

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**GÖLBAŞI JEOTERMAL SAHASININ (DATÇA-MUĞLA)
HİDROJEOKİMYASAL İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAYRİYE AKDAĞOĞLU

DENİZLİ, AĞUSTOS - 2014

T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
BİLİM DALINIZ YOKSA BU SEKMİYİ SİLİNİZ



**GÖLBAŞI JEOTERMAL SAHASININ (DATÇA-MUĞLA)
HİDROJEOKİMYASAL İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAYRİYE AKDAĞOĞLU

DENİZLİ, AĞUSTOS - 2014

KABUL VE ONAY SAYFASI

HAYRIYE AKDAĞOĞLU tarafından hazırlanan "GÖLBAŞI JEOTERMAL SAHASININ (DATÇA-MUĞLA) HİDROJEOKİMYASAL İNCELENMESİ" adlı tez çalışmasının savunma sınavı 27.06.2014 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği ile Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

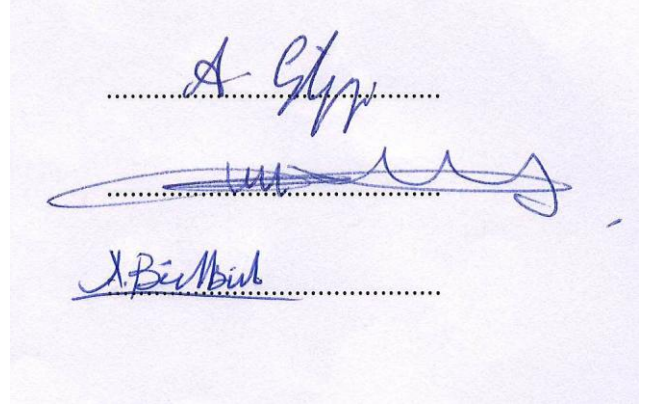
Jüri Üyeleri

İmza

Danışman
Yrd. Doç. Dr. Ali GÖKGÖZ

Üye
Prof. Dr. Gültekin TARCAN

Üye
Yrd. Doç. Dr. Ali BÜLBÜL



Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
13.08.2014 tarih ve ...33/08... sayılı kararıyla onaylanmıştır..



Prof. Dr. Orhan KARABULUT

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

**Bu tez çalışması Bilimsel Araştırma Koordinasyon Birimi tarafından
2012FBE005 nolu proje ile desteklenmiştir.**

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.

HAYRİYE AKDAĞOĞLU



ÖZET

**GÖLBAŞI JEOTERMAL SAHASININ (DATÇA-MUĞLA)
HİDROJEOKİMYASAL İNCELENMESİ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
HAYRİYE AKDAĞOĞLU
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
(TEZ DANIŞMANI:YRD. DOÇ. DR. ALİ GÖKGÖZ)**

DENİZLİ, HAZİRAN,2014

Datça ilçesinde (Muğla) bulunan Gölbaşı jeotermal sahası düşük entalpiye sahip bir sahadır. Bu sahada bulunan ılık ve mineralli su kaynakları (Gölbaşı-1, Gölbaşı-2, Liman ve Kargı karst kaynağı) sahilden kara içine 2-230 m mesafelerde yer alırlar. Suların sıcaklıkları 23,7 (Kargı karst kaynağı) ile 29,4°C (Gölbaşı-1 kaynağı), elektriksel iletkenlik değerleri 4320 ile 57200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ve pH'ları 6,88 ile 7,35 arasında değişmektedir. Gölbaşı-1, Gölbaşı-2 ve Liman kaynaklarında bağlı iyon derişimleri $\text{Na}>\text{Mg}>\text{Ca}$, $\text{Cl}>\text{SO}_4>\text{HCO}_3$ şeklinde sıralanırken Kargı karst kaynağında bu dizilim $\text{Na}>\text{Ca}>\text{Mg}$, $\text{Cl}>\text{HCO}_3>\text{SO}_4$ şeklinde olup suların tamamı Na-Cl tipindedir. Suların $\delta^{18}\text{O}$ değerleri 1,20 ile -5,58 ve $\delta^2\text{H}$ değerleri 7,94 ile -26,62 arasındadır. Gölbaşı sahası suları meteorik kökene sahiptir. Beslenme alanındaki Orta Triyas-Liyas yaşlı karstik dolomitlerden derinlere süzülen yağış suları jeotermal gradyan ile ısınarak faylar aracılığıyla yüzeye çıkmış ve sıcak ve mineralli su kaynaklarını oluşturmuştur. Kimyasal ve izotop verilerinin değerlendirilmesiyle sıcak suların yüzeye çıkarken değişik oranlarda deniz suyuyla karıştığı belirlenmiştir. Kuvars jeotermometre uygulamalarına göre maksimum rezervuar sıcaklığı 40°C olarak öngörülmektedir.

ANAHTAR KELİMELER: Datça-Muğla, Gölbaşı, jeotermal, hidrojeokimya

ABSTRACT

THE HYDROGEOCHEMICAL INVESTIGATION OF GÖLBAŞI (DATÇA-MUĞLA) GEOTHERMAL FIELD

MSC THESIS

HAYRİYE AKDAĞOĞLU

PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE

GEOLOGICAL ENGINEERING

(SUPERVISOR:YRD. DOÇ. DR. ALİ GÖKGÖZ)

DENİZLİ, HAZİRAN, 2014

The Gölbaşı geothermal field located at the Datça town (Muğla) has low enthalpy. The warm mineral springs (e.g., Gölbaşı-1, Gölbaşı-2, Liman and Kargı karst springs) in the field is situated at a distance of 2-230 m to the beach. Temperatures, electrical conductivities and pH values of the thermal waters change between 23.7°C (Kargı karst spring) and -29.4°C (Gölbaşı-1 spring), 4320 and 57200 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 6.88 and 7.35, respectively. The relative ion concentration levels in the Gölbaşı-1, Gölbaşı-2 and Liman springs are $\text{Na}>\text{Mg}>\text{Ca}$ and $\text{Cl}>\text{SO}_4>\text{HCO}_3$, while $\text{Na}>\text{Ca}>\text{Mg}$ and $\text{Cl}>\text{HCO}_3>\text{SO}_4$ in the Kargı karst spring; all thermal waters are of Na-Cl type. The $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^2\text{H}$ values of the waters range between 1.20 and -5.58, 7.94 and -26.62, respectively. The thermal waters in the Gölbaşı field are of meteoric origin. Rain waters percolating through the Middle Triassic-Liassic karstic dolomite in the recharge area are heated by geothermal gradient and ascend to the surface along the faults. The evaluation of the chemical and isotopic data shows that thermal waters mix with seawater in different proportion during ascending to the surface. According to silica geothermometer applications, maximum reservoir temperature in the field is anticipated as 40°C.

KEYWORDS: Datça-Muğla, Gölbaşı, geothermal, hydrogeochemistry

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
ABSTRACT	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
İÇİNDEKİLER	3
ŞEKİL LİSTESİ	6
TABLO LİSTESİ	8
FOTOĞRAF LİSTESİ	9
ÖNSÖZ	10
1. GİRİŞ	11
1.1 Çalışma Alanının Yeri ve Genel Özellikleri	11
1.2 Çalışmanın Amacı.....	13
1.3 Önceki Çalışmalar.....	13
1.4 Materyal ve Yöntem	14
1.4.1 Literatür Çalışması	14
1.4.2 Saha Çalışması.....	15
1.4.3 Laboratuvar Çalışması.....	16
1.4.4 Büro Çalışması	16
2. GENEL JEOLojİ	17
2.1 Stratigrafi	17
2.1.1 Temel Birimler	17
2.1.1.1 Bodrum Napı	17
2.1.1.2 Gülbahar Napı.....	23
2.1.1.3 Marmaris Ofiyolit Napı	23
2.1.2 Örtü Birimleri	24
2.1.2.1 Yıldırımli Formasyonu	24
2.1.2.2 Kuvaterner Yaşlı Birimler	26
2.2 Tektonizma	28
2.2.1 Paleotektonik (Eski Tektonik Döneme Ait) Yapılar	28
2.2.2 Neotektonik (Yeni Tektonik Döneme Ait) Yapılar.....	29
2.2.2.1 Eğim Atımlı Normal Faylar.....	29

2.2.2.2 Doğrultu Atımlı Faylar	31
2.2.3 Bölgenin Depremselliği	32
3. HİDROJEOLJİ	34
3.1 İklim Özellikleri	34
3.2 İnceleme Alanının Hidrolojik Bilançosu	36
3.3 Hidrojeoloji Birimleri	38
3.3.1 Geçirimli Birimler	40
3.3.2 Yarı Geçirimli Birimler	41
3.3.3 Geçirimsiz Birimler	41
3.4 Su Noktaları	42
3.4.1 Sıcak Su Kaynakları	42
3.4.2 Soğuk Su Kaynakları	47
3.4.3 Sondajlar	50
3.4.4 Keson kuyu	56
4. HİDROJEOKİMYA	57
4.1 Suların Fiziksel Özellikleri	57
4.2 Suların Kimyasal Özellikleri	60
4.3 Suların Sınıflaması	66
4.3.1 Çözülmüş Toplam Katı Madde Miktarına Göre Sınıflama	66
4.3.2 Schoeller Sınıflaması	67
4.3.3 Piper Sınıflaması	67
4.3.1 Hidrokimyasal fasiyes ve IAH (Uluslararası Hidrojeologlar Birliği) sınıflaması	71
4.4 Suların Doyma İndeksleri	72
4.5 Suların $\delta^{18}\text{O}$, $\delta^2\text{H}$ ve Trityum İzotop İçerikleri	75
4.6 Tartışma	77
4.6.1 Suların kimyasal ve izotopik değerlendirmesi	81
4.6.1.1 Jeotermal akışkan-deniz suyu karışımı	81
4.6.1.2 Hidrokimyasal değerlendirme	88
4.6.1.3 İzotop sonuçlarının değerlendirmesi	92
4.6.1.4 Jeotermal sistem elemanlarının değerlendirmesi	93
5. JEOTERMOMETRİ	96

5.1 Sayısal (Kantitatif) Kimyasal Jeotermometre Değerlendirmeleri.....	97
5.1.1 Çözünürlüğe Bağlı Jeotermometreler.....	97
5.1.2 İyon Değişimine Bağlı Jeotermometreler.....	98
5.1.3 İyon Etkinliğine Bağlı Jeotermometreler	98
5.2 Jeotermometre Sonuçları	98
6. SULARIN KULLANILABİLME ÖZELLİKLERİ.....	104
6.1 Suların İçilebilme Özellikleri.....	104
6.2 Suların Sulamada Kullanılabilme Özellikleri	107
6.2.1 Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR).....	107
6.2.2 Wilcox Diyagramı	109
6.2.3 ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı	109
6.2.4 Klorür Tehlikesi.....	112
6.2.5 Bor Tehlikesi	112
6.2.6 Sulama Suyu Sınıflamalarının Sentezi	113
6.3 Suların Endüstride Kullanılabilme Özellikleri.....	115
6.3.1 Suların Kaynarken Köpürme Özelliği	115
6.3.2 Suların Beton Üzerine Etkileri	117
7. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	118
8. KAYNAKLAR	123
9. ÖZGEÇMİŞ.....	132

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

- Şekil 1.1:** Çalışma alanının yer bulduru haritası (eş yükselti eğriler 200 m’de bir geçirilmiştir)..... 12
- Şekil 2.1:** İnceleme alanının basitleştirilmiş jeoloji haritası (MTA, 1997’den değiştirilerek) ve örnekleme noktalarının lokasyonları. (1. Kuvaterner, Pliyo-Kuvaterner yaşlı plaj çökelleri, alüvyon, taraça, yamaç molozu, 2. Üst Pliyosen yaşlı Yıldırım formasyonu, 3. Dogger-Üst Kretase yaşlı Göçgediği formasyonu, 4. Üst Senoniyen yaşlı Karaböğürtlen formasyonu, 5. Orta Triyas-Liyas yaşlı Kayaköy dolomiti, 6. Jura-Kretase yaşlı Orhaniye formasyonu, 7. Üst Kretase yaşlı Marmaris peridotiti, 8. Normal ve doğrultu atımlı faylar, 9. Bindirme fayı, Örnekleme noktaları: 10. Jeotermal kaynak, 11. Soğuk su kaynağı, 12. Soğuk su sondajı, 13. Keson kuyu, 14. Deniz suyu, 15. Yerleşim alanı). 18
- Şekil 2.2:** İnceleme alanı ve yakın çevresinin sütun kesiti (MTA, 1997’den değiştirilerek). 19
- Şekil 2.3:** Datça Grabeni’nde sedimentasyonun, sin-sedimenter büyüme fayları ile kontrol edilmesini gösterir ölçeksiz hipotetik jeoloji kesiti (Ersoy, 1991). 26
- Şekil 2.4:** Datça Yarımadasındaki ofiyolitlerin tektonik olarak ardalanmasını açıklayan şematik enine kesit (ölçeksiz) (Ersoy, 1991). 28
- Şekil 2.5:** Datça yarımadası ve yakın çevresinin neotektonik durumunu gösterir harita (A) ve blok diyagram (B) (Ersoy, 1991). 30
- Şekil 2.6:** İnceleme alanı ve çevresinde 1900 yılından günümüze meydana gelen depremlerin odak noktalarının dağılımı (KOERİ, 2013). 33
- Şekil 3.1:** Datça ilçe merkezindeki sıcaklık ve yağış değerlerinin aylara göre dağılımı. 35
- Şekil 3.2:** Datça ilçe merkezindeki (a) sıcaklık ve yağış dağılımları, (b) yıllık sıcaklık ve yağış ortalamalarından eklenik sapma eğrileri..... 35
- Şekil 3.3:** Datça ilçe merkezi için yağış ve buharlaşma-terleme grafiği. 38
- Şekil 3.4:** İnceleme alanının hidrojeolojik haritası 39
- Şekil 3.5:** Kargı-1 kaynağının ve çıktığı KD-GB doğrultulu fayın yeri (google earth görüntüsü). 47
- Şekil 3.6:** İnceleme alanındaki bazı kuyulara ilişkin bilgi (İ.B.: İller Bankası, DSİ: Devlet Su işleri, KH: Köy Hizmetleri, Öz. D.: Özgül debi), (UKAM, 2001’den değiştirilerek)..... 54
- Şekil 3.7:** Bel-1 ve Bel-3 kuyularına ait zaman –düşüm grafikleri. 55
- Şekil 4.1:** İnceleme alanı sularının EC-toplam iyon grafiği. 59
- Şekil 4.2:** İnceleme alanı sularının yarı logaritmik diyagramı..... 69
- Şekil 4.3:** İnceleme alanı sularının Piper diyagramındaki dağılımı..... 70
- Şekil 4.4:** İnceleme alanı sularının (a) Mayıs 2012 ve (b) Ekim 2012 dönemindeki $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^2\text{H}$ değerleri. 76
- Şekil 4.5:** Güneybatı Anadolu kıyılarındaki jeotermal sahaların dağılımı ve sıcaklıkları (MTA-Türkiye Jeotermal Kaynaklar Dağılımı ve Uygulama Haritası’ndan değiştirilerek). 78

