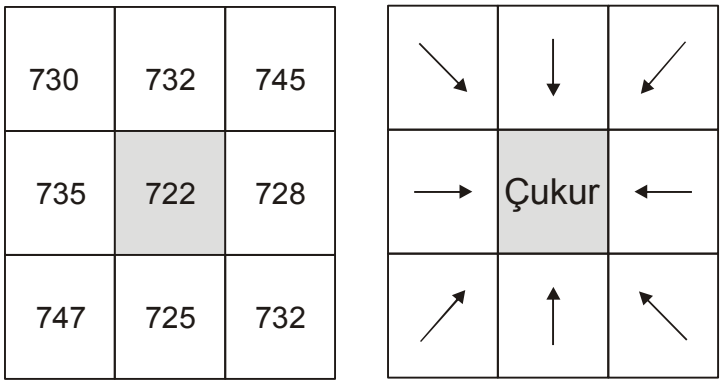
Akış yönleri, sayısal yükseklik modeline bağlı olarak hidrolojide su yollarının ve sediment taşınım hareketlerinin hesaplanmasında kullanılmaktadır (Tarboton 1997). Bu çalışmada da inceleme alanı içerisinde farklı yönlere olacak akışı ortaya çıkarmak amaçlanmıştır. Fakat sayısal yükseklik modeli ile akış yönleri hesaplanmalarında çukur ve düz alanlar ile akışı engelleyen yapıların bulunması durumlarında drenaj ağının belirlenmesinde bazı zorluklar ortaya çıkabilir (Garbrecht ve Martz 1999). Bu sorunlar genellikle, sayısal yükseklik modeli üretilirken oluşan enterpolasyon hataları ve veri karmaşıklığından ortaya çıkmaktadır. Bu çukur ve çöküntü alanlara ilişkin grid hücre değerleri tüm komşu hücre değerlerinden daha düşüktür ve bu durumda herhangi bir komşu hücreye doğru akış engellenmektedir (Jenson ve Domingue 1988, Venkatachalam ve ark. 2001). Şekil 4.50'de çevresindeki tüm komşu gridlerden düşük bir değere sahip bir grid hücresi örneği verilmiştir. Şekilde de görüldüğü gibi, tüm akışlar ortadaki düşük yükseklik değerine sahip gride doğru olmaktadır.



Şekil 4.48. İnceleme alanının topografik haritası



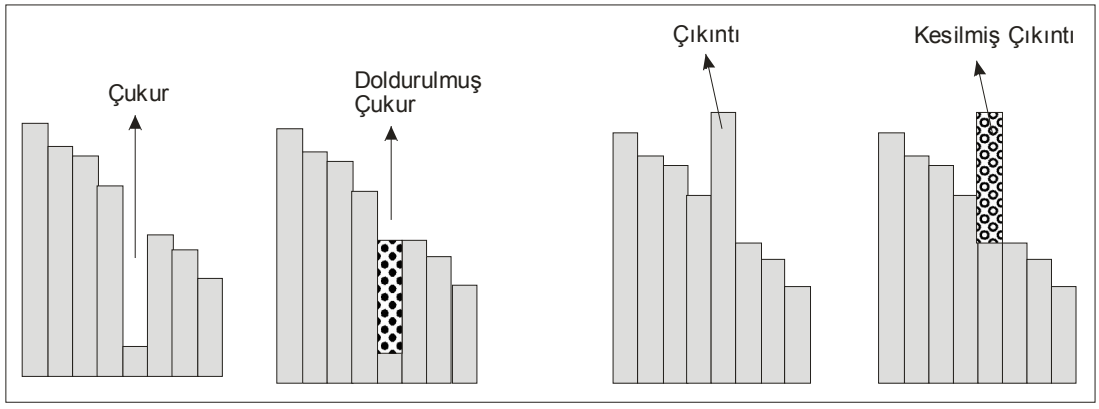
Şekil 4.49. İnceleme alanının sayısal yükseklik modeli ile oluşturulan üç boyutlu topoğrafik haritası



Şekil 4.50. Çukura doğru akış yönlerinin gösterimi

Sayısal yükseklik modeli üzerinde akış yönleri hesaplanmadan önce bu değerlerin düzeltilmesi gerekmektedir. Aksi durumda, alt havzalar belirlenirken bir çukur etrafındaki gridler, belirlenen alt havzaya ilişkin olmayacak, kendi içinde kapalı alanlar oluşturacaktır (Smemoe 1997). En yaygın uygulama ise, drenaj ağları tanımlanmadan önce hatalı çukur ve pik değere sahip hücre değerlerinin düzeltilmesidir.

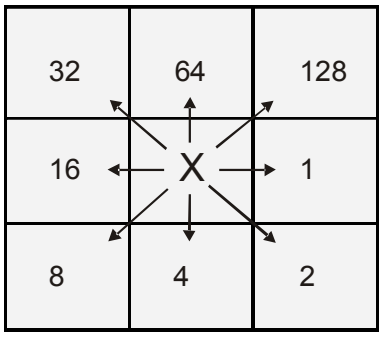
Sayısal yükseklik modeli üzerinde var olan çukur ve pik noktalarının ortadan kaldırılması Şekil 4.51' deki örnekle gösterilmiştir. Akışı engelleyen çukur noktalar doldurulurken, akışa engel olan ve doğal olmayan yükseltiler kaldırılmaktadır. İnceleme alanına uygulanan model üzerinde gerekli düzeltmeler yapıldıktan sonra havza analizlerine geçilmiştir.



Şekil 4.51. Sayısal yükseklik modeli üzerinde var olan çukur ve pik noktalarının ortadan kaldırılması (Kol ve Küpcü 2008'den değiştirilerek alınmıştır)

Sayısal yükseklik modeli üzerinde her bir grid hücresinin sahip olduğu bir yükseklik değeri bulunmaktadır. Hücrede akış, yükseklik değeri kendi değerinden düşük olan komşu hücrelerden sadece birine doğru olabilmektedir. Her bir hücre için 8 olası yön vardır ve bu yönler aşağı, yukarı, sağa, sola, yukarı sağ, yukarı sol, aşağı sağ ve aşağı sol olmak üzere belirlenmiştir.

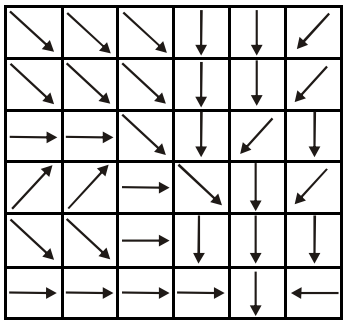
Şekil 4.52 a'da X hücresinden olası akış yönleri ve bu akış yönlerine göre, yeni oluşacak su akış yönü modelinde X hücresinin alacağı değerler verilmiştir. Bu değerler, çalışılan yazılım da akış yönünü ifade eden değerlerdir. Buna göre X hücresinde akış, hücrenin sağına doğru ise, X hücresinin akış yönü değeri 1, soluna doğru ise 16 ve aşağı doğru ise 4 olacaktır (Jenson ve Domingue 1988, Anonim 1992a, 1992b). Sayısal yükseklik modeli üzerindeki her bir hücreye ilişkin olası su akış yönleri hesaplanarak, su akış yönleri modeli oluşturulmaktadır (Şekil 4.52 b ve 4.52 c).



a-Akış yönleri ve akış yönlerine göre hücre değerleri

78	72	72	71	58	49
74	67	56	49	46	50
69	53	44	37	38	48
64	58	55	22	31	24
68	61	47	21	16	19
74	53	34	12	11	12

b- Sayısal yükseklik modeli

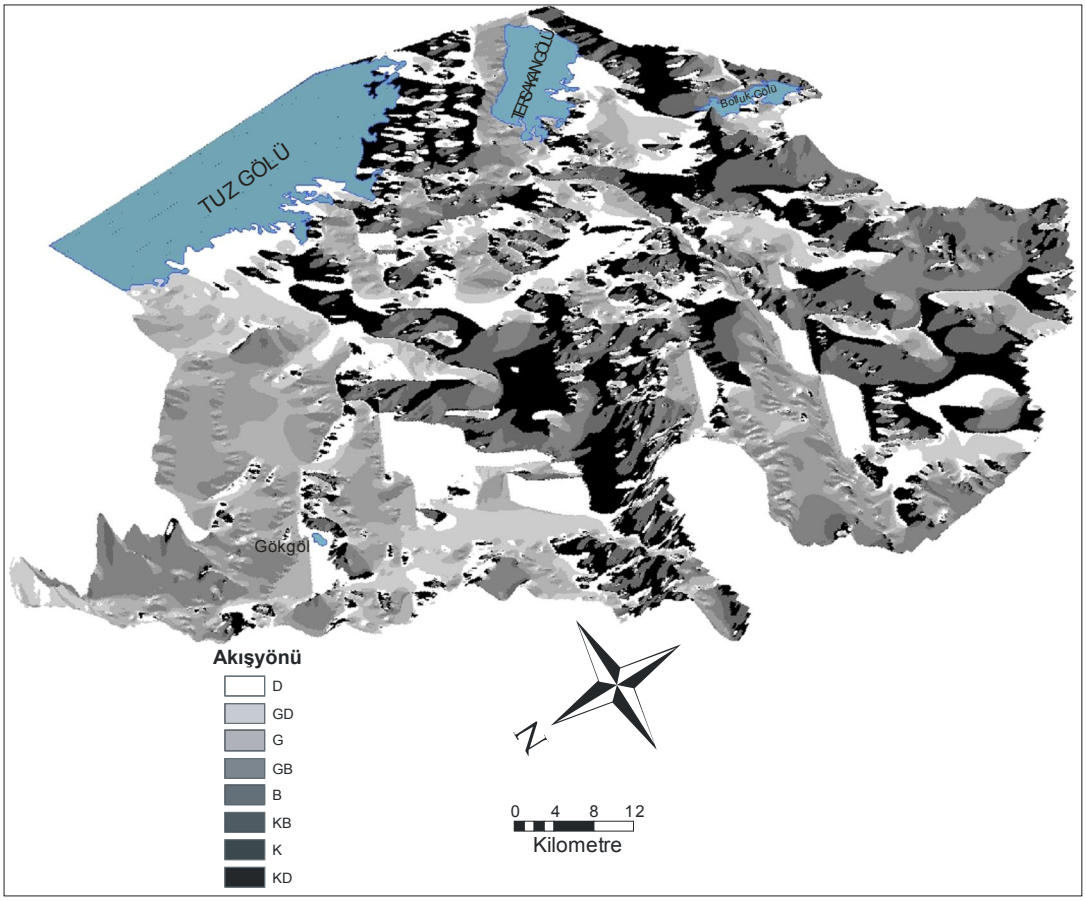


2	2	2	4	4	8
2	2	2	4	4	8
1	1	2	4	8	4
128	128	1	2	4	8
2	2	1	4	4	4
1	1	1	1	4	16

c-Akış yönleri ve akış yönleri modeli

Şekil 4.52. Su akış yönleri modelinin oluşturulma aşamaları

Sayısal yükseklik modeli esas alınarak inceleme alanının su akış yönleri modeli oluşturulmuştur. Şekil 4.53'deki akış yönü haritasında görünen her bir renk kodu farklı yönlere olan akışları göstermektedir ve inceleme alanında yüzeysel akış genelde doğu-güneydoğu (1 ve 2 yönündedir) yönünde toplanmaktadır.



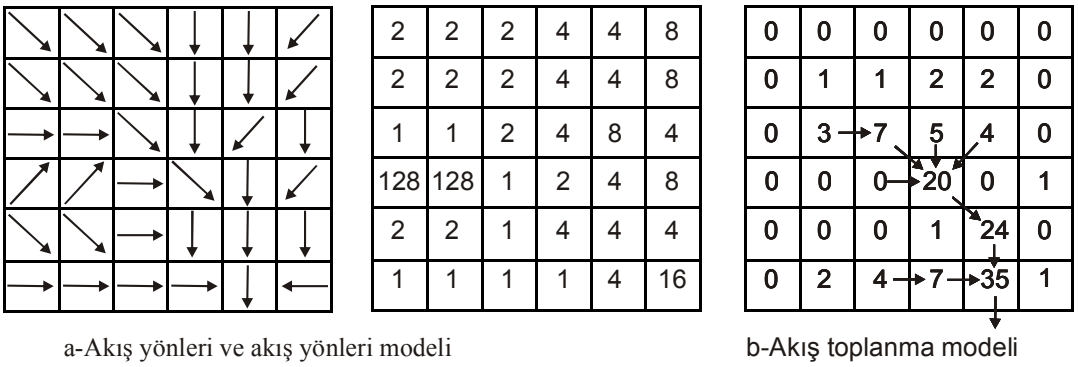
Şekil 4.53. İnceleme alanının üç boyutlu akış yönü haritası

4.4.3. Akış Toplanma Alanının Belirlenmesi

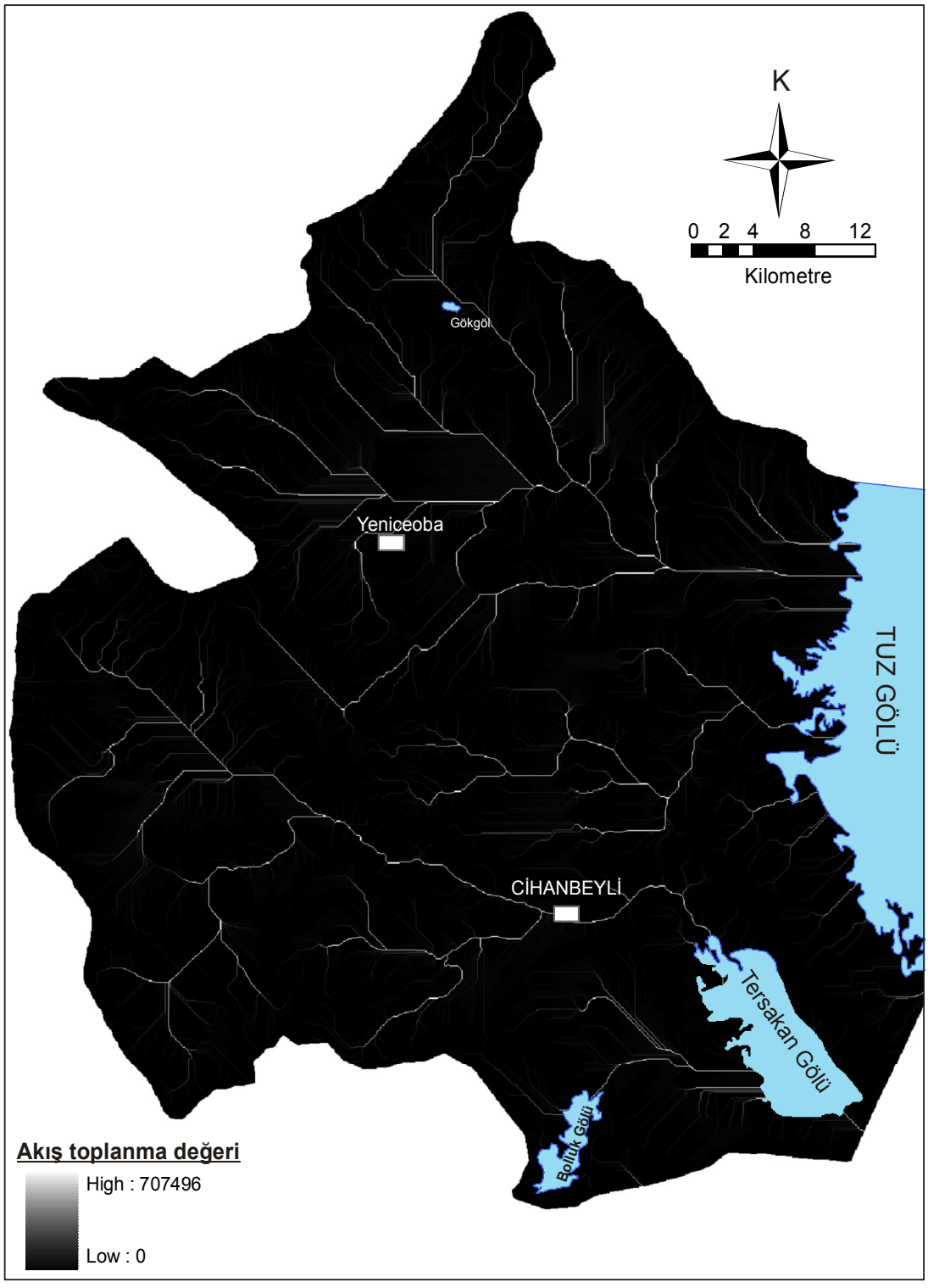
Akış yönleri modeli kullanılarak akış toplanma modeli oluşturulmaktadır. Akış yönleri modeli üzerinde, hücrelerin akış yönüne göre, her bir hücreye gelen akış miktarı, birikimli olarak toplanmakta ve akış toplanma gridleri elde edilmektedir (Jenson ve Domingue 1988). Şekil 4.52'de görüldüğü gibi sayısal yükseklik modelinden su akış yönleri belirlenmiş ve su akış yönleri modeli oluşturulmuştur.

Su akış yönleri modelinde sağ üst köşeden başlanarak, hücre hücre akış toplanma değerleri hesaplanmıştır. Bir hücreye, herhangi bir hücreden akış olmuyorsa alacağı değer sıfır olmaktadır. Şekil 4.54 a ve 4.54 b'nin 1. satır 1. sütunda (1,1) bulunan hücreye dışarıdan bir akış olmadığından aldığı değer 0'dır. Ancak (2,2) hücresine, (1,1) hücresinden akış olduğundan aldığı değer 1'dir. Diğer bir hücre (3,2) ye bakıldığında ise, bu hücreye (2,1), (3,1) ve (4,1) hücrelerinden üç yönden akış olduğu için alacağı değer 3'tür. Alt hücrelere doğru gidildikçe akış değerleri birikimli olarak toplanır. Örneğin (3,3) hücresi, (2,2) hücresinden 2 birim, (3,2) ve (4,2) hücrelerinden ise bu hücreye sırasıyla toplanan 4 ve 1 birimlik akışları da aldığından toplam 7 birimlik bir akışa sahiptir. Bu şekilde her bir hücre verileri değerlendirilerek akış toplanma modeli oluşturulmaktadır. Şekilde en fazla birikimli akışın toplandığı nokta ise 35 birim ile (6,5) hücresidir.

Oluşturulan su akış yönleri modeline göre inceleme alanının akış toplanma modeli oluşturulmuştur (Şekil 4.55). Şekilde görüldüğü gibi birikimli olarak hesaplanan grid değerlerine göre her bir grid hücresi 0'dan başlayıp 707496'ya kadar çıkan değerler arasında bir değer almıştır. Siyah ile gösterilen alanlardaki grid değeri sıfır iken, grid değeri büyüdükçe hücreler daha açık renkle gösterilmiştir. En yüksek gridin sahip olduğu değer ise 707496 olup bu noktalar en fazla akışın toplandığı noktalardır.



Şekil 4.54. Akış toplanma modelinin oluşturulma aşamaları



Şekil 4.55. İnceleme alanının akış ağı haritası

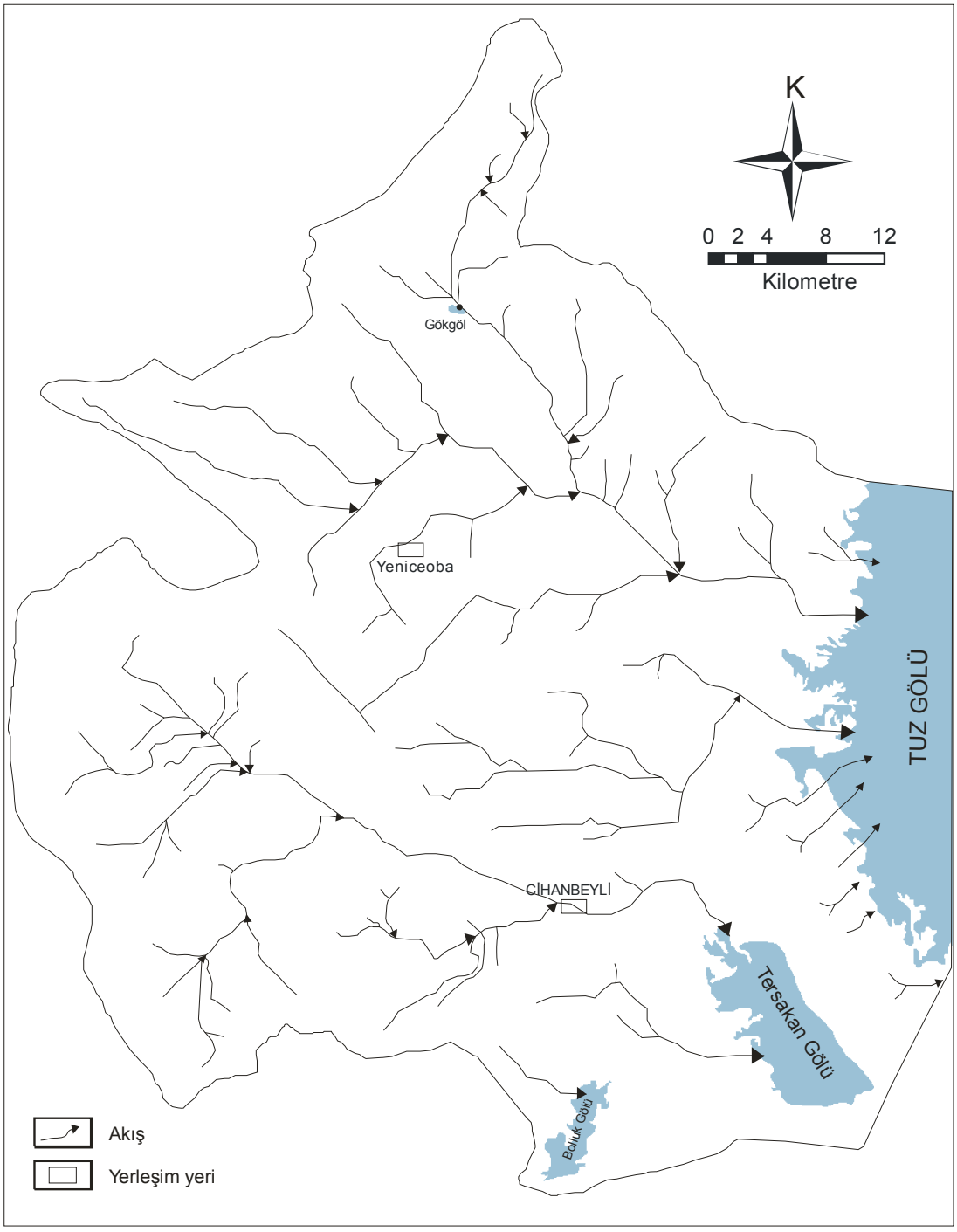
4.4.4. Drenaj Ağlarının Belirlenmesi

Drenaj ağları, akış toplanma modeli üzerinden oluşturulmaktadır. Bu model üzerinde yapılan çalışmanın hassaslığı ve büyüklüğü göz önüne alınarak ve akış toplanma modelinde elde edilen en büyük hücre değerine göre, bir alt sınır değeri belirlenmiştir. Bu sınır değeri üzerindeki tüm hücreler drenaj ağının bir parçası olarak tanımlanmıştır. Drenaj ağları belirlenirken 0 değerine sahip hücreler dışındaki tüm hücreler drenaj ağının bir parçasını temsil etmektedir. Drenaj ağında, su akış yönleri ve akış toplanma modeli göz önüne alınarak ana su yolu ve yan kolları oluşturulmaktadır. Akış toplanma modeli üzerinde su akış yönü küçük değerli hücreden büyük değerli hücreye doğrudur (Venkatachalam ve ark. 2001).

Elde edilen bu akış toplanma modeli üzerinde inceleme alanının drenaj ağı haritası çizilmiştir (Şekil 4.56). Elde edilen bu harita mevcut akarsu yollarını ve olası drenaj ağı yollarını göstermektedir. Buna göre inceleme alanında 2 büyük drenej ağı saptanmıştır. Bunlardan birincisi Cihanbeyli İlçesi'nin batısında kuzeybatı-güneydoğu yönlü, ikincisi Yeniceoba İlçesi'nin kuzeyinde kuzeybatı-güneydoğu yönlü olup en büyük akış bu drenaj ağlarında toplanmaktadır.

4.4.5. Alt Havza Sınırlarının Belirlenmesi

Birçok hidrolojik çalışmada, havzaların önemli akarsular ile tanımlı alt havzalara bölünmesi gerekebilir. Alt havzalar da birer havzadır ancak büyük havzaların parçalarını oluştururlar. Fakat alt havza sınırları belirlenirken değişik faktörlerden kaynaklanan hatalar olmaktadır. Bu hataları gidermek için sayısal yükseklik modeli yardımı ile oluşturulan alt havza sınırları belirlenirken, havza sınırlarından farklı olarak akış yönleri modelinin yanında, modellenen drenaj ağı da kullanılır. Drenaj ağını oluşturan her bir kol kesişim noktalarından parçalara ayrılmakta ve her bir kolun akış alanları bulunmaktadır. Bu alanların her biri, alt havzaları oluşturmaktadır (Turcotte ve ark. 2001).



Şekil 4.56. İnceleme alanının drenaj ağı haritası

İnceleme alanına ait alt havzaları saptamak için akış yönleri modeli ve modellenen drenaj ağı kullanılmıştır. Şekil 4.57'deki haritada görüleceği gibi drenaj ağını oluşturan her bir kol kesişim noktalarından parçalara ayrılmakta ve her bir kolun akış alanları bulunmaktadır. Bu alanların her biri, alt havzaları oluşturmaktadır (Şekil 4.57).

Şekil 4.58'deki haritadan da görüldüğü üzere CBS ile bölgenin akış ağı haritası ortaya konmuştur. Akış ağı haritasında mevcut akarsu yolları olduğu gibi görülmeyen akış sistemleri de gösterilmiş olmaktadır. Veriler incelendiği zaman alt havza ve akış ağı haritasını çakıştırdığımızda açıkça gözlenmektedir ki her akış ağı kendi havzası içerisine bulunmaktadır. Bu da verilerin doğruluğunu açıkça göstermektedir (Şekil 4.58).

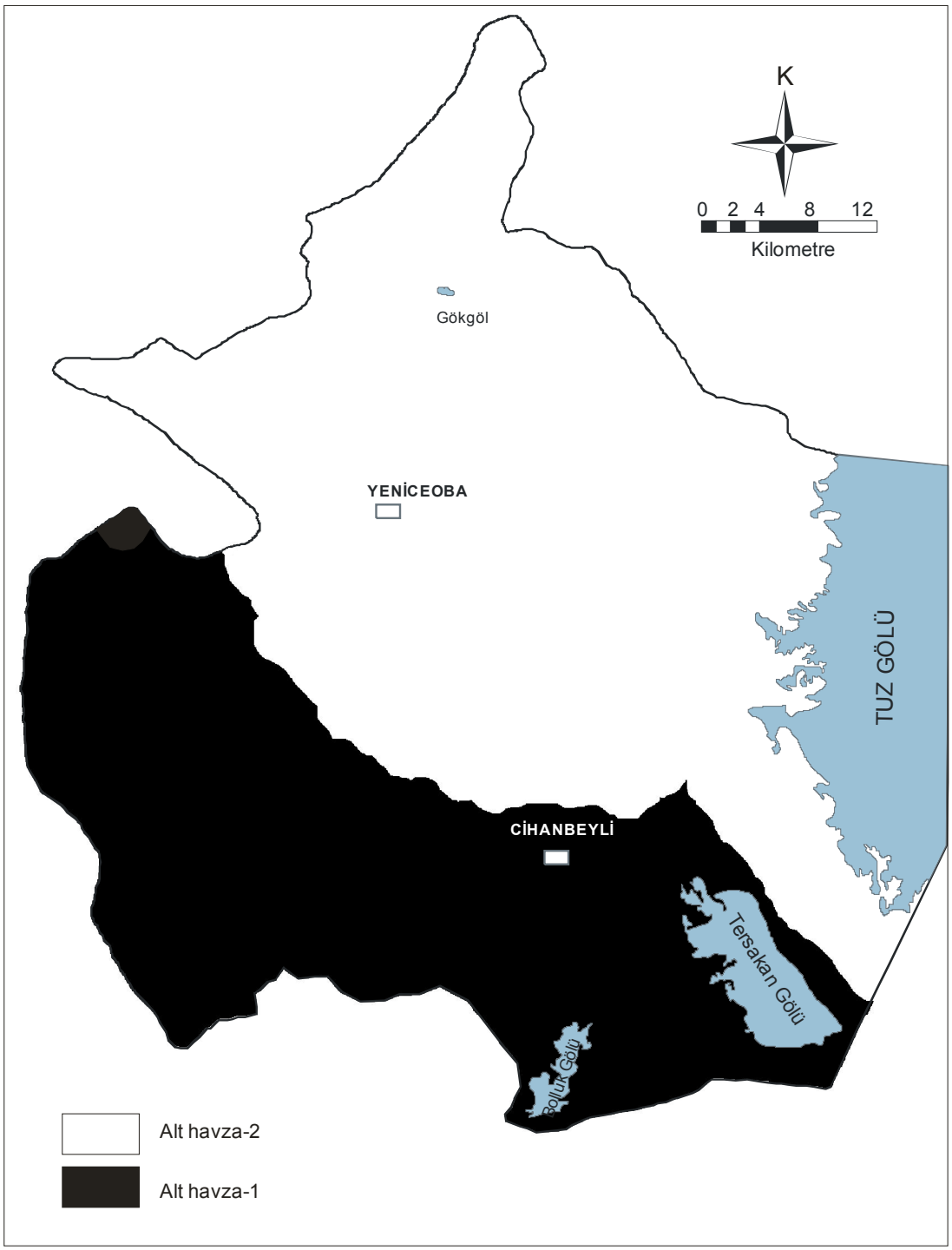
4.4.6. Sonuçlar

Yapılan bu çalışma ile inceleme alanının sayısal yükseklik modeli oluşturulmuştur. Bu model üzerinden bölgenin su akış yönleri ve bu yönlere göre drenaj haritası çıkarılmıştır. Bu verilere göre;

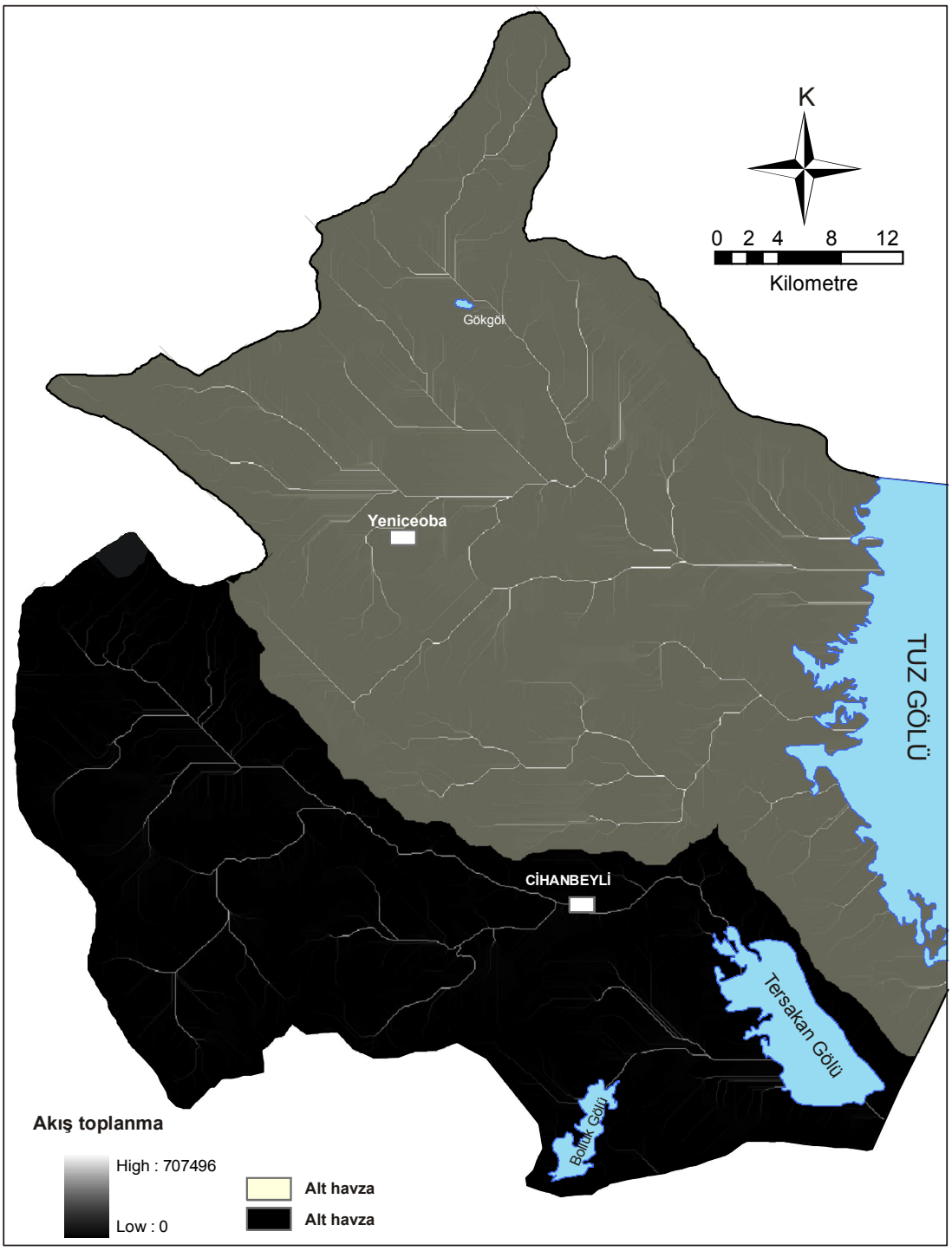
Alt havza da ve üst havzada en büyük akış doğu–batı yönünde toplanmaktadır ve akış doğu-güneydoğuya doğrudur.

İnceleme alanının doğusunun fazla engebeye sahip olmamasından dolayı alt havza sınırlarının belirlenmesinde daha önceden yaşanan zorluklar bu çalışma ile giderilmiş olup iki alt havza daha sağlıklı bir biçimde sınırlandırılmıştır.

Ayrıca alana ait sayısal verilerin hassas ve doğru bir şekilde dijital ortama aktarılması ile inceleme alanına ait akış yönleri ve drenaj ağı gösterimlerinin daha hızlı ve daha doğru olduğu görülmüştür.



Şekil 4.57. İnceleme alanının alt havza haritası (Her bir renk bir alt havzayı temsil etmektedir)



Şekil 4.58. İnceleme alanının alt havza sınırları ve akış ağı haritası

4.5. Jeofizik Çalışmaları

Çalışma sırasında inceleme alanında jeofizik etüd yaptırılamadığı için yapılan jeolojik çalışmaları desteklemesi açısından DSİ tarafından 1967 yılında bölgedeki birimlerin derinlik ve yayılımı ile yeraltısuyu imkanlarını araştırmak amacı ile yapmış olduğu jeofizik rezistivite etüd raporundaki bulgular alınmıştır.

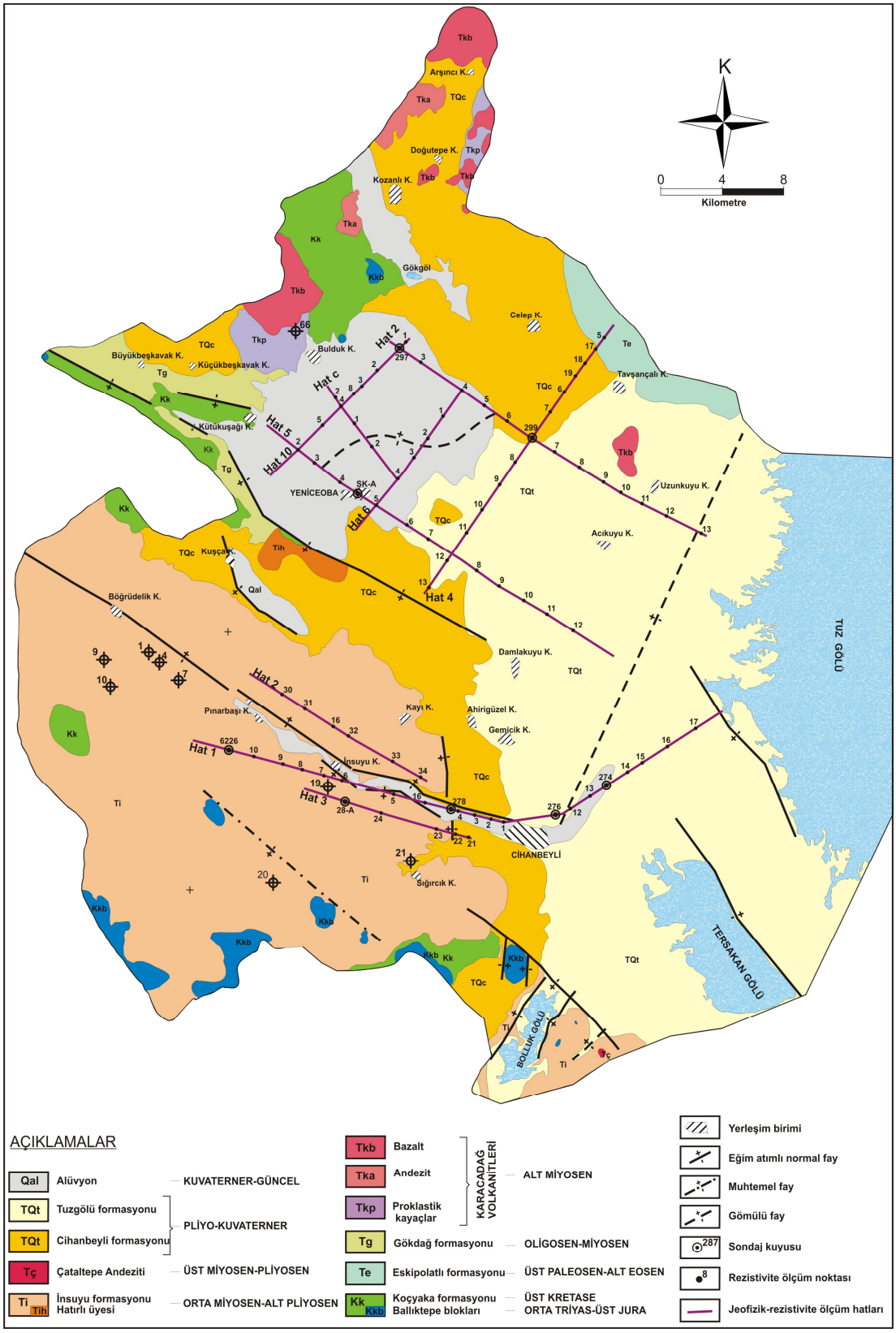
Elektisel rezistivite metodu, tek başına hidrojeolojik çalışmalarda kendine has özellikleri olan jeolojik tabakaları belirlemek için kullanılan çok iyi bir yöntemdir. Bu metod yeraltısuyu hidroloji araştırmalarında en çok kullanılan yöntemlerden de biridir. Çünkü bir kayacın rezistivitesi onun su içeriğine ve akifer olma özelliği açısından çok hassastır. Bu yöntem ile genellikle bir jeolojik bölümdeki farklı stratigrafik birimler ayırtlanabilir (Apostolopoulos ve ark. 1999).

İnceleme alanında DSİ tarafından 1967 yılında yapılan çalışmada Mc.Phar marka İnduoed Polarization (I.P.) cihazı kullanılmıştır. Rezistivite ölçüleri 400 m. derinliğe kadar yapılmıştır. Cihanbeyli batısında bulunan İnsuyu kireçtaşlarının yayılımını ve Yeniceoba Pliyosen yaşlı akiferleri belirlemek için 500-1000 m. aralıklarla karelaj sistemi uygulanmıştır. Elde edilen spesifik rezistivite değerleri yardımı ile tabaka kalınlıkları belirlenmeye çalışılmıştır (DSİ 1967).

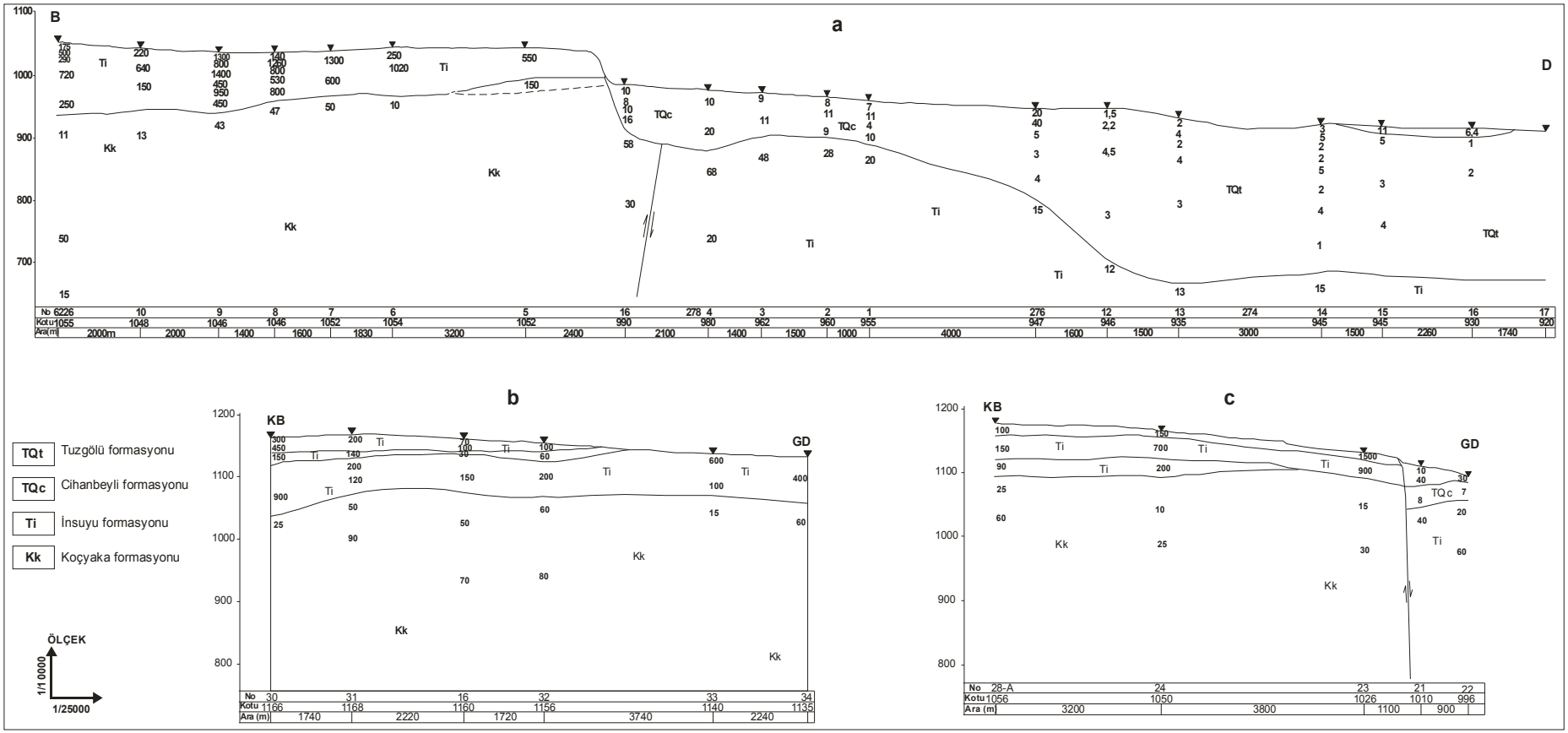
Bölge iki alt bölümde incelenmiştir. Bunlardan ilki İnsuyu deresi boyunca ve Cihanbeyli'den geçen D-B hattıdır. İkincisi ise Yeniceoba ovasıdır (Şekil 4.59).

İnsuyu deresinin her iki yamacında İnsuyu formasyonuna ait kireçtaşları bulunmaktadır. İnsuyu formasyonuna ait bu kireçtaşlarının rezistivite değerleri 100-400 ohm-m.' dir. Üstte 1 metrelik toprak örtüden sonra kireçtaşlarına girilmektedir. Kalınlıkları 80-100 metre arasındadır. Kireçtaşı seviyelerinin arasındaki daha düşük rezistiviteli kısımlar marnlı (80-150 ohm-m.) seviyeleri göstermektedir. En düşük seviyeler ise killi seviyeleri göstermektedir (15 ohm-m.) (DSİ 1967).

Cihanbeyli Hat 3 rezistivite ölçümü üzerinde açılan 28-A nolu kuyuda 80 metreden sonra Hat 1'de gösterilen 6226 nolu sondaj kuyusunda 100 metreden sonra ofiyolitlere inilmiştir (Şekil 4.64). Ofiyolitik birimden oluşan Koçyaka formasyonunun rezistivite değerleri 30-80 ohm-metre arasında değişmektedir.



Şekil 4.59. Jeofizik-rezistivite ölçüm hatları ve noktaları (Jeofizik rezistivite ölçüm hatları DSİ 1967'den alınmıştır).

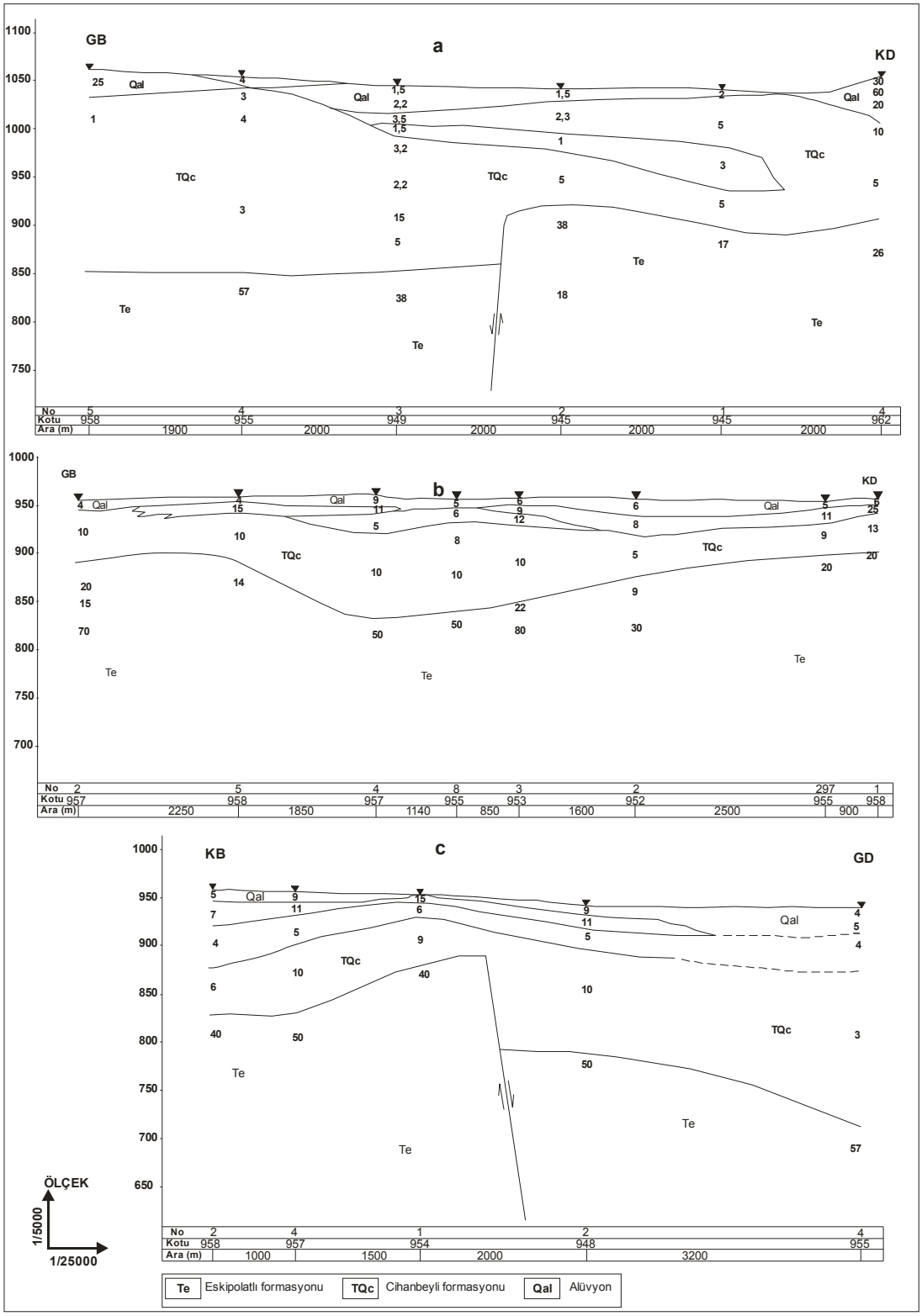


Şekil 4.60. Jeofizik-Rezistivite ölçüm kesiti. a-Cihanbeyli-Hat I; b- Cihanbeyli Hat 2; c-Cihanbeyli Hat 3 (DSİ 1967, Jeofizik Rezistivite Etüd Raporundan alınmıştır)

İnsuyu formasyonuna ait kireçtaşları 16 nolu (Hat 1) ve 22 nolu (Hat 3) ölçü noktasından sonra yüzeyde devam etmemektedir. Bu bölgeden geçen K-G yönlü bir fay ile alta dalmıştır. Bu noktadan sonra yüzeyde düşük rezistivite değerine sahip (1-15 ohm-metre) konglomeralar ile killi ve jipsli seviyeler yüzeylemektedir. Cihanbeyli Hat 1 kesitinde gösterilen 278 nolu sondaj kuyusunda 100 metreden sonra İnsuyu formasyonuna ait kireçtaşları ve marnlara inilmiştir (Şekil 4.64). Kalınlıkları yaklaşık 150-250 metre arasında olup Tuz Gölü'ne doğru yayılımları devam etmektedir. Cihanbeyli ve Tuzgölü formasyonlarına ait bu killi, kumlu ve jipsli seviyelerin altında Hat 1'de gösterilen Cihanbeyli'nin doğusunda bulunan 276 nolu sondaj kuyusunda yaklaşık 135 metreden sonra ve 274 nolu sondaj kuyusunda yaklaşık 250 metreden sonra İnsuyu formasyonuna ait kireçtaşları ve marnlar bulunmaktadır (Şekil 4.60 a,b,c). Rezistivite değerleri yaklaşık 15-20 ohm-metre'dir. Fakat doğuya doğru gidildikçe tuzluluğun artmasından dolayı bu seviyenin tespiti mümkün olmamıştır (DSİ 1967).

Bölgede yapılan jeolojik çalışmalar sırasında Cihanbeyli'nin batısında bulunan K-G yönlü fay tespit edilmiştir. Bu fayın batısında İnsuyu deresinin her iki yamacında İnsuyu formasyonuna ait kireçtaşları bulunmaktadır, doğusunda ise Cihanbeyli formasyonuna ait killi kumlu ve çoğunlukla konglomeratik seviyeler bulunmaktadır. Arazinin doğusuna doğru gidildikçe konglomeratik seviyeler yerini killi ve jipsli seviyelere bırakmıştır. Bu bağlamda arazi gözlemleri ile DSİ (1967)'den alınan jeofizik verileri örtüşmektedir.

Yeniceoba ovasında üstte alüvyon bulunmaktadır. Ovanın ortalarına doğru kalınlığı artan alüvyon en fazla 30 metre kalınlığa sahiptir (Şekil 4.61.a,b,c, Şekil 4.62 a,b). Alüvyon altında Cihanbeyli ve Tuzgölü formasyonlarına ait jips içeren killi seviyeler ve gevşek tutturulmuş kumtaşı ve konglomeralar bulunmaktadır. Bu birimlerin tavan derinliği 3-30 metre arasında değişmekte olup, tabanına 50-80 metreler arasında ulaşılmaktadır. Kalınlıkları 30-45 metre arasında değişen bu birimlerin rezistivite değerleri 1-15 ohm-metre arasındadır. Rezistivitesi 1-5ohm-m. olan seviyeler tuzludur, rezistivitesi 10-15 ohm-m. arasında olan seviyeler ise düşük permeabiliteli veya yüksek permeabiliteye sahip olduğundan dolayı muhtemel tuzlu olabilecek seviyelerdir (DSİ 1967).



Şekil 4.61. Jeofizik-Rezistivite ölçüm kesiti. (a-Yeniceoba Hat 6; b-Yeniceoba Hat 10; c-Yeniceoba Hat c) (DSİ 1967, Jeofizik Rezistivite Etüd Raporundan alınmıştır)

Bu birimlerin altında rezistivitesi ortalama 20-80 ohm-metre arasında olan Eskipolatlı formasyonu bulunmaktadır. Rezistivitesi 20-40 ohm-m. arasında olan seviyeler kiltaşı, rezistivitesi 40-80 ohm-m. arasında olan seviyeler ise kumtaşı ve konglomera seviyeleridir. Bu birimin altında ise Koçyaka formasyonuna ait ofiyolitik seri bulunmaktadır (DSİ, 1967b).

Yeniceoba ovasında yapılan rezistivite ölçümlerinde, Yeniceoba'nın batısından geçen ve doğuya doğru uzanan bir gömülü fay bulunmaktadır. Bu belirlenen fayın alüvyon ile Cihanbeyli ve Tuzgölü formasyonlarına kadar yüzeylemediği görülmektedir (Şekil 4.61. a,c; Şekil 4.62. a,b). Gömülü fayın doğusunda Eskipolatlı formasyonu derinleşmiştir ve üzerine Cihanbeyli ve Tuzgölü formasyonuna ait çok kalın, çok düşük rezistiviteli (1-10 ohm-metre) killi, jipsli birimlerin geldiği gözlenmektedir. Yeniceoba Hat 4 kesitinde ise güneybatıda kalınlığı 350 metreye ulaşan Cihanbeyli ve Tuzgölü formasyonlarına ait konglomera, kumtaşı, kiltaşı ve jipsli seviyeler bulunmaktadır. Kuzeydoğuya doğru ilerledikçe Eskipolatlı formasyonuna ait birimlerin kalınlığı artarak yüzeylemiştir (Şekil 4.63).

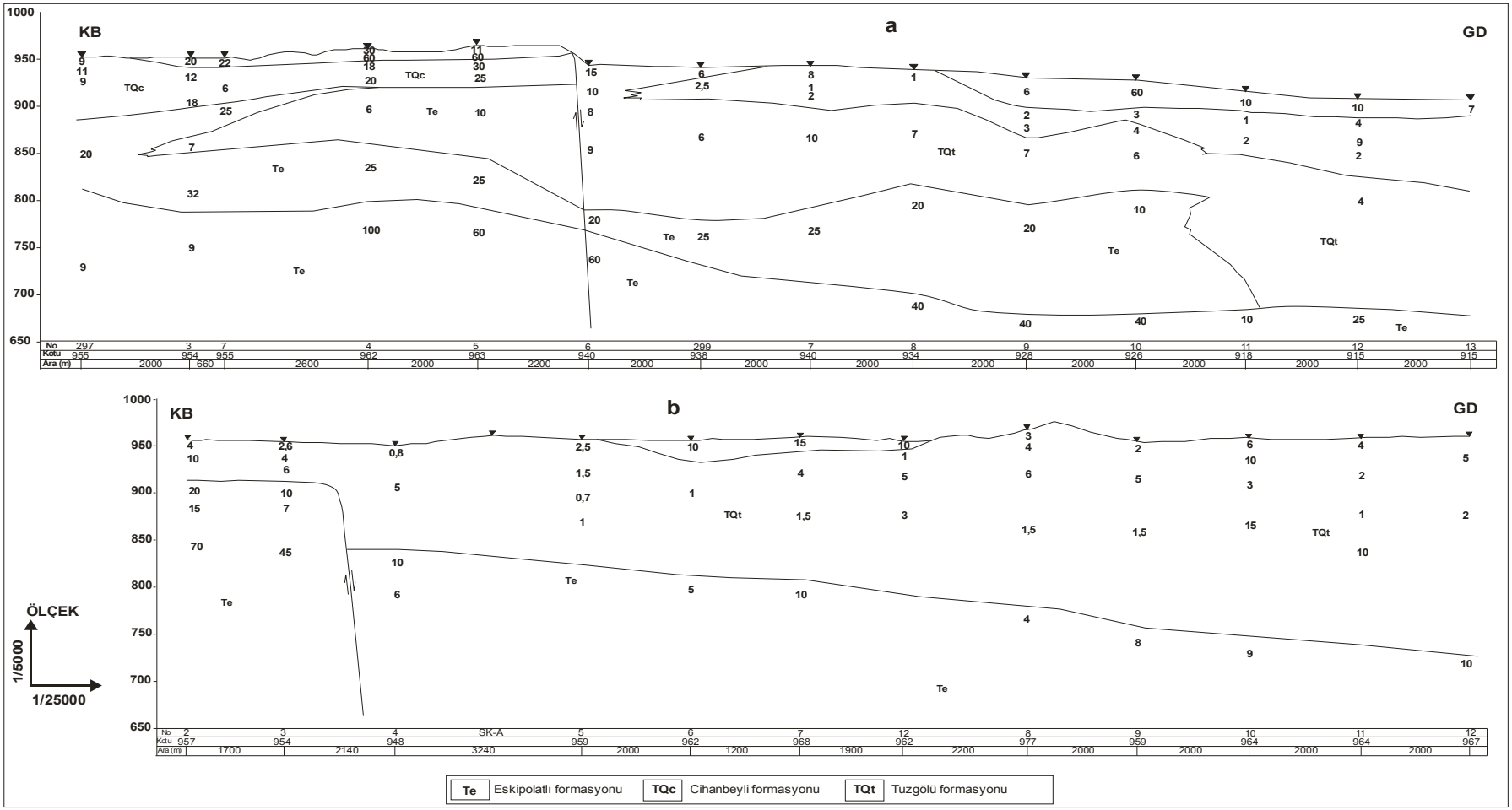
Genel olarak inceleme alanının güney, güneybatısında 80-100 metreden sonra temeli Koçyaka formasyonuna ait ofiyolitik seri oluşturmaktadır. Kuzeyde ise Yeniceoba ovasının kuzeybatısına kadar devam etmektedir. Fakat rezistivite ölçümleri 400 metreye kadar yapıldığı için bu derinlikte inceleme alanının doğusunda takip edilememiştir. Yapılan rezistivite ölçümlerine göre Koçyaka formasyonu inceleme alanının güneybatısından itibaren kuzeydoğuya doğru kuzey ve doğu istikametlerinde, Yeniceoba ovasının kuzeyinden Kozanlı Köyü'ne kadar altta devam etmektedir (DSİ 1967).

Bölgede yapılan jeolojik incelemelerde Tavşançalı Kasabası'nın kuzeydoğusunda çok az bir alanda yüzlek veren Eskipolatlı formasyonu, inceleme alanı içerisinde başka bir bölgede gözlenmemiştir. Fakat Koçyaka formasyonu ve Cihanbeyli formasyonu alanın güneyinde, kuzeyinde ve kuzey batısında geniş alanlarda yüzlek vermektedir. Tuzgölü formasyonu ise inceleme alanının doğusunda geniş bir alan kaplamaktadır (Şekil 4.59). DSİ (1967) tarafından yapılan jeofizik yüzey verileri ile arazi gözlemleri paralellik sunmaktadır. Fakat çalışma sırasında inceleme alanında jeofizik etüd yaptırılamadığı için elde edilen sondaj kuyu logları ve DSİ (1967)'nin yapmış olduğu jeofizik rezistivite ölçümlerinden yararlanılarak

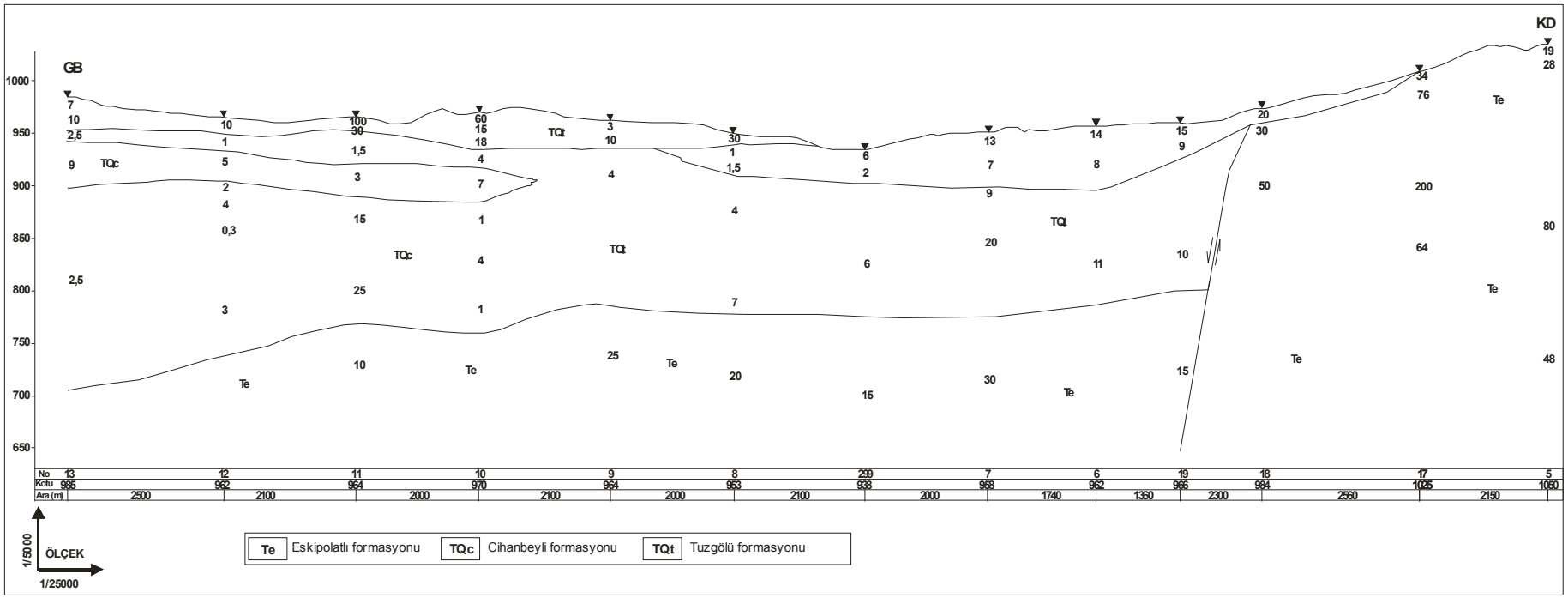
yeraltındaki birimlerin uzanımı ve derinliğini hakkında yorum yapılmaya çalışılmıştır.

İnceleme alanına ait elde edilen sondaj kuyu logları Şekil 4.64 ve Şekil 4.65'de gösterilmektedir. Bulduk Köyü'nün batısında İller Bankası tarafından 2007 yılında içme amaçlı açılan sondaj kuyusunda 120 metre derinliğe inilmiştir (Örnek no 66). Köy Hizmetleri tarafından yapılan 20 numaralı sondaj kuyusunun derinliği ise 53 metredir. 1, 4, 7, 9, 10, 19 ve 21 nolu kuyular DSİ 4. Bölge müdürlüğü tarafından 1988-1997 yılları arasında açılmış olup derinlikleri 95- 150 metre arasında değişmektedir (Kuyu logları İller Bankası, Köy Hizmetleri ve DSİ 4. Bölge Müdürlüğü'ne ait arşivlerden alınmıştır).

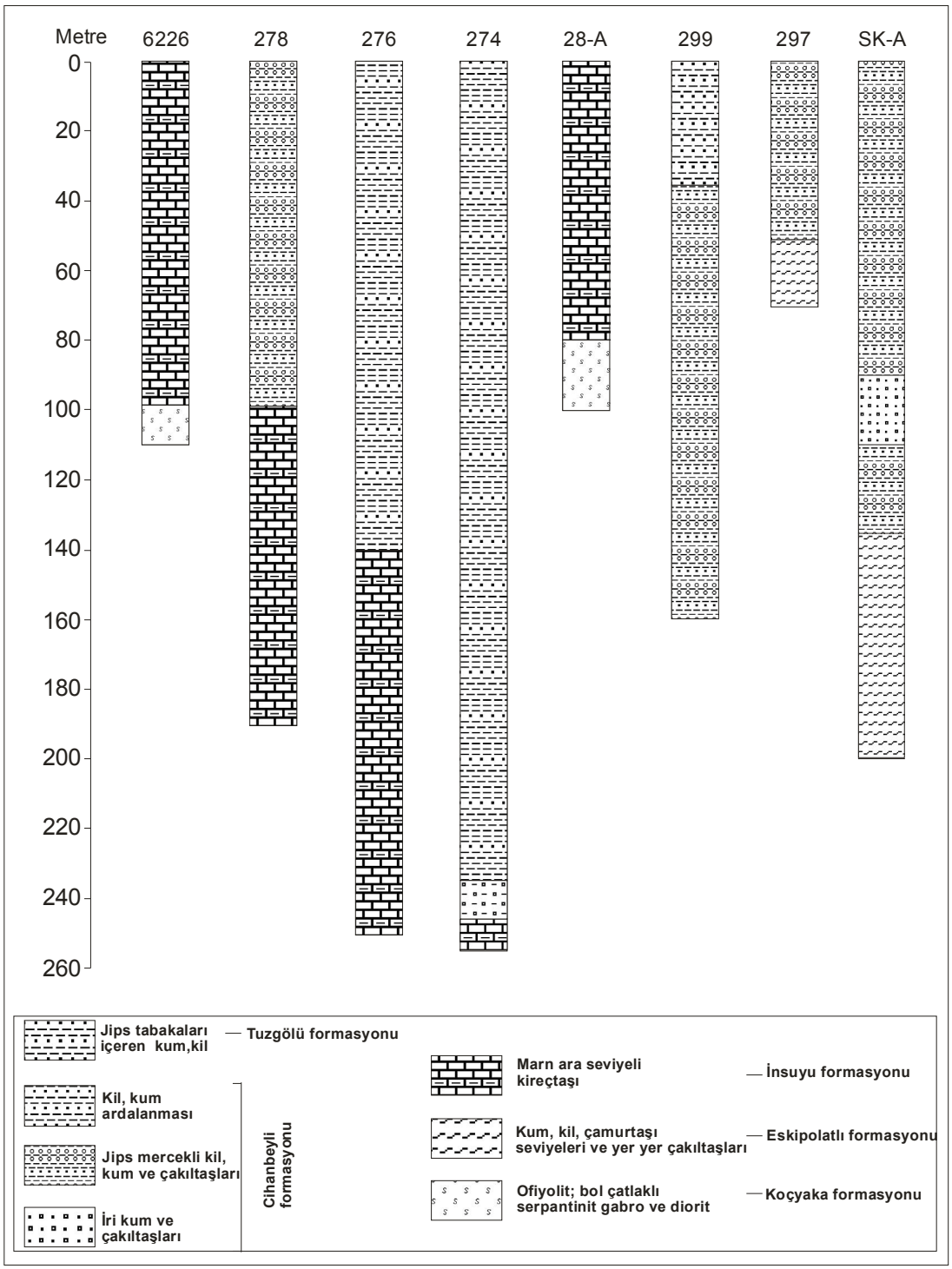
Tüm bu verilere göre inceleme alanının güney, güneybatısında Koçyaka formasyonu üzerine 80-100 metre kalınlığa sahip İnsuyu formasyonu uyumsuz olarak gelmektedir ve inceleme alanının güneybatısını kaplamaktadır. Cihanbeyli'nin batısından geçen K-G yönlü fayla derinleşmekte ve yaklaşık 200 metre derinlikten sonra bu birime ulaşılmaktadır. Üstte bulunan Cihanbeyli formasyonuna ait konglomera, kumtaşı, kiltaşı ve jipsli seviyeler ise tuz gölüne doğru kil ve jips içeriği artarak kalınlaşmaktadır. Yeniceoba ovasının en üstünde alüvyon bulunmaktadır. Yaklaşık kalınlığı 30 m.'yi bulan alüvyonun altında ise uyumsuz olarak Cihanbeyli ve Tuzgölü formasyonlarına ait birimler bulunmaktadır. Ovanın doğusunda kalınlaşan bu birimler gömülü fay ile kuzeydoğuya doğru incelmektedir. Bu birimlerin altında Eskipolatlı formasyonu bulunmaktadır ve kuzeydoğuya doğru kalınlaşarak yüzeylemektedir. Eskipolatlı formasyonu alanın batısında gözlenmemektedir. Yeniceoba'nın batısındaki Bulduk Köyü'nün batısında Karacadağ Volkanitlerine ait proklastik kayaçlar yeralmaktadır. Batıya doğru proklastik kayaçlar yerini Cihanbeyli ve Gökdağ formasyonlarına ait konglomeralara bırakmaktadır. Tüm bu birimlerin altında ise Koçyaka formasyonu kuzey ve batı istikametinde yayılım göstererek yer yer topğrafyada yüzlekler vermektedir.



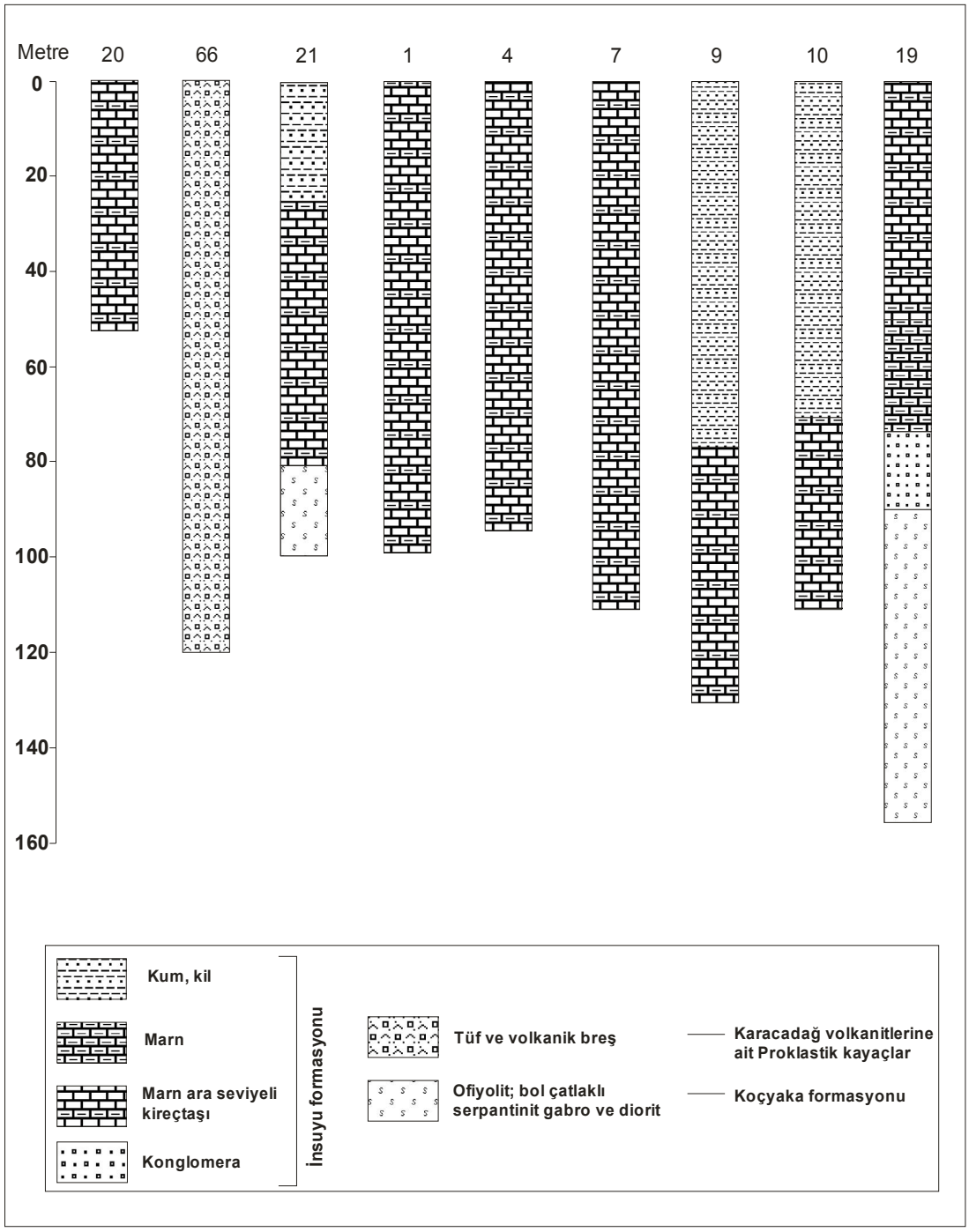
Şekil 4.62. Jeofizik-Rezistivite ölçüm kesiti. (a-Yeniceoba Hat 2; b-Yeniceoba Hat 5) (DSİ 1967, Jeofizik Rezistivite Etüd Raporundan alınmıştır



Şekil 4.63. Jeofizik-Rezistivite ölçüm kesiti. (Yeniceoba Hat 4) (DSİ 1967, Jeofizik Rezistivite Etüd Raporundan alınmıştır)



Şekil 4.64. İnceleme alanındanki derin sondaj kuyularına ait loglar (DSİ 1967 Jeofizik Rezistivite Etüd Raporu'ndan değiştirilerek alınmıştır)



Şekil 4.65. İnceleme alanındanki derin sondaj kuyularına ait loglar

4.6. Hidrojeoloji ve Hidrokimya

İnceleme alanından 2007-2009 yılları arasında kurak dönemde (Ekim 2008) 142 adet, yağışlı dönemde (Mayıs 2009) 146 adet su örneği alınmıştır. Örneklerin 91 tanesi soğuk su sondajı, 22 tanesi sıcak su sondajı, 4 tanesi soğuk su kaynağı, 9 tanesi çeşme, 8 tanesi sığ (keson) kuyu, 8 tanesi traverten konilerinden alınan sular ile 4 adet Gökgöl, Bolluk Gölü, Tersakan Gölü ve Tuz Gölü'nden alınan su örneklerini içermektedir. Tuz Gölü, Bolluk Gölü ve Tersakan Gölü kurak dönemde susuz olup su örneği alınamamıştır.

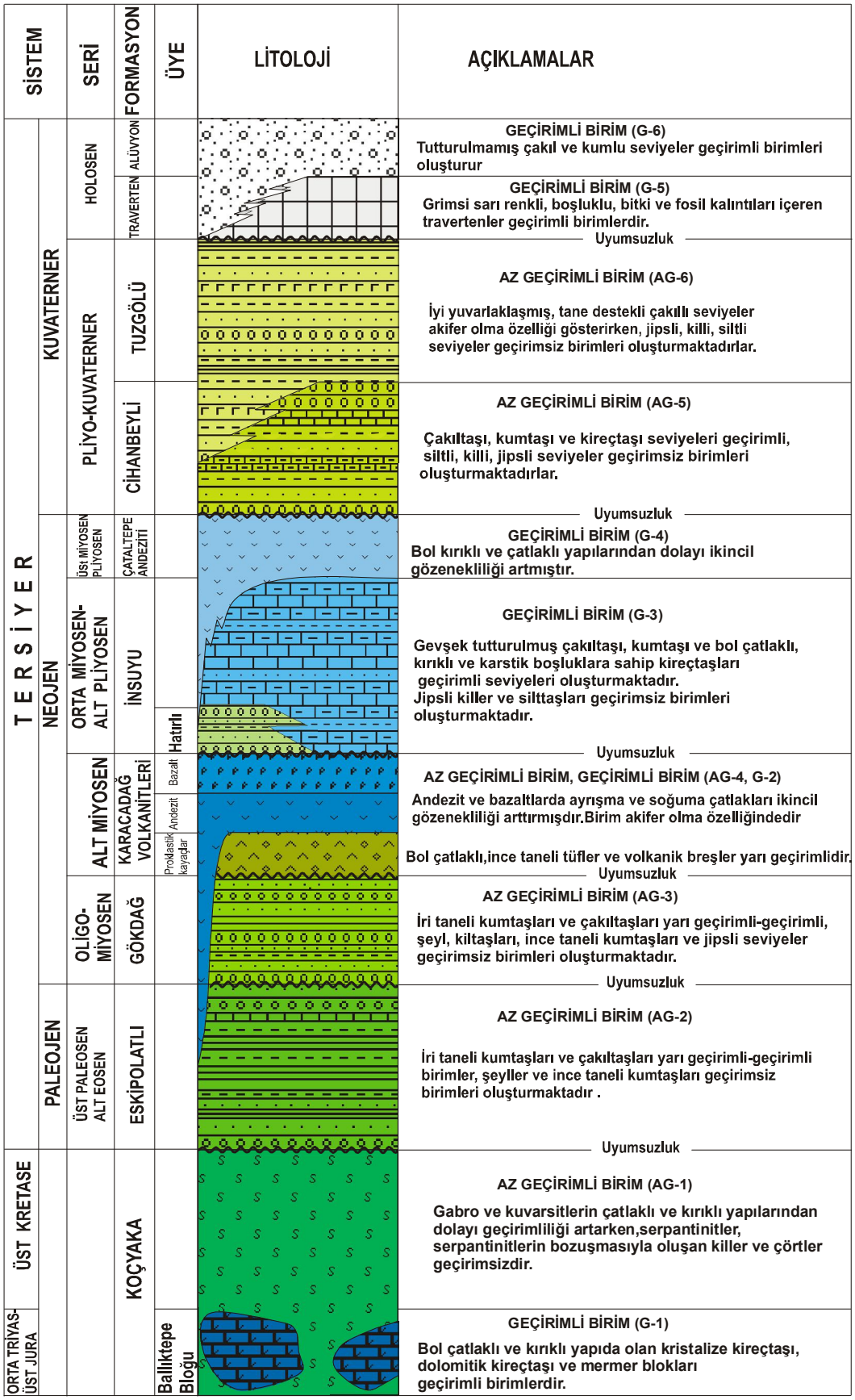
Tuz Gölü havzası içerisinde bulunan Cihanbeyli ve çevresini kapsayan inceleme alanı, Sayısal Yükseklik Modelinden (DEM) yararlanılarak ile iki alt havzaya ayrılmıştır (Bakınız Bölüm 4.4). Cihanbeyli İlçesi'ni içine alan ve inceleme alanının güneyini oluşturan kesim "alt havza", Yeniceoba beldesini içine alan ve alanın kuzeyini oluşturan bölge "üst havza" olarak tanımlanmıştır.

Alt havza içerisinden 34 soğuk su kuyusu, 3 keson kuyu, 4 kaynak, 22 sıcak su kuyusu ve 8 adet traverten konilerine ait su örnekleri alınmıştır. Bolluk Gölü ve Tersakan Gölü'ne ait örnekler kurak dönemde alınamamış, yalnızca yağışlı dönemde alınabilmiştir. Üst Havza içerisinden ise 57 adet soğuk su kuyusu, 5 adet keson kuyu, 9 adet çeşmeden alınan su örnekleri Gökgöl'e ait su örneği alınmıştır (EK-2).

İnceleme alanı içerisinden alınan su örnekleri 3 farklı yeraltısuyu altında incelenmiştir a) derin ve sığ su sondaj kuyuları ile kaynaklar b) sulak alanlar c) sıcak sular.

4.6.1. Hidrojeoloji Birimleri

Litoloji ve stratigrafi özelliklerine göre ayırtlanmış birimler farklı hidrojeoloji özelliklerine sahiptir. Birbirine benzer veya ortak hidrojeoloji özelliklerine sahip akiferleri oluşturan birimler ise, nitelik bakımından geçirimli ve az geçirimli olarak sınıflandırılmıştır (Şekil 4.66).



Şekil 4.66. İnceleme alanınındaki hidrojeolojik birimler

4.6.1.1. Geçirimli Birim (G-1)

İnceleme alanı içerinde Koçyaka formasyonu olarak ayırtlanan Üst Kretase yaşlı birim serpantinitler, gabrolar, mermer blokları, dolomitik kireçtaşı, kuvarsitler ve metakumtaşından meydana gelmektedir.

Birim içerisinde bulunan Orta Triyas-Üst Jura yaşlı Ballıktepe Bloklarına ait kristalizekireçtaşları bol çatlaklı, kırıklı yapıda olduğu için geçirimlilik ve gözeneklilik yüksek olup iyi bir akifer özelliğine sahiptir. Yağışların süzülmesi kırık ve çatlaklar boyunca olmaktadır. İnceleme alanındaki bu birim, sıcak suların rezervuar kayasını oluşturmaktadır.

4.6.1.2. Az Geçirimli Birim (AG-1)

Koçyaka formasyonu içerisindeki metakumtaşları, gabrolar ve serpantinitler bozuşmaya uğrayarak, çatlaklı ve kırıklı yapı kazanmışlardır. İnceleme alanının güneydoğusunda birim içerisinde bulunan kuvarsitler tektonik hareketler ile ikincil gözeneklilik kazanmıştır. Fakat birim içerisinde bulunan serpantinitin ayrışması sonucu oluşan killer geçirimsiz birimleri oluşturmaktadır ve akifer olma özelliğini olumsuz yönde etkilemektedir.

4.6.1.3. Az Geçirimli Birim (AG-2)

İnceleme alanının kuzey doğusunda az bir yayılım gösteren Üst Paleosen-Alt Eosen yaşlı Eskipolatlı formasyonu ince-orta taneli, polijenik kökenli, kumtaşı ve yeşilimsi gri renkli, ince-orta tabakalı şeyl ardalanmasından ve yer yer iri taneli, gevşek, yer yer iyi tutturulmuş çakıltaşı merceklerinden oluşmaktadır.

Birim içerisindeki ince taneli kumtaşları ve şeyler geçirimsizdir. İri taneli kumtaşları ve çakıltaşları akifer formasyon özelliğindedir. Bunun yanı sıra yer yer kötü boylanmalı çakıllar birimin gözenek porozitesini azaltmaktadırlar.

4.6.1.4. Az Geçirimli Birim (AG-3)

Oligo-Miyosen yaşlı Gökdağ formasyonu genellikle kötü boylanmalı, yarı köşeli ve polijenik kökenli çamurtaşları, orta-kalın tabakalı, yer yer şeyl ve kiltaşı seviyeli kumtaşları, çamurtaşları ve jips seviyelerinden oluşmaktadır. Birim içerisindeki iri taneli kumtaşları ve çakıltaşları akifer formasyon olma özelliği taşımaktadır. Fakat kötü boylanmalı çakıllar gözenek porozitesini azaltmaktadır. Şeyl, kiltaşı ve çamurtaşları ise geçirimsizdir. Bu nedenle birimin akifer olma özelliğini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu birim içerisinde açılmış sondaj bulunmamaktadır.

4.6.1.5. Az Geçirimli Birim (AG-4, G-2)

Alt Miyosen yaşlı Karacadağ Volkanitleri, tüf ve volkanik breşlerden oluşan piroklastik kayaçlar ile andezit ve bazaltlardan oluşmaktadır.

Andezitler masif lav akıntısı şeklinde olup yer yer gaz boşlukları içermektedir. Bazaltların üst kısımlarına doğru gidildikçe gaz boşlukları artmaktadır. Andezit ve bazaltlardaki soğuma çatlakları ve ayrışma, ikincil gözenekliliği arttırmaktadır. Çatlak sistemleri yağışın yeraltına süzülmesini kolaylaştırmaktadır. Birim akifer olma özelliğindedir.

Karacadağ Volkanitleri içerisinde bulunan volkanik breşlerin çakıllarını çoğunlukla bazalt ve andezitler oluşturmaktadır. Çakıltaşları yer yer gevşek tutturulmuş oldukları için akifer özelliği göstermektedir. Bej renkli tüfler ise ince ve bol çatlaklıdır. Tüflerin ince taneli yapıya sahip olmaları akifer olma özelliğini olumsuz yönde etkilemektedir. İnceleme alanının kuzeybatısında açılmış olan 66 nolu sondaj kuyusu bu birimler içerisindedir. Akiferini tüf ve volkanik breşler oluşturmaktadır.

4.6.1.6. Geçirimli Birim (G-3)

Orta Miyosen-Alt Pliyosen yaşlı İnsuyu Formasyonu'na ait kireçtaşları ve killi kireçtaşı seviyeleri bol kırıklı ve çatlaklı olmalarından ve karstik olmalarından dolayı akifer özelliği göstermektedir. Ayrıca fayların etkisi ile bu birimlerin ikincil gözenekliliği de artmıştır. İnceleme alanının batı-güneybatısında bulunan sondajların akiferini bu birimler oluşturmaktadır.

Birim içerisindeki ince taneli kumtaşı ile yatay ve düşey yönde düzensiz şekilde yayılım gösteren jipsli killer ve silttaşı seviyeleri ise, geçirimsiz birimleri oluşturmaktadır.

4.6.1.7. Geçirimli Birim (G-4)

İnceleme alanının güneydoğusunda yalnızca Karadağ'da yüzlek veren Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı Çataltepe andezitleri, kızılımsı-kahve renkli andezitlerden oluşmakta olup bol kırıklı ve çatlaklı yapılarından dolayı ikincil gözenekliliği artmaktadır. Birim akifer olma özelliği taşımaktadırlar.

4.6.1.8. Az Geçirimli Birim (AG-5)

Pliyo-Kuvaterner yaşlı Cihanbeyli Formasyonu polijenik kökenli çakıltaşları, ince laminalı kumtaşı, silttaşı, yer yer jips mercekleri içeren kiltaşı tabakaları ve mercekleri ile orta kalınlıkta, çapraz tabakalı kumtaşları, çamurtaşları ve kireçtaşlarından oluşmaktadır.

Çakıllar çoğunlukla iyi yuvarlaklanmış ve kumlu matriks içermeyen tane destekli yapıya sahiptir. Bu özelliğinden dolayı akifer olma özelliği taşımaktadırlar. Çatlaklı, kırıklı yapıya sahip kireçtaşları ve iri taneli kumtaşları da akifer özelliğini olumlu yönde etkilemektedir.

Cihanbeyli Formasyonu içerisinde yatay ve düşey yönde gelişim gösteren siltaşı, kiltaşı seviyeleri ve jips mercekleri geçirimsizdir. Bu nedenle birim az geçirimli olarak sınıflandırılmıştır.

4.6.1.9. Az Geçirimli Birim (AG-6)

Pliyo-Kuvaterner yaşlı Tuzgölü Formasyonu inceleme alanı içerisinde değişik litolojiler sunmaktadır. Yer yer kumlu matriksli veya tane destekli az siltli kum ve çakıl, karbonat matriksli kum, silt, kiltaşı-kireçtaşı ardalanması ve en üste ise güncel evaporitler ile karbonatlı kilden oluşan birim, yatay ve düşey olarak düzensiz yayılım sunmaktadır.

Birim içerisindeki çakıllar ve kireçtaşları akifer kayaçları oluştururken, jips seviyeleri ve yüzeyde tuz kabukları oluşturan evaporitler, karbonatlı killer, az siltli kumlar, karbonat matriksli kumlar ve kiltaşları geçirimsizdir (Görür, 1981). Bu nedenle akifer olma özelliğini olumsuz yönde etkilemektedir. Birim içerisinde bulunan çakıllar, tane destekli ve iyi yuvarlaklaşmışlardır, bu nedenle bu birimler akifer olabilme özelliği taşımaktadır.

4.6.1.10. Geçirimli Birim (G-5, G-6)

Kuvaterner yaşlı alüvyonlar, gevşek ve tutturulmamış malzemeden oluşmaktadır. Alüvyonun çakılları iri, yuvarlak ve kötü boylanmalıdır. Çeşitli seviyelerden alınan numunelerde toplam porozite değeri % 20-35 arasında bulunmuştur. Kumlu ve çakıllı seviyeler akifer kaya olma özelliğindedir. Killi seviyeler ise birimin geçirimliliğini düşürmekte ve akifer olma özelliğini olumsuz yönde etkilemektedir.

Bolluk Gölü çevresinde bulunan travertenler geçirimli olup, akifer özelliği göstermektedirler.

4.6.2. Akiferlerin Hidrojeoloji Özellikleri

İnceleme alanındaki akiferleri oluşturan kırıntılı kayaçların ve alüvyonun porozite, permeabilite, düzen katsayısı ve boylanma sabiti gibi özellikleri saptanmıştır. Bunun için araziden belli derinliklerden alınan numunelerin elek analizleri yapılmış, porozite ve permeabilite değerleri belirlenmiştir.