Şekil 4.6: Nisyros adasının şematik jeolojik haritası: (1) kırıntılılar ve alüvyon, (2) post-kaldera dasitik lav ve akıntılar, (3) çeşitli piroklastikler, (4) andezitik-dasidik lav akıntıları ve dayklar, (5) andezitik, bazaltik andezitik yastık lavlar, hyaloklastlar, (6) Stephanos krateri (Dotsika ve diğ., 2006).	80
Şekil 4.7: İnceleme alanı sularının Cl-EC ve Cl-iyon grafikleri.	84
Şekil 4.7: Devam.	85
Şekil 4.8: İnceleme alanı sularının $\delta^{18}\text{O}$ -Cl grafiği.	86
Şekil 4.9: İnceleme alanı soğuk sularının Cl-iyon grafikleri.	91
Şekil 4.10: Suların Ca-SO ₄ -HCO ₃ grafiği.	92
Şekil 4.11: Gölbaşı jeotermal sahasının hidrojeolojik kesiti.	95
Şekil 5.1: Giggenbach (1988) Na-K-Mg jeotermometre diyagramı.	102
Şekil 5.2: Sıcak su kaynaklarının sıcaklık-mineral denge diyagramı.	103
Şekil 6.1: İnceleme alanı sularının Schoeller'e göre içilebilirlik diyagramı.	106
Şekil 6.2: İnceleme alanı sularının Wilcox diyagramlarındaki dağılımları.	110
Şekil 6.3: İnceleme alanı sularının ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramındaki dağılımı. .	111

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 3.1: Datça ilçe merkezi meteoroloji verilerine göre 1965-2010 dönemine ait su bilançosu (Thorthwaite yöntemi kullanılmıştır).....	37
Tablo 3.2: Datça su noktaları saha gözlem ve ölçümleri	53
Tablo 4.1: İnceleme alanındaki örnekleme noktalarının koordinatları ve yerinde ölçüm değerleri (SK: Soğuk su kaynağı, SS: Soğuk su sondajı, KK: Keson kuyu, TK: Termal kaynak, DS: Deniz suyu).....	58
Tablo 4.2: İnceleme alanı sularının Mayıs-2012 dönemi kimyasal analiz sonuçları ve su tipleri (EC: $\mu\text{S/cm}$, iyonlar: mg/l).....	62
Tablo 4.3: İnceleme alanı sularının Ekim-2012 dönemi kimyasal analiz sonuçları ve su tipleri (EC: $\mu\text{S/cm}$, iyonlar: mg/l).....	63
Tablo 4.4: İnceleme alanı sularının iz element ve SiO_2 analiz sonuçları (değerler mg/l 'dir). 64	
Tablo 4.5: İnceleme alanı sularının iz element ve SiO_2 analiz sonuçları (değerler mg/l 'dir). 66	
Tablo 4.6: İnceleme alanı sularının TDS, Schoeller ve Piper'e göre sınıfları.	68
Tablo 4.7: İnceleme alanı sularının hidrokimyasal fasiyesleri ve su tipleri.....	72
Tablo 4.8: İnceleme alanı sularının bazı minerallere göre doyma indeksleri (Mayıs-2012). 73	
Tablo 4.9: İnceleme alanı sularının bazı minerallere göre doyma indeksleri (Ekim-2012)... 74	
Tablo 4.10: İnceleme alanı sularının $\delta^{18}\text{O}$, $\delta^2\text{H}$ ve trityum analiz sonuçları.....	75
Tablo 4.11: Güneybatı Anadolu kıyılarındaki jeotermal sahalarının deniz suyu karışım oranları.....	82
Tablo 4.12: İnceleme alanındaki bazı su noktalarında tatlı su-deniz suyu karışım oranları. . 87	
Tablo 5.1: Sayısal değerlendirmede bazı kimyasal jeotermometre eşitlikleri (derişimler mg/l , 11 nolu bağıntıda mmol/l).....	99
Tablo 5.2: İnceleme alanı sıcak sularının rezervuar sıcaklıkları ($^{\circ}\text{C}$) (Jeot.: Jeotermometre).	100
Tablo 6.1: İçme suyu standartlarına göre inceleme alanı sularının içilebilme özellikleri (ADY: Anormal değişim yok, TKE: Tüketicilerce kabul edilebilir)	105
Tablo 6.2: Suların Wilcox ve ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramlarına göre sulama suyu sınıfları.	108
Tablo 6.3: Bor içeriklerine göre sulama sularının sınıflaması (Şahinci, 1991a).....	112
Tablo 6.4: Değişik bitki türlerinin bora karşı duyarlılıkları (bora karşı direnci artan bitkiler yukarıdan aşağı doğru sıralanmıştır), (Şahinci, 1991a).	113
Tablo 6.5: Suların EC, %Na, rCl ve rSO_4 değerlerine göre sınıfları (Şahinci, 1991a).	113
Tablo 6.6: Suların EC, %Na, rCl, rSO_4 ve B değerlerine göre sınıfları.	114
Tablo 6.7: Suların kaynarken köpürme ve beton üzerine zararlı etkinlik dereceleri.	116

FOTOĞRAF LİSTESİ

Sayfa

Foto 2.1: Kayaköy dolomitinin (TRJk) görünümü. Hamzalı Dağı Fayı Kayaköy dolomiti ile Göçgediği formasyonu (Kg) arasında sınır oluşturmaktadır (Hızırşah-Mesudiye yolu).....	20
Foto 2.2: Göçgediği formasyonundan bir görünüm (Ağacık Kaynağı batısı).....	21
Foto 2.3: Karaböğürtlen formasyonundan bir görünüm (Kargı Koyu).....	21
Foto 2.4: Karaböğürtlen formasyonu (KKa), Göçgediği formasyonu (Kg) ve alüvyondan bir görünüm (Kargı Koyu).....	22
Foto 2.5: Karaböğürtlen formasyonu kireçtaşlarındaki çatlak ve çözünme boşlukları (Kargı-Datça yolu).....	22
Foto 2.6: Karaböğürtlen formasyonunun kilaşı ve silttaşlarından bir görünüm (Kargı-Datça yolu).....	22
Foto 2.7: Karaböğürtlen (Kka) ve Göçgediği (Kg) formasyonlarını ayıran faydan bir görünüm (Gölbaşı termal gölü kuzeyi).....	23
Foto 2.8: Kızılan köyü içinde bulunan Yıldırımli formasyonu.....	25
Foto 2.9: Yıldırımli formasyonu yakından görünüm.....	25
Foto 2.10: Yıldırımli formasyonundan görünüm (Datça yolu).....	26
Foto 2.11: Kuvaterner yaşlı tüf ve lav parçaları.....	27
Foto 3.1: Gölbaşı-1 kaynağından bir görünüm (batıya bakış).....	43
Foto 3.2: Gölbaşı-1 kaynak alanını çevreleyen set ve setten boşalım (kuzeye bakış).....	44
Foto 3.3: Gölbaşı-2 kaynağından görünüm (soldaki resim güneye bakış).....	44
Foto 3.4: Liman kaynağından görünüm (kuzeye bakış).....	45
Foto 3.5: Kargı-1 kaynağı Liman kaynağından görünüm (KD'ya bakış).....	46
Foto 3.6: Kargı-2 kaynağı (KD'ya bakış).....	46
Foto 3.7: Ağacık kaynağı ve kaynak suyunun biriktiği havuz.....	48
Foto 3.8: Pustular kaynağı kaptajı.....	49
Foto 3.9: Pustular kaynağından Kayaköy dolomiti biriminin görünümü (batıya bakış).....	49
Foto 3.10: Avlana çeşmesi.....	49
Foto 3.11: Halılağa kaynağı kaptajı.....	51

ÖNSÖZ

Jeotermal enerji, yenilenebilir, ucuz, çevre dostu, diğer enerji türlerine kolaylıkla dönüşebilme ve entegre bir sistem içinde kullanılabilme özellikleri nedeniyle diğer enerji kaynaklarına göre üstünlüğe sahiptir. Türkiye çok sayıda yüksek-orta-düşük entalpili jeotermal sahaya sahiptir ve enerji potansiyeli itibariyle dünyada ilk sıralarda yer alır. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı verilerine göre 2013 yılı sonu itibariyle ülkemizde 13 adet jeotermal enerji santralimiz mevcut olup, kurulu gücümüz 310,8 MWe düzeyine ulaşmıştır. Ayrıca jeotermal enerjiden 89443 konut ve 2924 dönüm sera ısıtmasında ve bunun yanında turizm ve sağlık amaçlı 350 termal tesiste yararlanılmaktadır.

Günümüzde jeotermal enerji araştırmaları, doğrudan elektrik üretimi yapılabilecek orta-yüksek entalpili sahalar üzerine odaklanmıştır. Ancak ülkemiz düşük entalpili sahalar açısından da oldukça zengindir. Bu sahaların geliştirilmesi, konut-sera ısıtması ve termal sağlık turizm alanlarında ülkemizin sosyoekonomik gelişimine önemli katkı sağlayacaktır. Ülkemiz kıyı şeridinde bulunan jeotermal sahaların geliştirilmesi, bu yörelerdeki turizm aktivitesini sadece yaz aylarına bağlı olmaktan kurtaracak ve yılboyu turizme hizmet verecek duruma getirebilecektir. Bu nedenle bu tezin konusu olarak ülkemizin önemli turizm merkezlerinden olan Datça ilçe merkezinde yer alan Gölbaşı jeotermal sahası seçilmiş ve bu sahanın öncelikle termal turizm alanında kullanılmak üzere geliştirilebilme olanakları incelenmiştir. Ayrıca sahil bölgelerinde, tatlı su kaynaklarının deniz suyu girişimi ile kirlenmesi önemli bir sorudur. Çalışma alanındaki karstik kaynaklarda da gözlenen bu kirliliğe tez kapsamı içinde değinilmiştir.

Tez çalışması Pamukkale Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından (2012FBE005 nolu BAP projesi) desteklenmiştir.

Tez çalışmaları boyunca her konuda yardımını esirgemeyen danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Ali Gökgöz hocama, su analizlerinde yardımcı olan kimyager Sanem Kılınçarslan'a, saha çalışmalarında yanımda bulunan meslekdaşım Feryal Sağnak'a ve tezin hazırlanması sırasında desteğini gördüğüm aileme ve eşime teşekkürlerimi sunuyorum.

1. GİRİŞ

Bu çalışma, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı öğretim üyesi Yrd. Doç. Dr. Ali Gökğöz'ün yürütücülüğündeki 2012FBE005 nolu ve “Gölbaşı Jeotermal Sahasının (Datça-Muğla) Hidrojeokimyasal İncelenmesi” başlıklı BAP projesi kapsamında yüksek lisans tez çalışması olarak yürütülmüştür. Bu bölümde, çalışmanın yeri ve amacı, önceki çalışmalar ve çalışmada izlenen yöntemlerle ilgili bilgiler verilmiştir

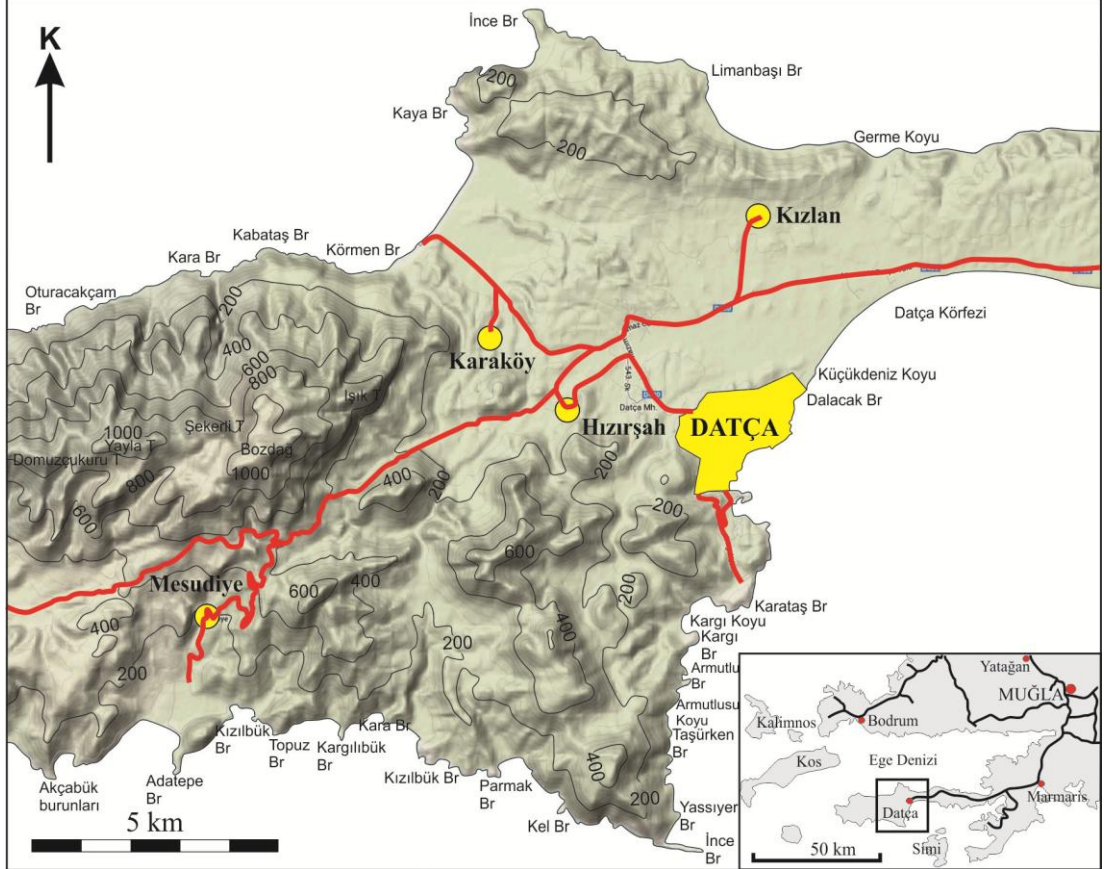
1.1 Çalışma Alanının Yeri ve Genel Özellikleri

Çalışma alanı, Muğla il merkezinin 125 km güneybatısında bulunan Datça ilçe merkezindeki Gölbaşı jeotermal sahası ve civarını kapsar (Şekil 1.1). İnceleme alanı 1/25.000 ölçekli MUĞLA O19 a3, d1 ve d2 paftaları içinde bulunmaktadır ve yaklaşık alanı 185 km²'dir.

İnceleme alanındaki yerleşim yerleri Datça ilçe merkezi, Hızırşah, Karaköy, Kızılan ve Mesudiye köyleridir. Türkiye İstatistik Kurumu 2012 verilerine göre Datça ilçe merkezinin nüfusu 11.261, ilçe nüfusu ise 16.154'dür. Datça ilçe merkezinden köylere ulaşım asfalt yollarla sağlanmakta olup ulaşım problemi yoktur.

Bölge, başlıca, maruz kaldığı tektonizma tarafından şekillendirilen oldukça sarp bir morfolojiye sahiptir. En yüksek ve en düşük kotlar arasındaki fark 1164 metredir. Bölgesel çökme ve yükselmelerden kaynaklanan graben, horst, körfez ve koylar oluşmuştur. İnceleme alanındaki önemli yükseltiler Bozdağ (1163), Yayla Tepe (1144), Kocameşe Tepe (1120), Sarıçarşak Tepe (1100), Şekerli Tepe (1031), Domuzçukuru Tepe (979), Yaylabası Tepe (912), Işık Tepe (818), Tülü Dağı (743), Sivrikale Tepe (736), Şahin Tepe (713) ve Karaok Tepe (631)'dir. Datça graben alanında ise maksimum kot 150 metre civarındadır. Bozdağ eteklerinden doğan Pustular Deresi en önemli deredir. Diğer dereler mevsimsel akışlı derelerdir.

Körfez, koy ve burunlar güney kesimde Datça Körfezi, Küçükdeniz, Kargı ve Armutlusu koyları, Dalacak, Karataş, Kargı, Armutlu, Taşürken, Yassiyer, İnce, Kel, Parmak, Kızılbük, Kara, Kargılıbük, Topuz, Adatepe, Akçabük burunları; kuzey kesimde ise Germe Koyu ile Limanbaşı, İnce, Kaya, Körmen, Kabataş, Kara ve Oturacak burunlarıdır.



Şekil 1.1: Çalışma alanının yer bulduru haritası (eş yükselti eğriler 200 m’de bir geçirilmiştir).

Çalışma alanında badem, zeytin ve zeytinyağı üretimi yöre halkına ekonomik katkı sağlayan önemli unsurlardır. Ayrıca sebze-meyve üretimi, hayvancılık, arıcılık, balıkçılık ve turizm önemli gelir kaynaklarını oluşturur.

1.2 Çalışmanın Amacı

Bu çalışma ile Gölbaşı jeotermal sahasının jeolojik, hidrojeolojik ve hidrokimyasal incelenmesi sonunda hazne ve örtü kayalar ile ısı kaynağı ve beslenme alanının belirlenmesi, sıcak ve soğuk suların kimyasal özelliklerinin, kökenlerinin ve birbirleri arasındaki ilişkinin saptanması, sahanın kavramsal hidrojeolojik modelinin oluşturulması ve olası rezervuar sıcaklığına bir yaklaşım sağlanması amaçlanmıştır.

1.3 Önceki Çalışmalar

Datça Yarımadası'nda stratigrafi, paleontoloji, tektonik ve volkanizma ağırlıklı ilk jeolojik çalışmalar Philipson (1915), Oppenheim (1918), Chaput (1936, 1955), Kaaden ve Metz (1954), Flügel ve Metz (1954), Tintant (1954) ve Kaaden(1960) tarafından yapılmıştır. Sonraki çalışmalarda Rossi (1966), Orombelli ve diğ. (1967), Brinkmann (1967), Burri ve diğ. (1967) Tatar (1968), Becker-Platen (1970), Akat ve diğ. (1975), Robert (1976), Robert ve Cantagrel (1977), Özçiçek ve Özçiçek (1977), Pişkin (1980), Çağlayan ve diğ. (1980), Konak ve diğ. (1987), Meşhur ve diğ. (1989), Ersoy (1991) ve Bilgin ve diğ. (1997) ayrıntılı jeoloji çalışmalarını gerçekleştirmişlerdir.

Willman (1981) Rodos ve Kos adalarında gerçekleştirdiği jeolojik çalışmalarını inceleme alanını içine alan bölge ile de karşılaştırmıştır. Smith ve diğ. (1996) Kos Adası ve civarında gerçekleşen volkanik faaliyetin yaşını Ar-Ar yöntemiyle 161.000 yıl olarak belirlemişlerdir. Ercan (1981), Ercan ve diğ. (1980, 1982a, b, 1984), yarımada'nın Pliyo-Kuvaterner yaşlı çökel kayalarını kapsayan stratigrafi ve volkanizmaya yönelik çalışmalar yapmışlardır. Araştırmacılar, jeolojik ve petrokimyasal bulguları sonucunda, Datça yarımadasında izlenen ve ada yayı volkanizmasının ürünü olan bazaltik andezit, andezit, dasit, riyolit türde, kalkalkalin serinin bütün türlerini içeren lav parçaları ile, kül, tuf, lapilli ve süngertaşından oluşan volkanitlerin, Kuvaterner'de meydana gelen çok şiddetli patlamalarla özellikle Kos ve Nysiros adalarından havadan ve denizden yüzerek (süngertaşı) bölgeye ulaştıklarını belirtmişlerdir.

Ersoy (1991), Datça yarımadasındaki kayaçların, aralarında önemli bir zaman boşluğu olan tektonik ve post-tektonik birimlerden oluştuğunu belirtmiş, bölgenin

tektoniğini paleo ve neotektonik dönem olmak üzere ikiye ayırmıştır. Neotektonik dönemde çekme kuvvetlerinin etkisi sonucu büyüme faylarıyla Datça grabeninin oluştuğunu ifade eden araştırmacı, önerdiği tektonik modele göre Datça Yarımadası'nın Gökova ve Hisarönü grabenleri arasında kabaca D-B uzanımlı bir horst şeklinde olduğunu vurgulamıştır. Kurt ve diğ. (1999), Gökova Körfezi içinde alınan çok kanallı sismik yansıma verilerine göre denizaltı aktif tektoniğin varlığına işaret etmişler, Gökova Körfezi'nin içinde yer aldığı grabenin oluşumunda güney kenarı kontrol eden Datça Fayı'nın da önemli rol oynadığı belirtmişlerdir.

Hacettepe Üniversitesi, Uluslararası Karst Araştırma ve Uygulama Merkezi (UKAM) (2001), Datça-Bozburun Özel Çevre Koruma Bölgesini kapsayan alanda 1/25.000 ve 1/100.000 ölçekli jeoloji ve hidrojeoloji haritalarını hazırlamışlar, bölgeyi başlıca hidrojeolojik ve hidrokimyasal açıdan incelemişlerdir.

Kapan Yeşilyurt ve Taner (2002), Datça ve civarında Yıldırımli formasyonunda gözledikleri gastropoda-pelecypoda faunasında yaptıkları inceleme sonucunda formasyonunun yaşını Pliyosen'den daha dar bir aralığa Geç Piyasensiyen'e çekmişlerdir.

Çiftçi (2010), ofiyolitlerin Likya naplarında genellikle en üst nap dilimini oluştururken Datça Yarımadası'nın orta kesimlerindeki ofiyolitlerde bir terslenmenin sözkonusu olduğunu, Marmaris peridotitindeki serpantinleşmenin yarımada'nın güney kesiminde daha fazla gözlemlendiğini belirtmiştir.

1.4 Materyal ve Yöntem

Tez çalışması, literatür araştırması, saha, laboratuvar ve büro çalışması şeklinde dört aşamada yürütülmüştür.

1.4.1 Literatür Çalışması

Çalışma alanı ve yakın çevresinde jeoloji, hidrojeoloji, hidrojeokimya ve ilgili diğer konularda yapılmış çalışmalara ilişkin olarak yazılmış tez, makale ve raporlar ile Devlet Su İşleri 21. Bölge Müdürlüğü, Muğla İl Özel İdaresi ve Datça Belediyesi'nden bazı kuyu ve kaynaklara ait bilgi ve Meteoroloji Genel

Müdürlüğü'nden Datça ilçe merkezine ait meteorolojik veri derlenerek değerlendirilmiştir.

1.4.2 Saha Çalışması

Saha çalışmaları, jeolojik ve hidrojeolojik incelemeler ile su noktalarında yerinde ölçüm ve örnekleme çalışmasından oluşmuştur.

Jeolojik ve hidrojeolojik çalışmalar

Jeolojik çalışmalarda, inceleme alanı ve çevresinde, MTA (Maden Tetkik ve Arama Müdürlüğü) (1997) tarafından yapılmış jeolojik harita yardımıyla kaya birimleri ve faylar yerinde gözlenmiş ve incelenmiştir. Hidrojeolojik çalışmalarda kaya birimlerinin hidrojeolojik özellikleri gözlemsel olarak saptanmış, su noktalarının geldikleri kaya, kırık ve faylarla ilişkileri incelenmiş, örnekleme için su noktaları seçilmiştir.

Yerinde ölçüm ve örnekleme çalışmaları

İnceleme alanında seçilen örnekleme noktalarından iki dönemde yerinde ölçüm ve örnekleme çalışması yapılmıştır. Birinci dönem olan Mayıs-2012'de 14 su noktasından (3 sıcak su kaynağı, 5 soğuk su kaynağı, 1 keson kuyu, 4 soğuk su sondajı, 1 deniz suyu) ve ikinci dönem olan Ekim-2012'de 16 su noktasından (4 sıcak su kaynağı, 5 soğuk su kaynağı, 1 keson kuyu, 5 soğuk su sondajı, 1 deniz suyu) sıcaklık, elektriksel iletkenlik (EC), pH ve Eh ölçümleri HACH-LANGE portatif HQ40D multi ölçüm cihazı ile iletkenlik ve pH elektrotları kullanılarak yapılmıştır. Ölçümlerden önce, cihaz EC ve pH standart çözeltileriyle kalibre edilmiştir. Suların HCO₃ analizleri H₂SO₄ titrasyonu ile arazide gerçekleştirilmiştir. Majör anyon ve SiO₂ analizleri için örnekler 2 adet 250 ml'lik polipropilen şişeye alınmış ve şişelerden biri örneğin EC miktarına göre 1/50 oranına kadar ultra saf su ile seyreltilmiştir. Bu örnekler analiz başlangıcına kadar +4°C altındaki sıcaklıklarda korunmuştur. Element analizleri için örnekler 100 ml'lik polipropilen şişelere filtre edilerek alınmış, daha sonra numunelere ultra saf HNO₃ eklenerek pH değerinin 2 ve

altına inmesi sağlanmıştır. Su örnekleri trityum analizleri için 500 ml'lik polipropilen şişelere, ^{18}O ve ^2H analizleri için ise 100 ml'lik polipropilen şişelere alınmıştır.

1.4.3 Laboratuvar Çalışması

Su örneklerinin sıcaklıkları analiz öncesinde oda sıcaklığına getirilmiştir. Majör iyon analizleri Dionex ICS 1000 marka İyon Kromatografi, element analizleri PerkinElmer DV 2100 marka ICP-OES, SiO_2 analizleri HACH DR/4000 marka UV/VIS Spektrofotometre cihazları ile Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Su ve Çevre Kimyası Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir. Suların $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^2\text{H}$ analizleri, Utah Üniversitesi Biyoloji Bölümü'nde (ABD), trityum analizleri ise Hacettepe Üniversitesi'nde hizmet alımı karşılığı yaptırılmıştır.

1.4.4 Büro Çalışması

Büro çalışmasında jeolojik ve hidrojeolojik haritalar ve hidrojeolojik kesit CorelDraw programıyla çizilmiş, grafik sunumlar Grapher programıyla hazırlanmış, su kimyası değerlendirmeleri PhreeqC programı (Parkhurst ve Appelo, 1999) yardımıyla yapılmış, tüm sonuçlar değerlendirilerek tez yazımı gerçekleştirilmiştir.

2. GENEL JEOLojİ

2.1 Stratigrafi

Bu çalışmada inceleme alanında yüzeyleyen kayaçlar temel ve örtü kayaçları olmak üzere iki grupta incelenmiştir. Çalışma alanında ofiyolit ve ofiyolitli melanj, karbonatlar ve bloklu flişten oluşan Likya napları temel birimleri, Üst Pliyosen ve Kuvaterner yaşlı çökeller ise örtü birimlerini oluşturur (Şekil 2.1 ve Şekil 2.2).