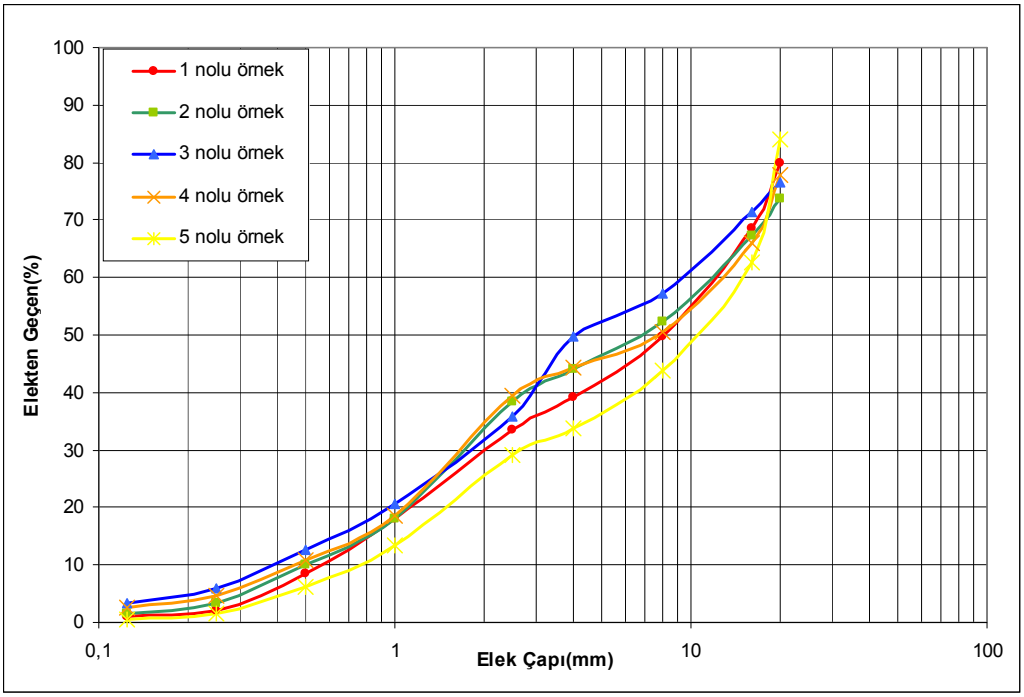
4.6.2.1. Elek analizi

Akiferleri oluşturan sıkılaşmamış sedimanların elek analizleri yapılarak eklenik eğrileri çizilmiştir. Tanelerin dağılımı, ortalama tane çapı iriliği (d_{50}), etkili çap (d_{10}), boylanma sabiti (So), düzen (uniformluluk) katsayısı (Cu) ile sondaj kuyularında kullanılacak filtre açıklığını belirlenmiştir (Şekil 4.67, 4.68, 4.69, 4.70). Numuneler değişik seviyelerden genellikle 1-7 m arasında değişen derinliklerden alınmıştır.

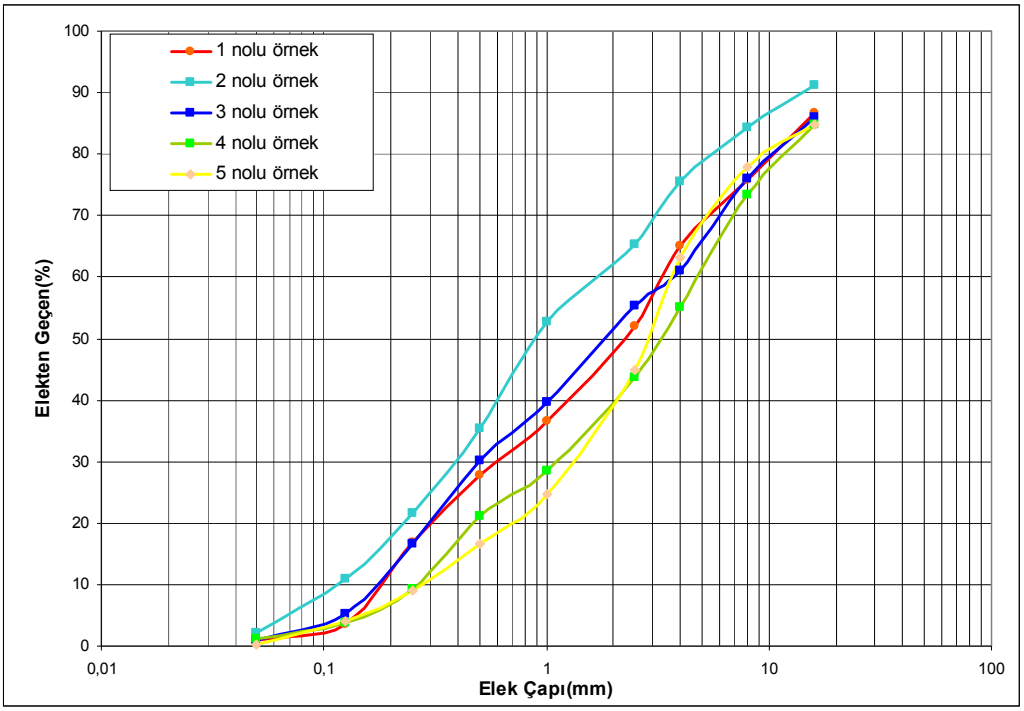
İnceleme alanından derlenen numunelerin elek analizleri Selçuk Üniversitesi Mühendislik- Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Zemin laboratuarında Octağan 200 marka elek sallayıcısında Afnor Serisi elek takımı ile yapılmıştır.

Elek analizi sonuçlarına göre alüvyonda ortalama tane çapı (d_{50}), 0,5-1,9 mm, etkili çap (d_{10}) 0,165-0,21 mm, boylanma sabiti (So) 3,06-4,26 arasında ve düzen katsayısı (Cu) ise 7,89-14,47 arasında değişmektedir. Tuzgölü formasyonuna ait birimlerin ortalama tane çapı (d_{50}), 0,12-0,27 mm, etkili çap (d_{10}) 0,085-0,23 mm, boylanma sabiti (So) 3,02-3,49 arasında ve düzen katsayısı (Cu) ise 6,06-10,26 arasında değişmektedir. Cihanbeyli formasyonuna ait birimlerin ortalama tane çapı (d_{50}), 3-10,1 mm, etkili çap (d_{10}) 0,12-0,27 mm, boylanma sabiti (So) 2,63-4,31 arasında ve düzen katsayısı (Cu) ise 10,37-18,84 arasında değişmektedir. İnsuyu formasyonuna ait birimlerin ortalama tane çapı (d_{50}), 0,89-3,35 mm, etkili çap (d_{10}) 0,39-0,75 mm, boylanma sabiti (So) 3,08-3,74 arasında ve düzen katsayısı (Cu) ise 22-31,11 arasında değişmektedir (Çizelge 4.2).

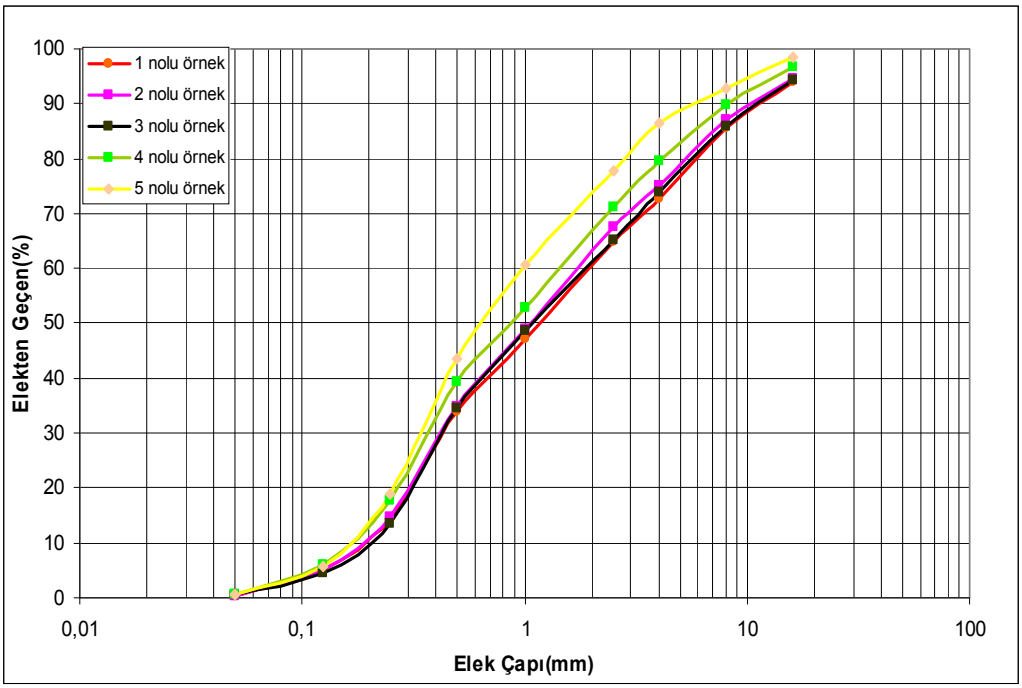
Bu değerlere göre alüvyon oluşuklarının boylanması zayıf-kötü, düzen katsayısına göre ise tane çapı dağılımı değişkendir. Tuzgölü formasyonuna ait birimlerin boylanması zayıf, düzen katsayısına göre ise tane çapı dağılımı değişkendir. Cihanbeyli formasyonuna ait birimlerin boylanması ise normalden kötüye doğru değişirken, düzen katsayısına göre, tane çapı dağılımı değişkendir. İnsuyu formasyonuna ait birimlerin boylanması kötü, düzen katsayısına göre ise tane çapı dağılımı değişkendir.



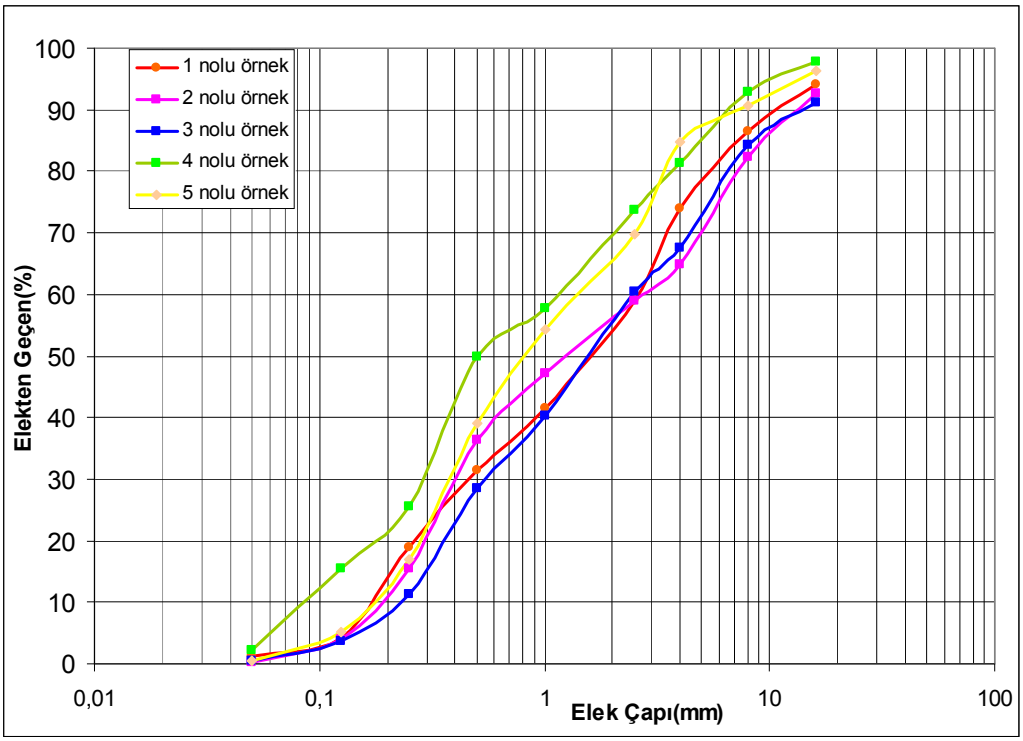
Şekil 4.67. İnsuyu formasyonuna ait sıkılaşmamış numunelerin eklenik eğrileri



Şekil 4.68. Cihanbeyli formasyonundan alınan sıkılaşmamış numunelerin eklenik eğrileri



Şekil 4.69. Tuzgölü formasyonundan alınan numunelerin eklenik eğrileri



Şekil 4.70. Alüvyondan alınan numunelerin eklenik eğrileri

Çizelge 4.2. İnceleme alanından alınan örneklere ait elek analiz sonuçları

Formasyon	**Örnek No**	**Derinlik (m)**	**d_{40} (mm)**	**d_{10} (mm)**	**d_{25} (mm)**	**d_{50} (mm)**	**d_{60} (mm)**	**d_{75} (mm)**	**So (mm)**	**Cu (mm)**
Qal	1	2,5	1	0,23	0,45	1,9	2,55	5,1	3,36	11,09
Qal	2	2	0,6	0,2	0,33	1,3	2,88	6	4,26	14,4
Qal	3	1	0,95	0,18	0,33	1,7	2,6	4	3,48	14,44
Qal	4	3	0,38	0,085	0,25	0,5	1,23	2,8	3,34	14,47
Qal	5	1	0,51	0,19	0,32	0,8	1,5	3	3,06	7,89
TQt	1	1	0,78	0,195	0,37	1,25	2	4,5	3,49	10,26
TQt	2	1	0,74	0,19	0,37	1	1,75	4	3,28	9,21
TQt	3	2	0,74	0,21	0,38	1,12	1,9	4,3	3,36	9,047
TQt	4	3,5	0,51	0,17	0,23	0,85	1,5	2,1	3,02	8,82
TQt	5	2,5	0,46	0,165	0,21	0,65	1	2,4	3,38	6,06
TQc	1	5	1,35	0,18	0,43	2,3	2,35	8	4,31	13,05
TQc	2	1	0,6	0,12	0,3	0,89	1,8	3,9	3,6	15
TQc	3	4	1	0,175	0,39	1,85	2,9	7	4,23	16,57
TQc	4	3	2	0,26	0,75	3,35	4,9	9	3,46	18,84
TQc	5	2	2	0,27	1,15	2,9	2,8	8	2,63	10,37
Ti	1	7	4,2	0,56	1,6	8	13	17,8	3,33	23,21
Ti	2	6	2,8	0,5	1,43	6,9	12,5	20	3,73	25
Ti	3	3	2,9	0,39	1,43	3	9,4	18	3,54	24,1
Ti	4	5	2,6	0,45	1,4	8	14	18,5	3,63	31,11
Ti	5	1	6,4	0,75	2	10,1	16,5	19	3,08	22

İnceleme alanında açılacak sondaj kuyularında kullanılacak filtrelerin açıklığının hesaplanması için eklenik eğri üzerinden elde edilen d_{40} değerine karşı gelen elek açıklığı değerleri alınmıştır. Buna göre filtre açıklıkları alüvyonda 0,38-1 mm, İnsuyu formasyonunda 2,6-6,4 mm, Cihanbeyli formasyonunda 0,6-2 mm ve Tuzgölü formasyonunda 0,46-0,74 mm arasındadır. Buna göre kuyularda kullanılacak çakıl çapları alüvyonlarda 1,52-6 mm arasında**,** İnsuyu formasyonunda 10,4-15 mm arasında, Cihanbeyli formasyonunda 2,4-12 mm arasında ve Tuzgölü formasyonunda 1,84-4,44 mm arasında olmalıdır.

4.6.2.2. Porozite

İnceleme alanında yüzeyleyen formasyonlardan alınan sıkılaşmamış örneklerin toplam porozitesi Selçuk Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Hidrojeokimya laboratuarında sıkılama yöntemi ile hesaplanmıştır (Örnekler 1-7 metre arasındaki derinlikten alınmıştır).

$n = Vv*100/Vt$ (Canstany, 1963).

Formülde;

n=Toplam porozite (%)

Vv= Kayaç içerisindeki boşlukların toplam hacmi

Vt= Kayacın tüm hacmi

Deney sonucu elde edilen hesaplamalarda toplam porozite, İnsuyu formasyonunda % 18-32, Cihanbeyli formasyonunda % 21-36, Tuzgölü fomasyonunda % 13-24 ve alüvyonlarda % 20-35 arasında bulunmuştur.

Cihanbeyli formasyonundaki çakıllı ve kumlu seviyelerin porozite değerleri daha yüksektir, Tuzgölü formasyonunda killi seviyeler poroziteyi düşürürken, kumlu ve çakıllı seviyelerde porozite değeri artmaktadır. Alüvyonlarda ise kumlu çakıl veya çakıllı kum gibi farklı boyutta malzemenin bulunduğu

seviyelerde porozite azalırken, iyi tane boylanmasına sahip olan seviyelerde artmıştır.

Sıkılaşmış malzemelerde porozite değerleri Niğde Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Zemin laboratuarında yapılmıştır. Araziden alınan örneklerin laboratuarda karot örnekleri hazırlanarak örneklerin hacmi belirlenmiştir (V). Hacmi belirlenen örnekler etüvde kurutulduktan sonra tartılarak kuru ağırlığı belirlenmiştir (Wd). Daha sonra suyun içerisinde en az 48 saat bekletilerek suya doygun hale getirilmiş olan örnekler, hassas terazide tartılarak doygun ağırlıkları (Ws) belirlenmiştir. Deney sonucu elde edilen veriler ile aşağıdaki formüller kullanılarak kayaçların toplam porozite değerleri belirlenmiştir.

$$Vv = (Ws-Wd)/\rho_w$$

Formülde;

Vv= Boşlukların hacmi (cm^3),

ρw= Suyun yoğunluğu ($1gr/cm^3$)

$$n = Vv*100/Vt$$

Vv= Kayaç içerisindeki boşlukların toplam hacmi

Vt= Kayacın tüm hacmi

Sıkılaşmış malzemedeki porozite değerleri (%):

İnsuyu formasyonuna ait kireçtaşları	: % 10,2
Cihanbeyli formasyonuna ait kireçtaşları	: % 8,6
Ballıktepe bloklarına ait kireçtaşları	: % 7,7
Karacadağ andezitleri	: % 6,3
Karacadağ bazaltı	: % 6,8
Çataltepe andezitleri	: % 6,5

4.6.2.3. Permeabilite

İnceleme alanında yüzeyleyen formasyonlardan alınan kırıntılı örneklerin permeabilite değerleri Selçuk Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Hidrojeokimya laboratuarında bulunan ELE-605A marka sabit

basınçlı permeametre ve delikli kutu yöntemi ile hesaplanmıştır. Sabit basınçlı permeametre deneyinde kullanılacak permeabilite değeri aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır.

$$K = \frac{Q}{S} \cdot \frac{L}{h}$$

Formülde;

K= Örneğin permeabilite değeri (m/s)

Q= Numuneden süzülen suyun debisi (m^3/s)

S= Numunenin kesit alanı (m^2)

L= Numunenin kalınlığı (m)

h= Suyun numuneye giriş ve çıkışındaki seviye farkı (m)

$$Q = V/t$$

Formülde;

V= Süzülen suyun hacmi (m^3)

t = suyun süzülme zamanı (s) dır.

Delikli kutu yöntemi ile permeabilitenin hesaplamasında kullanılacak formül:

$$K = \frac{L}{t} . \log_e (1 + \frac{h}{L})$$

Formülde;

K= Örneğin permeabilite değeri (m/s)

L= Numunenin kalınlığı (m)

h = Numune üstündeki suyun yüksekliği (m)

t = Suyun numunenin üst yüzeyinden kaybolması için geçen zaman (s)dır.

Sabit basınçlı permeametre ile hesaplanan permeabilite değerleri:

İnsuyu formasyonu = $2{,}7.10^{-3}$ - $8{,}73.10^{-5}$

Cihanbeyli formasyonu = $4{,}2.10^{-4}$ - $5{,}38.10^{-6}$

Tuzgölü formasyonu =$1{,}84.10^{-4}$ - $3{,}42.10^{-7}$

Alüvyon = $1{,}5.10^{-3}$ - $6{,}85.10^{-6}$

Delikli kutu yöntemi ile hesaplanan permeabilite değerleri:

İnsuyu formasyonu = $1{,}95.10^{-3}$ - $9{,}64.10^{-5}$

Cihanbeyli formasyonu = $4{,}810^{-4}$ - $6{,}17.10^{-6}$

Tuzgölü formasyonu =$2{,}14.10^{-4}$-$3{,}86.10^{-7}$

Alüvyon = $1{,}91.10^{-3}$- $8{,}24.10^{-6}$ arasındadır.

Her iki deney sonucu elde edilen veriler birbirine yakın çıkmıştır. İnsuyu formasyonunda bulunan killi, siltli seviyeler geçirimliliği düşürmektedir. Cihanbeyli formasyonuna ait killi ve ince kumlu seviyeler geçirimliliği azaltmaktadır. Tuzgölü formasyonunda ise iri kumlu, çakıllı kısımların geçirimliliği yüksektir. Alüvyonlarda ise çakıllı ve kumlu seviyelerde permeabilite değerleri yüksektir.

4.6.3. Soğuk Su Kaynakları

İnceleme alanında 4 adet soğuk su kaynağı bulunmaktadır. Bunlar; 1-Böğrüdelik kaynağı 2-Pınarbaşı kaynağı 3-Akpınar kaynağı 4-İnsuyu kaynaklarıdır. Kaynakların hepsi Cihanbeyli fayına bağlı olarak İnsuyu formasyonuna ait kireçtaşlarının dokanağından çıkmakta ve İnsuyu Deresi'ni oluşturmaktadır. Genellikle az alkalin özellikte olan kaynakların kurak dönemde (Ekim 2008) pH değerleri 7,55-7,82 arasında, yağışlı dönemde (Mayıs 2009) 7,71-8,14 arasındadır. EC değerleri kurak dönemde (Ekim 2008) 608-745 µS/cm arasında, yağışlı dönemde (Mayıs 2009) 566-711 µS/cm arasında değişmektedir. Kaynakların debileri kurak dönemde (Ekim 2008) 11-80 l/s arasında, yağışlı dönemde (Mayıs 2009) 13-95 l/sn arasında değişirken, sıcaklıkları kurak dönemde 14,5-17,5 ^{o}C ve yağışlı dönemde 13,4-16,2 ^{o}C arasında değişmektedir.

1-Böğrüdelik kaynağı: Böğrüdelik Köyü içerisinde Cihanbeyli Fay zonuna bağlı olarak İnsuyu formasyonuna ait kireçtaşlarından boşalmaktadır. Fay kaynağı olan Böğrüdelik kaynağının debisi yaklaşık 48 l/s, sıcaklığı 15,7-17,5 ^{o}C arasındadır (Şekil 4.71).

2-Pınarbaşı kaynağı: İnceleme alanı içerisinde bulunan en önemli soğuk su kaynağı olup Pınarbaşı Köyü'nde ki İnsuyu formasyonuna ait kireçtaşlarından

boşalmaktadır. Fay kaynağı olan bu kaynağın debisi 80-95 l/s, sıcaklığı 16,8-16,2 ^{o}C arasındadır ve Cihanbeyli'nin birçok köy ve kasabasına içme suyu bu kaynaktan sağlanmaktadır (Şekil 4.72).

3-Akpınar Kaynağı: Pınarbaşı köyünün yaklaşık 3,5 km doğusunda bulunan Akpınar kaynağı, İnsuyu formasyonuna ait kireçtaşlarından boşalmakta olup fay kaynağıdır. Debisi 13-18 l/s, sıcaklığı 15,6-16,2 ^{o}C'dır (Şekil 4.73).

4-İnsuyu kaynakları: İnsuyu Köyü'nün içerisinde, İnsuyu formasyonuna ait kireçtaşlarından üç ayrı yerden boşalmaktadır. Fay kaynağı olan bu kaynakların toplam debileri 11 l/s olup sıcaklıkları 14,5-13,4 ^{o}C arasındadır (Şekil 4.74, 4.75).

İnceleme alanındaki kaynakların iyon içerikleri Ca+Mg> Na+K ve HCO_3+CO_3> Cl+SO_4 olup Mg-Ca-HCO_3 fasiyesindedirler.

Uluslararası Hidrojeologlar Birliği'ne (IAH, 1979) göre kurak dönemde (Ekim 2008) Böğrüdelik ve Akpınar kaynakları Mg-Ca-HCO_3-Cl'lü, Pınarbaşı ve İnsuyu kaynakları Mg-Ca-Na-HCO_3-Cl'lü su sınıfındadır. Yağışlı dönemde (Mayıs 2009) tüm kaynaklar Mg-Ca-HCO_3-Cl' lü sulardır (Çizelge 4.3, 4.4).



Şekil 4.71. Böğrüdelik Kaynağının görünümü (Böğrüdelik Köyü)



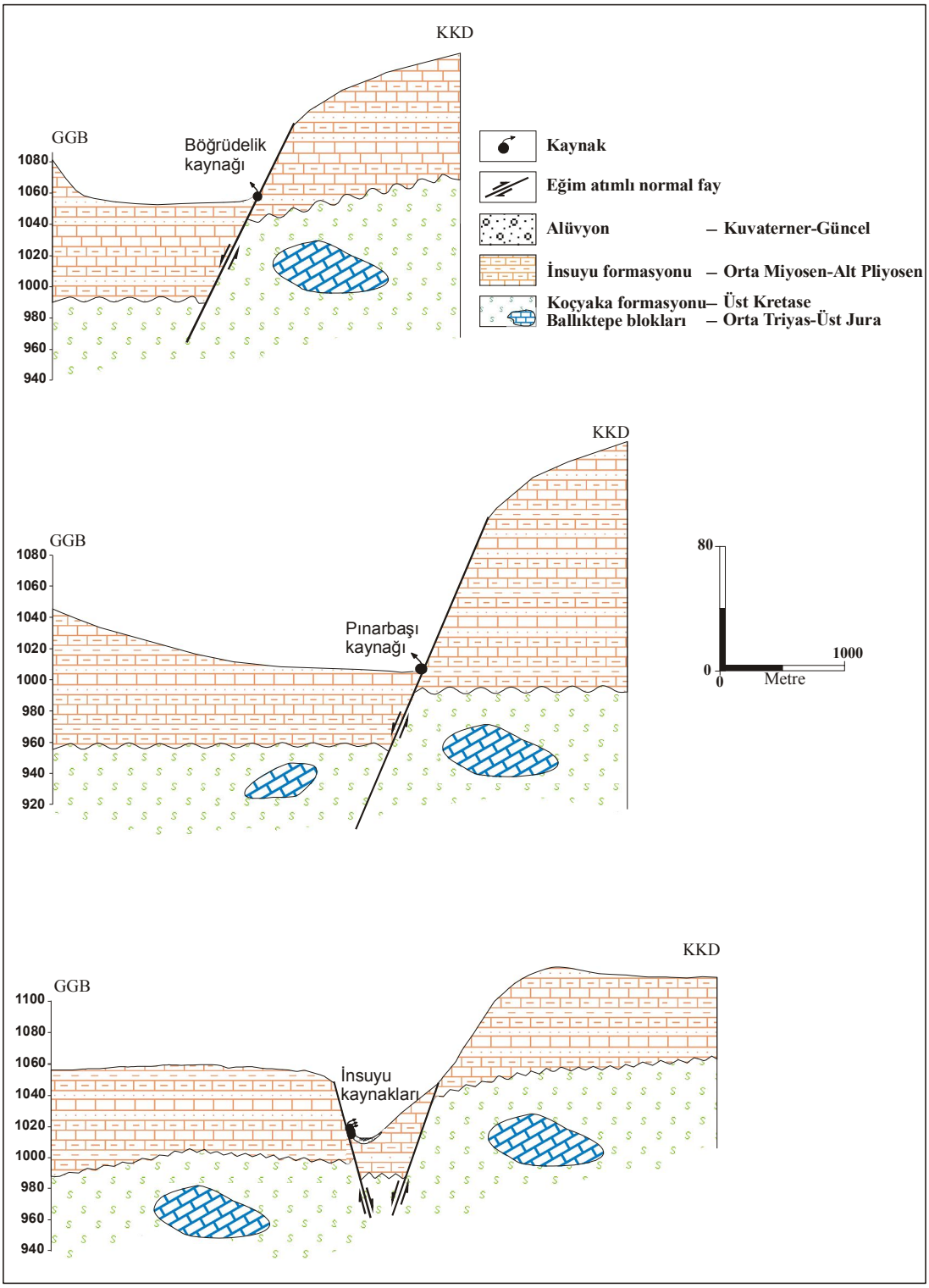
Şekil 4.72. Pınarbaşı Kaynağının boşalım alanı (Pınarbaşı Köyü)



Şekil 4.73. Akpınar Kaynağının görünümü (Pnarbaşı Köyü'nün 3,5 km doğusu)



Şekil 4.74. İnsuyu kaynaklarının boşalım noktaları (İnsuyu Köyü)



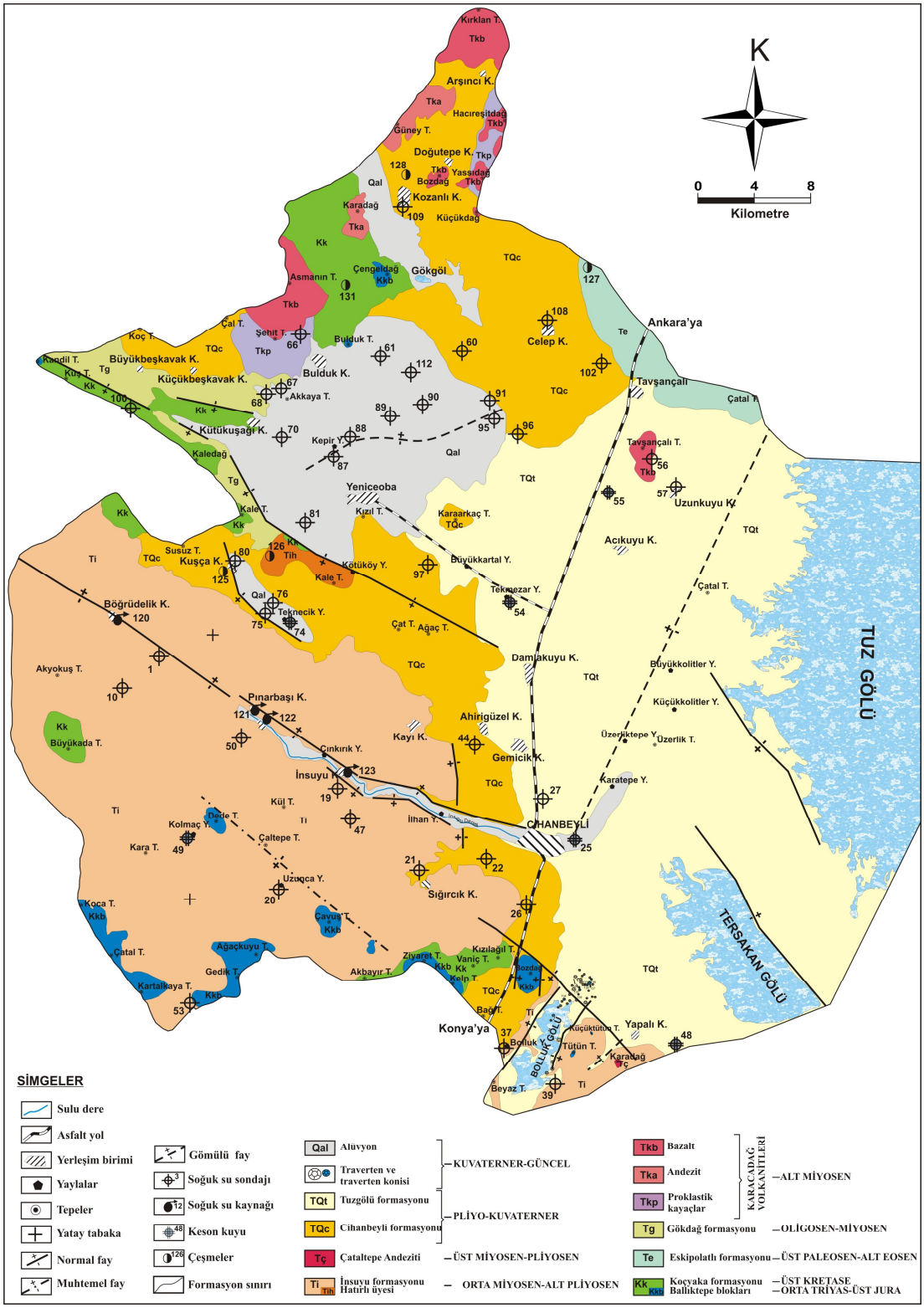
Şekil 4.75. Kaynak çıkışlarını gösteren temsili enine kesitler

4.6.4. Yeraltısularının Hidrokimyasal Özellikleri

Yeraltısuyunun hidrokimyasal özelliklerini belirlemek için kurak-yarı kurak özelliğe sahip inceleme alanından alınan ve benzer kimyasal özellik gösteren örnekler arasından seçilen 4 adet sığ sondaj kuyusu, 4 adet kaynak, 4 adet çeşme ve 37 adet derin sondaj kuyusuna ait toplam 52 adet su örneğine ait tüm katyon ve iz element analizleri Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS Enhanced) ile Kanada ACME laboratuarlarında yaptırılmış, anyonlar ise Selçuk Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Hidrojeokimya laboratuarında titrasyon yöntemi ile yapılmıştır. Elde edilen fizikokimyasal tahlil sonuçları kullanılarak sular, hidrokimyasal açıdan yorumlanmıştır (Şekil 4.76). Suların fizikokimyasal tahlil sonuçları Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4'de verilmiştir.

Yeraltısularının pH değeri kurak dönemde (Ekim 2008) 7,03-8,88 ve yağışlı dönemde (Mayıs 2009) 7,11-8,26 arasında bulunmuştur. Yeraltısuları genellikle alkalin özellik göstermektedir. Yağışlı dönemde yeraltısularının pH değerlerinde çok az bir artış gözlenmiştir. Bunun sebebi; toprak ve yağmur suyu arasındaki yüksek etkileşim ve daha düşük alkalinitenin yağmursuyunun süzülmesiyle seyrelmesinden kaynaklanmaktadır (Subramanian ve Saxena 1983).

İnceleme alanının geneline bakıldığında, TDS (Toplam çözünmüş katılar) ve EC (µS/cm)değeri alt havzada, doğu ve güneydoğuya doğru artmaktadır. Üst havzada ise inceleme alanının doğusuna doğru gidildikçe EC ve TDS değerlerinde artma olmasına rağmen akifer litolojisinin heterojenliğinden dolayı birbirine yakın iki örnek noktasına ait sularda EC ve TDS değeri oldukça farklılık göstermektedir. İnceleme alanındaki en tatlı suların TDS değerleri ise tipik olarak <700 mg/l, EC değerleri ise <1000 µS/cm dir. Bu değerler inceleme alanının batı-güneybatısındaki İnsuyu formasyonundan alınan örnekler ve kaynaklardan alınan örnekler, ile inceleme alanının kuzeyindeki dağlık kesimlerden alınan örneklerde bulunmaktadır. Baskın katyon Mg ve Ca, anyonlardan ise HCO_3'dır. Eğimi en az olan bölgelere, düzlük alanlara yani doğuya doğru gidildikçe TDS'nin artmasına (>700 mg/l) bağlı olarak Na, Cl ve SO_4 oranında artış gözlenmektedir (Çizelge 4.3, 4.4; Şekil 4.77, 4.78, 4.79, 4.80).



Şekil 4.76. İnceleme alanındaki soğuk sulara ait örnek lokasyon haritası

Çizelge 4.3. İnceleme alanındaki soğuk suların fizikokimyasal analiz sonuçları (*: keson kuyu; ** Kaynak; ***Çeşme) (Ekim 2008)

Örnek No	pH	T (^{0}C)	EC µS/cm	TDS mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	Cl mg/l	HCO_3 mg/l	SO_4 mg/l	Br mg/l	B mg/l	Sr mg/l	NO_3 mg/l	CAI-1	CAI-II	Rakım metre	Kuyu Derinliği metre	Su Sınıfı IAH (1979)
1	7,50	17,5	878	493	45,6	41	33,4	2,4	71	219,6	87	0,186	0,171	0,96	25,4	0,5	0,085	1041	120	Mg-Ca-Na-HCO_3-Cl-SO_4
10	7,80	17,2	741	492	45,6	41	33	2,4	66,03	226,3	78	-	-	-	23,9	0,46	0,093	1038	120	Mg-Ca-HCO_3-Cl-SO_4
19	7,74	15,9	862	560	54	45,6	41,4	2,4	97,6	231,8	87	-	-	-	30,8	0,55	0,154	1044	35	Mg-Ca-Na-HCO_3-Cl-SO_4
20	7,50	18,5	646	420	64	30	10,4	0,98	67,5	195,2	51,6	0,124	0,157	1,08	24,8	0,83	0,207	1045	53	Ca-Mg-HCO_3-Cl
21	8,22	17,6	585	360	42	32,4	12,4	3,71	71	158,6	39,6	-	-	-	109,1	0,77	0,18	996	90	Mg-Ca-HCO_3-Cl
22	8,00	17,8	1322	795	68,4	45,5	120	6,2	248,5	183	123,5	0,683	0,36	1,34	54,5	0,49	0,34	977	80	Na-Mg-Ca-Cl-HCO_3-SO_4
26	6,75	19,5	2522	1723	140	110,4	230	15,6	326,6	305	595,2	0,523	0,91	2,08	23,4	0,25	0,088	975	60	Na-Mg-Ca-SO_4-Cl
27	8,20	18	2761	1825	64	57,6	448,5	34,1	532,5	219,6	468,2	-	-	-	10	0,09	0,072	996	40	Na-Cl-SO_4
37	6,89	14	2141	1667	256	76,8	96,6	17,6	142	585,6	492	-	-	-	4,9	0,2	0,026	945	30	Ca-Mg-HCO_3-SO_4
39	7,03	18	1817	1332	176	82,2	73,6	30	199	463,6	308	0,373	0,526	2,1	12,6	0,22	0,031	971	40	Ca-Mg-HCO_3-SO_4
44	8,88	17,6	7326	5332	184	106,8	1593,9	31,2	2485	268,4	662,4	3,736	4,376	4,2	3,2	0,35	0,92	1010	120	Na-Cl
47	7,80	17,7	1876	1084	118	61,2	158,7	4,7	426	122	193	-	-	-	56,4	0,62	0,707	1034	110	Na-Ca-Mg-Cl-SO_4
50	8,20	15,8	582	384	52,8	16,3	31,7	3,71	63,9	183	32,4	-	-	-	71,8	0,45	0,099	1052	80	Ca-Na-Mg-HCO_3-Cl
53	7,75	16,2	562	425	50	43,7	0,35	0,9	53,3	244	32,5	0,09	0,088	0,51	37,3	0,98	0,166	1097	30	Mg-Ca-HCO_3-Cl
56	8,14	18,2	1041	688	52	43,2	92	1,2	131,4	256,2	111,8	0,446	1,024	1,33	37,7	0,29	0,094	978	45	Na-Mg-Ca-HCO_3-Cl-SO_4
57	7,84	18	2334	1560	65,8	84,8	313,7	2,6	355	292,8	444,8	1,972	3,3	3,96	36,4	0,11	0,05	926	30	Na-Mg-Cl-SO_4
60	7,82	18,7	1132	718	64	25,2	121	7	159,8	195,2	145,9	0,411	0,938	0,6	14,6	0,2	0,089	1004	90	Na-Ca-Cl-HCO_3-SO_4
61	8,00	18,4	3043	1950	113,8	180,4	256,8	1,95	461,5	146,4	789	3,432	1,253	7,16	42,8	0,44	0,207	952	60	Mg-Na-SO_4-Cl
66	8,10	17,5	521	322	46,5	12,8	29,21	3,7	53,3	122	54,5	0,154	0,147	0,66	28,1	0,38	0,1	1022	120	Ca-Na-Mg-HCO_3-Cl-SO_4
67	7,98	16,6	1626	1071	64,2	86,4	122,8	11,7	95,9	231,8	458,4	0,624	0,613	1,92	2,2	-0,4	-0,056	1009	150	Mg-Na-Ca-SO_4-HCO_3
68	7,99	18,1	2243	1525	120	102	186,3	11,7	142	262,3	700,8	-	-	-	54,7	-0,4	-0,055	985	100	Mg-Na-Ca-SO_4
70	7,97	16,2	1326	854	56	69,6	97,3	1,17	88,75	207,4	334,1	0,278	1,758	1,83	74	-0,11	-0,016	963	60	Mg-Na-Ca-SO_4-HCO_3
75	7,64	16,3	7228	5537	608	237,6	891,3	2,3	1473,3	207,4	2117,3	1,13	0,249	12,5	13,2	0,39	0,248	1137	55	Na-Ca-Mg-SO_4-Cl
76	7,69	15,2	1282	809	80	51,6	94,3	0,98	177,5	225,7	178,8	0,225	0,265	2,33	28,4	0,46	0,19	1135	40	Mg-Na-Ca-Cl-SO_4-HCO_3
80	7,65	16,4	1053	664	96,4	45,1	33,1	1,2	113,6	213,5	160,8	0,157	0,106	2,04	42,9	0,7	0,19	1155	80	Ca-Mg-HCO_3-SO_4-Cl
81	7,84	18	1567	943	75	88,8	87,9	2,4	177,5	140,3	371,1	0,193	0,316	2,53	25,8	0,49	0,16	1128	60	Mg-Na-Ca-SO_4-Cl

Çizelge 4.3. İnceleme alanındaki soğuk suların fizikokimyasal analiz sonuçları (*: keson kuyu; ** Kaynak; ***Çeşme) (Ekim 2008)

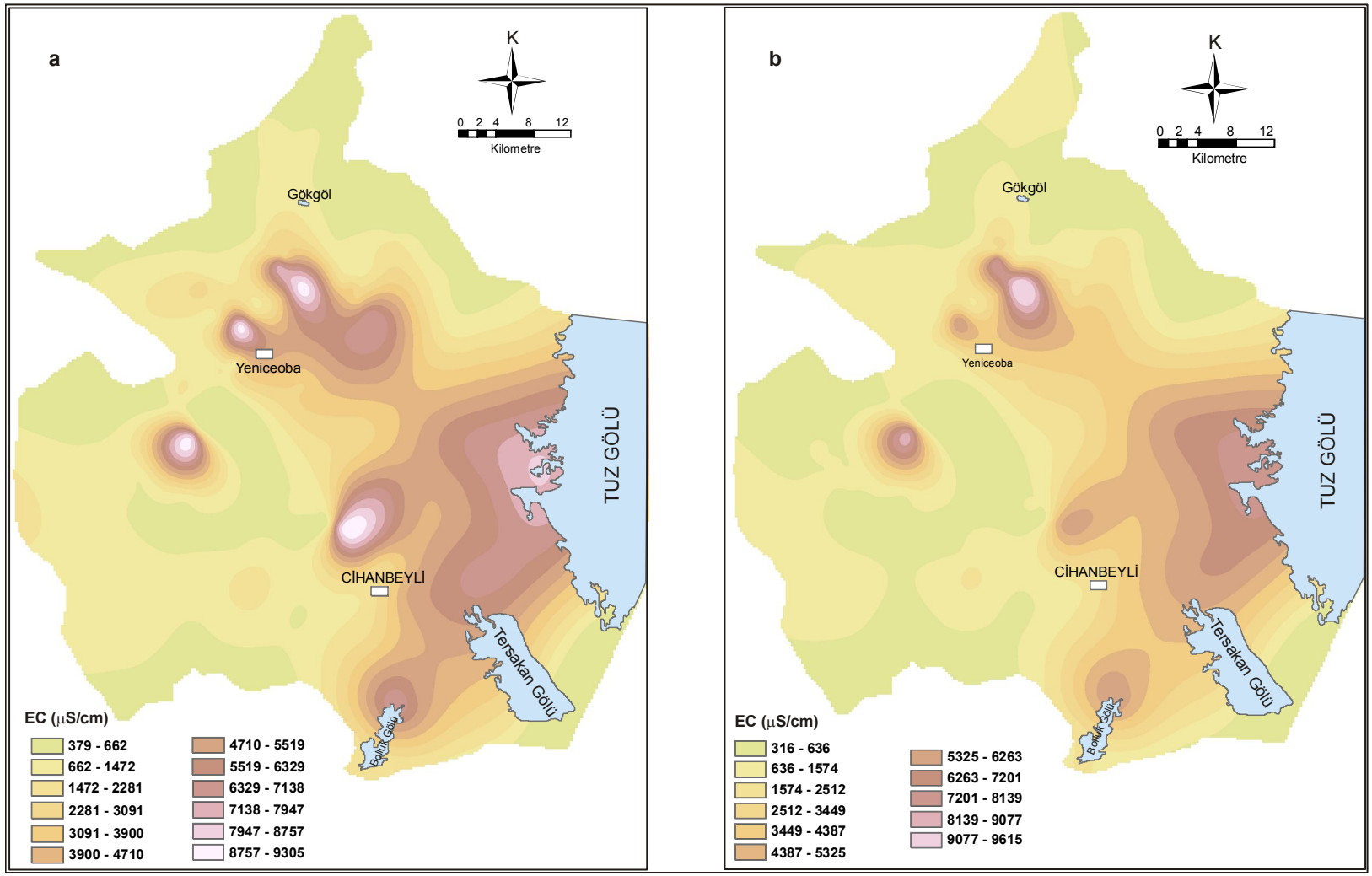
Örnek No	pH	T (^{0}C)	EC µS/cm	TDS mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	Cl mg/l	HCO_3 mg/l	SO_4 mg/l	Br mg/l	B mg/l	Sr mg/l	NO_3 mg/l	CAI-1	CAI-II	Rakım metre	Kuyu Der. metre	Su Sınıfı IAH (1979)
87	7,61	17	8917	7504	504	777,6	664,7	6,5	575,1	183	4793,6	1,052	0,841	16,2	15,4	-0,17	-0,02	955	50	Mg-Na-Ca-SO_4
88	7,83	18,2	2385	1562	118,4	142,2	149,3	3,9	177,5	195,2	775,7	0,616	1,679	5,3	17,5	0,14	0,025	949	80	Mg-Na-Ca-SO_4-Cl
89	8,02	17,2	3927	2710	89,6	240	430,6	3,9	479,3	170,8	1296	-	-	-	6	0,1	0,03	952	85	Mg-Na-SO_4-Cl
90	7,62	17,9	9305	7888	204	321,5	1965	11,7	1597,5	268,4	3519,8	10,41	9,174	5,24	24,4	-0,24	-0,1	946	50	Na-Mg-SO_4-Cl
91	7,58	17,6	3099	2055	88	126	404,6	10,1	553,8	231,8	640,8	-	-	-	31,5	0,25	0,154	959	54	Na-Mg-Cl-SO_4
95	7,56	17,5	3094	2064	60,8	155,5	384,6	10,1	532,5	268,4	652	1,589	2,323	2,12	9,3	0,26	0,15	958	90	Na-Mg-Cl-SO_4
96	7,90	17,3	6227	4914	117,6	268,8	1078,7	9,8	661,7	244	2534	3,937	3,308	3,4	5,4	-0,65	-0,15	954	80	Na-Mg-SO_4-Cl
97	7,65	17,2	3338	2136	176,6	162	294,4	4,9	639	146,4	713	1,567	0,435	7,77	99,9	0,53	0,35	968	90	Mg-Na-Ca-Cl-SO_4
100	8,17	16,8	833	546	24	62,4	41,4	2,3	71	244	101,3	-	-	-	-	0,38		1312	50	Mg-Na-HCO_3-SO_4-Cl
102	8,00	16,3	834	529	67,2	31,9	42,4	0,6	71	183	132,5	0,277	0,428	1,364	118	0,39	0,065	937	34	Ca-Mg-Na-HCO_3-SO4-Cl
108	8,00	15	786	495	48,3	34,8	45,3	0,7	53,3	158,6	153,7	0,504	0,517	1,13	28,7	0,14	0,021	963	60	Mg-Ca-Na-SO_4-HCO_3-Cl
109	7,70	17,8	825	560	60	29,4	55,89	5,3	78,1	242,8	88	0,303	0,314	0,83	27	0,22	0,047	1015	110	Ca-Mg-Na-HCO_3-Cl-SO_4
112	7,88	18,2	6335	4721	268	414	660,6	10,1	1036,6	204,4	2127,8	7,524	1,071	16,03	55,7	0,35	0,153	946	80	Mg-Na-SO_4-Cl
25*	7,37	16	4702	3395	292	258,7	370	48	532,5	219,6	1674	1,945	2,017	6,22	38,9	0,22	0,059	947	15	Mg-Na-Ca-SO_4-Cl
48*	7,17	15	1894	1296	120	132	57,5	21,5	266,3	451,4	247,2	-	-	-	22,8	0,7	0,26	936	15	Mg-Ca-Cl-HCO_3-SO_4
49*	8,02	17	1070	712	128	40,1	12,7	7	124,3	305	94,6	-	-	-	301	0,84	0,15	1062	20	Ca-Mg-HCO_3-Cl
54*	7,95	17,7	2805	1865	24	62,4	518,3	2,3	497	195,2	566,2	1,787	3,167	1,40	95	-0,05	-0,03	970	20	Na-Cl-SO_4
55*	7,93	15	3071	2110	80	100,8	457,5	2,3	355	195,2	919,2	1,544	4,909	3,13	948	-0,3	-0,05	936	18	Na-Mg-SO_4-Cl
120**	7,82	17,5	608	417	37,8	38,7	18,7	1,95	42,8	222,7	54	0,121	0,14	0,84	24	0,52	0,074	1040	-	Mg-Ca-HCO_3-Cl
121**	7,55	16,8	657	439	38	38,3	30,1	1	63,2	213,5	55	0,141	0,194	1,26	27,2	0,51	0,108	1047	-	Mg-Ca-Na-HCO_3-Cl
122**	7,90	16,2	659	427	37,6	38,4	26,9	2,3	65,7	195,2	60,5	0,147	0,193	1,1	27,9	0,56	0,128	1039	-	Mg-Ca-HCO_3-Cl
123**	7,60	14,5	745	537	60,4	36,4	37	2,4	72,1	260,8	68	0,151	0,163	1,1	30,2	0,45	0,091	1030	-	Mg-Ca-Na-HCO_3-Cl
126***	7,92	15	917	574	48	57,6	36,8	1,4	71	146,4	212,9	-	-	-	-	0,46	0,09	1126	-	Mg-Ca-SO_4-HCO_3-Cl
127***	7,85	17,2	507	337	40	33,6	1,7	2,3	53,3	195,2	11,1	-	-	-	49,3	0,93	0,193	1036	-	Mg-Ca-HCO_3-Cl
128***	7,77	17	662	443	32	38,4	36,8	4,7	88,8	231,8	10,6	-	-	-	-	0,53		1013	-	Mg-Ca-Na-HCO_3-Cl
131***	8,15	16,2	523	349	16	38,4	21,9	5,85	53,3	195,2	18,2	-	-	-	22,9	0,48	0,108	1035	-	Mg-HCO_3-Cl

Çizelge 4.4. İnceleme alanındaki soğuk suların fizikokimyasal analiz sonuçları (*: keson kuyu; ** Kaynak; ***Çeşme) (Mayıs2009)

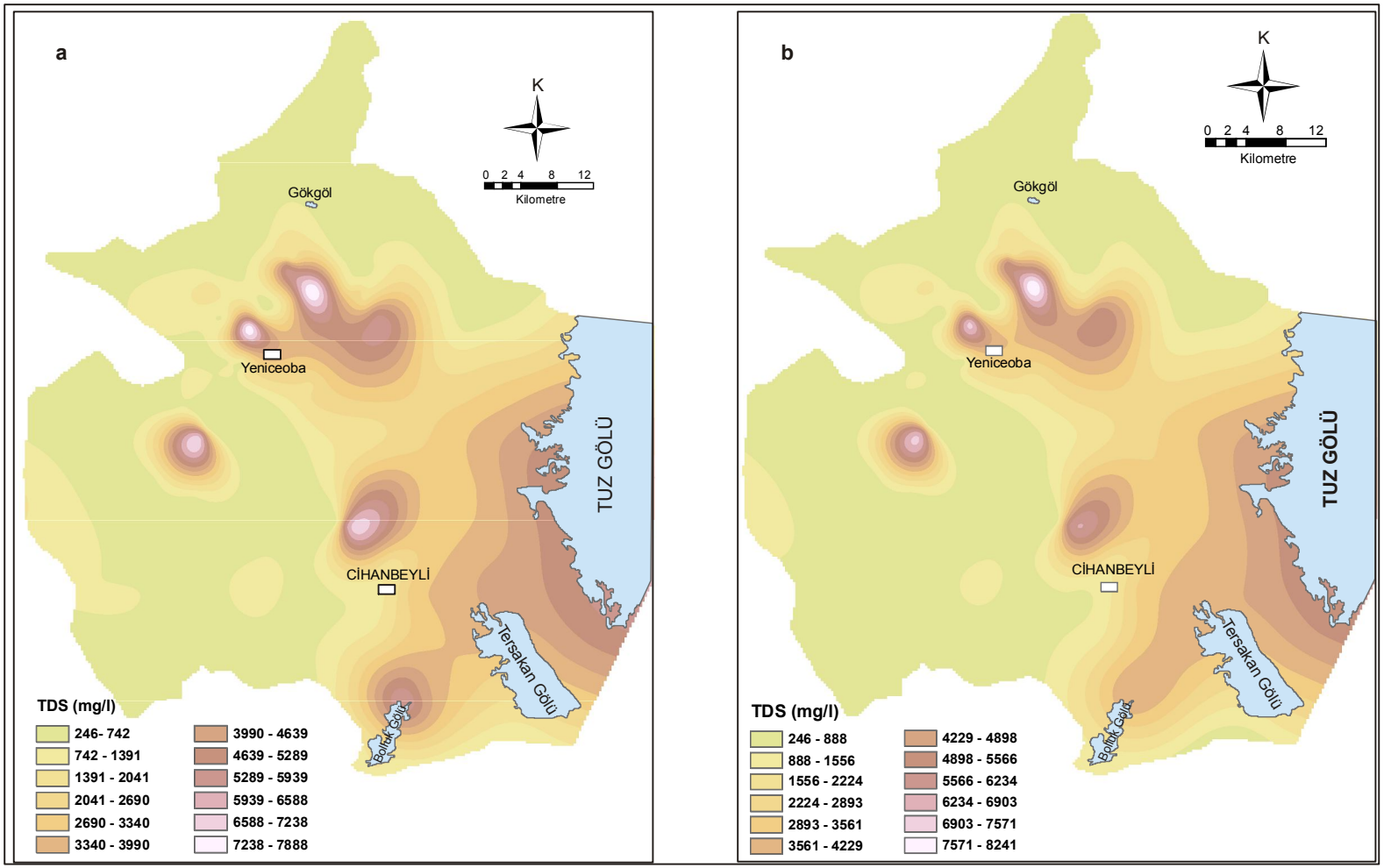
Örnek No	pH	T	EC	TDS	Ca	Mg	Na	K	Cl	HCO_3	SO_4	NO_3	Br	B	Sr	CAI-1	CAI-II	Su Sınıfı
		(^{0}C)	µS/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l			IAH (1979)
1	8,04	17	727	504	48	39,6	34,5	2,3	71	262,3	46	27,2	0,19	0,17	0,94	0,48	0,102	Mg-Ca-Na-HCO_3-Cl
10	8,00	16,8	731	502	48,6	39	34,7	2	71	261,1	46	22,8	-	-	-	0,48	0,104	Mg-Ca-Na-HCO_3-Cl
19	7,76	14,5	741	517	55	36	36,8	2,3	78,1	274,5	34	25,6	-	-	-	0,5	0,12	Mg-Ca-Na-HCO_3-Cl
20	8,12	17,6	484	343	49	20,4	13,8	0,6	42,6	213,5	3	24,8	0,12	0,15	1,065	0,66	0,12	Ca-Mg-HCO_3-Cl
21	8,10	16	604	389	47,6	33,4	11,5	3,7	71	195,2	26,4	117,6	-	-	-	0,79	0,17	Mg-Ca-HCO_3-Cl
22	7,82	18,4	1231	749	64	48	103,5	5,9	248,5	219,6	59,5	60,3	0,68	0,38	1,34	0,56	0,41	Na-Mg-Ca-Cl-HCO_3
26	7,39	18,8	2066	1409	114,4	91,7	177,1	15,2	284	378,2	348	17,4	0,52	1,02	2,081	0,32	0,123	Na-Mg-Ca-Cl-SO_4-HCO_3
37	7,11	15,7	2110	1595	128	153,6	86,3	19,3	142	622,2	443,8	2,8	-	-	-	0,26	0,034	Ca-Mg-HCO_3-SO_4
39	7,65	16,7	1765	1334	184	73,2	57,04	26,9	117,2	591,7	262,6	11,3	0,33	1,95	2,075	0,28	0,038	Ca-Mg-HCO_3-SO_4
44	7,64	18,8	6781	4786	171	97,1	1449	30,4	2548,9	353,8	135,4	3,2	3,78	4,44	4,183	0,42	2,172	Na-Cl
47	7,72	15,6	1918	1146	128	67,2	151,8	2,34	372,8	152,5	271,7	47,6	-	-	-	0,59	0,463	Na-Ca-Mg-Cl-SO_4
50	8,26	16	555	388	48	19,2	31,1	2,34	53,3	219,6	14,9	64,8	-	-	-	0,37	0,066	Ca-Mg-Na-HCO_3-Cl
53	7,98	12	596	436	64	28,8	0,5	10,1	35,5	292,8	3,8	25,4	0,08	0,04	0,51	0,70	0,077	Ca-Mg-HCO_3
56	7,81	14	996	702	60,8	40,3	86,3	0,9	142	353,8	17,9	22,7	0,45	1,09	1,34	0,39	0,14	Na-Mg-Ca-HCO_3-Cl
57	7,85	17	2037	1414	64	57,6	303,6	2,3	355	427	204,5	43,1	1,91	3,28	3,96	0,14	0,073	Na-Mg-Cl-HCO_3-SO_4
60	7,65	17,8	977	704	56	19,2	120,8	5,1	88,8	305	109,4	9,3	0,38	0,79	0,591	-0,42	-0,087	Na-Ca-HCO_3-Cl-SO_4
61	7,87	17,3	2980	1968	88	163,2	310,5	1	426	219,6	759,6	42,8	3,31	1,22	6,912	0,27	0,112	Mg-Na-SO_4-Cl
66	8,29	17,6	576	404	56	9,6	44,9	3,7	63,9	219,6	6,0	24,4	0,19	0,16	0,668	0,24	0,061	Ca-Na-HCO_3-Cl
67	7,94	15,4	1554	1051	96	75,4	98,4	7,3	106,5	305	362,3	0	0,62	0,63	1,903	0,01	0,001	Mg-Ca-Na-SO_4-HCO_3
68	7,69	14,8	2113	1446	112	96	180,6	10,1	177,5	317,2	552,5	58,6	-	-	-	-0,074	-0,014	Mg-Na-Ca-SO_4-HCO_3-Cl
70	7,87	18,5	1162	774	48	57,6	96,6	1	96,2	262,3	211,9	62,9	0,3	1,8	1,54	-0,014	-0,003	Mg-Na-Ca-SO_4-HCO_3-Cl
75	7,61	15,8	7189	5614	610,4	270,4	825,7	1,6	1171,5	219,6	2514,7	9,3	0,98	0,2	12,33	0,294	0,126	Na-Ca-Mg-SO_4-Cl
76	7,87	16,1	1411	930	94,6	61,2	96,1	0,98	170,4	298,9	208,1	30,2	0,21	0,25	2,39	0,43	0,136	Mg-Ca-Na-HCO_3-Cl-SO_4
80	7,85	16,5	1023	669	100	42	32,7	0,98	113,6	262,3	117,4	38,9	0,16	0,10	2,06	0,704	0,19	Ca-Mg-HCO_3-Cl-SO_4
81	7,94	18,1	1379	862	68,2	74,5	84	2,3	142	201,3	289,4	31,5	0,17	0,28	2,27	0,39	0,107	Mg-Na-Ca-SO_4-Cl-HCO_3

Çizelge 4.4. İnceleme alanındaki soğuk suların fizikokimyasal analiz sonuçları (*: keson kuyu; ** Kaynak; ***Çeşme) (Mayıs2009)

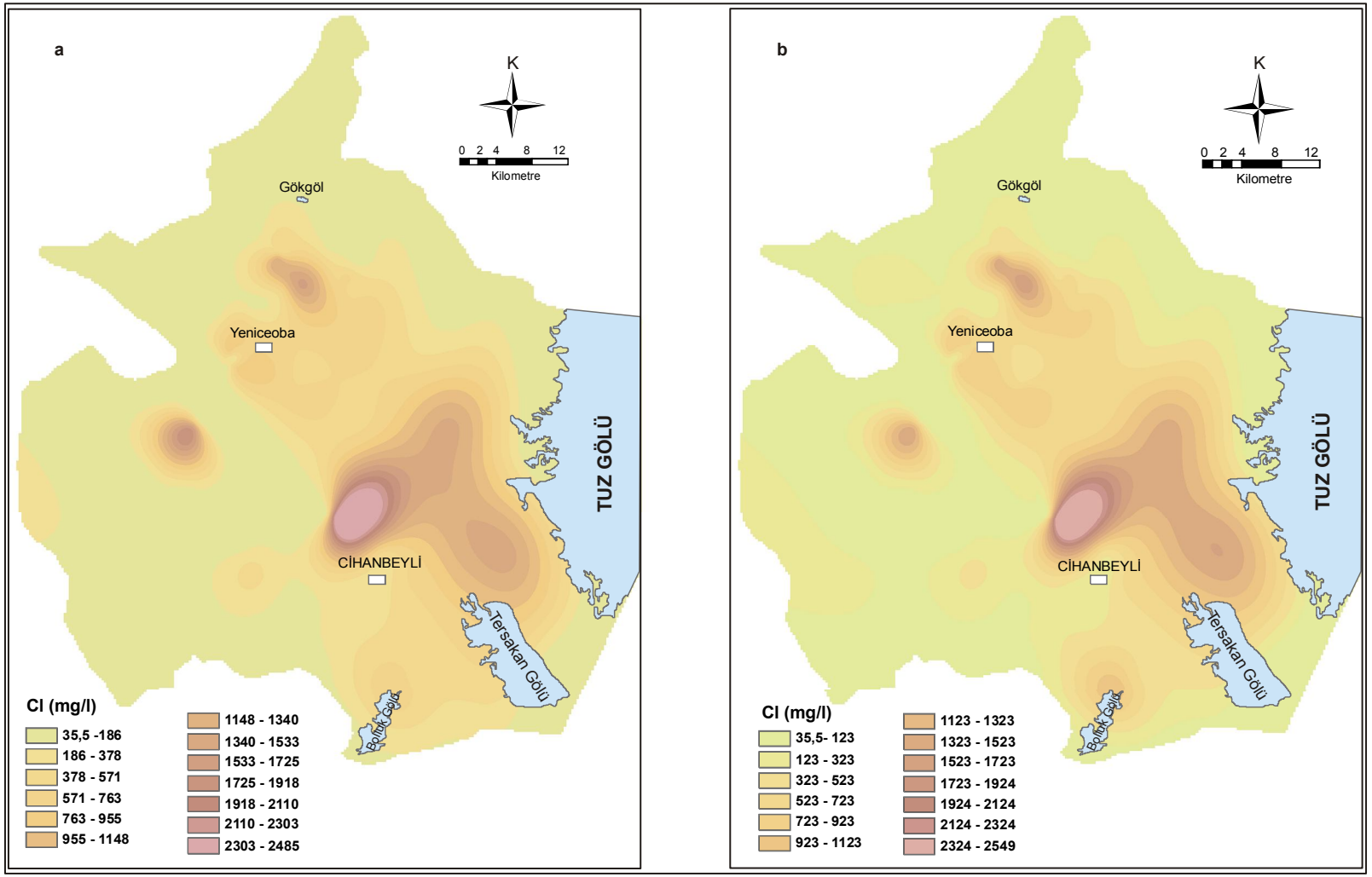
Örnek No	pH	T	EC	TDS	Ca	Mg	Na	K	Cl	HCO_3	SO_4	NO_3	Br	B	Sr	CAI-1	CAI-II	Su Sınıfı
		(^{0}C)	µS/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	ppm	ppm	ppm			IAH (1979)
87	7,72	15,4	8442	6953	456	798	509,2	4,7	621,3	231,8	4332,5	24,4	1,19	0,91	15,93	0,173	0,0234	Mg-Ca-SO_4
88	7,96	17,2	1843	1189	80	96	144,9	3,7	195,3	236,7	432,7	31,5	0,64	1,69	5,37	0,239	0,0666	Mg-Na-Ca-SO_4-Cl-HCO_3
89	8,13	16,3	3666	2482	104	231,6	356,5	3,7	532,5	231,8	1022	9,3	-	-	-	0,324	0,1364	Mg-Na-SO_4-Cl
90	7,75	15,9	9615	8241	240	336	2024	10,1	1728,9	390,4	3511,7	28,7	10,54	9,33	5,41	-0,177	-0,078	Na-Mg-SO_4-Cl
91	7,84	16,7	2954	1913	120	100,8	372,6	10,1	639	250,1	420,5	38,9	-	-	-	0,401	0,3612	Na-Mg-Cl-SO_4
95	7,84	15,9	2916	1960	119,2	128,	328,9	4,7	532,5	353,8	492,5	11,3	1,58	2,34	2,28	0,374	0,232	Na-Mg-Cl-SO_4
96	7,99	15,2	6137	4838	132	261,6	1044,2	16,8	692,3	298,9	2391,8	27	3,9	3,36	3,69	-0,533	-0,136	Na-Mg-SO_4-Cl
97	7,62	15,4	2821	1682	192,4	143,4	169,7	3,5	745,5	195,2	232	118	1,62	0,53	7,98	0,768	1,049	Mg-Ca-Na-Cl
102	8,06	14,3	798	530	64	33,6	40,4	0,47	71	231,8	88,7	99,9	0,27	0,42	1,33	0,425	0,0717	Ca-Mg-Na-HCO_3-Cl-SO_4
108	8,13	16,7	596	421	43,2	26,9	34,5	0,6	56,8	244	15	17,4	0,52	0,47	1,12	0,382	0,0785	Mg-Ca-Na-HCO_3-Cl
109	7,50	18	793	586	62	30	55,2	5,3	74,6	323,3	35	22,9	0,32	0,3	0,7	0,189	0,0369	Ca-Mg-Na-HCO_3-Cl
112	7,94	18	6170	4545	300	448,8	506	10,1	994	219,6	2067	62,9	7,49	1,003	15,86	0,481	0,2034	Mg-Na-Ca-SO_4-Cl
25*	7,10	15,8	4592	3352	318	249,6	338,6	46,4	568	347,7	1483,7	43,1	1,96	2,06	6,31	0,322	0,0976	Mg-Ca-Na-SO_4-Cl
48*	7,14	14,9	1136	930	120	52,8	48,3	10,1	106,5	579,5	12,5	17,4	-	-	-	0,451	0,0789	Ca-Mg-HCO_3-Cl
49*	7,67	15,1	1050	721	168	14,4	12,7	7,8	142	335,5	40,8	301	-	-	-	0,856	0,1795	Ca-HCO_3-Cl
54*	8,15	14,2	2743	1858	48	49,9	506	2,3	532,5	305	413,8	51,7	1,83	3,21	1,86	0,045	0,0314	Na-Cl-SO_4
55*	7,97	14,3	2865	2048	64	96	448,5	2,3	362	402,6	679,7	758,4	1,54	4,93	2,94	-0,27	-0,052	Na-Mg-SO_4-Cl-HCO_3
120**	8,10	15,7	566	403	40,8	33,6	17,3	2,3	40,8	244	24	13,7	0,11	0,14	0,77	0,52	0,0754	Mg-Ca-HCO_3-Cl
121**	7,82	16,2	585	404	43	31,3	22,5	0,98	53,3	225,7	27	12,8	0,13	0,19	1,28	0,558	0,1119	Mg-Ca-HCO_3-Cl
122**	8,14	15,6	588	403	42,4	32,6	19,8	2,3	53,3	225,7	26,9	22,9	0,13	0,18	1,11	0,585	0,113	Mg-Ca-HCO_3-Cl
123**	7,71	13,4	711	534	64	39,4	25,8	2,3	78,1	292,8	31,7	9,3	0,16	0,18	1,18	0,64	0,1498	Mg-Ca-HCO_3-Cl
126***	7,94	14	876	557	48	57,6	50,6	4,7	42,6	256,2	197,8	10,8	-	-	-	-0,298	-0,028	Mg-Ca-Na-HCO_3-SO_4
131***	7,85	15,4	483	331	40	34,9	24,2	5,1	42,6	237,9	46,6	-	-	-	-	0,314	0,047	Mg-Ca-HCO_3



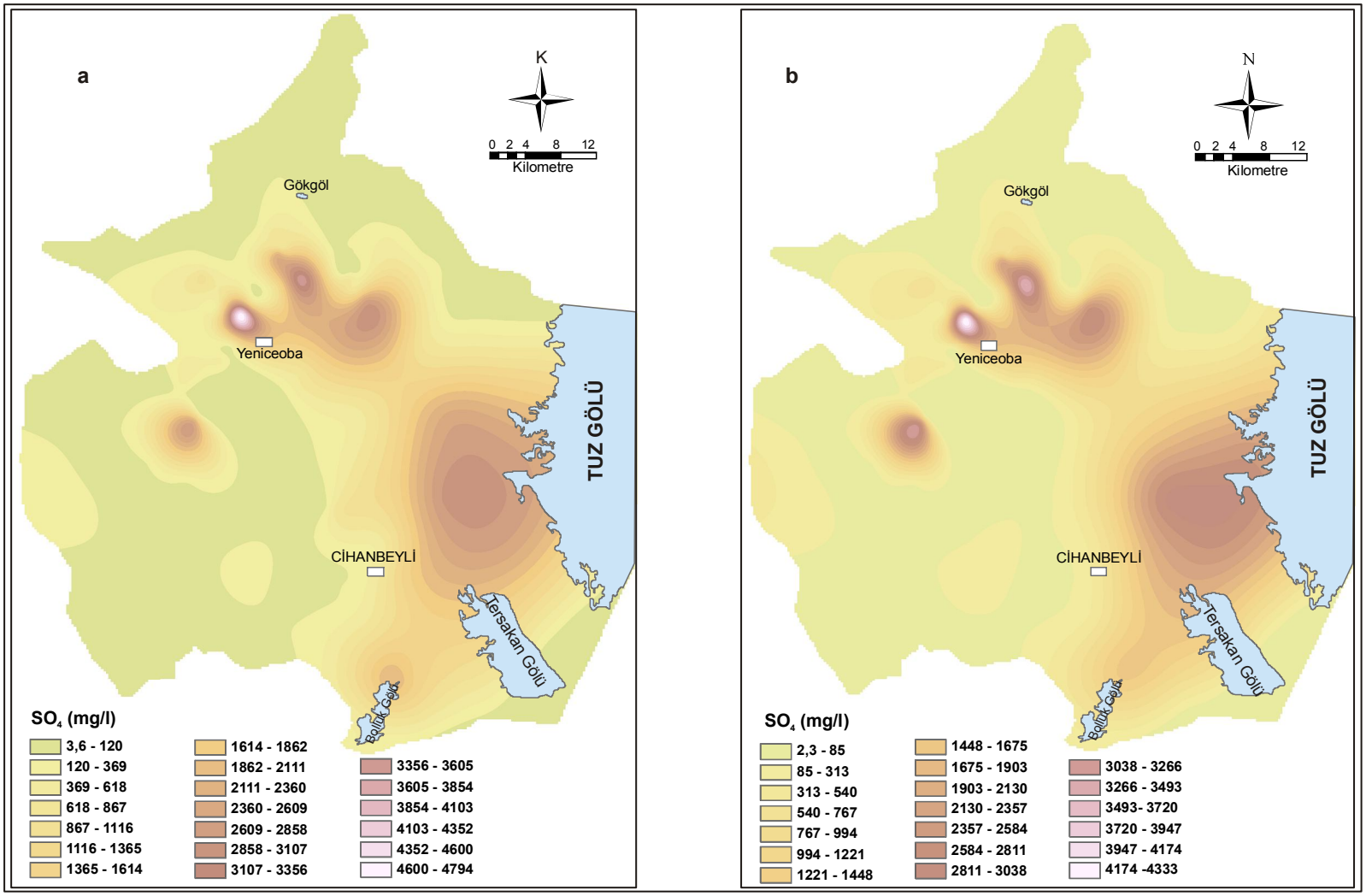
Şekil 4.77. İnceleme alanındaki soğuk yeraltısularının EC (µS/cm) haritası a: Ekim 2008 b: Mayıs 2009



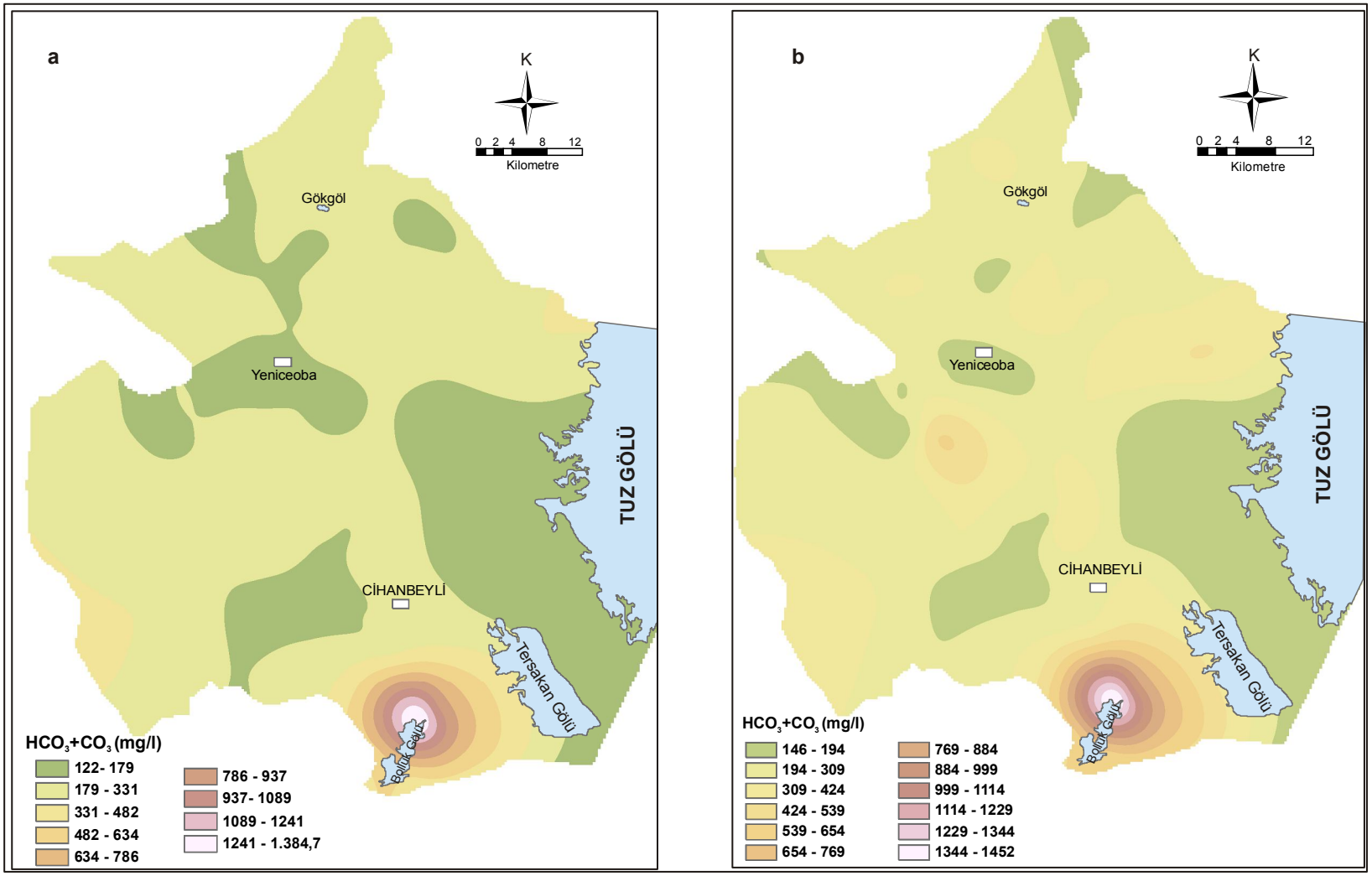
Şekil 4.78. İnceleme alanındaki soğuk yeraltısularının TDS (mg/l) haritası a: Ekim 2008 b: Mayıs 2009



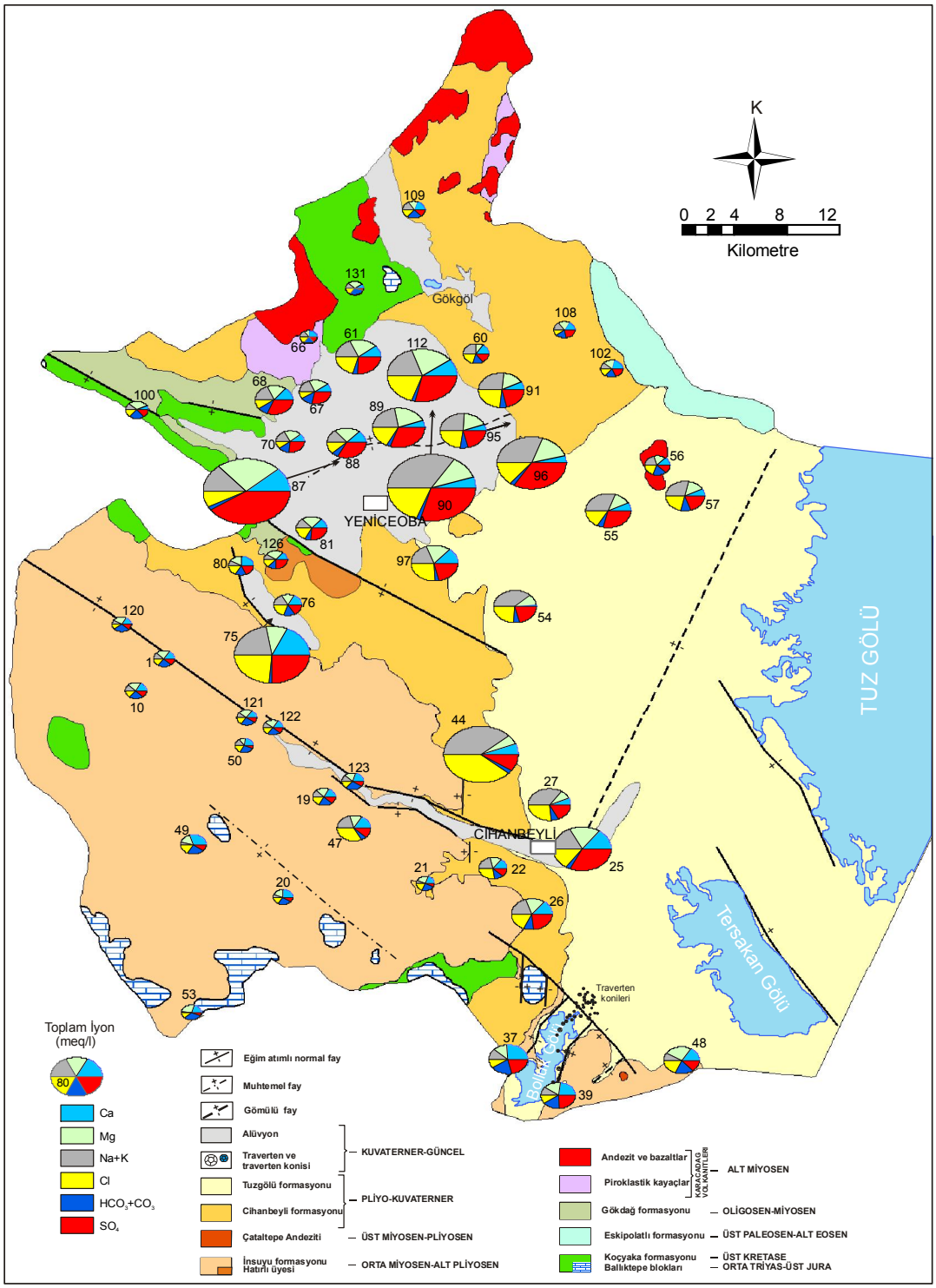
Şekil 4.79. İnceleme alanındaki soğuk yeraltısularının Cl (mg/l) haritası a: Ekim 2008 b: Mayıs 2009



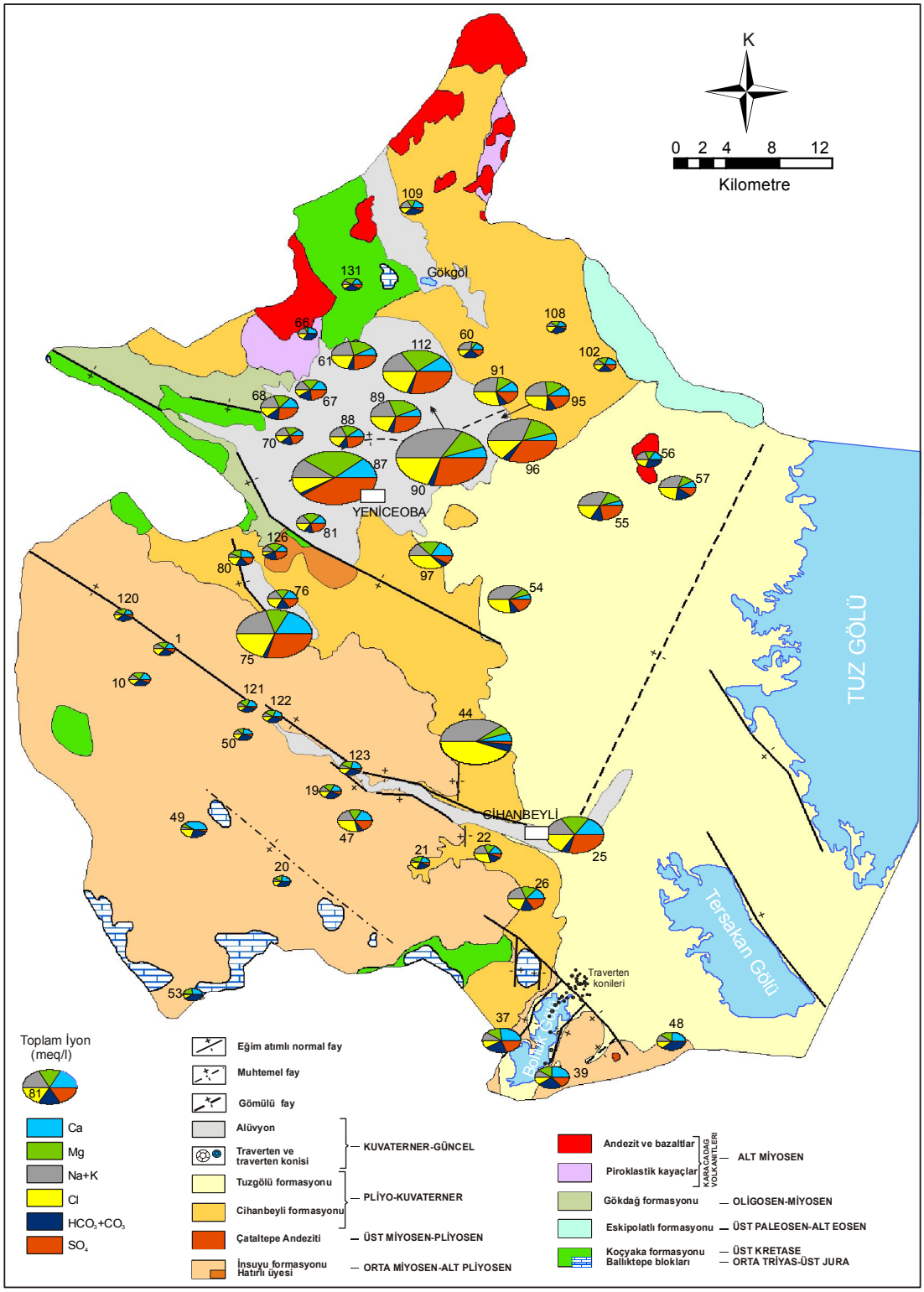
Şekil 4.80. İnceleme alanındaki soğuk yeraltısularının SO_4 (mg/l) haritası a: Ekim 2008 b: Mayıs 2009



Şekil 4.81. İnceleme alanındaki soğuk yeraltısularının HCO_3+CO_3 (mg/l) haritası a: Ekim 2008 b: Mayıs 2009



Şekil 4.82. İnceleme alanındaki soğuk yeraltısularının kurak dönem yüzde iyon dağılımları (Ekim 2008)



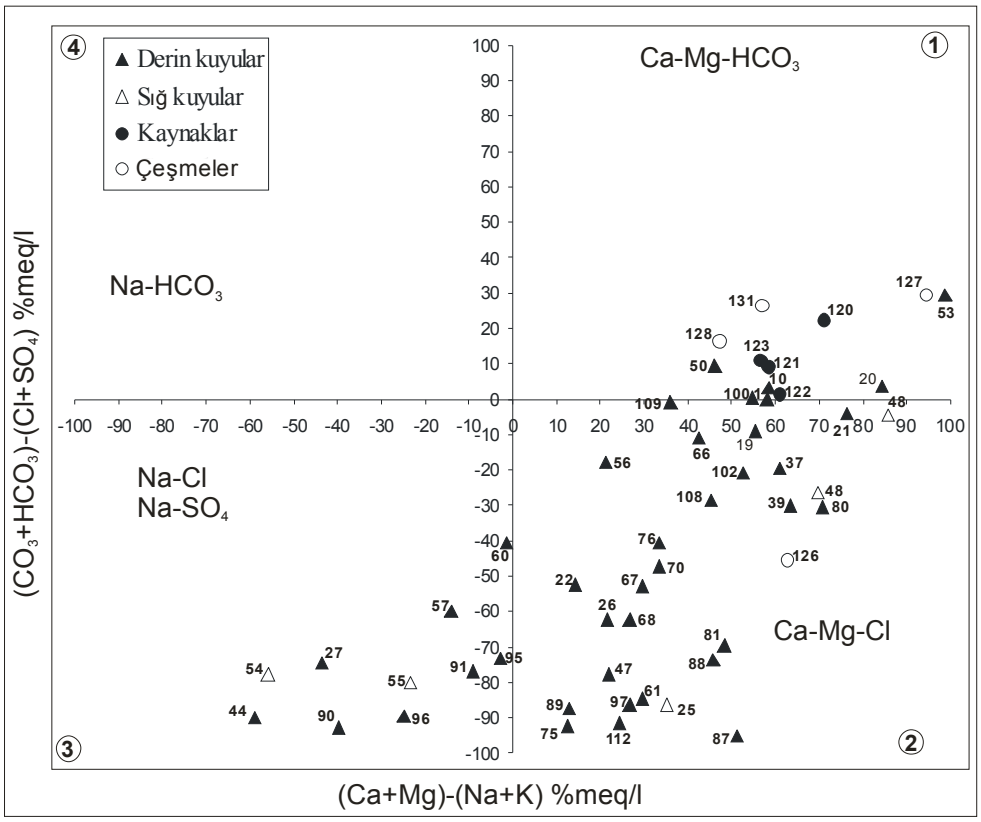
Şekil 4.83. İnceleme alanındaki soğuk yeraltısularının yağışlı dönem yüzde iyon dağılımları (Mayıs 2009)

4.6.4.1. Hidrokimyasal Fasiyesler

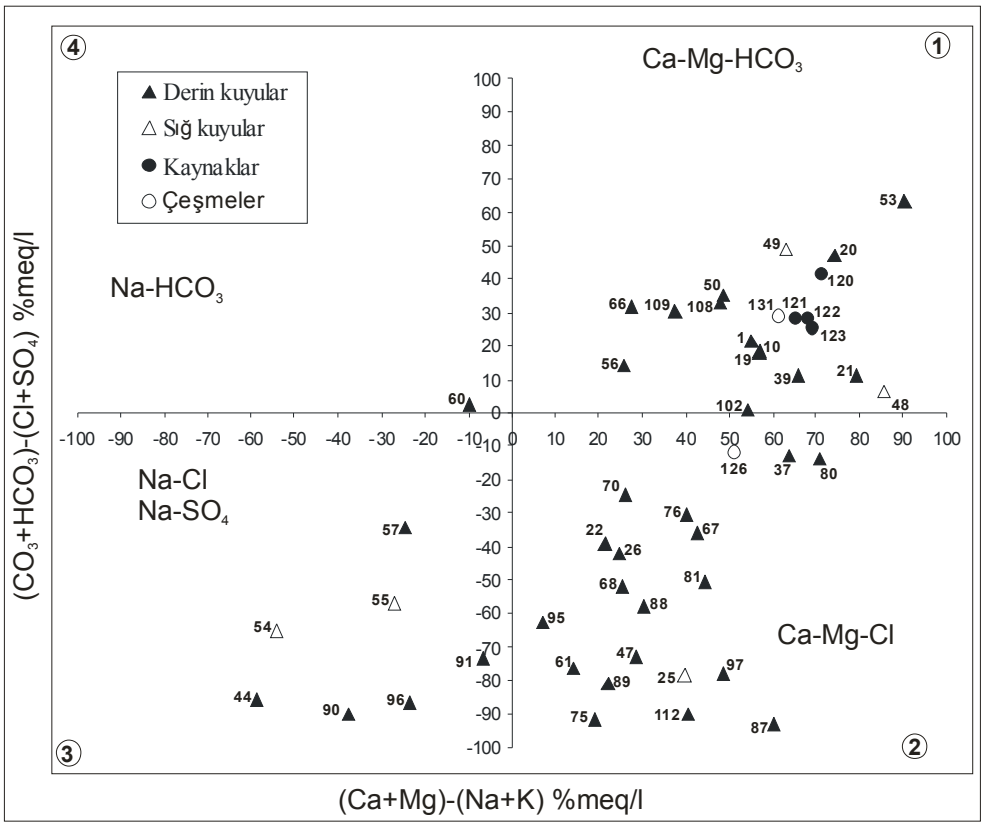
İnceleme alanındaki yeraltısuyunu sınıflandırmak ve hidrokimyasal işlemleri tanımlamak için Chadha (1999) diyagramı kullanılmıştır. Bu diyagram, Piper (1944) diyagramının değiştirilmiş, Durov (1948) diyagramının ise genişletilmiş halidir. Farkı ise, iki eşkenar üçgenin çıkarılmış olmasıdır (Chadha 1999).