2.1.1 Temel Birimler

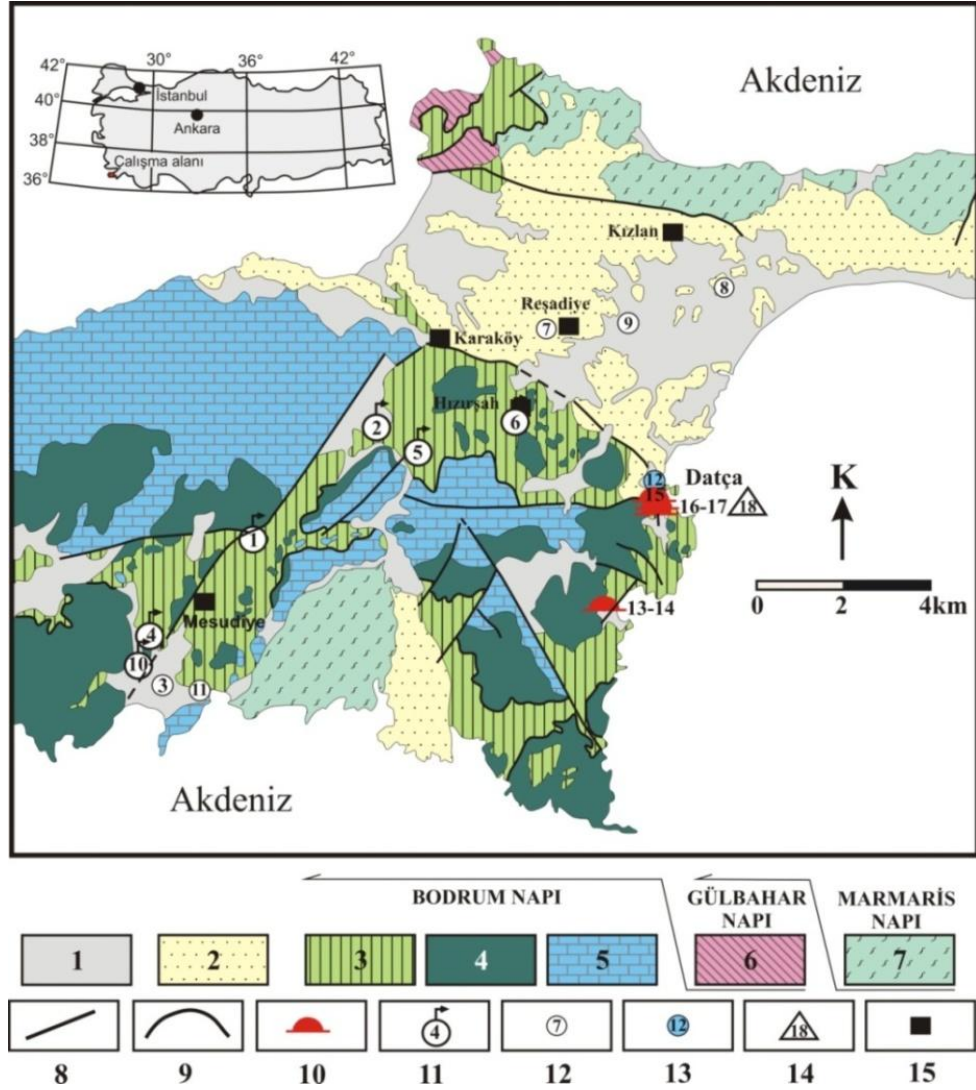
İnceleme alanı ve civarındaki temel kayaçlarını birbirlerinden farklı ortam koşullarında gelişmiş olan allokton kaya birimlerini oluşturan yapısal birimler meydana getirir. Bu birimler Brunn ve diğ. (1971) tarafından Likya napları olarak adlandırılmıştır ve alttan üste Tavas napı, Bodrum napı, Domuzdağ napı, Gülbahar napı ve Marmaris ofiyolit napından oluşmaktadır. İnceleme alanında Likya napları Bodrum, Gülbahar ve Marmaris ofiyolit napları ile temsil edilir.

2.1.1.1 Bodrum Napı

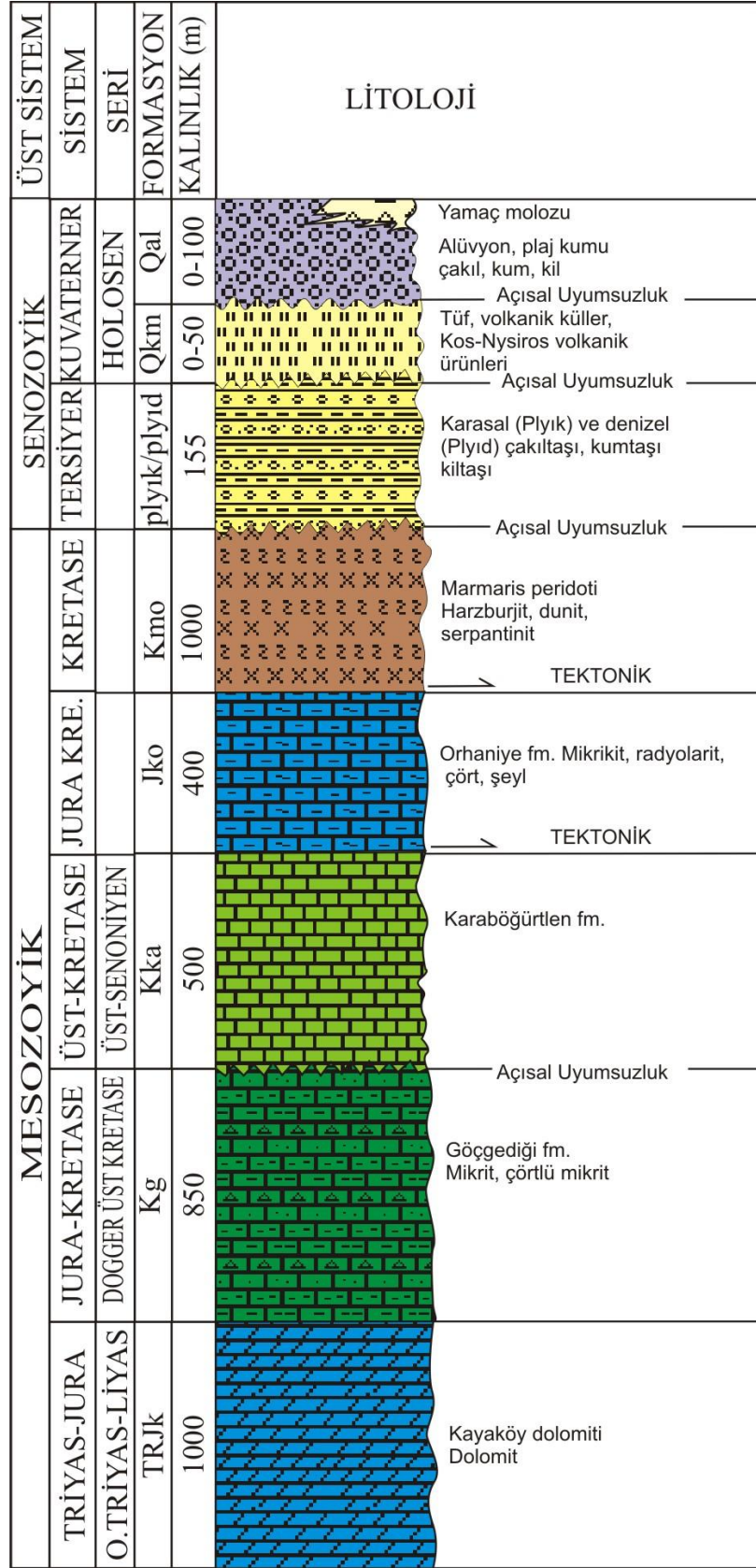
İnceleme alanında, Bodrum napına ait birimlerden yalnızca Çökek birimi görülür. Çökek birimi, Orta Triyas-Liyas yaşlı Kayaköy dolomiti (dolomit ve dolomitik kireçtaşları), Dogger-Üst Kretase yaşlı Göçgediği formasyonu (mikrit, çörtlü mikrit, kalsitürbidit) ve Üst Senoniyen yaşlı bloklu flişten oluşur (MTA, 1997).

Kayaköy dolomiti: Masif dolomitlerden oluşan formasyon Şenel ve diğ. (1994) tarafından adlandırılmıştır. İnceleme alanında Bozdağ, Kocadağ kuzeyi ve doğusu, Alazeytin Dağı, Karadağ ve Tülü Dağı civarında yüzeyleyilir. Birim siyah, koyu gri, gri renk tonlarındadır ve genellikle masif veya belirsiz kalın katmanlıdır (Foto 2.1). Üst kesimlere doğru yer yer dolomitik kireçtaşları bulunur. Aşırı derecede

çatlaklı olan birimde sıklıkla çözünme boşlukları gözlenir. Karstlaşma yaygındır. Alt dokanağı, çalışma alanında gözlenemeyen Tavas napı ile tektoniktir. Üst dokanağı ise yine inceleme alanında gözlenemeyen Sandak formasyonu (dolomit, dolomitik kireçtaşı ve kireçtaşı) ile uyumludur. Kalınlığı 1200 m civarında olan Kayaköy dolomiti fosil bulgularına göre Orta Triyas-Liyas yaşlıdır ve duraylı sığ karbonat şelf ortamında çökelmiştir (MTA, 1997).



Şekil 2.1: İnceleme alanının basitleştirilmiş jeoloji haritası (MTA, 1997'den değiştirilerek) ve örnekleme noktalarının lokasyonları. (1. Kuvaterner, Pliyo-Kuvaterner yaşlı plaj çökelleri, alüvyon, taraça, yamaç molozu, 2. Üst Pliyosen yaşlı Yıldırım formasyonu, 3. Dogger-Üst Kretase yaşlı Göçgediği formasyonu, 4. Üst Senoniyen yaşlı Karaböğürtlen formasyonu, 5. Orta Triyas-Liyas yaşlı Kayaköy dolomiti, 6. Jura-Kretase yaşlı Orhaniye formasyonu, 7. Üst Kretase yaşlı Marmaris peridotiti, 8. Normal ve doğrultu atımlı faylar, 9. Bindirme fayı, Örnekleme noktaları: 10. Jeotermal kaynak, 11. Soğuk su kaynağı, 12. Soğuk su sondajı, 13. Keson kuyu, 14. Deniz suyu, 15. Yerleşim alanı).



Şenel 1997'den değiştirilerek alınmıştır.

Şekil 2.2: İnceleme alanı ve yakın çevresinin sütun kesiti (MTA, 1997'den değiştirilerek).

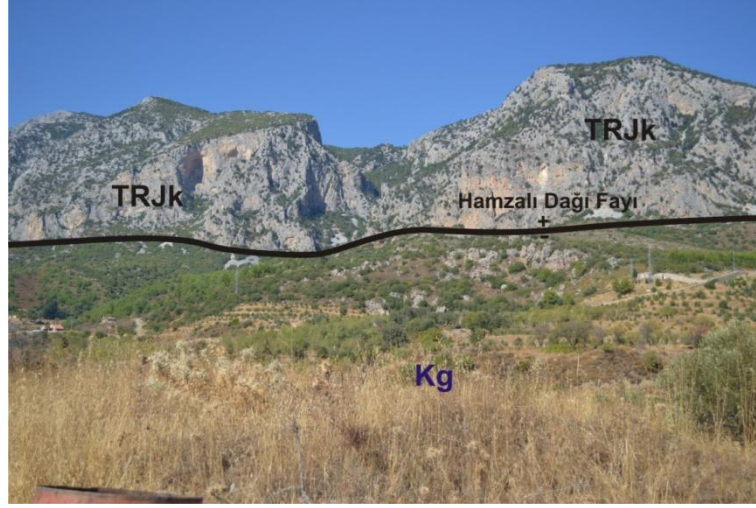


Foto 2.1: Kayaköy dolomitinin (TRJk) görünümü. Hamzalı Dağı Fayı Kayaköy dolomiti ile Göçgediği formasyonu (Kg) arasında sınır oluşturmaktadır (Hızırşah-Mesudiye yolu).

Göçgediği formasyonu: Kalsitürbidit ve çörtlü mikritlerden oluşan formasyon Şenel ve diğ. (1989) tarafından adlandırılmıştır. İnceleme alanında Kocadağ, Mesudiye Köyü'nün batısı ve kuzeyi, Yassıdağ, Korudağ ve İnceburun civarlarında mostra verir (Foto 2.2). Formasyon, gri-açık gri renkli, ince-orta, yersel kalın katmanlı, kalsitürbidit ara düzeyli, çört yumru ve bantlı radyolaryalı mikritlerden oluşur ve yer yer bol rudist parçalı kireçtaşları, yer yer de globotruncanalı mikritlerle sonlanır (MTA, 1997). Alt dokanağı Sandak formasyonu ile uyumlu, üst dokanağı ise Karaböğürtlen formasyonu ile uyumsuzdur. Kalınlığı 400-600 m arasında değişen ve yamaç-havza kenarı ortamında çökelen Göçgediği formasyonunun yaşı fosil bulgularına göre Dogger-Kretase'dir. (MTA, 1997).

Karaböğürtlen formasyonu: Yer yer bloklu fliş karakterinde olan formasyon Datça ilçe merkezi, Mesudiye ve Hızırşah köyleri, Alazeytin Dağı, Kargı Koyu ve kuzeyde İnce Burun civarında gözlenir (Foto 2.3, 2.4, 2.5, 2.6 ve 2.7). Formasyon, gri, siyahımsı gri, yeşilimsi gri, siyah renkli, ince-orta-kalın katmanlı, çakıltaşı, kumlu-killi kireçtaşı, çörtlü kireçtaşı, kalsitürbidit, breş gibi kaya türü ara düzeyleri ya da mercekleri kapsayan kumtaşı, kiltası ve silttaşlarından oluşur; kiltası ve silttaşları yer yer yapraklanma geçirmiş ve şisti yapı kazanmıştır (MTA, 1997). Alt dokanağı Göçgediği formasyonu ile uyumsuz, üst dokanak ilişkisi ise tektoniktir. Kalınlığı 650 metreye ulaşabilen ve duraysız havza ortamında çökelen Karaböğürtlen formasyonunun yaşı fosil bulgularına göre Üst Senoniyen olarak kabul edilmiştir (MTA, 1997).



Foto 2.2: Göçgediği formasyonundan bir görünüm (Ağacık Kaynağı batısı).