Freze ve Cherry (1979) ve Domenico ve Schwartz (1990), fasiyes formasyonundaki litolojik etkinin oldukça fazla olduğunu ve sulardaki hakim katyonlar ve anyonlara göre suların fasiyeslerinin belirlenebileceğini belirtmişlerdir.

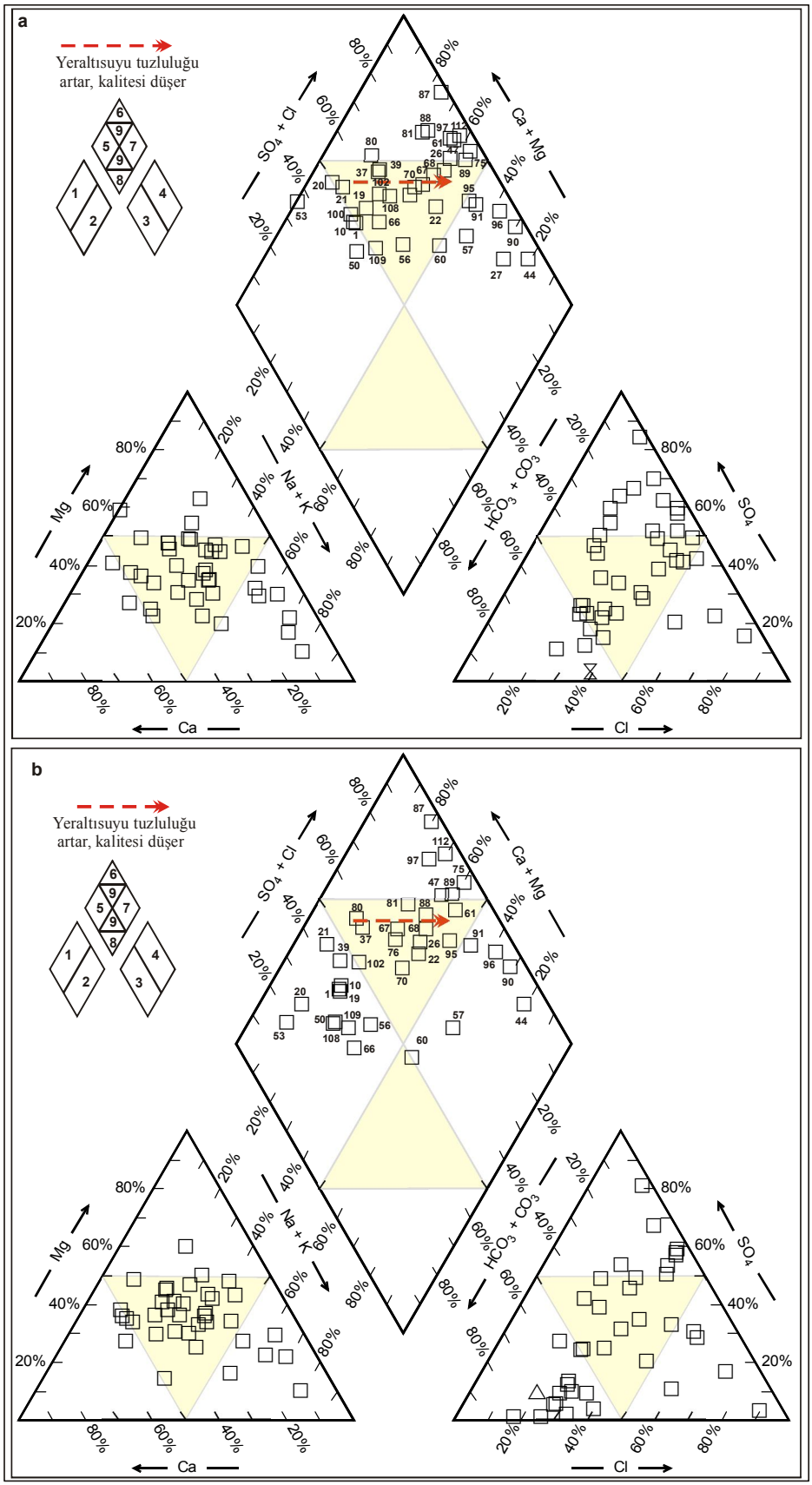
Chadha (1999) diyagramına göre inceleme alanındaki suları 3 fasiyes altında toplanmıştır (Şekil 4.84, 4.85). Kurak dönemde 1, 10, 20, 50, 53, 100 nolu derin kuyulardan alınan sular, 127,128,131, nolu çeşmeler ve tüm soğuk su kaynakları (Örnek no:120, 121, 122, 123) 1 nolu alana düşmüştür. Yağışlı dönemde ise 1, 10, 19, 20, 21, 39, 50, 53, 56, 66, 102, 108, 109 nolu derin kuyular, 48 ve 49 nolu sığ kuyular, 131 nolu çeşme suyu ve tüm soğuk su kaynakları 1 nolu alana düşmüştür. 1 nolu alandaki sular Ca/Mg-HCO_3 fasiyesinde olup, alkali topraklar ve zayıf asidik anyonlar > sırasıyla alkali metaller ve güçlü asitik anyonlardır ve geçici sertliğe sahiptir. 27, 44, 57, 60, 90, 91, 95 ve 96 nolu derin su kuyularından alınan su örnekleri, 54 ve 55 nolu sığ kuyulardan alınan su örnekleri 3 nolu bölgeye düşmüştür. Yağışlı dönemde ise 44, 57, 90, 91, 96, 54 ve 55 nolu örnekleri ise 3 nolu bölgeye düşmüştür. Bu tip sular Na-Cl ve Na-SO_4 fasiyesinde olup, alkali metaller > alkali topraklar ve güçlü asitik anyonlar>zayıf asitik anyonlardır ve böyle sular genellikle hem içme suyu hemde sulama suyu olarak tuzluluk problemi oluştururlar. Bu bölgede kendi içerisinde 2 alt fasiyese ayrılmaktadır. 27, 44, 57, 60, 91, 95 nolu derin kuyular ve 54 nolu sığ kuyudan alınan örnekler Na-Cl fasiyesinde 90, 96 nolu derin kuyular ve 55 nolu sığ kuyulardan alınan örnekler ise Na-SO_4 fasiyesindedir. 60 nolu örnek yağışlı dönemde 4 nolu bölgeye düşmüştür. Bu tip sular Na-HCO_3 fasiyesinde olup, alkali metaller >alkali topraklar, zayıf asitik anyonlar > güçlü asitik anyonlardır. Böyle sular, zirai amaçlı kullanımda fazla sodyum karbonatı depolamakta ve köpürme problemlerine yol açmaktadır.



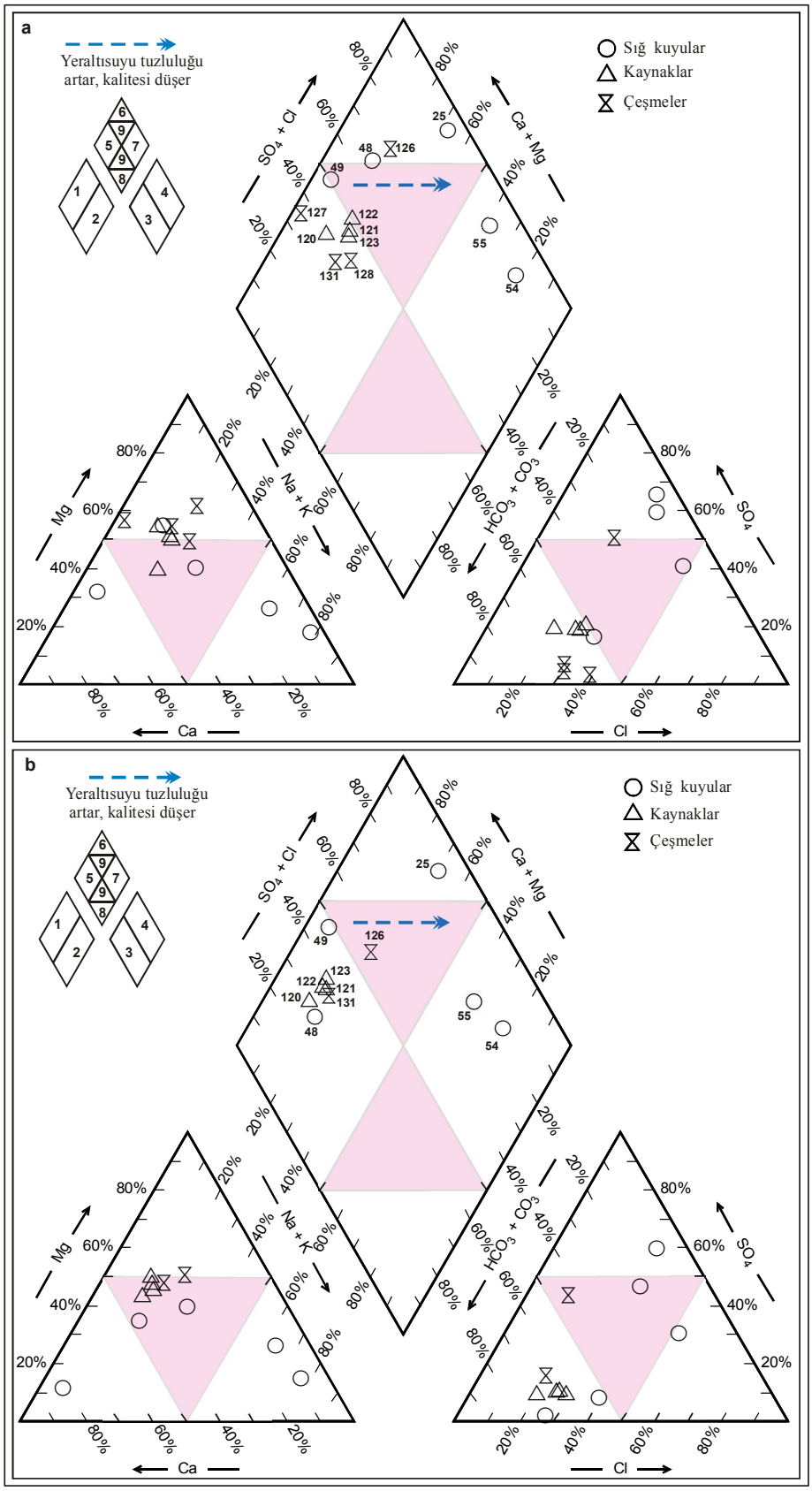
Şekil 4.84. İnceleme alanındaki sulara ait Chadha Diyagramı (1999) (Ekim 2008)



Şekil 4.85. İnceleme alanındaki sulara ait Chadha Diyagramı (1999)(Mayıs 2009)



Şekil 4.86. İnceleme alanınındaki derin kuyulardan alınan suların Piper (1944) diyagramı a:Ekim 2008 b: Mayıs 2009



Şekil 4.87. İnceleme alanınındaki sığ kuyular, kaynaklar ve çeşmelerden alınan suların Piper (1944) diyagramı a:Ekim 2008 b: Mayıs 2009

İncelenen diğer tüm sular 2 nolu bölgeye düşmüşlerdir. Bu tip sular Ca-Mg-Cl fasiyesinde olup alkali topraklar >alkali metaller, güçlü asitik anyonlar >zayıf asitik anyonlar ve sürekli bir sertliğe sahip olup sulama kullanımındaki sodyum karbonat tortusunu depolamaz (Chadha, 1999) (Şekil 4.84, 4.85).

Piper diyagramına göre inceleme alanındaki yeraltısuları sınıflandıracak olursak, (Çizelge 4.5, 4.6) inceleme alanının güney- güneybatısında bulunan İnsuyu formasyonu içerisinden alınan sular ve tüm kaynaklar ile Karacadağ piroklastik kayaçların içerisinden alınan 66 nolu örnek, inceleme alanının en kuzeyinde Cihanbeyli formasyonu içerisinde bulunan 108 ve 109 nolu örnekler Ca-Mg-(Na)-HCO_3 ve/veya Mg-Ca-(Na)-HCO_3 fasiyesindedirler. 47, 61, 75, 87, 88, 89, 97, 112 ve 25 nolu kuyular ile 126 nolu çeşmeden alınan su örneği Mg-Ca-SO_4, Ca-Mg-SO_4, Mg-Na-SO_4 ve Ca-Na-SO_4 fasiyesindedir. 27, 44, 54, 55, 57, 60, 90, 91, 95, 96 nolu kuyular ise Na-Cl fasiyesindedirler. Diğer tüm sular karışım bölgesine düşmüştür. İnceleme alanının kuzeyinde bulunan 60 nolu su örneği kurak dönemde Na-Cl fasiyesinde iken yağışlı dönemde Na-HCO_3 fasiyesine geçmiştir (Şekil 4.86. a,b ve Şekil 4.87 a,b).

Yeraltısuyu örnekleri incelendiğinde alt havzada batı ve güneybatı ya doğru gidildikçe, üst havzada ise kuzey ve kuzeybatıya doğru yani, dağlık bölgelere gidildikçe Ca-Mg-(Na)-HCO_3 ve/veya Mg-Ca-(Na)-HCO_3 fasiyesi hakim iken, her iki havzada da doğu ve güneydoğuya doğru ve Yeniceoba ovasında ve Kuşça Köyü alüvyon düzlüğünde, yeraltısuları yüksek EC ve TDS değerlerine sahiptir ve bu örneklerde iyonlar yüksek konsantrasyonlara ulaşmıştır (Şekil 4.82, 4.83).

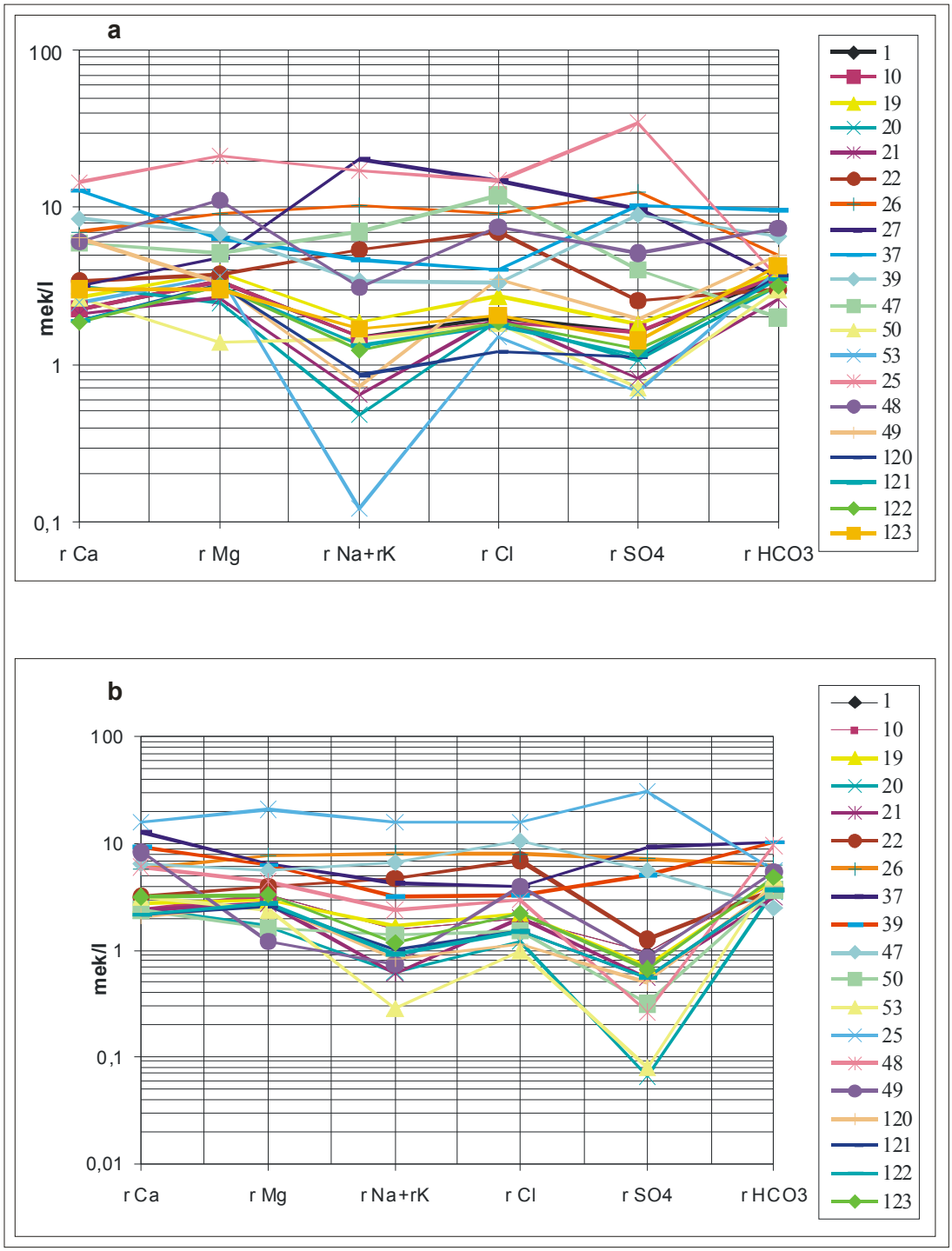
İnceleme alanına ait su örnekleri kurak ve yağışlı dönemde yarı logaritmik Schoeller diyagramı üzerinde iki alt havzada incelenmiştir. Schoeller diyagramına göre alt havzada suların iyon içeriği doğu, günydoğuya doğru artış göstermektedir (Şekil 4.88 a,b). Üst havzada ise dağlık araziden, düz araziye doğru ve inceleme alanının doğusuna doğru iyon içeriklerinde artış gözlenmektedir. Genel olarak üst havzada inceleme alanının doğusundan alınan sular ile Yeniceoba ovasından alınan suların iyon içerikleri alt havzaya ait suların iyon içeriklerine göre daha yüksek değerdedir (Şekil 4.89 a,b). Ayrıca kaynaklar, sığ kuyular ve çeşmelerden alınan (126 nolu örnek hariç) suların iyon içerikleri diğer tüm su örneklerine göre daha düşük değerdedir.

Çizelge 4.5. İnceleme alanındaki suların hidrokimyasal fasiyeslere göre ayrımı (Ekim 2008)

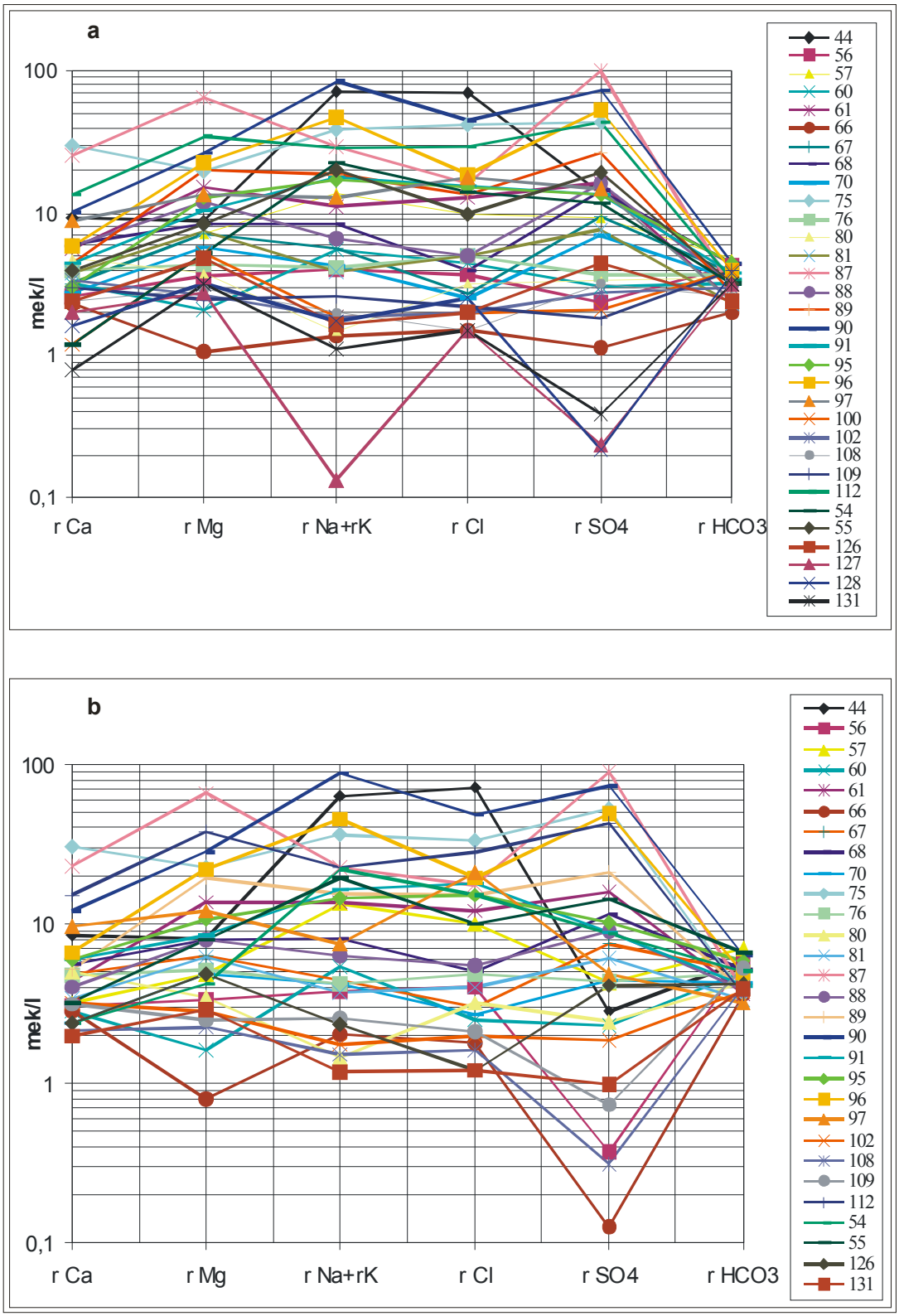
Örnek No	Hidrokimyasal Fasiyesler	Fasiyes No
1,10, 20, 50, 53,100, 49, 120 121, 122, 123, 128, 131	Mg-Ca-(Na)-HCO_3 Ca-Mg-(Na)-HCO_3	I
47, 61,75, 80, 81, 87, 88, 89, 97 112, 25,126	Mg-Ca- SO_4 Ca- Mg- SO_4	II
27, 44, 57, 60, 90 91, 96, 54, 55	Na-Cl Na-SO_4	III IV
19, 21, 22, 37, 39, 26, 56, 66, 67, 68, 70, 76, 102, 108, 109, 48	Mg-Ca-Na-SO_4-Cl Na-Ca-Mg-Cl-SO_4 Ca-Mg-SO_4-HCO_3 Mg-Na-Ca-SO_4-HCO_3-Cl	V

Çizelge 4.6. İnceleme alanındaki suların hidrokimyasal fasiyeslere göre ayrımı (Mayıs 2009)

Örnek No	Hidrokimyasal Fasiyesler	Fasiyes No
1, 10, 19, 20, 21, 39, 50, 53, 56, 66, 95, 102, 108, 109, 48, 49, 120, 121, 122, 123, 131	Mg-Ca-(Na)-HCO_3/ Ca-Mg-(Na)-HCO_3/	I
61, 75, 87, 89, 97, 112, 25	Mg-Ca- SO_4/ Ca- Mg- SO_4	II
44, 57, 90 91, 95, 96, 54, 55	Na-Cl Na-SO_4	III IV
22, 26, 37, 47 67, 68, 70, 76, 80, 81, 88, 95 102, 126	Mg-Ca-Na-SO_4-Cl/ Na-Ca-Mg-Cl-SO_4 / Mg-Na-Ca-SO_4-HCO_3-Cl	V
60	Na-HCO_3	VI



Şekil 4.88. Alt havza su örneklerine ait Yarı logaritmik Schoeller diyagramı (a:Ekim 2008 b: Mayıs 2009)



Şekil 4.89. Üst havza su örneklerine ait Yarı logaritmik Schoeller diyagramı (a:Ekim 2008 b: Mayıs 2009)

Çizelge 4.7. İnceleme alanındaki suların fizikokimyasal tahlil sonuçlarının mmol/l ve molar değerleri (Ekim 2008)

Örnek No	Ca	Mg	Na	Cl	HCO_3	SO_4	B	Ca+Mg	Ca/SO_4	Mg+Ca/ HCO_3	Ca	Mg	Na	Cl	Br	Sr	Ca/Mg	Mg/Cl	Ca/Cl	Na/Cl	Cl/Br	Sr/Ca	Ca/Sr
	mmol	mmol	mmol	mmol	mmol	mmol	mmol	mmol	mmol	mmol	molar	molar	molar	molar	molar	molar	molar	molar	molar	molar	molar	molar	molar
1	1,14	1,71	1,45	1,81	3,61	0,91	0,016	2,86	1,26	0,792	0,00114	0,0017	0,0015	0,0018	0,0000023	0,000011	0,667	0,95	0,633	0,806	772,5	0,0077	104
10	1,14	1,71	1,44	1,87	3,72	0,82		2,86	1,399	0,768	0,00114	0,0017	0,0014	0,0019			0,667	0,919	0,613	0,772			
19	1,35	1,91	1,81	2,76	3,81	0,91		3,26	1,491	0,855	0,00135	0,0019	0,0018	0,0028			0,711	0,691	0,491	0,655			
20	1,6	1,25	0,45	1,91	3,21	0,54	0,015	2,86	2,963	0,89	0,0016	0,0013	0,0005	0,0019	0,0000016	0,000012	1,28	0,658	0,842	0,237	1224	0,0087	129,4
21	1,05	1,35	0,54	2,01	2,61	0,42		2,41	2,531	0,923	0,00105	0,0014	0,0005	0,002			0,778	0,675	0,525	0,27			
22	1,71	1,9	5,23	7,02	3,01	1,29	0,033	3,61	1,331	1,201	0,00171	0,0019	0,0052	0,007	0,0000085	0,000015	0,903	0,271	0,244	0,745	818,9	0,0055	111,7
26	3,51	4,61	10	9,22	5,01	6,21	0,084	8,11	0,565	1,62	0,0035	0,0046	0,01	0,0092	0,0000065	0,000024	0,761	0,5	0,38	1,087	1406	0,0046	147,3
27	1,6	2,4	19,5	12	3,61	6,39		4,01	0,251	1,111	0,0016	0,0024	0,0195	0,0012			0,667	2	1,333	4			
37	6,41	3,21	4,21	4,01	9,62	5,13		9,62	1,249	1	0,0064	0,0032	0,0042	0,004			2	0,8	1,6	1,05			
39	4,31	3,43	2,66	3,31	6,61	4,5	0,049	7,74	0,958	1,171	0,0043	0,0034	0,0027	0,0033	0,0000047	0,000024	1,255	1,038	1,303	0,803	706,9	0,0019	179,9
44	4,6	4,45	69,2	69,9	4,4	6,89	0,405	9,04	0,667	2,057	0,0046	0,0045	0,0693	0,07	0,0000468	0,000047	1,034	0,064	0,066	0,99	1497	0,0037	97,03
47	2,96	2,56	6,92	12	2	2,01		5,51	1,468	2,75	0,00295	0,0026	0,0069	0,012			1,157	0,213	0,246	0,575			
50	1,32	0,68	1,38	1,81	3,01	0,34		2,01	3,884	0,667	0,00132	0,0007	0,0014	0,0018			1,941	0,378	0,733	0,767			
53	1,25	1,83	0,02	1,5	4,01	0,34	0,008	3,08	3,676	0,767	0,00125	0,0018	0,0002	0,0015	0,0000011	0,000006	0,687	1,213	0,833	0,1	1332	0,0122	215,2
56	1,3	1,8	4,01	3,71	4,01	1,17	0,095	3,11	1,116	0,775	0,0013	0,0018	0,004	0,0037	0,0000056	0,000015	0,722	0,486	0,351	1,081	662,8	0,0058	85,84
57	1,65	3,54	13,7	10	4,81	4,64	0,305	5,19	0,355	1,079	0,00165	0,0035	0,0136	0,01	0,0000247	0,000045	0,465	0,354	0,165	1,364	405,2	0,0028	36,38
60	1,6	1,05	5,27	4,51	13,2	1,52	0,087	2,66	1,052	0,201	0,0016	0,0011	0,0053	0,0045	0,0000051	0,000007	1,524	0,233	0,356	1,169	874,8	0,0062	235,8
61	2,85	7,53	11,2	13	2,4	8,23	0,116	10,4	0,346	4,316	0,00285	0,0075	0,0112	0,013	0,0000430	0,000082	0,379	0,578	0,219	0,859	302,7	0,0012	34,83
66	1,17	0,54	1,27	1,5	2,01	0,57	0,014	1,7	2,04	0,848	0,00116	0,0005	0,0013	0,0015	0,0000019	0,000008	2,18	0,355	0,775	0,847	778,2	0,0076	154
67	1,61	3,61	5,35	2,71	3,81	4,79	0,057	5,22	0,336	1,37	0,00161	0,0036	0,0053	0,0027	0,0000078	0,000022	0,446	1,333	0,594	1,978	345,7	0,0025	73,45
68	3,01	4,26	8,12	4,01	4,31	7,31		7,26	0,411	1,686	0,003	0,0043	0,0081	0,004			0,706	1,063	0,75	2,025	-	-	-
70	1,4	2,91	4,24	2,51	3,41	3,49	0,163	4,31	0,402	1,265	0,0014	0,0029	0,0042	0,0025	0,0000035	0,000021	0,483	1,16	0,56	1,692	718,5	0,0059	67,16
75	15,2	9,89	38,7	41,5	3,4	22	0,023	25,1	0,689	7,382	0,0152	0,0099	0,0388	0,0415	0,0000141	0,000143	1,535	0,239	0,366	0,934	2934	0,0022	106,7
76	2,01	2,16	4,11	5,01	3,71	1,87	0,025	4,16	1,073	1,122	0,002	0,0022	0,0041	0,005	0,0000028	0,000027	0,93	0,43	0,4	0,82	1776	0,0101	75,28
80	2,42	1,89	1,44	3,21	3,51	1,68	0,01	4,3	1,439	1,226	0,00241	0,0019	0,0014	0,0032	0,0000020	0,000023	1,282	0,588	0,753	0,45	1629	0,0077	103,8
81	1,88	3,71	3,83	5,01	2,31	3,87	0,029	5,59	0,485	2,424	0,00188	0,0037	0,0038	0,005	0,0000024	0,000029	0,507	0,74	0,375	0,764	2070	0,0126	64,91

Çizelge 4.7. İnceleme alanındaki suların fizikokimyasal tahlil sonuçlarının mmol/l ve molar değerleri (Ekim 2008)

Örnek No	Ca	Mg	Na	Cl	HCO_3	SO_4	B	Ca+Mg	Ca/SO_4	Mg+Ca/ HCO_3	Ca	Mg	Na	Cl	Br	Sr	Ca/Mg	Mg/Cl	Ca/Cl	Na/Cl	Cl/Br	Sr/Ca	Ca/Sr
	mmol	mmol	mmol	mmol	mmol	mmol	mmol	mmol	mmol	mmol	molar	molar	molar	molar	molar	molar	molar	molar	molar	molar	molar	molar	molar
87	12,6	32,3	28,8	16,2	2,99	49,8	0,078	44,9	0,252	15	0,0126	0,0324	0,0289	0,0162	0,000013	0,00019	0,389	2	0,778	1,784	1230	0,0011	68,16
88	2,97	5,94	6,5	5,01	3,21	8,09	0,155	8,9	0,366	2,776	0,00296	0,0059	0,0065	0,005	0,000008	0,00006	0,5	1,185	0,592	1,298	648,5	0,0025	49,09
89	2,24	10	18,7	13,5	2,8	13,5		12,3	0,166	4,371	0,00224	0,01	0,0187	0,0135			0,224	0,741	0,166	1,387			
90	5,09	13,4	85,2	44,9	4,39	36,6	0,849	18,4	0,139	4,204	0,0051	0,0134	0,0854	0,045	0,00013	0,00006	0,381	0,298	0,113	1,899	345,6	0,00077	85,3
91	2,2	5,26	17,6	15,6	3,81	6,68		7,46	0,33	1,961	0,0022	0,0053	0,0176	0,0156			0,419	0,337	0,141	1,128			
95	1,52	6,49	16,8	15	4,41	6,8	0,215	8,01	0,224	1,818	0,00152	0,0065	0,0167	0,015	0,00002	0,000024	0,235	0,432	0,101	1,115	754,2	0,0057	62,75
96	2,94	11,2	46,9	18,6	4	26,4	0,306	14,1	0,111	3,535	0,00294	0,0112	0,0469	0,0186	0,000049	0,00004	0,263	0,601	0,158	2,516	378,3	0,0015	75,79
97	4,42	6,76	12,8	18	2,4	7,44	0,04	11,2	0,594	4,653	0,00442	0,0068	0,0128	0,018	0,00002	0,00009	0,654	0,375	0,245	0,711	917,8	0,0024	49,82
100	0,6	2,61	1,81	2,01	4,01	1,06		3,21	0,569	0,8	0,0006	0,0026	0,0018	0,002			0,231	1,3	0,3	0,9			
102	1,68	1,33	1,85	2,01	3,01	1,38	0,04	3,02	1,217	1,003	0,00168	0,0013	0,0018	0,002	0,000004	0,00002	1,263	0,665	0,84	0,923	576,9	0,0039	108
108	1,21	1,45	1,98	1,5	2,61	1,6	0,048	2,67	0,755	1,022	0,00121	0,0015	0,002	0,0015	0,000006	0,000013	0,832	0,967	0,805	1,313	237,8	0,0023	93,87
109	1,5	1,23	2,44	2,21	3,99	0,92	0,029	2,73	1,631	0,685	0,0015	0,0012	0,0024	0,0022	0,000004	0,00001	1,224	0,557	0,682	1,105	580,1	0,0044	157,6
112	6,7	17,2	28,7	29,2	3,35	22,2	0,099	23,9	0,302	7,149	0,0067	0,0173	0,0287	0,0292	0,000094	0,00018	0,388	0,591	0,229	0,984	310,1	0,0005	36,62
25	7,3	10,8	16,1	15	3,6	17,5	0,187	18,1	0,419	5,022	0,0073	0,0108	0,0161	0,015	0,000024	0,000071	0,677	0,719	0,487	1,073	616,2	0,001	102,8
48	3,01	5,51	2,51	7,52	7,42	2,58		8,52	1,165	1,149	0,003	0,0055	0,0025	0,0075			0,545	0,733	0,4	0,333			
49	3,21	1,67	0,55	3,51	5,02	0,99		4,88	3,249	0,973	0,0032	0,0017	0,0006	0,0035			1,916	0,477	0,914	0,157			
54	0,6	2,6	22,6	14	3,21	5,91	0,293	3,2	0,102	1	0,0006	0,0026	0,0225	0,014	0,000022	0,000016	0,231	0,186	0,043	1,61	626	0,0119	37,55
55	2	4,2	19,9	10	3,2	9,59	0,454	6,2	0,209	1,936	0,002	0,0042	0,0199	0,01	0,000019	0,00004	0,476	0,42	0,2	1,989	517,5	0,0030	55,92
120	0,95	1,62	0,82	1,21	3,66	0,56	0,013	2,56	1,687	0,701	0,00094	0,0016	0,0008	0,0012	0,000002	0,00001	0,586	1,338	0,783	0,676	795,7	0,0096	98,7
121	0,95	1,6	1,31	1,79	3,51	0,58	0,018	2,55	1,652	0,727	0,00095	0,0016	0,0013	0,0018	0,000002	0,000014	0,596	0,896	0,534	0,736	1009	0,0121	65,88
122	0,94	1,6	1,17	1,86	3,21	0,63	0,018	2,55	1,492	0,794	0,00094	0,0016	0,0012	0,0019	0,000002	0,000013	0,588	0,865	0,508	0,632	1006	0,0122	74,64
123	1,51	1,52	1,61	2,04	4,29	0,71	0,015	3,03	2,127	0,708	0,00151	0,0015	0,0016	0,002	0,000002	0,000013	0,997	0,746	0,744	0,793	1074	0,0081	120,1
126	1,2	2,41	1,6	2,01	2,41	2,23		3,61	0,54	1,5	0,0012	0,0024	0,0016	0,002			0,5	1,2	0,6	0,8			
127	1	1,4	0,07	1,5	3,21	0,12		2,41	8,699	0,75	0,0001	0,0014	0,0007	0,0015			0,071	0,933	0,067	0,48			
128	0,8	1,6	1,6	2,51	3,81	0,11		2,41	7,272	0,632	0,0008	0,0016	0,0016	0,0025			0,5	0,64	0,32	0,64			
131	0,4	1,6	0,95	1,5	3,21	0,19		2,01	2,106	0,625	0,0004	0,0016	0,001	0,0015			0,25	1,067	0,267	0,633			

Çizelge 4.8. İnceleme alanındaki suların fizikokimyasal tahlil sonuçlarının mmol/l ve molar değerleri (Mayıs 2009)

Örnek No	Ca	Mg	Na	Cl	HCO_3	SO_4	B	Ca+Mg	Ca/SO_4	Mg+Ca/ HCO_3	Ca	Mg	Na	Cl	Br	Sr	Ca/Mg	Mg/Cl	Ca/Cl	Na/Cl	Cl/Br	Sr/Ca	Ca/Sr
	mmol	mmol	mmol	mmol	mmol	mmol	mmol	mmol	mmol	mmol	molar	molar	molar	molar	molar	molar	molar	molar	molar	molar	molar	molar	molar
1	1,2	1,65	1,5	2,01	4,31	0,43	0,0158	2,86	2,791	0,663	0,0012	0,0017	0,0015	0,002	0,0000023	0,000011	0,727	0,825	0,6	0,75	863,78	0,009	111,4
10	1,22	1,63	1,51	2,01	4,29	0,48		2,85	2,531	0,663	0,00122	0,0016	0,0015	0,002	-	-	0,748	0,813	0,608	0,755			
19	1,38	1,5	1,6	2,21	4,51	0,36		2,88	3,875	0,639	0,00138	0,0015	0,0016	0,0022	-	-	0,917	0,682	0,625	0,727			
20	1,23	0,85	0,6	1,2	3,51	0,03	0,0137	2,08	40,82	0,593	0,00123	0,0009	0,0006	0,0012	0,000002	0,000012	1,441	0,708	1,021	0,5	819,49	0,0099	101,24
21	1,19	1,4	0,5	2,01	3,21	0,28		2,59	4,327	0,807	0,00119	0,0014	0,0005	0,002	-	-	0,855	0,696	0,595	0,25			
22	1,6	2,01	4,51	7,02	3,61	0,62	0,0352	3,61	2,581	1	0,0016	0,002	0,0045	0,007	0,000009	0,000015	0,8	0,286	0,229	0,643	824,93	0,0096	104,54
26	2,87	3,83	7,72	8,02	6,21	3,63	0,0947	6,69	0,789	1,077	0,00286	0,0038	0,0077	0,008	0,000007	0,000024	0,749	0,478	0,358	0,963	1222,2	0,0083	120,41
37	6,41	3,21	3,76	4,01	10,2	4,63		9,62	1,384	0,941	0,0064	0,0032	0,0038	0,004	-	-	2	0,8	1,6	0,938			
39	4,61	3,16	2,49	3,31	10,4	2,49	0,1801	7,77	1,851	0,745	0,0046	0,0032	0,0025	0,0033	0,0000041	0,000024	1,46	0,955	1,394	0,752	801,43	0,0051	194,23
44	4,27	4,04	63	71,8	5,8	1,41	0,4106	8,31	3,032	1,434	0,00428	0,004	0,063	0,0718	0,000047	0,000048	1,057	0,056	0,06	0,877	1516,1	0,0112	89,652
47	3,21	2,81	6,61	10,5	2,51	2,84		6,01	1,131	2,4	0,0032	0,0028	0,0066	0,0105	-	-	1,143	0,267	0,305	0,629			
50	1,2	0,8	1,35	1,5	3,61	0,16		2,01	7,741	0,555	0,0012	0,0008	0,0014	0,0015	-	-	1,5	0,533	0,8	0,9			
53	1,6	1,2	0,46	1	4,81	0,04	0,0034	2,81	39,99	0,583	0,0016	0,0012	0,0005	0,001	0,000001	0,000006	1,333	1,2	1,6	0,46	1037,7	0,0037	273,81
56	1,52	1,68	3,76	4,01	5,81	0,19	0,1007	3,21	8,216	0,552	0,00152	0,0017	0,0038	0,004	0,000006	0,000015	0,905	0,42	0,38	0,938	707,08	0,01	99,687
57	1,6	2,41	13,2	10	7,01	2,13	0,3037	4,01	0,751	0,572	0,0016	0,0024	0,0132	0,01	0,000024	0,000045	0,667	0,24	0,16	1,32	417,45	0,0282	35,402
60	1,4	0,8	5,26	2,51	5,01	1,14	0,0732	2,21	1,227	0,44	0,0014	0,0008	0,0053	0,0025	0,000005	0,000007	1,75	0,32	0,56	2,1	524,28	0,0048	207,45
61	2,2	6,81	13,5	12	3,61	7,93	0,1125	9,01	0,278	2,5	0,0022	0,0068	0,0135	0,012	0,000042	0,000079	0,324	0,567	0,183	1,125	289,32	0,0359	27,888
66	1,4	0,4	1,96	1,81	3,61	0,06	0,0152	1,81	23,34	0,5	0,0014	0,0004	0,002	0,0018	0,0000024	0,000008	3,5	0,222	0,778	1,083	760,95	0,0054	183,69
67	2,41	3,15	4,29	3,01	5,01	3,78	0,0581	5,55	0,636	1,108	0,0024	0,0031	0,0043	0,003	0,000008	0,000022	0,764	1,047	0,8	1,427	386,61	0,009	110,51
68	2,81	4,01	7,87	5,01	5,21	5,77		6,81	0,486	1,308	0,0028	0,004	0,0079	0,005	-	-	0,7	0,8	0,56	1,57			
70	1,2	2,41	4,21	2,72	4,31	2,22	0,1664	3,61	0,543	0,837	0,0012	0,0024	0,0042	0,0027	0,000004	0,000018	0,5	0,886	0,443	1,55	731,29	0,0146	68,36
75	15,2	11,3	35,9	33	3,6	26,2	0,018	26,5	0,583	7,367	0,01526	0,0113	0,0359	0,033	0,000012	0,000141	1,354	0,342	0,462	1,088	2698,8	0,0092	108,41
76	2,37	2,56	4,19	4,81	4,91	2,18	0,0229	4,93	1,09	1,003	0,00237	0,0026	0,0042	0,0048	0,000003	0,000027	0,927	0,531	0,493	0,871	1843,8	0,0115	87,032
80	2,51	1,55	1,42	3,21	4,31	1,23	0,0093	4,06	2,041	0,942	0,0025	0,0018	0,0014	0,0032	0,000002	0,000024	1,429	0,547	0,781	0,444	1649,5	0,0094	106,49
81	1,71	3,11	3,66	4,01	3,31	3,02	0,0256	4,82	0,566	1,457	0,00171	0,0031	0,0037	0,004	0,000002	0,000026	0,549	0,776	0,426	0,913	1913,8	0,0152	65,917

Çizelge 4.8. İnceleme alanındaki suların fizikokimyasal tahlil sonuçlarının mmol/l ve molar değerleri (Mayıs 2009)

Örnek No	Ca	Mg	Na	Cl	HCO_3	SO_4	B	Ca+Mg	Ca/SO_4	Mg+Ca/ HCO_3	Ca	Mg	Na	Cl	Br	Sr	Ca/Mg	Mg/Cl	Ca/Cl	Na/Cl	Cl/Br	Sr/Ca	Ca/Sr
	mmol	mmol	mmol	mmol	mmol	mmol	mmol	mmol	mmol	mmol	molar	molar	molar	molar	molar	molar	molar	molar	molar	molar	molar	molar	molar
87	11,4	33,2	22,1	17,5	3,79	45	0,0844	44,6	0,252	11,75	0,0114	0,0333	0,0221	0,0175	0,000015	0,000182	0,343	1,9	0,651	1,265	1179	0,0159	62,71
88	2	4,01	6,31	5,51	3,89	4,52	0,1561	6,01	0,443	1,546	0,002	0,004	0,0063	0,0055	0,000008	0,000061	0,5	0,727	0,364	1,145	688,79	0,0306	32,66
89	2,6	9,66	15,5	15	3,8	10,7		12,3	0,244	3,224	0,0026	0,0097	0,0155	0,015	-	-	0,269	0,643	0,173	1,033			-
90	5,98	14	87,7	48,5	6,38	36,5	0,8628	19,9	0,164	3,126	0,006	0,014	0,088	0,0487	0,000132	0,000062	0,429	0,287	0,123	1,807	369,11	0,0103	97,14
91	3,01	4,21	16,2	18	4,11	4,39		7,21	0,685	1,756	0,003	0,0042	0,0162	0,018	-	-	0,714	0,233	0,167	0,9			
95	2,98	5,35	14,3	15	5,81	5,14	0,2167	8,33	0,581	1,434	0,00298	0,0053	0,0143	0,015	0,00002	0,00003	0,558	0,356	0,199	0,953	760,95	0,0087	114,37
96	3,3	10,9	45,4	19,5	4,9	24,9	0,3104	14,2	0,132	2,897	0,0033	0,0109	0,0454	0,0195	0,000049	0,00004	0,303	0,559	0,169	2,328	401,35	0,0128	78,41
97	4,82	5,99	7,39	21	3,21	2,42	0,0488	10,8	1,988	3,371	0,00481	0,006	0,0074	0,021	0,00002	0,00009	0,805	0,285	0,229	0,351	1033,8	0,0189	52,8
102	1,6	1,4	1,76	2,01	3,81	0,93	0,0384	3,01	1,73	0,79	0,0016	0,0014	0,0018	0,002	0,0000034	0,00002	1,143	0,7	0,8	0,878	594,05	0,0095	105,75
108	1,08	1,12	1,5	1,6	4,01	0,16	0,0432	2,21	6,752	0,55	0,00108	0,0011	0,0015	0,0016	0,000007	0,000013	0,964	0,7	0,675	0,938	245,37	0,0118	84,49
109	1,55	1,25	2,41	2,11	5,31	0,37	0,0281	2,81	4,247	0,528	0,00155	0,0013	0,0024	0,0021	0,000004	0,000008	1,24	0,595	0,738	1,143	530,98	0,0051	195,36
112	7,5	18,7	22	28	3,6	21,5	0,0928	26,2	0,348	7,278	0,0075	0,0187	0,022	0,028	0,000094	0,00018	0,401	0,668	0,268	0,786	298,73	0,0241	41,44
25	7,96	10,4	14,7	16	5,7	15,5	0,1907	18,4	0,515	3,219	0,00795	0,0104	0,0147	0,016	0,000025	0,000072	0,764	0,65	0,497	0,92	651,58	0,0091	110,48
48	3,01	2,21	2,11	3,01	9,52	0,13		5,21	23,08	0,547	0,003	0,0022	0,0021	0,003	-	-	1,364	0,733	1	0,7			-
49	4,21	0,6	0,55	4,01	5,51	0,43		4,81	9,883	0,873	0,0042	0,0006	0,0006	0,004	-	-	7	0,15	1,05	0,138			-
54	1,2	2,08	22	15	5,01	4,32	0,2967	3,29	0,278	0,656	0,0012	0,0021	0,022	0,015	0,000023	0,00002	0,577	0,139	0,08	1,467	654,92	0,0177	56,4
55	1,6	4,01	19,5	10	6,61	7,09	0,4557	5,61	0,226	0,849	0,0016	0,004	0,0195	0,01	0,0000192	0,000034	0,4	0,4	0,16	1,95	519,84	0,021	47,73
120	1,02	1,4	0,75	1,15	4,01	0,25	0,0128	2,43	4,081	0,605	0,00102	0,0014	0,0008	0,0015	0,0000014	0,000009	0,729	0,933	0,68	0,5	1109,7	0,0086	116,36
121	1,08	1,31	0,98	1,5	3,71	0,29	0,0172	2,39	3,772	0,643	0,00108	0,0013	0,001	0,0015	0,0000016	0,00002	0,824	0,87	0,717	0,653	929,07	0,0135	74,23
122	1,06	1,36	0,86	1,5	3,71	0,28	0,0165	2,43	3,787	0,654	0,00106	0,0014	0,0009	0,0015	0,0000017	0,000013	0,779	0,907	0,707	0,573	894,4	0,012	83,54
123	1,6	1,64	1,12	2,21	4,81	0,33	0,0167	3,25	4,849	0,675	0,0016	0,0016	0,0011	0,0022	0,000002	0,000014	0,976	0,745	0,727	0,509	1119,6	0,0084	119,17
126	1,2	2,41	2,21	1,2	4,21	2,07		3,61	0,583	0,857	0,0012	0,0024	0,0022	0,0012	-	-	0,5	2	1	1,833			-
131	1	1,46	1,05	1,2	3,91	0,49		2,46	2,063	0,63	0,0001	0,0015	0,0011	0,0012	-	-	0,069	1,213	0,083	0,875			-

Yeraltısularının ana iyon kimyası, yeraltısuyunun gelişimini tanımlamak ve çözünmüş malzemeyi saptamak için güçlü bir veri olarak kullanılmaktadır (Edmunds ve ark. 1982, Arad ve Evans 1987, Herczeg ve ark. 1991 ve 1993, Mamucber 1991 ve 1992, Acworth ve Jankowski 1993, Kimblin 1995, Weaver ve ark. 1995, Eliot ve ark. 1999, Edmunds ve Smedley 2000, Cartwright ve Weaver 2005, Petrides ve Cartwright 2006, Kumar ve ark. 2009).

Yeraltısularının jeokimyası, akiferi oluşturan birimler içerisindeki iyonlardan oluşmakta ve çok farklı elementlerin hareketliliği ile etkilenebilmektedir (Taheri Tizro ve Vouduris 2008). Ayrıca bu ana elementlerin dağılımı topoğrafya, jeoloji, yeraltısuyu akış yönü ve kirletici diğer kaynaklara da bağlı olabilmektedir (Kim ve ark. 2002, Travelsi ve ark. 2007).

İnceleme alanındaki yeraltısularının iyon içerikleri geniş şekilde farklılıklar göstermektedir. Bunlar alüvyon (gevşek malzeme) ve sıkılaşmış malzemeden oluşan akiferler içerisindeki silikat minerallerinin (plajiyoklaz, feldispat, klorit veya biyotit), karbonatların (dolomit, kalsit, aragonit v.b. evaporitik minerallerin), jips mineralinin ve/veya kil minerallerindeki katyon değişiminin (Na'un Ca ve Mg ile yer değiştirmesi) veya halit çözünümünün bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadırlar.

İnceleme alanının akifer bölgelerindeki suların hidrokimyasal özelliklerini tanımlamak için hidrokimyasal veriler ile birlikte çeşitli diyagramlar ve istatistiksel analizler kullanılarak yorum yapılmıştır.

4.6.4.2. Ana İyon Kimyası

4.6.4.2.1. İyon değişimi

Yeraltısularının kayaçlar içerisinde dolaşımı esnasında kimyasal bileşimindeki değişimlerin bilinmesi son derece önemlidir (Sastri 1994). Suların yeraltına süzülürken istenmeyen iyon bileşimlerinin çözünümünü kontrol etmek imkansızdır, fakat dolaşım esnasında suların kimyasal değişimlerini bilmek gereklidir (Johnson, 1979). Yeraltısularının yeraltında kalış süresi ile dolaşımı

sırasında ve dolaşım sırasındaki geçtiği litoloji arasındaki ters iyon değişimi kloroalkalin (CAI-1, CAI-II) göstergeleri ile anlaşılabilmektedir.

CAI-I= [Cl-(Na+K)]/Cl

CAI-II= [Cl-(Na+K)]/(SO_4+HCO_3+CO_3+NO_3). (Schoeller 1967).

Yeraltısuyunda Na^+ veya K^+ ile Mg^{+2} veya Ca^{+2} iyonları arasında bir değişim sözkonusu ise CAI-I ve CAI-II değerlerinin her ikiside pozitif bir değer olacaktır. Eğer yaygın olarak ters iyon değişimi varsa CAI-I ve CAI-II değerlerinin her ikiside negatif bir değer olacaktır (Schoeller 1965). Yani; CAI negatif olursa, kayaçlardaki kalsiyum ve magnezyum iyonları ile sulardaki sodyum ve potasyum iyonları arasında temel değişim olmaktadır. Eğer oran pozitif ise temel değişim yoktur ve reaksiyon, katyon-anyon değişim reaksiyonudur.

İnceleme alanındaki sulardan kurak dönemde (Ekim 2008) 67, 68, 70, 87, 90, 96 nolu derin sondaj kuyularından alınan örnekler ile 54 ve 55 nolu sığ sondaj kuyularından alınan örnekler, yağışlı dönemde (Mayıs 2009) ise 60, 68, 70, 90, 96 nolu derin sondaj kuyularından alınan örnekler, 55 nolu sığ sondaj kuyusundan alınan örnek ve 126 nolu çeşmeden alınan su örneğinin (toplam örneklerin %15) CAI-I ve CAI-II değerleri negatif olup bu kuyularda ters iyon değişimi mevcuttur. Her iki dönemde de yalnızca 68, 70, 90, 96 ve 55 nolu örneklerde ters iyon değişimi gözlenmiştir. Bu durumda ters iyon değişimi, inceleme alanında yeraltısularını kontrol eden ana işlem değildir (Çizelge 4.3, 4.4).

Ca^{+2} ve Mg^{+2} iyonları Cl^- iyonunun artmasına bağlı olarak artış gösterirse bu durum Mg^{+2} ve Ca^{+2} iyonları ile Na^+ iyonu arasındaki iyon değişimini göstermektedir (Petrides ve ark. 2006). Ca^{+2}+ Mg^{+2}'a karşı Cl^- diyagramına bakıldığı zaman incelenen sularda tuzluluğun artması ile Ca^{+2} ve Mg^{+2} iyonlarının çoğunluğunda bir artış gözlenmektedir ve iyonlar arasında her iki dönemde de r^2= 0,52 gibi bir doğrusal ilişki vardır (Şekil 4.90). Buda incelenen suların Mg^{+2} ve Ca^{+2} iyonları ile Na^+ iyonu arasında muhtemelen iyon değişimi olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.9. İnceleme alanındaki suların korelasyon katsayıları (Ekim 2008)

Parametreler	pH	EC	Ca^{+2}	Mg^{+2}	Na^{+}	K^{+}	Cl^{-}	HCO_3^{-}	SO_4^{-2}
pH									
EC	0,074	1							
Ca^{+2}	-0,18	0,756	1						
Mg^{+2}	-0,118	0,835	0,741	1					
Na^{+}	0,224	**0,902**	0,488	0,558	1				
K^{+}	-0,170	0,370	0,308	0,206	0,333	1			
Cl^{-}	0,329	0,846	0,559	0,472	**0,913**	0,393	1		
HCO_3^{-}	-0,401	0,053	0,1667	-0,024	0,044	0,429	0,0326	1	
SO_4^{-2}	-0,105	**0,912**	**0,762**	**0,945**	0,725	0,220	0,5654	-0,0095	1

Çizelge 4.10. İnceleme alanındaki suların korelasyon katsayıları (Haziran 2009)

Parametreler	pH	EC	Ca^{+2}	Mg^{+2}	Na^{+}	K^{+}	Cl^{-}	HCO_3^{-}	SO_4^{-2}
pH	1								
EC	-0,232	1							
Ca^{+2}	-0,464	0,763	1						
Mg^{+2}	-0,161	0,833	0,743	1					
Na^{+}	-0,108	**0,882**	0,465	0,515	1				
K^{+}	-0,586	0,374	0,364	0,203	0,331	1			
Cl^{-}	-0,089	0,841	0,531	0,481	**0,919**	0,408	1		
HCO_3^{-}	-0,597	0,074	0,128	-0,064	0,120	0,504	0,053	1	
SO_4^{-2}	-0,148	**0,900**	**0,770**	**0,9296**	0,684	0,200	0,533	-0,014	1

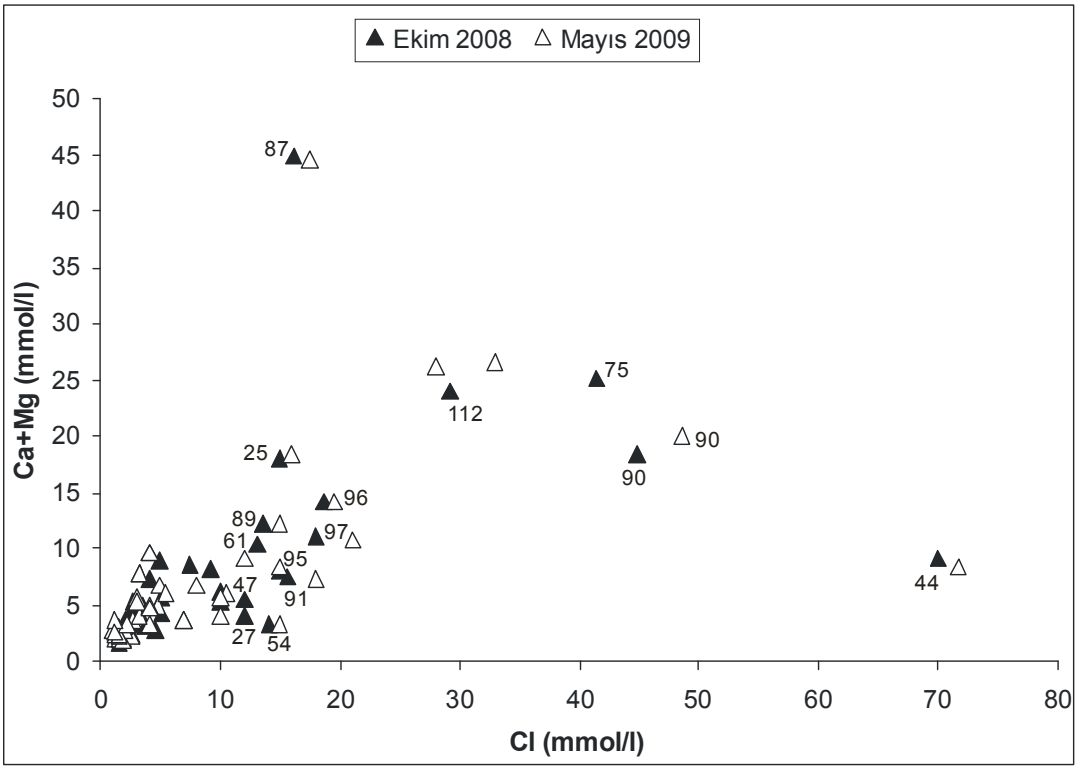
4.6.4.2.2. Karbonat Ayrışması ve Bozunması

İncelenen sularda Ca^{+2} ve Mg^{+2} iyonları kurak ve yağışlı dönemde toplam katyonlara göre sırasıyla ortalama %56 ve %58 bir değere sahiptir. Anyonlardan ilk sırayı % 49-43 ile SO_4^{-2}, % 36-38 ile Cl^- ve %15-19 ile HCO_3^- iyonları almaktadır.

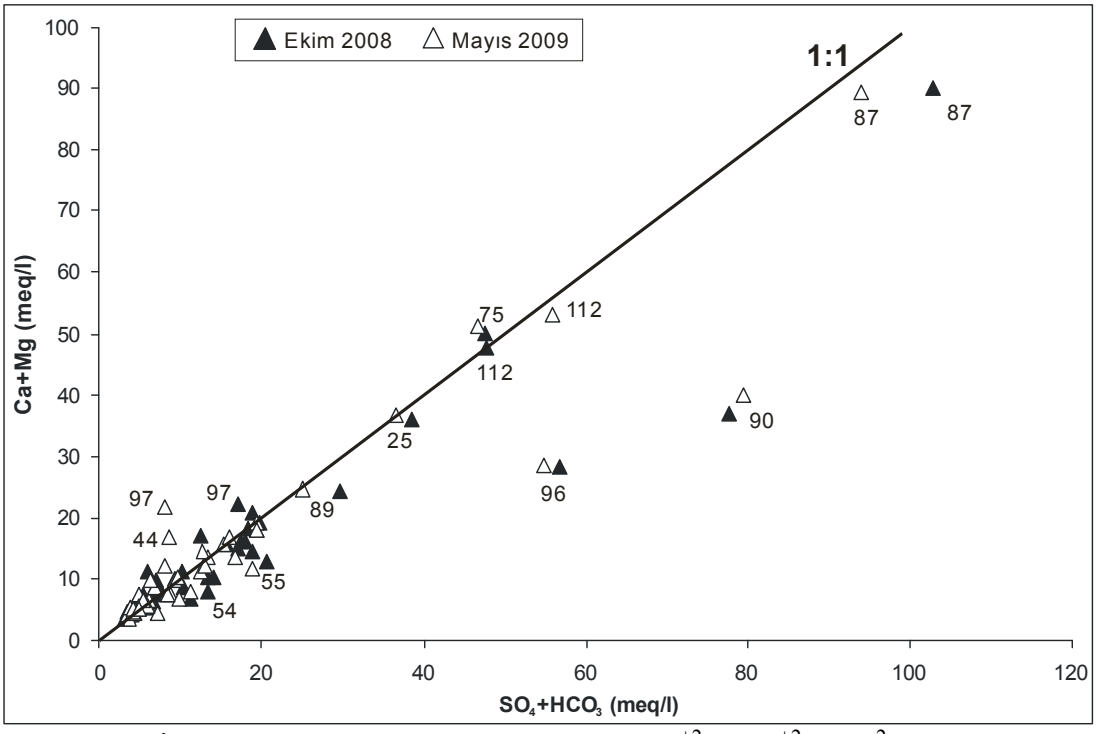
$Ca^{+2}+Mg^{+2}$'a karşı $SO_4^{-2}+HCO_3^-$ iyonları arasındaki bağıntıyı gösteren diyagramda noktalar 1:1 doğrusu üzerinde çıkarsa veya yakın çevresinde bulunurlarsa, kalsit, aragonit, dolomit ve jips (evaporitik minerallerin) çözünümünün baskın olduğu bir sistemi yansıtmaktadır (Cerling ve ark. 1989, Fisher ve Mulican 1997, McLean ve Jankowski 2000). Ayrıca sularda $Ca^{+2}+Mg^{+2} = SO_4^{-2}+HCO_3^-$ olması iyonların karbonatların ayrışması sonucu ortaya çıktığını göstermektedir. 1:1 doğrusunun altında çıkan noktalar ise silikat ayrışmasının bir göstergesidir (Datta ve ark. 1996, Rajmohan ve Elango 2004, Kumar ve ark. 2006). Bunun yanı sıra tatlı sularda (TDS<700) Ca^{+2}/Na^+ (meq/l) >1 olması karbonatların çözünürlüğünü göstermektedir (Al-Khashman 2007).

İnceleme alanından alınan sulara ait $Ca^{+2}+ Mg^{+2}$'a karşı $SO_4^{-2}+HCO_3^-$ diyagramında (Şekil 4.91) örneklerin geneli yaklaşık $Ca^{+2}+Mg^{+2} = SO_4^{-2}+HCO_3^-$ doğrusu (1:1 doğrusu) üzerinde çıkmıştır. 87, 90, 96, 54 ve 55 nolu örnekler ise kurak ve yağışlı dönemde 1:1 doğrusunun altında çıkmıştır. Aynı zamanda Ca^{+2} ve Mg^{+2} iyonları arasında her iki dönemde de pozitif bir korelasyonun (r^2=0,74) olması sulardaki bu iyonların akifer formasyonlarındaki karbonat çözünümünden suya karıştığını göstermektedir (Çizelge 4.9, 4.10). İncelenen suların Ca^{+2}/Na^+ (meq/l) oranı ise tatlı sularda >1'den yüksek çıkmıştır (Örnek no:1, 10, 19, 20, 21, 37, 39, 50, 53, 66, 80, 102, 108, 109, 120, 121, 122, 123 (fasiyes 1), bu durum da inceleme alanında var olan karbonatların çözünürlüğünü yansıtmaktadır

Yeraltısularının Ca^{+2}/ Mg^{+2} molar oranı kalsit ve dolomit çözünümünün baskınlığını gösteren bir değerdir. Eğer molar Ca^{+2}/ Mg^{+2}=1 ise dolomit çözünümü, 1'den yüksek değerde olursa daha fazla kalsit katılımını göstermektedir. Daha yüksek Ca^{+2}/ Mg^{+2} molar oranı (>2) ise yeraltısuyundaki kalsiyum ve magnezyum iyonlarının silikat minerallerinin ayrışmasından geldiğini göstermektedir ki buda yeraltısuyu sistemine Ca^{+2} ve Mg^{+2} iyonları sağlar (Maya ve Loucks 1995). Molar Ca^{+2}/ Mg^{+2} <1 olursa kalsit ayrışmasını yansıtmaktadır (Kumar ve ark. 2009).



Şekil 4.90. Yeraltısularının Ca^{+2}+ Mg^{+2} ve Cl^{-} iyonları (mmol/l) arasındaki ilişkisi



Şekil 4.91. İnceleme alanındaki yeraltısularının Ca^{+2}+ Mg^{+2}–SO_4^{-2}+HCO_3 iyonları arasındaki ilişkisi

Çizelge 4.11. İnceleme alanındaki sulara ait ana minerallerin doygunluk indeksleri

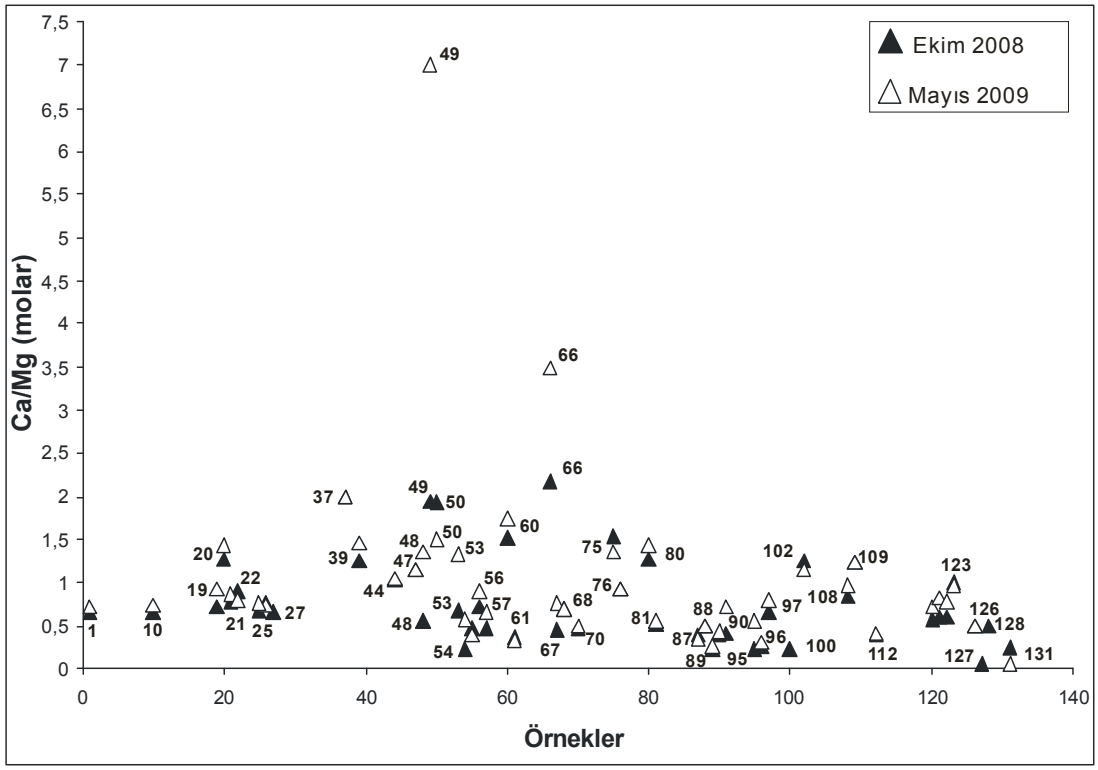
Örnek No	Anhidrit	Aragonit	Kalsit	Dolomit	Jips	Halit
1	-2,13	0,010	0,05	0,14	-1,88	-7,19
10	-2,17	0,12	0,27	0,75	-1,93	-7,23
19	-2,08	0,12	0,27	0,68	-1,83	-6,96
20	-2,18	-0,05	0,1	0,13	-1,94	-7,72
21	-2,45	0,38	0,53	1,21	-2,21	-7,61
22	-1,88	0,36	0,51	1,1	-1,64	-6,11
26	-1,13	0,018	0,064	0,1	-0,89	-5,76
27	-1,52	0,47	0,62	1,45	-1,27	-5,25
37	-0,94	0,14	0,29	0,26	-0,69	-6,48
39	-1,12	0,02	0,17	0,27	-0,87	-6,76
44	-1,18	0,48	0,63	1,29	-0,93	-4,1
47	-1,55	0,18	0,33	0,62	-1,3	-5,78
50	-2,42	0,5	0,65	1,02	-2,18	-7,24
53	-2,5	0,15	0,3	0,78	-2,25	-9,3
56	-2,02	0,54	0,69	1,56	-1,77	-6,5
57	-1,51	0,23	0,38	1,12	-1,27	-5,58
60	-1,8	0,21	0,36	0,57	-1,56	-6,3
61	-1,16	0,3	0,45	1,36	-0,92	-5,57
66	-2,23	0,21	0,36	0,41	-1,98	-7,36
67	-1,46	0,3	0,45	1,27	-1,22	-6,53
68	-1,11	0,59	0,74	1,67	-0,87	-6,2
70	-1,6	0,22	0,37	1,07	-1,35	-6,65
75	-0,31	0,61	0,76	1,35	-0,06	-4,59
76	-1,68	0,16	0,31	0,65	-1,43	-6,36
80	-1,62	0,21	0,36	0,63	-1,38	-7
81	-1,47	0,06	0,21	0,75	-1,23	-6,41
87	-0,21	0,32	0,47	1,37	0,03	-5,15
88	-1,1	0,3	0,45	1,23	-0,86	-6,21
89	-1,14	0,19	0,34	1,35	-0,9	-5,35
90	-0,65	0,16	0,31	1,07	-0,41	-4,24
91	-1,32	0,02	0,13	0,67	-1,08	-5,29
95	-1,48	-0,14	0,01	0,68	-1,24	-5,33
96	-0,9	0,22	0,37	1,34	-0,66	-4,85
97	-1,02	0,13	0,28	0,78	-0,78	-5,37
100	-2,37	0,21	0,36	1,38	-2,13	-7,1
102	-1,8	0,36	0,51	0,93	-1,55	-7,09
108	-1,86	0,14	0,29	0,65	-1,62	-7,18
109	-2,01	0,18	0,32	0,59	-1,77	-6,93
112	-0,64	0,52	0,67	1,78	-0,4	-4,86
25	-0,6	0,11	0,26	0,7	-0,36	-5,38
48	-1,51	0,05	0,2	0,65	-1,26	-6,42

Çizelge 4.11. İnceleme alanındaki sulara ait ana minerallerin doygunluk indeksleri

Örnek No	Anhidrit	Aragonit	Kalsit	Dolomit	Jips	Halit
49	-1,74	0,86	1,01	1,76	-1,5	-7,39
54	-1,86	-0,27	-0,12	0,44	-1,62	-5,22
55	-1,22	0,14	0,29	0,9	-0,97	-5,43
120	-2,38	0,08	0,23	0,72	-2,14	-7,66
121	-2,38	0,02	0,06	0,11	-2,13	-7,28
122	-2,34	0,08	0,23	0,69	-2,09	-7,31
123	-2,12	0,07	0,22	0,42	-1,87	-7,14
126	-1,78	-0,01	0,15	0,58	-1,53	-7,15
127	-3,01	0,1	0,25	0,67	-2,76	-8,61
128	-3,15	-0,02	0,13	0,58	-2,91	-7,05
131	-3,18	-0,02	0,13	0,87	-2,94	-7,48

İnceleme alanındaki suların Ca^{+2}/Mg^{+2} molar oranları incelendiğinde kurak dönemde (Ekim 2008) 22, 44, 76 ve 123 nolu örnekler, yağışlı dönemde (Mayıs 2009) 19, 44, 56, 76, 108 ve 123 nolu örnekler Ca^{+2}/Mg^{+2} =1 çizgisine yakın düşmüşlerdir. Bu durum sulardaki dolomit çözünümünü yansıtmaktadır (Şekil 4.92). Fakat inceleme alanındaki suların çoğunda bu oran 1'den daha düşük değere sahiptir ve bu durum ise sulardaki kalsit ayrışmasını yansıtmaktadır. Ca^{+2}/ Mg^{+2} molar oranı, kurak dönemde inceleme alanındaki sularada 1 örnekte (örnek no: 66), yağışlı dönemde ise 2 örnekte (Örnek no: 66 ve 49) 2'den yüksek değerdedir (Çizelge 4.7, 4.8). Buda inceleme alanının yeraltısuyu sisteminde silikat minerallerinin de bir etkisi olduğunu göstermektedir. Fakat silikat minerallerinin ayrışması inceleme alanında baskın bir hidrokimyasal işlem değildir.

İnceleme alanının güney, güneybatısında bulunan İnsuyu formasyonuna ait kireçtaşları, karbonat mineralinin ana kaynağıdır. Cihanbeyli formasyonunun içerisinde bulunan kireçtaşı çakılları ve/veya karbonat çimentonun varlığı ve Ballıktepe kireçtaşı ve dolomitik kireçtaşı blokları karbonat minerallerinin kaynağı olarak gösterilebilir. Ayrıca inceleme alanında geniş yayılım gösteren Cihanbeyli ve Tuzgöl formasyonlarında gözlenen kalsit, aragonit ve jips mineralleri de karbonat minerallerinin kaynağıdır. Buradaki karbonatların çözünmüş veya sulama, yağmur, ya da ayrışma süreçleri sırasında, suyla yeraltısuyu sistemine karışmış olabileceği düşünülmektedir.

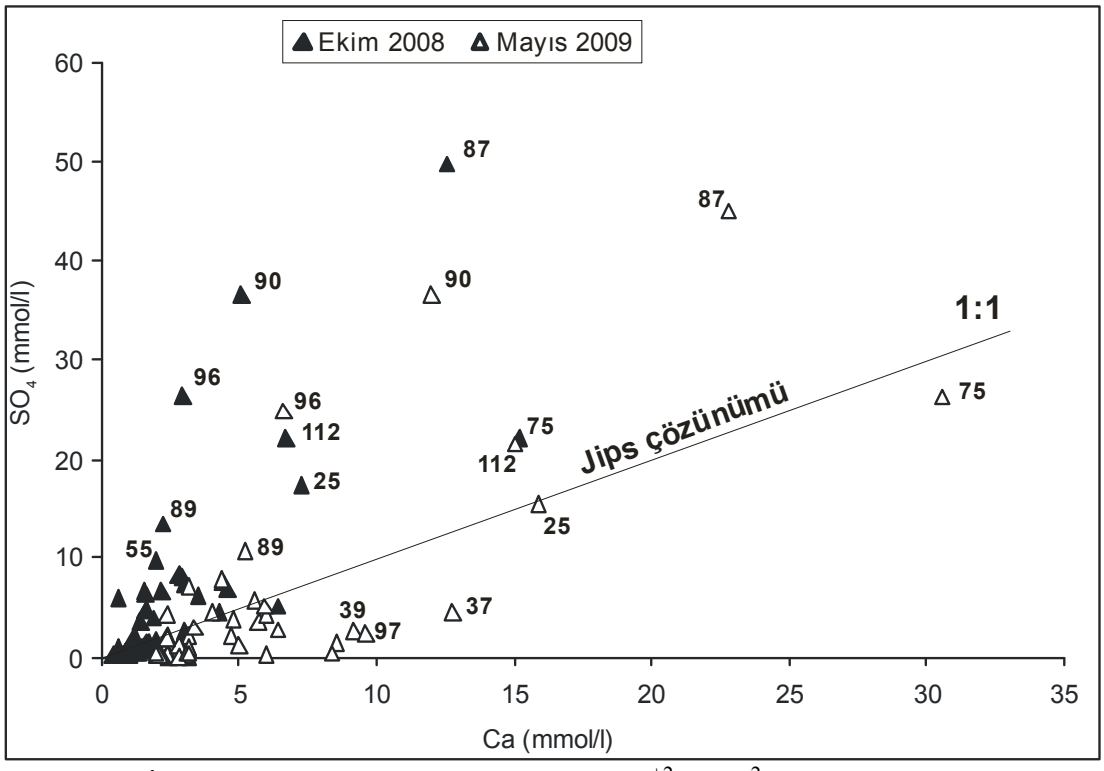


Şekil 4.92. İnceleme alanındaki yeraltısularının Ca^{+2}-Mg^{+2} molar oranının diyagramı

Ca^{+2} ve SO_4^{-2} iyonları arasında her iki dönemde de pozitif bir korelasyon ilişkisi (sırasıyla r^2= 76-77) olmasına rağmen, yeraltısuları jips mineraline doygun değildir (log SI= -2,94 ile 0,03) (Çizelge 4.9, 4.10, 4.11, Şekil 4.93). Yeraltısularının bölgede, Gökdağ formasyonu, İnsuyu formasyonu, Cihanbeyli formasyonu ve Tuzgölü formasyonuna ait geçirimsiz birimler içerisinde yer alan jips mineraline doygun olmaması, su ile kayaç arasındaki temas süresinin kısalığından ve/veya temas alanının geniş olmamasından kaynaklandığını göstermektedir (Şimşek 1995, Canik ve ark. 2000, Çelik ve Yıldırım 2006). Bu da jips çözünümünün sülfatın muhtemelen birincil kaynağı olmasına karşın Ca^{+2} iyonunu kontrol eden ana faktör olmadığını göstermektedir.

Ca^{+2}/SO_4^{-2} (mmol) oranı özellikle Yeniceoba çevresindeki alüvyonlardan alınan örneklerde ve inceleme alanının güney, güneydoğusundan alınan örneklerde (örnek no: 26, 57, 61, 67, 68, 70, 75, 81, 87, 88, 89, 90, 91, 95, 96, 112, 25, 54, 55 ve 126) 1' den daha düşük değerlerde bulunmuştur (Çizelge 4.7, 4.8). Ayrıca inceleme alanındaki suların hemen hemen hepsinin kalsit ve aragonit minerallerine doygun

olması (Çizelge 4.11) bu minerallerin çökelimi ile yeraltısularında bulunan Ca^{+2} konsantrasyonunda bir azalmanın olabileceğini göstermektedir.

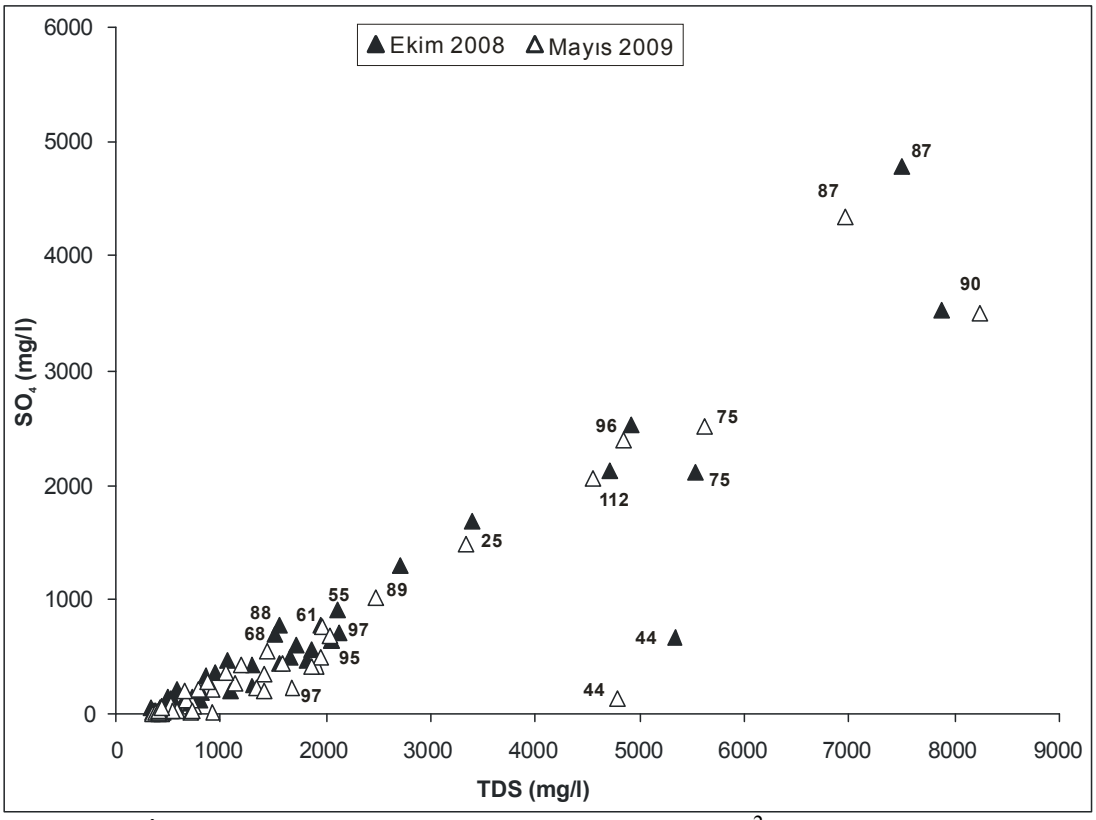


Şekil 4.93. İnceleme alanındaki yeraltısularının Ca^{+2}- SO_4^{-2} (mmol/l)diyagramı

İncelenen örneklerin SO_4^{-2} konsantrasyonları TDS (toplam çözünmüş katılar-mg/l) değerinin artmasına bağlı olarak ta artış göstermektedir (Şekil 4.94).

Özellikle Yeniceoba çevresindeki alüvyonlarda ve inceleme alanının doğusunda SO_4^{-2} oranı yüksek değerlere çıkmaktadır. Sülfat konsantrasyonlarındaki bu artışın nedeni jips çözünümünün yanı sıra tarımsal amaçlı sulama sularının tekrar yeraltına süzülmesi sırasında yüzeysel tuzlu jips kabuklarının çözünümü ile açıklanabilir (Guenduoz ve ark. 2006).

Yeraltısularında SO_4^{-2} iyonunun artması Ca^{+2} ve Mg^{+2} iyonlarınında artmasına neden olmaktadır. Çünkü jipsli arazilerde $CaSO_4$'den başka $MgSO_4$ da bulunmakta ve klorür içeriğine bağlı olarak SO_4^{-2} iyonu çok yüksek değerlere çıkabilmektedir (Şahinci, 1991a).



Şekil 4.94. İnceleme alanındaki yeraltısularının TDS- SO_4^{-2} (mg/l) diyagramı

İnceleme alanındaki sularda Mg^{+2} iyonu her iki dönemde de SO_4^{-2} iyonu ile güçlü pozitif bir korelasyon (sırasıyla r^2=0,94; 0,92) göstermektedir (Çizelge 4.9, 4.10, Şekil 4.95). SO_4^{-2} iyonunun hem Ca^{+2} iyonu ile hem de Mg^{+2} iyonu ile pozitif bir korelasyon içerisinde olması yeraltısularının jipsli ve tuzlu formasyonlardan geldiğini göstermektedir.

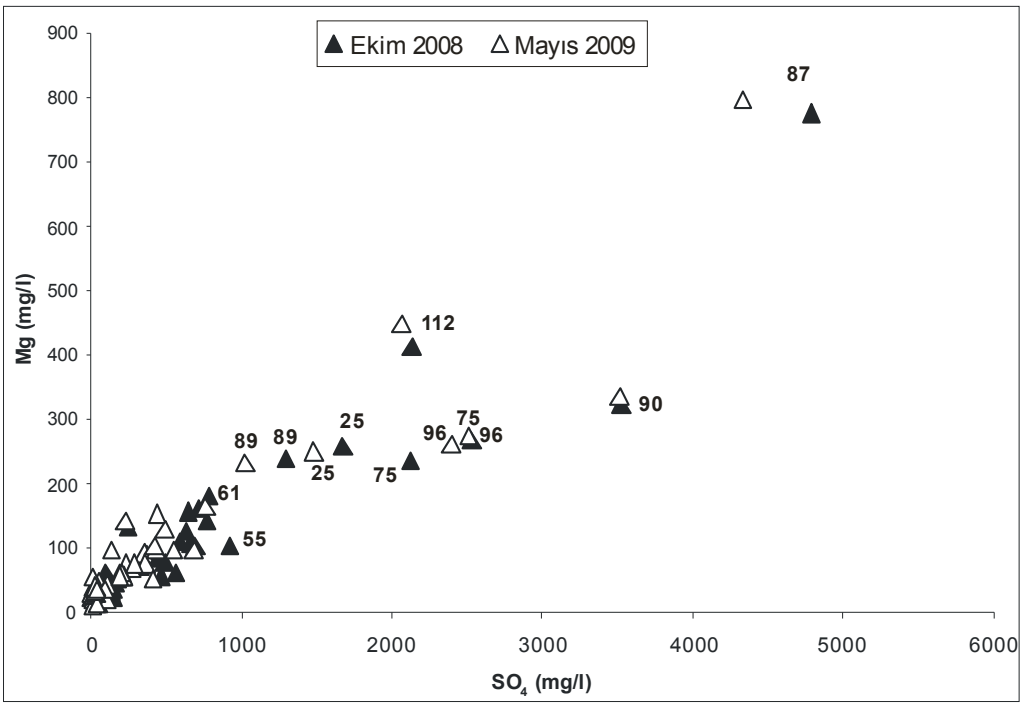
Yeraltısularındaki Ca^{+2} ve Mg^{+2}'un kaynakları $(Mg+Ca)/HCO_3$ oranından da ortaya çıkarılabilmektedir. Eğer Ca^{+2} ve Mg^{+2} iyonları yalnızca akifer matriksindeki karbonatların çözünümünden ve piroksen, amfibol gibi silikat minerallerinin ayrışmasından ortama gelmiş olsalardı $(Mg+Ca)/HCO_3$ mmol/l oranı yaklaşık 0,5 olurdu (Sami 1992, Taheri Tizro ve Voudouris 2008). Fakat bu oran inceleme alanındaki yeraltısularının genelinde 0,5'den daha yüksek değerdedir (Çizelge 4.7, 4.8, Şekil 4.96). Buna göre inceleme alanındaki yeraltısularında bulunan Ca^{+2} ve Mg^{+2}'un asıl varlığı karbonat ayrışması, Ca^{+2} ve Mg^{+2} iyonları ile Na^+ arasındaki iyon değişimi ve inceleme alanında bulunan jips, aragonit, kalsit gibi evaporitik minerallerden kaynaklanmaktadır

Düşük tuzluluğa sahip suların (TDS<700 mg/l) yüksek Mg^{+2}/Cl^{-} ve Ca^{+2}/Cl^{-} (molar) oranları ortamdaki kayaç ayrışmasını, tuzluluğun artışına bağlı olarak artan Mg^{+2}/Cl^{-} ve Ca^{+2}/Cl^{-} (molar) oranları ise iyon değişimini göstermektedir (Petrides ve ark. 2006, Kumar ve ark. 2009). Düşük tuzluluğa sahip sularda yüksek Mg/Cl oranı kayaç ayrışmasının yanında alüminyum-silikatların çözünmesinden kaynaklanan Mg artışını da göstermektedir (Taheri Tizro ve Voudoiris, 2008).