Foto 2.3: Karaböğürtlen formasyonundan bir görünüm (Kargı Koyu).



Foto 2.4: Karabögürtlen formasyonu (Kka), Göçgediği formasyonu (Kg) ve alüvyondan bir görünüm (Kargı Koyu).



Foto 2.5: Karabögürtlen formasyonu kireçtaşlarındaki çatlak ve çözünme boşlukları (Kargı-Datça yolu).



Foto 2.6: Karabögürtlen formasyonunun kiltası ve silttaşlarından bir görünüm (Kargı-Datça yolu).



Foto 2.7: Karaböğürtlen (Kka) ve Göçgediği (Kg) formasyonlarını ayıran faydan bir görünüm (Gölbaşı termal gölü kuzeyi).

2.1.1.2 Gülbahar Napı

İnceleme alanında Gülbahar napına ait birimlerden yalnızca Turunç birimi içinde yer alan Orhaniye formasyonu görülür.

Orhaniye formasyonu: Formasyon Meşhur ve diğ. (1989) tarafından adlandırılmıştır. İnceleme alanının kuzeyinde İnce Burun civarında gözlenir. Formasyon, genellikle gri, açık gri, kirlili sarı renkli, ince-ort a katmanlı, bazik volkanit, radyolarit-çört-şeyl ara düzeyli, sık kıvrımlı çörtlü kireçtaşlarından oluşur (MTA, 1997). Kalınlığı 400 metreye ulaşabilen ve yer yer bazik volkanizmanın etkin olduğu havza ortamında çökelen Orhaniye formasyonunun yaşı fosil bulgularına göre Jura-Kretase'dir (MTA, 1997).

2.1.1.3 Marmaris Ofiyolit Napı

Marmaris peridotiti: Birim Çapan (1980) tarafından adlandırılmıştır. İnceleme alanında Mesudiye Köyü'nün doğusunda, Kızılan köyü kuzeyinde kıyı boyunca mostra verir. Birim yer yer serpantinleşmiş ultramafik kayalardan oluşur. Birim içinde harzburjitler kızıl, kızıl kahve, yeşilimsi gri, dunitler açık yeşil, gri ve kahverengi ayrışma renklerindedir. Birim içinde yer yer makaslamaya uğramış gabro, diyabaz vb. kaya türleri bulunur (MTA, 1997). Alt ve üst dokanak ilişkisi

tektoniktir. Kalınlığı yaklaşık 1000 m olan Marmaris peridotitinin yaşı olasılıkla Üst Kretase'dir (Thuizat ve diğ., 1981).

2.1.2 Örtü Birimleri

Datça Yarımadası'nda altlayan Likya napları (temel birimleri) ile Pliyosen ve Kuvaterner yaşlı örtü birimleri arasında önemli bir zaman boşluğu vardır. İnceleme alanındaki örtü birimleri, tüm yaşlı birimleri uyumsuzlukla örten Üst Pliyosen yaşlı Yıldırımli formasyonu ile Pliyo-Kuvaterner, Kuvaterner yaşlı çökel ve volkaniklerdir.

2.1.2.1 Yıldırımli Formasyonu

Formasyon Rossi (1966) tarafından adlandırılmıştır. İnceleme alanında Datça grabeninde yaygın olup Datça ilçe merkezi, Reşadiye Mahallesi, Karaköy, Hızırşah ve Kızlan köyleri civarı ile güneyde Kızılbük ve Parmak burunlarının kuzeyinde gözlenir. Yıldırımli formasyonu genellikle sarı, sarımsı beyaz ve gri renk tonlarında izlenir ve altta, genellikle orta-kalın katmanlı çakıltası, kumtaşı, kıltaşı, marn, seyrek olarak kireçtaşı, kalker tüfü ve volkanik tuf ve dolomittir (Foto 2.8, 2.9, 2.10). Bu çökel topluluk oldukça kalın ve yaygın olup graben boyunca hemen her yerde izlenir. Kırıntılı birimler, altlayan yaşlı birimlerden bileşenler içerir. Katman oygudolgu yapıları, kuruma çatlakları ile tablamsı, bazen teknesi çapraz katmanlanma ve laminalanma sık rastlanan sedimenter yapılarıdır (Ersoy, 1991). Ersoy (1991)'un gözlemlerine göre, bu çökel topluluk sedimentasyon sırasında tektonizmadan etkilenmiş ve bu çökellerle yaşdaş büyüme fayları (growth faults) meydana gelmiştir (Şekil 2.3). Formasyonun kalınlığı 150 m kadardır. Fosil bulgularına göre formasyonun yaşı Pliyosen'dir (Philippson, 1915; Chaput, 1936; Kaaden ve Metz, 1954; Rossi, 1966; Ersoy, 1991). Ersoy (1991), gerek litolojik bulguların, gerekse fosil tayinlerinin Pliyosen'de, karasal bir ortamı, önce denizel bir transgresyonun, ardından da ani bir regresyonun takip ettiğini gösterdiğini belirtmektedir. Kapan Yeşilyurt ve Taner (2002) bu formasyondaki denizel ve tatlısu fosil bulgularına göre formasyonun yaşının Geç Piyasensiyen olduğunu belirtmişlerdir. Bu yaşın, dört

kavkıya uyguladıkları ESR (Elektron Spin Resonans) yöntemi ile elde ettikleri 1.891-1.988 milyon yaşı ile uyumlu olduğunu vurgulayan araştırmacılar, Datça yarımadasının, Geç Piyasensiyen'de sığ denizle bağlantılı lagün-akarsu ortamı olduğunu ifade etmişlerdir. Formasyonun alt dokanağı Likya napları, üst dokanağı ise Kuvaterner yaşlı çökellerle uyumsuzdur.



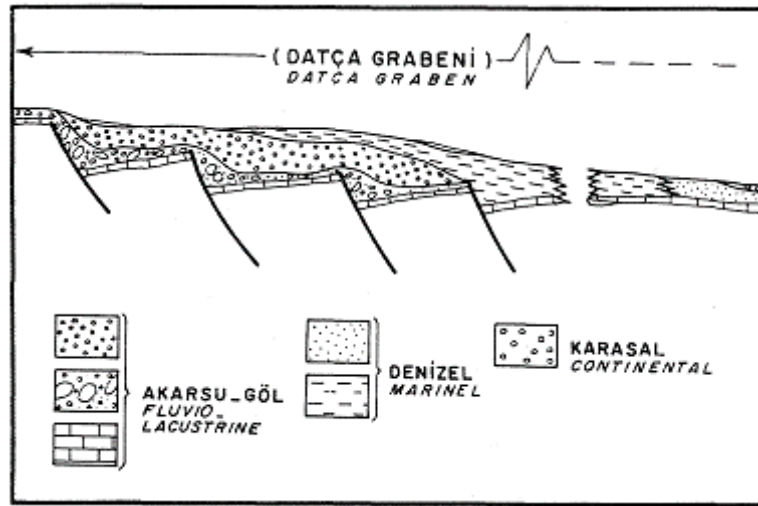
Foto 2.8: Kızlan köyü içinde bulunan Yıldırımli formasyonu.



Foto 2.9: Yıldırımli formasyonu yakından görünüm.



Foto 2.10: Yıldırımli formasyonundan görünüm (Datça yolu).



Şekil 2.3: Datça Grabeni'nde sedimentasyonun, sin-sedimenter büyüme fayları ile kontrol edilmesini gösterir ölçeksiz hipotetik jeoloji kesiti (Ersoy, 1991).

2.1.2.2 Kuvaterner Yaşlı Birimler

Bunlar alüvyon, plaj kumu, yalıtışı (plaj kayası), asılı taraça ve tüflerden oluşur. Tutturulmamış, gevşek tutturulmuş kil, silt, kum, çakıl ve bloklardan oluşan alüvyon Datça grabeninin KB ve GD kesimlerinde yaygın olarak izlenir. Bunun dışında Datça ilçe merkezi, Alazeytin Dağı doğusu, Kocadağ ve Yarıkdag güneyinde de gözlenir. İnceleme alanında kuru derelerin yüksek yamaçlarında asılı durumda bulunan çakıllardan oluşan ve 8-10 m. lik bir kalınlığa fanglomeralar ise şimdiki dere talveginden ortalama 20-30 m. daha yukarıdadır ve bunlar, hemen hemen her yerde tüflerin üzerinde yer alır (Ersoy, 1991). Genellikle köşeli çakıllardan oluşan yamaç

molozları gevşek tutturulmuş olmakla beraber çok sıkı tutturulmuş olanları da vardır. Bunlar kahverenkli bir karbonat matrisi ile tutturulmuşlardır ve yaşları olasılıkla Pliyo-Kuvaterner'dir (Ersoy, 1991). İnce, orta ve kaba silis tanelerinden oluşan plaj kumu genellikle tutturulmamıştır. Plaj kumu ve çakıllarının çimentolanmasından oluşan yalıtışları (beachrock) ise yarımada'nın hem güney, hem de kuzey kıyılarında izlenir (Ersoy, 1991). Deniz seviyesi değişiminin önemli kanıtları olan yükselmiş plaj konglomeraları yaygın olmamakla birlikte yarımada'nın kuzey ve güney sahillerinde izlenir; bu yükselme yaklaşık 20-25 m. kadardır (Ersoy, 1991). Volkanikler Yarıık Dağı güneyinde gözlenir ve genellikle tuf, volkan külü, süngertaşı ve lav parçalarından oluşur (Foto 2.11). Ercan (1981), Ercan ve diğ. (1980, 1982a, b, 1984) ve Ersoy (1991), Datça yarımadasında izlenen ve ada yayı volkanizmasının ürünü olan bazaltik andezit, andezit, dasit, riyolit türde, kalkalkalin serinin bütün türlerini içeren lav parçaları ile, kül, tuf, lapilli ve süngertaşından oluşan volkanitlerin, Kuvaterner'de meydana gelen çok şiddetli patlamalarla özellikle Kos ve Nysiros adalarından havadan ve denizden yüzerek (süngertaşı) bölgeye ulaştıklarını belirtmişlerdir. Benzer olarak, Allen ve Cas (2001) Kos Adası ve civarındaki piroklastiklerin Datça ve Bodrum yarımada'larındaki piroklastiklerle aynı kökene sahip olduklarını, Kos adası ve civarındaki Yunan adalarında 161.000 yıl önce meydana gelen volkanizma ile oluşan piroklastik akıntının civar adalar ile Datça ve Bodrum yarımada'larına kadar ulaştığını vurgulamışlardır.

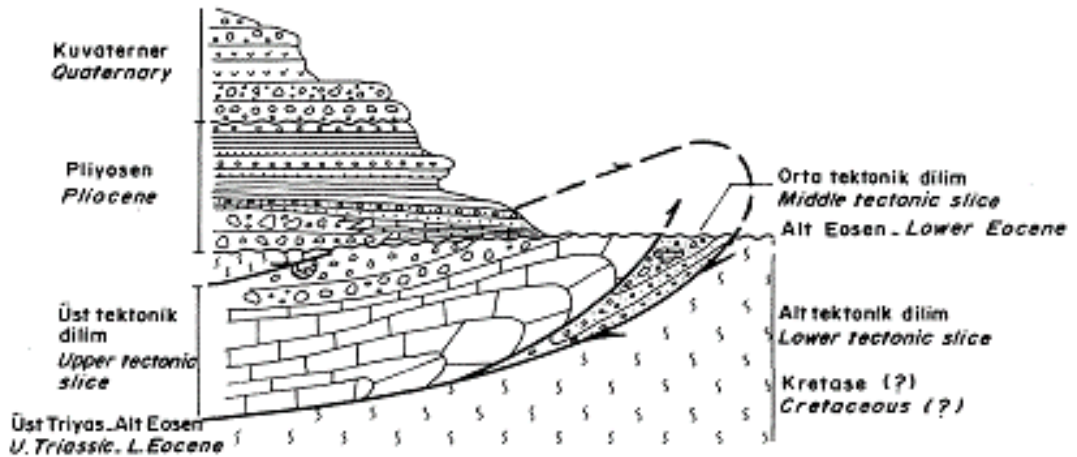


Foto 2.11: Kuvaterner yaşlı tuf ve lav parçaları.

2.2 Tektonizma

2.2.1 Paleotektonik (Eski Tektonik Döneme Ait) Yapılar

Bölgede, Orta Triyas-Üst Kretase yaşlı yapısal birimlerden oluşan Likya napları ve bunların üzerinde Pliyosen yaşlı karasal ve denizel çökeller ile Kuvaterner yaşlı oluşuklar bulunur. İnceleme alanında gözlenen Bodrum, Gülbahar ve Marmaris ofiyolit napları Senoniyen sonlarında olasılıkla Menderes masifi kuzeyinde biraraya gelmiş ve Üst Eosen'deki K-G yönlü sıkışma rejimine bağlı olarak Menderes masifi üzerine ve güneyine yerleşmişlerdir (UKAM, 2001). Bunlar, Alt Miyosen sonlarında gelişen yine K-G yönlü sıkışma rejimine bağlı olarak inceleme alanında gözlenmeyen Yeşilbarak napını da altlarına alarak güneye doğru aktarılmışlar ve Alt Langiyen'de inceleme alanında gözlenmeyen Beydağları otoktonu üzerine yerleşmişlerdir (UKAM, 2001). Orta Miyosen sonları ve Üst Miyosen başlarında bölgenin kuzeybatısında magmatizma etkin olmuş ve plütonik (Bozdağ) monzoniti ve volkanik (Bodrum volkanitleri) kayaçlar oluşmuştur (UKAM, 2001). Bu kayaçlar inceleme alanında görülmemektedir. Ofiyolitler, Batı Toros Kuşağında pekçok yerde en üst nap dilimini oluşturmasına karşın, Datça yarımadasında bir terslenme söz konusudur. Olasılıkla Üst Eosen'den sonraki bir dönemde naplaşma hareketleri sırasında meydana gelmiş olan bu durum Şekil 2.4'de gösterilmiştir (Ersoy, 1991).



Şekil 2.4: Datça Yarımadasındaki ofiyolitlerin tektonik olarak ardalanmasını açıklayan şematik enine kesit (ölçeksiz) (Ersoy, 1991).