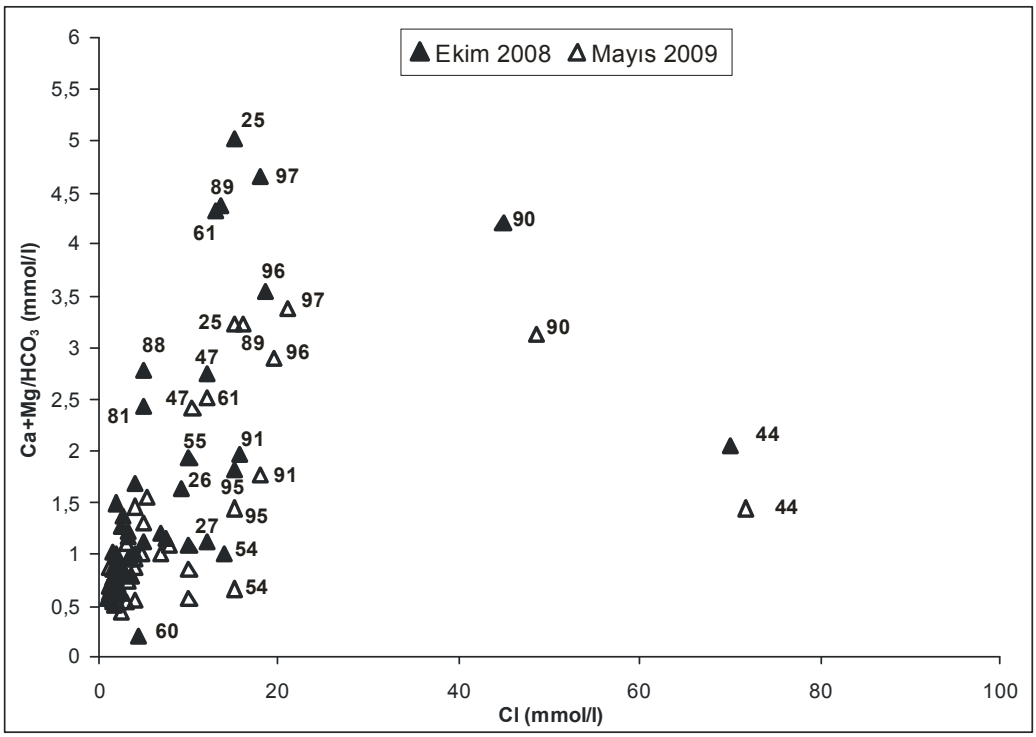
İnceleme alanındaki düşük tuzluluğa sahip örneklerin (fasiyes1) (TDS<700 mg/l) daha yüksek Mg^{+2}/Cl^{-} ve Ca^{+2}/Cl^{-} (molar) oranları, muhtemelen Mg^{+2} iyonunun formasyonlarda bulunan dolomit, dolomitik kireçtaşı, serpantinit, silikat minerallerinin ayrışmasından ve magnezyumca zengin killi kireçtaşları ve çamurtaşlarından geldiğini, Ca^{+2} iyonunun ise karbonat mineralleri (kalsit, dolomit ve aragonit), Ca-silikat mineralleri (plajiyoklaz, feldispat vb.) ve Ca-montmorillonit gibi kil minerallerinin ayrışmasından ortama katıldıklarını göstermektedir. Mg'un kökeni aynı zamanda metamorfik kayaçlardaki alüminyum-silikatların (biyotit ve klorit) çözünümü ile de ilişkilendirilebilir (Garcia ve ark. 2001).

İnceleme alanındaki örneklerde tuzluluğun artışına bağlı olarak artan Mg^{+2}/Cl^{-} ve Ca^{+2}/Cl^{-} (molar) oranları ise (örnek no: 22, 26, 47, 60, 61, 89, 91, 95, 96, 97, 112, 25, 54, 55) muhtemelen bu örneklerdeki Ca^{+2} veya Mg^{+2} iyonları ile Na^{+} iyonu arasındaki iyon değişiminden kaynaklanmaktadır (Çizelge 4.7, 4.8, Şekil 4.97).

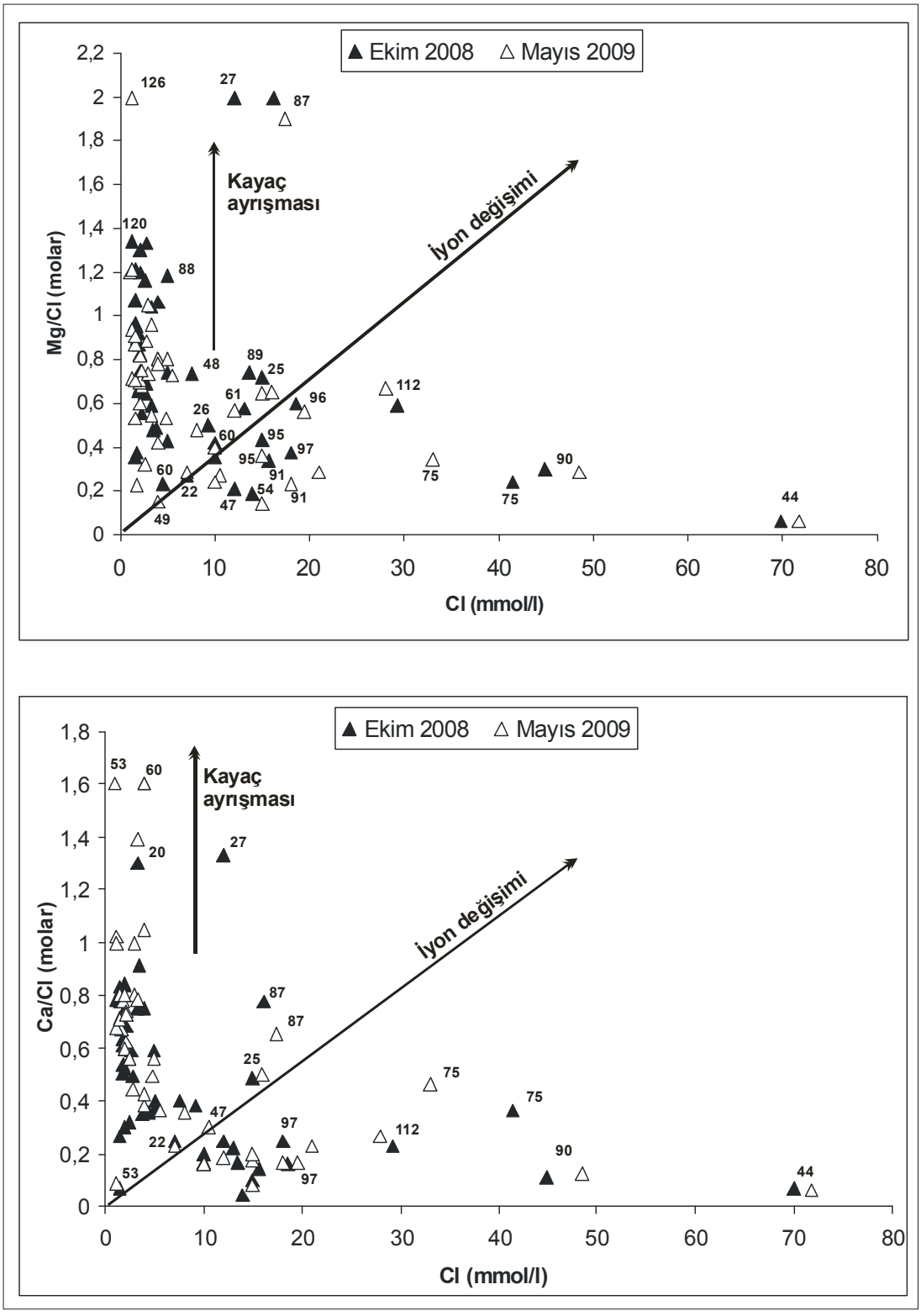
Ayrıca incelenen yeraltısuları içerisinde Mg^{+2} iyonunun Ca^{+2} iyonundan daha yüksek değerlerde olması yukarıda değinilen kaynaklar dışında inceleme alanında temeli oluşturan ofiyolitik birimler (serpantinit, gabro vb.) ile Cihanbeyli ve Gökdağ formasyonlarına ait kumtaşı, çakıltaşı içerisinde bulunan olivin, piroksen gibi kayaç yapıcı minerallerin ayrışmasıyla da yeraltısularına karışmış olabilir.



Şekil 4.95. İnceleme alanındaki yeraltısularının Mg^{+2}- SO_4^{-2} (mg/l) diyagramı



Şekil 4.96. İnceleme alanındaki yeraltısularının Cl^-- Ca^{+2}+ Mg^{+2}/HCO_3 diyagramı



Şekil 4.97. Cl^-(mmol)- Mg^{+2}/Cl^-(molar) ve Ca^{+2}/Cl^-(molar) diyagramları

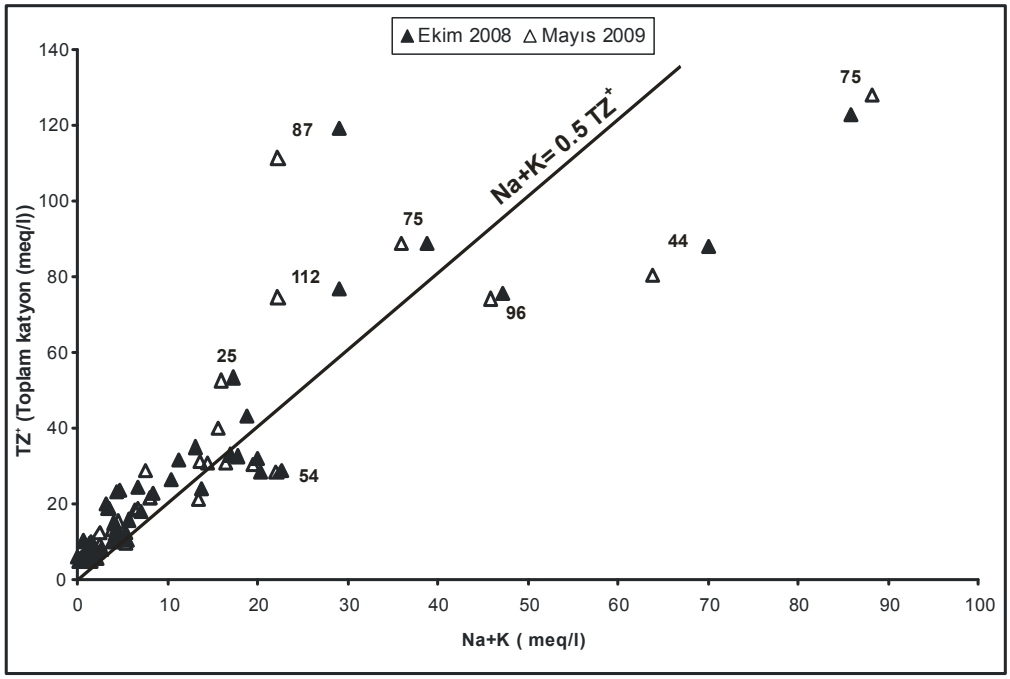
4.6.4.2.3. Silikat Ayrışması

Silikat ayrışması yeraltısularının ana iyon kimyasını kontrol eden ana jeokimyasal süreçlerden birisidir (Mackenzie ve Garrells 1965, Rajmohan ve Elango 2004, Kumar ve ark. 2006 ve 2009). Silikat ayrışması $Na^{+}+K^{+}$ iyonlarına karşı toplam katyonlar (TZ^{+}) arasındaki ilişkiye göre anlaşılabilmektedir. Eğer yeraltısularının $Na^{+}+K^{+}=0.5TZ^{+}$ değeri eşitse veya yakın değerlerde çıkarsa sodyum ve potasyum iyonlarının katılımını sağlayan jeokimyasal süreçlerde silikat ayrışmasının olduğunu göstermektedir (Stallard ve Edmond 1983, Kumar ve ark. 2009). Eğer yeraltısuları $Ca^{+2}+ Mg^{+2}=0.5TZ^{+}$ ile $Ca^{+2}+ Mg^{+2}=TZ^{+}$ arasında yayılım gösteriyorsa Ca^{+2} ve Mg^{+2} iyonlarının bazılarının silikat minerallerinin ayrışmasından ortama katıldığını göstermektedir (Kumar ve ark. 2009).

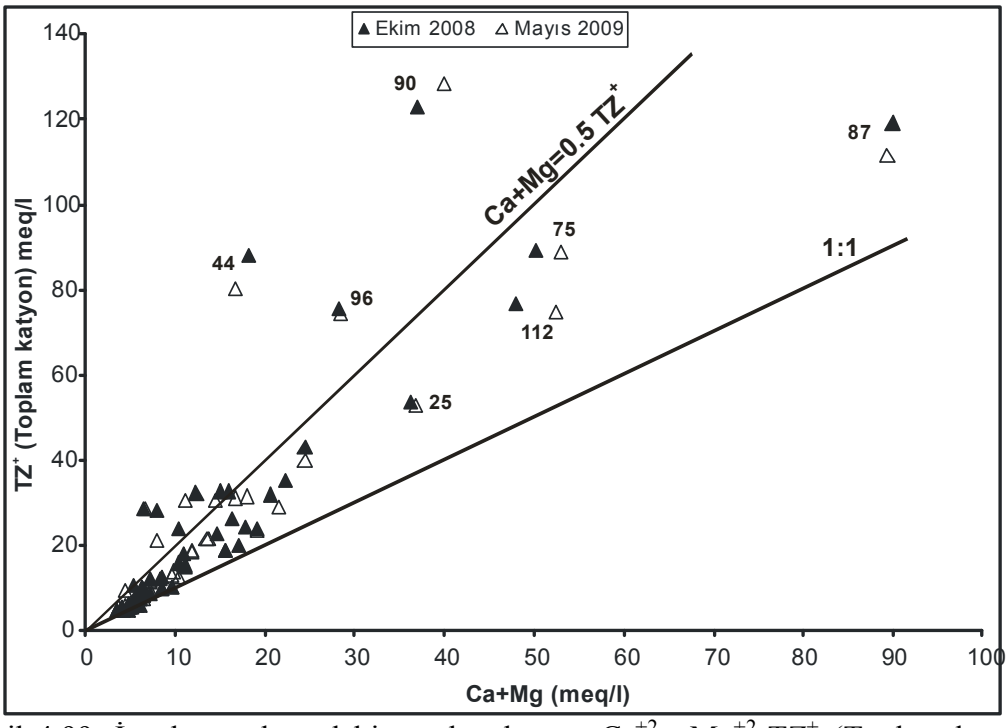
İnceleme alanından alınan örneklere ait $Na^{+}+K^{+}$-TZ^{+} diyagramına göre 44, 54, 75, 87, 96, 112 ve 25 nolu örnekler hariç tüm örnekler $Na^{+}+K^{+}=0.5TZ^{+}$ çizgisine yakın düşmüşlerdir (Şekil 4.98). Bu da, inceleme alanındaki sodyum ve potasyum iyonlarının katılımını sağlayan jeokimyasal reaksiyonlarda silikat ayrışmasının da rol aldığını göstermektedir Bunun yanı sıra sodyum feldispat (albit) ve potasyum feldispatların (ortoklaz ve mikroklin) yeraltısularındaki Na^{+} ve K^{+} iyonlarının diğer bir kaynağı olabilileceği düşünülebilir. Ayrıca feldispatlar, silikat kayaçlarda ayrışmaya ve alterasyona karşı kuvarsdan daha dayanıklıdırlar (Kumar ve ark. 2009). İnceleme alanındaki yeraltısularında K^{+} iyonunun Na^{+} iyonu kadar bol olmamasının sebebi ise K^{+} iyonunun formasyonlardaki kil minerallerince tutulmalarından kaynaklanmaktadır.

İnceleme alanından alınan örneklere ait $Ca^{+2}+ Mg^{+2}$'a karşı TZ^{+} grafiğinde örneklerin çoğu 0,5:1 ($Ca^{+2}+ Mg^{+2}=0.5TZ^{+}$) çizgisi ve 1:1 çizgisi arasında lineer bir yayılım göstermektedir (Şekil 4.99). Buda Ca^{+2} ve Mg^{+2} iyonlarının bazılarının silikat minerallerinin ayrışmasından ortama katıldığını göstermektedir. Ayrıca $(Mg+Ca)/HCO_3$ oranı >3 olması, ortamdaki silikat ayrışmasını yansıtmaktadır (Kumar ve ark. 2009). İnceleme alanında her iki dönemde de 61, 75, 87, 89, 90, 96, 97, 112 ve 25 nolu örneklerin $(Mg+Ca)/HCO_3$ oranı 3'ten daha yüksek değerlerde bulunmuştur (Çizelge 4.7, 4.8). Bu durum inceleme alanında karbonat çözülümünün

yanı sıra silikat ayrışmasının da olduğunu göstermektedir. Ancak silikat ayrışması inceleme alanında hakim bir hidrokimyasal işlem değildir.



Şekil 4.98. İnceleme alanındaki yeraltısularının Na^{+}+K^{+}- TZ^{+} (Toplam katyon) diyagramı



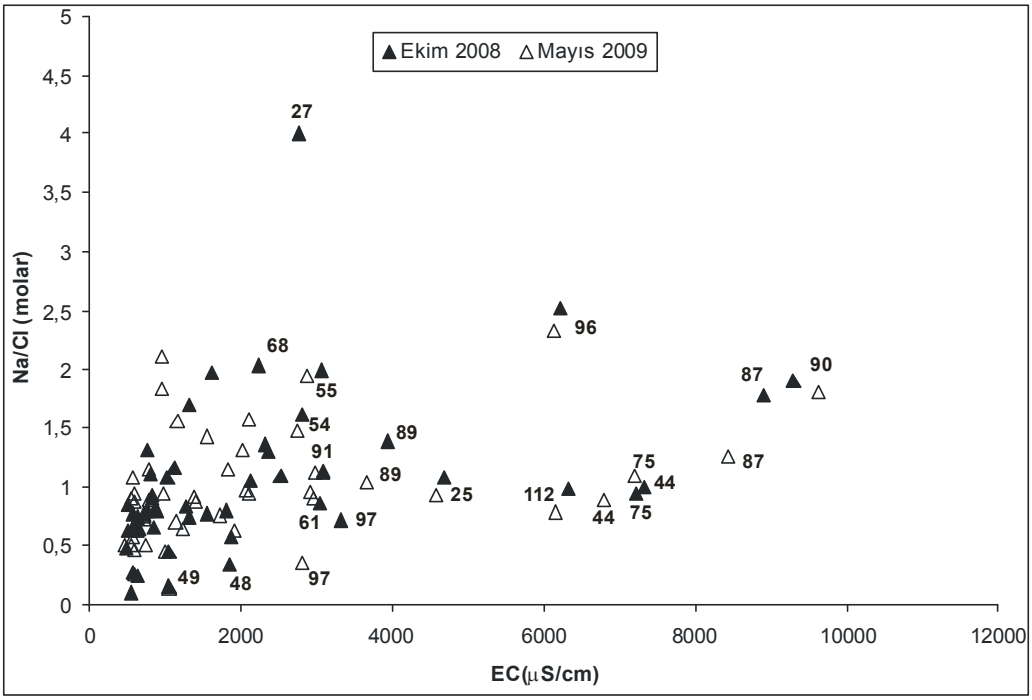
Şekil 4.99. İnceleme alanındaki yeraltısularının Ca^{+2}+ Mg^{+2}-TZ^{+} (Toplam katyon) diyagramı

4.6.4.2.4. Evaporasyon

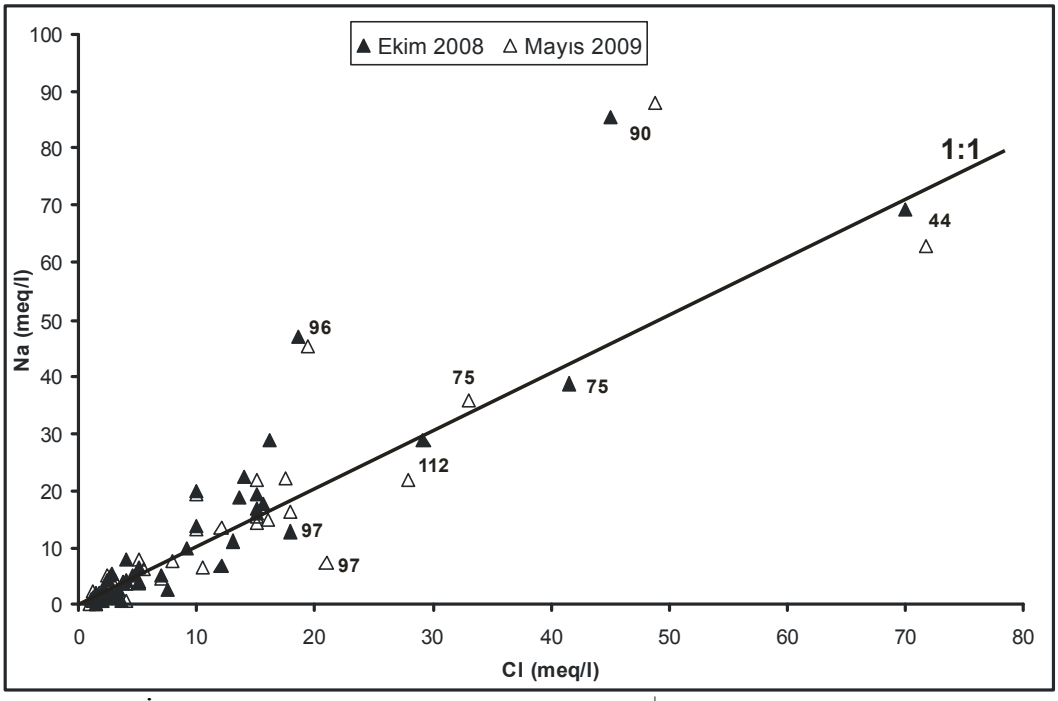
Genelde evaporasyonun sulardaki bütün iyonların konsantrasyonlarında bir artışa sebep olduğu düşünülmektedir. Evaporasyon sonucu meydana gelen iyonik zenginleşme, düşük geçirimliliğe sahip akifer içerisindeki yeraltısuyunun tutulmasıyla gerçekleşmektedir. Eğer bir bölgede evaporasyon egemense, hiçbir mineral çeşidinin çökelmeyeceği ve Na^+/Cl^- oranının değişmeyeceği varsayılmaktadır (Jankowski ve Acworth 1997). Buna göre Na^+/Cl^- (molar)'a karşı EC (µS/cm) diyagramı yatay bir doğru oluşturur. Bu da evaporasyon ve evapotransprasyonun etkili bir göstergesi olmaktadır (Taheri Tizro ve Voudouris 2008, Kumar ve ark. 2009). Eğer Na^+ iyonu halit mineralinin çözünümünden geliyorsa molar Na^+/Cl^- oranı yaklaşık 1'e eşit çıkar, 1'den yüksek çıkan değerler için ise Na'un kaynağı silikat ayrışmasıdır (Mayback 1987, Garcia ve ark. 2001).

İnceleme alanındaki örneklerin genelinin Na^+/Cl^- molar oranı, kurak dönemde (Ekim 2008) 0,1-4 arasında, yağışlı dönemde (Mayıs 2009) 0,13-2,32 arasındadır. Fakat örneklerin kurak ve yağışlı dönemde sırasıyla yaklaşık %59-%66'sının Na^+/Cl^- molar oranı, her iki dönemde de 1'in altında bulunmuştur (Çizelge 4.7, 4.8 ve Şekil 4.100). Buda her iki dönemde de halit çözünümünün sistemde etkin olduğunu göstermektedir. Na^+ ve Cl^- iyonları arasındaki korelasyon katsayısının her iki dönemde de yüksek çıkması da (sırasıyla r^2=91; r^2=92) bunu kanıtlamaktadır (Çizelge 4.9, 4.10). Fakat Na^+/Cl^-- EC (µS/cm) diyagramında incelenen örneklerin sıralanışı tamamen düz bir çizgi şeklinde olmayıp eğim göstermektedir. Bu yüzden evaporasyon yeraltısuyunun kimyasını kontrol eden ana jeokimyasal işlem olmayabilir. Na^+-Cl^- grafiğinde de görüleceği gibi her iki dönemde de örneklerin çoğu (%58-67) 1:1 doğrusunun altında kalmaktadırlar (Şekil 4.101). 1:1 doğrusunun üzerinde kalan örneklerde (örnek no: 68, 70, 87, 90, 96, 54 ve 55) Na^+'un fazlalığı diğer sodyum kaynaklarını yansıtmaktadır. Bunlar katyon değişimi ve/veya silikat ayrışması (Na-plajiyoklaz veya ortoklaz) olabilir (Stallard ve Edmond 1983, Faye ve ark. 2005, Guenduoz ve ark. 2006, Kortatsi 2007). 1:1 doğrusunun altında kalan örnekler de Cl^- fazlalığı daha çok topraktaki tuz çözünmelerinden gelmektedir. Na^+ konsantrasyonunun düşük olmasının nedeni topraktaki veya killerdeki iyon değişimi ile azalmış olmasındandır. Bunun sonucu Na^+ ve Cl^- iyonları aynı oranda artış

göstermemektedirler (Petrides ve Cartwright 2006, Kortatsi 2007, Kumar ve ark. 2009).



Şekil 4.100. İnceleme alanındaki yeraltısularının molar Na^+/Cl^--EC (µS/cm) diyagramı



Şekil 4.101. İnceleme alanındaki yeraltısularının Na^+- Cl^- (meq/l) diyagramı

Çizelge 4.12. İnceleme alanındaki yeraltısularına ait ağır metal ve ana iyonlar arasındaki korelasyon katsayıları

İyonlar	Ca	Mg	Na	K	Cl	HCO_3	SO_4	NO_3	Sr	Br	B	pH	EC
Ca	1												
Mg	**0,740**	1											
Na	0,488	0,557	1										
K	0,307	0,206	0,355	1									
Cl	0,559	0,471	**0,913**	0,393	1								
HCO_3	0,166	-0,024	0,044	0,429	0,033	1							
SO_4	**0,762**	**0,944**	**0,725**	0,220	0,565	-0,009	1						
NO_3	-0,08	-0,047	0,022	-0,12	-0,04	-0,135	-0,001	1					
Sr	**0,852**	**0,871**	0,45	0,16	**0,518**	-0,148	**0,781**	-0,016	1				
Br	0,297	0,503	**0,822**	0,26	**0,693**	0,116	**0,623**	0,0105	0,48	1			
B	0,086	0,273	**0,811**	0,27	**0,706**	0,24	0,479	0,3137	0,12	**0,758**	1		
pH	-0,18	-0,118	0,244	-0,17	0,329	-0,401	-0,105	0,098	-0,03	0,142	0,196	1	
EC	**0,756**	**0,835**	**0,903**	0,370	**0,846**	0,053	**0,911**	-0,002	**0,77**	**0,743**	**0,715**	0,074	1

4.6.4.2.5. Minor İyon İçerikleri (Br , B, Sr)

Cl/Br oranı yeraltısuyu tuzluluğunun farklı kaynaklarını tanımlayabilmek için uygun bir veri olarak kullanılmaktadır. Okyanuslar 550-700 arasında Cl/Br molar oranına sahiptir (Davis ve ark. 1998 ve 2001). Ayrıca Okyanus sularının Cl/Br oranı yaklaşık 300 mg/l dir (Cl-SMOW=19400mg/kg; Br-SMOW =67 mg/kg). Bu oran Permiyen'den beri bütün okyanuslar için sabittir ve referans değer olarak alınabilir (Thomas 1994). Kıyı bölgelerdeki çökeller bu orana benzer molar Cl/Br oranına sahipken kara içlerine doğru gidildikçe, özellikle kurak ve yarı kurak iklimlerde daha düşük molar Cl/Br oranına sahip olabilir. Bunun sebebi kıyı bölgelere yağan erken yağmurlarda Cl iyonunun taşınmasıdır (Herczeg ve ark.1991, Davis ve ark. 1998, 2001). Fakat evaporasyona maruz kalan yeraltı ve yüzey suları da benzer oranlar gösterebilmektedirler (Mazor 1997).

İnceleme alanından alınan yeraltısularının kurak dönemde (Ekim 2008) Cl/Br oranı 302,7-2934 molar ve 105,7-1304 mg/l arasında, yağışlı dönemde (Mayıs 2009) 245,4-2698,8 molar ve 109,2-1199,2 mg/l arasında değişmektedir. Kurak dönemde 25, 54, 55, 56, 88, 102 ve 109 nolu örnekler, yağışlı dönemde 25, 54, 88,102 ve 109 nolu örneklerin Cl/Br molar oranları 550-700 arasındadır (Çizelge 4.7, 4.8; Şekil 4.102). Kurak dönemde 57, 61, 67, 90, 96, 108 ve 112 nolu örnekler ile yağışlı dönemde 57, 60, 61, 67, 90, 96 ve 112 nolu örneklerin Cl/Br molar oranları bu değerin altındadır. Buda inceleme alanında evaporasyonun varlığını göstermektedir. Ancak 1, 20, 22, 26, 44, 53, 66, 70, 75, 76, 80, 81, 87, 95, 97, 120, 121, 122 ve 123 nolu örnekler, okyanus sularına ait Cl/Br molar (550-700) oranını aşmaktadır ki bu da bölgede tuzluluk artışının bir sonucu olarak halit çözünmesinin devam ettiğini göstermektedir. Fakat inceleme alanındaki halit çözünümü minor orandadır. Çünkü halit mineralinin Cl/Br oranları 10^4-10^5 arasındadır (Cartwright ve ark. 2004). Cl/Br oranlarının yüksek değerlere ulaşması ise evaporitlerin çözülümünü yansıtmaktadır (Kohfahl ve ark. 2008). İnceleme alanında 26, 44, 75, 76, 80 ve 81 nolu yeraltısuyu örneklerinin Cl/Br oranları diğer sulara göre daha yüksek (molar Cl/Br>1400, Cl/Br >1000mg/l) bulunmuştur, bu da tuz çözünümünün yanında inceleme alanında diğer evaporitlerin çözünümününde olduğunu göstermektedir.

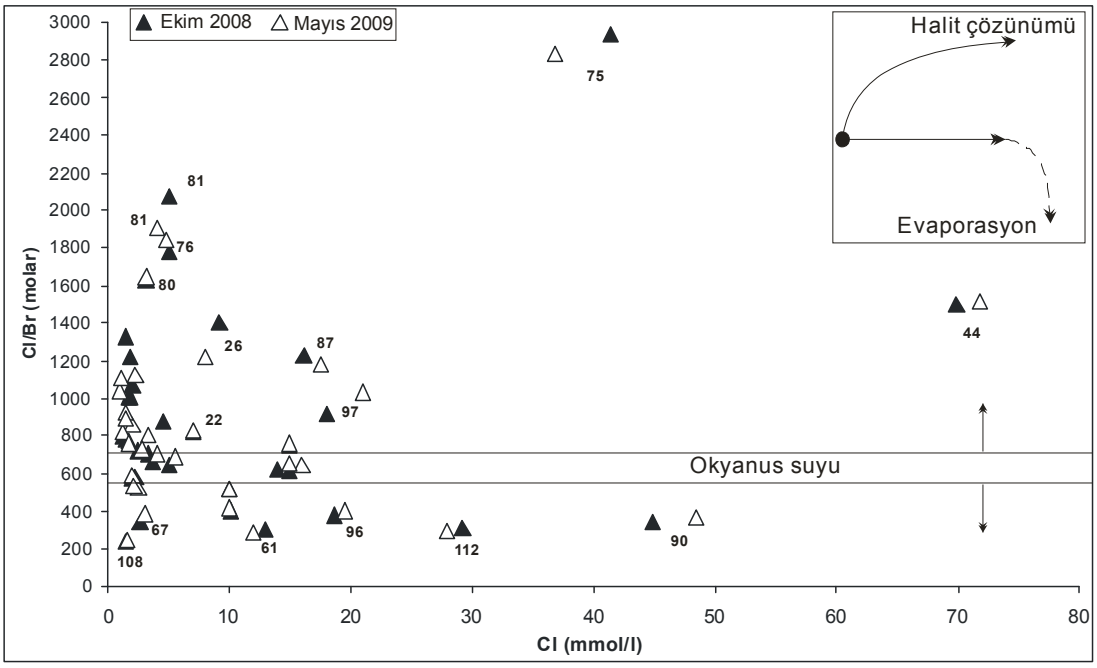
İz element olarak sınıflandırılmasına rağmen, Sr birçok kayaç tiplerinde kolaylıkla ölçülebilen değerlere sahiptir ve jeokimyasal olarak kalsiyumun özelliklerine benzer (Gosselin ve ark. 2004, Şahinci 1991a). Bazı sularda Sr zenginleşmesi suların akiferde kalış zamanıyla ilişkilendirilebilir ve böylece Sr iyonu iyi bir çevresel izleyici olabilir (Brondi ve ark. 1983). Derin klorürlü sularda Sr iyonu yüksek değerlere ulaşabilir ve kurak iklimlerde buharlaşma ile çökelebilir ve tuzlu sülfatlı sularda çok yüksek değerlere ulaşabilir (Şahinci, 1991a). Meybeck (1984)'e göre Sr/Ca molar oranı $^0/_{00}$ 1 değerinden fazla olan sular evaporitik kökenli suları karakterize etmektedir. İnceleme alanındaki yeraltısularının Sr/Ca molar oranı kurak dönemde 0,0047-0,029 arasında, yağışlı dönemde 0,0037-0,036 arasındadır (Çizelge 4.7, 4.8). Bu da inceleme alanındaki hemen hemen tüm suların evaporitik kökenli olduğunu göstermektedir.

Ca/Sr molar oranı ise genel olarak inceleme alanındaki tatlı yeraltısularında (fasiyes 1) daha yüksek değerlerde çıkmıştır (Şekil 4.103). Bunun sebebi

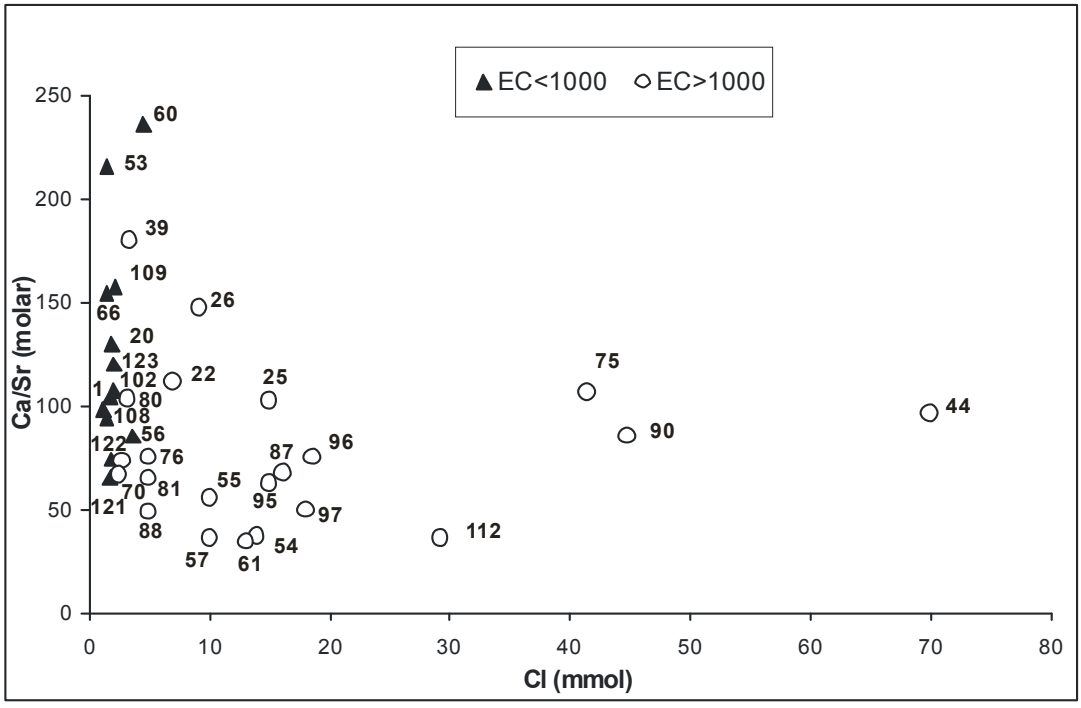
sedimentlerin aynı zamanda emilme reaksiyonları vasıtasıyla Sr konsantrasyonlarını kontrol etmesidir, çünkü Sr iyonu Ca iyonundan çok daha güçlü şekilde kil minerallerinin yapısına girmektedir (Faye ve ark. 2005).

İnceleme alanında Cl ile Sr iyonları arasında pozitif bir korelasyon ilişkisi gözlenmektedir (r^2=0,518). Ayrıca Sr ile Ca arasında güçlü pozitif bir korelasyon bulunmaktadır (r^2=0,85) (Bakınız Çizelge 4.12). Sr iyonunun hem Cl hem de Ca iyonu ile yaptığı pozitif korelasyon, Sr iyonunun yalnızca tuzlulukla ilişkili olmayıp karbonat çözünümü veya çökelimi ile jips minerallerinden türediğini göstermektedir. Aslında karbonat minerallerinin çökelimi ile Ca iyonunun azalmasından dolayı Sr değerinde artış olmaktadır (Faye ve ark. 2005). Ayrıca kayaçlardaki selestit ($SrSO_4$) minerali dolomit, kireçtaşı-dolomit, jips-dolomit, jips ve benzeri çökellerle birlikte bulunabilmektedir (Şahinci 1991a). İnceleme alanındaki yeraltısularında Sr iyonunun Mg iyonu ile güçlü pozitif bir korelasyon yapması (r^2=0,87) ve inceleme alanındaki formasyonlarda dolomit, jips ve kireçtaşı gibi çökellerin olması da Sr iyonunun kökenini açıklamaktadır (Bakınız Çizelge 4.12).

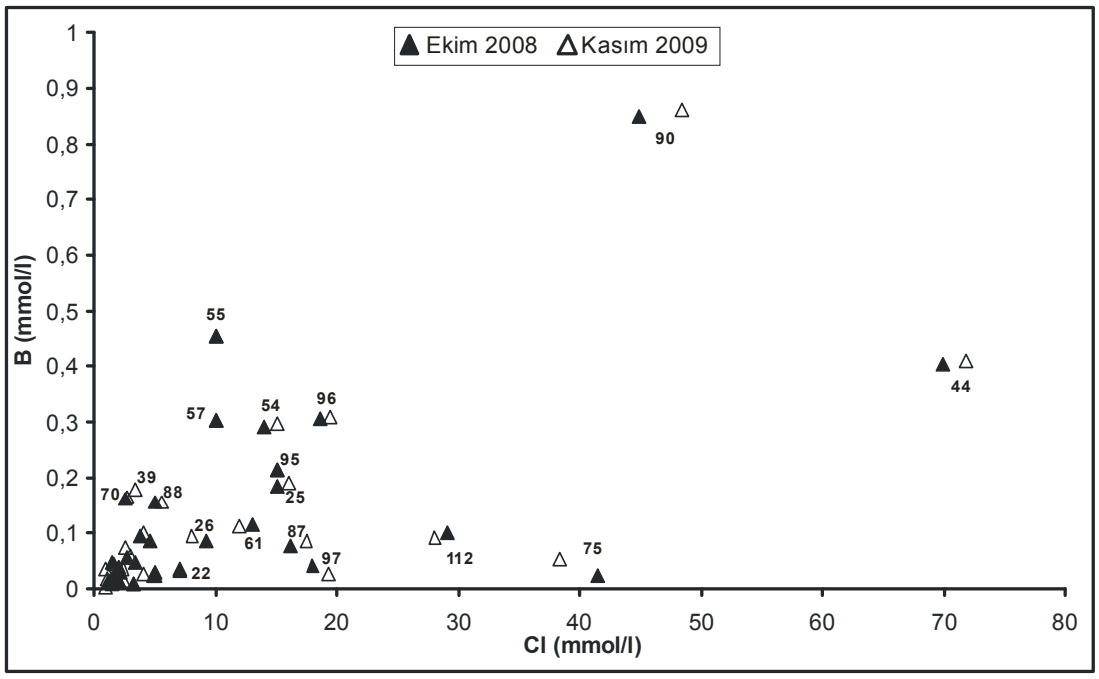
Yeraltısularında bor iyonunun bulunuşu farklı faktörlere bağlıdır (Sanches-Martos ve Pulido-Bosch, 1999). Bor, denizel veya karasal kökenli tuzlu suların veya evaporasyon gibi sınırlı su dolaşımı olan ortamlarda yoğunlaşma eğilimi göstermektedir (Uhlman 1991). Bor ve onunla ilişkili diğer iyonlar yeraltısuyunun tuzluluğunun kökenini ayırt etmede kullanılır (Gimenez ve Morell 1997). İncelenen yeraltısularındaki bor iyonu ile EC, Na, Cl ve Br iyonları arasında iyi bir pozitif korelasyon gözlenmektedir (sırasıyla r^2= 0,71; 0,81; 0,70; 0,76). Bu da bor iyonunun inceleme alanında tuzluluğa bağlı olarak arttığının bir göstergesidir (Bakınız Çizelge 4.12). Fakat bazı yeraltısularında tuzluluğun artışına bağlı olarak B iyonunda artış gözlenmemiştir (örnek no: 75 ve 112) (Şekil 4.104). Tuzlu yeraltısularında bor iyonunun azalmasının sebebi mineral bünyesinde bor iyonunun emiliminden kaynaklanmaktadır (Faye ve ark. 2005).



Şekil 4.102. İnceleme alanındaki yeraltısularının molar Cl/Br -Cl (mmol) diyagramı



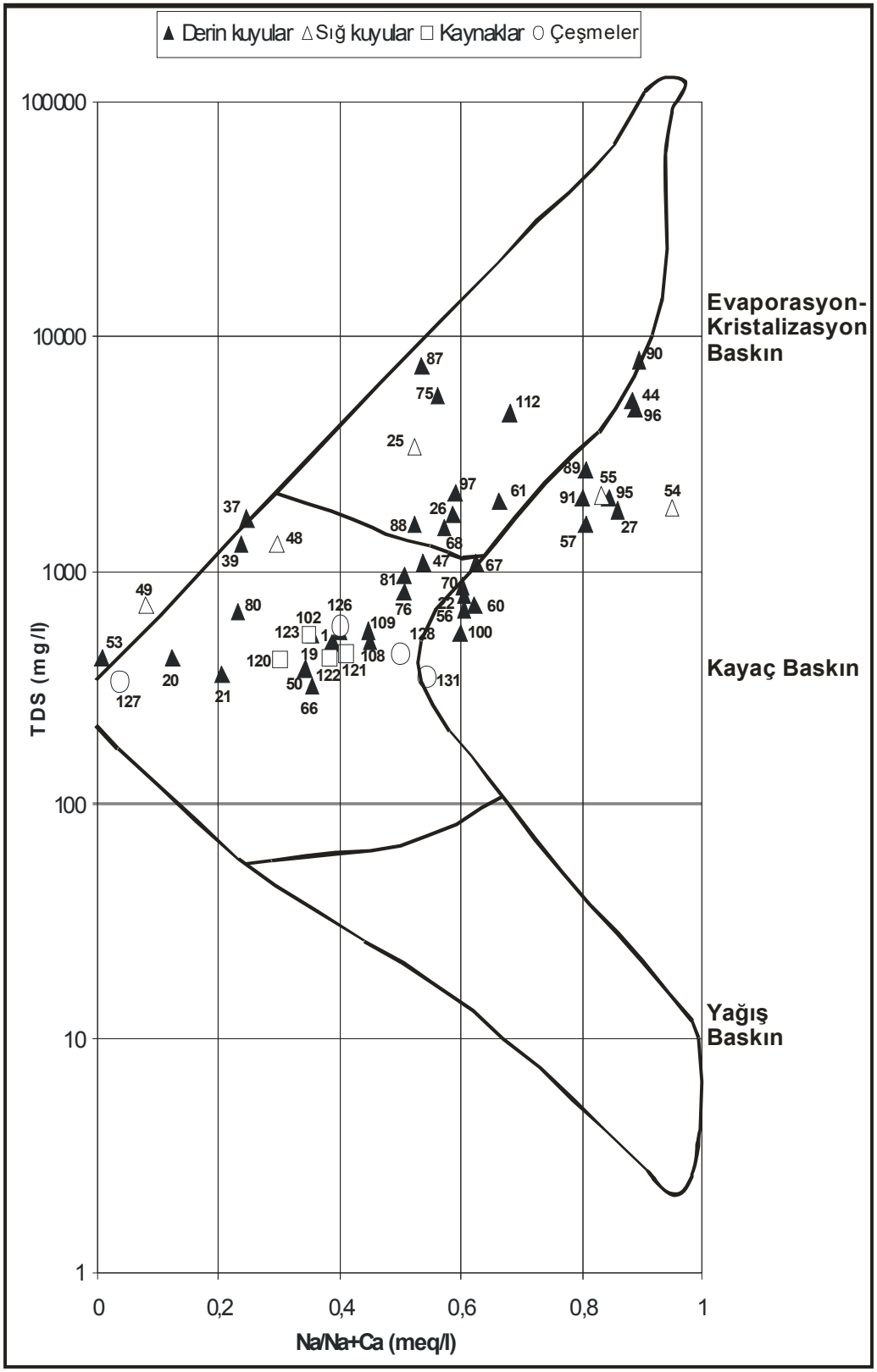
Şekil 4.103. Cl (mmol/l)- molar Ca/Sr diyagramı (EC değerliği µS/cm'dir)



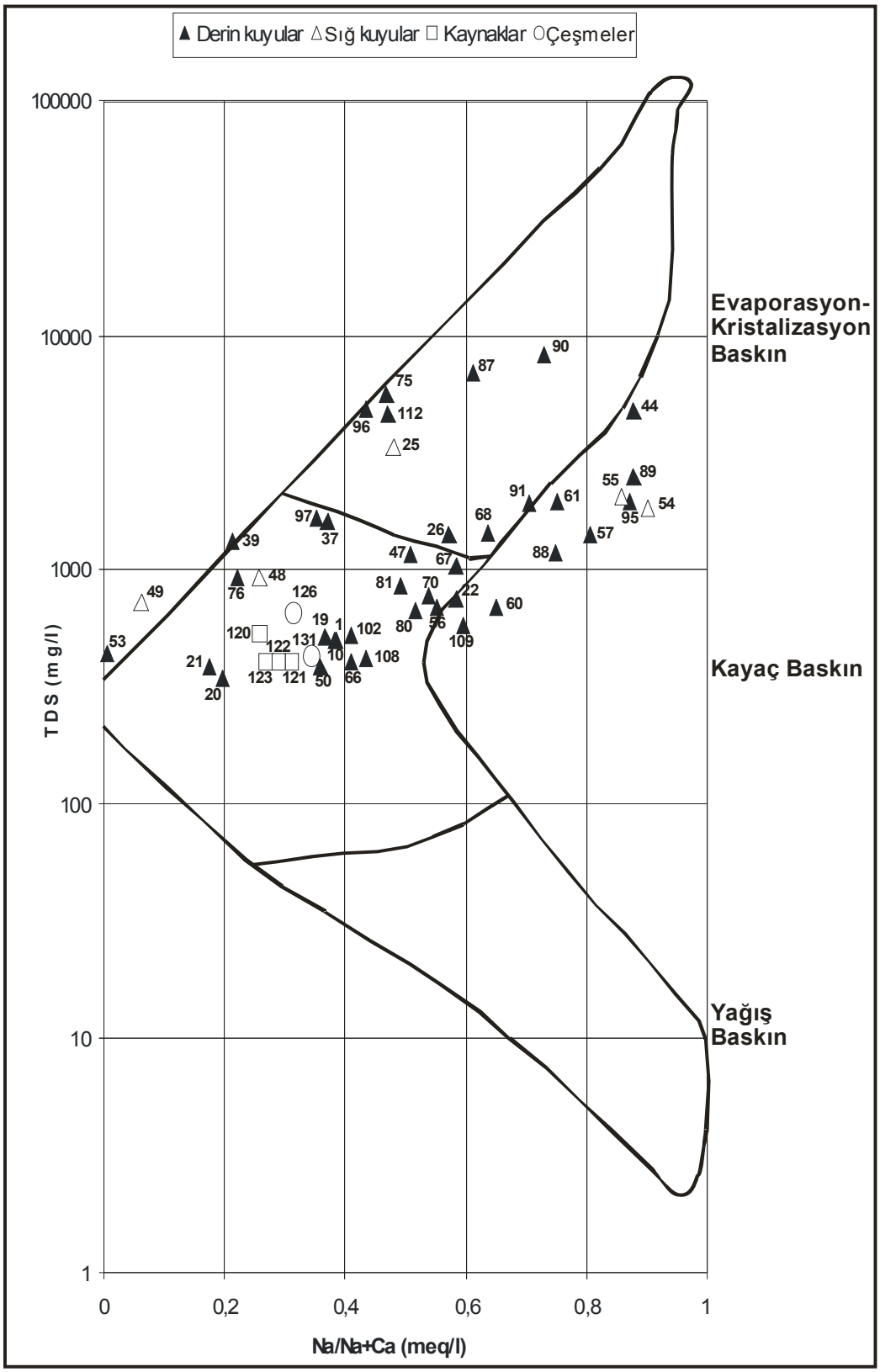
Şekil 4.104. İnceleme alanındaki yeraltısularının Cl- Br (mmol/l) diyagramı

Gibbs (1970) diyagramı, inceleme alanındaki sular için genel tuzluluğun evrimini yansıtmaktadır. Gibbs diyagramı evaporasyonla kontrol edilen veya su-kayaç etkileşim süreçleriyle etkilenen sular arasındaki ayrımı yapmak için güzel bir veri olarak kullanılabilmektedir. Gibbs (1970) diyagramına göre inceleme alanındaki suları 2 grup altında toplamak mümkündür. Birincisi "evaporasyon/kristalizasyon hakim", ikincisi "kayaç hakim" sular (Şekil 4.105, 4.106).

Buna göre inceleme alanında dağlık kesimlerden alınan sular, İnsuyu formasyonundan alınan sular ve kaynak suları "kayaç hakim" bölgesine düşmüştür (fasiyes 1). Fakat inceleme alanının doğusu ile güneydoğusuna doğru gidildikçe ve Yeniceoba çevresindeki alüvyonlardan alınan örnekler ve Kuşça çevresindeki alüvyonlardan alınan örneklerin çoğu "evaporasyon/kristalizasyon hakim" bölgesine düşmüştür. Bu da açıkça göstermektedir ki, inceleme alanındaki alt havzanın doğu ve güneyine doğru düzlük alanlara gidildikçe, üst havzanın dağlık kesimlerinden düzlük alanlara yani bölgenin doğusuna doğru gidildikçe evaporasyon ve kristalizasyon daha baskın hale gelmektedir. Böylece tüm suların iyon içeriğinde artma gözlenmektedir.



Şekil 4.105. İnceleme alanındaki suların Gibbs Diyagramı (Ekim 2008)



Şekil 4.106. İnceleme alanındaki suların Gibbs Diyagramı (Mayıs 2009)

4.6.4.2.6. Çok Değişkenli İstatistiksel Analiz

İnceleme alanından derlenen yeraltısuyu örneklerinin iyon değişimlerinin çok değişkenli istatistiksel analizleri, Statistical Package for Social Sciences (SPSS, versiyon 15.0) programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

4.6.4.2.6.1. Değişkenlerin Korelasyonu

Yeraltısularına ait ana iyonlar, iz elementler (Br, B ve Sr) ve NO_3' a ait korelasyon katsayıları Çizelge 4.12'de verilmiştir. SO_4^{-2} ve Ca^{+2} arasında (r^2=0,76), SO_4^{-2} ve Mg^{+2} arasında (r^2=0,94), Cl^- ve Na^+ arasında (r^2=0,91) yüksek pozitif bir korelasyon bulunmaktadır. Ayrıca Elektriksel İletkenlik (EC); Ca^{+2}, Mg^{+2}, Na^+, Cl^- ve SO_4^{-2} iyonları ile yüksek pozitif bir korelasyon göstermektedir (Sırasıyla; r^2=0,75; 0,83; 0,90; 0,86 ve 0,91). Bu verilere göre; inceleme alanındaki yeraltısularının mineral içerikleri toprağın karbonatlı malzemeleri ve jipsin çözünme işlemleri ile yakından ilişkilidir. Ayrıca Na^+ ve Cl^- arasındaki güçlü korelasyon minor oranda halit mineralinin çözünümünü ve evaporasyonu yansıtmaktadır (Bakınız Çizelge 4.12).

İnceleme alanındaki hidrokimyasal olaylar, değişkenlere ait korelasyon katsayılarına göre açıklanacak olursa;

- Sülfatın magnezyum ve kalsiyum ile yapmış olduğu yüksek korelasyon bölgede jips ve magnezyum karbonatlı kayaçların olduğunu doğrulamaktadır.

-Kalsiyum iyonu bikarbonat iyonu ile korelasyon göstermemektedir. Bu da karbonat çözünümünün bikarbonat içeriğindeki artışla ilişkili olmadığını göstermektedir (Helena ve ark. 1999).

- Na^+ ve Cl^- arasındaki güçlü korelasyon (r^2=0,94) ve bu iyonların aynı zamanda Br ve B iyonları ile yapmış olduğu yüksek korelasyon (r^2=0,7-0,82 arasında), bölgede halit çözülümünün varlığını göstermektedir. Tuz Gölü'nün eski sınırları dikkate alınırsa halit mineralinin varlığı inceleme alanı için olağan bir durumdur.

-Nitrat, diğer iyonlar ile korelasyon göstermemektedir. Bu da nitrojenin kaynağı olarak bölgede kirletici unsurların (Örneğin tarımsal faaliyetler, evsel atıklar vb.) olduğunu göstermektedir.

- Elektriksel iletkenlik değerleri Ca^{+2}, Mg^{+2}, Na^{+}, Cl^{-}, SO_4^{-2} iyonları ile yüksek pozitif bir korelasyon göstermektedir. Buda tuzluluğun artışı ile doğru orantılıdır.

4.6.4.2.6.2. Faktör Analizleri

Temel bileşen analizi (Principle Component Analysis) olarak ta bilinen faktör analizi, birçok değişken ve onların rolleri arasındaki karmaşık ilişkileri açığa çıkarmanın etkili yollarından biridir (Dalton ve Upchurch 1978, Fovell ve Fovell 1993, Guler ve ark. 2002). Faktör analizleri çok sayıda değişkenler arasında gözlenen ilişkiyi daha basit ilişkiler ile açıklamayı amaçlamaktadır (Cattel 1965).

İnceleme alanındaki hidrokimyasal verilere ait faktör analizi yapılmış ve yeraltısuyu kalitesini kontrol eden dört faktör tanımlanmıştır. Faktör analizi sonuçları Çizelge 4.13'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.13. İnceleme alanındaki sulara ait çok değişkenli faktör analizleri

Değişkenler	**Faktör 1**	**Faktör 2**	**Faktör 3**	**Faktör 4**
pH	-0,07	**0,84**	0,37	-0,08
EC	**0,99**	0,08	0,02	0,02
TDS	**0,98**	0,07	-0,02	0,01
Ca	**0,80**	-0,21	-0,27	-0,01
Mg	**0,85**	0,02	-0,42	-0,08
Na	**0,87**	0,21	0,32	0,05
K	0,42	-0,48	0,45	0,07
Cl	**0,82**	0,20	0,43	0,01
HCO_3	0,11	**-0,83**	0,25	0,22
SO_4	**0,92**	0,04	-0,32	-0,02
NO_3	-0,05	0,28	-0,14	**0,95**
İlk Eigen değeri	5,82	1,84	1,16	0,96
Değişimin % değeri	52,93	16,77	10,51	8,79
Değişimin % kümülatif değeri	52,93	69,70	80,22	89,01

Faktör 1, toplam iyon değişiminin % 52,93'ünü açıklamaktadır ve doğal mineralizasyon içeriği olarak yorumlanabilir (Helena ve ark. 1999). Çünkü bu oran Elektriksel İletkenlik (EC) ile Ca^{+2}, Mg^{+2}, Na^{+}, Cl^{-} ve SO_4^{-2} iyonları arasında yüksek derecede paylaşılmıştır. Bu iyonlar inceleme alanında bulunan karbonat ve jipsli materyaller (jips, kalsit ve dolomit) ve karbonatın doğal çözünümünden kaynaklanmaktadır. Faktör 2, toplam iyon değişiminin % 16,77'ini açıklamaktadır. Bu faktörde bikarbonat ve pH yüksek değerler göstermektedir. Buda karbonat ayrışmasını göstermektedir (Kumar ve ark. 2009). Kalsiyum ve magnezyumun ana kaynaklarının karbonat ve jipsli malzemelerin çözünümü olmasına rağmen dört faktörde de HCO_3 iyonu bu iyonlardan ayrılmaktadır. Bu durumda inceleme alanındaki yeraltısuları kimyasal olarak karbonat mineralleri (kalsit/aragonit, $CaCO_3$ ve dolomit, $CaMg(CO_3)_2$) ve jips ($CaSO_4.2H_2O$) çözünümünden etkilenmişlerdir bu nedenle kalsiyum konsantrasyonunun büyük oranda artmasına da sebep olmuşlardır. Ancak yaygın iyon etkisine rağmen, sonuçta kalsit çökelebilmekte ve sular kalsit mineraline doygun hale gelebilmektedir. Böylece sulardaki bikarbonatın miktarını da kontrol etmektedir. Bu sırada jips çözülümü devam etmekte ve sulardaki sülfat içerikleri de artmaya devam etmektedir (Helena ve ark. 1999). İnceleme alanında arazi çalışmaları sırasında Cihanbeyli ve Tuzgölü formasyonlarında aragonit ve kalsit minerallerinin varlığının gözlenmesi de bu durumu ispatlamaktadır.

Faktör 3'de önemli bir zenginleşme görülememiştir. Faktör 4 (değişimin % 8,79'u) de ise yalnızca NO_3 yüksek değer göstermektedir. Bu da nitrojen içeren gübrelerin kullanılmasının bir sonucu olarak inceleme alanındaki tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan kirliliği göstermektedir. Çünkü nitratın formlarından biri olan nitrojenin tarımsal alanların altındaki yeraltısularının kirlenmesine sebep olduğu bilinmektedir (Freze ve Cherry 1979). Bu durum inceleme alanı için de geçerlidir.

Çizelge 4.14. Final küme merkezleri (Parametreler mg/l, EC µS/cm alınmıştır)

Küme	EC	pH	TDS	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO_4	HCO_3
1	7148,6	7,8	5613,1	311,09	340,7	1032	17,08	1194,5	2489,8	227,8
2	1505,3	7,7	995,27	75,57	69,17	129,2	5,94	192	296,2	227

Bunun yanı sıra küme analizleri ile elde edilen sonuçlara göre incelenen sular homojen sınıflara bölünmüş ve iki grup altında toplanmıştır. Çizelge 4.14'de görüleceği gibi her bir gruptaki yeraltısuları için her bir ana iyonun küme merkezleri bulunmaktadır. Alt havzanın batı-güneybatısında bulunan İnsuyu formasyonu içerisindeki derin kuyular ve kaynaklar ile üst havzanın dağlık kesimlerinden alınan su örnekleri küme 2'de toplanırken, yüksek iyon içeriğine sahip örneklerin hepsi küme 1'de toplanmışlardır (Örnek no: 26, 27, 37, 44, 57, 61, 68, 75, 87, 88, 89, 90, 91, 95, 96, 97, 112, 25, 54 ve 55).

4.7. Sıcak ve Mineralli Sular

Jeotermal enerji, arz kabuğu içerisinde bulunan aşırı ısınmış kaya, yüksek sıcaklık ve basınçtaki su ve bunlardan oluşan buhar veya gaz gibi tüm maddelerin enerjisidir. Kısaca arz kabuğu içindeki yüksek ısıdan oluşan bir enerjidir. Bu aşırı sıcak akışkan, çevresindeki yeraltı sularına göre daha çok erimiş mineral, çeşitli tuz ve gazları içerir (Göçmez 2009).

Dünyadaki genç tektonik hatlar ve volkanizma kuşakları jeotermal enerji açısından potansiyel oluşturan bölgelerdir. Türkiye'de bu kuşaklardan Alp-Himalaya kuşağı içerisindedir.

Türkiye'deki jeotermal sistemler tektonik ve volkanik faaliyetlere bağlı olarak gelişmiştir. Bu nedenle jeotermal enerji araştırmaları önemli tektonik yapılar ve volkanizmanın etkin olduğu alanlarda yoğunlaşmıştır. Batı Anadoluda bulunan ve derinlere kadar etkili kırık zonlarının bulunduğu graben sistemlerin de ülkemizin yüksek sıcaklığa sahip alanları gelişmiştir.

Buna karşılık havza rejiminde sedimantasyonun devam etmesinden dolayı kabuk kalınlaşması ve düşük ısı akısı nedeniyle Orta Anadolu'da, Kuzey Anadolu Fay Zonu'nda ve bir kısım volkanik faaliyetler ile sıkışma rejimine uğrayan ve kabuk kalınlaşması gösteren Doğu Anadolu'da ise düşük sıcaklıklı alanlar gelişmiştir (Şimşek ve Yıldırım 2000).

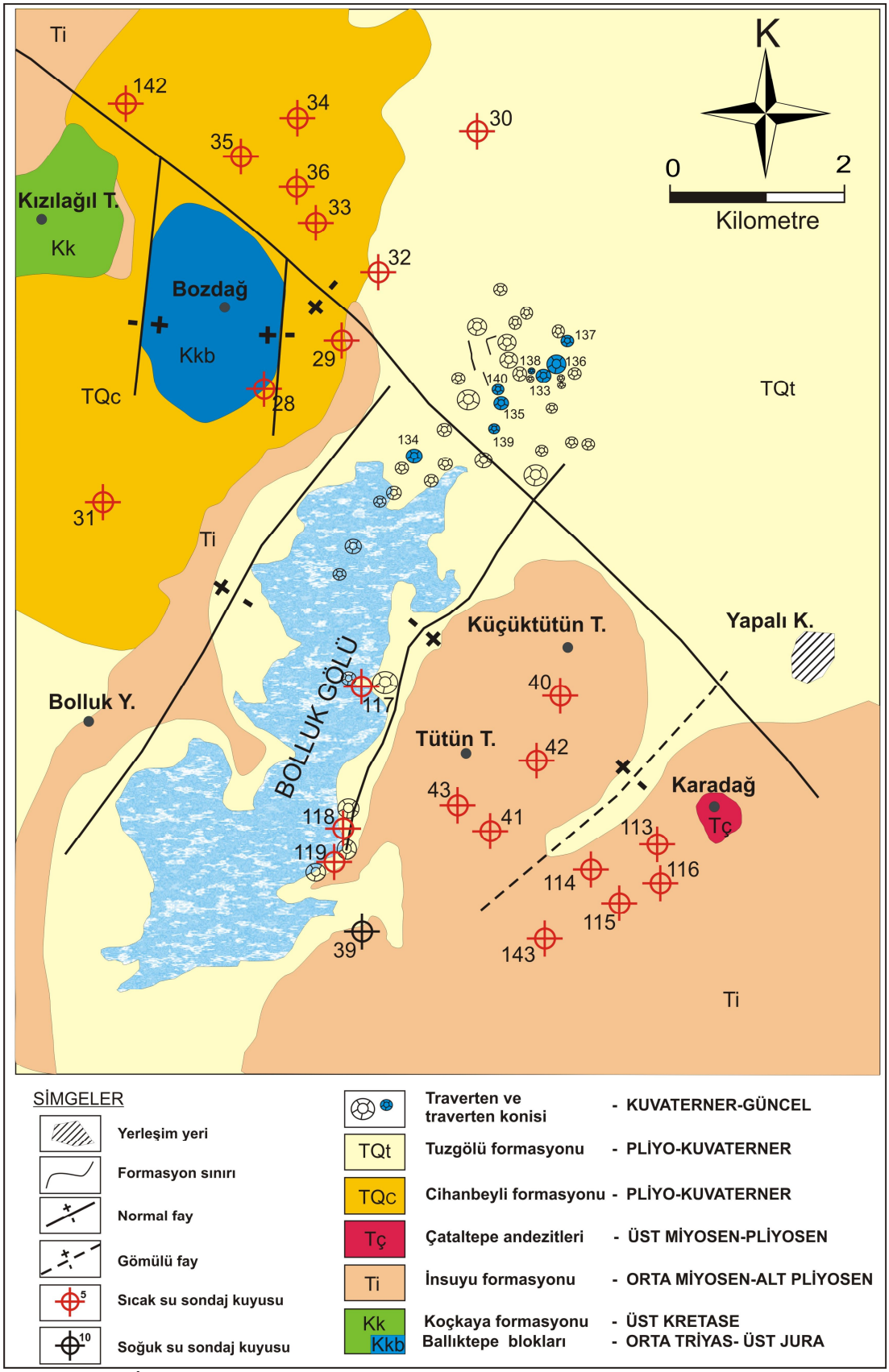
Ülkemizde genç tektonik hatlar boyunca ve volkanik kuşaklarda oluşan 1000 dolayında sıcak ve mineralli su kaynağı ve kaynak alanı vardır. Genç tektonik olaylar grabenlerin oluşmasına neden olmuştur. Ayrıca sıcaklığı 40ºC'nin üzerinde jeotermal akışkan olarak yararlanabilecek 140'tan fazla alan bulunmaktadır (Şekil 4.107) (Şimşek ve Yıldırım 2000)



Şekil 4.107. Türkiye'deki Genç Tektonik Hatlar, Sıcak ve Mineralli Su Kaynaklarının Dağılımı (Şimşek ve Yıldırım 2000)

4.7.1. Sıcak ve Mineralli Suların Hidrokimyasal Özellikleri

İnceleme alanının güneydoğusunda bulunan Bolluk Gölü, Karadağ ve Bozdağ çevresinde, 22 adet sıcak ve mineralli su sondajı ile 8 adet içerisinde su bulunan traverten konisi bulunmaktadır. Sıcak su sondajlarından 3 tanesi Bolluk Gölü'nün doğu kenarında artezyen yapmaktadır. Sıcak ve mineralli suların kurak dönemde (Ekim 2008) ve yağışlı dönemde (Mayıs 2009) sırasıyla toplam mineralizasyonları 2426,86 mg/l - 4567,75 mg/l; 2156,7 mg/l - 4473,014 mg/l, pH değerleri nötüre yakın olup 6,1-7,2; 6,2-7,8 ve EC değerleri 3424-5532 µS/cm; 2982-5414 µS/cm arasında değişmektedir. Traverten konilerinden alınan örneklerin kurak dönemde (Ekim 2008) ve yağışlı dönemde (Mayıs 2009) sırasıyla toplam mineralizasyonları 4493,7 mg/l - 5851,6 mg/l; 4338,4mg/l - 5636,2 mg/l, pH değerleri 7,1-8,1; 7,2-8,5 ve EC değerleri 5618-6984 µS/cm; 5451-6788 µS/cm arasında değişmektedir. Bolluk Gölü'nün güneydoğusunda bulunan sıcak ve mineralli sulara en yakın soğuk yeraltısuyunun (Örnek no:39) kurak dönemde (Ekim 2008) ve yağışlı dönemde (Mayıs 2009) sırasıyla toplam mineralizasyonu 1332 mg/l; 1312 mg/l, pH değeri 7-7,6 ve EC değeri 1817-1765 µS/cm arasında değişmektedir. (Çizelge 4.15, 4.16; Şekil 4.108, 4.109).



Şekil 4.108. İnceleme alanındaki sıcak ve mineralli suların lokasyon haritası



Şekil 4.109. Bolluk Gölü doğusundaki artezyen yapan sondaj kuyuları (sıcak ve mineralli sular)

Çizelge 4.15. İnceleme alanındaki sıcak ve mineralli suların fizikokimyasal analiz sonuçları (Ekim 2008; *= Traverten konilerinden alınan sular)

Örnek No	pH	T C^0	EC µs/cm	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	Cl mg/l	HCO_3+CO_3 mg/l	SO_4 mg/l	Top. Mineralizasyon mg/l	SiO_2 mg/l	Kuyu Derinliği metre	Su Sınıfı IAH (1979)
28	6,6	32	4952	610	230,4	333,5	23,4	461,5	872,3	1800	4331,1	-	90	Ca-Mg-Na-SO_4-HCO_3-Cl
29	6,6	25,6	4414	420	196,8	310,5	22,6	426	823,5	1247	3446,5	-	100	Ca-Mg-Na-SO_4-HCO_3-Cl
30	6,8	21	4828	500	223,2	276	21,5	440,2	786,9	1480,8	3728,6	-	90	Ca-Mg-Na-SO_4-HCO_3-Cl
31	6,5	33,6	4290	424	208,8	254,2	21,8	390,5	817,4	1238,9	3355,6	32,7	80	Ca-Mg-Na-SO_4-HCO_3-Cl
32	6,5	25,6	5438	605,4	218,4	340,4	24,2	550,3	976	1554,7	4269,4	31,2	120	Ca-Mg-Na-SO_4-HCO_3-Cl
33	6,9	35,8	5284	573,4	211	342,7	24,2	422,5	738,1	1813	4124,8	32	110	Ca-Mg-Na-SO_4-HCO_3-Cl
34	6,8	38,4	5532	628	248,4	363,4	23,4	415,4	762,5	2126,4	4567,5	33,5	100	Ca-Mg-Na-SO_4-HCO_3-Cl
35	6,8	32,8	4929	486	210,7	345,9	24,2	450,9	795,4	1525,4	3838,6	-	70	Ca-Mg-Na-SO_4-HCO_3-Cl
36	6,5	23,5	4554	432	196,8	335,8	24,2	406,5	786,9	1385,8	3567,9	-	100	Ca-Mg-Na-SO_4-HCO_3-Cl
39	7,0	18	1817	176	82,2	73,6	30	199	463,6	308	1332,4	27	30	Ca-Mg-HCO_3-SO_4-Cl
40	6,9	21	3493	358	144	160,3	28,9	291,1	518,5	1003,7	2504,5	30,9	60	Ca-Mg-Na-SO_4-HCO_3-Cl
41	6,9	22,5	4545	334,4	141,6	165,6	29,3	294,7	512,4	948,96	2426,9	-	60	Ca-Mg-Na-SO_4-HCO_3-Cl
42	6,9	20,5	3445	341	148,8	156,4	28,9	276,9	488	1017,1	2457,1	-	60	Ca-Mg-Na-SO_4-HCO_3-Cl
43	6,9	20,7	3424	336	144,4	165,6	29,3	269,8	500,2	1007	2452,3	-	80	Ca-Mg-Na-SO_4-HCO_3-Cl
113	6,1	42,6	5383	657,6	194,4	362,3	28,7	486,4	884,5	1793,5	4407,3	51,4	120	Ca-Mg-Na-SO_4-HCO_3-Cl
114	6,5	39,75	5331	639,6	183,6	356,5	28,5	465	823,5	1771,7	4268,4	-	100	Ca-Mg-Na-SO_4-HCO_3-Cl
115	6,3	38,2	5155	630	180	345	28,9	470	939,4	1612,8	4206,1	-	90	Ca-Mg-Na-SO_4-HCO_3-Cl
116	6,2	37,2	5238	640	187,2	349,6	28,9	482,8	872,3	1710,7	4271,5	-	100	Ca-Mg-Na-SO_4-HCO_3-Cl
117	6,3	35,9	5161	560	211,2	363,4	26,5	461,5	866,2	1674,2	4163	30,5	100	Ca-Mg-Na-SO_4-HCO_3-Cl
118	6,4	36,9	5167	572	194,4	377,2	28,5	426	854	1724,6	4176,7	-	100	Ca-Mg-Na-SO_4-HCO_3-Cl
119	6,3	29,5	5214	544	218,4	393,3	27,3	497	918,7	1638,7	4237,4	-	100	Ca-Mg-Na-SO_4-HCO_3-Cl
142	7,2	49	5368	609	216	330	28,4	475,7	977,8	1764	4400,9	28,5	425	Ca-Mg-Na-SO_4-HCO_3-Cl
133*	7,2	16	5618	632,4	210	391	31,2	549,9	988,2	1691	4493,7	47,7	-	Ca-Mg-Na-SO_4-HCO_3-Cl
134*	8,1	16,3	6984	692	324	572,7	35,1	745,5	1384,7	2097,6	5851,6	-	-	Ca-Mg-Na-SO_4-HCO_3-Cl
135*	7,8	16,2	5727	642	216	388,5	30,8	544,6	957,7	1763,5	4543,1	-	-	Ca-Mg-Na-SO_4-HCO_3-Cl
136*	7,1	16	5659	638,8	214,8	386,4	27,3	520,8	933,3	1793,7	4515,1	-	-	Ca-Mg-Na-SO_4-HCO_3-Cl
137*	7,2	16,7	5783	636	229,2	400,2	32	532,5	963,8	1839,3	4633	-	-	Ca-Mg-Na-SO_4-HCO_3-Cl
138*	7,2	16,5	5740	648	223,2	379,5	29,3	525,4	915	1845,6	4566	-	-	Ca-Mg-Na-SO_4-HCO_3-Cl
139*	7,2	16,2	5856	674	220,8	391	35,1	540	969,9	1866,7	4697,5	-	-	Ca-Mg-Na-SO_4-HCO_3-Cl
140*	7,2	16	5722	652,2	217	384,6	29,3	525,8	939,4	1821,6	4569,7	-	-	Ca-Mg-Na-SO_4-HCO_3-Cl

Çizelge 4.16. İnceleme alanındaki sıcak ve mineralli suların fizikokimyasal analiz sonuçları (Mayıs 2009; *= Traverten konilerinden alınan sular)

Örnek No	pH	T C	EC µs/cm	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	Cl mg/l	HCO_3+CO_3 mg/l	SO_4 mg/l	Toplam mineralizasyon mg/l	Su Sınıfı IAH (1979)
28	6,9	29,4	5275	620	218,5	293,2	23,4	454,4	902,8	1678	4190,5	Ca-Mg-Na-SO_4-HCO_3-Cl
29	6,7	23,8	4108	400	168	303,6	25	468,6	890,6	961,9	3217,7	Ca-Mg-Na-SO_4-HCO_3-Cl
30	6,8	19	4528	476	204,9	250,5	20,7	406,5	799,1	1332	3489,7	Ca-Mg-Na-SO_4-HCO_3-Cl
31	6,6	29,4	4288	475	189,6	205,2	17,6	330,2	671	1373,7	3262,2	Ca-Mg-Na-SO_4-HCO_3-Cl
32	6,6	22,8	5191	592,6	222,2	315,1	23,6	492,4	988,2	1554,4	4188,6	Ca-Mg-Na-SO_4-HCO_3-Cl
33	7,1	32,4	5152	592,6	198,4	303,6	21,5	475,7	796,1	1606	3993,8	Ca-Mg-Na-SO_4-HCO_3-Cl
34	6,9	35,7	5414	656	234,1	323,9	23,4	486,4	896,7	1852	4473	Ca-Mg-Na-SO_4-HCO_3-Cl
35	6,8	26,7	4691	470	201,6	323,2	22,6	462,2	915	1291	3686,3	Ca-Mg-Na-SO_4-HCO_3-Cl
36	6,4	22,5	4394	430	188,5	328,9	23,4	514,8	915	1085,2	3485,8	Ca-Mg-Na-SO_4-HCO_3-Cl
39	7,6	16,7	1765	184	73,2	57	26,9	117,2	591,7	262,6	1312,5	Ca-Mg-HCO_3-SO_4-Cl
40	6,6	19,8	3025	317	143,4	100,5	17,6	237,9	597,8	773,7	2187,9	Ca-Mg-Na-SO_4-HCO_3-Cl
41	6,8	20	3008	320	138	103,5	17,6	241,4	603,9	756	2180,4	Ca-Mg-Na-SO_4-HCO_3-Cl
42	6,4	20	2982	310	141,6	100	19,5	237,9	591,7	756	2156,7	Ca-Mg-Na-SO_4-HCO_3-Cl
43	6,8	20,1	3094	324	144,8	108,1	18,7	249,6	591,7	802,5	2239,5	Ca-Mg-Na-SO_4-HCO_3-Cl
113	6,2	42	5250	658	190,7	326,6	29,6	479,3	915	1692	4291,2	Ca-Mg-Na-SO_4-HCO_3-Cl
114	6,6	38,4	5284	660,2	187,7	309,6	29,6	482,8	868	1681,9	4219,8	Ca-Mg-Na-SO_4-HCO_3-Cl
115	6,4	37,6	5145	661,2	183,8	299	29,6	468,6	969,9	1585,9	4198,1	Ca-Mg-Na-SO_4-HCO_3-Cl
116	6,5	36,5	5253	664	180,4	317,4	29,6	497	896,7	1636,3	4221,4	Ca-Mg-Na-SO_4-HCO_3-Cl
117	7,2	35,6	5081	580	189,6	326,6	28,5	500,6	1006,5	1398,2	4029,9	Ca-Mg-Na-SO_4-HCO_3-Cl
118	7,6	36,5	5089	592	182,4	319,7	28,5	484,6	1006,5	1405,4	4019	Ca-Mg-Na-SO_4-HCO_3-Cl
119	7,8	29	5284	600	194,4	346,2	28,8	521,9	1018,7	1468,3	4178,3	Ca-Mg-Na-SO_4-HCO_3-Cl
133*	7,2	15,4	5548	620	212,4	365,7	29,3	568	1024,8	1622,8	4443	Ca-Mg-Na-SO_4-HCO_3-Cl
134*	8,5	15,8	6788	700	318	525,3	40,9	781	1451,8	1819,2	5636,3	Ca-Mg-Na-SO_4-HCO_3-Cl
135*	7,8	15,2	5647	590	225,6	359,03	31,2	557,4	1006,5	1737,6	4507,3	Ca-Mg-Na-SO_4-HCO_3-Cl
136*	7,1	15,7	5530	570	244,8	363,4	29,3	546,7	1000,4	1660,8	4415,4	Ca-Mg-Na-SO_4-HCO_3-Cl
137*	7,2	15,7	5474	608	216	334,7	29,3	557,4	1024,8	1610,8	4380,9	Ca-Mg-Na-SO_4-HCO_3-Cl
138*	7,2	15,8	5451	608	223,2	317,4	30	539,6	988,2	1632	4338,4	Ca-Mg-Na-SO_4-HCO_3-Cl
139*	7,2	15,5	5582	574	244,8	326,6	31,2	575,1	1024,8	1701,6	4478,1	Ca-Mg-Na-SO_4-HCO_3-Cl
140*	7,3	15,5	5518	574	223,2	316,7	33,2	550,3	1018,7	1734,7	4450,7	Ca-Mg-Na-SO_4-HCO_3-Cl
143	6,8	45	3500	512	244,8	414	30,8	674,5	616,1	1713	2842,2	Ca-Mg-Na-SO_4-HCO_3-Cl

Çizelge 4.17. İnceleme alanındaki sıcak ve mineralli suların ağır metal ve iz element sonuçları(Ekim 2008; * :soğuk su; **:traverten konilerinden alınan sular).

Örnek No	Al	As	B	Ba	Br	Cr	Cu	Cs	Fe	Li	Mn	Pb	Rb	Sr	Zn
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
31	0,055	0,0213	1,306	0,01546	0,838	<5	0,0153	0,00957	0,273	0,4123	0,00392	0,0133	0,04216	7,85006	3,9076
32	0,015	0,0126	1,082	0,02278	0,492	<5	0,0117	0,00812	<100	0,3086	<,5	0,0101	0,03264	5,62582	2,5077
33	0,039	0,0146	1,423	0,01327	1,327	0,0054	0,0239	0,0069	0,669	0,4674	0,00295	0,0258	0,0338	6,4326	1,3173
34	0,041	0,028	1,400	0,03052	1,453	0,0031	0,020	0,0139	1,303	0,4914	0,02208	0,020	0,0357	8,572	1,798
39*	0,004	0,0056	0,526	0,03239	0,373	0,0022	0,0068	0,00674	<10	0,1523	0,00024	0,0089	0,02134	2,0947	2,2587
40	0,358	0,0616	1,093	0,06074	0,635	0,0057	0,02,4	0,00847	1,626	0,2245	0,07497	0,0125	0,0228	6,63648	1,7861
113	0,030	0,0638	1,476	0,02812	1,386	<5	0,017	0,01244	1,295	0,4953	0,02013	0,0186	0,04698	8,8523	2,6686
117	0,016	0,0689	1,384	0,02016	1,231	<5	0,0168	0,00973	1,145	0,4791	0,02225	0,017	0,04342	7,7772	2,1373
133**	0,013	0,1203	1,320	0,01469	1,137	<5	0,0124	0,00845	0,245	0,4207	0,02984	0,0166	0,04602	8,2853	1,270
134**	0,036	0,1309	2,075	0,00852	1,675	<5	0,0158	0,01455	0,09487	0,8116	0,00075	0,0106	0,06110	9,33694	0,3813

Suların IAH'a göre sınıflandırılması:

İnceleme alanındaki suların sınıflandırılması IAH (1979) (International Association of Hydrogeologists) esasına göre yapılmıştır.

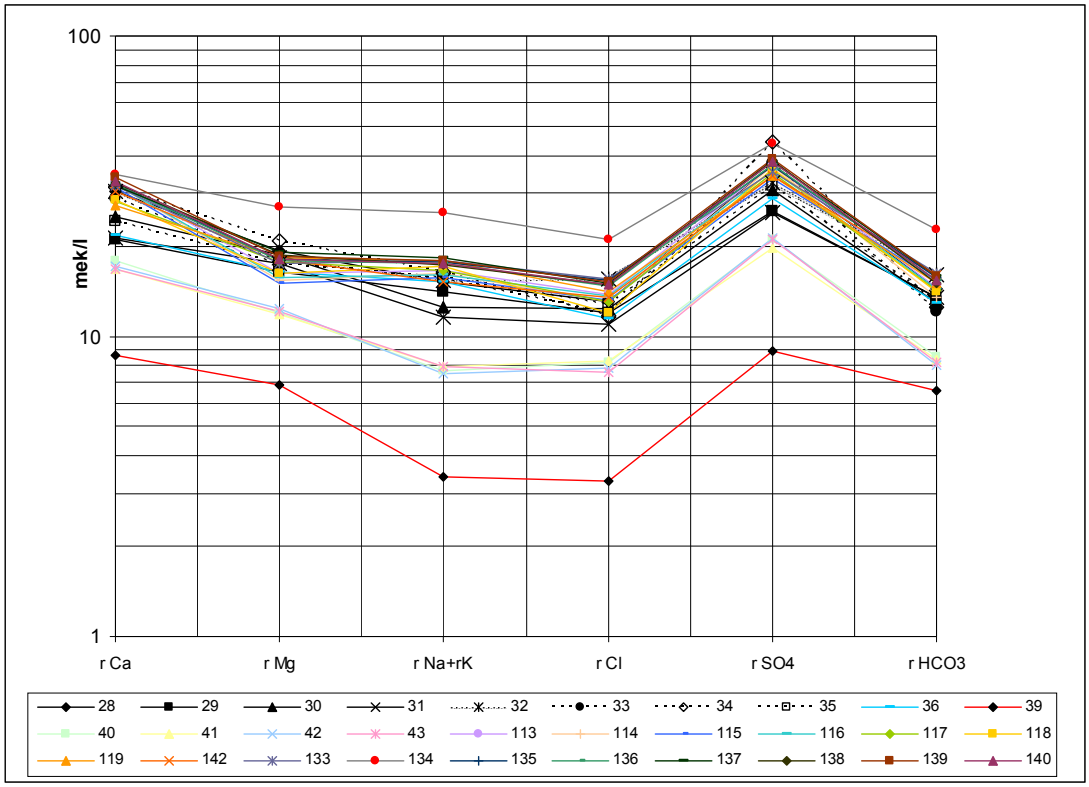
Sıcak ve mineralli suların IAH'a göre sınıflaması şu şekildedir;
Ca'lu, Mg'lu, Na'lu, SO_4'lı, HCO_3'lı, Cl'lü sıcak ve mineralli su.

Traverten konilerinden alınan suların IAH'a göre sınıflaması şu şekildedir;
Ca'lu, Mg'lu, Na'lu, SO_4'lı, HCO_3'lı, Cl'lü ve mineralli su.

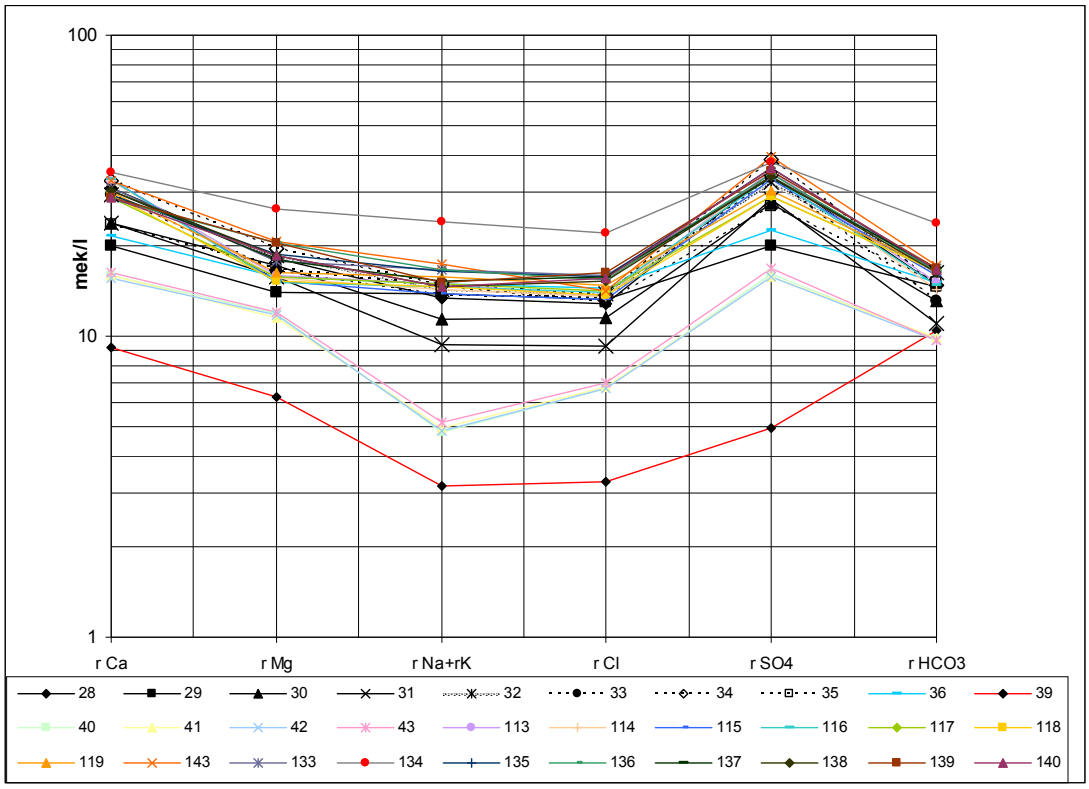
39 nolu soğuk suyun IAH'a göre sınıflaması şu şekildedir;
Ca'lu, Mg'lu, HCO_3'lı, SO_4'lı, Cl'lü mineralli su.

Sıcak ve mineralli sularda ve traverten konilerinden alınan sulardaki iyonların sıralanışında kurak ve yağışlı dönemde farklılık gözlenmemiştir.