İnceleme alanında Likya naplarına ait yapısal birimlerin birbiri üzerine bindirmeleri, bindirme fayları ve tektonik klip olarak birçok alanda gözlenebilmektedir.

2.2.2 Neotektonik (Yeni Tektonik Döneme Ait) Yapılar

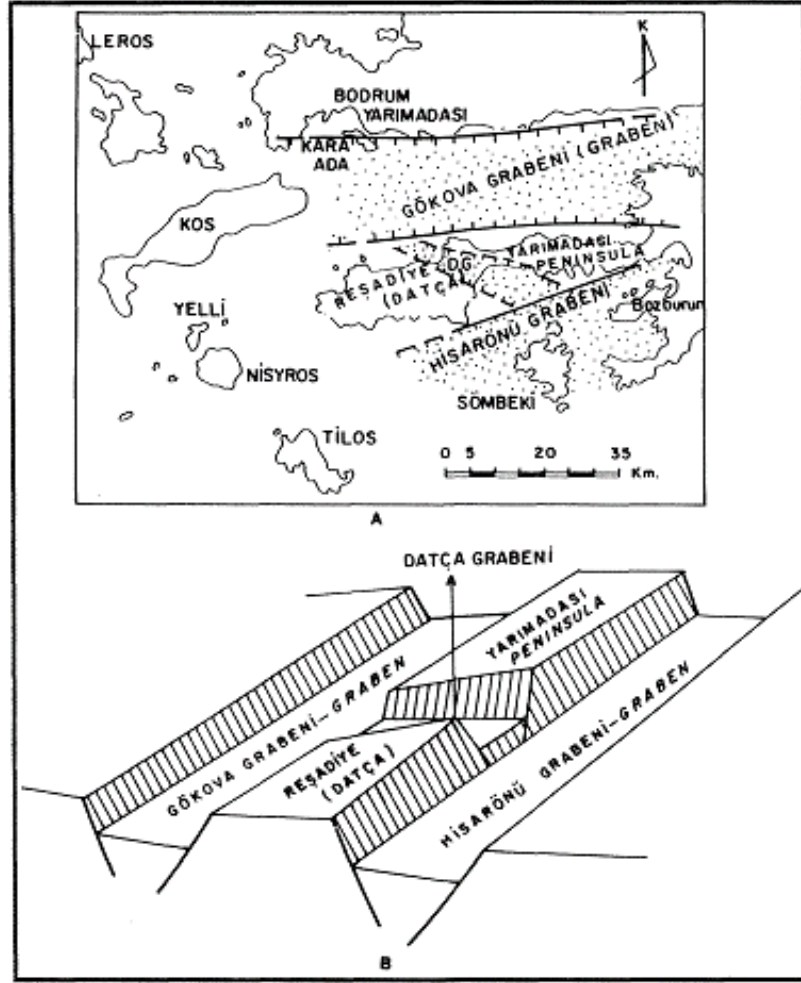
Neotektonik dönemde, yarımada sadece çekme (extensional) kuvvetleri etkili olmuştur. Bu kuvvetlerin neden olduğu çekim (gravite) hatta büyüme (growth) fayları sonucu horst ve graben gibi yapısal şekiller meydana gelmiştir. Bunun en tipik örneği kuzeyde kabaca K65-70B gidişli; güneyde ise kabaca K40-50B gidişli bir fayla sınırlı Datça Grabeni'dir (Ersoy, 1991). Ersoy (1991), Datça yarımadasının neotektonik dönemdeki yapısal durumunu açıklayan olası bir model ortaya koymuştur (Şekil 2.5-A ve 2.5-B). Datça ile Bodrum yarımadası arasında, denizaltı alanında "Gökova Grabeni" ve Datça yarımadası ile Bozburun yarımadası arasında da, denizaltı alanında "Hisarönü Grabeni" yer almaktadır. Bu modele göre her iki grabenin fayları Datça Grabeni'ne ait fayları verev olarak keserler. Bu nedenle bu faylar göreceli olarak Datça Grabeni'ni sınırlayan faylardan daha gençtir. Dolayısı ile bu faylardaki hareketlerle, Datça yarımadası, grabenler arasında Datça Grabeni ile birlikte tümüyle "horst" yapısı kazanmıştır. Çalışma alanında, kıyı boyunca izlenen yükselmiş plaj konglomeraları, deniz çekilmesinin ve yükseliminin en belirgin işaretçilerinden biridir (Ersoy, 1991).

2.2.2.1 Eğim Atımlı Normal Faylar

D-B Gidişli Faylar

İnceleme alanında yaklaşık D-B doğrultulu iki fay vardır. Bunlardan birincisi Karadağ'ın kuzeybatısı, Yarıkdağ'ın doğusundan başlayarak Datça yerleşim merkezinin güneyinde sonlanan Karadağ Fayı'dır. Genellikle Kayaköy dolomitini kesen bu fay Datça yerleşim merkezinin güneybatısında Göçgediği ve Karaböğürtlen formasyonları arasında sınır oluşturmaktadır. İkinci fay Kocadağ güneyinden itibaren Mesudiye Köyü kuzeyine uzanan ve Hamzalıdağ Fayı'nda son bulan Yaylatepe

Fayı'dır. Bu fay genellikle Göçgediği ve Karaböğürtlen formasyonları arasında sınır oluşturmaktadır.



Şekil 2.5: Datça yarımadası ve yakın çevresinin neotektonik durumunu gösterir harita (A) ve blok diyagram (B) (Ersoy, 1991).

KD-GB gidişli faylar

Çalışma alanında KD-GB gidişli üç fay gözlenmiştir. Bu faylardan birincisi fay Datça yarımadası'nın kuzey kıyı kesiminde, İnceburun ile Limanbaşı Burnu arasındadır ve Marmaris peridotiti ile Karaböğürtlen formasyonunu ayırmaktadır. İkinci fay Hamzalıdağ doğusundan itibaren Mesudiye Köyü batısı ve Akçabük Burnu'nu birleştiren bir hat boyunca izlenen ve genellikle Kayaköy dolomiti ve Göçgediği formasyonu ile Karaböğürtlen formasyonu arasında sınır oluşturan Hamzalıdağ Fayı'dır. Üçüncü fay Yarıkdag civarında gelişmiştir ve Kayaköy dolomiti içinde görülür.

KB-GD gidişli faylar

Çalışma alanında KB-GD gidişli 3 önemli fay vardır. İlk fay, Kızılan Köyü'nün kuzeydoğusundan Kızılağaç Burnu'na uzanan ve Datça grabeninin kuzey kenar fayını oluşturan Kızılan Fayı'dır. MTA diri fay haritasında bu fay diri fay olarak işaretlenmiştir. İkinci fay Datça grabenini güneyden sınırlayan Datça Fayı'dır. Bu fay Datça ilçe merkezi ile Karaköy arasında uzanır. Her iki fay da genellikle Likya naplarını oluşturan yapısal birimler ile Yıldırımli formasyonu arasında sınır oluşturur. Üçüncü fay, Taşürken Burnu'nun güneyi, Alazeytin Dağı'nın kuzeydoğusu ve Karadağ arasında hemen hemen çizgisel olarak uzan Alazeytindağı Fayı'dır.

KD-GB ve KB-GD doğrultulu faylar, Datça graben faylarını 40-60 derecelik açılarla kesen faylardır. İnceleme alanındaki bu süreksizliklerin eğimleri oldukça dik (70-90°) olup, oluşum yaşları Pliyosen ve Pliyosen sonrasıdır (Ersoy, 1991).

2.2.2.2 Doğrultu Atımlı Faylar

Çalışma alanındaki mevcut doğrultu atımlı faylar, KD-GB ve KB-GD gidişli sağ atımlı faylardır.

KD-GB gidişine sahip doğrultu atımlı sağ yönlü faylar; yarımada'nın güneyinde, Alazeytin dağından geçen KB-GD doğrultulu normal faya dik olarak, fakat birbirlerine paralel olarak gelişmişlerdir. Mevcut bu faylar Alazeytin dağı'nın güney-güneybatısı ile Karadağ'ın güneyi arasında kalan alanda gözlenmektedir.

KB-GD gidişine sahip doğrultu atımlı sağ yönlü faylar ise yarımada'nın batısında Karataş Burnu ile Kargı Koyu civarında gözlenmektedirler.

Katman, Kıvrım ve Çatlak Konumları

Ersoy (1991), inceleme alanının tabaka ve kıvrım duruşları göz önüne alındığında paleotektonik dönemde kabaca D-B ve K-G olmak üzere iki ana trendin göze çarptığını, Mesudiye Köyü civarında, som karbonatların ve çörtlü kireçtaşlarının genel gidişinin kabaca D-B uzanımlı ve eğimlerinin güneye doğru olduğunu belirtmiştir. Araştırmacı, Körmen iskelesi civarında aynı birimlerin katman

doğrultularının ise kabaca K-G'e yakın olduğunu, burada bazen doğudan batıya, bazen de tersine sıkışma etkilerinin gözlemlendiği yaklaşık K-G gidişli asimmetrik, bazen devrik antiklinal ve senklinaller geliştiğini, sonuçta, paleotektonik dönemde hem K-G, hem de D-B doğrultusunda sıkışma kuvvetlerinin egemen olduğunu vurgulamıştır. Özellikle Mesudiye Köyü dolayındaki ofiyolit yüzeylenmelerinde biri K23B, diğeri K40D olmak üzere çok belirgin iki eklem konumu saptamış ve bunların eğimlerinin 85-90° arasında değiştiğini belirtmiştir.

2.2.3 Bölgenin Depremselliği

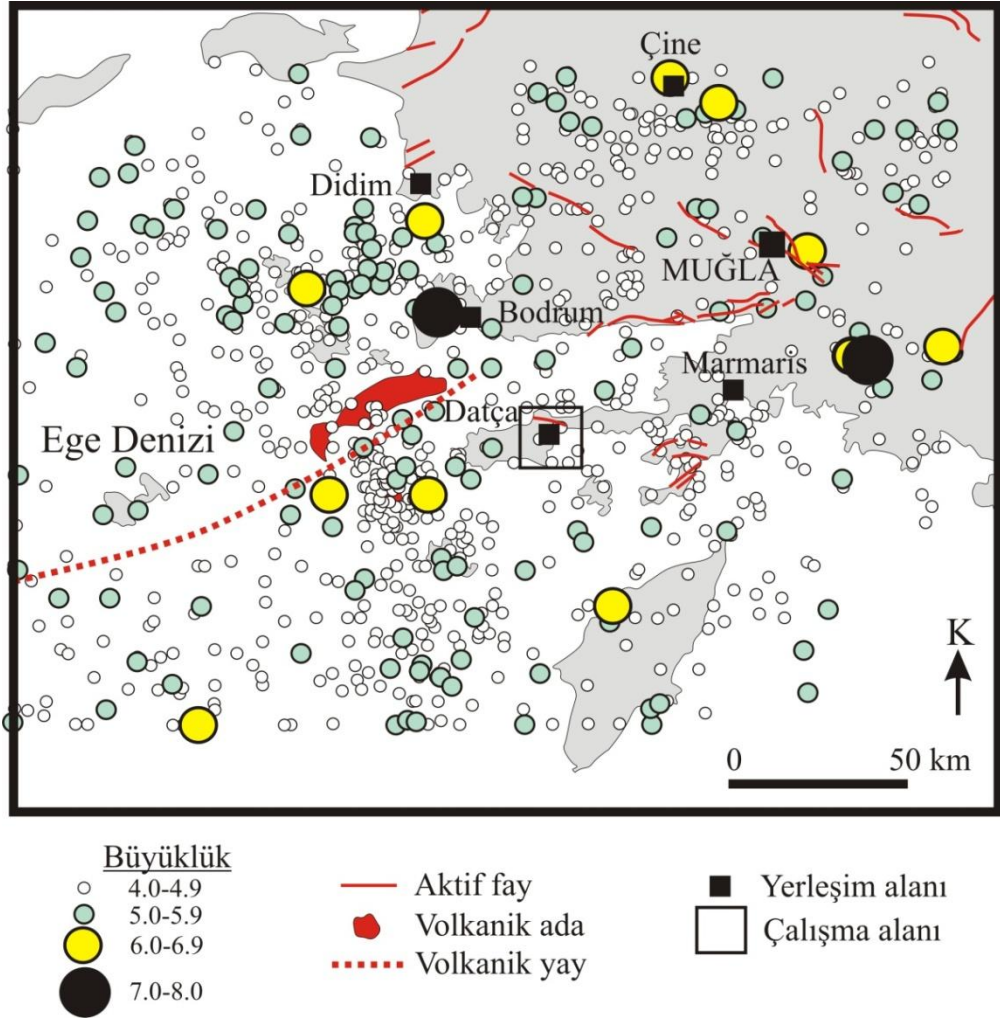
Datça yarımadasının da içinde yer aldığı Batı Anadolu'nun büyük bölümü, Türkiye deprem haritasına göre (Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 1996) 1. derece deprem kuşağı üzerindedir. İnceleme alanı ve civarının M.Ö. 412-M.S. 1887 arasında yıkıcı sismik aktivite ve volkanik etkinlik altında olduğu bilinmektedir (Ambraseys ve White, 1997; Goidoboni ve diğ., 1994; Stiros ve diğ., 2000).

Altunel ve diğ. (2003), jeolojik ve arkeolojik verilere göre, Erken Helenistik dönemde doğrudan Knidos Fayı üzerine kurulan Knidos antik kentinin en az iki büyük sismik aktiviteye maruz kaldığını, bunlardan birinin M.Ö. 2.-3. yy'da, diğlerinin ise M.S. 459'da gerçekleştiğini ve kentin bu iki büyük depremle yıkıldığını belirtmişlerdir.

Dirik (2007), bölgenin, GD Ege Denizi'nin sismik aktivitesi en yüksek olan yerlerinden biri olduğunu, tarihsel ve aletsel dönemdeki kayıtların bölgede büyüklüğü 7,7'ye ulaşan depremlerin ve tsunamilerin varlığını gösterdiğini belirtmiştir. Araştırmacı, bölgede 2000-2006 yılları arasında meydana gelen 4 ve üzerinde büyüklüğe sahip depremlerden sıg depremlerin D-B doğrultulu normal fay, derin odaklı depremlerin ise oblik karakterli fay düzlemleri ile ilişkili olduğunu, Gökova grabeninin orta kesimi ve kuzey kenarının halen aktif olduğunu, derin odaklı depremlerin kuzeye dalan Ege yitim zonundaki hareketlerden kaynaklandığını ifade etmiştir. Yazara göre bölgedeki depremlerin (1) GB'ya hareket eden Ege bloğunun altına dalan (kuzeye doğru hareket eden) Afrika plakası, (2) Ege volkanik yayı boyunca yoğun volkanik aktivite ve (3) Gökova Grabeni'nin denizaltındaki aktif fayları olmak üzere üç ana kaynağı vardır. Ege volkanik yayındaki volkanik

faaliyetler ve bunlarla ilişkili sismik aktivite de (Stiros ve diğ., 2000) yazarın görüşlerini destekler niteliktedir.

İnceleme alanı ve yakın çevresinde 1900 yılından günümüze kadar meydana gelen magnitüdü 4'den depremlerin odak noktalarının dağılımı Şekil 2.6'da verilmiştir. Bu haritadan görüleceği gibi deprem odakları fay hatları, Gökova grabeni civarı ve volkanik çıkış merkezlerinde yoğunlaşmaktadır.



Şekil 2.6: İnceleme alanı ve çevresinde 1900 yılından günümüze meydana gelen depremlerin odak noktalarının dağılımı (KOERİ, 2013).

3. HİDROJEOLOJİ

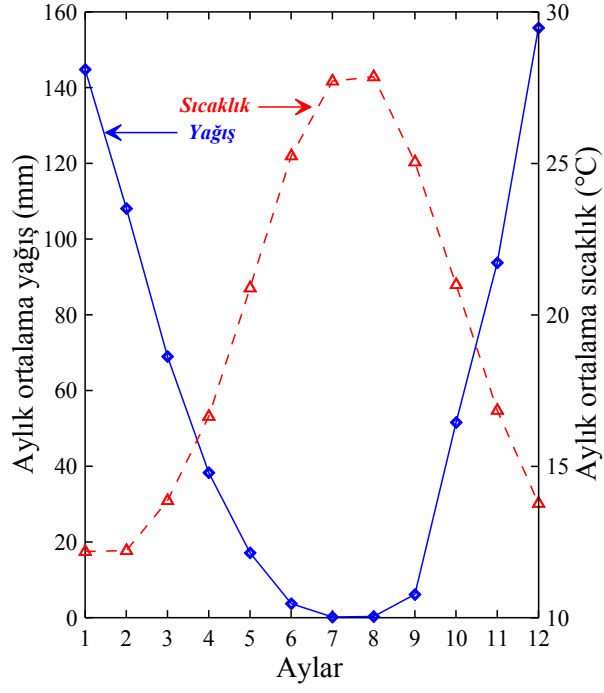
Bu bölümde, inceleme alanının iklim özellikleri incelenmiş, hidrolojik bilançosusu yapılmış, kayaçların hidrojeolojik özellikleri belirtilmiş ve örneklenen su noktaları konusunda bilgi verilmiştir.

3.1 İklim Özellikleri

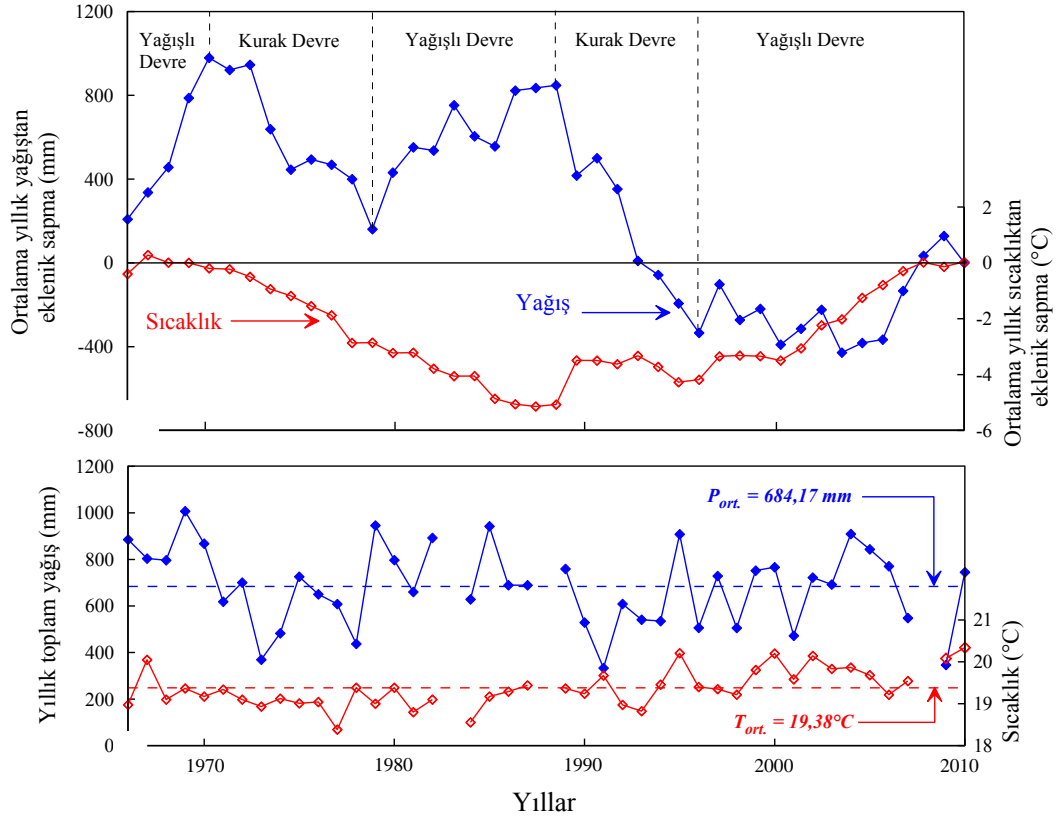
Bu bölümde inceleme alanının iklim özellikleri incelenmiş, ayrıca 1965-2010 yılları arasındaki meteorolojik verilerden yararlanarak su bilançosu hazırlanmıştır. Değerlendirmelerde, Datça Meteoroloji İstasyonu'nun meteorolojik verileri kullanılmıştır. İstasyon, 36°44'K enlem ve 27°41'D boylam koordinatlarında bulunur ve deniz seviyesinden yüksekliği 28 metredir.

Coğrafi konumu nedeniyle tipik Akdeniz iklimi özelliklerini yansıtan inceleme alanında yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı geçer. Datça Meteoroloji İstasyonu verilerine göre, Datça ilçe merkezinde yıllık toplam yağış ortalaması 684,17 mm'dir. En az yağış Temmuz (0,19 mm), en fazla yağış ise Aralık (155,80 mm) ayında olur. Yıllık ortalama hava sıcaklığı 19,38°C'dir. Ağustos ayı en sıcak (27,86°C), Ocak ayı en soğuk (12,19°C) aylardır (Şekil 3.1).

Datça ilçe merkezinde yapılan yağış ve sıcaklık ölçümlerinden, 1965-2010 dönemi için yağış ve sıcaklığın yıllara göre dağılımı ile ortalama yıllık yağış ve sıcaklıktan eklenik sapma grafikleri çizilmiştir (Şekil 3.2). Yağış ve sıcaklığın yıllara göre dağılımı incelendiğinde, yağışın ortalama değer civarında seyretmesine karşın ortalamadan sapmaların fazla olduğu, sıcaklığın ise genellikle 1965-1990 yılları arasında ortalama değerinin altında, 1990 yılından sonra ise ortalama değerinin üzerinde seyrettiği görülmektedir (Şekil 3.2b). Eklenik sapma grafiğinden (Şekil 3.2a), yağışın periyodik bir salınım yaptığı, yaklaşık 7 ile 10 yıl arasında değişen yağışlı ve kurak dönemlerin birbirini izlediği, günümüzde ise kurak döneme girildiği söylenebilir. Yine bu grafik, 1990 yılına kadar sürekli azalan sıcaklığın bu tarihten sonra günümüze değin giderek arttığını göstermektedir.



Şekil 3.1: Datça ilçe merkezindeki sıcaklık ve yağış değerlerinin aylara göre dağılımı.



Şekil 3.2: Datça ilçe merkezindeki (a) sıcaklık ve yağış dağılımları, (b) yıllık sıcaklık ve yağış ortalamalarından eklenik sapma eğrileri.

3.2 İnceleme Alanının Hidrolojik Bilançosu

İnceleme alanının su bütçesi, Datça ilçe merkezinin 1965-2010 dönemi sıcaklık ve yağış ortalamaları kullanılarak Thornthwaite (1948) yöntemiyle hesaplanmıştır.

Thornthwaite'in aylık potansiyel buharlaşma-terlemeyi (Etp) veren formülü

$$Etp = 16 \cdot \left(\frac{10 \cdot t}{I} \right)^a$$

$$I = \sum i \quad i = \left(\frac{t}{5} \right)^{1.514}$$

şeklindedir. Formülde

i : Sıcaklık indisi

t : Aylık sıcaklık ortalaması (°C)

Etp : Aylık potansiyel buharlaşma-terleme miktarı (mm)

a : $6,75 \cdot 10^{-7} \cdot I^3 - 7,71 \cdot 10^{-5} \cdot I^2 + 1,79 \cdot 10^{-2} \cdot I + 0,492$ dir.

Bu yöntemle, 1960-2005 yılları için yıllık potansiyel buharlaşma-terleme (Etp) 453,09 mm, yıllık gerçek buharlaşma-terleme (Etr) ise 302,24 mm olarak hesaplanmıştır (Tablo 3.1). Ortalama yağış ve Etp'nin aylık değişimleri Şekil 3.3'de verilmiştir.

Nisan ayı sonuna kadar yağış Etp'den fazladır. Bu nedenle Etp, Etr'ye eşit olur. Yağış fazlası 267,82 mm'dir. Yağışın bir kısmı yüzeysel akışa geçer, bir kısmı da yeraltına süzülür. Nisan ayı sonundan Haziran ayı ortalarına kadar zemin rezervi olan ve teorik olarak 100 mm kabul edilen su kullanılır. Haziran ayı ortasından Ekim ayı ortalarına dek su noksanı, başka bir deyişle tarım su açığı vardır. Etp'nin yağıştan fazla olduğu kurak dönemde Etp 278,42 mm ve yağış 27,58 mm'dir. Buna göre su noksanı:

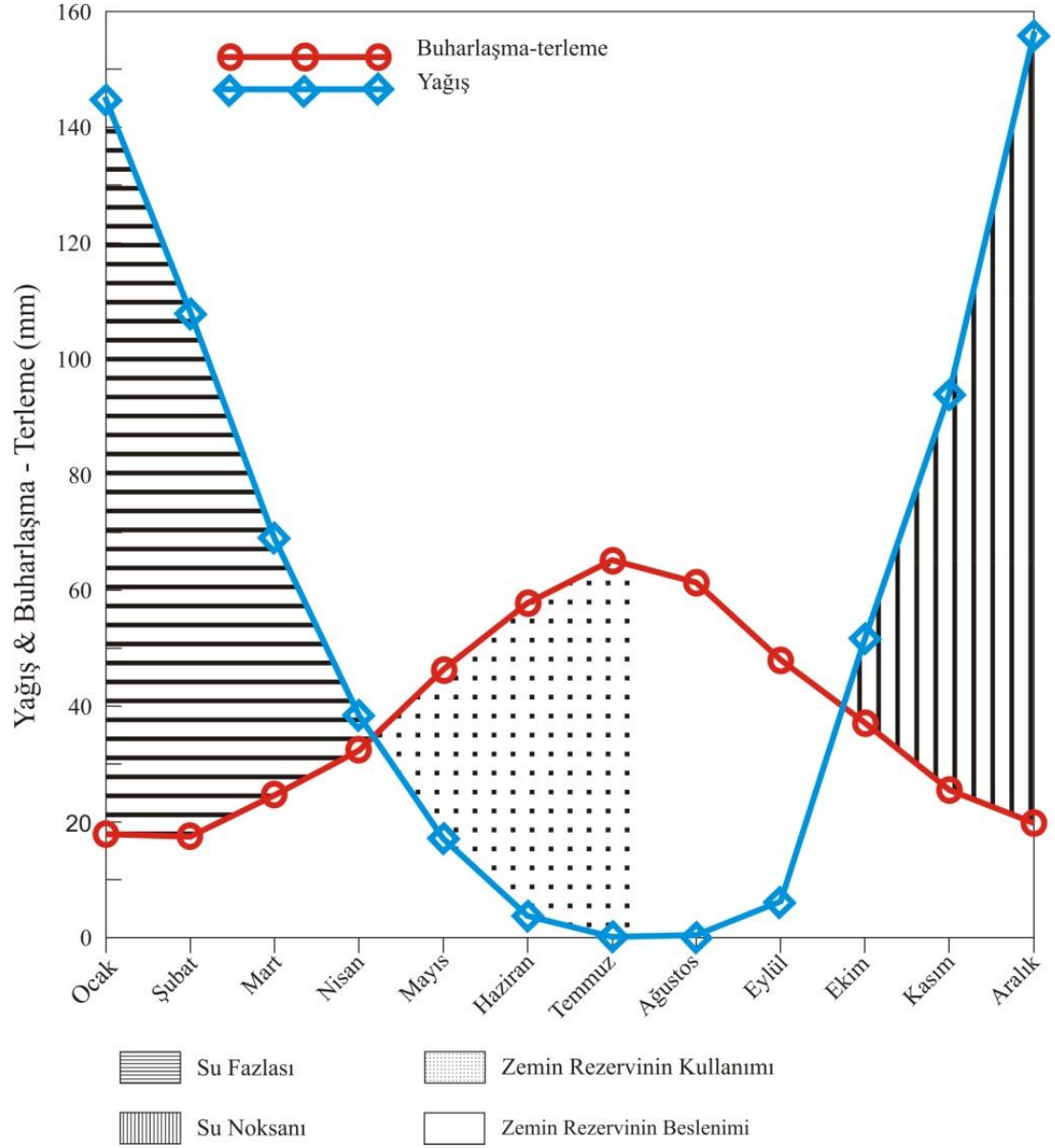
$$278,42 - (27,58 + 100) = 150,84 \text{ mm olur.}$$

Ekim ayı ortasından sonra yağış Etp'den fazladır. Aralık ayı ortalarında fazla yağış zemin rezervini tamamlar. Bu hesaplamalara göre yıllık ortalama yağışın %43,9'una karşılık gelen 302,24 mm, buharlaşma-terleme ile atmosfere geri

Tablo 3.1: Datça ilçe merkezi meteoroloji verilerine göre 1965-2010 dönemine ait su bilançosu (Thorthwaite yöntemi kullanılmıştır).