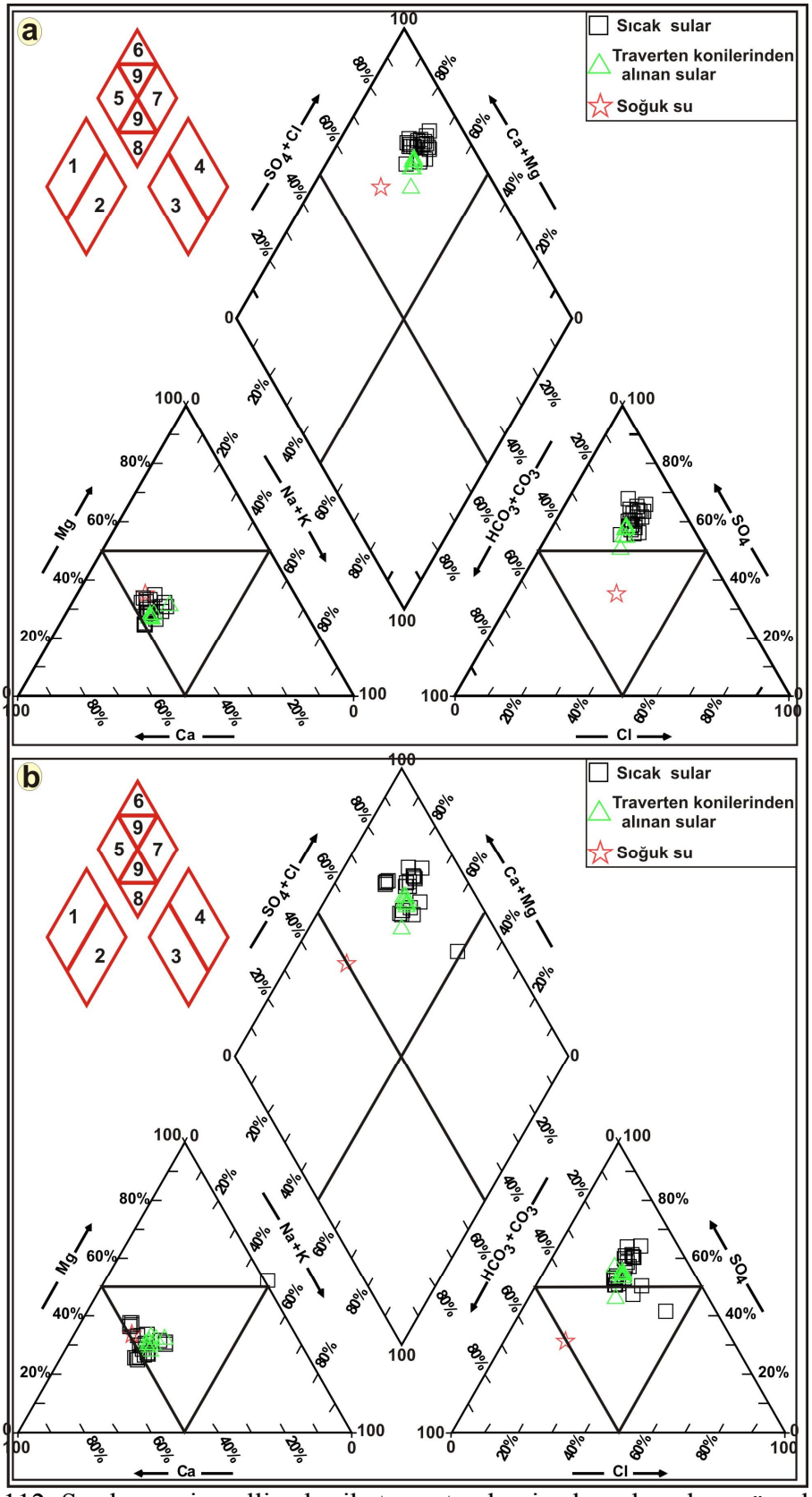
Yarı logaritmik Schoeller diyagramına göre; kurak dönemde (Ekim 2008) ve yağışlı dönemde (Mayıs 2009) sulardaki iyonlar aynı kimyasal özellikleri göstermektedir. 40, 41, 42, 43 nolu su örneklerinin iyon içerikleri diğer sıcak su örneklerine göre daha düşük çıkmıştır. Bunun sebebi sıcaklıklarının diğer su örneklerine göre daha düşük olmasındandır. Traverten konilerinden alınan sularda iyonları birleştiren doğrular sıcak ve mineralli sularda iyonları birleştiren doğrular ile paralellik göstermektedir. Bolluk Gölü'ne en yakın olan 134 nolu traverten konisinden (Telli Koni) alınan su örneğinin iyon içeriği diğer tüm sulardan daha yüksek değerdedir. 39 nolu soğuk su örneğinin iyon içeriği ise sıcak ve mineralli sular ve traverten konilerinden alınan suların iyon içeriklerine göre daha düşük değerdedir (Şekil 4.110, 4.111).



Şekil 4.110. Sıcak ve mineralli sular ile traverten koni sularından alınan örneklere ait yarı logaritmik Schoeller diyagramı (Ekim 2008)



Şekil 4.111. Sıcak ve mineralli sular ile traverten koni sularından alınan örneklere ait yarı logaritmik Schoeller diyagramı (Mayıs 2009)

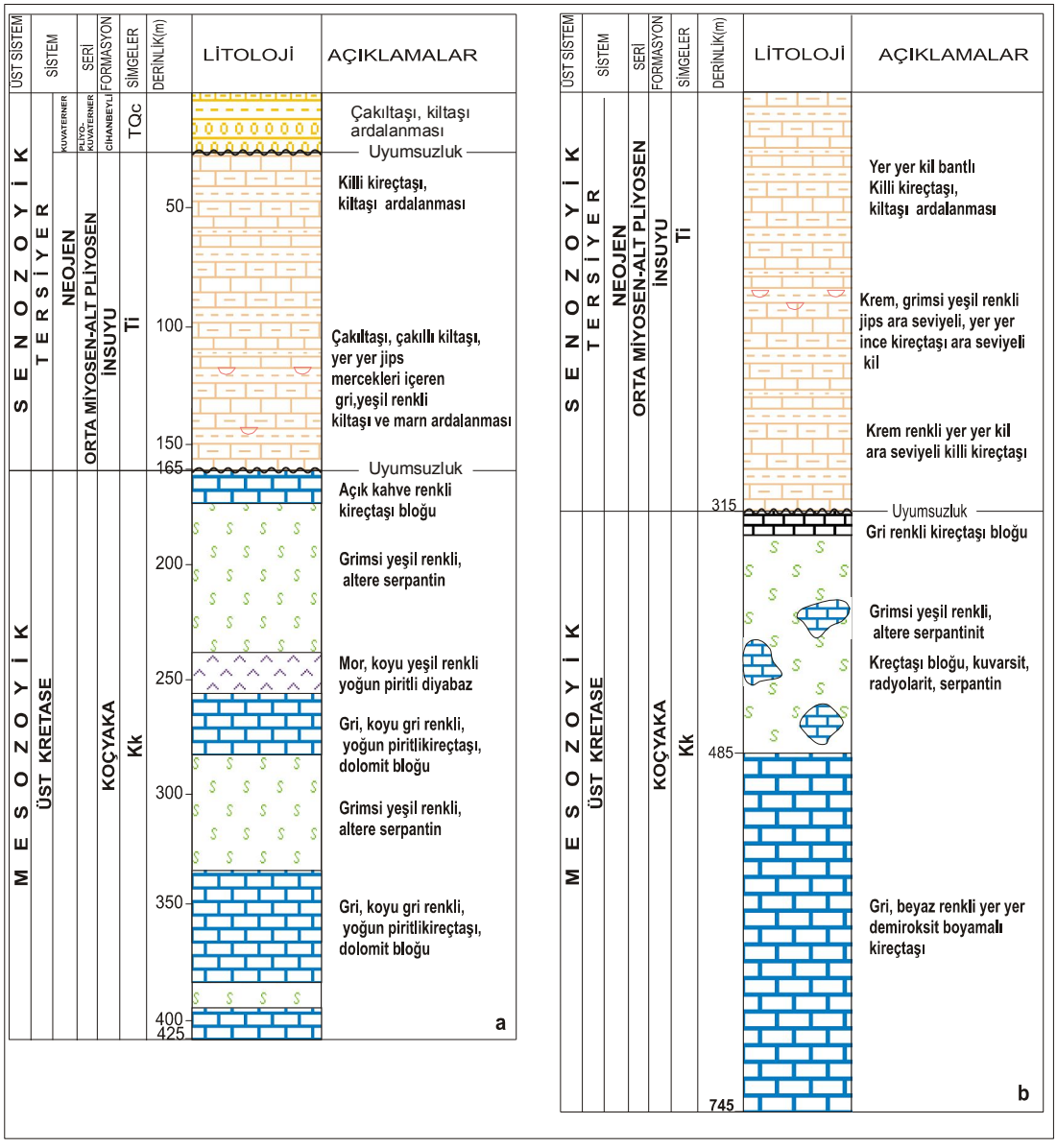


Şekil 4.112. Sıcak ve mineralli sular ile traverten koni sularından alınan örneklere ait Piper diyagramı (a: Ekim 2008; b:Mayıs 2009)

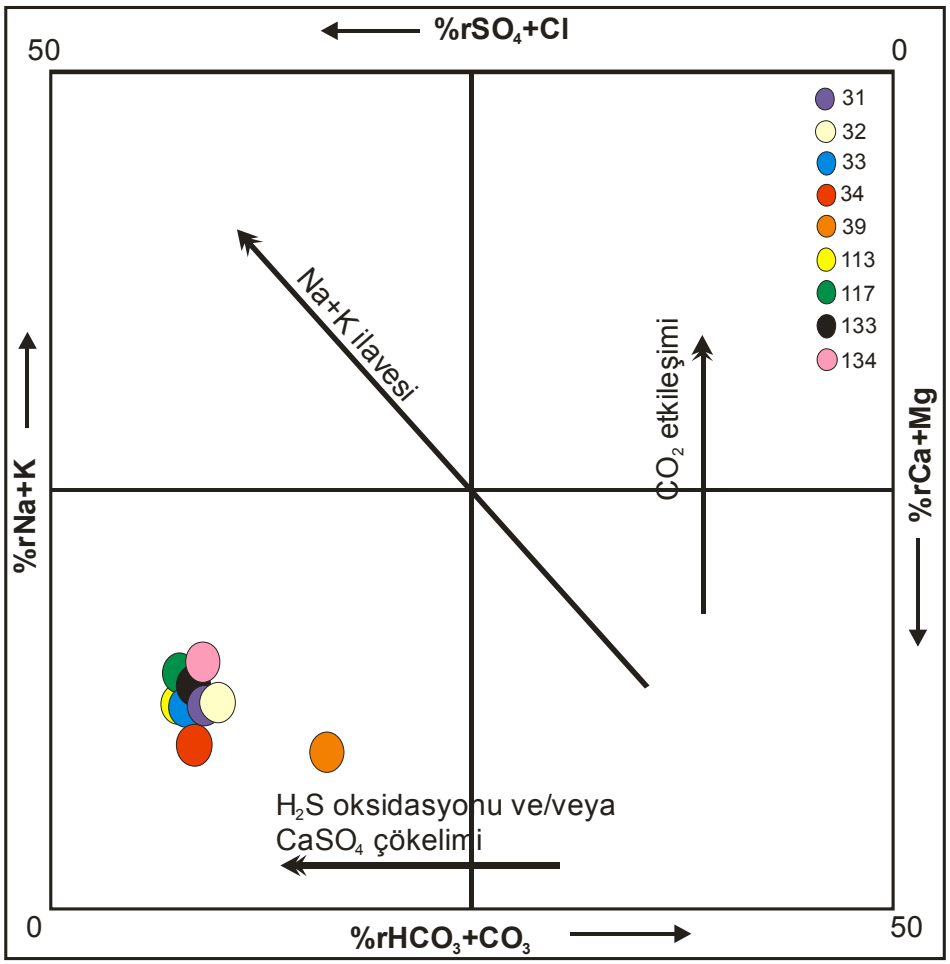
Piper diyagramına göre; Hem kurak dönemde (Ekim 2008) hemde yağışlı dönemde (Mayıs 2009) sıcak ve mineralli sular ile traverten konilerinden alınan sular ve 39 nolu soğuk su örneği 1. bölgeye ve 4. bölgeye düşmektedir. Buna göre sular, $Ca+Mg>Na+K$, $Cl+SO_4>HCO_3+CO_3$ 'lı olup, sülfatlı ve karbonatlı sulardır. Fakat yağışlı dönemde 39 nolu soğuk su örneği 1. ve 3. bölgeye düşmüştür ve buna göre $Ca+Mg>Na+K$, $HCO_3+CO_3 >Cl+SO_4$ 'lı sular grubuna girmektedir (Şekil 4.112 a,b).

İnceleme alanındaki sıcak ve mineralli sulardan alınan örneklerin kimyasal bileşimleri birbirine çok yakın olduğu için (Çizelge 4.15, 4.16) sıcak ve mineralli sular ile traverten konilerinden alınan sulardan alanı temsil edecek örnekler seçilmiştir (Örnek no: 31, 32, 33, 34, 40, 113 ve 117 nolu sondajlardan alınan örnekler, 133 ve 134 nolu traverten konilerinden alınan örnekler ve 39 nolu soğuk su örneği). İnceleme alanındaki 142 nolu sıcak su sondaj kuyusu 2007 yılında, 143 nolu sıcak su kuyusu 2009 yılında Nisan ayında MTA tarafından bölgenin jeotermal potansiyelini belirlemek için açılmış olup bölgedeki en derin kuyulardır. 142 nolu sondaj kuyusunun derinliği 425 metre, 143 nolu sondaj kuyusunun derinliği ise 745 metredir (Şekil 4.113). 142 nolu sondaj kuyusuna ait veriler MTA'dan alınmıştır.

İnceleme alanındaki sıcak sular, traverten konilerinden alınan sular ve 39 nolu soğuk su örneklerine ait noktalar jeokimyasal olarak Langelier-Ludwing diyagramı üzerine düşürüldüğünde bölgedeki suların $Ca\text{-}SO_4$ bileşiminde ve nispeten düşük-orta tuzluluğa sahip olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.114). Derin jeotermal sular genellikle düşük $SO_4^{=}$ içeriğine sahiptirler (<50 mg/l) (Nicholson 1993). Fakat diğer anyonlara karşı inceleme alanındaki suların $SO_4^{=}$ değerinin yüksek olması H_2S'ce zengin bir gaz safhasının oksidasyonunu yansıtabildiği gibi Neojen yaşlı sedimanter formasyonlardaki sığ derinliklerdeki organik materyalin bozuşmasıyla ve/veya evaporitik seviyelerdeki $SO_4^{=}$'ün katılımını yansıtmaktadır (Favara ve ark.1998). İnceleme alanında evaporitik minerallerin varlığı bunu desteklemektedir.



Şekil 4.113. Sıcak su sondaj kuyularında geçilen birimlere ait kuyu logları (a-141 nolu sıcaksu sondaj kuyusu; b- 142 nolu sıcak su sondaj kuyusu)



Şekil 4.114. İnceleme alanındaki sıcak ve mineralli suların Langelier-Ludwing diyagramı (Langelier ve Ludwing 1942)

Suda çözünmüş bileşenler arasındaki ilişkilerin araştırılması birçok hidrojeokimyasal problemlerin çözümünde yardımcı olabilir. Özellikle alandaki var olan ve/veya baskın hidrojeokimyasal süreçleri belirlemede oldukça önemlidir. Bileşenler arasındaki ilişki araştırmanın basit yollarından birisi de bileşenlerin doğrusallık ilişkisinin regresyon analiziyle belirlenmesidir (Tarcan 2002). Bileşenler arasındaki ilişkiyi araştırmak için inceleme alanındaki sıcak ve mineralli sular ile traverten konilerinden alınan suların korelasyon katsayıları hesaplanmıştır (Çizelge 4.18, Çizelge 4.19).

Çizelge 4.18. İnceleme alanındaki sıcak ve mineralli suların korelasyon katsayıları (Ekim 2008)

Parametreler	pH	EC	Ca	Mg	Na	K	Cl	HCO_3	SO_4
pH	1								
EC	0,267	1							
Ca	0,131	0,931	1						
Mg	0,322	0,874	0,765	1					
Na	0,218	0,94	0,893	0,892	1				
K	0,551	0,225	0,228	0,010	0,2134	1			
Cl	0,304	0,942	0,790	0,889	**0,9529**	0,2527	1		
HCO_3	0,282	0,885	0,808	0,873	**0,9398**	0,2498	0,868	1	
SO_4	0,146	0,937	**0,959**	0,851	0,9149	0,1203	0,858	0,714	1

Çizelge 4.19. İnceleme alanındaki sıcak ve mineralli suların korelasyon katsayıları (Mayıs 2009)

Parametreler	pH	EC	Ca	Mg	Na	K	Cl	HCO_3	SO_4
pH	1								
EC	0,323	1							
Ca	0,181	0,95	1						
Mg	0,391	0,911	0,768	1					
Na	0,3940	0,944	0,854	0,871	1				
K	0,587	0,691	0,643	0,590	0,745	1			
Cl	0,406	0,953	0,744	0,901	**0,9814**	0,7647	1		
HCO_3	0,562	0,873	0,80	0,837	**0,9422**	0,8626	0,846	1	
SO_4	0,180	0,965	**0,962**	0,852	0,8409	0,584	0,850	0,735	1

İncelenen sıcak ve mineralli suların korelasyon matrixinde görüleceği gibi Ca^{2+} iyonu kurak ve yağışlı dönemde de SO_4^{-2}, Na^+, HCO_3^- ,Mg^{+2} ve Cl iyonları ile güçlü pozitif korelasyon ve iyi bir doğrusal ilişki göstermektedir (sırasıyla, r^2=0,958:0,961; r^2=0,848:0,854; r^2=0,80:0,79 r^2=0,764:0,768 ve r^2=0,79:0,74). Mg^{+2} iyonu Cl^-, Na^+ ve SO_4^{-2} iyonları ile pozitif ve önemli bir korelasyon göstermektedir (sırasıyla, r^2=0,88:0,90; r^2=0,89:0,87 ve r^2=0,85). Na^+ iyonu, SO_4^{-2}, Cl^- ve HCO_3^- iyonlarıyla (sırasıyla r^2=0,91:0,84; r^2=0,95:0,98; r^2=0,93:0,94), ve Cl^- iyonu, SO_4^{-2}, ve HCO_3^- pozitif bir korelasyon göstermektedir (sırasıyla r^2=0,857:0,85; r^2=0,86:0,84) (Çizelge 4.18, Çizelge 4.19). Bu durum, inceleme alanında çözünme tepkimelerinin egemen olduğunu göstermektedir.

İnceleme alanında bulunan sıcak ve mineralli sularda iyonların kökeni ile ilgili olarak Ca^{+2}/Mg^{+2}, Na^+/Cl^-, $Mg^{+2}/Ca^{+2}+Mg^{+2}$, SO_4^-/Cl^- ve Ca^{+2}/Na^+ oranları hesaplanarak yorumlanmaya çalışılmıştır (Çizelge 4.20).

Çizelge 4.20. İnceleme alanındaki sıcak ve mineralli suların hidrokimyasal katsayıları

İyonik oran	Maksimum	Minimum	Ortalama	STD. Sapma
Ca^{+2}/Mg^{+2}	3,48	2,03	2,68	0,433
Na^+/Cl^-	0,88	0,55	0,71	0,091
$Mg^{+2}/Ca^{+2}+Mg^{+2}$	0,319	0,222	0,274	0,0318
SO_4^-/Cl^-	5,119	2,81	3,32	0,446
Ca^{+2}/Na^+	2,82	1,208	1,741	0,314

Sularda Ca^{+2}/Mg^{+2} oranın >2 olması Ca^{+2} ile Mg^{+2} iyonların karbonat çözünmesinden ortama katıldıklarını göstermektedir (Al-Khashman 2007). Na^+/Cl^- <1 olması kil minerallerinde bulunan Na iyonunun Ca ve/veya Mg iyonuyla yer değiştirmesinden kaynaklanmaktadır (Mercado 1985). Ortalama $Mg^{+2}/Ca^{+2}+Mg^{+2}$ < 0,5 iken Ca^{+2}/Na^+ oranının 1-3 arasında olması Mg^{+2} iyonunun kireçtaşı ve dolomit ayrışmasından ortama katıldığını göstermektedir. Ortalama SO_4^-/Cl^->2 olması

akiferdeki veya suyun geçtiği formasyonlardaki jips ve kireçtaşı çözünümünü yansıtmaktadır (Al-Khashman 2007). Na^{+} iyonunun Ca^{2+} ve Mg^{+2} iyonu ile pozitif bir korelasyon göstermesi ise Ca^{2+} ve Mg^{+2}'lu evaporit minerallerinin ayrışarak ortama Ca^{2+} ve Mg^{+2} iyonu sağlamış olabileceğini göstermektedir (Karimi ve Moore, 2007).

İnceleme alanındaki sıcak ve mineralli suların Ca^{+2}/Mg^{+2} değeri yüksek olup 2'den büyük değerlerde bulunmuştur. Ayrıca Ca^{+2} ile Mg^{+2} iyonları arasında her iki dönemde de pozitif bir korelasyon gözlenmektedir (r^2=0,76), buda bu iyonların ana kaynağının akiferdeki karbonat çözünmesinden kaynaklandığını göstermektedir. Na^{+}/Cl^{-} oranı orta derecede olup, 1'den küçüktür. Bunun sebebi suyun yeraltına süzülürken muhtemelen İnsuyu formasyonunda bulunan kil minerallerindeki Na iyonunun Ca ve/veya Mg iyonuyla yer değiştirmesinden kaynaklanmaktadır. Fakat Na ve Cl arasında her iki örnekleme döneminde de güçlü bir korelasyon (r^2=0,95:0,98) bulunmuş olup bu iyonların ana kaynağının minor oranda tuz çözünümünden geldiğini ve bölgede evaporasyonun etkili olduğunu göstermektedir. İncelenen örneklerde ortalama $Mg^{+2}/Ca^{+2}+Mg^{+2}$ oranı 0,5'den küçük iken Ca^{+2}/Na^{+} oranı ise 2,82 ile 1,208 arasındadır (Çizelge 4.20). Bu durum, inceleme alanındaki sıcak ve mineralli sularda bulunan Mg^{+2} iyonunun akiferdeki (Ballıktepe blokları) kireçtaşı, dolomit veya Mg^{+2} ca zengin (dolomitik kireçtaşı,) ofiyolitik kayaçların (Koçyaka formasyonuna) ayrışmasından kaynaklandığını göstermektedir. Na^{+} iyonunun Ca^{2+} ve Mg^{+2} iyonu ile pozitif bir korelasyon sunması (sırasıyla r^2=0,89:0,85; r^2=0,89:0,87), Ca^{2+} ve Mg^{+2}'lu evaporit ve karbonat minerallerinin (jips, aragonit, kalsit ve dolomit) ayrışarak ortama Ca^{2+} ve Mg^{+2} iyonu sağlamış olabileceğini göstermektedir. Ayrıca incelenen sıcak ve mineralli su örneklerinde ortalama SO_4^{-}/Cl^{-} oranı ise 2'den yüksek çıkmıştır. Bu durum sıcak ve mineralli suların örtü tabakasını oluşturan İnsuyu formasyonunda bulunan jipslerin ve İnsuyu formasyonuna ait kireçtaşları ile Ballıktepe bloklarındaki kristalize kireçtaşları ve dolomitik kireçtaşlarının çözünümünü yansıtmaktadır.

İz elementler birçok farklı yolla yeraltısuyuna karışırlar, örneğin doğal ve anthropojenik süreçler vasıtasıyla (Al-Awadi ve ark. 2003). Su kaynaklarındaki iz elementlerin artmasında kimyasal ayrışma ve toprağın suyla süzülmesi iki önemli doğal kaynaktır (Drever 1988). pH, emilme ve materyallerin suyla süzülmesi gibi

birçok faktör, toprak ve ana materyalden gelen iz elementlerin su içerisindeki mevcudiyetini etkilemektedir (Drever 1988, Fetter 1988).

İnceleme alanındaki minor ve iz elementler Çizelge 4.17'de verilmiştir. As, B, Ba, Cs, Cu, Fe, Li, Mn, Pb, Rb, Sb, Sr, Zn, gibi normal sularda az bulunan elementler sıcak- mineralli ve mineralli sularda daha fazla miktarlarda bulunabilirler. Sularda nadir alkaliler olarak adlandırılan Li, Rb, Cs elementleri inceleme alanındaki tüm sıcak sularda soğuk su kaynağına göre daha yüksek değerdedir. Li, Rb, Cs elementleri yüzeyde artan hareketle ve yanal akış ile azalmaktadır. Bu elementlerin tipik konsantrasyon seviyeleri Li<20 mg/l, Rb<2 mg/l Cs<2 mg/l' dir (Nicholson 1993). Bazı piroksen ve mika gibi Li içeren minerallerde lityum, magnezyumun yerine geçmektedir. Li bazı tuzlu sularda ve evaporitlerde oluşabilir (Hounslow ve Back 1985, Şahinci 1991a). Jeotermal sularda sıcaklık artışı ile Li oranı da artmaktadır. Benzer koşullar altında Li varlığında Mg azalır. Bu nedenle Li/Mg kimyasal jeotermometre olarak kullanılmaktadır (Kharaka ve Mariner 1987). İncelenen sıcak sularda Li içeriği 0,2245-0,4953 mg/l arasında değişmektedir (Çizelge 4.17). Li içeriği incelenen sularda sıcaklık artışı ile doğru orantılı olarak artış göstermiştir.

Jeotermal sularda önemli olan Bor elementi, incelenen sıcak sularda ve traverten konilerinden alınan sularda yüksek değerlere ulaşmaktadır. Sıcak sularda B iyonu, 1,082-1,476 mg/l arasında, traverten konilerinden alınan sularda 1,320-2,075 mg/l arasındadır. Jeotermal sistemlerde B ve Cl genellikle suların kökenini ve sistemler içinde farklı rezervuarlar arasındaki karışımı belirlemek amacıyla kullanılmaktadır (Truesdell 1975, Arnorsson 1985, Arnorsson ve Andresdottir 1995). Her iki elementinde mutlak ve göreli oranları çok değişkenlik sunmaktadır. Bu nedenle farklı rezervuarlar, karakteristik Cl/B oranlarına sahiptir. Deniz suları, yüksek Cl/B; magmatik uçucular düşük Cl/B; bazaltların yıkanması ile oluşan sular ortaç Cl/B ve yüzey suları değişken ancak genellikle yüksek Cl/B olarak tanımlanır (Aggarwal ve ark. 2000). Bor elementi mikalarda, serpantinlerde, illit ve montmoriollanit gibi kil minerallerinde oldukça bol bulunur. Ayrıca killi kireçtaşı ve dolomitler ile kil oranı fazla olan kumlarda fazla oranda bulunabilir. Bor miktarı ile ortamdaki kil miktarı arasında doğrusal bir ilişki vardır (Şahinci 1991a).

İnceleme alanında Cl/B oranı düşük olup 0,26-0,42 mg/l arasında değişmektedir. Bu durumda; borun kaynağı mağmatik uçucular olduğu gibi, İnsuyu formasyonuna ait killer, killi kireçtaşları, Koçyaka formasyonuna ait serpantinler ve dolomitik kireçtaşları da kaynak olarak gösterilebilir.

İnceleme alanındaki sıcak ve mineralli sularda Fe konsantrasyonu 0,273-1,626 mg/l arasında, traverten konilerinden alınan sularda ise 0,09487-0,245 mg/l arasında değişmektedir. En yüksek Fe değeri 40 nolu sondaj kuyusuna ait örnekte gözlenmektedir. As konsantrasyonu ise 0,1309 mg/l değeri ile 134 nolu traverten konisinden alınan su örneğinde en yüksek değerdedir. Sulardaki Cu konsantrasyonu düşük değerlerde olup 0,0239 mg/l değeri ile en yüksek 33 nolu sıcak ve mineralli su kuyusundadır (Çizelge 4.17). Zn iyonu suda çok çözünen bir element olup kil mineralleri (montmorillonit, kaolinit), Fe-oksitler ve organik maddeler tarafından güçlü bir şekilde soğurulur (Şahinci, 1991a). İncelenen sıcak ve mineralli sularda 1,3176-3,9076 mg/l arasında, traverten konilerinden alınan sularda 0,3813-1,270 mg/l arasında bir değer göstermektedir.

Sr iyonu, genellikle kurak-yarı kurak iklimlerde, jips yataklarında, derin tuzlu klorürlü sularda ve kurak ve tuzlu bölgelerde yaşayan bitkilerde bol bulunur ve özellikle buharlaşma ile çökelmektedir. Kalsiyum ve stronsiyum iyonları ile sülfatların çözünürlükleri benzer olduğu için stronsiyum, jipsli arazilerde fazla miktarda bulunabilir (Şahinci 1991a). İnceleme alanındaki sıcak ve mineralli sulardaki Sr miktarı 5,62582-8,8523 mg/l arasında, traverten konilerinden alınan sularda ise 8,2853-9,33694 mg/l arasında değişmektedir. İnceleme alanında sıcak ve mineralli suların geçirimsiz birimlerini oluşturan İnsuyu formasyonuna ait kiltaşları içerisinde bol miktarda jips mercekleri gözlenmektedir. Bununla birlikte bölgede gözlenen yoğun evaporasyon süreçleri de inceleme alanındaki sularda bulunan stronsiyumun fazlalığını açıklamaktadır.

4.7.2. Sıcak Suların Mineral Doygunluklarının İncelenmesi

Yeraltısuyu dolaşımı sırasında, akifer sisteminde oluşan kimyasal tepkimeler, hidrokimyasal ortam hakkında yorum yapabilme olanağı sağlamaktadır. Bu nedenle yeraltısuyu çalışmalarında çeşitli minerallerin doygunluk durumlarının mutlaka araştırılması gerekmektedir. Yeraltısuyu kimyası akifer içerisinde bulunan çeşitli gazlar ve mineraller ile değişmektedir ve bu değişim akiferdeki minerallerin erimesi (çözünmesi) ve çökelmesiyle gerçekleşmektedir (Subyani 2005).

Doygunluk indeksi (SI), log (Q/K) veya log (IAP/K) şeklinde gösterilebilen logaritmik bir kavramdan oluşmaktadır. Her mineral için özellikle sıcaklık ve kısmen de basınçla değişen değerler içerir. Termodinamik yöntemlerle hesaplanan mineral doygunluk indeksi sonuçları kısaca aşağıdaki gibi yorumlanmaktadır.

SI (Q/K) = 0 ise su, ilgili mineral ile dengededir (doygundur).

SI (Q/K) > 0 ise su, ilgili mineralle aşırı doygundur (mineral çökeltici özelliktedir).

SI (Q/K) < 0 ise su, ilgili mineralle doygun değildir (mineral çözündürücü özelliktedir) (Fetter 1988, Tarcan 2002).

İnceleme alanına ait sıcak su örneklerinin kimyasal analiz sonuçları, PhreeqCi (versiyon 2) (Parkhust ve Appelo 1999) bilgisayar programında değerlendirilmiştir.

İnceleme alanına ait sıcak ve mineralli sular aragonit, kalsit, dolomit, jipsit, götit, hematit, illit, K-mika, kaolinit, kuvars, simitsonit ve Ca-Montmorillonit minerallerini çökeltici, anhidrit, albit, kalsedon, selestit, sepiyolit, siderit, stronsianit ve halit minerallerini çözündürücü özelliktedir.

39 nolu,117 nolu ve 134 nolu örnekler hariç tüm sular alunite doygundur. 40 nolu örnek hariç diğer tüm örnekler jips mineraline doygun değildir. $Fe(OH)_3$ soğuk su hariç tüm sularda doygundur (Çizelge 4.21). Bu suların çevre kayaçlardaki geçirimsiz birimler içerisinde bulunan jipslere doygun olmaması, su ve kayaç arasındaki temas süresinin kısalığı veya temas yüzeyinin daha az olmasından kaynaklanmaktadır (Şimşek 1995, Canik ve ark. 2000).

4.7.3. Jeotermometre Uygulamaları

Jeotermometrelerin genel amacı yeraltındaki akışkan sıcaklığının (yani suların akifer sıcaklığının veya hazne sıcaklığının) tahmin edilmesidir. Derinlerde haznede bulunan sıcak sular yüzeye erişinceye kadar önemli ölçüde soğuyarak ve soğuk yeraltı sularıyla değişik oranlarda karışarak yüzeylerler. Suların yeraltında kat ettikleri yol, ne denli kısa ve debisi yüksekse sıcaklıkları o oranda hazne kaya sıcaklığına yakındır. Sıcak suların akifer sıcaklıkları, verimleri ve kimyasal özellikleri ekonomik yönden çok önem taşır. Bu nedenle hazne sıcaklığının belirlenmesinde çok değişik yöntemler geliştirilmiştir (Tarcan 2002).

4.7.3.1. Katyon Jeotermometreleri

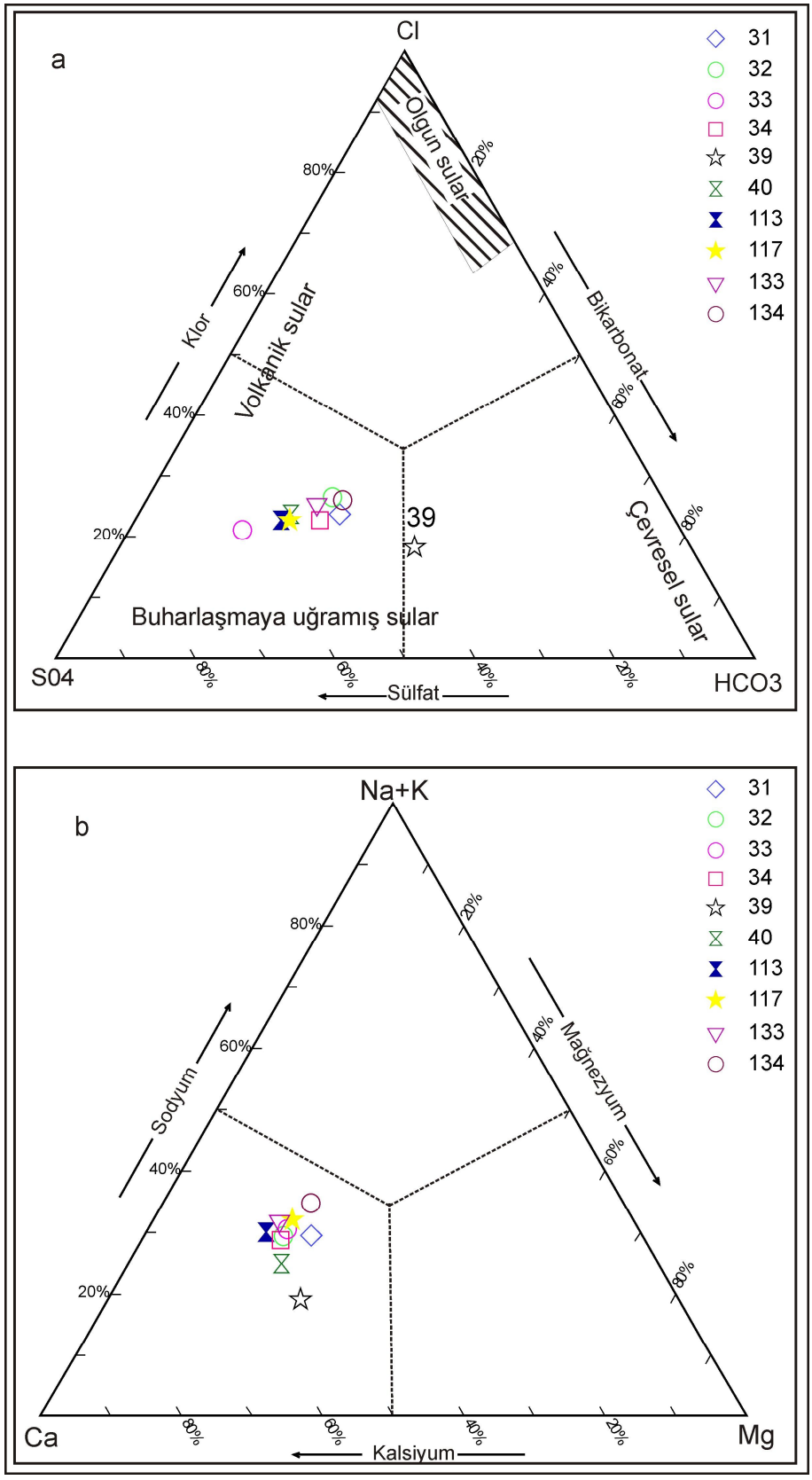
Katyon jeotermometreleri, iyon değişimine bağlı jeotermometreler olup, bu jeotermometrelerin uygulanabilmesi için bazı şartlar aranmaktadır. Bunlardan en önemlisi Giggenbach (1998) tarafından önerilmiş olan Na-K-Mg birleşik jeotermometresidir. Bu yöntem ile hem sıcak suların hazne sıcaklığı yorumlanabilmekte, hem de katyon jeotermometresinin rezervuar sıcaklığının hesabı için jeotermal suya uygulanıp/uygulanamayacağı veya güvenilir sonuçlar verip/vermeyeceği belirlenebilmektedir.

İnceleme alanındaki suların katyon-anyon dağılımları, Giggenbach (1998) üçgen diyagramları (Şekil 4.115 a, b) ve Giggenbach (1991) diyagramı (Şekil 4.116) ile incelenmiştir. Katyon-anyon diyagramlarına göre soğuk su hariç tüm sular $CaSO_4$ fasiyesinde olup buharlaşmaya uğramış sular sınıfındadır. 39 numaralı soğuk su ise çevresel sular sınıfında yer almaktadır.

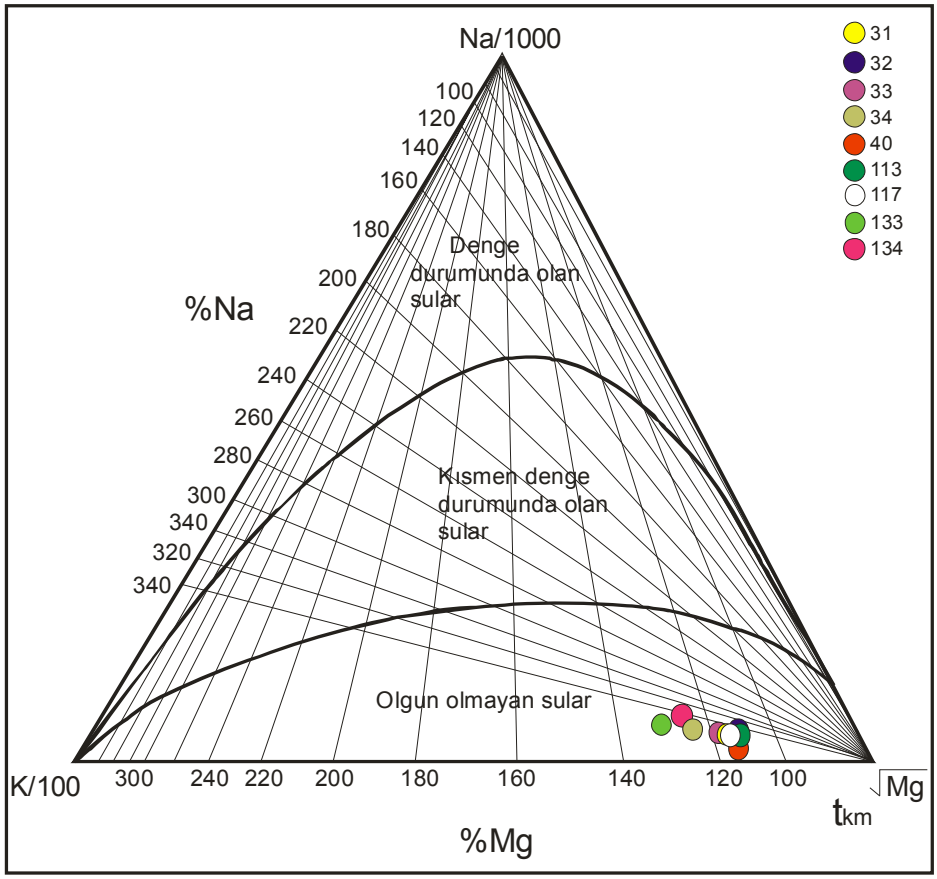
Na-K-Mg diyagramına göre bölgedeki tüm sular dengeye ulaşmamış sular sınıfında yer almaktadır. Bu nedenle bu suların hazne kaya sıcaklıklarının hesaplanmasında, katyon jeotermometrelerin kullanılması hatalı sonuçlar verebilir.

Çizelge 4.21. İnceleme alanındaki sıcak ve mineralli suların mineral doygunluk değerleri (*:Traverten konilerinden alınan sular)

Mineraller	**31**	**32**	**33**	**34**	**39**	**40**	**113**	**117**	**133***	**134***
Albit	-1,4	-0,73	-1,36	-1,52	-1,03	0,55	-1,48	-1,41	0,13	0,51
Alunit	3,07	0,49	0,43	1,23	-0,23	6,81	0,56	-0,72	0,95	-3,32
Anhidrit	-0,55	-0,5	-0,31	-0,22	-1,29	-0,18	-0,25	-0,37	-0,36	-0,3
Aragonit	0,19	0,53	0,64	1,09	0,05	0,05	0,45	0,56	0,84	1,89
Ca-Montmorillonit	3,41	3,42	2,33	2,8	3,7	6,82	2,4	2,07	4,25	3,08
Kalsit	0,33	0,67	0,78	1,22	0,2	0,19	0,58	0,69	0,99	2,04
Celestite	-0,05	-0,43	-0,36	-0,24	-1,25	0,03	-0,24	-0,33	-0,29	-0,21
Kalsedon	-0,18	-0,03	-0,17	-0,14	0,13	-0,02	-0,12	-0,04	0,28	0,2
Dolomit	0,76	1,37	1,55	2,44	0,3	0,2	1,08	1,38	1,72	3,99
Fe(OH)3	0,12	1,37	1,18	1,56	-0,91	1,35	0,63	1,18	1,27	2,35
Jipsit	1,79	1,52	1,24	-0,08	1,44	2,74	1,23	0,94	1,4	0,89
Götit	5,86	7,35	7,44	8,25	4,73	7,12	7,03	7,44	6,83	7,92
Jips	-0,37	-0,29	-0,14	-0,15	-1,05	0,05	-0,11	-0,21	-0,12	-0,05
Hematit	13,76	16,72	16,94	18,6	11,43	16,23	16,14	16,94	15,63	17,8
İllit	2,42	2,39	1,67	0,97	2,84	6	1,11	1,09	3,72	3,37
K-mika	9,01	8,44	7,85	7,68	8,97	13,22	7,05	6,84	9,87	9,07
Kaolinit	4,89	4,65	3,81	4,02	4,84	7,49	3,87	3,46	5,07	3,88
kuvars	0,22	0,39	0,23	0,22	0,58	0,6	0,26	0,36	0,74	0,66
sepiyolit	-5,82	-3,76	-4,17	-2	-3,99	-4,71	-5,23	-4,13	-2,7	1,23
siderit	-0,76	-0,07	-0,12	-0,69	-2,62	-0,15	-0,02	0,07	-0,35	-1,11
Strontianit	-1	-0,75	-0,77	-0,28	-1,22	-1,3	-0,9	-0,77	-0,38	0,68
Talk	-4,05	-1,42	-1,44	2,61	-2,52	-3,36	-2,78	-1,43	-0,8	5,15
Willemit	-0,67	0,8	0,95	3,24	0,66	-0,49	0	0,65	0,21	2,03
Halit	-5,71	-5,42	-5,57	-5,5	-6,38	-6,14	-5,52	-5,51	-5,22	-5,08
$\log_p CO_2$	-2,05	-2,61	-2,52	-2,11	-2,82	-2,69	-2,17	-2,47	-2,60	-3,47



Şekil 4.115. İnceleme alanına ait sıcakve mineralli suların (a) anyon ve (b) katyon üçgen diyagramları (Giggenbach 1998)



Şekil 4.116. İnceleme alanındaki suların Giggenbach diyagramı, Na/1000-K/100-$Mg^{0.5}$(Giggenbach 1991)

4.7.3.2. Li-Mg Jeotermometresi

Kharaka ve Mariner (1989), $Li/\sqrt{Mg}$ oranının etkili bir jeotermometre olarak kullanılabileceğini söylemişlerdir. Bunun için aşıdaki eşitliği önermişlerdir.

$t= 2200/(5.470-\log (Li/Mg^{0.5})) - 273.15$

Hesaplanan $Li/\sqrt{Mg}$ jeotermometre sonuçlarına göre inceleme alanında bulunan sıcak ve mineralli suların hazne kaya sıcaklıkları 35 ^{o}C ile 45 ^{o}C arasında değişmektedir (Çizelge 4.22). Bu değerler ölçülen değerlerden daha düşük çıktığı için hazne kaya sıcaklığının yorumlanmasında kullanılmamıştır.

4.7.3.2. Li- Na Jeotermometresi

Li-Na jeotermometresi sudaki çözünmüş toplam katı maddeden ve kayaç türünden fazlaca etkilenmektedir. Çünkü Na elementi jeotermal suyun ana bileşeni, Li ise minor bileşenidir ve Li oranındaki küçük bir değişim Na/Li oranını fazlaca etkilemektedir (Arnorsson 2000). Bu nedenle Li-Na jeotermometresi ile hesaplanan hazne kaya sıcaklıkları çok yüksek çıkabilmektedir.

Li-Na jeotermometresine göre hesaplanan sıcak ve mineralli suların hazne kaya sıcaklıkları 143 ^{o}C ile 170 ^{o}C arasında değişmektedir (Çizelge 4.22).

4.7.3.3. $SİO_2$ Jeotermometresi

SiO_2 jeotermometreleri mineral çözünürlüğüne dayalı bir jeotermometre olup sıcaklık ve basınç ile değişmektedir. Silis jeotermometre bağıntıları, kimyasal tepkimeyi etkileyen hazne kaya sıcaklığına veya sıcak suyun yükselirken soğumasına bağlı olarak hazırlanmıştır. Silisin suda çözünürlüğü başlıca sıcaklığa bağlıdır (Şahinci 1991b).

İnceleme alanındaki sıcak ve mineralli suların SiO_2 jeotermometreleri ile yapılan hesaplamalara ait hazne kaya sıcaklık sonuçları Çizelge 4.22'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.22. İnceleme alanındaki sıcak ve mineralli sulara ait jeotermometre sonuçları (a: Kharaka ve ark.1982, b: Kharaka ve ark.1982 c: Fournier 1977a ,1977b, d: Arnorsson ve ark. 1983)

	Örnek Numarası						
Jeotermometreler	**31**	**32**	**33**	**34**	**40**	**113**	**117**
Ölçülen T(^{o}C)	33,6	25,6	35,8	38,4	21	42,6	35,9
Na/Li [a]	159	143	163	167	165	165	170
Mg/Li [b]	40	35	43	44	34	45	43
SiO_2(-kristobalit)[C]	33	31	32	35	31	53	31
SiO_2 (-kalsedon) [C]	52	50	51	53	49	73	49
SiO_2 (-kuvars) [C]	83	81	82	84	81	103	80
SiO_2 (-kuvars buhar kaybı) [C]	86	84	85	87	84	104	84
SiO_2 (-kuvars buhar kaybı) [d]	70	68	69	71	68	91	67

4.7.4.4. Mineral Denge–Sıcaklık Diyagramı Jeotermometresi

Jeotermal alanlardaki hazne sıcaklığının tahmin edilmesi için Reed ve Spycher (1984), oldukça ilginç bir yöntem önermişlerdir. Bu yöntem sıcaklıkla mineral doygunluklarının değişmesi esasına dayalıdır. Gerçekte bilinmektedir ki, minerallerin denge sabitleri hem sıcaklıkla hem de basınçla ilişkilidir. Ancak Arnorsson ve ark. (1983)' nın da belirttiği gibi alterasyon minerallerinin denge sabitlerinin değişiminde basıncın etkisi (0-200 bar arası) oldukça sınırlıdır. Bu gerçekten yola çıkılarak; her bir su için sıcaklığın bir fonksiyonu olan pek çok hidrotermal mineral ile denge durumları arasındaki ilişkilerin değerlendirilmesiyle oluşturulan sıcaklık–mineral denge diyagramı geliştirilmiştir (Reed ve Spycher 1984).

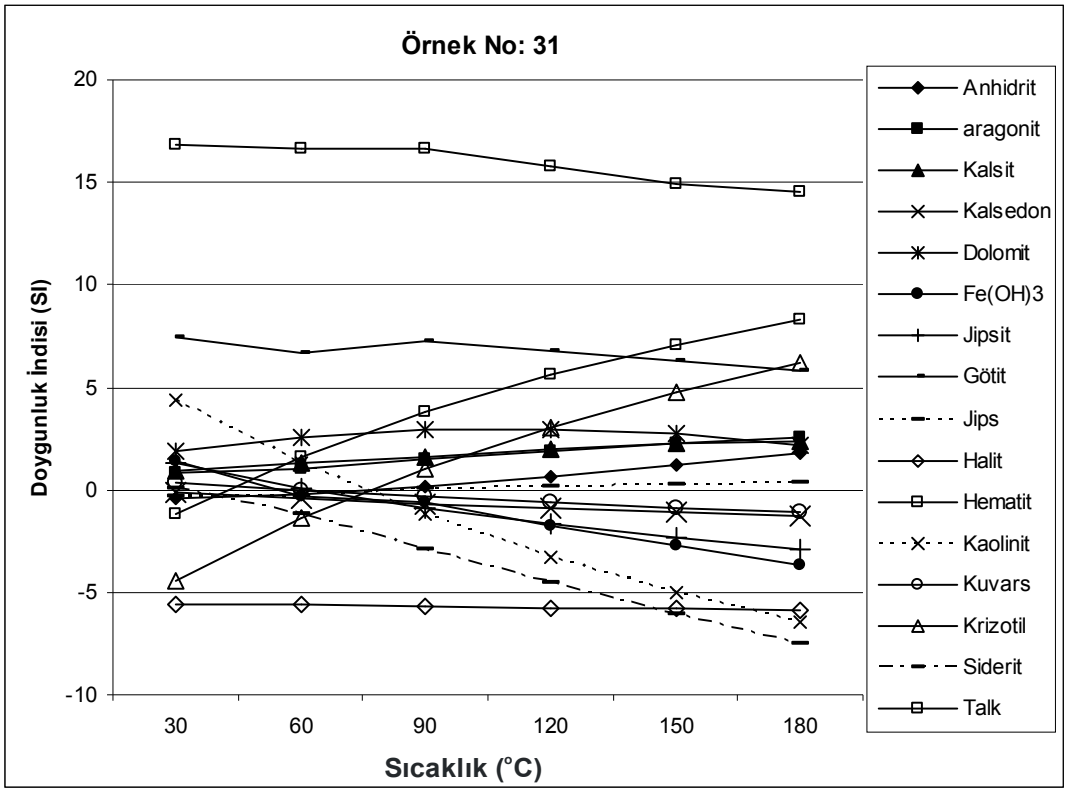
İnceleme alanına ait sıcak ve mineralli su örneklerinin kimyasal analiz sonuçları, PhreeqCi (versiyon 2) (Parkhust ve Appelo 1999) bilgisayar programında değerlendirilmiştir. Bu program yardımıyla sıcak suların 100 °C'de kaynama sıcaklığı varsayımına göre ölçülmüş sıcaklığı ve 30°C ile 180°C arasında seçilmiş sıcaklıklardaki akifer kimyası hesaplamaları elde edilmiştir. Bu sıcaklık değerlerine karşılık gelen doygunluk indeksi değerleri en çok çökel ürünü olarak rastlanabilecek mineraller dikkate alınarak "Sıcaklık-Mineral Denge" diyagramları oluşturulmuştur.

Sıcaklık-mineral denge diyagramında, minerallerin denge çizgisini (SI=0) kestiği veya çok yaşlaştığı yere ait sıcaklık, çok büyük bir olasılıkla hazne kaya sıcaklığını vermektedir (Tole ve ark. 1993). (Şekil 4.117, a, b, c, d, e ve f).

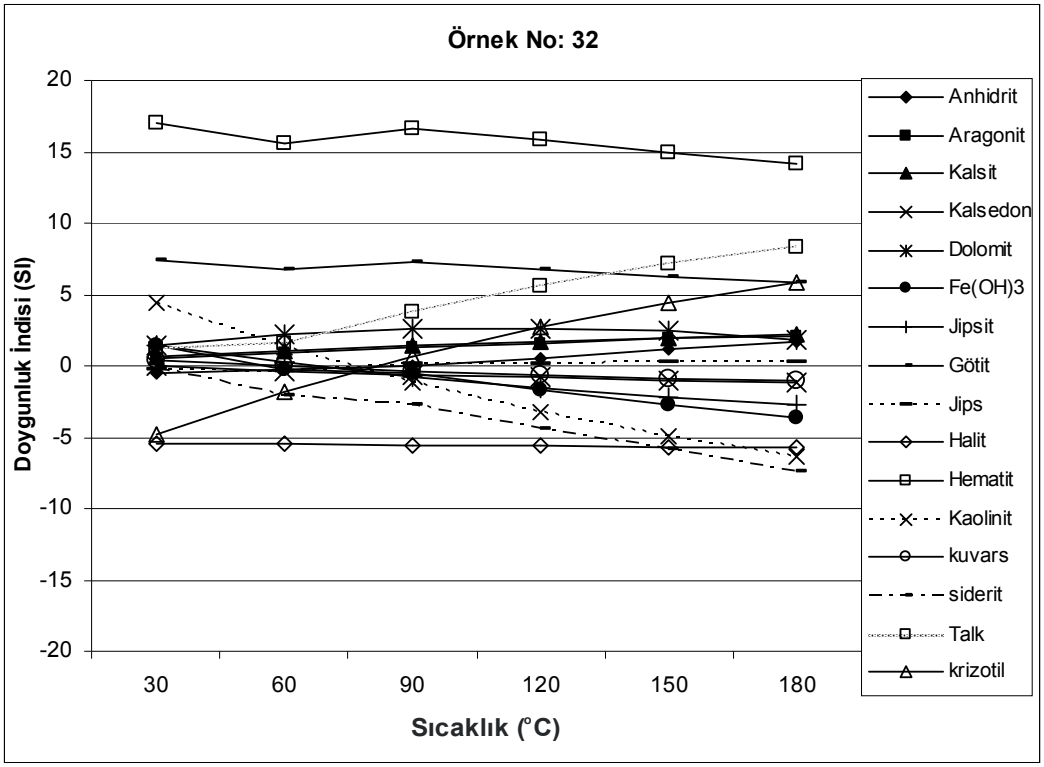
İncelenen sıcak suların, mineral denge–sıcaklık diyagramı jeotermometresi ile hesaplanan maksimum ve minimum hazne kaya sıcaklıkları Çizelge 4.23'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.23. Sıcak ve mineralli suların sıcaklık-mineral denge jeotermometresi ile hesaplanan hazne kaya sıcaklıkları (^{o}C)

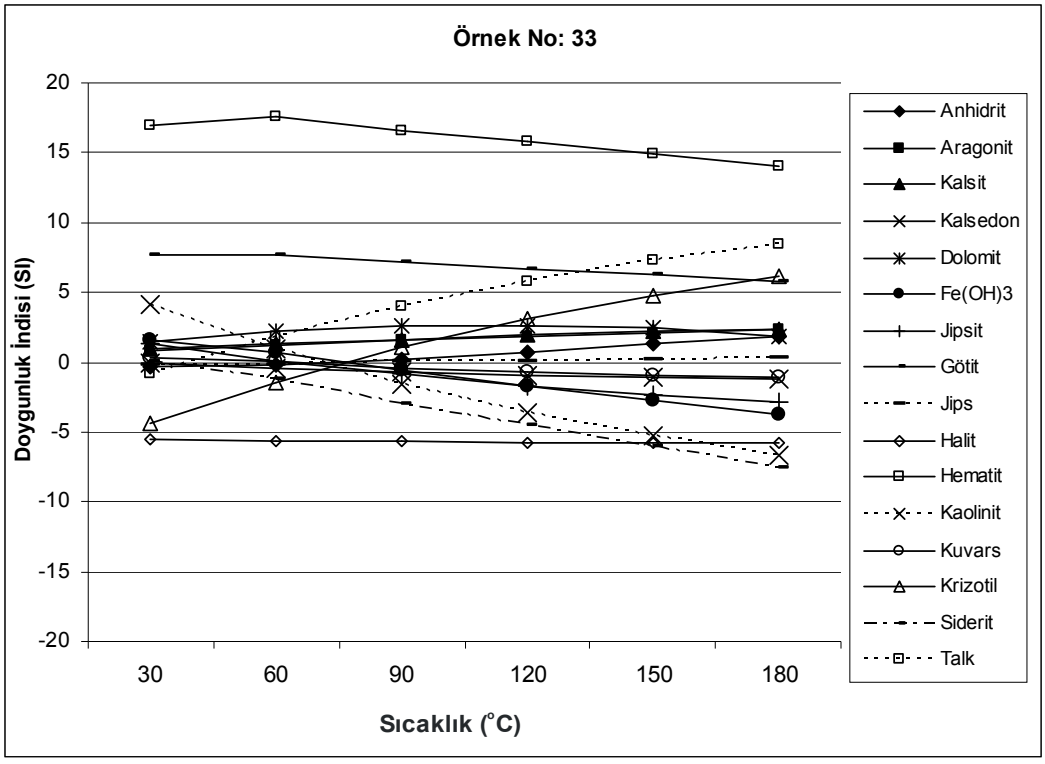
Örnek No	31	32	33	34	40	113	117
Ölçülen Sıcaklık (^{o}C)	33,6	25,6	35,8	38,4	21	42,6	35,9
Minimum Hazne Kaya Sıcaklığı	50	60	60	60	70	60	60
Maksimum Hazne Kaya Sıcaklığı	75	80	75	90	95	90	80



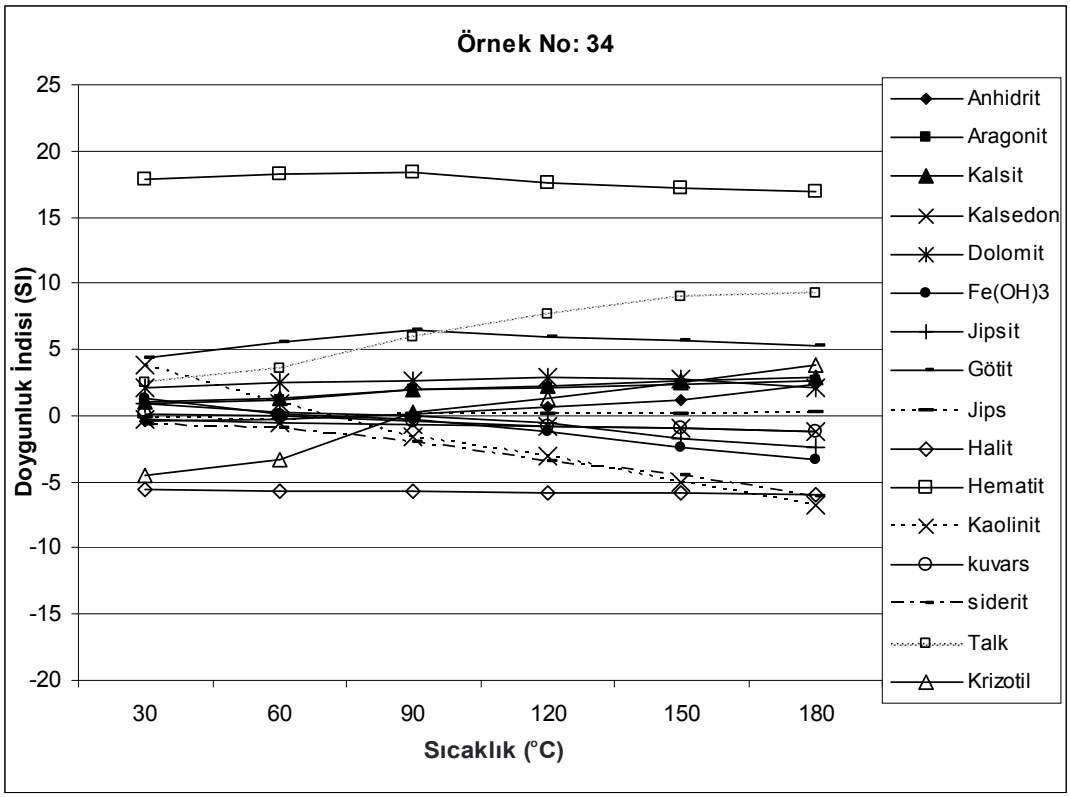
Şekil 4.117. Sıcak suların sıcaklık-mineral denge diyagramları



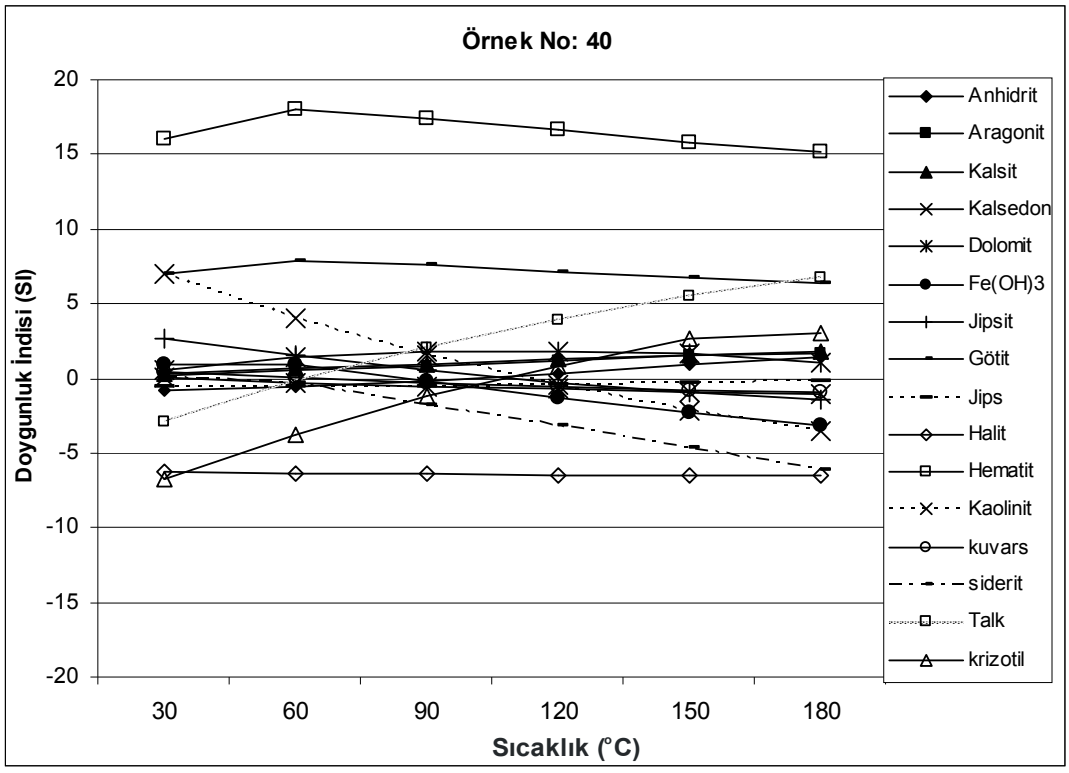
Şekil 4.117 a. Sıcak suların sıcaklık-mineral denge diyagramları



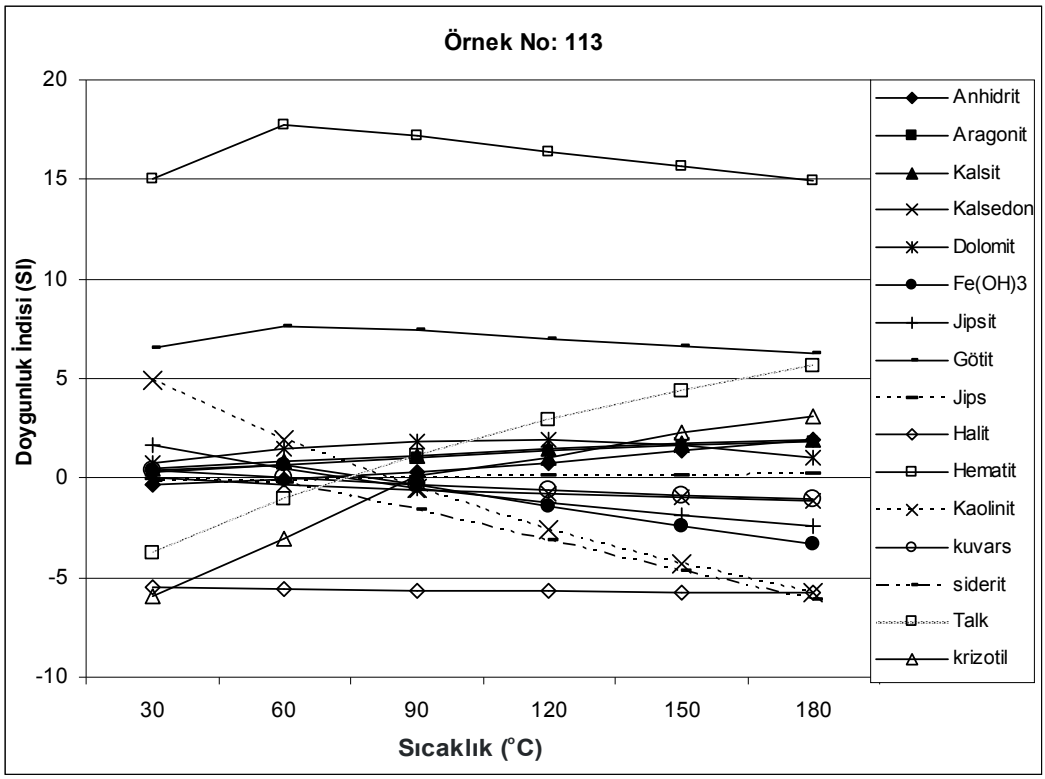
Şekil 4.117 b. Sıcak suların sıcaklık-mineral denge diyagramları



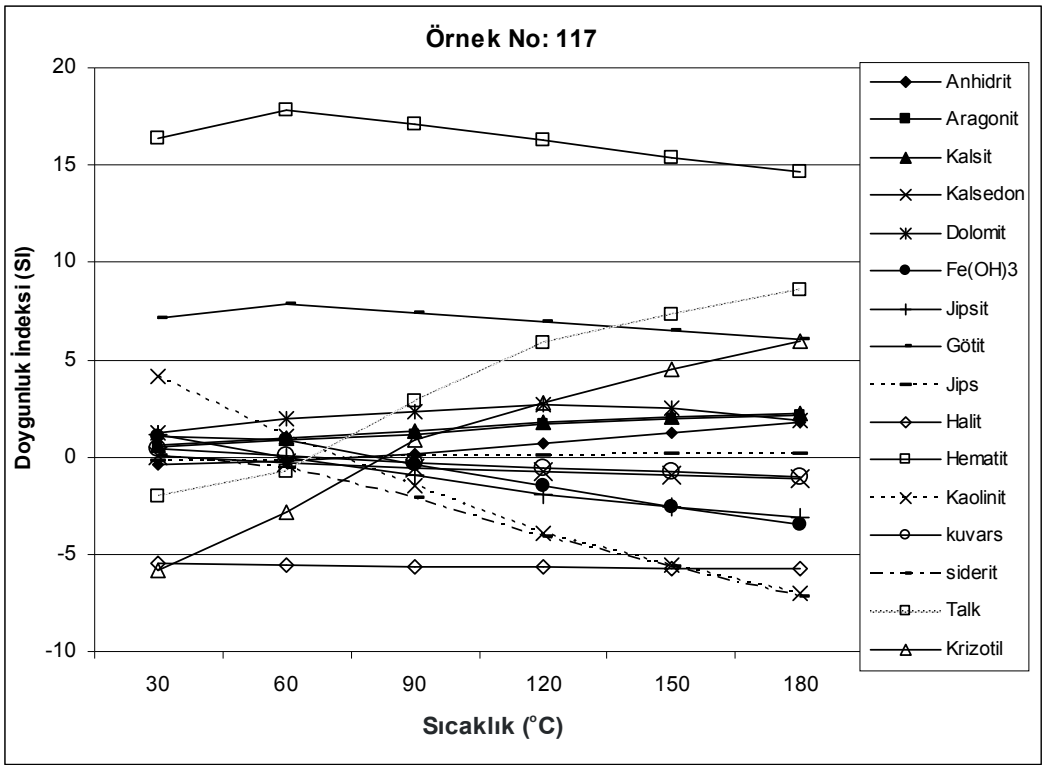
Şekil 4.117 c. Sıcak suların sıcaklık-mineral denge diyagramları



Şekil 4.117 d. Sıcak suların sıcaklık-mineral denge diyagramları



Şekil 4.117 e. Sıcak suların sıcaklık-mineral denge diyagramları



Şekil 4.117 f. Sıcak suların sıcaklık-mineral denge diyagramları

4.7.4. Karışım Modelleri

Jeotermal alanlardaki jeotermal sular yüzeye erişirken belli oranlarda soğuk sularla karışarak, yeryüzündeki sıcaklıkları yeraltı sıcaklıklarından daha düşük değerler göstermektedir. Karışım sonucu sıcak suyun kimyasal özelliklerindeki ve sıcaklığındaki değişiklikler kullanılarak, jeotermal sistemin hazne kaya sıcaklığının ve karışım oranlarının saptandığı çeşitli karışım modelleri geliştirilmiştir (Tarcan 2002).

SiO_2 – entalpi karışım modeli ile inceleme alanındaki sıcak ve mineralli suların karışım oranları ve hazne kaya sıcaklıkları hesaplanmıştır (Şekil 4.118, Çizelge 4.24).

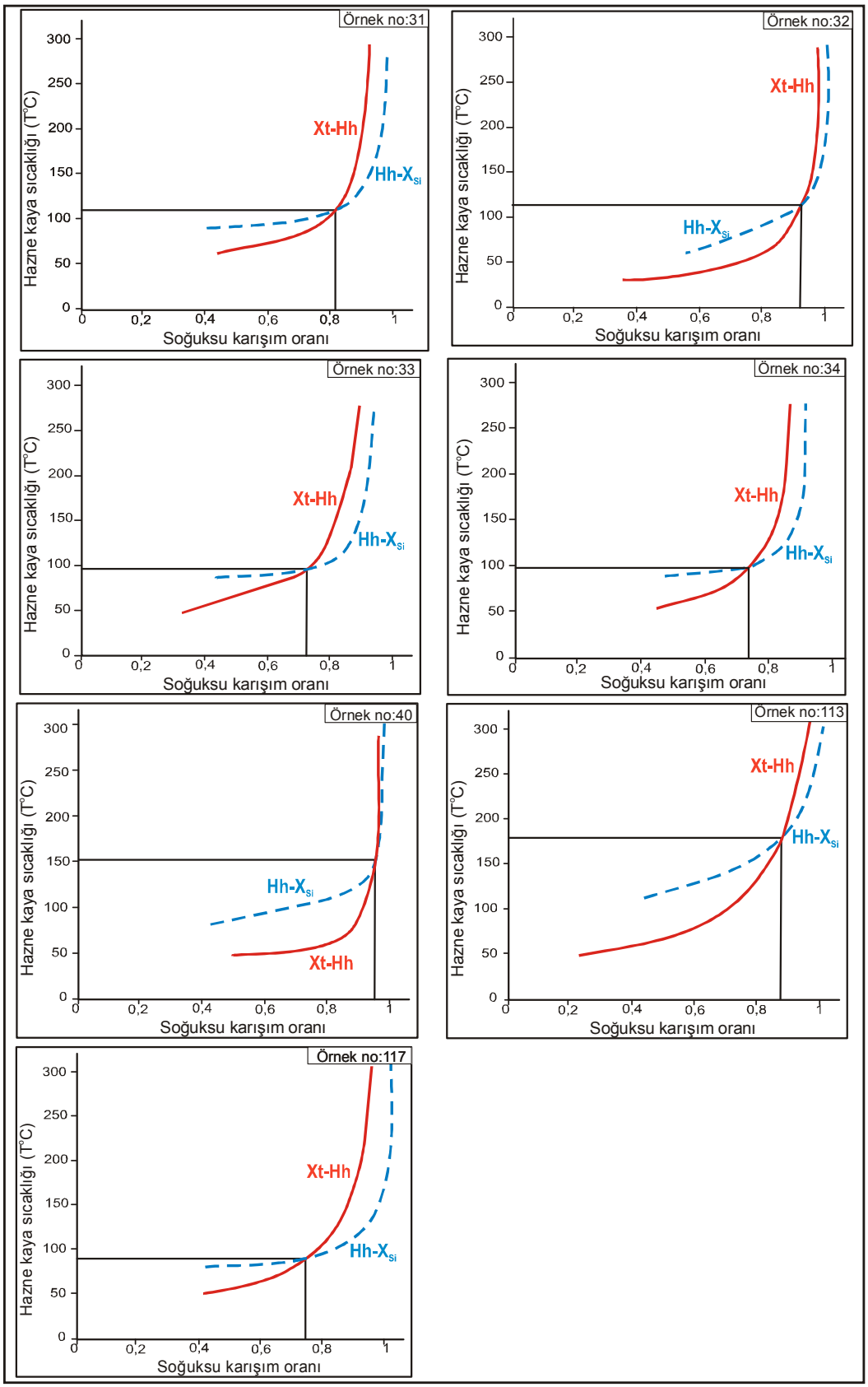
Xt= (Hh-Hs)/((Hh-Hc) bağıntısı ile soğuk suyun karışım oranları saptanmaktadır (Şahinci, 1991b). (Formüllerde Xt: Soğuk su karışım oranı, Hh: Hazne kaya entalpisi, Hs: Sıcak suyun entalpisi, Hc: Soğuk suyun entalpisini göstermektedir).

Xsi = (Sih-Sis)/(Sih-Sic) bağıntısı ile kuramsal hazne kaya entalpilerine karşılık gelen hazne kayadaki sıcak sularda bulunması gerekli kuramsal silis miktarı (mg/l) saptanabilmektedir (Şahinci, 1991b). (Formüllerde Xsi: Kuramsal silis miktarı, Sih: Hazne kayadaki silis miktarı, Sis: Sıcak suda ki silis miktarı, Sic: Soğuk suda ki silis miktarını göstermektedir).

İncelenen sıcak ve mineralli suların hesaplanan karışım oranları Çizelge 4.24 ve Şekil 4.118'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.24. İnceleme alanındaki sıcak ve mineralli suların karışım oranları

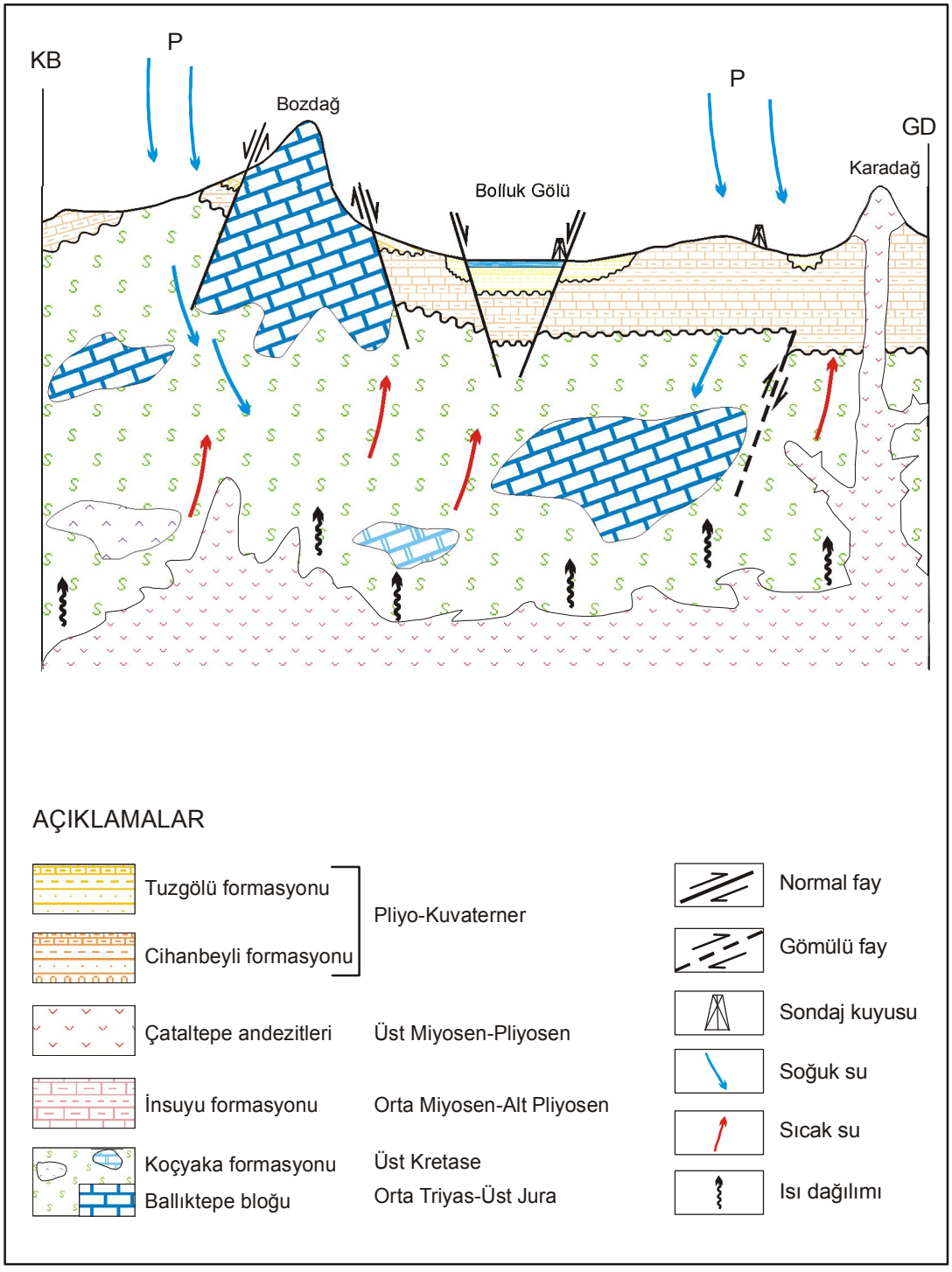
Örnek No	31	32	33	34	40	113	117
Hazne Kaya Sıcaklığı (^oC)	108	110	95	99	153	175	90
Entalpi-Silis Karışım Modeline göre saptanan sıcak su karışım oranı (%)	82	92	72	75	96	87	74



Şekil 4.118. Silis karışım modeline göre, inceleme alanındaki sıcak ve mineralli suların hazne kaya sıcaklıkları ve soğuk su karışım oranları (Şahinci 1991b)

Sıcak ve mineralli suların hazne kayaçlarını; Koçyaka formasyonuna ait kırıklı, çatlaklı ve erime boşluklu kristalize kireçtaşı blokları (Ballıktepe blokları), kuvarsitlerin çatlaklı seviyeleri ve İnsuyu formasyonuna ait kireçtaşları oluşturmaktadır. Örtü kayaçlarını İnsuyu, Cihanbeyli ve Tuzgölü formasyonları içerinde bulunan killi seviyeler oluşturmaktadır. Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı Çataltepe andezitleri ise jeotermal sistemin ısı kaynağını oluşturmaktadır. İnsuyu formasyonuna ait kireçtaşı seviyeleri aynı zamanda soğuk suların akiferini oluşturmaktadır. İnceleme alanındaki örtü kayanın kalınlığının az olması hazne kaya sıcaklığının düşmesine neden olmaktadır. Karışım modellerinden de görüleceği gibi sıcak ve mineralli sular ile soğuk su karışım oranları yüksek değerlerde olup % 72-92 arasında bulunmuştur. Sıcak ve mineralli su kaynaklarının sıcaklıklarının düşük olması bunu doğrulamaktadır. Yüksek karışım oranlarına rağmen yapılan tüm jeotermometre sonuçlarına göre alanda yaklaşık 85 ^{o}C – 110 ^{o}C' lik düşük entalpili bir jeotermal haznenin olduğu söylenebilir.

Tüm jeolojik, hidrojeokimyasal ve tektonik veriler birlikte değerlendirilerek bölgenin jeotermal modeli ortaya çıkarılmıştır (Şekil 4.119).



Şekil 4.119. İnceleme alanına ait jeotermal model

4.8. İnceleme Alanındaki Sulak Alanlar ve Özellikleri

Sulak alanlar ile ilgili çeşitli araştırmacılar tarafından yapılan birçok tanım mevcuttur. Cirik (1993) ve Erdem (2004)'e göre sulak alanlar; derinliği 6 metreden daha az, bazı ortak özelliklere sahip, suları tatlı, tuzlu ve acı olabilen gölleri, bataklıkları, akarsuların durgun kısımlarını, taşkın alanlarını ve alçak deniz kıyılarını, haliçleri, nehir ağzının genişleyerek deniz ekosistemlerine dönüştüğü sahaları ve lagünleri kapsamaktadır. SAKY (1994), Balkaya ve Çelikoba (2005)'e göre bir "sulak alan" terimi kıyıdan uzak alanları, kıyı ve deniz yataklarını, açık su yüzeylerini, lagünleri, nehir ağızlarını, tuzlaları, geçici ve sürekli tatlı ve tuzlu su bataklıklarını, sulak çayırları, sazlıkları ve turbalıkları genel olarak kapsamına almaktadır.

Sulak alanlarla ilgili dünyada 50 den fazla tanım yapılmasına rağmen Pakalne (2004)'e göre, uluslararası alanda yapılan en geniş tanım Ramsar Sözleşmesi'nin tanımıdır. RAMSAR (Su Kuşları Yaşama Ortamı Olarak Uluslararası Öneme Sahip Sulak Alanların Korunması) Sözleşmesi'nde 17 Mayıs 2005 tarih ve 25818 sayılı resmi gazetede yayımlanan tanıma göre sulak alanlar; "doğal veya yapay, devamlı veya geçici, suları durgun veya akıntılı, tatlı, acı veya tuzlu, denizlerin gelgit hareketinin çekilme devresinde altı metreyi geçmeyen derinlikleri kapsayan bütün sular, bataklıklar, sazlıklar ve turbalıklar" olarak tanımlanmıştır (Ramsar 2004)

Ramsar (Su Kuşları Yaşama Ortamı Olarak Uluslararası Öneme Sahip Sulak Alanların Korunması) Sözleşmesinin amacı; sulak alanların bulunduğu bölgenin su rejimini düzenlemesi, karakteristik bitki ve hayvan topluluklarının, özellikle su kuşlarının barınmasına olanak sağlaması ekonomik, bilimsel ve rekreasyonel olarak büyük bir kaynak teşkil etmesi, kaybedilmesi halinde bir daha kazanılması mümkün olmaması nedeniyle sulak alan kaybına neden olacak hareketlerin önlenmesidir (Altan ve ark. 2004). Ayrıca yapılan birçok tanımın yanında, genel olarak suya doygunluğun aşırı olduğu ve bu durumun toprak gelişimi, bitki türleri ve hayvan toplulukları üzerinde etkili olduğu alanlara da, "sulak alan ya da ıslak alan" denilmektedir. Genellikle bir alanın sulak alan olmasını belirleyen en önemli özellik, toprak ya da alt tabakanın en azından belli bir süre içerisinde suyla kaplı ya da suya doygun olmasıdır. Yani sulak alanlar, genellikle yeraltı su seviyesinin karanın

yüzeyine yakın olduğu ya da sığ su ile kaplanmış kara alanlarında meydana gelir (Cowardin ve ark. 1985, Pakalne 2004).

Sulak alanlar için Ramsar tarafından yapılan sınıflandırmanın aynısı Pakalne (2004) tarafından da yapılmıştır. Bu sınıflamaya göre sulak alanlar
6 gruba ayrılmıştır (Şekil 4.120). Bunlar;

1- Haliç (Akarsu Ağızları), Lagünler ve Gelgit Akıntıları

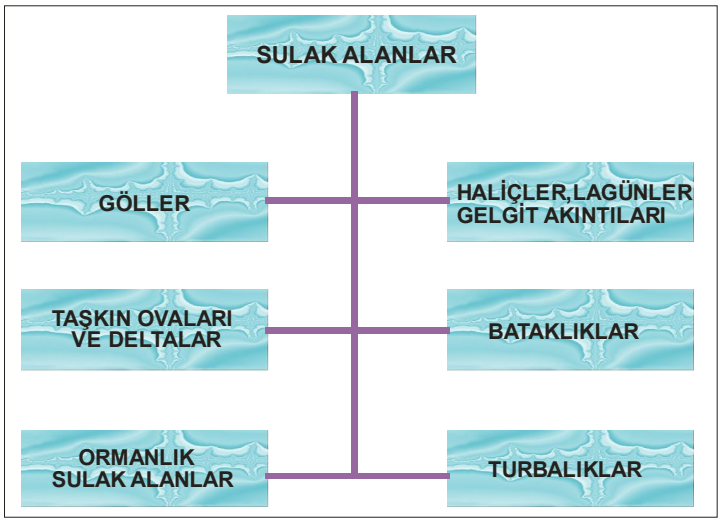
2- Tatlı su bataklıkları

3-Göller

4-Taşkın ovaları ve Deltalar

5- Turbalıklar

6- Ormanlık Sulak Alanlar



Şekil 4.120. Sulak Alan Tipi (Pakalne 2004)

Son zamanlarda yapılan çalışmalarla sınıflandırılan bu alanların çoğu tek terim olan "sulak alanlar" adı altında toplanmıştır. Sulak alanlar basit ekosistemler değildir ve aynı zamanda herhangi bir kirlenme durumunda tekrar geri dönüştürülemeyen sistemlerdir. Bu alanların, kuru ile nemli çevreler arasında sürekli bir dizi boyunca uzanarak çeşitlilik göstermesi ekolojik olarak sulak alan tanımını gerekli kılmıştır. Çünkü tanımlamaların hızla artması ve aynı zamanda çeşitli olması sulak alan tanımlaması için sebepleri ve ihtiyaçları arttırmıştır (Cowardin ve ark. 1985).

4.8.1. Göller

Göller ve göletler çeşitli süreçlerden geçerek oluşur. Bazıları yer kabuğunun kıvrılması ya da hareket etmesi sonucu meydana gelirken, bazıları da volkanik hareketler ve buzul hareketleri ile oluşmaktadır. Ayrıca kurak alanlarda rüzgarın etkisi de göllerin oluşumuna neden olmaktadır (Dugan 1991). Derin göller, son yirmi yıldır bilimsel araştırmaların odağındadır. Ancak gerçekte derin göllerin toplam yüzey alanı, dünyadaki toplam tatlı su göllerinin küçük bir kısmını oluşturmaktadır. Sığ göller ise birkaç metrelik derinlikleriyle, sayıca derin göllerden fazladırlar. Ayrıca sığ göller barındırdıkları doğal hayatın zenginliği ve insan kullanımı açısından, çok daha önemlidirler. Sığ göller temel olarak yüzeysel akış, yağıştan beslendikleri gibi genellikle yeraltı suyu kaynakları ile de ilişkileri vardır. Çoğunlukla derinlikleri 2 metreden azdır (Beklioğlu ve ark. 2007). Göller oldukça büyük arazi parçalarının drenaj sularını aldıklarından göl ve gölü çevreleyen kara arasında sürekli bir alış-veriş vardır. Göller yüzeysel sular arasında kirlenmeye karşı en hassas su grubunu oluştururlar (Ünlü ve ark. 2008).

İnceleme alanındaki göller ise Tuz Gölü, Tersakan Gölü, Bolluk Gölü, Gökgöl ve Köpek Gölü'dür. Tuz Gölü'nün yağış alanı 11.900 km^2 olup su yüzeyi mevsimlere göre 1200 – 1960 km^2 arasında değişmekle birlikte ortalama yüzey alanı yaklaşık 1660 km^2 kadardır. Yağış alanının genişliğine rağmen beslenme kaynakları zayıftır. Göle su getiren akarsular, yazın suları iyice azalan ya da tamamen kuruyan derelerdir. Bunlar Şereflikoçhisar'dan gelen Peçenek Çayı, Aksaray'dan gelen Melendiz Çayı, güneyden ve batıdan gelen İnsuyu, Karasu, Kırkdelik çaylarıdır. Gölün ortalama su seviyesi 40 cm. civarındadır. Ortalama yukseklik seviyesi yağışın arttığı mayıs ayında yaklaşık 110 cm'dir. (http://tr.wikipedia.org/wiki/Tuz_G%C3%B6l%C3%BC). Tersakan Gölü 52 km^2, Bolluk Gölü 11 km^2, Gökgöl 610 m^2, Köpek Gölü yaklaşık 3,5 km^2 dir. Tuz Gölü'nün yaklaşık 6 km batısında bulunan Köpek Gölü tamamen kurumuş olup su içermemektedir. İnceleme alanının kuzeyinde bulunan Gökgöl ise alüvyon üzerinde doğal set kurularak yapılmıştır (Şekil 4.21).



Şekil 4.121. İnceleme alanındaki sulak alanlar (NASA World Wind'den alınmıştır)

4.8.2. Ülkemizdeki Sulak Alanlar ve Durumları

Ülkemiz, sulak alanların korunması yönünden son derece önemli olan Ramsar Sözleşmesi'ne 30 Aralık 1993 tarihinde taraf olmuş ve sözleşme 94/5434 sayılı Bakanlar Kurulu kararıyla 17.05.1994 tarihi ve 21937 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Sözleşmede uluslararası kriterlere (Ramsar Sözleşmesi Uluslararası Öneme Sahip Sulak Alanların Belirlenmesi Kriterleri) uyan, 200 adet sulak alan tespit edilmiştir (Ramsar 2004).

Türkiye'de "Ramsar Sözleşmesi Su kuşu ve Balık Özel Kriterleri" ne göre 76 uluslararası öneme sahip sulak alanın bulunduğu belirlenmiştir. Bunların toplam alanı 1 295 546 hektardır. 76 alandan 72'si su kuşları, 4'ü balıklar, 16'sı ise hem su kuşları hem de balıklar bakımından uluslararası öneme sahiptir (Balkaya ve Çelikoba 2005, Çevre ve Orman Bakanlığı 2007, Erdem 2004).

İnceleme alanı içerisinde bulunan Tuz Gölü, Bolluk Gölü ve Tersakan Gölü Türkiye'deki Ramsar alanlarından 3 tanesidir. Bu üç göl doğal sit alanı olarak belirlenmiş olup, Tuz Gölü ayrıca Özel Çevre Koruma Bölgesine dahil edilmiştir (Çizelge 4.25 ve Şekil 4.122). Ramsar sınıflamasına girmeyen Köpek Gölü ve Gökgöl'de inceleme alanı sınırlarında bulunmaktadır.

Tuz Gölü'nün kışın kapladığı çok geniş su alanı, su kuşları için önemli bir kışlama alanı oluşturmaktadır. Tuzlu ortamlara uyum sağlamış olan flamingo, kılıçgaga, angıt ve benzeri kuşların yanı sıra yağmurcunlar, turnalar, yaban kazları ve yaban ördekleri gölde büyük topluluklar halinde yaşamaktadır. İlkbaharda Göl içinde oluşan adalar ve bataklıklar Bataklık Kırlangıcı, Suna, Angıt, Çamurcun, Kılıçgaga, Kocagöz ve martı türlerinin kuluçka yapmalarına imkan sağlamaktadır. Bölgede tuzcul stepler ve ekolojik açıdan hassas bitki toplulukları bulunmaktadır. Tersakan Gölü ve Bolluk Gölü de sayısız kuş türü ve özellikle Avrupa'da nesli tükenmekte olan flamingolar için yaşam alanı niteliğindedir. Tuz Gölü, flamingoların ülkemizdeki en önemli kuluçka alanı olup, Gölün orta kesimlerinde herbiri 5-6 bin yuvadan oluşan dev kuluçka kolonileri bulunmaktadır.
(http://tr.wikipedia.org/wiki/Tuz_G%C3%B6l%C3%BC).

Çizelge 4.25. Türkiye'nin uluslararası öneme sahip sulak alanlar listesi* (Erdem 2004)

Sulak Alanın Adı	Bulunduğu il/iller ve alanı (hektar)	Koruma statüsü**
Bolluk Gölü	Konya 1150	DS
Tersakan Gölü	Konya 6400	DS
Tuz Gölü	Ankara,Konya,Aksaray 260000	DS, ÖÇKB

*:Değerlendirme uluslararası Sulak Alanların Korunması Sözleşmesi (Ramsar Sözleşmesi)kriterlerine göre yapılmıştır.
** : DS: Doğal sit, ÖÇKB: Özel Çevre Koruma Bölgesi



Şekil 4.122. Türkiye'deki Sulak Alanların Genel Görünümü (Çevre ve Orman Bakanlığı 2007)

4.8.3. İnceleme alanındaki sulak alanların hidrokimyasal özellikleri

Göller belirgin sınırları ile dünyadaki en çeşitli ekosistemlerden birini temsil etmektedirler. Akarsular ve denizlere göre göl materyallerinin hareketliliği oldukça sınırlıdır (Chackrapani 2002).

İnceleme alanında bulunan Tuz Gölü, Bolluk Gölü ve Tersakan Gölleri kurak dönemde (Ekim 2008) susuz olup su örneği alınamamıştır (Şekil 4.123).

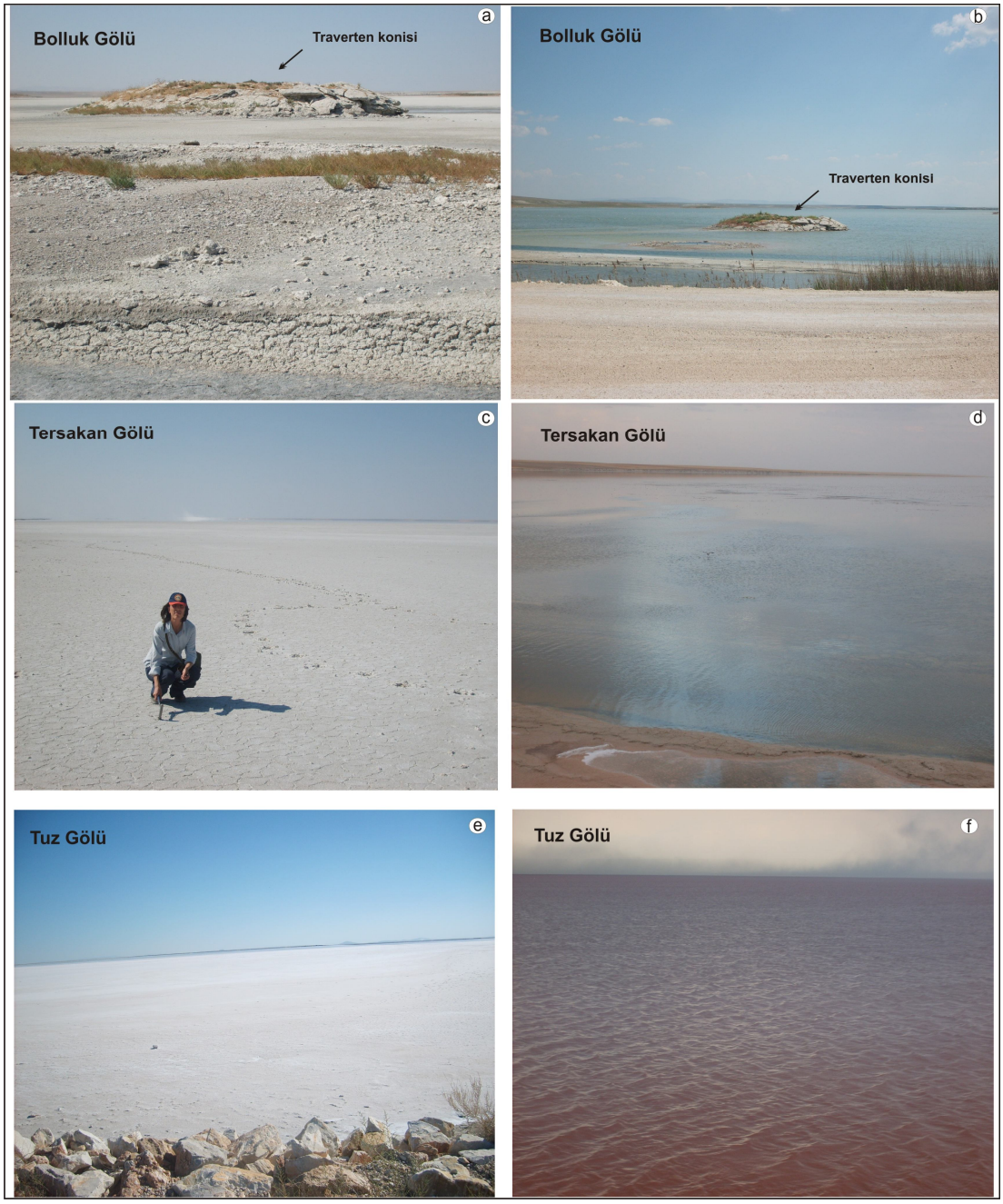
İnceleme alanı içerisinde Tuz Gölü'nün batısında bulunan Yavşan Tuzlasından alınan ölçüme göre Mayıs (2009) ayında su derinliği 23 cm. , Tersakan Gölü'nde 39 cm., Bolluk Gölü'nde 42,5 cm ve Gökgöl'de 118 cm olarak ölçülmüştür. Gökgöl'ün Ekim (2008) ayındaki su derinliği ise 93 cm.'dir. Tersakan ve Bolluk Gölü son yıllarda tamamen kuruma tehlikesi ile karşı karşıyadır. Tuz Gölü'nün son yıllarda hızla küçülmüş kıyı kesimlerinin yaz aylarında tamamen kuruduğu gözlenmiştir. Bu üç gölün kuruma noktasına gelmesinin başlıca sebepleri global ısınma, yağışların azlığı, göllerin sığ oluşu, aşırı evaporasyon ve Tuz Gölü'nü besleyen İnsuyu Deresi'nin sularının Tuz Gölü'ne kadar ulaşamamasıdır. İnceleme alanında geniş yer kaplayan Köpek Gölü'nün tamamen kurumasıda bu faktörlere bağlıdır.

Çizelge 4.26. İnceleme alanında bulunan sulak alanlara ait fizikokimyasal analiz değerleri (*: Ekim 2008)

Örnek No	pH	EC	TDS	Ca	Mg	Na	K	Cl	HCO_3	CO_3	SO_4	Sı sınıfı
		µS/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	IAH (1979)
141 (Gökgöl)*	8,88	1573	1116	48	57,6	206,54	12,09	248,5	408,7	0,84	133,248	Na-Mg-Cl-HCO_3
141 (Gökgöl)	8,15	1058	874	44	31,2	155,25	9,36	88,75	463,6	0,84	80,448	Na-Mg-HCO_3-Cl
144 (Tuz Gölü)	8,73	592670	328546	940	3460,8	120060	1560	195060,08	203,74	0	8366,4	Na-Cl
145 (Tersakan Gölü)	9,46	64680	89987	1002	7623,6	20060,6	2460,12	34009	260,47	195	24504	Na-Mg-Cl-SO_4
146 (Bolluk Gölü)	9,06	66927	96718	784	9396	19060,1	2760,03	34541,5	409,92	285	29673,6	Na-Mg-Cl-SO_4

Çizelge 4.27. Sulak alanlardan alınan su örneklerine ait iyon oranları (**: Ekim 2008, *: Mayıs 2009)

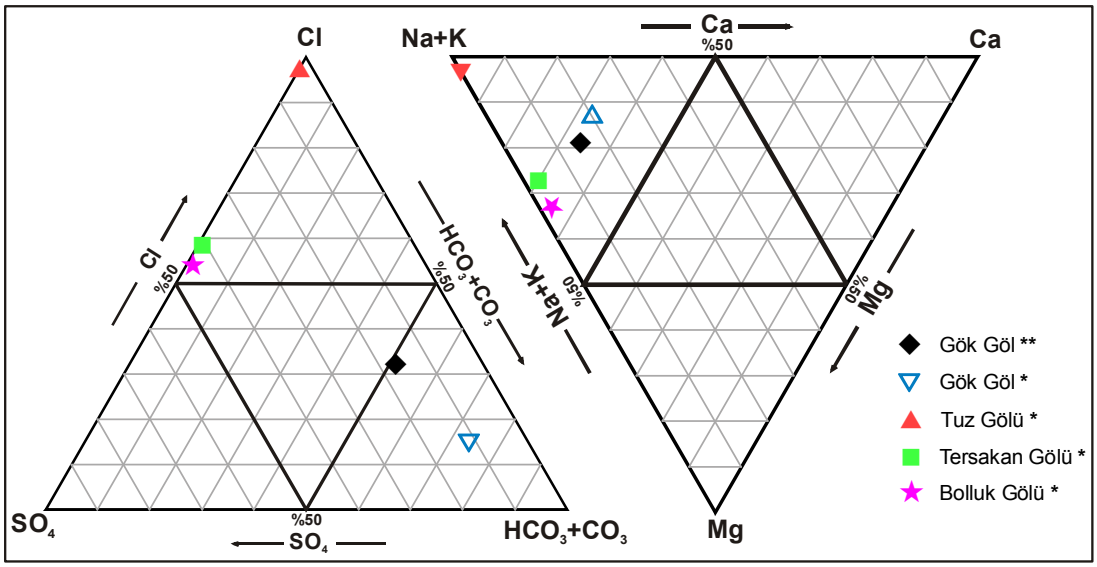
Örnek No	Na/Ca	Na/K	Mg/Ca	SO4/Cl	Na/Cl	Na/SO_4
141 (Gökgöl)**	4,302917	17,08354	1,2	0,536209	0,831147	1,550042
141 (Gökgöl)*	3,528409	16,58654	0,709091	0,906456	1,749296	1,929818
144 (Tuz Gölü)*	127,7234	76,96154	3,681702	0,042891	0,615503	14,35026
145 (Tersakan Gölü)*	20,02056	8,154318	7,608383	0,720515	0,589862	0,818666
146 (Bolluk Gölü)*	24,31135	6,905758	11,98469	0,859071	0,561803	0,642325



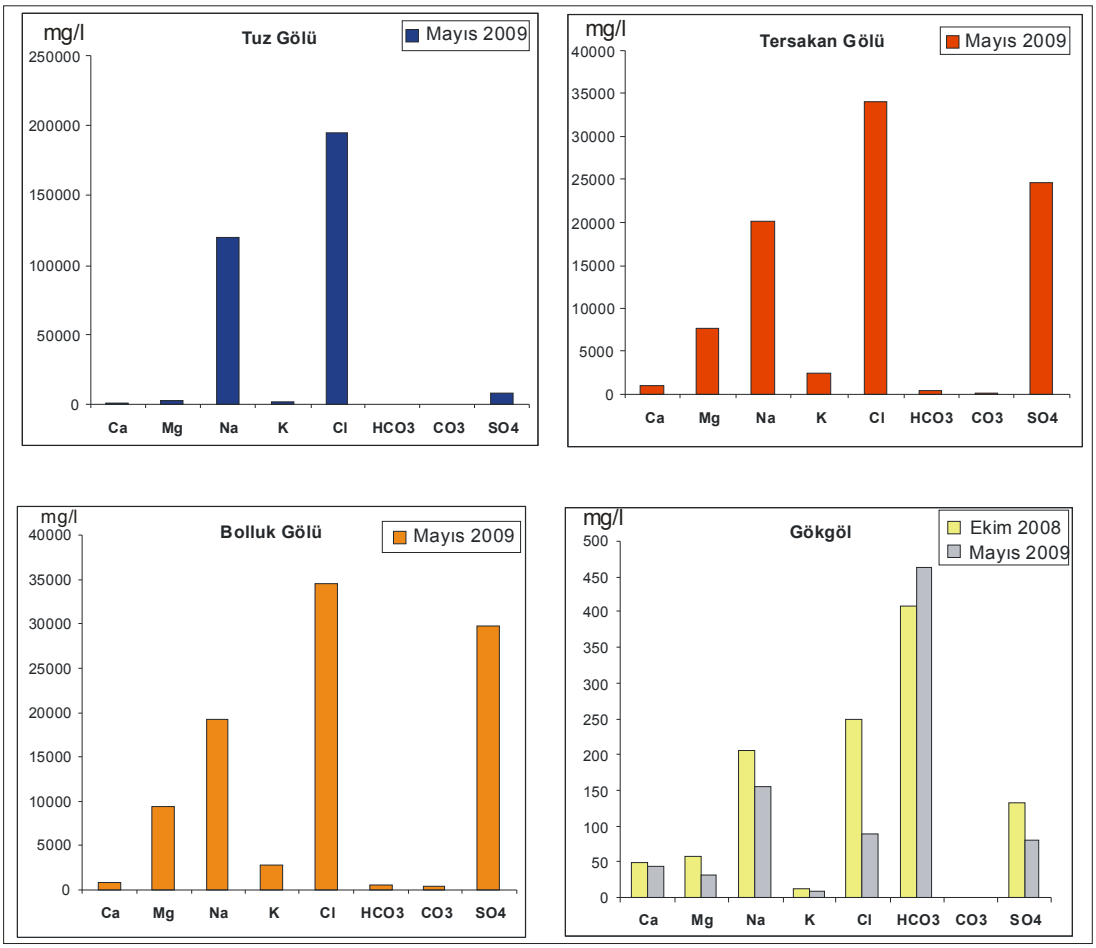
Şekil 4.123. İnceleme alanında bulunan sulak alanların kurak ve yağışlı dönemdeki genel görünümleri (a, c,e: Ekim 2008; b, d, f: Mayıs 2009)

Göllerden pH değeri (pH 9,46) en yüksek olan Tersakan Gölü'dür. Göllerin hepsinin EC değeri yüksektir (>1000 µS/cm). EC değeri en yüksek Tuz Gölü olup bunu Bolluk Gölü, Tersakan Gölü ve Gökgöl izlemektedir (EC değerleri sırasıyla 592670, 66927, 64680 ve 1573-1058). Ana katyonlar arasında Na iyonu Ca ve Mg iyonlarına karşı baskınken ana anyonlardan Cl hakim iyondur (Çizelge 4.26, Şekil 4.124). Tuz Gölü'nde Na ve Cl iyonu hakimken, Bolluk ve Tersakan Göllerinde Na ve Cl iyonunun yanında SO_4 iyonunda da önemli bir zenginleşme gözlenmektedir. Gökgöl' de ise Cl iyonunun yanında HCO_3 iyonunda önemli bir zenginleşme gözlenmektedir. Ayrıca Gökgöl suyunda önemli bir kimyasal değişim gözlenmiştir. Kurak dönemde Cl hakim anyon iken yağışlı dönemde ise HCO_3 hakim anyondur (Çizelge 4.26, Şekil 4.124, Şekil 4.125).

Sulak alanların iyonik oranları incelendiğinde Tuz Gölü, Tersakan Gölü ve Bolluk Gölü'nde Na/Cl oranı yaklaşık 0,6 değerindedir. Savaşçın ve Birsoy (1992), Gündoğan ve Helvacı (1996) yaptıkları çalışmalarda aynı sonucu bulmuşlar ve bu sonuca göre Göllerin aynı kökene sahip olabileceğini fakat bunun tek başına yeterli bir veri olmadığı savunmuşlardır. SO_4/Cl oranı Bolluk Gölü'nde 0,859, Tersakan Gölü'nde 0,720 ve Tuz Gölü'nde 0,042'dir. SO_4 iyonu Tuz Gölü'den Bolluk Gölü'ne doğru önemli bir artış göstermiştir (Çizelge 4.27).



Şekil 4.124. Göl sularının bileşimlerini gösteren üçgen diyagramı (*:Mayıs 2009, **:Ekim 2008)



Şekil 4.125. Sulak alanlara ait ana iyonların dağılımının grafiksel gösterimi

Gündoğan ve Helvacı (1996) yaptıkları çalışmada SO_4/Cl oranındaki artışa paralel bir artış saptamış (SO_4/Cl oranları; Bolluk Gölünde1,04; Tersakan Gölünde 0,69; Tuz gölünde 0,04) ve Bolluk Gölü'nde ki bu artışın sebebinin Bolluk Gölü'nün Güney-Güneydoğusunda bulunan andezitik volkanizmanın hala aktif olması ve bölgedeki yeraltısularına SO_4 iyonunu vermesinden kaynaklandığını belirtmişlerdir.

Bolluk Gölü'ne ait su örneklerinin SO_4/Cl oranındaki bu artışın başlıca nedeni Bolluk Gölü tabanındaki jeolojik yapı ve formasyonlardır. Bolluk Gölü suyunun $NaSO_4$'lı olması da bunun kanıtıdır.

Ayrıca Mg/Ca oranı tüm göllerde 1 den yüksek çıkmıştır. Bunun sebebi jipsli formasyonlardan ve magnezyumca zengin kalsiyum karbonat mineralleri ile ilgilidir.

Bunun yanı sıra Tuz Gölü, Bolluk Gölü ve Tersakan Gölü'nde dolomitik göl çamuru yaygın şekilde bulunmaktadır (Irion 1970).

Çalışmada bu oranın Bolluk Gölü'nde en yüksek değere ulaşması (Mg/Ca= 11,98) dolomitik göl çamurundan daha çok Bolluk Gölü'ne karışan magnezyumca zengin yeraltısularından kaynaklandığı düşünülmektedir. Çünkü göle karışan yeraltı sularının akiferini İnsuyu formasyonuna ait jipslerle ara katkılı kireçtaşı ve ofiyolitik melanj içerisinde bulunan dolomitik kireçtaşları oluşturmaktadır.

Gökgöl sularında ise kurak dönemde Cl oranının artmasının sebebi bölgede gözlenen aşırı evaporasyondur. Çünkü kurak dönemde Cl oranında önemli bir oranda artış gözlenmiştir (Şekil 4.125).

4.9. İnceleme Alanındaki Su Kalitesinin Değerlendirilmesi

Bu bölümde inceleme alanındaki sularının kullanılabilirliği ve kalitesi incelenmiştir. İçme ve kullanma suyu için Türk Standartları Enstitüsü (TSE 266 (1997), EPA (2003) Çevre Koruma Ajansı, Çevre ve Orman Bakanlığı (ÇOB 2004) kriterleri ile sulak alanlar için CWQG (2005) Suda yaşayan canlıları korumak için Kanada Su Kalitesi Rehberi kullanılmıştır.

İnceleme alnındaki sular; içme suları, tarımsal (zirai) amaçlı kullanılan sular ve sulak alanlar olarak üç grup altında incelenmiştir.

4.9.1. İçme Suları

İnceleme alanında değerlendirilmeye alınan içme amacıyla kullanılan sular Çizelge 4.28'de verilmiştir. Suların içmeye uygunluğunun saptanabilmesi için kullanılan çeşitli diyagramlar vardır. Bunlardan en yaygın olarak kullanılanı Schoeller'in İçilebilirlik diyagramıdır (Şahinci 1991a). İnceleme alanında içme amacı ile kullanılan soğuk suların içilebilme özellikleri Schoeller'in içilebilirlik diyagramına göre incelendiğinde, tüm sular "iyi kaliteli sular" (2.kalite) sınıfında yani içilebilme özelliğinde olan sulardır (Şekil 4.126).

İnceleme alanındaki içme suları ayrıca Fransız sertlik derecelerine göre sınıflandırılmıştır (Çizelge 4.30). Bu sınıflamaya göre tüm kaynaklar, derin kuyular ve 127,128 nolu çeşmelere ait su örneklerinin Fransız sertliği 22-32 arasında olup "sert su" niteliğindedir. İçme amaçlı kullanılan 66 nolu örnek ve 131 nolu çeşmeye ait su örneğinin Fransız sertliği 15-22 arasında olup "tatlı su" sınıfındadır. 126 nolu çeşme suyunun Fransız sertliği 33-54 arasında olup "çok sert su" sınıfındadır.

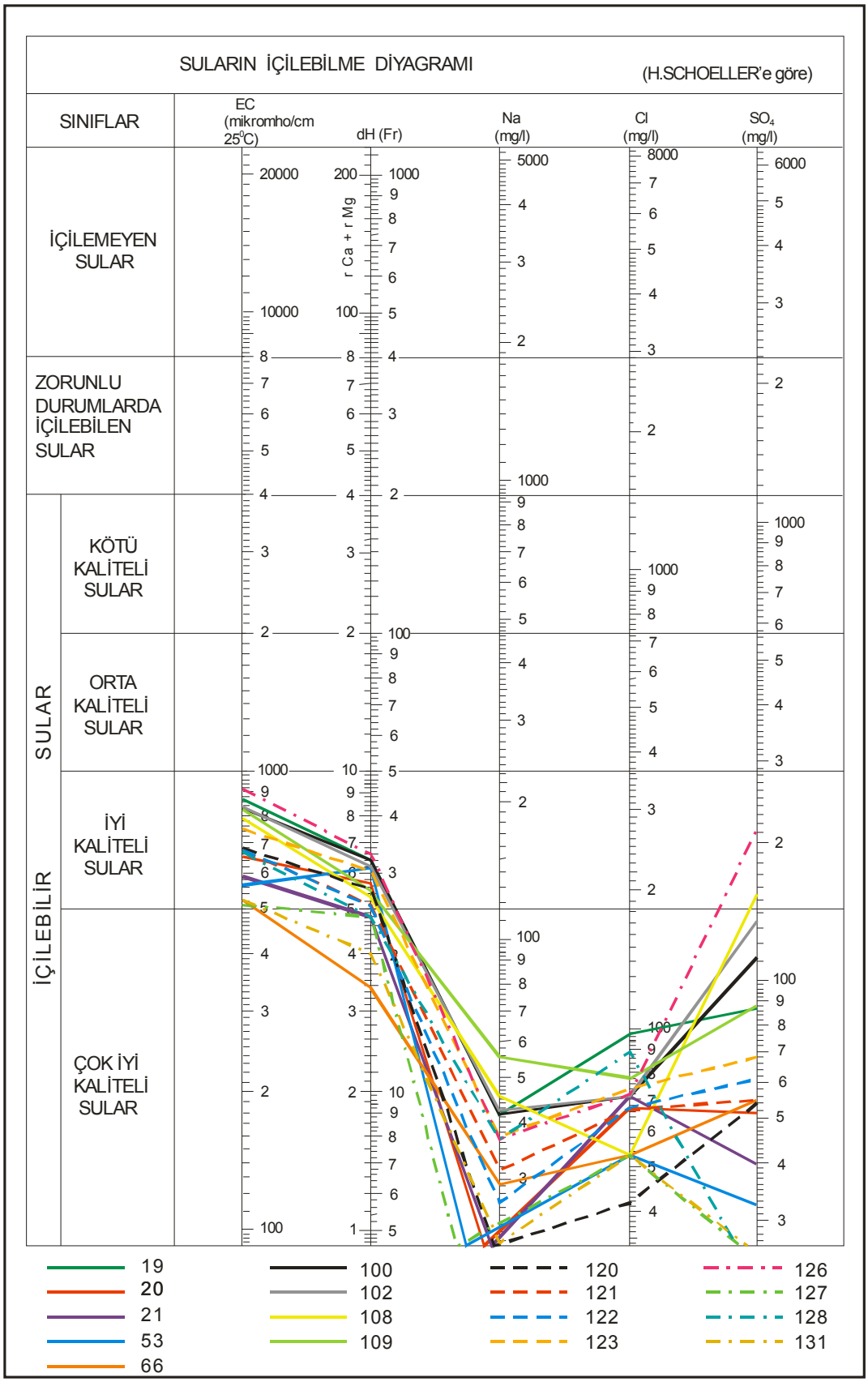
Fakat bu sınıflamaların içilebilme özelliğinin belirlenmesinde tek başına değerlendirilmesi sağlıklı sonuç vermemektedir. Bunun için incelenen sular TSE 266 (1997) ve EPA, 2003 (ABD Çevre Koruma Ajansı) içme suyu standartlarına göre de değerlendirilmiştir (Çizelge 4.28, Çizelge 4.29).

Çizelge 4.28. İncelme alanındaki içme amaçlı kullanılan suların fizokimyasal analiz sonuçları (Ekim 2008)

Örnek No	pH	EC	TDS	Ca	Mg	Na	K	Cl	HCO_3	SO_4	NO_3	NO_3-N	SAR	%rNa	Fr Sertliği
		µS/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l			
19	7,74	862	560	54	45,6	41,4	2,418	97,625	231,8	87,0	28,7	6,5	1,00	22,27	32
20	7,50	646	420	64	30	10,35	0,975	67,45	195,2	51,6	24,8	5,6	0,27	7,69	28,5
21	8,22	585	360	42	32,4	12,42	3,705	71	158,6	39,6	**109,1**	24,6	0,35	11,68	24
53	7,75	562	425	50	43,68	0,345	0,897	53,25	244	32,5	37,3	8,4	0,01	0,62	30,7
66	8,10	521	322	46,5	12,804	29,21	3,666	53,25	122	54,5	28,1	6,3	0,98	28,68	16,96
100	8,17	833	546	24	62,4	41,4	2,34	71	244	101,3	-	-	1,01	22,52	32
102	8,00	834	529	67,2	31,92	42,435	0,585	71	183	132,5	**118**	26,64	1,06	23,60	30,1
108	8,00	786	495	48,3	34,8	45,31	0,663	53,25	158,6	153,7	28,7	6,5	1,21	27,21	26,575
109	7,70	825	560	60	29,4	55,89	5,304	78,1	242,78	88,1	27,0	6,1	1,47	32,01	27,25
120	7,82	608	417	37,78	38,7	18,745	1,95	42,7775	222,65	54,0	24,0	5,4	0,51	14,47	25,57
121	7,55	657	439	38	38,28	30,13	1,014	63,19	213,5	55,0	27,2	6,1	0,82	20,79	25,45
122	7,90	659	427	37,6	38,4	26,91	2,34	65,675	195,2	60,5	27,9	6,3	0,73	19,49	25,4
123	7,60	745	537	60,4	36,36	37,03	2,379	72,065	260,775	68,0	30,2	6,8	0,93	21,64	30,25
126	7,92	917	574	48	57,6	36,8	1,365	71	146,4	212,9	-	-	0,84	18,51	36
127	7,85	507	337	40	33,6	1,656	2,34	53,25	195,2	11,1	49,3	11,13	0,05	2,68	24
128	7,77	662	443	32	38,4	36,8	4,68	88,75	231,8	10,6	-	-	1,03	26,38	24
131	8,15	523	349	16	38,4	21,85	5,85	53,25	195,8	18,2	22,9	5,17	0,67	21,57	20
TSE, 1997	6,5-9,2	2000	1500	200	150	175	12	400	500	250	50				500
EPA,2003	6,5-8,5	-	500	200	-	-	12	250	-	250	45				-

Çizelge 4.29. İnceleme alanındaki içme amaçlı kullanılan suların bazı iz ve ağır metal içerikleri (Ekim 2008)

Örnek No	Al	As	B	Ba	Cr	Cu	Fe	Mn	Se	Pb	Zn
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
20	0,008	0,006	0,157	0,15338	0,0045	0,0077	<10	0,00034	<0,5	0,0087	3,3896
53	0,002	0,0052	0,088	0,09929	0,0013	0,0026	<10	0,00068	<0,5	0,0038	1,228
66	0,004	0,014	0,147	0,05527	0,0019	0,0062	0,026	0,00054	<0,5	0,0078	0,8215
102	0,008	0,0011	**0,428**	0,06304	0,0039	0,007	0,079	0,0004	<0,5	0,0076	0,2764
108	0,007	0,0016	**0,517**	0,06039	0,0031	0,0075	0,038	0,00019	0,0064	0,0108	1,6132
109	0,003	0,0226	**0,314**	0,03749	0,0026	0,0058	0,0009	0,00016	<0,5	0,0073	0,6337
120	0,005	0,0036	0,14	0,08085	0,022	0,0045	0,019	0,00017	<0,5	0,006	0,3184
121	0,005	0,0057	0,194	0,06227	0,016	0,0058	<10	0,00021	<0,5	0,0092	0,8815
122	0,005	0,006	0,193	0,06825	0,016	0,0061	0,0011	0,00019	<0,5	0,0087	0,5674
123	0,004	0,0051	0,163	0,06722	0,0102	0,0053	<10	0,00026	<0,5	0,0069	0,129
TSE 1997	0,02	0,05	0,3	0,3	0,05	1	0,2	0,050	0,010	0,05	**5**
EPA 2003	0,05-0,2	0,05	0,3	0,7	0,05	1,3	0,3	0,050	0,010	0,015	**5**



Şekil 4.126. İnceleme alanındaki suların içilebilirlik diyagramı (Schoeller, 1962)

Çizelge 4.30. İçme suyu olarak kullanılan suların sertlik derecelerine göre sınıflandırılması (Erguvanlı ve Yüzer 1973)

Sertlik Derecesi (^oFr)	Suyun cinsi	Kaynaklar	Derin kuyular	Sığ kuyular	Çeşmeler
0-10	Menba suyu	-	-	-	-
11-22	Tatlı su	-	66	-	131
23-32	Sert su	120, 121, 122, 123	19, 20, 21, 53, 100, 102, 108, 109	-	127, 128
33-54	Çok sert su	-	-	-	126
>55	Çok fazla sert su	-	-	-	

İnceleme alanında içme suyu olarak kullanılan 21 ve 102 nolu suların nitrat (NO_3) değerleri (sırasıyla 109,1 ve 118) TSE (266) ve EPA (2003)'ün nitrat için belirlenmiş içme suyu standartları sınır değerlerini aşmıştır (Çizelge 4.28). 21 nolu su örneğinin alındığı sondaj kuyusu inceleme alanında bulunan Sığırcık Köyü'nün su ihtiyacını karşılamaktadır. 102 nolu su sondaj kuyusu ise Tavşançalı Köyü'nün su ihtiyacını karşılamak amacı ile açılmıştır. İçme amaçlı açılan her iki su sondaj kuyusunun yerleşim birimlerine olan yakınlığı dikkate alınırsa, bu sular evsel atıklar, kanalizasyon ve havan dışkıları vb. ile kirletilmiş olmalıdır. Ayrıca 102, 108 ve 109 nolu örneklerde bor miktarının TSE 266 (1997) ve EPA (2003) içme suyu standartlarını çok az aşmış olduğu görülmektedir (Çizelge 4.28). Ortamın tuzluluğu ile bor arasında doğrusal bir ilişki vardır ve tuzlu killer içerisinde bor çok yüksek değerlere ulaşabilmektedir (Şahinci 1991a). Bu örnekler, Cihanbeyli formasyonu içerisindeki sondaj kuyularından alınmıştır. Bor miktarındaki bu artışın Cihanbeyli formasyonunda bulunan evaporitik minerallerden (halit, jips) dolayı olduğu düşünülmektedir.

İnceleme alanında içme amaçlı kullanılan 20 nolu örnekde çinko değeri yüksek çıkmıştır. Zn değerinin yüksek çıkmasının sebebi diğer sondaj kuyularına göre daha sığ derinlikte olan bu sondaj kuyusunun yüzeysel kirleticilerden daha fazla etkilenmiş olmasıdır. Bunun yanında 20 nolu sondaj kuyusunun içerinde açıldığı İnsuyu formasyonuna ait kireçtaşlarının kırıklı, çatlaklı olması ve karstik boşluklar içermesi ve Uzunca Yayla yerleşim birimine ait atıkların kireçtaşları üzerinde depolanması, bunun yanı sıra bu bölgede yapılan tarımsal faaliyetlerde kullanılan gübreler Zn iyonu artışındaki ana etkendir (Çizelge 4.29).

Çizelge 4.31. İnceleme alanındaki sulama suyu için kullanılan sondaj kuyu sularının ve göl sularının fizokimyasal analiz sonuçları (Ekim 2008)

Örnek No	pH	EC	TDS	Ca	Mg	Na	K	Cl	HCO_3	SO_4	NO_3	NO_3-N	SAR	%rNa	Fr Sertliği
		µS/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l			
1	7,50	878	493	45,6	41,04	33,35	2,418	71	219,6	77,4	25,4	5,7	0,86	20,97	28,5
10	7,80	741	492	45,6	41,04	33,005	2,418	66,03	226,31	78,1	23,9	5,39	0,85	20,80	28,5
22	8,00	1322	795	68,4	45,456	119,945	6,201	248,5	183	123,5	**54,5**	12,3	2,75	42,71	36,04
26	6,75	**2522**	**1723**	140	110,4	230	15,6	326,6	305	**595,2**	23,4	5,3	3,51	39,10	81
27	8,20	**2761**	**1825**	64	57,6	**448,5**	34,125	532,5	219,6	**468,2**	10,0	2,26	9,75	71,81	40
37	6,89	2141	**1667**	**256**	76,8	96,6	17,55	142	585,6	**492,0**	4,9	1,1	1,36	19,50	96
39	7,03	1817	1332	176	82,2	73,6	30,03	199	463,6	308	12,6	2,8	0,95	18,15	77,25
44	8,88	**7326**	**5332**	184	106,8	**1593,9**	31,2	**2485**	268,4	**662,4**	3,2	0,7	23,04	79,48	90,5
47	7,80	1876	1084	118	61,2	**158,7**	4,68	426	122	193,0	**56,4**	12,7	2,94	38,96	55
50	8,20	582	384	52,8	16,8	31,74	3,705	63,9	183	34,3	**51,8**	11,7	0,97	26,75	20,2
56	8,14	1041	688	52	43,2	92	1,17	131,35	256,2	111,8	37,7	8,5	2,27	39,39	31
57	7,84	2334	1560	65,8	84,84	**313,72**	2,6325	355	292,8	**444,8**	36,4	8,2	5,99	56,95	51,8
60	7,82	1132	718	64	25,2	120,98	7,02	159,75	195,2	145,9	14,6	3,3	3,23	50,65	26,5
61	8,00	**3043**	**1950**	113,8	180,36	**256,841**	1,95	461,5	146,4	**789,0**	42,8	9,7	3,47	35,12	103,6
67	7,98	1626	1071	64,2	86,4	122,82	11,7	95,85	231,8	**458,4**	2,2	0,52	2,34	35,14	52,05
68	7,99	2243	**1525**	120	102	**186,3**	11,7	142	262,3	**700,8**	**54,7**	12,4	3,01	36,68	72,5
70	7,97	1326	854	56	69,6	97,29	1,17	88,75	207,4	334,1	**74,0**	16,7	2,04	33,13	43
75	7,64	**7228**	**5537**	**608**	**237,6**	**891,25**	2,34	**1473,25**	207,4	**2117,3**	13,2	3	7,73	43,60	251
76	7,69	1282	809	80	51,6	94,3	0,975	177,5	225,7	178,8	28,4	6,4	2,01	33,20	41,5
80	7,65	1053	664	96,4	45,12	33,12	1,17	113,6	213,5	160,8	42,9	9,7	0,70	14,63	42,9

Çizelge 4.31. İnceleme alanındaki sulama suyu için kullanılan sondaj kuyu sularının ve göl sularının fizokimyasal analiz sonuçları (Ekim 2008)

Örnek No	pH	EC	TDS	Ca	Mg	Na	K	Cl	HCO_3	SO_4	NO_3	NO_3-N	SAR	%rNa	Fr Sertliği
		µS/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l			
81	7,84	1567	943	75	88,8	87,86	2,418	177,5	140,3	371,1	25,8	5,8	1,62	25,82	55,75
87	7,61	**8917**	**7504**	**504**	**777,6**	**664,7**	6,474	575,1	183	**4793,6**	15,4	3,5	4,31	24,41	450
88	7,83	2385	**1562**	118,4	142,2	**149,27**	3,9	177,5	195,2	**775,7**	17,5	4	2,18	27,05	88,85
89	8,02	**3927**	**2710**	89,6	**240**	**430,56**	3,9	479,25	170,8	**1296,0**	6,0	1,4	5,35	43,46	122,4
90	7,62	**9305**	**7888**	204	**321,48**	**1965,12**	11,7	**1597,5**	268,4	**3519,8**	24,4	5,5	19,87	69,86	184,95
91	7,58	**3099**	**2055**	88	126	**404,57**	10,14	553,8	231,8	**640,8**	31,5	7,1	6,44	54,50	74,5
95	7,56	**3094**	**2064**	60,8	155,52	**384,629**	10,14	532,5	268,4	**652,0**	9,3	2,1	5,91	51,49	80
96	7,90	**6227**	**4914**	117,6	**268,8**	**1078,7**	9,75	**661,72**	244	**2533,9**	5,4	1,2	12,47	62,51	141,4
97	7,65	**3338**	**2136**	176,6	162	**294,4**	4,875	**639**	146,4	**713,0**	**99,9**	22,6	3,83	36,66	111,65
112	7,88	**6335**	**4721**	**268**	**414**	**660,56**	10,14	**1036,6**	204,35	**2127,8**	**51,7**	11,7	5,87	37,70	239,5
25	7,37	**4702**	**3395**	**292**	**258,72**	**369,955**	47,97	532,5	219,6	**1674,0**	38,9	8,8	3,78	32,38	180,8
48	7,17	1894	1296	120	132	57,5	21,45	266,25	451,4	247,2	22,8	5,2	0,86	15,21	85
49	8,02	1070	712	128	40,08	12,65	7,02	124,25	305	94,6	**301,0**	68	0,25	6,97	48,7
54	7,95	**2805**	**1865**	24	62,4	**518,328**	2,34	497	195,2	**566,2**	**95,0**	21,5	12,60	77,93	32
55	7,93	**3071**	**2110**	80	100,8	**457,47**	2,34	355	195,2	**919,2**	**948,0**	214	7,99	61,67	62
28*	6,56	**4952**	**4331**	**610**	**230,4**	**333,5**	23,4	461,5	872,3	**1800**	-	-	2,91	23,30	248,5
29*	6,57	**4414**	**3446**	**420**	196,8	**310,5**	22,62	426	823,5	**1247,04**	-	-	3,12	27,35	187
30*	6,8	**4828**	**3729**	**500**	**223,2**	**276**	21,45	440,2	786,9	**1480,8**	-	-	2,57	22,35	218
31*	6,45	**4290**	**3356**	**475**	189,6	**205,16**	17,55	330,15	671	**1373,76**	3,2	2,51	2,51	23,12	193
32*	6,5	**5438**	**4269**	**592,6**	**222,24**	**315,1**	23,595	492,385	988,2	**1554,48**	8,4	1,9	3	24,14	242
33*	6,85	**5284**	**4125**	**592,6**	198,36	**303,6**	21,45	475,7	796,05	**1606,08**	6,7	1,5	3,1	25,13	231
34*	6,8	**5532**	**4567**	**628**	**248,4**	**363,4**	23,4	415,35	762,5	**2126,4**	-	-	3,09	23,94	260,3

Çizelge 4.31. İnceleme alanındaki sulama suyu için kullanılan sondaj kuyu sularının ve göl sularının fizokimyasal analiz sonuçları (Ekim 2008)

Örnek No	pH	EC	TDS	Ca	Mg	Na	K	Cl	HCO_3	SO_4	NO_3	NO_3-N	SAR	%rNa	Fr Sertliği
		µS/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l			
35*	6,78	**4929**	**3839**	**486**	**210,72**	**345,92**	24,18	450,85	795,44	**1525,44**	-	-	3,29	27,23	209,3
36*	6,5	**4554**	**3568**	**432**	196,8	**335,8**	24,18	406,475	786,9	**1385,76**	-	-	3,35	28,59	190
40*	6,94	**3493**	**2504**	**317**	143,4	100,51	17,55	237,85	597,8	**773,76**	15,4	3,5	1,8	20,5	149,5
41*	6,93	**4545**	**2427**	**334,4**	141,6	165,6	29,25	294,65	512,4	**948,96**	-	-	1,91	21,79	142,6
42*	6,88	**3445**	**2457**	**341**	148,8	156,4	28,86	276,9	488	**1017,12**	-	-	1,77	20,38	147,25
43*	6,88	**3424**	**2452**	**336**	144,36	165,6	29,25	269,8	500,2	**1007,04**	-	-	1,90	21,62	144,15
113*	6,12	**5383**	**4407**	**658**	190,68	**326,6**	29,64	479,25	915	**1692**	3,6	0,8	3,2	25,14	245,4
114*	6,46	**5331**	**4268**	**639,6**	183,6	**356,5**	28,47	465,05	823,5	**1771,68**	-	-	3,19	25,56	236,4
115*	6,34	**5155**	**4206**	**630**	180	**345**	28,86	470,02	939,4	**1612,8**	-	-	3,11	25,29	232,5
116*	6,24	**5238**	**4271**	**640**	187,2	**349,6**	28,86	482,8	872,3	**1710,72**	-	-	3,12	25,08	238
117*	6,32	**5161**	**4163**	**658**	190,68	**326,6**	29,64	479,25	915	**1692**	4,5	1,01	3,3	26,55	228
118*	6,35	**5167**	**4177**	**572**	194,4	**377,2**	28,47	426	854	**1724,64**	-	-	3,47	27,66	224
119*	6,3	**5214**	**4237**	**544**	**218,4**	**393,3**	27,3	497	918,66	**1638,72**	-	-	3,59	28,16	227
141**	8,15	1431	874	44	31,2	155,25	9,36	88,75	463,6	80,45	8,4	1,8	-		
144**	8,73	**592670**	328758	980	3576	120888	1600,4	195889	161	5923	1,6	0,4	-		
145**	9,46	**65680**	96576	1030,4	7628,2	20182,5	2498,7	37275	331,9	27335	1,4	0,3	-		
146**	9,06	**66927**	67528	796	9420	19182	2798,6	39050	501,4	29608	2,1	0,5	-		
TSE,1997	6,5-9,2	2500	1500	200	150	200	200	600	-	250	50				500
ÇOB,2004		2000	1500	-	-	125	-	600		400		10			

Not: *: Sıcak sular

**: Göller; 141: Gökgöl, 144: Tuz Gölü, 145: Tersakan Gölü, 146: Bolluk Gölü

Çizelge 4.32. İnceleme alanındaki sulama suyu için kullanılan sondaj kuyu sularının ve göl sularının bazı iz ve ağır metal içerikleri (Ekim 2008)

Örnek No	Al	As	B	Cr	Cu	Fe	Mn	Se	Pb	P(toplam)	Zn
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
1	0,004	0,004	0,171	0,0275	0,006	<10	0,00019	<0,5	0,0077	0,054	0,388
22	0,003	0,0158	0,360	0,0119	0,010	0,013	0,00028	<0,5	0,0082	0,045	1,7821
25	<10	0,0171	**2,017**	<5	0,0116	<100	0,01498	**0,1167**	0,0077	**0,667**	7,2432
26	0,019	0,016	0,91	0,0208	0,0054	0,015	0,00087	<0,5	0,0129	0,079	1,8487
39	0,004	0,006	0,526	0,0022	0,0068	<10	0,00024	<0,5	0,0089	0,059	2,9587
44	0,223	**0,0748**	**4,376**	<5	0,0131	<100	0,01263	0,0101	0,0098	**0,655**	9,8912
54	0,012	**0,069**	**3,167**	0,0124	0,0071	0,048	0,00114	0,0062	0,0088	**0,700**	13,4149
55	0,006	0,0084	**4,909**	0,012	0,0068	<10	0,00028	0,0118	0,0073	0,069	**15,8074**
56	0,007	0,0102	**1,024**	0,0071	0,0086	<10	0,00061	<0,5	0,0107	0,057	3,4315
57	0,004	0,0135	**3,3**	0,0065	0,0066	0,054	0,00018	0,0101	0,0072	0,045	12,3764
60	0,008	0,021	0,938	0,0063	0,0103	0,074	0,00101	<0,5	0,0087	0,068	0,806
61	0,006	0,0061	**1,253**	**0,0666**	0,0093	0,036	0,00035	0,0132	0,0092	0,054	5,8859
67	0,005	**0,166**	0,613	0,0005	0,0053	0,147	0,0539	<0,5	0,0066	0,165	1,2203
70	0,006	0,0142	**1,758**	0,0387	0,0057	<10	0,00068	<0,5	0,0081	0,054	1,4186
75	0,074	0,0079	0,249	0,0225	0,0153	0,643	0,07002	<0,5	0,010	**0,681**	7,3488
76	0,008	0,0024	0,265	0,0458	0,0056	0,027	0,00027	<0,5	0,0078	0,067	1,9549
80	0,02	0,0016	0,106	**0,0585**	0,0223	<10	0,00046	<0,5	0,0109	0,042	1,7052
81	0,005	0,0027	0,316	**0,1397**	0,009	<10	0,00025	<0,5	0,0079	**0,058**	1,7129
87	0,066	0,016	0,841	0,0413	0,021	0,319	0,01021	<0,5	0,013	**0,694**	4,7537
88	0,006	0,0186	**1,679**	0,0175	0,0081	0,041	0,00114	0,0033	0,008	0,056	3,7783
90	0,013	0,0267	**9,174**	<5	0,0248	0,198	0,32735	**0,0679**	0,0103	**0,719**	7,1446
95	0,008	0,0177	**2,323**	0,0142	0,0074	<10	0,00033	0,0022	0,0085	0,081	6,0249

Çizelge 4.32. İnceleme alanındaki sulama suyu için kullanılan sondaj kuyu sularının ve göl sularının bazı iz ve ağır metal içerikleri (Ekim 2008)

Örnek No	Al	As	B	Cr	Cu	Fe	Mn	Se	Pb	P(toplam)	Zn
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
96	0,017	**0,059**	**3,308**	0,0208	0,0118	<100	0,13606	0,0105	0,0129	**0,618**	5,5364
97	0,004	0,006	0,435	0,0236	0,0069	<10	0,00038	0,0135	0,0079	0,05	1,0281
112	0,017	0,007	**1,071**	**0,1107**	0,0106	0,226	0,00059	**0,0616**	0,0067	**0,700**	5,7725
31	0,055	0,0213	**1,306**	<5	0,0153	0,273	0,00392	<0,5	0,0133	**0,656**	3907.6
32	0,015	0,0126	**1,082**	<5	0,0117	<100	<5	<0,5	0,0101	**0,663**	2507.7
33	0,039	0,0146	**1,423**	0,0054	0,0239	0,669	0,00295	<0,5	0,0258	0,258	1317,3
34	0,041	0,028	1,400	0,0031	0,020	**1,303**	0,02208	<0,5	0,0357	<100	1793
40	**0,358**	**0,0616**	**1,093**	0,0057	0,0214	**1,626**	0,07497	<0,5	0,0125	0,017	1,7861
113	0,030	**0,0638**	**1,476**	<5	0,017	**1,295**	0,02013	<0,5	0,0186	0,017	2,6686
117	0,016	**0,0689**	**1,384**	<5	0,0168	**1,145**	0,02225	<0,5	0,017	0,0186	2,1373
141*	0,086	**0,0272**	**1,128**	0,001	0,0057	0,082	0,1009	<0,5	0,0088	0,263	0,7699
144*	**0,161**	**0,0987**	**7,666**	<50	0,0127	<1000	0,05539	<50	<10	**3,473**	0,5048
145*	<100	**0,142**	**8,887**	<50	0,0664	<1000	0,01738	**0,2071**	<10	**5,831**	1,0009
146*	<100	**0,287**	**7,313**	<50	0,0636	<1000	0,01698	**0,1082**	**0,0143**	**7,96**	1,9842
TSE,1997	**0,200**	**0,050**	**1,00**	**0,050**	**0,100**	**0,050**	**0,020**	**0,020**	**0,050**	**0,400**	15
ÇOB,2004	**0,300**	**0,040**	**1,00**	**0,020**	**0,050**	**1,00**	**0,500**	**0,020**	**0,020**	**0,160**	2
CWQG,2005*	**0,100**	**0,005**	**-**	**0,0089**	**0,004**	**0,300**	**-**	**0,001**	**0,007**	**-**	0,030

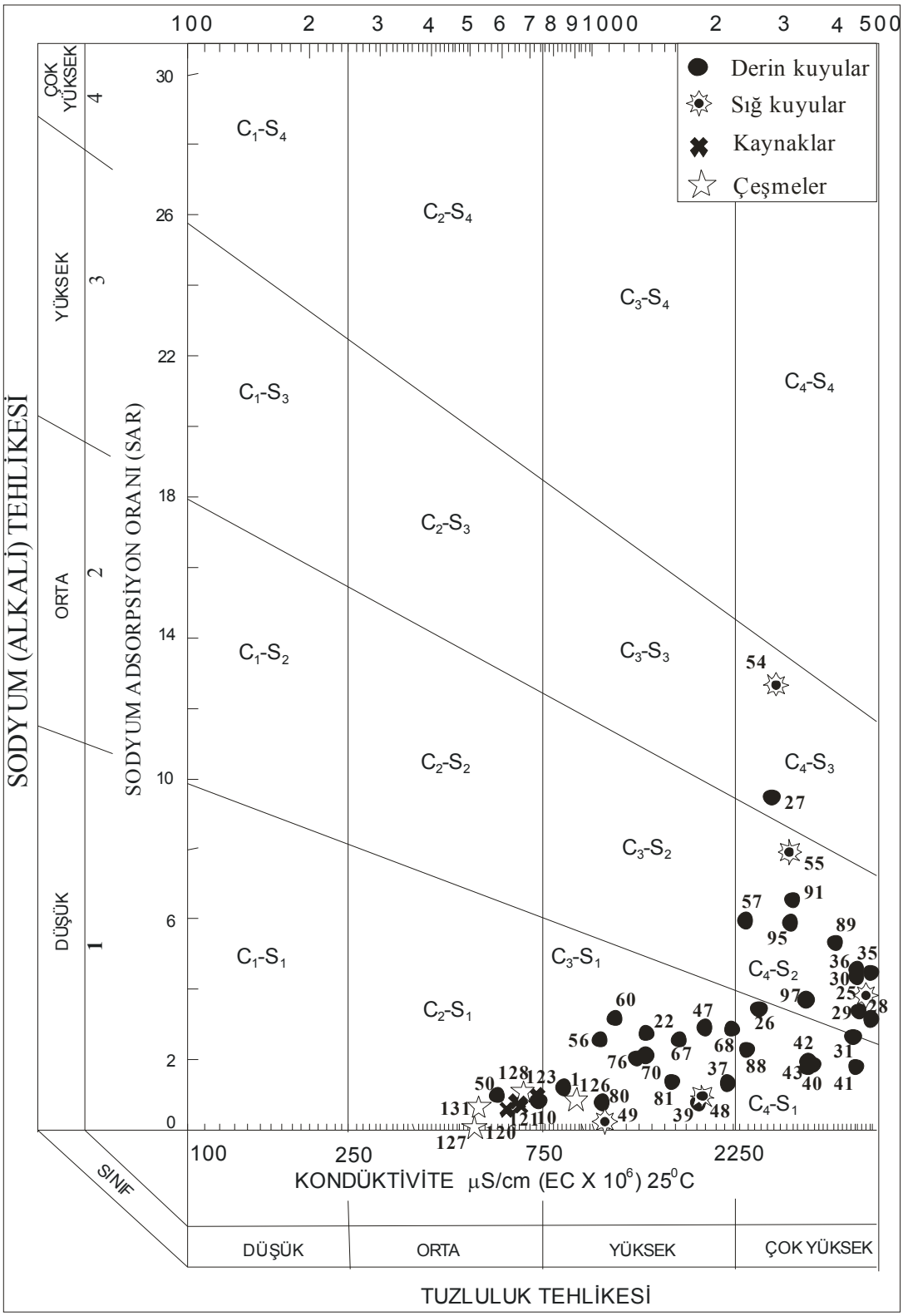
4.9.2. Suların Tarımsal Kullanım İçin Uygunluğu

Yeraltısularının sulamaya uygunluğu bitki ve toprak içerisindeki mineral bileşenleri üzerindeki etkilerine dayandırılmaktadır. Genel olarak tuzlar oldukça zararlı olabilirler ve osmotik süreçlerdeki değişim yoluyla suyun emilimini sınırlandırarak bitkinin fiziksel gelişimini yavaşlatabilir ve/veya kısıtlayabilirler. Aynı zamanda tuzlar, metabolik süreçlerdeki toksit maddelerin etkileriyle, bitkilerdeki kimyasal gelişime de zarar verebilir (Khodapanah ve ark. 2009). Tuzluluk, sodyum içeriği ve toksit içeriği genellikle sulama için yeraltısularının uygunluğunu değerlendirmede kullanılması gerekli parametrelerdir. (Shainberg ve Oster 1976, Todd 1980).

İnceleme alanındaki suların sulama suyu için uygunluğunu değerlendirmede Elektriksel İletkenlik (EC), Sodyum yüzdesi (%Na), SAR (Sodyum adsorbsiyon oranı), magnezyum tehlikesi ve residual sodyum karbonat (RSC) oranı kullanılmıştır. Ayrıca suların iz element içerikleri de dikkate alınarak değerlendirilmiştir.

4.9.2.1. Tuzluluk Tehlikesi

Fazla tuz topraktaki osmotik basıncı arttırarak fizyolojik bir kuraklığa yol açabilir. Genellikle sulama suyunun toplam çözünmüş tuz içeriği elektriksel iletkenlik (EC) veya asıl tuz içeriğinin (ppm) belirlenmesiyle ölçülebilir (Khodapanah ve ark. 2009).



Şekil 4.127. İnceleme alanındaki suların ABD Tuzluluk Laboratuar Diyagramı (Ekim 2008)

İnceleme alanındaki sulama amaçlı kullanılan suların Elektriksel İletkenlik değerleri (µS/cm) 582 ile 9305 µS/cm arasında değişmektedir. EC değerlerinde geniş farklılık büyük çoğunlukla inceleme alanındaki litolojik bileşim, evaporasyon ve antropojenik aktivitelerin hakimiyetinden kaynaklanmaktadır. Normal olarak EC değerinin <700 µS/cm olması sulamada tehtit içermezken, bu değerin EC >3000 µS/cm olması birkilerin gelişimini sınırlandırabilir (Tijani 1994).

ABD Tuzluluk Laboratuarı Diyagramı (US Salinity Laboratory 1954) sınıflamasına göre, incelenen su örneklerinin %24'ü C_2-S_1 alanına, % 38'i C_3-S_1 alanına, %11'i C_4-S_1 alanına, %24'ü C_4-S_2 alanına ve % 3'ü C_4-S_3 alanına düşmüştür (Şekil 4.127). İnceleme alanındaki suların ABD tuzluluk laboratuarı diyagramına göre sınıflandırılması Çizelge 4.33'de verilmiştir.

Çizelge 4.33. İnceleme alanındaki suların ABD Tuzluluk Laboratuarı Diyagramına göre sınıflandırılması

Suyun Özelliği	Kaynaklar	Derin kuyular	Sığ yular	Çeşmeler
C_2-S_1	120,121,122,123	10,50	-	127,128,131
C_3-S_1	-	1,22,37,39,47,56,60 67,68,70,76,80,81	48,49	126
C_4-S_1	-	26, 88, 31, 40, 41,42, 43	-	-
C_4-S_2	-	57,89,95,91,97,28,29, 30, 35, 36	25,55	-
C_4-S_3	-	27, 54	-	-

C_2-S_1 sınıfına giren orta tuzlulukta ve az sodyumlu sular, tuza orta derecede dayanıklı bitkilerin sulanmasında kullanılabilir.

C_3-S_1 sınıfına giren sular, fazla tuzlu ve az sodyumlu sulardır. Sularda sodyum tehlikesi yoktur ve tuza dayanıklı bitkilerin yetiştirilmesinde kullanılabilir.

Fakat genel olarak sulama suyu için uygun değildir ve tuzluluğun kontrol edileceği drenajı yapılan alanlarda kullanılabilir.

C_4-S_1 sınıfına giren sular, çok fazla tuzlu az sodyumlu sulardır. Sulama suyu için uygun değildir.

C_4-S_2 sınıfına giren sular, çok fazla tuzlu, orta derecede sodyumlu sulardır.

C_4-S_3 sınıfına giren sular, çok fazla tuzlu, fazla sodyumlu sulardır. Sulama suyu için uygun değildir. Ender hallerde sulama suyu olarak kullanılabilir.

Burada C_2-S_1, C_3-S_1, sınıfına giren sular her türlü sulamada, C_4-S_1 bazı özel koşullarda sulama suyu olarak kullanılabilen sulardır. C_4-S_2 ve C_4-S_3 sınıfına giren sular sulamada kullanılamaz.

İnceleme alanının EC değerliği doğu ve güney doğuya doğru artmaktadır. Akım yolu boyunca doğu ve güney doğuya doğru iyon içeriklerinin artması, doğuya doğru gidildikçe jipsli, tuzlu formasyonların mevcudiyeti, evaporasyon işlemleri ve kimyasal gübrelerin çözünümü inceleme alanındaki tuzluluğun artmasındaki başlıca sebeplerdendir. (Rouabhia ve ark. 2009, Andradea ve ark. 2008). İnceleme alanında gerek soğuk sular gerek sıcak sular ile yoğun şekilde sulama yapılmaktadır ve sulama sırasında kimyasal gübreler kullanılmaktadır. Gerek kimyasal gübreler, gerekse sulama suyunun sürekli kullanılması tuzluluğu arttıran diğer etkenlerdir.

4.9.2.2. Alkali Tehlikesi

Sularda yüksek tuz içeriği (yüksek EC) tuzlu toprak formasyonlarının oluşumuna yol açarken, yüksek sodyum içeriği (SAR) alkalin bir toprak gelişimine yol açmaktadır (Tijani 1994, Raju 2007, Çelik ve ark. 2008). Sulama suyu için suların kullanımında sodyum ve alkali tehlikesi sodyum absorbsiyon oranının (SAR) belirlenmesi ile saptanabilmektedir. Bu değer aşağıdaki eşitlikle hesaplanmaktadır. Tüm iyonik konsantrasyonlar meq/l olarak alınmıştır.

$$SAR = Na / \sqrt{Ca + Mg / 2}$$

Sulama sularının SAR değerleri ve toprak tarafından emilen sodyumun derecesi arasında önemli bir ilişki vardır. Yüksek SAR değerine sahip suların sürekli

sulamada kullanımı sodyumun koloidal olarak toprak tarafından emilerek fazlalaşması sonucu toprağın fiziksel yapısında çatlamaya (kırılmaya) yol açmaktadır. Bu çatlama sonucu toprak kili dağılır ve böylece toprak daha sert ve sıkı hale gelir. Bu şekilde toprak kurur ve geçirimsizliği artar. Özellikle ince taneli, kil içeriği yüksek olan topraklar özellikle bu olaya maruz kalır (Khodapanah ve ark. 2009).

İnceleme alanındaki yeraltısularına ait hesaplanan SAR değerleri Çizelge 4.31' de verilmiştir. İncelenen suların SAR değerleri 0,25-23,04 arasındadır. Alkali tehlikesi olarak ABD Tuzluluk Diyagramında işaretlenen SAR değerlerine göre alkali veya sodyum teklikesi inceleme alanındaki suların %67'sinde düşük (Örnek no:1, 10, 22, 26, 31, 37, 39, 40, 42, 43, 47, 48, 49, 50, 56, 60, 67, 68, 70, 76, 80, 81, 88 120, 121, 122, 123, 126, 127, 128 ve 131) %29'unda orta (Örnek no: 25, 28, 29, 30, 35, 36, 41, 55, 57, 89, 91 ve 97) %4'ünde yüksektir (Örnek no: 27,54).

SAR değerlerine dayalı Richards (1954) sınıflaması ise Çizelge 4.34'de verilmiştir. Richards (1954) sınıflamasına göre inceleme alanındaki suların SAR değeri dikkate alındığında %92'si çok iyi, % 4'ü iyi ve %4'ü şüpheli sınıfında yer alırken, EC değerine göre %3'ü iyi, %28'i şüpheli ve % 69'u uygun değil sınıfına düşmektedir (Çizelge 4.31, 4.34).

Çizelge 4.34. Tuzluluk ve alkali tehlikesi Sınıflaması. Richards (1954)

Su Kalitesi	EC (µS/cm)	SAR
Çok İyi	<250	<10
İyi	250-750	10-18
Şüpheli	750-2250	18-26
Uygun Değil	>2250	>26

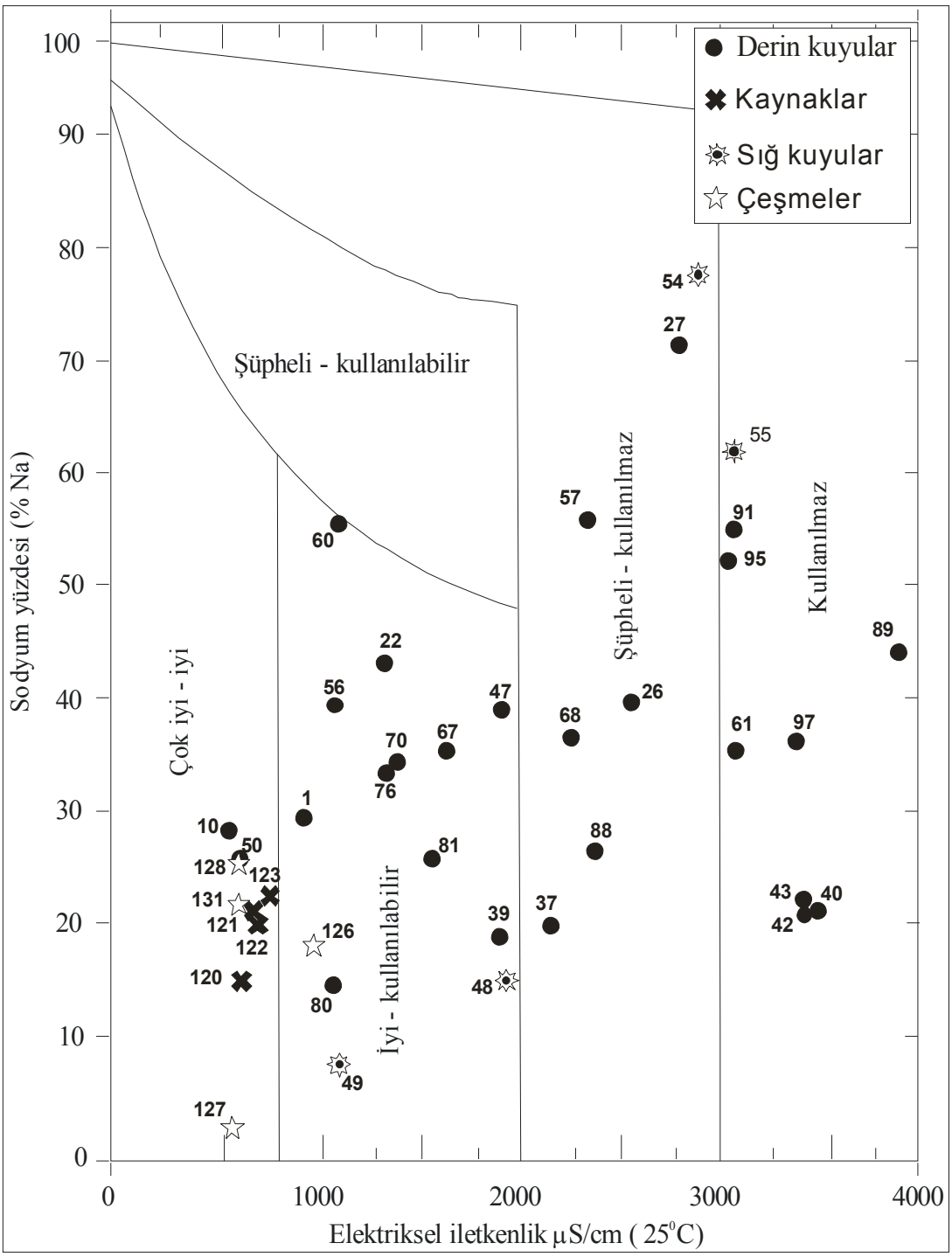
4.9.2.3. Sodyum İçeriği

Suların sodyum içeriği ve spesifik kondüktiviteleri tarım faaliyetlerinde kullanılan suları kontrol eden önemli parametrelerdir. Sulama sularındaki sodyumun varlığı genellikle toprağın permeabilitesini azaltmaktadır (Şahinci 1991a, Tijani 1994, Singh ve ark. 2008).

İnceleme alanındaki sulama suyu amaçlı kullanılan sondaj kuyularına ait su örneklerinin sodyum yüzdesi aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanmıştır ve tüm iyonik konsantrasyonlar meq/l olarak alınmıştır (Çizelge 4.31).

%Na = (Na+K)/(Ca+Mg+Na+K)*100.

İnceleme alanındaki sular Wilcox diyagramı (1948)'na göre sınıflandırıldığında; 61, 89, 91, 95, 97, nolu soğuk su örnekleri 40, 42, 43 nolu sıcak ve mineralli su örnekleri ve 55 nolu sıg sondaj kuyudan alınan su örneği "kullanılamaz" sınıfındadır. 26, 27, 37, 57, 68, 88 nolu kuyulardan alınan sular ve 54 nolu sığ sondaj kuyusundan alınan sular "şüpeli-kullanılamaz" sınıfındadır. 10 ve 50 nolu sondajlardan alınan örnekler, 120, 121, 122, 123 nolu soğuk su kaynaklarına ait sular ve 127, 128 ve 131 nolu çeşmelere ait su örnekleri "Çok iyi- İyi" sınıfındadır. İncelenen diğer tüm sular "İyi-kullanılabilir" sınıfına düşmüştür (Wilcox 1948) (Şekil 4.128, Çizelge 4.35). Şüpheli-kullanılamaz ve kullanılamaz alanına düşen sular tarımsal amaçlı kullanılmakta olup bu suların mevcudiyeti muhtemelen sodyum tuzlarından kaynaklanmaktadır ve toprak bitki sisteminde osmotik etkilere sebep olmaktadır.



Şekil 4.128. İnceleme alanındaki sulara ait Wilcox diyagramı (Wilcox, 1948) (Ekim 2008)

İnceleme alanındaki 44, 75, 87, 90, 96 ve 112 nolu derin sondaj kuyularından alınan su örnekleri, 25 nolu sığ sondaj kuyusundan alınan su örneği ve tüm sıcak su sondaj kuyularından (40, 42, 43 nolu sıcak su örnekleri hariç) alınan su örneklerinin Elektriksel İletkenlik (EC >4000 µS/cm) değerliği çok yüksek olup Wilcox diyagramının sınırlarını geçmiştir. Yağış, süzülme suyu ve yeraltısuyu inceleme alanında Cihanbeyli formasyonu, Tuzgölü formasyonu, İnsuyu formasyonu ve Gökdağ formasyonu içerisinde bulunan evaporitik birimlerdeki tuzları çözmüş olmalıdır. Böylece tuzlu sular kapiler (kılcal) basınçla vados zonda yükselerek toprağın üst zonunda tuzluluğun artmasına sebep olmaktadır.

Çizelge 4.35. İnceleme alanındaki suların Wilcox Diyagramına (1948) göre sınıflandırılması

Suyun Özelliği	Kaynaklar	Derin kuyular	Sığ kuyular	Çeşmeler
Çok iyi-iyi	120,121,122,123	10,50	-	127, 128,131
İyi kullanılabilir	-	1, 22, 39, 47, 56, 60 67, 70, 76, 80, 81	48, 49	126
Şüpheli kullanılabilir	-	-	-	-
Şüpheli kullanılamaz	-	27, 26, 37, 57, 68, 88	54	-
Kullanılamaz	-	40, 42, 43, 61, 97, 91, 95, 89	55	-

Tuzlu sular ile tarımsal faliyetler amacı ile toprağın sürekli sulanması, topraktaki tuzluluk oranını yoğun şekilde arttırarak zamanla toprağın çoraklaşmasına neden olmaktadır (Şahinci 1991a, Raju 2007, Çelik ve ark. 2008). Yapılan arazi çalışmaları sırasında yer yer toprağın üstünde tuz tabakalarının varlığı gözlenmiştir. Bu da yukarıda bahsedilen verileri doğrulamaktadır.

4.9.2.4. Karbonat ve Bikarbonat tehlikesi (RSC)

İnceleme alanında tarımsal amaçlı kullanılan sulardaki karbonat ve bikarbonat tehlikesinin etkisini belirlemek için residual sodyum karbonat (RSC) değerleri hesaplanmıştır. RSC değeri aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır ve hesaplamalarda tüm iyonların meq/l değerlikleri kullanılmıştır.

$RSC= (CO_3 + HCO_3)-(Ca + Mg)$.

ABD Tuzluluk Laboratuarı Diyagramı (1954)'na göre incelenen sularda RSC değeri 2,5 meq/l den daha yüksek ise, bu tür sular sulama için uygun değildir. RSC değeri 1,25-2,5 meq/l ve <1,25 olduğu durumlarda sulama için muhtemelen güvenlidir (Eaton 1950, Çelik ve ark. 2008). İnceleme alanından alınan suların residüel sodyum değerleri (RSC) 1,25'den daha düşük çıkmıştır ve buna göre inceleme alanındaki tüm sular sulama için uygundur (Çizelge 4.31).

4.9.2.5. Magnezyum Tehlikesi (MH)

Ca ve Mg iyonları bitkilerin gelişimi için gerekli olmalarına rağmen, bu iyonların fazlalığı toprağın kümeleşmesi veya gevrekleşmesine yol açabililmektedir. Bu nedenle 10 meq/l (200 mg/l) den daha fazla kalsiyum ve magnezyum konsantrasyonuna sahip sular sulama amaçlı kullanılamaz (Khodapanah ve ark. 2009).

İnceleme alanında sulama amaçlı kullanılan sulardan 37, 75, 87, 112 ve 25 nolu soğuk su örnekleri ile 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 40, 41, 42, 43, 113, 114, 115, 116 nolu sıcak su örneklerinin Ca konsantrasyonu; 75, 87, 89, 90, 96, 112 ve 25 nolu soğuk su örnekleri ile 28, 30, 32, 34 ve 35 nolu sıcak su örneklerinin Mg konsantrasyonu 200 mg/l'den daha yüksektir. Mg ve Ca değerinin 200 mg/l'den daha yüksek olması sulama yapılan bölgedeki toprağın kümeleşmesine ve gevrekleşmesine yol açarak bitki gelişimini olumsuz yönden etkilemektedir.

Sulama suyundaki magnezyum tehlikesini belirlemek için kullanılan diğer bir gösterge aşağıdaki formül ile hesaplanabilir (Szabolcs ve Darab 1964). Hesaplamalarda tüm iyonların meq/l değerlikleri kullanılmıştır.

Magnezyum Tehlikesi (MH) = (Mg/(Mg+Ca))*100

Magnezyum Tehlikesi (MH) değeri %50'den az çıkarsa sular, sulama için güvenli ve uygundur. Eğer Magnezyum Tehlikesi (MH) değeri % 50'den daha yüksek çıkarsa, bu tür sular sulama için uygun değildir (Szabolcs ve Darab 1964) . İnceleme alanındaki suların % 49'u (Örnek no: 1, 10, 22, 26, 27, 56, 57, 61, 67, 68, 70, 76, 81, 87, 88, 89, 90, 91, 95, 96, 97, 108, 112, 25, 48, 54 ve 55) bu değeri aşmıştır. Buna göre, bu örnekler magnezyum tehlikesi bakımından sulama suyu için uygun değildir.

İnceleme alanındaki sulama suyu amaçlı kullanılan sular ayrıca Fransız sertlik derecesine göre sınıflandırılmışlardır (Çizelge 4.36). Bu sınıflamaya göre 50 nolu örnek "orta sert-orta tatlı" sınıfında, 1, 10, 56, 60 nolu derin kuyulardan alınan örnekler ve 54 nolu sığ kuyudan alınan örnek "sert-tatlı" sınıfında, 22, 27, 76 nolu örnekler "çok sert-çok acı" sınıfındadır. Bunlar dışında inceleme alanında sulama suyu amaçlı kullanılan diğer tüm soğuk sular ve sıcak sular "aşırı sert-aşırı acı" sınıfındadır.

Çizelge 4.36. Sulama suyu amaçlı kullanılan suların sertlik derecelerine göre sınıflandırılması (Erguvanlı ve Yüzer 1973).

Sertlik Derecesi (^oFr)	Suyun cinsi	Derin kuyular	Sığ kuyular	Çeşmeler
0-10	Menba suyu	-	-	-
11-22	Tatlı su	50	-	-
23-32	Sert su	1,10,56,60	-	54
33-54	Çok sert su	22,27,76	-	-
>55	Çok fazla sert su	26,37,39,44,47,61,67 68,70,75,80,81,87,88 89,91,95,96,97,112	28,29,30,31,32,33, 34,35,36,40,41,42 43,113,114,115 116,117,118,119	48,49,55

4.9.2.6. İz elementler

İnceleme alanındaki suların iz element içeriklerini tespit etmek için derlenen 46 örneğin iz element tayinleri Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS Enhanced) ile Kanada ACME laboratuarlarında yaptırılmıştır.

Elde edilen sonuçlara göre inceleme alanındaki sulardan 22, 47, 50, 68, 70, 97, 112 nolu derin sondaj kuyuları ve 49, 54, 55 nolu sığ sondaj kuyularının NO_3 değeri izin verilen sınır değerlerin çok üstündedir. Derin sondaj kuyularının nitrat değerleri sığ sondaj kuyularına göre daha düşük olup 51,7-99,9 mg/l arasındadır, sığ sondaj kuyularının NO_3 değerliği ise oldukça yüksek olup 95-948 mg/l arasındadır. Bunun sebebi yüzeye daha yakın olan bu sondaj kuyularının yüzeysel kirletici faktörler tarafından daha çok etkilenmiş olmasıdır. Ayrıca bu sondaj kuyuları yerleşim birimleri içerisinde olduğu için insan ve hayvan kaynaklı (evsel atıklar, kanalizasyon ve hayvan dışkıları) kirleticilerden daha fazla etkilenmiş olmalıdırlar. Derin sondaj kuyularındaki NO_3 fazlalığının nedeni ise bölgede yapılan tarımda kullanılan nitratlı gübrelerin sulama sırasında yeraltına süzülerek yeraltısuyuna karışmasından kaynaklanmaktadır.

25, 44, 54, 55, 56, 57, 61, 70, 88, 90, 95, 96 ve 112 nolu soğuk su örnekleri ve tüm sıcak sularda bor iyonu sınır değerleri aşmıştır. Hemen hemen tüm suların Elektriksel iletkenlik değerleri de sınır değerlerin üstündedir. Elektriksel iletkenlik değeri ve borun yüksekliği, volkanik ve sedimanter kayaçlardan yeraltı sularının mineralleri çözerek bünyelerine aldıkları iyonlardan kaynaklanmaktadır (Canik ve ark. 2004). Sıcak sular da ise bor kirliliğinin nedeni, sıcaklık artışına bağlıdır. Çünkü sıcaklık arttıkça bor çözünürlüğü artmaktadır. Soğuk sularda ise bor, tuzluluğun artışına bağlı olarak artış göstermektedir (Şahinci 1991a, Şimşek 2005). Toplam çözünmüş madde (TDS>1000 mg/l) içeriği yüksek olan suların sulamada kullanılması zamanla topraktaki tuz minerallerinin zenginleşmesine yol açarak çoraklaşmaya neden olacaktır (Şahinci 1991a) ve sulama amaçlı kullanılan suların % 70'inin TDS değerleri sınır değeri aşmaktadır (Çizelge 4.31). 25, 44, 54, 81, 90, 96, 31 ve 32 nolu kuyularda fosfor (P) miktarı sınır değerlerinin üstündedir. Fosforun kirletici kaynağı tarımsal alanlarda kullanılan gübrelerdir.

İnceleme alanında içme amaçlı kullanılan 55 nolu örnekde çinko değeri yüksek çıkmıştır. Zn değerinin yüksek çıkması, bu sondaj kuyusunun daha sığ derinlikte olmasından, Cihanbeyli ve çevresindeki evsel, sanayi ve tıbbi atıkların İnsuyu deresine ile sondaj kuyusu çevresindeki alanda depolanmış olmasından dolayı yeraltısularına geçmiş olabileceği düşünülmektedir.

Ayrıca 40 nolu örnek Al; 44, 54, 67, 96 ve 40 nolu örnek As; 61, 80, 81,112 nolu örnekler Cr; 25,90,112 nolu örneklerde Se sınır değerlerinin üstündedir (Çizelge 4.32).

4.9.3. Sulak alanlar

İnceleme alanındaki sulak alanlarda oluşabilecek kirlenme etkisini belirlemek için CWQG (2005) suda yaşayan canlıları korumak için Kanada Su Kalitesi Rehberi kullanılmıştır. Buna göre Tuz Gölü'nde Al, As, B ve P; Tersakan Gölü'nde As, B, Se ve P; Bolluk Gölü'nde As, B, Se, Pb ve P ve Gökgöl'de As ve B değerleri sınır değerleri aşmıştır (Çizelge 4.32). Bu iz elementlerin sularda yüksek değerlerde olmasının nedeni Konya, Cihanbeyli ve çevresindeki yerleşim yerlerinin kanalizasyon, evsel ve tıbbi atıklarının arıtılmadan Tuz Gölü'ne ve diğer göllere gönderilmesinden kaynaklanmaktadır. Bor değerinin yüksek olması ise göllerdeki tuzluluğa bağlıdır.

Ayrıca Tuz Gölü, Tersakan Gölü ve Bolluk Gölü sularının elektiriksel iletkenlik değerleri sırasıyla 592670 µS/cm, 65680 µS/cm, 66927 µS/cm olup aşırı iletkendirler.

4.10. Çevresel İzotop Uygulamaları

4.10.1. Giriş

Meteorik işlemlerle değiştirilen sulardaki O ve H in izotopik bileşimleri yeraltısuyunun kökenini ve hareketini saptamak için kullanılan izleyicilerdir. Özellikle O ve H'in duraylı izotoplarının izleyiciler olarak kullanılmasının sebebi, yeraltısularında O ve H'in izotopik bileşimlerinin düşük sıcaklıklarda kayaç-su etkileşiminin sonucunda değişmemeleridir (Marfia ve ark. 2004).

İzotoplara dayalı metotların uygulanması, su kaynaklarının değerlendirilmesinde ve hidroloji biliminin gelişmesinde büyük önem taşımakla birlikte birçok su kalitesi ve çevresel çalışmaların bütünleyici bir parçasını oluşturmaktadır (Clark ve Fritz 1999).

Meteorik işlemler, suların izotopik bileşimini değiştirdiğinden dolayı belli bir bölgeden alınan sular için karakteristik bir izotopik işaret olacaktır. Bu işaret yeraltısularının kökenini saptamakta kullanılmaktadır. Çevresel izotoplar yeraltısuyunun kökenini ve yaşını göstermenin yanı sıra boşalım işlemleri, jeokimyasal reaksiyonlar ve reaksiyon oranlarını bulmada yardımcı olmaktadırlar (Clark ve Fritz 1999).

$\delta^{18}O$ ve δD (^2H) izotopları hassas izleyicilerdir ve yeraltısuyu hareketi ile doğal su dönüşümünü belirlemek için yaygın olarak kullanılırlar (Krabbenhoft ve ark. 1990, Herczeg ve ark. 1993, Turner ve ark. 1992, Chambers ve ark. 1996).

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

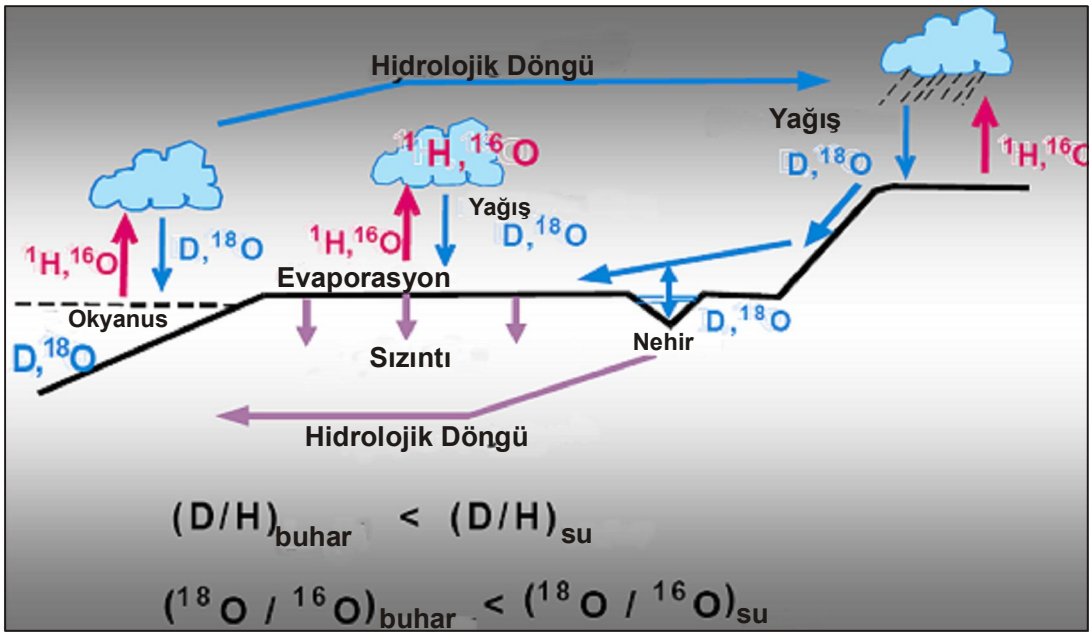
$$\delta\,\mathrm{D} = \frac{(D/H)_{örnek} - (D/H)_{smow}}{(D/H)_{smow}} * 1000$$

$\delta\ ^{18}O$ ve δD denklemlerindeki SMOW (Standart Ortalama Okyanus Suyu) okyanus suyunun ortalama izotopik kompozisyonunu temsil etmektedir. Standart olarak okyanus suyunun seçilmesinin nedeni, okyanusların hidrolik çevrimin başlangıç ve bitiş noktalarını temsil etmesi ve izotopik kompozisyon olarak homojen olmasından ileri gelmektedir.

Oksijenin kararlı izotopları ^{16}O, ^{17}O, ^{18}O'dir ve izotopların bulunuş oranları sırasıyla 99,76; 0,035 ve % 0,20 dir (Nier 1950). Hidrojenin kararlı izotopları ^{1}H ve ^{2}H'dır ve bulunuş oranları sırasıyla yaklaşık 99,9852 ve %0,0148' dir (Urey 1947). Bu izotop oranları yaklaşık $^{0}/_{00}250$'lik doğal bir çeşitliliğe sahiptir. Bu çeşitlilik ise nispeten izotoplar arasındaki daha geniş kütle farklılığından kaynaklanmaktadır (Mook 2001). Su örneğinde kararlı izotop oranının değişimi kütle spektrometresi ile ölçülür ve δ ($^{0}/_{00}$) ile ifade edilmektedir.

Mook (2001)'e göre atmosferik su buharının yağmura dönüşümü birçok iklimsel ve yerel faktörlere bağlıdır ve yerküre üzerindeki yağışlardaki $^{18}\delta$ çeşitliliği çok geniştir. Genel bir kural olarak ekvatoral bölgelerdeki buharın ana kaynağından yağmur ne kadar uzaklaşırsa $^{18}\delta$ çok daha negatif bir değer almaktadır (Şekil 4.129).

1- Enlem Etkisi: Enlem yükseldikçe $\delta^{18}O$ ve $\delta^{2}H$ (δD) değerleri düşer.
2- Yükseklik Etkisi: Deniz seviyesinden yükseldikçe $\delta^{18}O$ ve $\delta^{2}H$ değerleri düşer.
3- Kıtasal etki: Kıyı bölgelerden iç bölgelere doğru gidildikçe yağışlarda bulunan $\delta^{18}O$ değeri çok daha negatif bir değer alır.
4- Daha düşük rakımdan (yükseklik) yağışlarla beslenen akiferler daha yüksek $\delta^{18}O$ ve $\delta^{2}H$ değerlerine sahiptirler
5- Daha yüksek rakımdan (yükseklik) yağışlarla beslenen akiferler daha düşük $\delta^{18}O$ ve $\delta^{2}H$ değerlerine sahiptirler
6- Dönemsel Etki: Sıcak iklime sahip bölgelerde, kış süresince çok daha negatif $\delta^{18}O$ değerler gözlenir
7- Miktar Etkisi: Yoğun rüzgarlar sırasında daha negatif $\delta^{18}O$ değerler gözlenir. Dansgaard (1964), $\delta^{18}O$ ve yağış miktarı arasında bir ilişki gözlemlemiştir. Öte yandan bir kural olarak yağışların az bir miktarı tipik evaporasyon çizgileri boyunca, özellikle çok daha kurak bölgelerde yoğun izotoplarla zenginleşir.



Şekil 4.129. Hidrolojik döngüdeki O ve H izotoplarının sistematik gösterimi (Mook 2001)

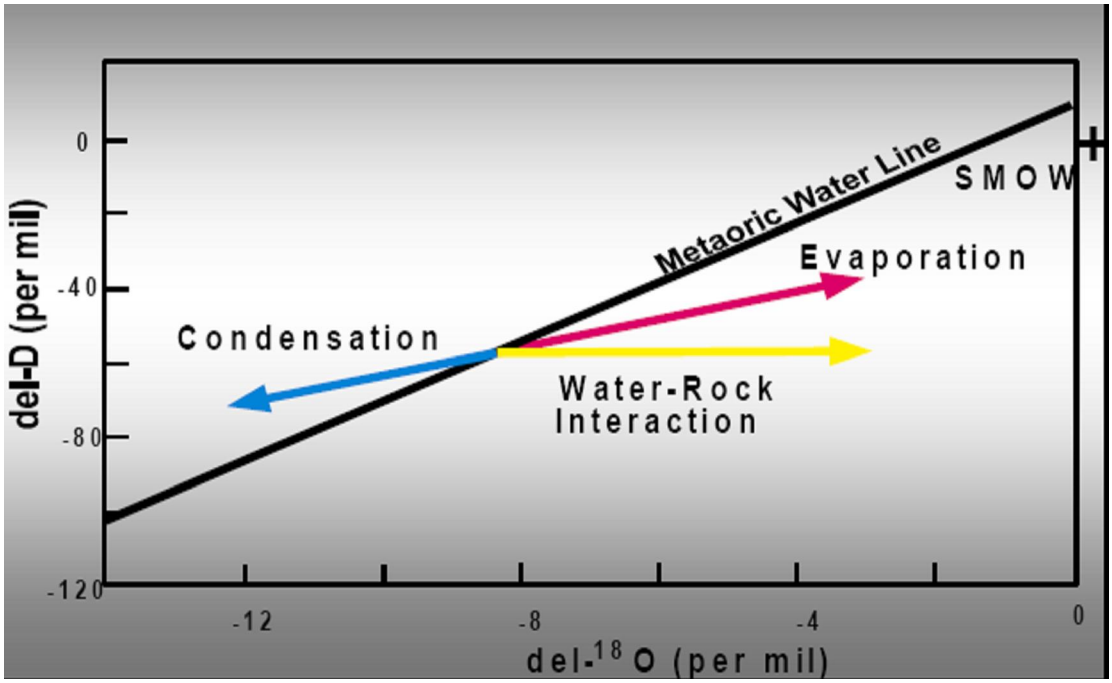
Yağışlar ile $\delta^{18}O$ ve $\delta^{2}H$ içeriklerinin değişimi paralellik göstermektedir. Craig (1961) ve Dansgaard (1964) dünyanın değişik bölgelerine düşen yağışların $\delta^{18}O$ ve δD değerleri arasında bir ilişki bulmuşlardır:

$$\delta D = a\,\delta^{18}O + d\ (^{0}/_{00})$$

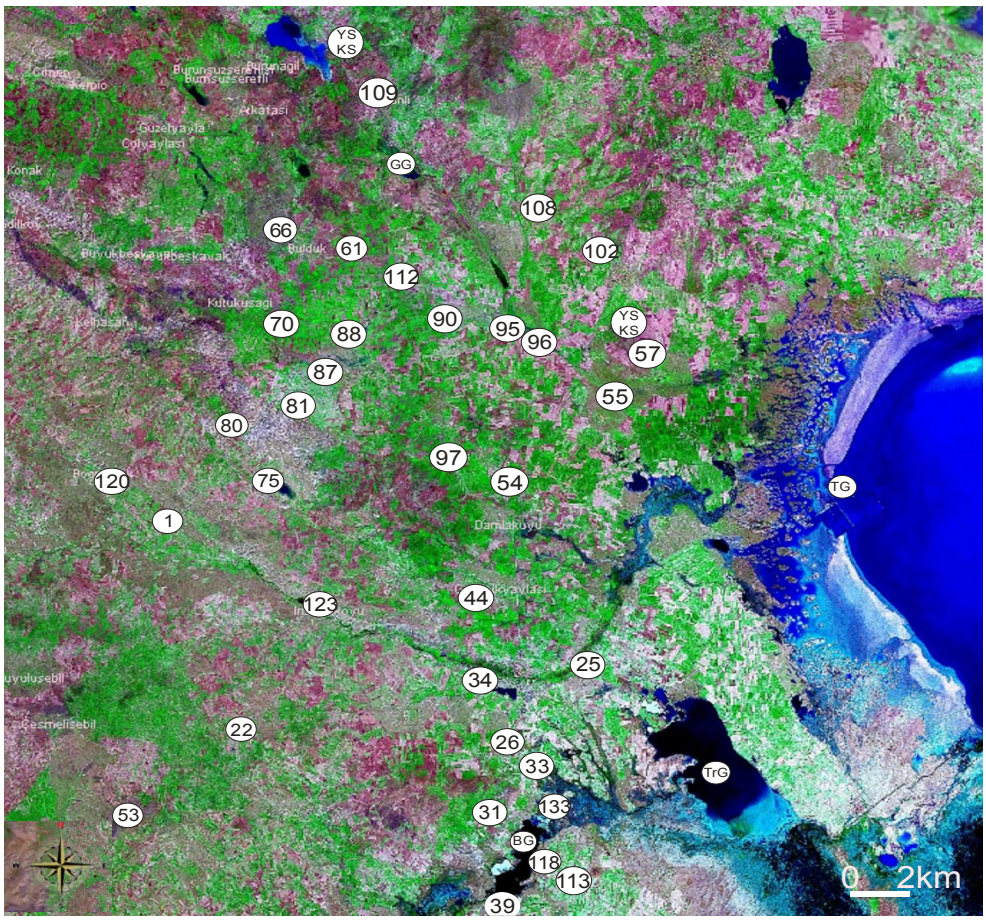
Bu ilişki Global Meteorik Su Çizgisi (GMWL) olarak bilinmektedir. Denklemde su hiç buharlaşmamış ise a değeri 8, ortalama yağışa ait d değeri ise ($\delta^{2}H$) 10 olarak alınmıştır.

Bu çalışmada ise Doğu Akdeniz Meteorik Su Doğrusu (Gat ve Carmi 1970) kullanılmıştır.

Su-kayaç etkileşimi $\delta^{18}O$ ve $\delta^{2}H$ diyagramı ile saptanabilmektedir (Şekil 4.130). Su-kayaç etkileşimi ile meydana gelen zenginleşme $\delta^{18}O$ izotop içeriğinde gözlenirken, kayaçlarda $\delta^{2}H$ izotopu bulunmadığı için genellikle bu izotopun zenginleşmesi sık değildir. $\delta^{2}H$ izotopunun zenginleşmesi sırasında $\delta^{18}O$ izotop değerinde herhangi bir değişiklik gözlenmez ve bu süreç H_2S gazının ortamdaki varlığı ile ilişkilidir (Clark ve Fritz 1999).



Şekil 4.130. Sistematik $\delta^{18}O$ ve δD diyagramındaki su-kayaç etkileşim işlemleri (Mook 2001)



Şekil 4.131. İnceleme alanından alınan izotop örneklerine ait lokasyon haritası (NASA World Wind'den alınmıştır)

Çizelge 4.37. İnceleme alanından alınan örneklerin çevresel izotop değerleri.(BG: Bolluk Gölü; TrG:Tersakan Gölü; TG:Tuz Gölü; GG:Gökgöl; KS-KS(2): Kar suyu; YS-YS(2):Yağmur suyu)

Örnek No	δ^2H	$\delta^{18}O$	δ^2H	$\delta^{18}O$	Trityum (TU)	Trityum (TU)	EC	Cl	Rakım	Kuyu derinliği
Tarih	03/10/08		18/05/09		03/10/08	18/05/09	µS/cm	mg/l	Metre	Metre
1	-70,90	-10,18	-76,28	-10,24	0,25 ± +0,60	0,30 ± 0,55	878	71	1041	120
20	-63,26	-8,12	-64,19	-8,28	0,23 ± 0,55	-	646	67,45	1045	53
22	-73,37	-9,17	-74,91	-9,38	-	-	1322	248,5	977	80
26	-82,51	-10,87	-83,76	-11,32	0,10 ± 0,55	-	2522	326,6	975	60
39	-69,55	-9,14	-70,61	-9,94	3,40 ± 0,60	-	1817	199	971	40
44	-79,81	-10,26	-79,99	-10,37	0,00 ± 0,55	00 ± 0,60	7326	2485	1010	120
53	-68,57	-8,73	-68,71	-9	0,00 ± 0,55	-	562	53,25	1045	30
57	-65,29	-7,99	-64,28	-8,38	0,10 ± 0,50	0,12 ± 0,55	2334	355	926	30
61	-72,71	-9,00	-73,67	-9,18	0,00 ± 0,60	-	3043	461,5	952	60
66	-71,93	-8,96	-75,82	-9,85	0,80 ± 0,56	-	521	53,25	1022	120
70	-70,21	-9,89	-71,5	-9,6	0,25 ± 0,55	-	1326	88,75	963	60
75	-77,48	-10,36	-77,72	-10,99	0,55 ± 0,55		7228	1473,3	1137	55
80	-76,66	-10,90	-77,38	-11,13	-	-	1053	113,6	1155	80
81	-72,80	-9,62	-73,36	-9,91	0,00 ± 0,55	-	1567	177,5	1128	60
87	-73,18	-8,99	-73,96	-8,91	0,22 ± 0,55	-	8917	575,1	955	50
88	-76,59	-10,82	-77,12	-10,69	-	-	2385	177,5	949	80
90	-75,20	-9,98	-75,6	-10,09	0,00 ± 0,50	0,00 ± 0,50	9305	1597,5	946	50
95	-74,93	-9,87	-75,46	-10,16	-	-	3094	532,5	958	90
96	-73,45	-10,25	-74,58	-10,19	0,00 ± 0,55	0,00 ± 0,55	6227	661,72	954	80
97	-80,59	-10,78	-81,31	-10,7	0,00 ± 0,55	00 ± 0,60	3338	639	968	90
102	-61,87	-8,28	-64,03	-8,61	2,75 ± 0,65	-	834	71	937	34
108	-68,32	-9,21	-68,78	-9,17	-	-	786	53,25	963	60
109	-72,40	-9,91	-73,92	-9,66	0,00 ± 0,65	0,00 ± 0,50	825	78,1	1015	110
25	-72,44	-9,28	-76,76	-9,71	2,80 ± 0,6	-	4702	532,5	947	15
54	-64,89	-8,12	-67,94	-8,42	7,65 ± 0,45	8,28 ± 0,50	2805	497	970	20
55	-66,49	-8,29	-68,05	-8,71	3,12 ± 0,60	-	3071	355	936	18
120	-71,87	-10,58	-74,16	-10,65	0,70 ± 0,60	0,75 ± 0,60	608	42,77	1040	-
123	-69,87	-9,97	-72,08	-10,08	-	-	745	72,06	1030	-
31	-70,82	-10	-71,51	-10,67	-	-	4256	390,5	975	60
33	-72,38	-9, 84	-72,97	-10,2	0,60 ± 0,65	-	5284	422,45	967	120
117	-73,47	-9,33	-74,31	-9,54	-	-	5161	461,5	942	-
113	-72,50	-9,78	-73,05	-9,93	0,25 ± 0,60	-	5383	486,35	976	100
133	-69,63	-9,25	-72,31	-9,84	1,00 ± 0,65	-	5618	549,89	941	-
B G	-	-	-27,67	-1,4	-	-	66927	34541,5	935	-
T G	-	-	-7,53	1,44	-	-	64680	34009	925	-
GG	-	-	-48,59	-6,14	-	-	1058	88,75	963	-
TG			-18,16	-3,03	-	-	592670	195060,1	905	-
YS	-	-	-12,73	-2,73	-	-	-	-	-	-
YS (2)	-	-	-13,87	-3,12	-	-	-	-	-	-
KS	-	-	-109,93	-15,01	-	-	-	-	-	-
KS (2)	-	-	-102,21	-13,95	-	-	-	-	-	-

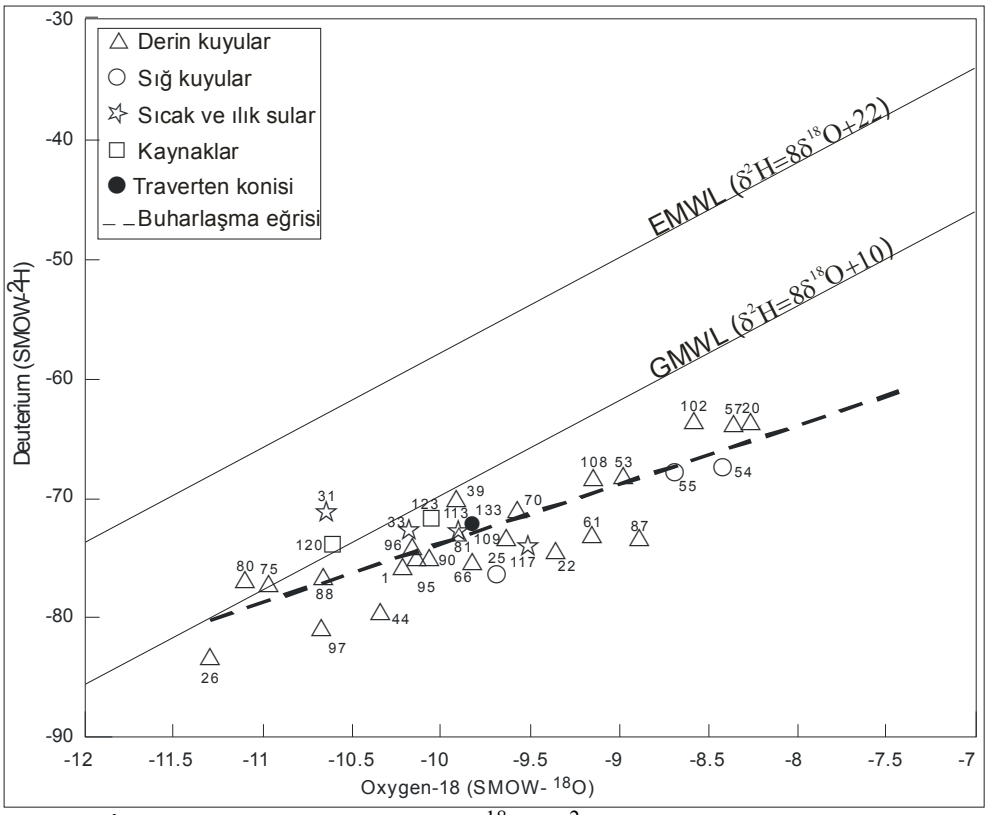
4.10.2. $\delta^{18}O$ ve $\delta^{2}H$ İlişkisi

İnceleme alanındaki suların kökenini saptayabilmek amacıyla kurak dönem de (Ekim 2008) 33 adet, yağışlı dönemde (Mayıs 2009) ise 41 adet su noktasından 50 ml'lik polietilen şişelere alınan su örneklerinin $\delta^{18}O$ ve $\delta^{2}H$ izotop analizleri GVI Optima Satable Isotope Ratio Mass Spectrometer (SIRMS) ile Kaliforniya Üniversitesi, Davis Duraylı İzotop Laboratuarında yaptırılmıştır. Elde edilen veriler çeşitli grafikler üzerine düşürülerek sular izotopik açıdan yorumlanmıştır.

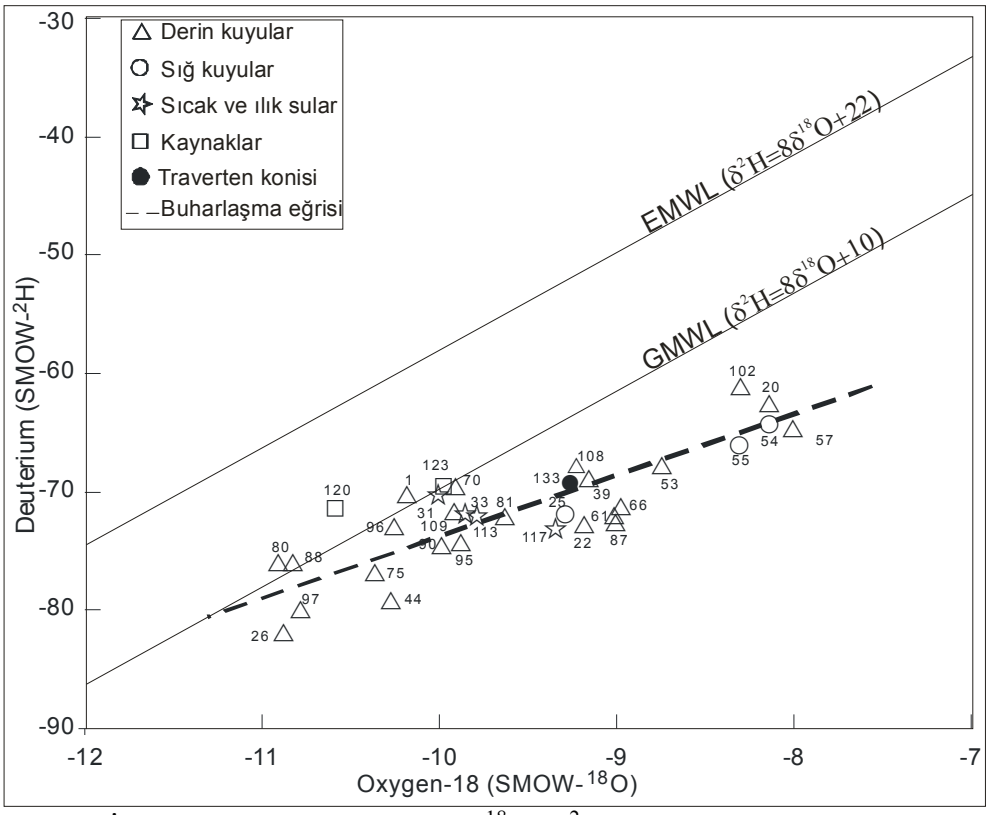
İnceleme alanından alınan su örneklerine (Şekil 4.131) ait $\delta^{18}O$ ve $\delta^{2}H$ (δD) izotoplarının analiz sonuçları Çizelge 4.37'de verilmektedir.

İncelenen sulara ait $\delta^{18}O$- $\delta^{2}H$ grafiğinde Global Meteorik Su Doğrusu (GMWL) (Craig, 1961) ve Doğu Akdeniz Su Doğrusu (EMWL) (Gat ve Garmi 1970) referans doğrular olarak gösterilmektedir (Şekil 4.132, 4.133). İnceleme alanındaki tüm su örnekleri Doğu Akdeniz Su Doğrusunun altında kalmakta, hatta çoğu su örneği Global Meteorik Su Doğrusunun altında yer almaktadır. Buna göre sular meteorik kökenli olup kıtasal yağışlardan beslenmektedir.

İnceleme alanından alınan su örneklerinin kurak dönemde $\delta^{2}H$ içerikleri -61,87 ile -82,51 arasında olup ortalama -72,49 değerine sahiptir. Yağışlı dönemde ise -64,19 ile -84,51 arasında ve ortalama -73,82 değerine sahiptir. $\delta^{18}O$ değerleri ise kurak dönemde -7,99 ile -10,87 arasında olup ortalama -9,66 değerinde, yağışlı dönemde -8,28 ile -11,32 arasında olup ortalama -9,88 değerine sahiptir. Örneklerin büyük bir çoğunluğunda beslenme sırasında ve/veya beslenme sonrasında buharlaşma meydana geldiği yada yüzeysel buharlaşma etkisi ile izotopik olarak zenginleştiği görülmektedir. 20, 54, 55, 57 ve 102 nolu örnekler de diğer örnekler ile karşılaştırıldığında izotopik olarak biraz daha zenginleşme gözlenmektedir (Çizelge 4.37). Bunun sebebi, bu kuyuların boşalım sırasında diğer su örneklerine göre daha fazla evaporasyondan etkilenmiş olabileceği ve böylece $\delta^{18}O$ ve $\delta^{2}H$ izotop oranlarında biraz daha fazla zenginleşmeye yol açmış olmasıdır (Wischusen ve ark. 2004).



Şekil 4.132. İnceleme alanındaki suların $\delta^{18}O$- $\delta^{2}H$ grafiği (Mayıs 2009)



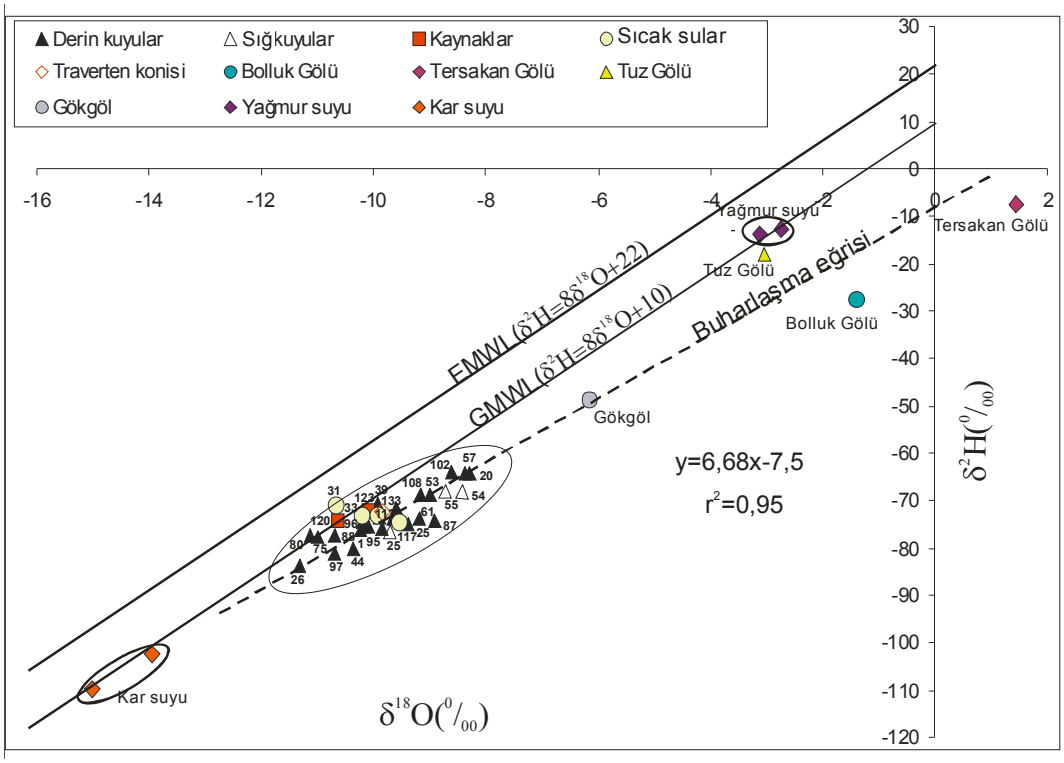
Şekil 4.133. İnceleme alanındaki suların $\delta^{18}O$- $\delta^{2}H$ grafiği (Ekim 2008)

Fakat kurak ve yağışlı dönemlerde alınan çoğu su örneklerinin izotopik oranları arasında çok az bir farklılık gözlenmektedir (Şekil 4.132, 4.133). Bu durum yeraltısularının beslenim alanlarında bile yüzeyden süzülme zamanlarının birkaç yılı aştığını göstermektedir (Cartwright ve ark. 2004). Ayrıca yaklaşık olarak bütün suların buharlaşma doğrusu üzerinde çıkması inceleme alanında buharlaşmanın, hidrolojik şartlara bağlı olarak meteorik kökenli yeraltısuyu girdisinden daha baskın olduğunu yansıtmaktadır. Bu da inceleme alanı için beklenen bir durumdur.

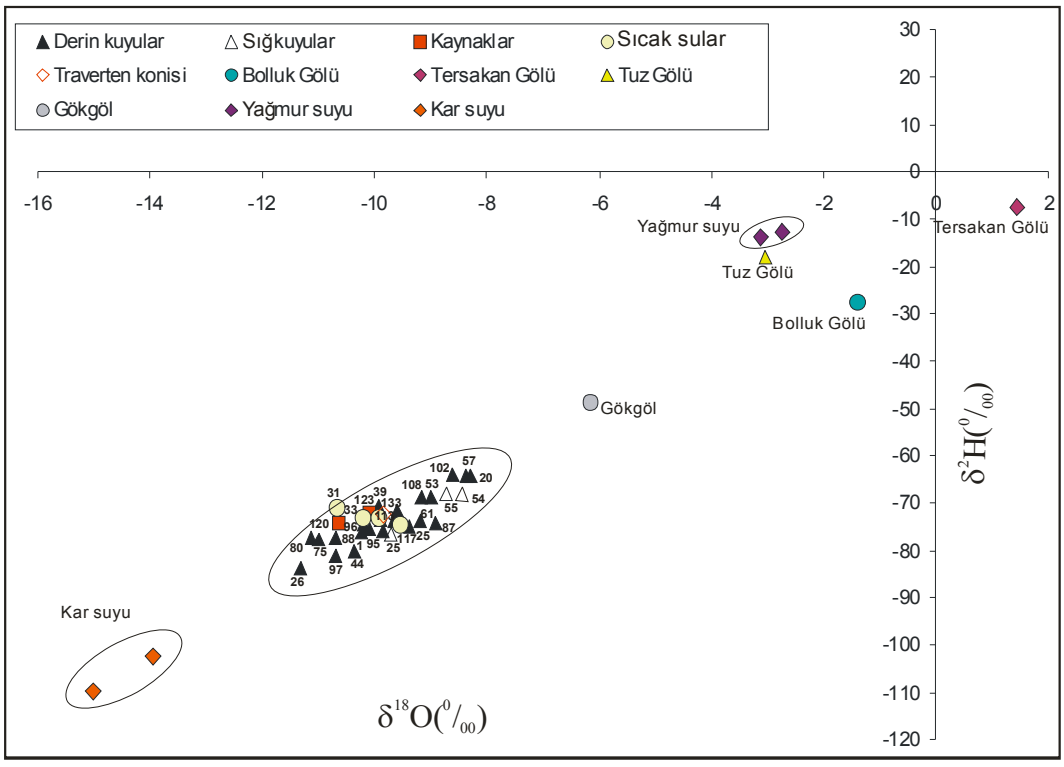
Göl sularının izotopik değerleri incelendiğinde (Şekil 4.134) Gökgöl'den Tersakan Gölü'ne (Batı, kuzeybatı- doğu, güneydoğu) doğru izotopik zenginleşme gözlenmektedir. Tersakan Gölü'nden alınan örnek gölün en güney kesiminden alınmış olup, Tuz gölünden alınan örnek ise Gölün en batı ucundan alınmıştır. İzotopik olarak zenginleşmeye bağlı olarak (sırasıyla δ^2H = -48,59; -27,67; -18,16 ve -7,53 ; $\delta^{18}O$= -6,14; -1,4; -3,03 ve 1,44) inceleme alanında batı-kuzeybatı dan güney-güneydoğu istikametinde evaporasyon derecesinde bir artış olduğu söylenebilir.

Bolluk Gölü'nün izotop içeriği Tersakan Gölü ile paralel olup Tersakan Gölü'ne göre daha fakirdir (Çizelge 4.37). Bu durum ancak çok miktarda yeraltısuyu girişi olduğu zaman mümkündür (Özaydın ve ark. 2005). Bolluk Gölü'nün doğu kenarında göl suyunu beslemek için açılmış, artezyen yapan 3 adet sondaj kuyusu bulunmaktadır. Bu kuyulara ait sular tüm yıl boyunca göle akmaktadır. Bu durumda Bolluk Gölü'ne ait sular ve yapay beslenme ile gölü besleyen yeraltısuları karışmaktadır. Buna göre Bolluk Gölü'ne giren yeraltı suları göl suyunun izotop içeriğinin fakirleşmesine yol açmaktadır.

Gökgöl sularına ait izotop değerleri ($\delta^{18}O$= -6,14; δ^2H =-48,59) diğer göller ile karşılaştırıldığında izotopik olarak daha fakirdir. Böyle bir durum gölün tabanındaki kil sedimentlerinin kalınlığının azalmasına bağlı olarak bölgesel yeraltısuları ile karışım olabileceğini göstermektedir (Kohfahl ve ark. 2008). İnceleme alanının kuzeyinde bulunan Gökgöl alüvyon üzerinde doğal set kurularak yapılmıştır. Bu durum gölün tabanındaki kil sedimentlerinin kalınlığının azalmasına bağlı olarak bölgesel yeraltısuları ile karışım olabileceğini göstermektedir.



Şekil 4.134. İnceleme alanındaki suların $\delta^{18}O$- $\delta^{2}H$ grafiği (Mayıs 2009)



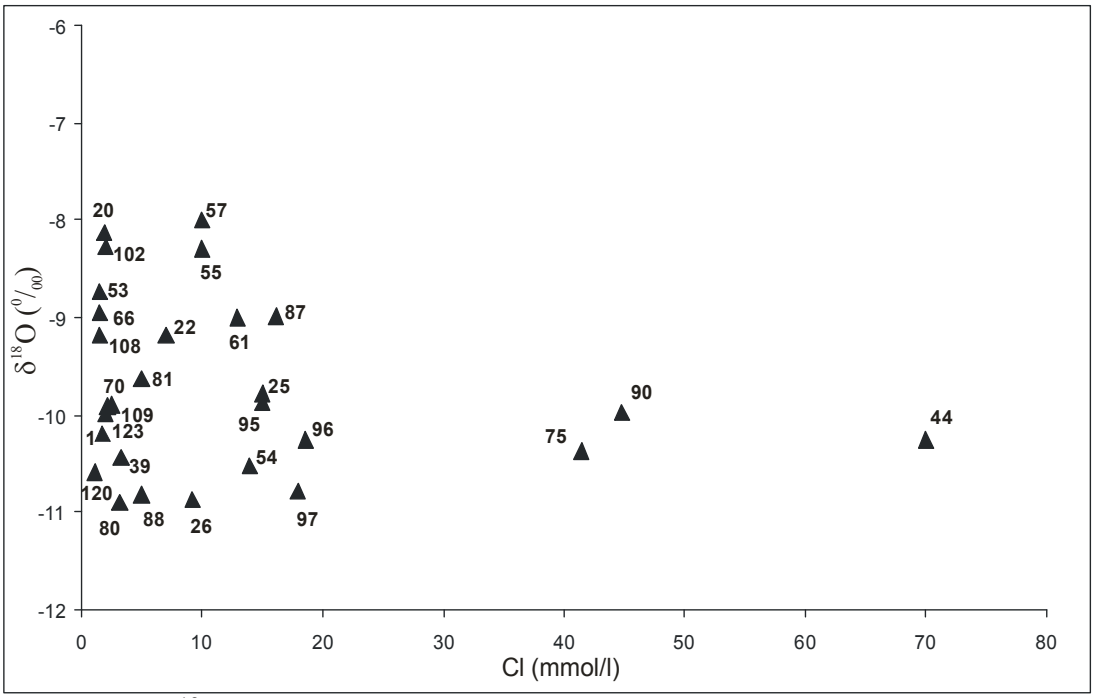
Şekil 4.135. Suların kökenlerine göre dağılımı (Mayıs 2009)

İzotop verilerine göre inceleme alanından alınan sulara ait buharlaşma doğrusu elde edilmiştir (Şekil 4.134). Buna göre $\delta^{18}O$ ve $\delta^{2}H$ arasındaki ilişkiyi gösteren formül şu şekildedir;

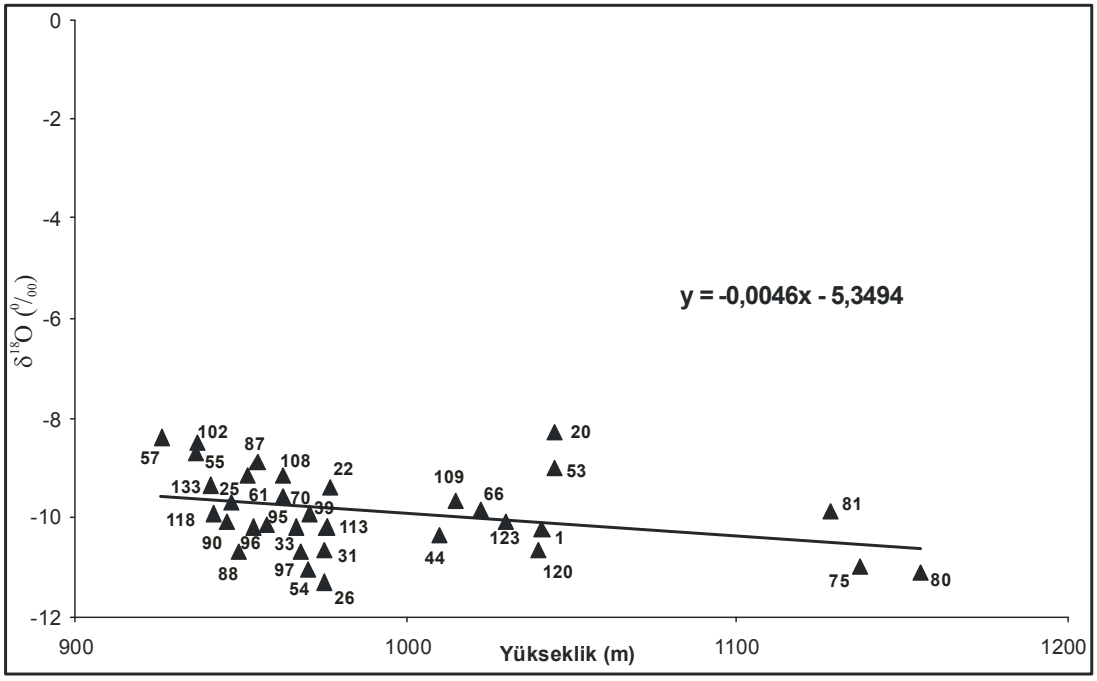
$$\delta^{2}H = 6{,}68 * \delta^{18}O - 7{,}5.$$

İnceleme alanı içerisinde 2009 Şubat ayında 2 adet kar örneği, Mayıs ayında (yağışlı dönemde alınan örneklerle beraber) 2 adet yağmur suyu örneği alınmıştır. İnceleme alanından alınan çevresel izotop verileri alandan alınan yağmur suyu ve kar örnekleri ile beraber değerlendirildiğinde; yeratısuyu örnekleri, kar ve yağmur tipi yağışlar arasında bir çevresel izotop bileşimine sahiptir. Fakat yerlatısularının çevresel izotop değerleri kar suyuna daha yakın bir izotop bileşimine sahiptir. Göl sularından alınan su örnekleri ise yağmur suyuna çok daha yakın bir izotop bileşimine sahiptir (Şekil 4.135). Bu durum, yeraltısuyu ve kaynak suları üzerinde kar erimesine bağlı beslenimin yağmur şeklindeki beslenim katkısından daha etkili olduğunu göstermektedir. Kar erimesine bağlı beslenim ise, suların yüksek kotlardan beslendiğini göstermektedir. Göl sularında ise, yağmur suyunun etkisinin yüksek olduğu söylenebilir.

İnceleme alanından alınan soğuk su örneklerinin molar Cl/Br oranlarına (Bakınız Bölüm 4.6, Şekil 4.102) benzer bir eğilim, $\delta^{18}O$ değerleri için de gözlenmektedir (Şekil 4.136). $\delta^{18}O$ izotopundaki değişimin azalmasının sebebi, Cl konsantrasyonlarının artmasından kaynaklanmaktadır. Çünkü Cl konsantrasyonlarının artmasına bağlı olarak $\delta^{18}O$ değerleri daha az değişkenlik gösterir (Cartwright ve ark. 2004). Buda, bölgede evaporasyonun etkili olduğunu göstermektedir ki bu süreç tuzluluğu da arttırmaktadır.



Şekil 4.136. $\delta^{18}O$- Cl (mmol/l) grafiği (Ekim 2008).



Şekil 4.137. Ortalama $\delta^{18}O$ ile yükseklik (m) arasındaki ilişki (Mayıs 2009)

İzotop hidrolojisi konusunda geçmişte yürütülen çalışmalar sonucunda $\delta^{18}O$ içeriğinin, coğrafi konum, enlem vb. parametrelerin yanı sıra, esas olarak yükselti ile ters orantılı biçimde azaldığı gösterilmiştir (Payne ve Dinçer 1965). Her 100 m kot artışına karşılık $\delta^{18}O$ içeriğindeki azalma ‰ 0.15 ile ‰ 0.50 arasındadır (Yurtsever ve Gat 1981, Clark ve Fritz 1999). Kot yükseldikçe sıcaklığın ve buna bağlı olarak buharlaşmanın azalması, bu negatifleşme oranını arttırmaktadır. İnceleme alanı fazla engebeli olmayıp izotop değerlerinin belirlenmesi için alınan örneklerin kotları 936-1155 m arasındadır. Şekil 4.137'de görüleceği gibi yükseklik ile $\delta^{18}O$ değerleri arasında ters orantı gözlenmektedir. Azalan $\delta^{18}O$'nin değerleri, yüksek kotlardan beslenmeyi ifade etmektedir. Fakat inceleme alanında buharlaşmanın çok yüksek olmasından ve engebenin fazla olmamasına bağlı olarak da yükseklik ve $\delta^{18}O$ izotopu arasında sağlıklı bir ilişki tam olarak kurulamamaktadır.

4.10.3. Trityum-Elektriksel İletkenlik (EC) ve Trityum- $\delta^{18}O$ İlişkisi

Trityum (^{3}H) hidrojen elementinin kısa-ömürlü radyoaktif izotopudur. Clark ve Firtz (1999)'e göre Tirityum (^{3}H veya TU) güncel beslenimin varlığını saptamak için kullanılan en yaygın radyoizotopdur. Yarı ömrü 12,32 yıl olan ve beta bozunması veren trityum, atmosferin üst tabakalarındaki azot atomlarıyla kozmik nötronların etkileşmesinden doğal olarak oluştuğu gibi, 1951-1980 yılları arasında yapılan termonükleer bombaların atmosferik şartlar altında test edilmesiyle çok daha büyük miktarlarda üretilmiştir (Unterweger ve ark. 1980). Radyoaktif olan trityum sürekli bozunmaya uğraması nedeniyle belirli bir bölgede yeraltısuyunu besleyen yağışın trityum içeriğinin bilinmesi durumunda, yeraltısuyunun ağırlıklı ortalama yaşının belirlenmesi ve/veya farklı yeraltısularının karışımına ilişkin öngörülerde bulunulması mümkün olmaktadır (Tezcan 1992).

Trityum konsantrasyonları trityum birimi (TU) olarak ifade edilmektedir. Burada; 1TU = 1 ^{3}H için 10^{18} hidrojen atomu ve

1TU = sularda 0,118 $Bq.kg^{-1}$ (3,19 $pCi.kg^{-1}$)dır (IAEA 1983).

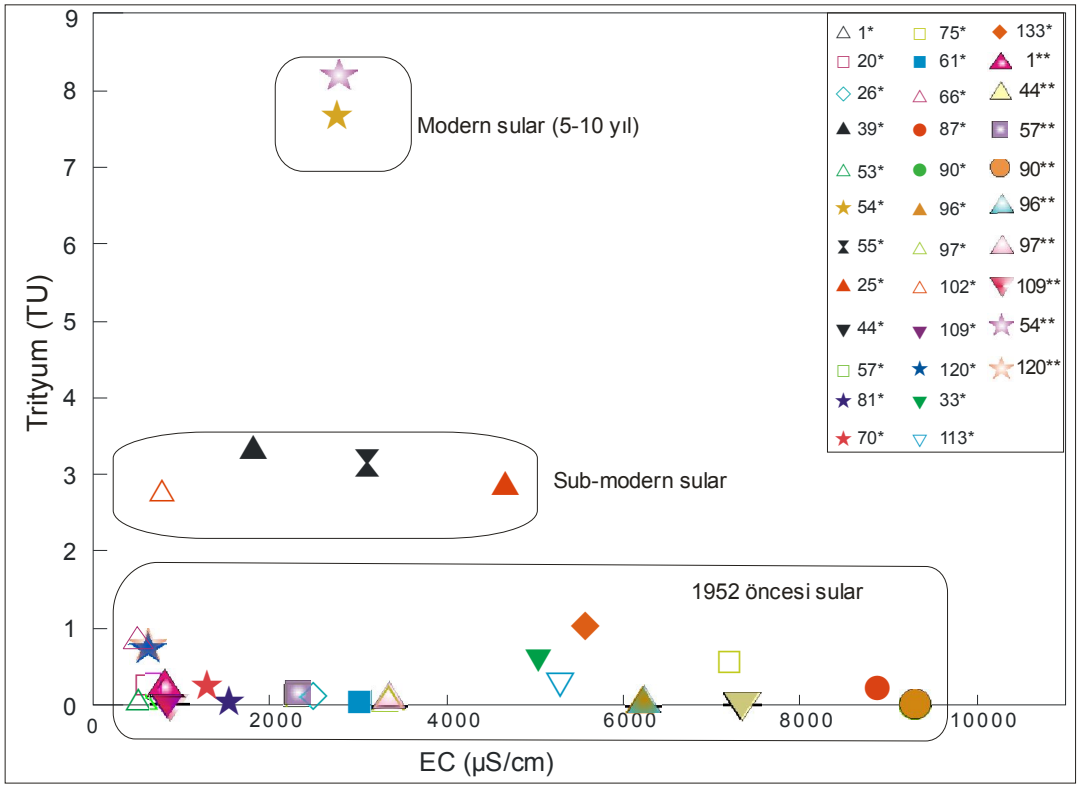
İnceleme alanındaki suların dolaşım süresi, derinliği ve su döngüsünü saptayabilmek amacıyla kurak dönemde (Ekim 2008) 25 adet, yağışlı dönemde

(Mayıs 2009) 9 adet su noktasından 1,5 litrelik polietilen şişelere alınan örneklerin Trityum (^3H) izotop analizleri Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol Dairesi Başkanlığı (TAKK)'nda yaptırılmıştır.

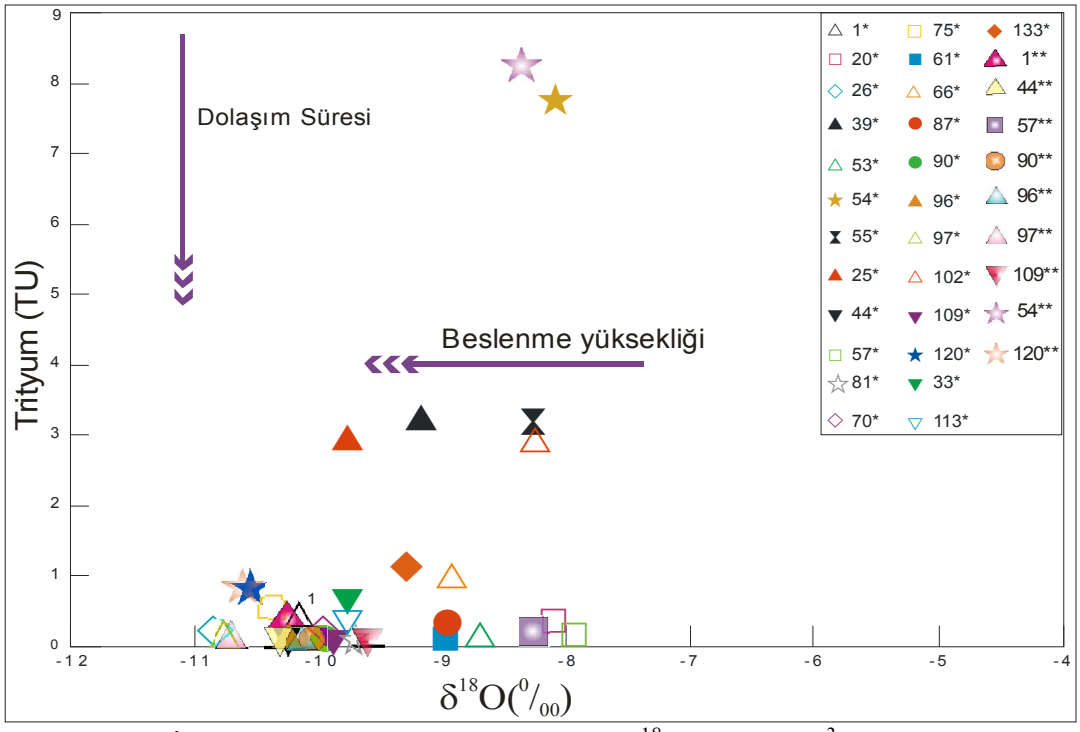
İnceleme alanından alınan örneklerin Trityum analiz sonuçları Çizelge 4.37'de verilmektedir. Trityum analiz sonuçlarına göre, inceleme alanındaki sular 3 grup altında toplanmaktadır. Birinci grupta yer alan sularda (Örnek no: 54) Trityum değeri, TU >6 olup, bu sular genç yağış sularından oluşan 5-10 yıllık "modern sular"dır. İkinci grupta yer alan sularda (Örnek no: 1, 20, 26, 33, 44, 53, 57, 61, 66, 70, 75, 81, 87, 90, 96, 97, 109, 113, 120 ve 133) Trityum değeri 0-2 TU arasındadır ve bu tür sular nükleer denemeler öncesi (1952 öncesi) yağışlardan beslenen sular olup 50 yıldan daha yaşlı sulardır. İnceleme alanından alınan sıcak sular ve traverten konisinden alınan (133) su örneği bu gruba girmektedir. Üçüncü grubu oluşturan diğer sular (örnek no 25, 39, 55, 102) ise 2,75-6 TU arasında trityum içeriği ile nükleer denemeler öncesindeki (1952) yağış suları ile nükleer denemeler sonrasındaki yağış sularından etkilenmiş "sub-modern" sulardır (Şekil 4.138).

$\delta^{18}O$-Trityum (δ^3H) ilişkisi, suların beslenme kotları ile akifer içersindeki kalış süreleri arasındaki ilişkiyi yansıtmaktadır. 54 nolu su örneğinin trityum değeri kurak dönemde 7,65 TU, yağışlı dönemde ise 8,28 TU' dur. Buna göre 54 nolu örnek sığ dolaşımlı, yeraltında geçiş süresi kısa olup güncel yağışlardan beslenmektedir. 1, 20, 26, 33, 44, 53, 57, 61, 66, 70, 75, 81, 87, 90, 96, 97, 109, 113, 120 ve 133 nolu örneklerin trityum değerleri düşük ve 0-2,75 TU arasında olup, 1952 öncesi yağışlardan beslenen akifer içerisinde daha uzun kalış süresine sahip yaşlı sulardır. 25, 39, 55 ve 102 nolu örneklerin trityum değerleri sırasıyla 2,8; 3,40; 3,12; 2,75 TU olup diğer sulara göre akifer içerisinde daha az dolaşım süresine sahiptirler (Şekil 4.139). Yaşlı sular beslenmenin zayıf, genç sular ise güçlü olduğunun göstergesidir (Aksoy ve Filiz 2001). İnceleme alanından alınan suların genelinin trityum değerleri düşük olduğu için alandaki beslenmenin zayıf oluğu söylenebilir ki bu durum $\delta^{18}O$- δ^2H izotop verilerinde de gözlenmektedir.

Bütün bu verilere göre inceleme alanındaki yeraltısuyu döngüsü derin ve uzun zamanlı dolaşımı göstermektedir.



Şekil 4.138. İnceleme alanından alınan suların Trityum(TU)- EC (µS/cm) ilişkisi(*: Ekim 2008; **: Mayıs 2009)



Şekil 4.139. İnceleme alanından alınan suların $\delta^{18}O$-Trityum($\delta^{3}H$) (*: Ekim 2008; **: Mayıs 2009)

5. SONUÇLAR

1. Cihanbeyli İlçesi ve çevresini içeren yaklaşık 3000 km^2'lik bir alanın 1/100.000 ölçekli jeoloji haritası yapılmıştır.

2. İnceleme alanında buharlaşma-terleme miktarı (Etpc) 704 mm, gerçek buharlaşma-terleme miktarı (Etr) 293 mm olarak hesaplanmıştır. Bu miktar yağışın % 93,67'sine eşit olup alanın iklim formülü Thorntwaite (1948)'e göre DB_1's b_3' olarak bulunmuştur. Harflerin belirlediği iklim tiplerine göre inceleme alanı yarı kurak-kurak (D), Mezotermal yani orta sıcaklıktaki iklim (B_1'), su fazlası kış mevsiminde orta derecede (s) olan, denizel etkinin yakın olduğu yerleri (b_3') göstermektedir.

3. Elek analizi sonuçlarına göre sıkılaşmamış örneklerde ortalama tane çapı (d_{50}) 0,12-10,1 mm, etkili çap (d_{10}) 0,085-0,21 mm, boylanma sabiti (So) 2,63-4,26 arasında ve düzen katsayısı (Cu) ise 6,06-31,11 arasında değişmektedir. Tane boyu analizlerine göre açılacak sondaj kuyularında filtre açıklıkları 0,38-6,4 mm, Buna göre kuyularda kullanılacak çakıl çapları 1,52-15 mm arasındadır.

4. Sıkılaşmamış malzemenin toplam porozite değeri % 13-36 arasındadır. Sıkılaşmış malzemedeki porozite değerleri ise; % 6,3-10 arasındadır. Sıkılaşmamış malzemenin permeabilite değeri $1{,}84.10^{-4}$-$9{,}64.10^{-5}$ arasındadır.

5. İnceleme alanının sayısal yükseklik modeline göre, bölgenin su akış yönleri ve bu yönlere göre drenaj haritası çıkarılmıştır. Buna göre inceleme alanında akış doğu-güneydoğu istikametindedir.

6. İnceleme alanında bulunan soğuk su kaynakları fay kaynağı olup, İnsuyu formasyonuna ait kireçtaşlarından boşalmakta olup Mg-Ca-HCO_3 fasiyesindedir. Debileri 11-95 l/sn arasında değişmektedir.

7. İnceleme alanındaki akiferleri, Koçyaka formasyonudaki kristalize kireçtaşları, İnsuyu formasyonuna ait kireçtaşları, Cihanbeyli formasyonuna ait konglomeralar ve iri taneli kumtaşları ile alüvyonlar oluşturmaktadır.

8. Yarı logaritmik Schoeller diyagramına göre alt havzada suların iyon içeriği, doğu-güneydoğu yönünde artış göstermektedir. Üst havzada ise kuzey-kuzeybatıdan doğuya doğru iyon içeriklerinde artış gözlenmektedir.

9. Piper ve Chadha diyagramlarına göre inceleme alanının güney-güneybatısında bulunan İnsuyu formasyonu içerisinden alınan sular ve tüm kaynaklar ile Karacadağ piroklastik kayaçların içerisinden alınan 66 nolu örnek, inceleme alanının en kuzeyinde Cihanbeyli formasyonu içerisinde bulunan 108 ve 109 nolu örnekler Ca-Mg-(Na)-HCO_3 ve/veya Mg-Ca-(Na)-HCO_3 fasiyesindedirler. 47, 61, 75, 87, 88, 89, 97, 112 ve 25 nolu kuyular ile 126 nolu çeşmeden alınan su örneği Mg-Ca-SO_4, Ca-Mg-SO_4, Mg-Na-SO_4 ve Ca-Na-SO_4 fasiyesindedir. 27, 44, 54, 55, 57, 60, 90, 91, 95, 96 nolu kuyular ise Na-Cl fasiyesindedirler. Diğer tüm sular karışım bölgesine düşmüştür. İnceleme alanının kuzeyinde bulunan 60 nolu su örneği kurak dönemde Na-Cl fasiyesinde iken yağışlı dönemde Na-HCO_3 fasiyesine geçmiştir

10. İnceleme alanındaki en tatlı suların TDS değerleri tipik olarak <700 mg/l, EC değerleri ise <1000 µS/cm dir. Bu değerler inceleme alanının batı-güneybatısındaki İnsuyu formasyonundan alınan örnekler ve kaynaklardan alınan örnekler, ile inceleme alanının kuzeyindeki dağlık kesimlerden alınan örneklerde bulunmaktadır. Baskın katyon Mg ve Ca, anyonlardan ise HCO_3'dır. Eğimi en az olan bölgelere, düzlük alanlara yani doğuya doğru gidildikçe TDS'nin artmasına (>700 mg/l) bağlı olarak Na, Cl ve SO_4 oranında artış gözlenmektedir. Elde edilen verilere göre yapılan küme analizinde incelenen sular iki grupta toplanmıştır. Her bir grupta yeraltısularına ait ana iyonların küme merkezleri bulunmaktadır. Buna göre yüksek iyon içeriğine sahip örnekler bir grupta, iyon içeriği düşük olan sular diğer grupta toplanmıştır.

11. Gibbs diyagramı (1970)'na göre inceleme alanındaki sular 2 grup altında toplanmıştır. Birincisi "evaporasyon/kristalizasyon" hakim, ikincisi "kayaç hakim" sulardır. Buna göre inceleme alanında dağlık kesimlerden alınan sular, İnsuyu

formasyonundan alınan sular ve kaynak suları "kayaç hakim" bölgesinde iken, inceleme alanının doğusu ile güneydoğusuna doğru gidildikçe ve Yeniceoba çevresindeki alüvyonlardan alınan örnekler ve Kuşça çevresindeki alüvyonlardan alınan örneklerin çoğu "evaporasyon/kristalizasyon hakim" bölgesine düşmüştür.

12. İncelenen soğuk sular aragonit, kalsit ve dolomit minerallerine doygunken, anhidrit, jips ve halit minerallerine doygun değildir.

13. Ca^{+2} iyonu, karbonat mineralleri (kalsit, dolomit, aragonit), jips ve Ca-silikat minerallerinden (plajiyoklaz, feldispat vb.) yeraltısularına karışmaktadır. Tuzluluğun artışına bağlı olarak artan Ca^{+2} ve/veya Mg^{+2} iyonları ise bu iyonlar ile Na^{+} iyonu arasındaki iyon değişiminden kaynaklanmaktadır.

14. $(Mg+Ca)/HCO_3$ mmol/l oranı inceleme alanındaki yeraltısularının genelinde 0,5'den daha yüksek değerde bulunmuştur. Buna göre inceleme alanındaki yeraltısularında bulunan Ca^{+2} ve Mg^{+2}, yalnızca karbonatlı kayaçlar veya silikat minerallerinden kaynaklanmamaktadır. Bu iyonların asıl varlığı karbonat ayrışması, Ca^{+2} ve Mg^{+2} iyonları ile Na^{+} arasındaki iyon değişimi ve inceleme alanında bulunan jips, aragonit, kalsit gibi evaporitik minerallerden kaynaklanmaktadır. İnceleme alanının güney, güneybatısında bulunan İnsuyu formasyonuna ait kireçtaşları, karbonat mineralinin ana kaynağıdır. Cihanbeyli formasyonunun içerisinde bulunan kireçtaşı çakılları ve/veya karbonat çimentonun varlığı ve Ballıktepe kireçtaşı ve dolomitik kireçtaşı blokları karbonat minerallerinin kaynağı olarak gösterilebilir. Ayrıca inceleme alanında geniş yayılım gösteren Cihanbeyli ve Tuzgöl formasyonlarında gözlenen kalsit, aragonit ve jips mineralleri de Ca^{+2} ve Mg^{+2} iyonlarının kaynağıdır.

15. İnceleme alanındaki düşük tuzluluğa sahip örneklerde bulunan (TDS<700 mg/l) Mg^{+2} iyonu, formasyonlarda bulunan dolomit, dolomitik kireçtaşı, serpantinit ve magnezyumca zengin killi kireçtaşları ve çamurtaşlarından gelmektedir.

16. İnceleme alanındaki suların korelasyon katsayılarına göre ise sülfatın magnezyum ve kalsiyum ile yapmış olduğu yüksek korelasyon bölgede jips ve magnezyum karbonatlı kayaçların olduğunu göstermektedir. Kalsiyumun bikarbonat ile korelasyon göstermemesi, karbonat çözünümünün bikarbonat içeriğindeki artışla ilişkili olmadığını göstermektedir.

17. Na^{+} ve Cl^{-} arasındaki güçlü korelasyon (r^2=0,9) ve bu iyonların aynı zamanda Br ve B iyonları ile yapmış olduğu yüksek korelasyon, bölgede halit çözülümünün varlığını ve evaporasyonun etkili olduğunu göstermektedir. Suların molar Sr/Ca oranları (0,004648-0,028712) inceleme alanındaki suların evaporitik kökenli olduğunu doğrulamaktadır. Yeraltısularının Cl/Br oranı 245,4-2934 molar ve 105,7-1304 mg/l arasındadır. Suların Cl/Br molar oranının okyanus sularına ait Cl/Br (550-700) oranından yüksek olanları tuz çözünümünün yanında inceleme alanında diğer evaporitlerin çözünümünün olduğunu göstermektedir.

18. Bölgedeki tüm sıcak sular ve traverten konilerinden alınan sular, kurak ve yağışlı dönemde Ca-Mg-Na-SO_4-HCO_3-Cl bileşiminde olup nispeten düşük-orta tuzluluğa sahiptir. Toplam mineralizasyonları 2427-4567 mg/l arasında değişmektedir.

19. İncelenen sıcak sular ve traverten konilerinden alınan suların kimyasal bileşimleri birbiriyle paralellik göstermektedir. Buna göre bölgedeki sıcak sular ve travertenler içerisinden alınan sular aynı kökene sahiptirler.

20. Sıcak sularda Ca^{2+} iyonu kurak ve yağışlı dönemde de $SO4^{-2}$, Na^{+}, HCO_3^{-} ,Mg^{+2} ve Cl^{-} iyonları ile güçlü pozitif korelasyon ile iyi bir doğrusal ilişkiye sahip olup bu durum alanda çözünme tepkimelerinin egemen olduğunu göstermektedir.

21. İncelenen sıcak sular aragonit, kalsit, dolomit, jipsit, götit, hematit, illit, K-mika, kaolinit, kuvars, simitsonit ve Ca-montmorillonit minerallerini çökeltici, anhidrit, albit, kalsedon, selestit, sepiyolit, siderit, stronsianit ve halit minerallerini çözündürücü özelliktedir.

22. Jeotermometre sonuçlarına göre alanda yaklaşık 85 ^{o}C –110 ^{o}C lik düşük entalpili bir jeotermal haznenin olduğu söylenebilir.

23. Bolluk Gölü'nün Mg/Ca oranı inceleme alanındaki diğer göllerden yüksek değerdedir. Bu oranın Bolluk Gölü'nde en yüksek değere ulaşması Bolluk Gölü'ne karışan magnezyumca zengin yeraltısularından kaynaklanmaktadır. Gökgöl suyu kurak sezonda Na-Mg-Cl-HCO_3 fasiyesinde iken yağışlı sezonda Na-Mg-HCO_3-Cl fasiyesine geçmiştir. Gökgöl sularında kurak dönemde Cl oranının artmasının sebebi bölgede gözlenen aşırı evaporasyondur.

24. İnceleme alanında içme amaçlı kullanılan suların ana iyon değerleri TSE (266) ve EPA (2003) içme suyu standartlarına göre sınır değer altındadır. Schoeller'in içilebilirlik diyagramına göre tüm sular "iyi kaliteli sular" (2. kalite) sınıfındadır. 21 ve 102 nolu suların NO_3 değeri içme suyu standartlarını aşmıştır. Ayrıca 102, 108 ve 109 nolu örnekler bor kirliliğine (sırasıyla 0.428; 0.517; 0,314) sahiptir.

25. Soğuk sular, kaynaklar, sıcak ve mineralli suların %24'ü C_2-S_1, % 38'i C_3-S_1, %11'i C_4-S_1, %24'ü C_4-S_2 ve % 3'ü C_4-S_3 sınıfındadır. C_4-S_2 ve C_4-S_3 sınıfına giren sular sulama için uygun değildir. Wilcox (1948) diyagramına göre ise, suların %71'i iyi-kullanılabilir ve çok iyi- iyi sular, % 13'ü şüpheli kullanılamaz sular ve % 16'sı kullanılamaz sular sınıfındadır.

26. İnceleme alanında sulama amaçlı kullanılan suların % 46'sının Ca konsantrasyonu, % 24'ünün Mg konsantrasyonu 200 mg/l'den daha yüksek değerde olup bu sular sulama için uygun değildir. İnceleme alanındaki sular RSC değerine göre ise, sulama için uygundur.

27. İnceleme alanındaki sularda NO_3, Bor, fosfor (P), As, Al, Cr ve Se iyonları sınır değerlerin üzerindedir. Suların %70'inin TDS değerleri sınır değeri aşmaktadır.

28. Tuz Gölü'nde Al, As, B, P; Tersakan Gölü'nde As, B, Se, P; Bolluk Gölü'nde As, B, Se, Pb, P ve Gökgöl'de As, B iyonları sınır değerleri aşmıştır.

29. İnceleme alanındaki tüm sular meteorik su doğrusuna yaklaşık paralel ve yakın düşmüşlerdir. Buna göre sular meteorik kökenlidir.

30. İnceleme alanındaki sulardan 54 nolu örnek güncel yağışlar ile beslenen, 25, 39, 55 ve 102 nolu örnekler 1952 öncesi ve güncel yağışlardan beslenen, incelenen diğer tüm örnekler ise 1952 öncesi yağışlardan beslenen 50 yıldan daha yaşlı sular sınıfındadır.

31. İnceleme alanındaki sular trityum değerlerine göre yeraltısuyu döngüsü uzun zamanlı ve derin dolaşımlıdır.

6. KAYNAKLAR

Acworth, R.I., Jankowski, J. 1993. Hydrogeochemical zonation of groundwater in the Botany Sands Aquifer, Sydney. Aust Geol Sur Org, J Aust Geophys 14: 193-199.

Agelede, H. 1954. Tuz Gölü'nün batı ve güneybatı kenarlarının jeolojik etüdü: MTA Derleme Rap. No:2371, Ankara.

Aggarwal, J,K., Palmer, M,R., Bullen, T.D., Arnorsson, S., Ragnarsdottir, K,V. 2000. The boron isotope systematics of Icelandic geothermal waters: 1. Meteoric water charged systems, Geochim. Cosmochim. Acta, 64 (4), 579-585.

Akarsu, İ. 1971. II. Bölge AR/TPO/747 nolu sahanın terk raporu: Petrol İşletmeleri. Genel Müdürlüğü.

Akıl, B. 2008. İnönü–Eskişehir Fay Sistemi'nin Günyüzü (Eskişehir)–Yeniceoba (Konya-Türkiye) Arasındaki Bölümünün Yapısal Evrimi. Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 126s, Ankara.

Aksoy, N., Filiz, Ş. 2001. Balçova-Narlıdere Jeotermal Sahasının Çevresel İzotoplarla İncelenmesi. 1. Çevre ve Jeoloji Sempozyumu. Yeraltısuları ve Çevre Sempozyumu, Bildiriler, say.289–295, İzmir.

Alkim Alkali Kimya A.Ş. 2009. Yönetim kurulu faaliyet raporu, seri 11, no:29.

Al-Awadi, E., Mukhopadhay, A., Akber Hadi, K. 2003. Distribution of selected trace constituents in the groundwater of Kuwait. Adv Environ Res 7:367–380.

Al-Khashman, Ö.A. 2007. Study of water quality of springs in Petra region, Jordan:A three-year follow-up. Water Resour Manage. 21, pp.1145–1163.

Altan, T., Artar, M., Atik, M., Çetinkaya, M. 2004. Çukurova Deltası Biyosfer Rezervi Planlama Projesi. Çukurova Üniversitesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü, 372s. Adana.

Altunel, E., Barka, A. 1998. Eskişehir fay zonunun İnönü-Sultandere arasında neotektonik aktivetisi TJK Bülteni, 41, 41-52.

Andradea, E.M., Queiroz Palaciob, H.A., Souzab, I.H., Oliveira Leaoa, R.A., Guerreiro, M. J. 2008. Land use effects in groundwater composition of an alluvial aquifer (TrussuRiver, Brazil) by multivariate techniques, Environmental Research 106:170–177.

Anonim, 1987. Bursa-Karacabey-İnkaya Göleti Mühendislik Hidrolojisi (Proje) Planlama Raporu. T.C. Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara.

Anonim, 1992a. Grid Commands Refernces, Arc/Info User's Guide, Environmental Systems Research Institute (ESRI), Inc., USA.

Anonim, 1992b. Cell-based Modelling with Grid, Arc/Info User's Guide, Environmental Systems Research Institute (ESRI), Inc., USA.

Apostolopoulos, G., Antoniades, C., Pavlopoulos, K. 1999. The electrical resistivity method – a useful tool in evaluating geological and geotechnical conditions for construction and engineering projects. Second Balkan Geophysical Congress and Exhibition. P: 70-72.

Arad, A., Evans, R. 1987. The hydrogeology, hydrochemistry and environmental isotopes of the Campaspe River aquifer system, North-central Victoria, Australia. J Hydrol 95:63-86.

Arıkan, Y. 1975. Tuz Gölü Havzasının jeolojisi ve petrol imkanları. MTA Derg., 85, 17-38.

Arnorsson, S., Gunnlaugsson, E., Svavarsson, H. 1983. The chemistry of geothermal waters in Iceland. III. Chemical geothermometry in geothermal investigations. Geochimica et Cosmoschimica Acta, 47, 567-577.

Arnorsson, S. 1985. The use of mixing models and chemical geothermometers for estimating underground temperatures in geothermal systems. J. Volcanol. Geotherm. Res., 23**,** 299-335.

Arnorsson, S., Andresdottir, A. 1995. Processes controlling the distribution of boron and chlorine in natural waters in Iceland Geochim. Cosmochim. Acta, 20(59), 4125-4146.

Arnorsson, S. 2000. Isotopic and Chemical Techniques in Geotermal Exploration, Development and Use. IAEA publication, 351s., Vienna.

Asan, K. 2002. Karacadağ (Kulu-Konya) yöresi volkanik kayaçlarının petrografik ve jeokimyasal incelemesi.Yüksek Lisans Tezi, S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, 111s, Konya.

Asan, K., Kurt, H. 2003. Çarpışma zonu volkanitlerine Orta anadolu'dan bir örnek: Karacadağ (Kulu-Konya) kalkalkali volkanitleri. SDÜ Fen Bil. Enst.Derg., 7/2, 189-199.

Asan, K. 2007. Kulu (Konya)-Haymana (Ankara) Yöresi Volkanik Kayaçlarının Jeokimyası Petrolojisi ve Petrojenezi. Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 247s, Konya.

Ayhan, A., Güzel, A., Küçükhödük, M. ve Göçmez, G., 1993, Konya kapalı havzasında ve Tuz Gölü'nde kirliliğin tesbiti ve giderilmesi, Çevre Bak. Projesi, 250 s. Ankara.

Bayarı, S., Özyurt, N., Kilani, S. 2005. Konya Kapalı Havzası Yeraltısuyunda Karbon-14 yaş dağılımı. II. Ulusal Hidrolojide İzotop Teknikleri Sempozyumu, 147-168., İzmir.

Balkaya, N., Çelikoba, İ. 2005. Sulakalanlar ve Kızılırmak Deltası. II. Mühendislik Bilimleri Genç Araştırmacılar Kongresi, MBGAK, 17-19 Kasım, İstanbul.

Beklioğlu, M., Ceran, Y., Erdem, O., Erdoğan, S., Hemmami, M., Koopmanschap, E., Meriç, T., Özen, A., Sarısoy, H.D. 2007. Sulakalan Yönetim Planlaması Rehberi (H, ÖZBEK ed). Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü Kuş Araştırmaları Derneği. Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara, 171s.

Birand, H. 1961. Tuz Gölü Çorakçıl Bitkileri. Topraksu Genel Müdürlüğü Neşriyatı, Ankara, s. 103.

Bozkurt, E. 2001. Neotectonics of Turkey – a synthesis. Geodinamica Acta 14, 3–30.

Brondi, M., Fidelibus, M.D., Gragnani, R., Tulipano, L. 1983. Hydrochemical study and distribution of some trace elements in the most important coastal springs and groundwater of the Ž. Apulian Region Southern Italy. Geologia Applicatta et Hidrogeologia. XVII II :65-80.

Canik, B. 1988. Bozdağ- Yapalı Toprakkale Dolayındaki (Cihanbeyli-Konya) Sıcak ve Mineralli Sular ve Oluşukları. Ulusal 1. Hidrojeoloji Simpozyumu, 111-123., Ankara.

Canik, B., Çelik, M., Arıgün, Z. 2000. Jeotermal Enerji. A.Ü.F.F. Döner Sermaye İşletmesi Yayınları, No:59, 60s, Ankara.

Canik, B., Afşin, M., Çelik, M. 2004. Cihanbeyli-Bolluk Gölü-Yapalı Hamamı ve Dolayındaki Sıcak ve Mineralli Su Kaynaklarının Hidrokimyasal ve İzotopik Açıdan İncelenmesi, TÜBİTAK YDABÇAG Proje No: -101Y026. Ankara.

Canstany, G. 1963. Yeraltısuları hakkında pratik uygulamalar. DSİ. No:638, Ankara.

Cartwright, I., Weaver, T.R.,Fulton, S., Nichol, C., Reid M., Cheng, X. 2004. Hydogeochemical and isotopic constraints on the origins of dryland salinity, Murray Basin, Victoria, Australia. Appl. Geochem, 19, 1233-1254.

Cartwright I., Weaver, T.R. 2005. Hydrogeochemistry of the Goulburn Valley region of the Murray Basin, Australia:implications for flow paths and resource vulnerability.Hydrogeology Journal 13:752-770.

Cattel, R.B. 1965. Factor analysis: introduction to essentials. Biometrics 21:405–435

Cerling, T.E., Pederson, B.L., Damm, K.L.V. 1989. Sodium-Calcium ion exchange in the weathering of shales: implications for global weathering budgets. Geology 17:552–554.

Chadha, D.K. 1999. A Proposed New Diagram for Geochemical Classification of Natural Waters and Interpretation of Chemical Data. Hydrogeology Journal, 7:431–439.

Chackrapani, G. 2002. Water and sediment geochemistry of major Kumaun Himalayan lakes, India. *Env Geol*, 43: 99-107.

Chambers, L.A., Bartleym, J.G., Herczeg A.L. 1996. Hydrogeochemical evidence for surface water recharge to a shallow regional aquifer in northern Victoria. Aust J Hydrol 181:63-83.

Cirik, S. 1993. Sulak Alanlar. Ekoloji Dergisi, 7: 50-51.

Clark, I.D., Fritz, P. 1999. Environmental isotopes in hydrogeology: New York, 2nd Edition, 328pp, Lewis Publishers.

Cowardin, L.M., Carter, V., Golet, F.C., Laroe, E.T. 1985. Classification of Wetlands and Deepwater Habitats of the United States, U.S. Department of Interior Fish and Wildlife Service, Washington, U.S.A., 79 p.

Constantin Gogu, R., Carabin, G., Hallet, V., Peters, V., Dassargues, A. 2001. GIS-based hydrogeological databases and groundwater modelling. Hydrogeology Journal, 9:555–569.

Corwin, D.L. 1996. GIS applications of deterministic solute transport models for regional-scale assessment of non-point source pollutants in the vadose zone. In: Corwin DL, Loague K (eds) Applications of GIS to the modelling of non-point source of pollutants in the vadose zone. Soil Sci Soc Am, 48:69–100.

Craig, H. 1961. Isotopic variations in meteoric waters. Science ;133:1702– 3.

CWQG, 2005. Canadian Water Quality Guidelines for The Protection of Aquatic Life, from http://www.ccme.ca/assets/pdf/wqg_aql_summary_table.pdf

Çelik, M., Yıldırım, T. 2006. Hydrochemical evaluation of groundwater quality in the Çavuşçayı basin, Sungurlu-Çorum, Turkey. Environmental Geology, 50, 323-330.

Çelik, M., Ünsal N., Tüfenkçi, O.O., Bolat S. 2008. Assessment of water quality and pollution of the Lake Seyfe basin, Kırşehir, Turkey. Environmental Geology, 55:559-569.

Çemen, İ., Göncüoğlu, M.C., Dirik, K. 1999. Structural evolution of the Tuzgolu basin in Central Anatolia, Turkey. Journal of Geology 107, 693–706.

Çevre ve Orman Bakanlığı, 2007. Biyolojik Çeşitliliğin Korunması. www.Cevreorman.Gov.Tr/Ekitap/02 Pdf.

Çevre ve Orman Bakanlığı, 2004. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği. Sayı:25687, Ankara.

Dansgaard, W. 1964. Stable isotopes in precipitation. Tellus 16: 436-468.

Dalton, M.G., Upchurch, S.B. 1978. Interpretation of hydrochemical facies by factor analysis. Groundwater 16:228–233.

Datta, P.S., Bhattacharya, S.K., Tyagi, S.K. 1996. ^{18}O studies on recharge of phreatic aquifers and groundwater flow-paths of mixing in the Delhi area. J Hydrol., 176:25–36.

Davis, S.N., Wihittemore D.O., Fabryke-Martin, J. 1998. Uses of chloride/bromide ratios in studies of potable water. Ground Water, 36:338-351.

Davis, S.N., Cecil L., Zreda, M., Moysey S. 2001. Chlorine-36, bromide and the origin of spring water. Chem Geol 179:3-16.

Dellaloğlu, A.A., Aksu, R. 1984a. Polatlı, Haymana, Yenice, Yeniceoba ve Cihanbeyli dolaylarının Ayrıntılı Jeoloji ön raporu. TPAO Rap. No: 2006, 40s (Yayımlanmamış).

Dellaloğlu, A.A., Aksu, R. 1984b. Kulu, Şereflikoçhisar, Aksaray dolayının jeolojisi ve petrol olanakları. TPAO, Rapor no: 3006, 166s, Ankara.

Dellaloğlu, A.A. 1991. Ankara-Temelli-Haymana-Kulu-Kırıkkale arasındaki alanın jeolojisi ve petrol olanakları TPAO. Rapor no:2020, 42s, Ankara.

Dellaloğlu, A.A. 1997. Ankara İli- Tuzgölü Arasında Neotetis'in Kuzey Kolunun Evrimi (Haymana-Tuzgölü Basenlerinin Stratigrafileri ve Jeotektonik Evrimleri). Doktora Tezi.Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü 348 s.

Derman, A.S., Güney, H., Özkan, R. 2003. Orta Anadolu Baseni'nin evrimi ve petrol potansiyeli. TPAO Rapor No. 4463 (Yayımlanmamış).

Demirci, A. 2008. Öğretmenler için Coğrafi Bilgi Sistemleri. Fatih Üniversitesi Coğrafya Bölümü, Yayın no: 41, 379s, Büyükçekmece, İstanbul.

Devlet Su İşleri Yeraltı Suları Dairesi, 1967. IV. Bölge Kulu-Cihanbeyli Ovası Jeofizik Rezistivite Etüd Raporu, Ankara.

Devlet Su İşleri Yeraltı Suları Dairesi, 1971. Cihanbeyli-Yeniceoba-Kulu ovaları hidrojeolojik etüd raporu: 34 s., Ankara.

Devlet Su İşleri Yeraltı Suları Dairesi, 1973. Altınekin ovası hidrojeolojik etüd raporu: 26 s., Ankara.

Dinçer, A. 1982. Kulu batısının Jeolojisi ve Petrol Olanakları. TPAO Rapor No:1314, 48s, Ankara.

Dirik, K., Göncüoğlu, M.C. 1995. Neogene structural features of the western part of Tuz Gölü, Central Turkey: International Earth Sciences Colloquium on the Aegean Region. Abstracts, 13 p.

Dirik, K., Göncüoğlu, M.C. 1996. Neotectonic characteristics of central Anatolia. International Geology Review 38, 807–817

Dirik, K., Erol, O. 2000. Tuzgölü ve civarının tektonomorfolojik evrimi Orta Anadolu, Türkiye, Haymana-Tuzgölü-Ulukışla Basenleri Uygulamalı Çalışma. T.P.J.D. Bülteni, Özel sayı 5. s:27-46.

Dirik, K. 2001. Neotectonic evolution of the northwestward arched segment of the Central Anatolian Fault Zone, central Anatolia, Turkey. Geodinamica Acta 14, 147–158.

Dirik, K., Erol, O. 2003. Tectonomorpholgic evolution of Tuzgölü and surrounding area, central Anatolia-Turkey. Turkish Association of Petroleum Goelogists Special Publication, 5, 27-46.

Domenico, P.A., Schwartz, F.W. 1990. Physical and chemical hydrogeology. Wiley, New York, 824 p.

Drever, J.F. 1988. The chemistry of natural waters, 3rd edn. Prentice-Hall New York Inc, p. 388.

Dugan, P. J. 1991. Sulak Alanların Korunması, Güncel Konular ve Gerekli Çalışmalar Üzerine Bir İnceleme, DHKD, IUCN-The World Conservation Union, PK 1, 80810 Bebek- İstanbul.

Durov, S. A. 1948, Natural waters and graphic representation of their compositions. Akademiya Nauk SSSR Doklady. 59, 87-90.

Eaton, F.M. 1950. Significance of carbonate in irrigation water. Soil SCi 69 (2):123-133.

Edmuns, W.M., Bath, A. H., Miles, D.K. 1982. Hydrochemical evolution of the Easth Midlands Triassic sandstone aquifer, England. Geochem. Cosmochim Acta 46: 2069-2082.

Edmunds, W.M., Smedley, P.L. 2000. Residence time indicators in groundwater; the East Midlands Triassic sandstone aquifer. Appl. Geochem., 15:737-752.

Eliot, T., Andrews, J.N., Enmunds W.M. 1999. Hydrochemical trends, palaeorecharge and groundwater ages in the fissured Chalk aquifer of the London and Berkshire basins, UK. Appl Geochem 14:333-363.

EPA, 2003. Environmental Protection agency of US 2006 from http://www.epa.gov/safewater/mcl.html

Ercan, T., 1987. Orta anadoludaki Senozoyik Volkanizması. MTA Derg., 107,119-140.

Ercan, T., Fujitanu, T., Matsuda, J. C., Tokel, S., Notsu, K., Ul, T., Can, B., Selvi, Y., Yıldırım, T., Fişekçi, A., Ölmez, M., Akbaşlı, A. 1990. Hasandağı-Karacadağ (Orta Anadolu) dolayındaki Senozoyik yaşlı volkanizmanın kökeni ve evrimi. Jeomorfoloji Derg., 18, 39-54.

Erdem, O. 2004. Sulak Alanlar: Önemi, Temel Sorunları, Türkiye'nin Uluslar arası Öneme sahip sulak alanları. Haber Ekspress: İzmir gediz Deltası ve Kuşları (28 February 2004).

Eren, Y. 1993. Eldeş-Gökçeyurt-Derbent (Konya Kuzeybatısı) Dolaylarında Kocaçaldağ Yükseltisi'nin Jeoloji, S.Ü.Araştırma Fonu Proje No:888-026.

Eren, Y. 2003a. Yazır fayının (Konya) neo-tektoni özellikleri. Mühendislik Bilimleri Dergisi, 9 (2), 237-244.

Eren, Y. 2003b. Konya bölgesinin depremselliği. Turkish Association of Petroleum Geologists Special Publication, 5, 85-98.

Erguvanlı, K., Yüzer E. 1973. Yeraltısuları Jeolojisi (Hidrojeoloji). İstanbul Teknik Üniversitesi Kütüphanesi. Sayı 967, 340 s. İstanbul.

Erol, O. 1969. Tuz Gölü Havzasının Jeoloji ve Jeomorfolojisi. Genç tektonik Hareketler, Pluvial Göl Sekileri ve Potas-Tuz Teşekkül Şartları Yönünden Bir Araştırma, Tübitak, TBAG:26.(Yayınlanmamış), Ankara.

Esri, 2006. Environmental Systems Research Institute, from www.esri.com

Favara, R., Grassa, F., Inguaggiato, S., D'Amore F. 1998. Geochemical and hydrogeological characterization of thermal springs in Western Sicily, Italy. Journal of Volcanology and Geothermal Research 84, pp.125–141.

Faye, S., Maloszewski, P., Stichler, W., Trimborn, P., Faye, C.S., Gaye, C.B. 2005. Groundwater salinization in the Saloum (Senegal) delta aquifer: minor elements and isotopic indicators. Science of the Total Environments 343, 243-259.

Fetter, C. W. 1988. Applied Hydrogeology, 2nd edn. Merrill publishing Company, London, 592 p.

Fisher, R.S., Mulican, W.F. 1997. Hydrochemical evolution of sodium-sulfate and sodium-chloride groundwater beneath the Northern Chihuahuan desert, Trans-Pecos, Rexas, USA. Hydrogeol J 10(4):455–474.

Fitzpatrick, C., Maguire, D. J. 2000. GIS in schools: Infructure, methodology and role.In:GIS: A sourcebook for schools (ed D.R. Gren), pp. 61-62. Taylor & Francis.

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

Fournier, R.O. 1977b. Chemical geothermometers and mixing models for geothermal systems. In: Proceedings of the Symposium on Geothermal Energy, Cento Scientific Programme, Ankara, 199-210.

Freze, R.A., Cherry, J.A. 1979. Groundwater. Prentice-Hall, NJ, 604 p.

Fovell, R., Fovell, M.Y. 1993. Climate zones of the conterminous United States defined using cluster analysis. J Climate 6:2103–2135.

Garbrecht, J., Martz, L.W. 1999. Digital Elavetion Model Issues In Water Resources Modelling. 19th ESRI International User Conference, Environmental Systems Research Institute, San Diego, California, July 26-30, 1999.

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

Gat, J. R., Carmi, L. 1970. Evolution of the isotopic composition of atmospheric waters in the Mediterranian Sea area. Journal of Geophysical Research, 75, 3039-3048.

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

Giggenbach, W. F. 1991. Collection and Analysis of Geothermal and Volcanic Water and Gas Discharge, In Application of Geochemistry in Geothermal Reservoir Development (Edited by F. D'Amore), p. 119-144, Unitar, Rome.

Görür, N. ve Derman, A., 1978, Tuz Gölü Haymana havzasının stratigrafik ve tektonik analizi: TPOA Rap. No: 1514.

Giggenbach, W. F. 1998. Geothermal solute equilibria. Derivation of Na-K-Mg-Ca geoindicators. Geochimica et Cosmochimica Acta, 52, 2749-2765.

Gimenez, E., Morell, I. 1997. Hydrogeochemical analysis of salinization processes in the coastal aquifer of Oropesa (Castellon, Spain). Environmental Geology, 29(1/2), 118-131.

Gosselin, D.C., Harvey, F.E., Frost, C., Stotler, R., Macfarlane, P.A. 2004. Strontium isotope geochemistry of groundwater in the central part of Dakota (Great Plains) aquifer, USA. Appl Geoche. 19:359– 77.

Göçmez, G., Kara, İ., Nalbantçılar, M.T., Güzel, A. 2005. Konya'daki Sıcak ve Mineralli Suların Hidrokimyasal Özellikleri. II. Ulusal Hidrolojide İzotop Teknikleri Sempozyumu, 121-132., İzmir.

Göçmez, G. 2009. "Jeotermal Enerji Ders Notları". S.Ü.Mühendislik Mimarlık Fakültesi Jeoloji Bölümüm. 117 s. Konya.

Göğer, E., Kıral, K. 1969. Kızılören (Konya) dolayının Jeolojisi; Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Raporu.No: 5204, 86s, Ankara.

Göncüoğlu, M.C., Dirik, K., Erler, A., Yalınız, K., Özgül, L., Çemen, İ. 1996. Tuzgölü havzası batı kısmının temel jeolojik sorunları. TPAO. Rapor no. 3753, Ankara.

Görür, N. 1981. Tuz Gölü Havzasının Stratigrafik Analizi. TJK 35.Bilimsel ve Teknik Kurultayı, İç Anadolu Jeolojisi sempozyumu, s.60-65. Ankara.

Görür, N., Derman, S. 1978. Tuz Gölü-Haymana havzasının stratigrafik ve tektonik analizi. TPAO Rap No: 1514 (Yayınlanmamış).

Guenduoz, A., Moulla, A.S., Remini, B., Michelot, J.L. 2006. Hydrochemical and isotopic behaviour of a Saharan phreatic aquifer suffering severe natural and anthropic constraints (case of Oued-Souf Region, Algeria). Hydrogeology Journal 14: 955-968.

Guler, C., Thyne, G.D., McCray, J.E., Turner, A.K. 2002. Evaluation of graphical and multivariate statistical method for classification of water chemistry data. Hydrogeology Journal 10(4): 455–474.

Gündoğan, A., Helvacı, C. 1996. Geology, Hydrochemistry, Mineralogy and Economic Potential of the Bolluk Lake (Cihanbeyli-Konya) and the Adjacent Area. Turkish Journal of Earth Sciences.5-2, s: 91-103.

Hakyemez, Y. 1991. Konya-Çumra-Akören Dolayının Jeolojisi. MTA. Rapor No: 9449.

Helena, B.A., Vega, M., Barrado, E., Pardo, R., Fernandez, L. 1999. A case of Hydrochemical Characterization of an Alluvial Aquifer Influenced by Human Activities, Water, Air and Soil Pullution, 112:365-387.

Herczeg, A.L., Torgersen, T., Chivas, A.R., Habermehl, M.A. 1991. Geoghemistry of groundwaters from the Great Artesian Basin, Australia. J. Hydrol., 126: 225-245.

Herczeg, A.L., Simpson, H.J., Mazor, E. 1993. Transport of soluble salts in a large semiarid basin; River Murray, Australia. J. Hydrol., 144: 59-84.

Hounslow, A.W., Back, D.B. 1985. Evaluation of Chemical Data from Water Supplies in Southwestern Oklahoma. Final report to the Oklahoma Water Resources Board, 125-130.

IAH (International Association of Hydrogeologist) 1979. Map of mineral and thermal water of Europe, Scale 1:500000. International Association of Hydrogeologist, London.

IAEA (International Atomic Energy Agency), 1983. Guidebook on Nuclear Techniques in Hydrology: Technical Reports Series, 91,439pp.

Irion, G., 1970, Mineralogisch-sediment petrographische und geochemis-che untersuchungen am Tuz Gölü (Salz See), Turkei: Unpublished Ph. D. Thesis. Univ. Of Ruprecth-Karl, Heidelberg, 68p.

Jankowski, J., Acworth, R.I. 1997. Impact of debris-flow deposits on hydrogeochemical process and the development of dry land salinity in the Yass River catchment, New South Wales, Australia. Hydrogeol J 5(4):71-88.

Jenson, S.K., Domingue, J.O. 1988. Extracting topographic structure from digital elevation data for geographical information system analysis. Photogrametric Engng Remote Sensing 54, 1593-1600.

Johnson, C.C. 1979. Land application of waste-an accident waiting to happen. Groundwater, 17(1):69-72.

Kara, İ., Durdu, M., Öziçli, M.F. 2008. Konya-Cihanbeyli Sıcak ve Mineralli Sularının Hidrojeokimyasal ve İzotopik Özellikleri. III. Hidrolojide İzotop Teknikleri Sempozyumu, 77-94: 13-17 Ekim, İstanbul.

Karaman, E. 1983. Konya-Altınekin çevresinin Jeolojisi ve Tektonik Gelişimi. MTA. Jeolojik Araş. Rap. No: 222, Ankara.

Karimi, H., Moore, F. 2007. The source and heating mechanism fort he Ahram, Mirahmad ad Garu thermal springs, Zagros Mountains, Iran. Geothermic., 37: pp. 84-100.

Keller, J., Jung, D., Burgath, K., Wolff, F. 1977. Geologie und Petrologie des Neogenen Kalkalkali-Vulkanismus von Konya (Erenler Dağ-Alaca Dağ Massiv, Zentral. Anatolien). Geol. Jb., B25, 37-117, Hannover.

Kharaka, Y.K., Mariner, R.H., 1987. Chemical geothermometers and their application to formation waters from sedimentary basins. In: Thermal History of Sedimentary Basins (Naeser, D., McCulloh, T.H., -eds), 75-102, New York.

Kharaka, Y. K., Mariner, R. H. 1989. Chemical Geothermometers and their Application to formation waters from sedimentary basins. In: N. D. Näser & T. H. McCulloh (Eds.), Thermal History of Sedimentary Basins; Methods and Case Histories (pp. 99-117). Springer Verlag.

Kharaka, Y. K., Lico, M.S., Law, L.M. 1982. Chemical geothermometers applied to formation waters, Gulf of Mexico and California Basins. Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull., 66, 558.

Khodapanah, L., Sulaiman, W.N.A., Khodapanah, N. 2009. Groundwater Quality Assessment for Different Purposes in Eshtehard District, Tehran, Iran. European Journal of Scientific Research. Vol.36 No.4, pp.543-553.

Kim, R.H., Yum, B.W., Chang, H.W. 2002. Hydrogeochemical and isotopic characteristics for salinization of a shallow groundwater in coastal area, Youngkwang, Korea. Proc. 17th Salt Water Intrusion Meeting, Delft, The Netherlands, May 2002, pp 227–237.

Kimblin, R.T. 1995. The chemistry and origin of groundwater in Triassic sandstone and Quaternary deposits, North-weast England and some UK comparisons. J Hydrol., 72:293-311.

Koçyiğit, A. 1991a. An example of an accretionary forearc basin from northern Central Anatolia and its implications for the history of subduction of Neo-Tethys in Turkey. Geological Society of American Bulletin, 103, 22-36.

Koçyiğit, A. 1991b. Changing stress orientation in progressive intracontinental deformation as indicated by the neotectonics of the Ankara region (NW of Central Anatolia). TPJD Bülteni 3/1, 48-55.

Koçyiğit, A., Beyhan, A. 1998. A new intracontinental transcurrent structure: the Central Anatolian fault zone, Turkey. Tectonophysics 284, 317−336.

Koçyiğit, A. 2003. General neotectonic characteristics and seismicity of central Anatolia. Turkish Association of Petroleum Geologist Special Publication, 5, 1-26.

Koçyiğit, A., Özacar, A. 2003. Extensional neotectonic regime through the NE edge of the Outer Isparta Angle, SW Turkey: New Field an Seismic Data. Turkish Journal of Earth Sciences, 12, 67-90.

Koçyiğit, A. 2005. The Denizli graben-horst system and the eastern limit of western Anatolian continental extension: basin fill, structure, deformational mode, throw amount and episodic evolutionary history, SW Turkey. Geodinamica Acta, 18 (3-4), 167-208.

Kohfahl, C., Rodriguez, M., Fenk, C., Christian M., Benavente, J., Hubberten, H., Meyer H., Paul, L., Knappe, A., Lopez-Geta, J.S., Pekdeğer A. 2008. Characterising flow regime and interrelation between surface-water and ground water in the Fuente de Piedra salt lake basin by means of stable isotopes, hydrogeochemical and hydroulic data. Journal of Hydrology. 351, 170-187.

Kol, Ç., Küpcü, S. 2008. Spatial Analysis for ArcWiev, ArcEditor and ArcInfo. İşlem Şirketler Grubu Eğitim Dökümanları, 268 s, Sinan Ofset Matbaacılık Sanayi Tic.Ltd. Şti.No:978/9944-5863-5-1, Ankara.

Kortatsi, B.K. 2007. Hydrochemical framework of groundwater in the Ankobra Basin, Ghana. Aquat Geochem. 13: 41-74.

Krabbenhoft, D.P., Bowser, C.J., Anderson, M.P., Valley, J.V. 1990. Estimating groundwater exchange with lakes: 1. The stable isotope mass balance method. Water Resour Res 26:2445-2453.

Kumar, M., Ramanathan, A.L., Rao, M.S., Kumar, B. 2006. Identification and evaluation of hydrogeochemical processes in the groundwater environment of Delhi, India. J Environ. Geol., 50:1025–1039.

Kumar, M., Kumari, K., Singh, U.K., Ramanathan, A.L. 2009. Hydrogeochemical processes in the groundwater environment of Muktsar, Punjab:conventional graphical and multivariate statistical approach. Environmental Geo. 57:873-884.

Kurt, H., Kadıoğlu, Y.K., Arslan, M. 1997. Tuz Gölü'nün doğu ve batısındaki ofiyolitik birimlerin jeolojik ve petrografik yönden karşılaştırılması. Tübitak-Ydabçağ projesi, No:561.

Kurt, H. 2000. Geological and geochemical characteristics of obsidian bearing rhyolite-flow, Tahtayayla, Hasandağ (Aksaray) volcanic rocks, Central Anatolia, Turkey: S.Ü. Müh.Mim. Fak. Derg., 15/2, 49-57.

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

Mackenzie, F.J., Garrells, R.H. 1965. Silicates: reactivity with water. Sci J 1505: 57–58.

Mamucber, P.G. 1991. Interaction between groundwater and surface water systems in northern Victoria. Victoria department of Conservation and Environment Melbourne, Australia. 345s.

Mamucber, P.G.1992. Hydrological processes in the Tyrell Basin, southeastern Australia. Chem Geol 96:1-18.

Marfia, A.M., Krishnamurthy, R.V., Atekwana, E.A., Panton, W.F. 2004. Isotopic and geochemical evolution of ground and surface waters in a karst dominated geological setting: a case study from Belize, Central America. Appl. Geol. (19) 937-946.

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

Meybeck, M. 1984. Les fleuves et le cycle ge´ochimique des e´le´ments. PhD; Univ Paris VI, France.

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

Mazor, E. 1997. Chemical and Isotopic Ground-water Hydrology. Dekker, Ny, 413.

McLean, W., Jankowski, J. 2000. Groundwater quality and sustainability in an alluvial aquifer, Australia. In: Sililo et al (eds) Proc. XXX IAH congress on Groundwater: Past Achievements and Future Challenges. Cape Town South Africa 26th November–1st December 2000. AA Balkema, Rotterdam, Brookfield.

Mercado, A. 1985. The use of Hydrochemical pattern in carbonate, sand and sandstone aquifers to identify intrusion and flushing of saline water. Groundwater 23:335–344.

Mook, W.G. 2001. Environmental isotopes in the hydrological cycle. IHPV, Tech Doc in Hydrology, vol. 39 (1). Paris UNESCO.

Nier, A.O. 1950. A redetermination of the relative abundances of the isotopes of carbon, nitrogen, oxygen, argon and potassium. Phys. Rev. 77: 789-793.

Nicholson, K. 1993. Geothermal fluids: chemistry and exploration techniques. Springer-Verlag, Berlin, Germany, 263 pp., 1993.

Orhan, H. 1997. Tuzgölü havzasındaki (Şereflikoçhisar-Aksaray arası) Üst Kretase yaşlı Asmaboğazı formasyonunun diyajenetik özellikleri. S.Ü. Müh. Mim. Fak. 20. Yıl Jeoloji Sempozyumu, 361-372, Konya.

Özaydın, V., Şendil, U., Altınbilek D. 2005. Su Bütçesi Elemanlarının Arasındaki İlişkilerin Kararlı İzotoplarla İncelenmesi. II. Ulusal Hidrolojide İzotop Teknikleri Sempozyumu. İzmir, 31-44.

Özcan, A., Göncüoğlu, M.C., Turhan, N., Şentürk, K., Uysal, Ş., Işık, A. 1990. Konya-Kadınhanı-Ilgın Dolayının Temel Jeolojisi. MTA Der. Rap. No: 9535, Ankara.

Özmumcu, Ö. 1974. Tuzgölü Batısının Jeolojisi. TPAO Rapor no: 876, Ankara.

Özsayın, E., Dirik, K. 2005. Cihanbeyli Fay Zonu'nun (Eskişehir-Sultanhanı Fay Sistemi'nin güney segmenti) Kuvaterner aktivitesi. ATAG-9 Aktif Tektonik Araştırma Grubu 9. Toplantısı, 22-24 Eylül 2005, Bildiri Özetleri Kitabı, s 41.

Özsayın, E. 2007. İnönü–Eskişehir Fay Sistemi'nin Yeniceoba–Cihanbeyli (Konya–Türkiye) Arasındaki Bölümünün Neojen–Kuvaterner Yapısal Evrimi. Doktora Tezi, H.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü 120 s, Ankara.

Özsayın, E., Dirik, K. 2007. Quaternary activity of the Cihanbeyli and Yeniceoba Fault Zones. İnönü-Eskişehir Fault System, Central Anatolia. Turkish Journal of Earth Sciences, 16, 471-492.

Pakalne, M. 2004. Wetland management methods in protected nature areas and their application in LIFE-Nature projects. Baltic Environmetntal Forum, University of Latvia Department of Botany and Ecology, Latvia. 31 p.

Parkhurst, D.L., Appelo, C.A.J. 1999. User's Guide to PHREEQC (Version 2-A) Computer Program for Speciation, Batch-Reaction, One-Dimensional Transport, and Inverse Geochemical Calculations. U.S. Geological Survey Water Resources Investigations.

Payne, B.R., Dinçer, T. 1965. Isotope survey of the Karst region of Southern Turkey. Proceedings of the Sixth International Conference on Radiocarbon and Tritium Dating, Pullman, Washington, June, p. 671-86.

Petrides, B., Cartwright, I. 2006. The hydrogeology and hydrogeochemistry of the Barwon Downs Graben aquifer, southwestern Victoria, Australia. 14:809-826.

Petrides, B. Cartwright, I., Weaver, T.R. 2006. The evolution of groundwater in the Tyrrell catchment, South-central Murray Basin, Victoria, Australia.14:1522-1543.

Piper, A.M. 1944. A Graphic procedure in the geochemical interpretation of water analyses. Transactions, American Geophysical Union 25: 914-23.

Rajmohan, N., Elango, L. 2004. Identification and evolution of hydrogeochemical processes in the groundwater environment in an area of the Palar and Cheyyar River Basins, Southern India.Environ Geol 46:47–61.

Raju, N.J. 2007. Hydrogeochemical parameters for assessment of groundwater quality in upper Gunjanaeru River basin, Cuddapah District, Andhra Pradesh, South India, Environ Geol 52:1067-1074.

Ramsar Convention, 2004. The Ramsar Convention Manuel: A Guide to the Convention on Wetlands (Ramsar, Iran, 1971), 3rd edition, Switzerland.

Reckamp, J.U., Özbey, S. 1960. Petroleum geology of Temelli and Kuştepe Structures, Polatlı area: Pet. İş. Gen. Md. Rap., (yayımlanmamış), Ankara.

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, 1479-1492.

Richards, L.A. 1954. "Diagnosis and improvement of saline alkali soils: Agriculture", vol 160.Handbook 60, US Department of Agriculture, Washington DC.

Rigo de Righi, M., Cortesini, A. 1960. Regional studies of the Central Anatolian basins progress report. PDR Turkish Gulf Oil Co. Rapor No. II /11-12 (Yayınlanmamış).

Rouabhia A., Fehdi, Ch., Baali, F., Djabri, L., Rouabhi, R. 2009. Impact of human activities on quality and geochemistry of groundwater in the Merdja area, Tebessa, Algeria. Environmental Geology 56:1259–1268.

SAKY, 1994. Sulak Alanların Korunması Yönetmeliği.

Sami, K. 1992. Recharge mechanisms and geochemical processes in a semi-arid sedimentary basin, Eastern Cape, South Africa.J Hydrol 139:27–48.

Sanches-Martos, F., Pulido-Bosch, A. 1999. Boron and the origin of salinization in an aquifer in southeast Spain. Surface Geoscience. 328, 751-757.

Sastri, J.C.V. 1994. Groundwater chemical quality in river basins, hydrogeochemical facies and hydrogeochemical modeling. Lecture notes-refresher course conducted by school of Earth Sciences. Bharathidasan University, Thiruchirapalli, Tamil Nadu, India.

Savaşçın, M. Y., Birsoy, R. 1992. Geochemical Setting and hydrochemical evolutions of three modern saline lakes in Central Anatolia: Abstracts of hte 6 th Congress of Geological Society of Greece, Athens, p.105-106.

Schoeller, H. 1962. Les eaux souterraines, Masson etcie, Paris (Çeviren: Karacadağ, K., 1973. Yeraltısuları Dizerkonca Matbaası). İstanbul.

Schoeller, H. 1965. Hydrodynamique lans lekarts (ecoulemented emmagusinement). Actes Colloques Doubronik, I,AIHS et UNESCO, pp3-20.

Shainberg, I., Oster, J.D. 1976. Quality of irrigation water. IIIC publication No: 2.

Singh A. K., Mondal, G.C., Kumar, T.B., Singh, Tewary, B.K., Sinha, A. 2008. Major ion chemistry, weathering processes and water quality assessment in upper catchment of Damodar River basin, India, Environmental Geology. 54, 745–758.

Smemoe, C. M. 1997. Linking Gis Data To Hydrologic Models. Http://emrl.byu.edu/chris/documents/watergis.pdf

Stallard, R.F., Edmond, J.M. 1983. Geochemistry of Amazon, the influence of geology and weathering environment on the dissolved load. J. Geophys. Res., 88:9671–9688.

Subyani, A. M. 2005. Hydrochemical identification and salinity problem of groundwater in Wadi Yalamlam basin, Western Saudi Arabia. J. Arid Environ., 60:53–66.

Subramanian, V., Saxena, K. 1983. Hydrogeology of groundwater in Delhi Region of India, Relation of water quality and quantity.Proceedings of the Hamberg symposium IAHS publication. No:146.

Szabolcs, I., Darab, C. 1964. The influence of irrigation water of high sodium carbonate content of soils In: Proceedings of 8th International Congress of Isss, Trans, vol II, pp 803–812

Şahinci, A. 1991a. Dogal Sularin Jeokimyasi. Reform Matbaası, Beyler-İzmir, 548s.

Şahinci, A. 1991b. Jeotermal Sistemler ve Jeokimyasal Özellikleri. Reform Matbaası, No.37/4 Beyler-İzmir, 247 s.

Şaroğlu, F., Boray, A., Emre, Ö. 1987. Türkiyenin aktif fayları. MTA Rapor No. 8643. 394 s, Ankara.

Şengör, A.M.C., Yılmaz, Y. 1983. Türkiye'de Tetisin evrimi: Levha tektoniği açısından bir yaklaşım. TJK Yerbilimleri özel dizisi, no:1, 75s.

Şimşek, Ş. 1995. Sıcak ve Mineralli sular. Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Ders Teksirleri No:16, 83s, Ankara.

Şimşek, C. 2005. Balçova Jeotermal Sahasında Bor ve Arsenik Kirliliği, Türk Tesisat Kongresi, TESKON–2005, Jeotermal Seminer Kitabı, 361–368, 23–26 Kasım.

Şimşek, Ş., Yıldırım N. 2000. Geothermal Activity at 17 August 12 November 1999 Eastern Marmara Earthquake Region, Turkey, IGA Meeting 6-7 March 2000, 1-9 Antalya.

Taheri Tizro, A., Vouduris, K.S. 2008. Groundwater quality in the semi-arid region of the Chahardouly basin, West Iran, Hydrological Processes 22,3066-3078.

Tarboton, D.G. 1997. A New Method For The Determination of Flow Directions And Upslope Areas In Grid Digital Elevation Models, Water Resources Research, 33(2): 309-319.

Tarcan, G. 2002. Jeotermal Su Kimyası. Jenarum Yaz Okulu, 11-21 Haziran 2002, Jeotermalde Yerbilimsel Uygulamalar, 198-245s. İzmir.

Tezcan, L. 1992. Karst Akifer Sistemlerinin Trityum İzotopu Yardımıyla Matematiksel Modellemesi, Doktora tezi, H.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Beytepe, Ankara, 121 s.

Thomas, L. 1994. Hydrogeochemische Untersuchungen an den Ölfeldwassern aus NW-Deutschland und dem Oberrheingraben und ihre Modellierung unter dem Aspect der Entwicklung eines Expertensysthems für Fluid-Rock-Interactions (Diss.). Berliner Geowissenschaftliche Abhandlungen. Selbstverlag Fachbereich Geowissenschaften, Berlin.

Thorntwaite, W.C. 1948. An approach toward a rational classification of climate. Geogr Rev. 38: 55-94.

Tijani, M.N. 1994. Hydrochemical assessment of groundwater in Moro area, Kwara State, Nigeria. Environ Geol 24:194–202.

Todd, D. 1980. Groundwater hydrology. 2nd edn. Wiley, New York, 535 pp.

Tole, M.P., Armannsson H, Zhong-He P, Arnorsson S. 1993. Fluid/mineral equilibrium calculations for geothermal fluids and chemical geothermometry. Geothermics 22(1):17–37.

Travelsi, R., Zairi, M., Dhia, H.B. 2007. Groundwater salination of Sfax superficial aquifer, Tunusia. Hydrogeology J. 15:1341-1355.

Truesdell A.H. 1975. Summary of Section III Geochemical Tech-niques in Exploration. In: Proceedings of the Second United Nations Symposium on the Development and Use of Geothermal Resources, 25-50, San Francisco.

TSE (266) 1997. Türk Standardı: Sular-İçme ve Kullanma Suları. 1. Baskı, Ankara.

Turcotte, R., Fotın, J.P., Rousseau, A.N., Massıcotte, M.,Vıllenueve, J.P. 2001. Determination of the drainage structure of a watershed using a digital

elevation model and a digital river and lake network. Journal of Hydrology 240 (2001) 225-242.

Turkish Gulf Oil 1961. Orta Anadolu'da Tuz Gölü baseninin bölgesel Jeolojisi ve yapılan petrol aramaları. Petrol Faaliyeti, 31-33.

Turgut, S. 1978. Tuz Gölü Havzası'nın stratigrafik çökelsel gelişimi. Türkiye 41. Petrol Kongresi, 115-126.

Turner, J.V., Townley, L.R., Rosen, M.R., Sklash, M.K. 1992. Coupling the spatial distribution of solute concentration and stable isotope enrichments to hydrologic processes in hypersaline paleochannel aquifers. In: Kharaka YK, Maest A.S. (eds) water-rock interaction, V:1, No: 7, Balkema, pp: 217-221.

Uğurtaş, G. 1975. Tuz Gölü Havzası'nın bir bölümünün jeofizik yorumu: MTA Derg., 85, 38-45.

Uğuz, M.F., Turhan, N., Bilgin, A.Z.,Umut, M., Şen, A.M., Acarlar M. 1999. "Kulu (Konya) Haymana (Ankara) ve Kırıkkale Dolayının Jeolojisi: M.T.A. Der. Rap. No: 10399, Ankara.

Uhlman, K. 1991. The Geochemistry of boron in a landfill monitoring program.Ground Monit Rev. 11:139– 43.

Ulu, Ü., Bulduk, A.K., Ekmekçi, E., Karakaş, M., Öcal, H., Abbas, A., Saçlı, L., Taşkıran, M.A., Adır, M., Sözeri, Ş., Karabıyıkoğlu, M. 1994. İnlice-Akkise ve Cihanbeyli-Karapınar alanının jeolojisi: M.T.A. Der. Rap. No: 9720, Ankara.

Umut, M., Bilgin, Z., Güner, E. 1990. Kadınhanı-Sarayönü-Sülüklü (Konya) Dolayının Jeolojisi. MTA Rapor no: 9030, Ankara.

Unterweger, M.P., Coursey, B.M., Schima, F.J., Mann, W.G. 1980. Preparational calibration of the 1978 National Bureau of Standards tritated-water standards.Intern. J. Appl. Rad. Isot. 31: 611-614.

Urey, H.C. 1947. The thermodynamic properties of isotopic substances. J. Amer. Chem. Soc.: 562-581.

US Salinity Laboratory 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Agricultural handbook no. 60, USDA, 160 p.

Uygun, A. 1981. Tuz Gölü Havzasının Jeolojisi, Evaporit Oluşumları ve Hidrokarbon Olankları. MTA., Türkiye Jeoloji Kurumu 35'inci Bilimsel ve Teknik Kurultayı, İç Anadolu'nun Jeolojisi Sempozyumu, 67-71, Ankara.

Uygun, A., Yaşar M., Erkan, M.C, Baş, H., Çelik, E., Aygün, M., Bilgiç, T., Kayakıran, S., Ayok, F. 1982. Tuzgölü Havzası projesi. Cilt 2. MTA Raporu, No: 6859 (yayınlanmamış).

Ünalan, G., Yüksel, V. 1978. Eski bir graben örneği: Haymana - Polatlı havzası. TJK Bült., 21, 165-169.

Ünlü, A., Çoban, F., Tunç, M. S. 2008. Hazar Gölü Su Kalitesinin Fiziksel ve İnorganik-Kimyasal Parametreler Açısından İncelenmesi. Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisi, Cilt 23, No 1, 119-127.

Venkatachalam, P., Mohan, B.K., Kotwal, A., Mıshra, V., Muthuramakrıshnan, V., Pandya M. 2001. Automatic Delineation of Watersheds for Hydrological Applications Proc. ACRS 2001 - 22nd Asian Conference on Remote Sensing, 5-9 November 2001, Singapore. Vol. 2, pp. 1096-1101.

Weaver, T.R., Frape, S.K., Cherry J.A. 1995. Recent cross-formational fluid flow and mixing in the shallow Michigan Basin. Geol Soc Am Bull 107:697-707.

Wischusen, J.D.H, Fifield, L.K., Cresswell, R.G. 2004. Hydrogeology of Palm Valley, central Australia; a Pleistocene flora refuge? Journal of Hydrology 293:20-46.

Wilcox, L.V. 1948. The quality of water for irrigation use, vol 40. US Department of Agriculture Technology Bulletin 962, Washington DC.

Yeniyol, M. 1979. Yunak (Konya) Dolayı Manyezitlerin Oluşum Sorunları, Değerlendirilmeleri ve Yöre Kayaçlarm Petrojenezi. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi 175 s, İstanbul.

Yurtsever, Y., Gat, J.R. 1981. Atmospheric waters. In: Stable isotope hydrology: Deuterium and Oxygen-18 in the water cycle. Technical Report Series 210:103-142. IAEA, Vienna.

http://worldwind.arc.nasa.gov/download.html

http: // www. turkiyetuz. com /gol / yavsan.asp

http://www.etkinpatent.com/habervizyon/yazi_goster_ortak.php?w=istanbul&e_id=32918.

http://wephelp.esri.com/arcgisdesktop/9.2/index.cfm?id=2799&pid=2798&topicname=An overview of 3D Analst

http://wephelp.esri.com/arcgisdesktop/9.2/index.cfm?TopicName=An overview of Spatial Analst.

http://tr.wikipedia.org/wiki/Tuz_G%C3%B6l%C3%BC

EK- 4 İnceleme alanındaki suların fizikokimyasal analiz sonuçları (Ekim 2008).

Örnek No	EC	pH	T (^{0}C)	Ca	Ca	Mg	Mg	Na	Na	K	K	Cl	Cl	HCO_3+ CO_3	HCO_3+ CO_3	SO_4	SO_4
				meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l
1	878	7,50	17,5	2,28	45,6	3,42	41,04	1,45	33,35	0,062	2,418	2	71	3,6	219,6	1,61	77,4
2	733	7,2	18	2,3	46	3,43	41,16	1,48	34,04	0,062	2,418	1,83	64,965	3,8	231,8	1,64	78,8
3	751	7,6	16,8	2,35	47	3,44	41,28	1,45	33,35	0,062	2,418	1,8	63,9	3,65	222,65	1,85	88,9
4	750	7,8	17	2,33	46,6	3,42	41,04	1,45	33,35	0,063	2,457	1,79	63,545	3,65	222,65	1,82	87,5
5	744	7,8	17,8	2,29	45,8	3,43	41,16	1,44	33,12	0,062	2,418	1,78	63,19	3,7	225,7	1,74	83,6
6	743	7,77	17,5	2,28	45,6	3,41	40,92	1,45	33,35	0,062	2,418	1,82	64,61	3,66	223,26	1,72	82,7
7	731	7,5	18	2,28	45,6	3,42	41,04	1,45	33,35	0,063	2,457	1,8	63,9	3,795	227,31	1,62	77,7
8	743	7,65	18,2	2,29	45,8	3,43	41,16	1,44	33,12	0,063	2,457	1,8	63,9	3,66	223,26	1,76	84,6
9	733	7,5	18,1	2,27	45,4	3,42	41,04	1,44	33,12	0,063	2,457	1,85	65,675	3,8	231,8	1,54	74,1
10	741	7,80	17,2	2,28	45,6	3,42	41,04	1,435	33,01	0,062	2,418	1,86	66,03	3,71	226,3	1,63	78,1
11	740	7,7	17,1	2,3	46	3,42	41,04	1,413	32,499	0,062	2,418	1,88	66,74	3,71	226,31	1,61	77,0
12	742	7,64	17,5	2,3	46	3,4	40,8	1,428	32,844	0,062	2,418	1,8	63,9	3,59	218,99	1,80	86,4
13	729	7,8	17,6	2,28	45,6	3,42	41,04	1,442	33,166	0,063	2,457	1,8	63,9	4	240,28	1,41	67,4
14	746	7,71	17,5	2,3	46	3,42	41,04	1,44	33,12	0,061	2,379	1,79	63,545	3,6	219,6	1,83	87,9
15	748	7,6	18	2,28	45,6	3,41	40,92	1,45	33,35	0,062	2,418	1,83	64,965	3,4	207,4	1,97	94,7
16	742	7,8	17,4	2,27	45,4	3,4	40,8	1,45	33,35	0,061	2,379	1,88	66,74	3,62	220,82	1,68	80,7
17	739	7,7	18,1	2,26	45,2	3,4	40,8	1,45	33,35	0,063	2,457	1,88	66,74	3,65	222,65	1,64	78,9
18	734	7,5	16,9	2,28	45,6	3,42	41,04	1,45	33,35	0,062	2,418	1,8	63,9	3,82	233,02	1,59	76,4
19	862	7,74	15,9	2,7	54	3,8	45,6	1,8	41,4	0,062	2,418	2,75	97,63	3,8	231,8	1,81	87,0
20	646	7,50	18,5	3,2	64	2,5	30	0,45	10,35	0,025	0,975	1,9	67,45	3,2	195,2	1,08	51,6
21	585	8,22	17,6	2,1	42	2,7	32,4	0,54	12,42	0,095	3,705	2	71	2,61	158,9	0,83	39,6
22	1322	8,00	17,8	3,42	68,4	3,788	45,46	5,215	119,9	0,159	6,201	7	248,5	3,01	183,3	2,57	123,5
23	1339	7,97	17	3,5	70	3,78	45,36	5,3	121,9	0,16	6,24	7,1	252,05	3	183	2,64	126,7
24	1331	8	18,2	3,45	69	3,8	45,6	5,25	120,75	0,16	6,24	7,1	252,05	3	183	2,56	122,9
25	4702	7,37	16	13,6	272	18,4	220,8	14,05	323,15	1,23	47,97	15	532,5	3,6	219,6	28,68	1376,6
26	2522	6,75	19,5	7	140	9,2	110,4	10	230	0,4	15,6	9,2	326,6	5	305	12,40	595,2

EK-4. İnceleme alanındaki suların fizikokimyasal analiz sonuçları (Ekim 2008).

Örnek No	EC	pH	T (^{0}C)	Ca	Ca	Mg	Mg	Na	Na	K	K	Cl	Cl	HCO_3+ CO_3	HCO_3+ CO_3	SO_4	SO_4
				meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l
27	2761	8,20	18	3,2	64	4,8	57,6	19,5	448,5	0,875	34,125	15	532,5	3,62	220,2	9,76	468,2
28	4952	6,56	32	30,5	610	19,2	230,4	14,5	333,5	0,6	23,4	13	461,5	14,3	872,3	37,5	1800
29	4414	6,57	25,6	21	420	16,4	196,8	13,5	310,5	0,58	22,62	12	426	13,5	823,5	25,98	1247
30	4828	6,8	21	25	500	18,6	223,2	12	276	0,55	21,45	12,4	440,2	12,9	786,9	30,85	1480,8
31	4290	6,45	33,6	21,2	424	17,4	208,8	11,05	254,15	0,56	21,84	11	390,5	13,4	817,4	25,81	1238,9
32	5438	6,5	25,6	30,27	605,4	18,2	218,4	14,8	340,4	0,62	24,18	15,5	550,25	16	976	32,39	1554,7
33	5284	6,85	35,8	28,67	573,4	17,58	210,96	14,9	342,7	0,62	24,18	11,9	422,45	12,1	738,1	37,77	1813
34	5532	6,8	38,4	31,4	628	20,7	248,4	15,8	363,4	0,6	23,4	11,7	415,35	12,5	762,5	44,3	2126,4
35	4929	6,78	32,8	24,3	486	17,56	210,72	15,04	345,92	0,62	24,18	12,7	450,85	13,04	795,44	31,78	1525,4
36	4554	6,5	23,5	21,6	432	16,4	196,8	14,6	335,8	0,62	24,18	11,45	406,475	12,9	786,9	28,87	1385,8
37	2141	6,89	14	12,8	256	6,4	76,8	4,2	96,6	0,45	17,55	4	142	9,6	585,6	10,25	492,0
38	1855	6,8	18,4	6	120	11,2	134,4	2,7	62,1	0,325	12,675	5	177,5	8	488	7,23	346,8
39	1817	7,03	18	8,8	176	6,85	82,2	3,2	73,6	0,777	30,303	5,61	199,2	7,6	463,6	6,42	308,0
40	3493	6,94	21	17,9	358	12	144	6,97	160,31	0,74	28,86	8,2	291,1	8,5	518,5	20,91	1003,7
41	4545	6,93	22,5	16,72	334,4	11,8	141,6	7,2	165,6	0,75	29,25	8,3	294,65	8,4	512,4	19,77	948,96
42	3445	6,88	20,5	17,05	341	12,4	148,8	6,8	156,4	0,74	28,86	7,8	276,9	8	488	21,19	1017,1
43	3424	6,88	20,7	16,8	336	12,03	144,36	7,2	165,6	0,75	29,25	7,6	269,8	8,2	500,2	20,98	1007
44	7326	8,88	17,6	9,2	184	8,9	106,8	69,3	1594	0,8	31,2	70	2485	4,4	268,4	13,80	662,4
45	788	7,58	14,7	4	80	2,8	33,6	0,75	17,25	0,125	4,875	3	106,5	4,1	250,1	0,58	27,6
46	785	7,46	15,2	4	80	2,8	33,6	0,75	17,25	0,125	4,875	3	106,5	4,1	250,1	0,58	27,6
47	1876	7,80	17,7	5,9	118	5,1	61,2	6,9	158,7	0,12	4,68	12	426	2	122	4,02	193,0
48	1894	7,17	15	6	120	11	132	2,5	57,5	0,55	21,45	7,5	266,25	7,4	451,4	5,15	247,2
49	1070	8,02	17	6,4	128	3,34	40,08	0,55	12,65	0,18	7,02	3,5	124,25	5	305	1,97	94,56
50	582	8,20	15,8	2,64	52,8	1,4	16,8	1,38	31,74	0,095	3,705	1,8	63,9	3	183	0,72	34,3
51	562	8	16,3	2,5	50	1,4	16,8	1,31	30,13	0,08	3,12	1,85	65,675	3,12	186,6	0,32	15,4
52	571	8,2	16,5	2,6	52	1,36	16,32	1,38	31,74	0,12	4,68	1,8	63,9	3,15	187,5	0,51	24,5

EK-4. İnceleme alanındaki suların fizikokimyasal analiz sonuçları (Ekim 2008).

Örnek No	EC	pH	T (^{0}C)	Ca	Ca	Mg	Mg	Na	Na	K	K	Cl	Cl	HCO_3+ CO_3	HCO_3+ CO_3	SO_4	SO_4
				meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l
53	562	7,75	16,2	2,5	50	3,64	43,68	0,15	3,45	0,023	0,897	1,5	53,25	4	244	0,81	39,0
54	2805	7,95	17,7	1,2	24	5,2	62,4	22,536	518,33	0,06	2,34	14	497	3,2	195,2	11,80	566,21
55	3071	7,93	15	4	80	8,4	100,8	19,89	457,47	0,06	2,34	10	355	3,2	195,2	19,15	919,2
56	1041	8,14	18,2	2,6	52	3,6	43,2	4	92	0,03	1,17	3,7	131,4	4,2	256,2	2,33	111,8
57	2334	7,84	18	3,29	65,8	7,07	84,84	13,64	313,7	0,068	2,6325	10	355	4,8	292,8	9,27	444,8
58	1582	7,76	16,8	5,4	108	6,7	80,4	3,2	73,6	0,035	1,365	5,5	195,25	3,1	189,1	6,74	323,3
59	710	7,75	16,4	2	40	2,2	26,4	2,5	57,5	0,175	6,825	3,2	113,6	3,6	219,6	0,07	3,6
60	1132	7,82	18,7	3,2	64	2,1	25,2	5,26	121	0,18	7,02	4,5	159,8	3,2	195,2	3,04	145,9
61	3043	8,00	18,4	5,69	113,8	15,03	180,4	11,17	256,8	0,05	1,95	13	461,5	2,5	149,4	16,44	789,0
62	2921	8,12	18	5,8	116	13,6	163,2	11	253	0,06	2,34	12	426	2,56	152,5	15,90	763,2
63	2852	8,14	17,6	5,2	104	12,98	155,8	11,36	261,28	0,06	2,34	12,5	443,75	2,54	148,46	14,59	700,3
64	2939	8,06	17,8	5,6	112	13,5	162	11,5	264,5	0,05	1,95	12,68	450,14	2,53	150,3	15,44	741,1
65	2880	8	18,2	5,5	110	13,2	158,4	11,165	256,8	0,055	2,145	13	461,5	2,53	150	14,40	691,2
66	521	8,10	17,5	2,325	46,5	1,067	12,8	1,27	29,21	0,094	3,666	1,5	53,25	2,12	125,6	1,14	54,5
67	1626	7,98	16,6	3,21	64,2	7,2	86,4	5,34	122,8	0,3	11,7	2,7	95,85	3,8	231,8	9,55	458,4
68	2243	7,99	18,1	6	120	8,5	102	8,1	186,3	0,3	11,7	4	142	4,3	262,3	14,60	700,8
69	2621	7,98	18,4	6	120	8,38	100,6	12,6	289,8	0,3	11,7	4	142	4,3	262,3	18,98	911,0
70	1326	7,97	16,2	2,8	56	5,8	69,6	4,23	97,29	0,03	1,17	2,5	88,75	3,4	207,4	6,96	334,1
71	1344	7,97	16,7	2,8	56	6	72	4,2	96,6	0,03	1,17	2,47	87,685	3,4	207,4	7,16	343,7
72	1318	7,95	16,8	2,74	54,8	5,9	70,8	4,1	94,3	0,03	1,17	2,5	88,75	3,4	207,4	6,87	329,8
73	1342	7,96	17,1	2,8	56	6,1	73,2	4,1	94,3	0,03	1,17	2,48	88,04	3,45	210,45	7,10	340,8
74	1724	7,68	17,2	3,2	64	8,8	105,6	5,28	121,44	0,025	0,975	4,5	159,75	4,2	256,2	8,61	413,04
75	7228	7,64	16,3	30,4	608	19,8	237,6	38,75	891,3	0,06	2,34	41,5	1473	3,4	207,4	44,11	2117,3
76	1282	7,69	15,2	4	80	4,3	51,6	4,1	94,3	0,025	0,975	5	177,5	3,7	225,7	3,73	178,8
77	901	7,87	16,8	4,6	92	2	24	1,8	41,4	0,025	0,975	2	71	3,1	189,1	3,33	159,6
78	1437	7,81	16,1	7,1	142	2,3	27,6	4,05	93,15	0,06	2,34	2,5	88,75	2,4	146,4	8,61	413,3

EK-4. İnceleme alanındaki suların fizikokimyasal analiz sonuçları (Ekim 2008).

Örnek No	EC	pH	T (^{0}C)	Ca	Ca	Mg	Mg	Na	Na	K	K	Cl	Cl	HCO_3+ CO_3	HCO_3+ CO_3	SO_4	SO_4
				meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l
79	880	7,86	16,5	4,6	92	1,85	22,2	1,72	39,56	0,025	0,975	2,1	74,55	3	183	3,10	148,6
80	1053	7,65	16,4	4,82	96,4	3,76	45,12	1,44	33,12	0,03	1,17	3,2	113,6	3,5	213,5	3,35	160,8
81	1567	7,84	18	3,75	75	7,4	88,8	3,82	87,86	0,062	2,418	5	177,5	2,3	140,3	7,73	371,1
82	1124	7,85	17,6	3,4	68	4,2	50,4	2,8	64,4	0,062	2,418	4,8	170,4	2,3	140,3	3,36	161,4
83	2350	7,87	16,8	6,6	132	2,81	33,72	13,5	310,5	0,13	5,07	19,6	695,8	2,1	128,1	1,34	64,3
84	994	7,84	17,5	3	60	3,38	40,56	2,71	62,33	0,062	2,418	4,3	152,65	2,2	134,2	2,65	127,3
85	2346	7,85	18,1	6,5	130	3	36	13,4	308,2	0,13	5,07	19,5	692,25	2,2	134,2	1,33	63,8
86	1115	7,84	17,6	3,5	70	4,1	49,2	2,7	62,1	0,062	2,418	4,2	149,1	2,3	140,3	3,86	185,4
87	8917	7,61	17	25,2	504	64,8	777,6	28,9	664,7	0,166	6,474	16,2	575,1	3	183	99,87	4793,6
88	2385	7,83	18,2	5,92	118,4	11,85	142,2	6,49	149,3	0,1	3,9	5	177,5	3,2	195,2	16,16	775,7
89	3927	8,02	17,2	4,48	89,6	20	240	18,72	430,6	0,1	3,9	13,5	479,3	2,8	170,8	27,00	1296,0
90	9305	7,62	17,9	10,2	204	26,79	321,5	85,44	1965	0,3	11,7	45	1598	4,4	268,4	73,33	3519,8
91	3099	7,58	17,6	4,4	88	10,5	126	17,59	404,6	0,26	10,14	15,6	553,8	3,8	231,8	13,35	640,8
92	2139	7,59	17,7	4	80	9,7	116,4	7,5	172,5	0,26	10,14	14,2	504,1	3,5	213,5	3,76	180,5
93	2306	7,57	17,5	6	120	9,1	109,2	7,9	181,7	0,26	10,14	18,5	656,75	3,8	231,8	0,96	46,1
94	2303	7,58	17,6	5,5	110	9,54	114,5	8	184	0,26	10,14	15,56	552,38	3,75	228,75	3,99	191,5
95	3094	7,56	17,5	3,04	60,8	12,96	155,5	16,72	384,6	0,26	10,14	15	532,5	4,4	268,4	13,58	652,0
96	6227	7,90	17,3	5,88	117,6	22,4	268,8	46,9	1079	0,25	9,75	18,64	661,7	4	244	52,79	2533,9
97	3338	7,65	17,2	8,83	176,6	13,5	162	12,8	294,4	0,125	4,875	18	639	2,4	146,4	14,86	713,0
98	2996	7,84	17	6,8	136	11,4	136,8	12,79	294,17	0,125	4,875	14,32	508,36	2,4	146,4	14,40	691,0
99	3083	7,66	17,8	7	140	12,1	145,2	13	299	0,125	4,875	17	603,5	2,7	164,7	12,53	601,2
100	833	8,17	16,8	1,2	24	5,2	62,4	1,8	41,4	0,06	2,34	2	71	4,15	249,5	2,11	101,3
101	552	8,06	16,3	0,7	14	2,52	30,24	1,9	43,7	0,12	4,68	1,5	53,25	2,55	151,5	1,19	57,1
102	834	8,00	16,3	3,36	67,2	2,66	31,92	1,845	42,44	0,015	0,585	2	71	3,12	186,6	2,76	132,5
103	1016	7,98	16	2,8	56	4	48	2,7	62,1	0,2	7,8	3,2	113,6	3,5	213,5	3,00	144,0
104	923	7,97	16,5	2,8	56	3,7	44,4	2,1	48,3	0,2	7,8	3	106,5	3,5	213,5	2,30	110,4

EK-4. İnceleme alanındaki suların fizikokimyasal analiz sonuçları (Ekim 2008).

Örnek No	EC	pH	T (^{0}C)	Ca	Ca	Mg	Mg	Na	Na	K	K	Cl	Cl	HCO_3+ CO_3	HCO_3+ CO_3	SO_4	SO_4
				meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l
105	879	7,97	16,2	2,6	52	3,5	42	2	46	0,25	9,75	2,8	99,4	3,4	207,4	2,15	103,2
106	983	7,95	16,4	2,7	54	4	48	2,5	57,5	0,175	6,825	3	106,5	3,45	210,45	2,93	140,4
107	1013	7,98	16,5	2,8	56	4	48	2,7	62,1	0,175	6,825	2,8	99,4	3,5	213,5	3,38	162,0
108	786	8,00	15	2,415	48,3	2,9	34,8	1,97	45,31	0,017	0,663	1,5	53,25	2,6	158,6	3,20	153,7
109	825	7,70	17,8	3	60	2,45	29,4	2,43	55,89	0,136	5,304	2,2	78,1	3,98	242,8	1,84	88,1
110	814	7,7	17,4	2,87	57,4	2,52	30,24	2,4	55,2	0,136	5,304	2	71	4	244	1,93	92,4
111	6276	7,75	17,8	12	240	41,6	499,2	22,36	514,28	0,12	4,68	32	1136	2,6	158,6	41,48	1991,0
112	6335	7,88	18,2	13,4	268	34,5	414	28,72	660,6	0,26	10,14	29,2	1037	3,35	204,4	44,33	2127,8
113	5383	6,12	42,6	32,88	657,6	16,2	194,4	15,75	362,25	0,735	28,665	13,7	486,35	14,5	884,5	37,365	1793,5
114	5331	6,46	39,75	31,98	639,6	15,3	183,6	15,5	356,5	0,73	28,47	13,1	465,05	13,5	823,5	36,91	1771,7
115	5155	6,34	38,2	31,5	630	15	180	15	345	0,74	28,86	13,24	470,02	15,4	939,4	33,6	1612,8
116	5238	6,24	37,2	32	640	15,6	187,2	15,2	349,6	0,74	28,86	13,6	482,8	14,3	872,3	35,64	1710,7
117	5161	6,32	35,9	28	560	17,6	211,2	15,8	363,4	0,68	26,52	13	461,5	14,2	866,2	34,88	1674,2
118	5167	6,35	36,9	28,6	572	16,2	194,4	16,4	377,2	0,73	28,47	12	426	14	854	35,93	1724,6
119	5214	6,3	29,5	27,2	544	18,2	218,4	17,1	393,3	0,7	27,3	14	497	15,06	918,66	34,14	1638,7
120	608	7,82	17,5	1,889	37,78	3,225	38,7	0,815	18,75	0,05	1,95	1,205	42,7775	3,65	222,7	1,12	54,0
121	657	7,55	16,8	1,9	38	3,19	38,28	1,31	30,13	0,026	1,014	1,78	63,19	3,5	213,5	1,15	55,0
122	659	7,90	16,2	1,88	37,6	3,2	38,4	1,17	26,91	0,06	2,34	1,85	65,675	3,2	195,2	1,26	60,5
123	745	7,60	14,5	3,02	60,4	3,03	36,36	1,61	37,03	0,061	2,379	2,03	72,065	4,275	260,8	1,42	68,0
124*	697	7,44	15,8	3,6	72	2,4	28,8	0,75	17,25	0,05	1,95	2,5	88,75	3,8	231,8	0,50	24,00
125*	379	8,2	15,5	1	20	2,65	31,8	0,02	0,46	0,015	0,585	1	35,5	2,52	150	0,17	7,92
126*	917	7,92	15	2,4	48	4,8	57,6	1,6	36,8	0,035	1,365	2	71	2,4	146,4	4,44	212,9
127*	507	7,85	17,2	2	40	2,8	33,6	0,072	1,656	0,06	2,34	1,5	53,25	3,2	195,2	0,23	11,1
128*	662	7,77	17	1,6	32	3,2	38,4	1,6	36,8	0,12	4,68	2,5	88,75	3,8	231,8	0,22	10,6
129*	643	7,68	16,7	1,6	32	3,1	37,2	1,5	34,5	0,12	4,68	2,4	85,2	3,7	225,7	0,22	10,56
130*	646	7,78	17	1,56	31,2	3	36	1,6	36,8	0,15	5,85	2,5	88,75	3,6	219,6	0,21	10,08

EK-4. İnceleme alanındaki suların fizikokimyasal analiz sonuçları (Ekim 2008).

Örnek No	EC	pH	T (^{0}C)	Ca	Ca	Mg	Mg	Na	Na	K	K	Cl	Cl	HCO_3+ CO_3	HCO_3+ CO_3	SO_4	SO_4
				meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l
131*	523	8,15	16,2	0,8	16	3,2	38,4	0,95	21,85	0,15	5,85	1,5	53,25	3,22	195,62	0,38	18,2
132*	597	7,65	17,6	1	20	3,5	42	1,15	26,45	0,235	9,165	1,5	53,25	3,6	219,6	0,79	37,68
133	5618	7,16	16	31,62	632,4	17,5	210	17	391	0,8	31,2	15,49	549,895	16,2	988,2	35,23	1691
134	6984	8,12	16,3	34,6	692	27	324	24,9	572,7	0,9	35,1	21	745,5	22,7	1384,7	43,7	2097,6
135	5727	7,82	16,2	32,1	642	18	216	16,89	388,47	0,79	30,81	15,34	544,57	15,7	957,7	36,74	1763,5
136	5659	7,12	16	31,94	638,8	17,9	214,8	16,8	386,4	0,7	27,3	14,67	520,785	15,3	933,3	37,37	1793,8
137	5783	7,2	16,7	31,8	636	19,1	229,2	17,4	400,2	0,82	31,98	15	532,5	15,8	963,8	38,32	1839,4
138	5740	7,2	16,5	32,4	648	18,6	223,2	16,5	379,5	0,75	29,25	14,8	525,4	15	915	38,45	1845,6
139	5856	7,18	16,2	33,7	674	18,4	220,8	17	391	0,9	35,1	15,21	539,955	15,9	969,9	38,89	1866,7
140	5722	7,16	16	32,61	652,2	18,08	216,96	16,72	384,56	0,75	29,25	14,81	525,755	15,4	939,4	37,95	1821,6
142	5368	7,2	49	30,45	609	18	216	14,3478	330	0,72821	28,4	13,4	475,7	16,03	977,83	34,096031	1764

EK-5. İnceleme alanındaki suların fizikokimyasal analiz sonuçları (Mayıs 2009).

Örnek No	EC	pH	T (^{0}C)	Ca	Ca	Mg	Mg	Na	Na	K	K	Cl	Cl	HCO_3+ CO_3	HCO_3+ CO_3	SO_4	SO_4
				meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l
1	727	8,04	17	2,4	48	3,3	39,6	1,5	34,5	0,06	2,34	2	71	4,3	262,3	0,96	46,1
2	726	8	17,4	2,48	49,6	3,28	39,36	1,38	31,74	0,05	1,95	2	71	4,33	264,13	0,86	41,3
3	751	8,1	16	2,5	50	3,4	40,8	1,45	33,35	0,05	1,95	2	71	4,28	261,08	1,12	53,8
4	727	7,99	16,8	2,55	51	3,3	39,6	1,3	29,9	0,05	1,95	2	71	4,3	262,3	0,90	43,2
5	724	8,13	17,2	2,41	48,2	3,4	40,8	1,29	29,67	0,06	2,34	1,5	53,25	4,3	262,3	1,36	65,3
6	707	8	16,9	2,4	48	3,25	39	1,32	30,36	0,05	1,95	2	71	4,3	262,3	0,72	34,6
7	713	8	17,2	2,4	48	3,3	39,6	1,4	32,2	0,06	2,34	2	71	4,485	269,4	0,68	32,4
8	727	8,05	17,5	2,45	49	3,3	39,6	1,4	32,2	0,055	2,145	1,8	63,9	4,35	265,35	1,06	50,6
9	731	8,05	17,8	2,46	49,2	3,21	38,52	1,5	34,5	0,06	2,34	1,85	65,675	4,28	261,08	1,10	52,8
10	731	8	16,1	2,43	48,6	3,25	39	1,51	34,73	0,05	1,95	2	71	4,28	261,1	0,96	46,1
11	736	8,04	16,7	2,6	52	3,24	38,88	1,38	31,74	0,05	1,95	2	71	4,3	262,3	0,97	46,6
12	730	8,11	17,1	2,5	50	3,22	38,64	1,44	33,12	0,055	2,145	2	71	4,3	262,3	0,92	43,9
13	712	8,06	16,5	2,4	48	3,4	40,8	1,26	28,98	0,06	2,34	1,85	65,675	4,42	265,9	0,85	40,8
14	733	8,04	17	2,4	48	3,3	39,6	1,5	34,5	0,06	2,34	1,68	59,64	4,32	263,52	1,26	60,5
15	734	8	17,6	2,45	49	3,3	39,6	1,45	33,35	0,05	1,95	2,2	78,1	4,25	259,25	0,80	38,4
16	733	8	16,8	2,5	50	3,25	39	1,45	33,35	0,05	1,95	2	71	4,3	262,3	0,95	45,6
17	727	8,12	16,7	2,44	48,8	3,25	39	1,45	33,35	0,05	1,95	1,8	63,9	4,3	262,3	1,09	52,3
18	727	8,04	16,2	2,45	49	3,2	38,4	1,5	34,5	0,05	1,95	2	71	4,3	262,3	0,90	43,2
19	741	7,76	14,5	2,75	55	3	36	1,6	36,8	0,06	2,34	2,2	78,1	4,5	274,5	0,71	34,1
20	484	8,12	17,6	2,45	49	1,7	20,4	0,6	13,8	0,015	0,585	1,2	42,6	3,5	213,5	0,06	3,1
21	604	8,10	16	2,38	47,6	2,785	33,42	0,5	11,5	0,095	3,705	2	71	3,21	195,5	0,55	26,4
22	1231	7,82	18,4	3,2	64	4	48	4,5	103,5	0,15	5,85	7	248,5	3,61	219,9	1,24	59,5
23	1222	7,85	17,1	3,2	64	4,05	48,6	4,38	100,74	0,15	5,85	7	248,5	3,7	225,7	1,08	51,8
24	1254	7,83	16,8	3,3	66	3,956	47,472	4,67	107,41	0,15	5,85	7	248,5	3,6	219,6	1,48	70,8
25	4592	7,10	15,8	13,6	272	16,8	201,6	13,2	303,6	1,5	58,5	16	568	5,7	347,7	23,40	1123,2
26	2066	7,39	18,8	5,72	114,4	7,64	91,68	7,7	177,1	0,39	15,21	8	284	6,2	378,2	7,25	348,0

EK-5. İnceleme alanındaki suların fizikokimyasal analiz sonuçları (Mayıs 2009).

Örnek No	EC	pH	T (^{0}C)	Ca	Ca	Mg	Mg	Na	Na	K	K	Cl	Cl	HCO_3+ CO_3	HCO_3+ CO_3	SO_4	SO_4
				meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l
28	5275	6,96	29,4	31	620	18,21	218,52	12,75	293,25	0,6	23,4	12,8	454,4	14,8	902,8	34,96	1678,08
29	4108	6,7	23,8	20	400	14	168	13,2	303,6	0,64	24,96	13,2	468,6	14,6	890,6	20,04	961,92
30	4528	6,8	19	23,8	476	17,08	204,96	10,89	250,47	0,53	20,67	11,45	406,475	13,1	799,1	27,75	1332
31	4288	6,58	29,4	23,75	475	15,8	189,6	8,92	205,16	0,45	17,55	9,3	330,15	11	671	28,62	1373,76
32	5191	6,6	22,8	29,63	592,6	18,52	222,24	13,7	315,1	0,605	23,595	13,87	492,385	16,2	988,2	32,385	1554,48
33	5152	7,05	32,4	29,63	592,6	16,53	198,36	13,2	303,6	0,55	21,45	13,4	475,7	13,05	796,05	33,46	1606,08
34	5414	6,89	35,7	32,8	656	19,51	234,12	14,084	323,932	0,6	23,4	13,7	486,35	14,7	896,7	38,594	1852,51
35	4691	6,84	26,7	23,5	470	16,8	201,6	14,05	323,15	0,58	22,62	13,02	462,21	15	915	26,91	1291,68
36	4394	6,42	22,5	21,5	430	15,71	188,52	14,3	328,9	0,6	23,4	14,5	514,75	15	915	22,61	1085,28
37	2110	7,11	15,7	6,4	128	12,8	153,6	3,75	86,25	0,495	19,31	4	142	10,2	622,2	9,25	443,8
38	1507	6,9	17,2	6,64	132,8	6,96	83,52	3	69	0,33	12,87	3,4	120,7	9,86	601,46	3,67	176,2
39	1765	7,65	16,7	9,2	184	6,3	75,6	2,48	57,04	0,69	26,91	3,3	117,2	10,4	634,4	4,97	238,6
40	3025	6,62	19,8	15,85	317	11,95	143,4	4,37	100,51	0,45	17,55	6,7	237,85	9,8	597,8	16,12	773,76
41	3008	6,8	20	16	320	11,5	138	4,5	103,5	0,45	17,55	6,8	241,4	9,9	603,9	15,75	756
42	2982	6,4	20	15,5	310	11,8	141,6	4,35	100,05	0,5	19,5	6,7	237,85	9,7	591,7	15,75	756
43	3094	6,78	20,1	16,2	324	12,07	144,84	4,7	108,1	0,48	18,72	7,03	249,565	9,7	591,7	16,72	802,56
44	6781	7,64	18,8	8,55	171	8,09	97,08	63	1449	0,78	30,42	71,8	2549	5,8	353,8	2,82	135,4
45	751	7,7	14	4	80	2,8	33,6	0,75	17,25	0,125	4,875	3	106,5	4,1	250,1	0,58	27,6
46	752	7,7	14,6	4	80	2,8	33,6	0,75	17,25	0,125	4,875	3	106,5	4,1	250,1	0,58	27,6
47	1918	7,72	15,6	6,4	128	5,6	67,2	6,6	151,8	0,06	2,34	10,5	372,8	2,5	152,5	5,66	271,7
48	1136	7,14	14,9	6	120	4,4	52,8	2,1	48,3	0,26	10,14	3	106,5	9,5	579,5	0,26	12,48
49	1050	7,67	15,1	8,4	168	1,2	14,4	0,55	12,65	0,2	7,8	4	142	5,5	335,5	0,85	40,8
50	555	8,26	16	2,4	48	1,6	19,2	1,35	31,05	0,06	2,34	1,5	53,25	3,6	219,6	0,31	14,9
51	546	8,15	15,8	2,5	50	1,5	18	1,35	31,05	0,058	2,262	1,5	53,25	3,72	223,2	0,19	9,0
52	572	8,26	16,1	2,6	52	1,6	19,2	1,35	31,05	0,058	2,262	1,5	53,25	3,65	218	0,46	22,0
53	596	7,98	12	3,2	64	2,4	28,8	0,02	0,46	0,26	10,14	1	35,5	4,8	292,8	0,08	3,8

EK-5. İnceleme alanındaki suların fizikokimyasal analiz sonuçları (Mayıs 2009).

Örnek No	EC	pH	T (^{0}C)	Ca	Ca	Mg	Mg	Na	Na	K	K	Cl	Cl	HCO_3+ CO_3	HCO_3+ CO_3	SO_4	SO_4
				meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l
54	2743	8,15	14,2	2,4	48	4,16	49,92	22	506	0,06	2,34	15	532,5	5	305	8,62	413,76
55	2865	7,97	14,3	3,2	64	8	96	19,5	448,5	0,06	2,34	10	355	6,6	402,6	14,16	679,68
56	996	7,81	14	3,04	60,8	3,36	40,32	3,75	86,25	0,023	0,897	4	142	5,8	353,8	0,37	17,9
57	2037	7,85	17	3,2	64	4,8	57,6	13,2	303,6	0,06	2,34	10	355	7	427	4,26	204,5
58	1291	7,72	17,1	4	80	6,2	74,4	2,5	57,5	0,13	5,07	4,2	149,1	4,8	292,8	3,83	183,8
59	744	7,82	16,2	2,1	42	2,4	28,8	2,5	57,5	0,175	6,825	3,3	117,15	3,6	219,6	0,27	13,2
60	977	7,65	17,8	2,8	56	1,6	19,2	5,25	120,8	0,13	5,07	2,5	88,75	5	305	2,28	109,4
61	2980	7,87	17,3	4,4	88	13,6	163,2	13,5	310,5	0,025	0,975	12	426	3,7	222,6	15,83	759,6
62	2944	7,86	17	4,3	86	13,6	163,2	13,2	303,6	0,024	0,936	12	426	3,75	224,1	15,37	738,0
63	2842	7,87	16,5	4,35	87	12,98	155,76	12,5	287,5	0,025	0,975	11,5	408,25	3,65	218	14,71	705,8
64	2928	7,88	17,1	4,41	88,2	13,5	162	12,98	298,54	0,025	0,975	11,9	422,45	3,63	223,5	15,29	733,7
65	2928	7,88	17,4	4,36	87,2	13,42	161,04	13,11	301,53	0,025	0,975	11,68	414,64	3,72	223,2	15,52	744,7
66	576	8,29	17,6	2,8	56	0,8	9,6	1,95	44,85	0,095	3,705	1,8	63,9	3,72	223,2	0,12	6,0
67	1554	7,94	15,4	4	80	5,6	67,2	3,9	89,7	0,26	10,14	3	106,5	5	305	5,76	276,5
68	2113	7,69	14,8	5,6	112	8	96	7,85	180,6	0,26	10,14	5	177,5	5,2	317,2	11,51	552,5
69	2434	7,2	15,3	5,6	112	7,85	94,2	11,8	271,4	0,26	10,14	5,1	181,05	5,2	317,2	15,21	730,1
70	1162	7,87	18,5	2,4	48	4,8	57,6	4,2	96,6	0,025	0,975	2,71	96,21	4,3	262,3	4,42	211,9
71	1188	7,9	16,5	2,5	50	5	60	4,18	96,14	0,023	0,897	2,89	102,6	4,3	262,3	4,51	216,6
72	1178	7,89	17,2	2,42	48,4	5,05	60,6	4,1	94,3	0,025	0,975	2,79	99,045	4,3	262,3	4,51	216,2
73	1179	7,88	16,4	2,4	48	5	60	4,21	96,83	0,025	0,975	2,81	99,755	4,4	268,4	4,43	212,4
74	1183	7,56	16,3	4,8	96	2,8	33,6	5	115	0,023	0,897	4	142	8	488	0,62	29,904
75	7189	7,61	15,8	30,52	610,4	22,53	270,4	35,9	825,7	0,04	1,56	33	1172	3,6	219,6	52,39	2514,7
76	1411	7,87	16,1	4,73	94,6	5,1	61,2	4,18	96,14	0,025	0,975	4,8	170,4	4,9	298,9	4,34	208,1
77	775	7,8	16,5	4	80	1,7	20,4	1,65	37,95	0,025	0,975	2	71	3,5	213,5	1,88	90,0
78	1283	7,84	16,7	6,8	136	1,2	14,4	4	92	0,025	0,975	3	106,5	2,8	170,8	6,23	298,8
79	759	7,87	16,3	4	80	1,6	19,2	1,65	37,95	0,025	0,975	2	71	3,7	225,7	1,58	75,6

EK-5. İnceleme alanındaki suların fizikokimyasal analiz sonuçları (Mayıs 2009).

Örnek No	EC	pH	T (^{0}C)	Ca	Ca	Mg	Mg	Na	Na	K	K	Cl	Cl	HCO_3+ CO_3	HCO_3+ CO_3	SO_4	SO_4
				meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l
80	1023	7,85	16,5	5	100	3,5	42	1,42	32,66	0,025	0,975	3,2	113,6	4,3	262,3	2,45	117,4
81	1379	7,94	18,1	3,41	68,2	6,21	74,52	3,65	83,95	0,06	2,34	4	142	3,3	201,3	6,03	289,4
82	1043	7,94	17	3,2	64	4	48	2,7	62,1	0,06	2,34	3,8	134,9	3,4	207,4	2,76	132,5
83	2299	7,9	15,8	6,5	130	2,79	33,48	13,2	303,6	0,12	4,68	19,48	691,54	2,62	159,82	0,51	24,5
84	924	8,04	17,8	2,8	56	3,2	38,4	2,68	61,64	0,06	2,34	3,68	130,64	3,2	195,2	1,86	89,3
85	2288	7,92	17,3	6,4	128	2,8	33,6	13,2	303,6	0,12	4,68	19	674,5	2,7	164,7	0,82	39,4
86	1046	7,9	17,7	3,44	68,8	3,8	45,6	2,65	60,95	0,06	2,34	3,8	134,9	3,3	201,3	2,85	136,8
87	8442	7,72	15,4	22,8	456	66,5	798	22,14	509,2	0,12	4,68	17,5	621,3	3,8	231,8	90,26	4332,5
88	1843	7,96	17,2	4	80	8	96	6,3	144,9	0,095	3,705	5,5	195,25	3,88	236,68	9,02	432,7
89	3666	8,13	16,3	4,8	96	15,3	183,6	19,5	448,5	0,095	3,705	15	532,5	3,8	231,8	20,90	1003,0
90	9615	7,75	15,9	12	240	28	336	88	2024	0,26	10,14	48,7	1729	6,4	390,4	73,16	3511,7
91	2954	7,84	16,7	6	120	8,4	100,8	7,5	172,5	0,26	10,14	18	639	4,1	250,1	0,06	2,9
92	1878	7,85	16,5	4,8	96	7,6	91,2	6,3	144,9	0,26	10,14	13	461,5	5,2	317,2	0,76	36,5
93	2169	7,84	16,3	5,8	116	8,5	102	7,2	165,6	0,26	10,14	17	603,5	4	244	0,76	36,5
94	1944	7,86	16	5	100	7,9	94,8	6,5	149,5	0,26	10,14	13,2	468,6	5,18	315,98	1,28	61,4
95	2916	7,84	15,9	4,8	96	8,8	105,6	16,5	379,5	0,26	10,14	15	532,5	5,8	353,8	9,56	458,9
96	6137	7,99	15,2	6,6	132	21,8	261,6	45,4	1044	0,43	16,77	19,5	692,3	4,9	298,9	49,83	2391,8
97	2821	7,62	15,4	9,62	192,4	11,95	143,4	7,38	169,7	0,09	3,51	21	745,5	3,2	195,2	4,84	232,3
98	2674	7,81	15,8	9,2	184	9,6	115,2	8,4	193,2	0,13	5,07	13	461,5	2,9	176,9	11,43	548,6
99	3047	7,67	16,5	7	140	12,1	145,2	12,6	289,8	0,13	5,07	16,8	596,4	2,85	173,85	12,18	584,6
101	553	8,15	14,9	0,7	14	2,52	30,24	1,9	43,7	0,12	4,68	1,5	53,25	2,55	150,9	1,19	57,1
102	798	8,06	14,3	3,2	64	2,8	33,6	1,756	40,388	0,012	0,468	2	71	3,92	235,4	1,85	88,7
103	1013	7,75	15,4	2,8	56	4	48	2,7	62,1	0,2	7,8	3,2	113,6	3,5	213,5	3,00	144,0
104	920	7,77	16	2,8	56	3,7	44,4	2,1	48,3	0,2	7,8	3	106,5	3,5	213,5	2,30	110,4
105	877	7,8	14,8	2,6	52	3,5	42	2	46	0,25	9,75	2,8	99,4	3,4	207,4	2,15	103,2
106	980	7,75	16	2,7	54	4	48	2,5	57,5	0,175	6,825	3	106,5	3,45	210,45	2,93	140,4

EK-5. İnceleme alanındaki suların fizikokimyasal analiz sonuçları (Mayıs 2009).

Örnek No	EC	pH	T (^{0}C)	Ca	Ca	Mg	Mg	Na	Na	K	K	Cl	Cl	HCO_3+ CO_3	HCO_3+ CO_3	SO_4	SO_4
				meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l
107	1010	7,8	15,9	2,8	56	4	48	2,7	62,1	0,175	6,825	2,8	99,4	3,5	213,5	3,38	162,0
108	596	8,13	16,7	2,16	43,2	2,24	26,88	1,5	34,5	0,015	0,585	1,6	56,8	4	244	0,32	15,1
109	793	7,50	18	3,1	62	2,5	30	2,4	55,2	0,135	5,265	2,1	74,55	5,3	323,3	0,73	35,3
110	785	7,5	17,6	3,2	64	2,4	28,8	2,35	54,05	0,135	5,265	2	71	5,4	329,4	0,68	32,9
111	6445	7,82	17	15,2	304	41,13	493,56	22	506	0,06	2,34	35,6	1263,8	2,6	158,6	40,19	1929,1
112	6170	7,94	18	15	300	37,4	448,8	22	506	0,26	10,14	28	994	3,6	219,6	43,06	2066,9
113	5250	6,2	42	32,9	658	15,89	190,68	14,2	326,6	0,76	29,64	13,5	479,25	15	915	35,25	1692
114	5284	6,56	38,4	33,01	660,2	15,64	187,68	13,46	309,58	0,76	29,64	13,6	482,8	14,23	868,03	35,04	1681,92
115	5145	6,4	37,6	33,06	661,2	15,32	183,84	13	299	0,76	29,64	13,2	468,6	15,9	969,9	33,04	1585,92
116	5253	6,51	36,5	33,2	664	15,03	180,36	13,8	317,4	0,76	29,64	14	497	14,7	896,7	34,09	1636,32
117	5081	7,2	35,6	29	580	15,8	189,6	14,2	326,6	0,73	28,47	14,1	500,55	16,5	1006,5	29,13	1398,24
118	5089	7,6	36,5	29,6	592	15,2	182,4	13,9	319,7	0,73	28,47	13,65	484,575	16,5	1006,5	29,28	1405,44
119	5284	7,82	29	30	600	16,2	194,4	15,05	346,15	0,74	28,86	14,7	521,85	16,7	1018,7	30,59	1468,32
120	566	8,10	15,7	2,5	50	1,75	21	0,75	17,25	0,06	2,34	1	35,5	4	244	0,06	2,88
121	585	7,82	16,2	2,15	43	2,61	31,32	0,98	22,54	0,025	0,975	1,5	53,25	3,7	225,7	0,57	27,1
122	588	8,14	15,6	2	40	2	24	1,63	37,49	0,06	2,34	1,89	67,095	3,4	207,4	0,40	19,20
123	711	7,71	13,4	3,4	68	2,2	26,4	1,65	37,95	0,06	2,34	2,1	74,55	4,8	292,8	0,41	19,68
124	785	7,98	15	3,6	72	2,4	28,8	0,75	17,25	0,05	1,95	2,5	88,75	3,8	231,8	0,50	24,00
125	6445	8,25	15,1	1	20	2,65	31,8	0,02	0,46	0,015	0,585	1	35,5	2,52	150	0,17	7,92
126	876	7,94	14	4,8	96	2,4	28,8	2,2	50,6	0,12	4,68	1,2	42,6	4,2	256,2	4,12	197,76
127	507	7,89	15,7	2	40	2,8	33,6	0,072	1,656	0,06	2,34	1,5	53,25	3,2	195,2	0,23	11,14
128	653	7,8	16	1,6	32	3,2	38,4	1,6	36,8	0,12	4,68	2,5	88,75	3,8	231,8	0,22	10,56
129	619	7,8	15,8	1,6	32	3,1	37,2	1,5	34,5	0,12	4,68	2,4	85,2	3,7	225,7	0,22	10,56
130	640	7,9	16,4	1,56	31,2	3	36	1,6	36,8	0,15	5,85	2,5	88,75	3,6	219,6	0,21	10,08
131	483	7,85	15,4	2	40	2,91	34,92	1,05	24,15	0,13	5,07	1,2	42,6	3,92	238,5	0,97	46,56
132	572	7,9	15,7	2	40	2,5	30	1,15	26,45	0,12	4,68	1,2	42,6	4,2	256,2	0,37	17,76

EK-5. İnceleme alanındaki suların fizikokimyasal analiz sonuçları (Mayıs 2009).

Örnek No	EC	pH	T (^{0}C)	Ca	Ca	Mg	Mg	Na	Na	K	K	Cl	Cl	HCO_3+ CO_3	HCO_3+ CO_3	SO_4	SO_4
				meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l
133	5548	7,19	15,4	31	620	17,7	212,4	15,9	365,7	0,75	29,25	16	568	16,8	1024,8	33,81	1622,88
134	6788	8,49	15,8	35	700	26,5	318	22,84	525,32	1,05	40,95	22	781	23,8	1451,8	37,9	1819,2
135	5647	7,82	15,2	29,5	590	18,8	225,6	15,61	359,03	0,8	31,2	15,7	557,35	16,5	1006,5	36,2	1737,6
136	5530	7,12	15,7	28,5	570	20,4	244,8	15,8	363,4	0,75	29,25	15,4	546,7	16,4	1000,4	34,6	1660,8
137	5474	7,2	15,7	30,4	608	18	216	14,55	334,65	0,75	29,25	15,7	557,35	16,8	1024,8	33,56	1610,88
138	5451	7,2	15,8	30,4	608	18,6	223,2	13,8	317,4	0,77	30,03	15,2	539,6	16,2	988,2	34	1632
139	5582	7,18	15,5	28,7	574	20,4	244,8	14,2	326,6	0,8	31,2	16,2	575,1	16,8	1024,8	35,45	1701,6
140	5518	7,25	15,5	28,7	574	18,6	223,2	13,77	316,71	0,85	33,15	15,5	550,25	16,7	1018,7	36,14	1734,72
143	3500	6,76	45	32,91	658,2	20,58	246,96	16,7	384,1	0,67	26,13	14,2	504,1	15,36	936,96	41,3	1982,4

EK-6. İnceleme alanındaki göl sularının fizikokimyasal analiz sonuçları (*: Mayıs 2009)

Örnek No		EC	pH	Ca	Ca	Mg	Mg	Na	Na	K	K	Cl	Cl	HCO_3	HCO_3	CO_3	CO_3	SO_4	SO_4
		µS/cm		meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l
141	Gökgöl	1573	8,88	2,4	48	4,8	57,6	8,98	206,54	0,31	12,09	7	248,5	6,7	408,7	0,014	0,84	2,776	133,248
141*	Gökgöl	1058	8,15	2,2	44	2,6	31,2	6,75	155,25	0,24	9,36	2,5	88,75	7,6	463,6	0,014	0,84	1,676	80,448
144	Tuz Gölü	592670	8,73	47	940	288,4	3460,8	5220	120060	40	1560	5494,7	195060,08	3,34	203,74	0	0	174,3	8366,4
145	Tersakan G.	64680	9,46	50,1	1002	635,3	7623,6	872,2	20060,6	63,08	2460,12	958	34009	4,27	260,47	3,25	195	510,5	24504
146	Bolluk G.	66927	9,06	39,2	784	783	9396	828,7	19060,1	70,77	2760,03	973	34541,5	6,72	409,92	4,75	285	618,20	29673,6

EK-7. İnceleme alanındaki suların iz element içerikleri (Ekim 2008)

Örnek No	Ag	Al	As	B	Ba	Br	Cd	Cr	Cs	Cu	Fe	Li	Mn	Mo	P	Pb	Rb	S	Si	Sr	U	V	Zn
	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppm	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb
1	0,36	4	4	171	62,04	186	0,09	27,5	1,46	6	<10	31,5	0,19	2	54	7,7	3,46	20	14709	960,54	1,9	12,2	388
20	0,09	8	6,1	157	153,38	124	0,06	4,5	2,15	7,7	<10	17,8	0,34	3,3	45	8,7	1,49	8	11769	1083,55	4,49	16,3	3389,6
22	0,09	3	15,8	360	60,26	683	0,06	11,9	4,09	10	13	62,9	0,28	1,8	45	8,2	7,99	32	15631	1341,1	2,06	27,5	1782,1
25	<5	<10	17,1	2017	19,57	1945	<5	<5	0,14	11,6	<100	469,5	14,98	10,4	667	7,7	40,1	513	14773	6221,19	13,68	12,3	7,2432
26	0,31	19	16	906	20,12	523	<05	20,8	6,67	5,4	15	156,9	0,87	4	79	12,9	14,12	138	16714	2082,5	4,12	16,5	1848,7
31	<5	55	21,3	1306	15,46	838	<5	<5	9,57	15,3	273	412,3	3,92	12,3	656	13,3	42,16	556	14888	7850,06	3,08	4,1	3907.6
32	<5	15	12,6	1082	22,78	492	<5	<5	8,12	11,7	<100	308,6	<,5	8,3	663	10,1	32,64	439	13726	5625,82	3,33	2,3	2507.7
33	<5	39	14,6	1423	13,27	1327	<5	5,4	6,9	23,9	669	467,4	2,95	5,9	258	25,8	33,8	439	16556	6432,59	1,34	4,6	1317,3
34	<,5	41	28	1400	30,52	1453	<5	3,1	13,9	20	1303	491,4	22,08	8,7	<100	20	35,7	586	12210	8572	2,68	3,34	1798
39	0,09	4	5,6	526	32,39	373	0,06	2,2	6,74	6,8	<10	152,3	0,24	6,3	59	8,9	21,34	59	18526	2094,69	1,78	6,3	2258,7
40	0,07	358	61,6	1093	60,74	635	0,1	5,7	8,47	21,4	1626	224,5	74,97	15,7	170	12,5	22,88	234	20848	6636,48	4,79	16,4	1786,1
44	<5	223	74,8	4376	52,18	3736	<5	<5	14,46	13,1	<100	717,7	12,63	10,1	655	9,8	24,73	133	17617	4153,89	1,9	22,1	9891,2
53	<05	2	5,2	88	99,29	90	<05	1,3	<,01	2,6	<10	9,7	0,68	1,7	64	3,8	1,21	3	14225	509,03	2,08	16,5	1228
54	0,18	12	68,8	3167	27,67	1787	0,06	12,4	0,01	7,1	48	161,3	1,14	6,3	700	8,8	0,81	101	12916	1400,09	11,26	72,7	1341,49
55	0,12	6	8,4	4909	13,98	1544	<,05	12	0,01	6,8	<10	54,6	0,28	4,9	69	7,3	0,77	218	12012	3133,87	17,41	29,8	15807,4
56	0,14	7	10,2	1024	55,78	446	0,07	7,1	<,01	8,6	<10	17,3	0,61	6,8	57	10,7	1,24	56	16251	1327	6,32	19,2	3431,5
57	0,08	4	13,5	3300	46,77	1972	0,06	6,5	0,01	6,6	54	94,7	0,18	12,7	45	7,2	0,75	118	16036	3962,45	12,99	29	1237,64
60	0,09	8	21	938	26,7	411	<,05	6,3	0,01	10,3	74	13,5	1,01	6,8	68	8,7	3,21	47	29412	594,45	3,05	30,1	806
61	0,12	6	6,1	1253	18,95	3432	0,09	66,6	0,01	9,3	36	38,5	0,35	4,4	54	9,2	0,8	250	10599	7157,37	9,3	30,4	5885,9
66	0,07	4	14	147	55,27	154	0,06	1,9	0,05	6,2	26	6	0,54	2,5	48	7,8	4,9	9	36458	661,01	2,98	33,4	821,5
67	<,05	5	165,9	613	56,97	624	<,05	0,5	0,02	5,3	147	48,5	53,9	47,6	165	6,6	4,84	115	28241	1914,67	24,26	0,6	1220,3

EK-7. İnceleme alanındaki suların iz element içerikleri (Ekim 2008)

Örnek No	Ag	Al	As	B	Ba	Br	Cd	Cr	Cs	Cu	Fe	Li	Mn	Mo	P	Pb	Rb	S	Si	Sr	U	V	Zn
	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppm	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb
70	0,12	6	14,2	1758	25,68	278	<,05	38,7	0,02	5,7	<10	33,2	0,68	5,4	54	8,1	1,16	65	12040	1826,61	9,49	30,1	1418,6
75	<5	74	7,9	249	6,87	1130	<5	22,5	<1	15,3	643	54,2	70,02	7,5	681	10	0,89	865	9927	12486,9	9,26	12,7	7348,8
76	0,11	8	2,4	265	23,02	225	0,06	45,8	0,01	5,6	27	21,6	0,27	3	67	7,8	0,65	78	9158	2327,69	5,69	12,9	1954,9
80	0,11	20	1,6	106	39,79	157	0,07	58,5	0,01	22,3	<10	10,7	0,46	1,2	42	10,9	0,6	85	11360	2034,9	2,88	13,1	1705,2
81	0,26	5	2,7	316	17,61	193	0,06	139,7	0,02	9	<10	19,3	0,25	3,6	58	7,9	1,62	110	8207	2531,04	3,2	12,1	1712,9
87	<5	66	16	841	4,87	1052	<5	41,3	<1	21	319	86	10,21	5,4	694	13	2,49	1428	11133	16197,57	13,87	43,5	4753,7
88	0,08	6	18,6	1679	14,12	616	<05	17,5	0,02	8,1	41	69,7	1,14	4	56	8	1,61	265	19221	5283,61	11,73	51,4	3778,3
90	<5	13	26,7	9174	9,02	10405	<5	<5	<,1	24,8	198	88,6	327,35	32,5	719	10,3	2,99	1151	25789	5238,47	30,28	37,1	7144,6
95	0,16	8	17,7	2323	14,55	1589	<05	14,2	0,01	7,4	<10	55,1	0,33	8,2	81	8,5	2,55	210	27388	2122,41	3,62	19,8	6024,9
96	<5	14	42	1844	8,72	2420	<5	14,5	<1	12,2	<100	43,6	1,76	56,2	<200	15,7	3,31	203	29183	1385,42	7,35	44,3	5536,4
97	0,14	4	5,9	435	16,77	1567	0,06	23,6	0,02	6,9	<10	58,4	0,38	2,4	50	7,9	1,51	220	9480	7764,78	8,14	22,1	1028,1
102	0,07	8	1,1	428	63,04	277	<05	3,9	0,05	7	79	10,2	0,4	2,1	39	7,6	0,79	29	10408	1363,41	2,83	17,3	276,4
108	0,09	7	1,6	517	60,39	504	0,09	3,1	0,02	7,5	38	14,2	0,19	2,3	42	10,8	0,77	14	12294	1126,63	3,38	12,6	1613,2
109	0,06	3	22,6	314	37,49	303	0,06	2,6	0,21	5,8	0,901	9,2	0,16	2,4	89	7,3	7,7	16	41513	833,72	5,08	26,3	633,7
112	<5	17	6,9	1071	45,68	7524	<5	110,7	<1	10,6	226	51,4	0,59	6	700	6,7	1,14	652	8786	16031,4	10,96	23,2	5772,5
113	<5	30	63,8	1476	28,12	1386	<5	<5	12,44	17	1295	495,3	20,13	2,4	<200	18,6	46,98	548	18270	8852,25	1,34	4,6	2668,6
117	<5	16	68,9	1384	20,16	1231	<5	<5	9,73	16,8	1145	479,1	22,25	2,4	<200	17	43,42	495	20093	7777,23	1,49	4,3	2137,3
120	0,26	5	3,6	140	80,85	121	0,11	22	1,23	4,5	19	24,6	0,17	1,8	49	6	3,37	15	14290	838,03	1,47	11,9	318,4

EK-7. İnceleme alanındaki suların iz element içerikleri (Ekim 2008)

Örnek No	Ag	Al	As	B	Ba	Br	Cd	Cr	Cs	Cu	Fe	Li	Mn	Mo	P	Pb	Rb	S	Si	Sr	U	V	Zn
	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppm	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb
121	0,1	5	5,7	194	62,27	141	0,08	16	1,61	5,8	<10	27,2	0,21	3,3	61	9,2	3,03	23	13120	1263,41	1,93	15	881,5
122	0,13	5	6	193	68,25	147	0,08	16	1,59	6,1	11	26,8	0,19	2,6	54	8,7	3,03	19	14034	1103,50	1,87	14,6	567,4
123	0,16	4	5,1	163	67,22	151	0,06	10,2	1,4	5,3	<10	24,5	0,26	1,7	57	6,9	3,57	21	16587	1101,41	2	12,8	129
133	<5	13	120,3	1320	14,69	1137	<5	<5	8,75	12,4	245	420,7	29,84	1,3	486	16,6	46,02	470	24704	8285,32	1,02	2,7	1270
134	<5	36	130,9	2075	8,52	1675	<5	<5	14,55	15,8	94,87	811,6	0,75	9,7	694	10,6	61,1	973	20783	9336,94	2,86	3,9	381.3

EK-8. İnceleme alanındaki suların iz element içerikleri (Mayıs 2009)

Örnek No	Ag	Al	As	B	Ba	Br	Cd	Cr	Cs	Cu	Fe	Li	Mn	Mo	P	Pb	Rb	S	Si	Sr	U	V	Zn
	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppm	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb
1	0,12	2,8	3,7	171	62	185	0,04	23,2	1,42	5,2	<10	30,48	0,11	1,4	48	8,56	2,14	27	14778	944	1,1	10,7	325
20	<,05	6	5,6	148	151,08	117	0,06	2,1	1,86	6,3	<10	16,52	0,22	2,7	36	10,5	0,77	9	11667	1064,5	3,56	12,5	3127
22	<,05	4	678	380	60,12	678	0,04	9,24	3,78	8,7	8,3	61,56	0,22	0,76	47	9,9	5,48	36	15746	1341	1,57	23,8	1639,7
25	<5	<10	19,7	1962	18,72	1962	<5	<5	<,01	10,4	<100	427,5	9,23	8,61	658	7,85	32,7	528	14823	6304,8	11,35	8,7	7,0637
26	0,18	22	14,8	1024	20	523	<,05	15,71	6,31	3,9	9,6	119,3	0,51	3,4	68	13,5	10,23	145	16856	2081,2	2,89	11,4	1721
39	<5	1	6,2	1947	33,2	329	0,02	<5	5,64	5,6	<10	138,7	0,091	5,8	63	7,84	19,7	71	18664	2075,1	0,53	3,2	20897
44	<5	189	71,3	4439	50,8	3784	<5	<5	13,24	11,3	<100	683,2	9,28	11,2	672	10,4	22,4	147	17738	4183	1,1	18,7	10328,6
53	<,05	<10	5	37	88,95	77	<,05	<5	<,01	1,7	<10	8,56	0,0,7	0,87	53	3,6	0,86	2	14304	512	1,42	12,8	1242
54	<5	16	65,9	183	27	1830	0,038	9,8	<,01	5,8	32,5	118,9	0,57	4,92	658	9,6	0,22	117	12873	1864,3	9,68	66,4	1286,4
55	0,08	5	5,7	1537	12,69	1537	<,05	7,65	<,01	5,4	<10	52,12	0,082	5,2	56	9,5	0,18	234	11862	2937,2	15,39	25,1	1626,1
56	0,07	8	9,72	1089	55,12	452	0,032	6,45	<,01	6,7	<10	16,72	0,22	4,9	49	12,8	0,77	68	16208	1336	4,37	14,6	3226
57	0,08	3,5	11,6	3283	46,77	1914	0,024	5,2	<,01	5,2	38	91,68	0,064	10,6	35	9,32	0,08	124	15867	3960,05	9,25	26,5	1154,8
60	<5	6,8	17,36	791	24,8	381	<,05	4,8	<,01	8,6	55	11,27	0,083	5,3	72	7,9	1,57	55	29488	591,3	2,11	25,4	604,8
61	0,08	4,7	5,34	1216	20,15	3314	0,067	56,8	<,01	8,5	27	35,72	0,045	2,8	56	11,5	0,04	264	10672	6912	7,34	22,8	5423
66	<5	3,2	14	164	52,98	189	0,06	<5	0,01	4,7	19	4,56	0,18	0,84	34	5,87	2,65	8	36524	667,8	1,76	37,6	668,7
67	<05	2,8	157,4	628	55,71	620	<,05	<5	0,01	3,8	129	47,4	47,6	45,1	178	8,42	3,27	132	28153	1902,83	21,74	0,2	1134,8
70	<5	4,6	12,8	1799	26,08	295	<,05	35,4	0,02	4,5	<10	30,94	0,23	6,2	55	10,6	0,06	57	11831	1538,1	8,2	22,4	1356,5
75	<5	68	6,45	195	5,97	977	<5	17,64	<1	13,8	592	52,67	62,46	6,4	657	13,4	0,23	883	9976	12334	7,34	9,6	7088,4
76	0,07	5	4,2	248	19,372	208	0,042	41,4	0,01	4,6	29	19,39	0,092	2,63	44	8,4	0,07	86	9207	2386	4,56	11,4	1612,1
80	0,07	17	1,6	100	39,257	155	0,038	55,3	0,01	19,5	<10	9,27	0,076	0,57	47	12,2	0,44	92	11429	2057	1,17	8,7	4728
81	0,12	6	2,4	277	16,43	167	0,037	127,4	0,02	6,21	<10	16,55	0,37	3,1	62	10,5	1,02	124	8254	2273	2,07	7,2	1556,7
87	<05	68	16,82	912	4,80	1186	<5	36,5	<1	18,7	268	83,26	11,08	4,8	708	16,7	1,59	1415	11163	15928,4	10,99	39,9	3865,9

EK-8. İnceleme alanındaki suların iz element içerikleri (Mayıs 2009)

Örnek No	Ag	Al	As	B	Ba	Br	Cd	Cr	Cs	Cu	Fe	Li	Mn	Mo	P	Pb	Rb	S	Si	Sr	U	V	Zn
	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppm	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb
88	<05	6	19,7	1687	14	638	<,05	14,4	<,1	6,8	27	66,3	0,73	2,78	67	12	0,82	277	19264	5365	9,24	45,8	3447,5
90	<05	12,4	28,3	9327	8,25	10542	<5	<5	<,1	22,6	163	82,35	286,8	28,3	675	14,6	1,68	1183	25738	5412	27,48	28,6	6752,2
95	0,07	7,6	18,1	2342	15,02	1575	<,05	14,2	<,1	5,3	<10	49,37	0,27	6,4	92	10,6	1,93	225	27452	2283,1	1,68	15,3	5648,4
96	<5	15,2	44,7	3355	9,5	3882	<5	13,4	<1	9,3	<100	38,9	1,11	49,3	<200	17,4	2,18	218	29241	3687,7	5,52	37,7	5122,7
97	0,08	2,4	6,7	528	15,37	1623	0,024	21,7	0,02	5,2	<10	55,76	0,038	3,1	58	9,6	0,69	241	9557	7982,4	6,37	23,4	9689,5
102	0,08	5,4	2,3	415	61,99	269	<,05	2,2	0,02	4,45	47	7,392	0,12	1,12	27	8,91	0,37	22	10374	1325,7	1,29	13,7	185,5
108	<5	4	1,7	467	58,42	521	0,072	1,8	<1	5,2	17,7	11,25	0,073	0,8	34	12,5	0,05	9	12362	1120	2,36	9,9	1307
109	0,12	4,2	24,8	304	34,26	316	0,05	2,1	0,05	3,8	<100	6,81	0,046	0,84	69	9,34	5,61	12	41666	695,2	3,67	22	428,9
112	<5	18,2	4,62	1003	42,18	7489	<5	98,9	<1	7,93	166	48,33	0,25	4,62	758	8,26	0,69	698	8693	15859	6,12	20,4	5228,3
120	0,16	3,2	1,2	138	79,65	108	0,93	15,2	0,84	2,8	<10	22,46	0,06	0,96	38	5,4	2,56	10	14352	768,1	<2	6,8	153,9
121	0,07	2,5	2,7	186	58,31	129	0,025	14,6	0,56	3,6	<10	24,37	0,058	2,37	46	8,93	1,94	17	13628	1274,9	0,35	11,2	537,4
122	0,09	2,8	5,4	178	60,34	134	0,028	15,1	0,6	4,2	<10	24,68	0,047	1,38	35	7,75	2,51	12	14159	1111,8	0,27	9,7	356,2
123	0,12	3	5	180	59,83	157	0,032	7,9	0,84	3,7	<10	19,25	0,082	0,51	42	5,21	2,22	15	16627	1176,4	<2	8,7	145,7
141	<,05	86	27,2	1128	107,53	314	0,06	1	0,03	5,7	82	19,5	100,9	5,5	263	8,8	1,87	25	13626	813,72	2,21	8	0769,9
144	<5	161	98,7	7666	81,02	18124	<5	<50	9,89	12,7	<1000	6066,5	55,39	16,7	3473	<10	312,9	734	<4000	6586,33	<2	106,1	504,8
145	<5	<100	142	8887	45,74	48936	<5	<50	319,97	66,4	<1000	29748,6	17,38	278	5831	<10	3370,7	6587	<4000	21404,7	7,03	110,3	1000,9
146	<5	<100	287,1	7313	15,77	30433	<5	<50	27,84	63,6	<1000	17913,5	16,98	32,3	7960	14,3	1194,5	6496	<4000	11825,2	7,37	81,8	1984,2