METEOROLOJİK ELEMENLAR	AYLAR												YILLIK
	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZ.	TEM.	AĞUS.	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	
Aylık ortalama sıcaklık (°C)	12,19	12,22	13,87	16,65	20,89	25,25	27,72	27,86	25,05	21,00	16,85	13,78	233,33
Aylık endeks(i)	3,85	3,87	4,69	6,18	8,71	11,61	13,37	13,47	11,47	8,78	6,29	4,64	96,94
Etp (mm)	20,71	20,77	23,95	29,42	37,98	47,02	52,23	52,53	46,60	38,21	29,82	23,77	422,99
Düzeltilme katsayısı	0,86	0,84	1,03	1,10	1,22	1,23	1,25	1,17	1,03	0,97	0,85	0,83	
Düzeltilmiş Etp (mm)	17,86	17,50	24,67	32,36	46,24	57,71	65,15	61,32	48,00	37,06	25,42	19,79	453,09
Yağış (P, mm)	144,79	108,09	69,00	38,33	17,16	3,73	0,19	0,33	6,17	51,59	93,76	155,80	688,94
Zemin rezerv değişimi (mm)					29,08	53,98	16,94			14,53	68,34	17,13	
Zemin rezervi (mm)	100,00	100,00	100,00	100,00	70,92	16,94				14,53	82,87	100,00	
Etr (mm)	17,86	17,50	24,67	32,36	46,24	57,71	17,13	0,33	6,17	37,06	25,42	19,79	302,24
Tarım su açığı (mm)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	48,02	60,99	41,83	0,00	0,00	0,00	150,84
Su fazlası (mm)	126,93	90,59	44,33	5,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	118,88	386,70

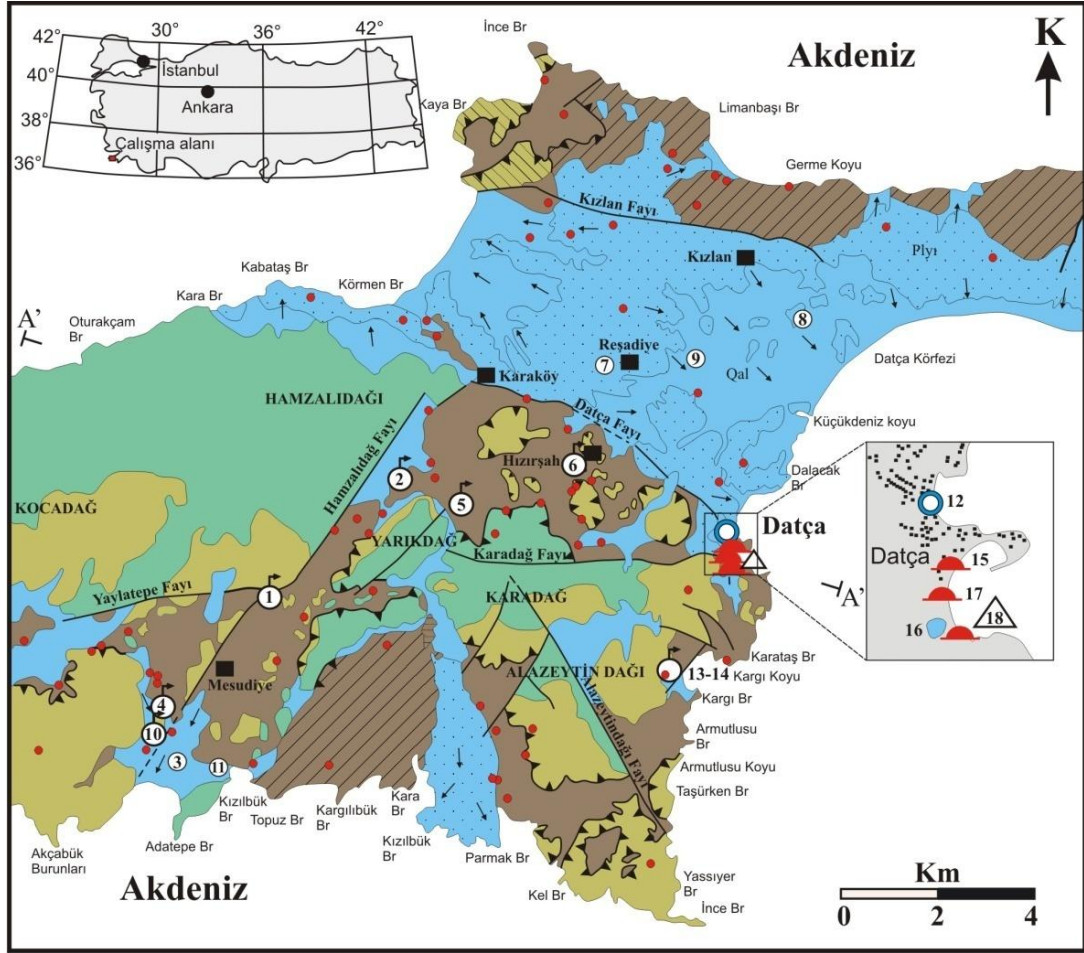
dönmektedir. Ocak, Şubat, Mart, Nisan ve Aralık aylarında görülen yağış fazlası toplam yağışın %56,1'idir. Bu durumda Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında tarımsal sulamaya ihtiyaç vardır.



Şekil 3.3: Datça ilçe merkezi için yağış ve buharlaşma-terleme grafiği.

3.3 Hidrojeoloji Birimleri

İnceleme alanındaki hidrojeoloji birimleri geçirimli, yarı geçirimli ve geçirimsiz olarak ayrılmış ve Şekil 3.4'de sunulmuştur.



AÇIKLAMA

Geçirimli Birimler

- Alüvyon, yamaç molozu
- Yıldırım formasyonu (çakıltası, kumtaşı)
- Kayaköy dolomiti (kırıktı, karstik)

Yarı Geçirimli Birimler

- Göçgediği formasyonu (çörtlü mikrit, kireçtaşı)
- Orhaniye formasyonu (mikrit, radyolarit, çört, şeyl)

Geçirimsiz Birimler

- Volkanitler (genellikle tüf)
- Karaböğürtlen formasyonu (bloklı fliş)
- Marmaris peridotitleri (bazik volkanit ve peridotit)

- Fay
- Bindirme fayı
- Soğuk su kaynağı (örneklenen)
- Soğuk su sondajı (örneklenen)
- Keson kuyu
- Deniz suyu
- Yeraltısuyu akım yönü
- Yerleşim alanı
- Kesit izi

Şekil 3.4: İnceleme alanının hidrojeolojik haritası.

3.3.1 Geçirimli Birimler

Kayaköy Dolomiti (TRJk)

Bodrum napı içinde yer alan Orta Triyas-Liyas yaşlı Kayaköy dolomiti, çoğunluğu dolomitik olan karstik kireçtaşlarından oluşmaktadır. İnceleme alanının yüksek kotlu alanlarında oldukça yaygın olarak gözlenir. Bölgenin geçirdiği yoğun tektonizma nedeniyle çok kırıklı ve çatlaklı bir yapı kazanmıştır ve aynı zamanda karstiktir (bkz Foto 2.1). Bu nedenle yüksek ikincil gözeneklik ve geçirgenliğe sahiptir. Hamzalıdağ Fayı boyunca, bu fayın doğusunda Ağacık ve Pustular soğuk su kaynakları gözlenmektedir. Gerek bu fay, gerek yamaçlar boyunca boşalan kaynaklar da vardır. Bu birimin güneye eğimli olması ve altlayan geçirimsiz birim nedeniyle, birim içindeki suyun bir bölümünün denize boşaldığı düşünülmektedir.

Yıldırım Formasyonu (ply)

Datça Grabeni içinde depolanan ve gevşek tutturulmuş kum ve çakıltaşından oluşan Pliyo-Kuvaterner yaşlı Yıldırım formasyonu diğer bir geçirimli birimdir. Bu birimde açılan Datça Belediyesi sondajları ilçenin içme suyu ihtiyacını karşılamaktadır. Bu birimde açılmış kuyuların derinliği 70-102 m arasında değişmekte olup, başlıca kum ve çakıltaşı araldanmasından oluşmaktadır (UKAM, 2001).

Alüvyon ve Yamaç Molozu

Başlıca çakıl, kum, silt ve kil araldanmasından oluşan Kuvaterner yaşlı alüvyonların en geniş yayılım gösterdiği alan Datça ovasıdır. Genellikle geçirimli olan alüvyonlarda açılmış Datça ovasında açılan keson, sondaj ve çakma kuyuların derinlikleri 5-20 m arasında değişmektedir (UKAM, 2001). Datça ilçe merkezindeki kıyıya çok yakın açılan Serap keson kuyusundaki su seviyesi 2 metredir. Datça ovasındaki alüvyonlar geçirimli olmalarına karşın yeraltı su seviyelerinin yüzeye çok yakın olması alüvyon akiferi kirlenmeye açık hale getirmektedir. Yamaç molozları yeraltısuyu içermesine karşın yersel ve yüksek eğimli olmalarından dolayı önemli akiferler oluşturmazlar.

3.3.2 Yarı Geçirimli Birimler

Orhaniye Formasyonu (Jko)

Genellikle mikrit ve çörtlü mikritten oluşan Orhaniye formasyonunun yoğun kırıklı-çatlaklı kesimleri geçirimlidir. Ancak bu formasyon Kayaköy dolomitleri ile kıyaslandığında içerdiği şeyl nedeniyle yarı geçirimli birim olarak değerlendirilebilir.

Göçediği Formasyonu (Kg)

Kalsitürbidit ve çörtlü mikritlerden ve üst kesimleri kireçtaşından oluşan formasyonun kırıklı ve çatlaklı kesimleri geçirimlidir. İnceleme alanında, örneklenmemiş bazı su kaynakları bu formasyon ile geçirimsiz Karaböğürtlen formasyonu arasındaki tektonik dokanaktan veya bu dokanağa yakın kesimlerden çıkarlar.

3.3.3 Geçirimsiz Birimler

Marmaris Ofiyoliti (Kmo)

Birim başlıca serpantinit, bazik volkanit ve peridotit gibi geçirimsiz kayalardan oluşmaktadır. Peridotitlerin yüzeye yakın bölümleri kırıklı çatlaklı ve ayrılmıştır. Ancak ortalama 20 m derinliğe kadar inen bu kırıklı ve altere zonlar derinde devam etmemekte ve birim geçirimsiz olmaktadır. Ancak bu birim kille doldurulmamış fay zonlarında geçirimlilik kazanabilmektedir (UKAM, 2001). Bu birimden çıkan kaynaklar genellikle düşük debili ve mevsimseldir. Kızlan Köyü kuzeyinde kıyıya yakın kesimde bu birimden boşalan düşük debili kaynaklar mevcuttur.

Karaböğürtlen Formasyonu

Bloklu flişten oluşan bu birim inceleme alanında yaygın olarak gözlenmektedir. Bu birimde herhangi bir önemli kaynak görülmemektedir. Ancak Hızırşah Köyü ve Alazeytin Dağı civarında birimin geçirimli kumtaşı ve çakıltaşı seviyelerinden boşalan düşük debili ve mevsimsel kaynaklar mevcuttur. İnceleme

alanının dışında (batısında) yer alan Yaka Köyü dolayında bu birimde açılmış 7 kuyudan da yeterinde verim sağlanamamıştır (UKAM, 2001).

3.4 Su Noktaları

İnceleme alanında, sıcak ve soğuk su kaynakları, soğuk su sondajları, keson kuyu ve deniz suyu örneklenen su noktalarını oluşturur. Örneklenen su noktaları ve yerleri (bkz.) Şekil 3.4'de verilmiştir.

3.4.1 Sıcak Su Kaynakları

Bir sondaj ya da kaynak suyunun sıcaklığı, suyun bulunduğu bölgedeki yıllık atmosfer sıcaklığı ortalamasından devamlı olarak 4-5°C fazla ise o su sıcak su sınıfındadır. Türkiye'nin 1970-2013 yılları arasındaki yıllık ortalama hava sıcaklığı 13,1°C'dir (MGM, 2014). Buna göre Türkiye'de sıcaklığı devamlı olarak 18°C ve üzerinde olan sular sıcak su olarak kabul edilebilir. Genelde bu değer 20°C olarak alınmaktadır. Ancak Türkiye'nin geniş bir coğrafyaya yayılan bölgeleri oldukça farklı hava sıcaklığı ortalamalarına sahiptir. O nedenle, bir suyun sıcak su kabul edilmesinde, suyun bulunduğu lokasyonun yerel hava sıcaklıklarının dikkate alınması daha gerçekçi olacaktır. Datça ilçe merkezinin 1965-2010 yılları arasındaki yıllık ortalama hava sıcaklığı 19,4°C'dir. Bu durumda bu yöre için sıcaklığı devamlı olarak 23-24°C ve üzerinde olan sular sıcak su olarak kabul edilebilir. Bu bölümde incelenen kaynakların sıcaklıkları Kargı-2 kaynağı hariç (21,6°C) 23°C'nin üzerindedir. Ancak, Kargı-1 kaynağı fizikokimyasal özellikleri bakımından Kargı-1 kaynağına benzerlik gösterdiği için sıcak su olarak değerlendirilmiştir.

Gölbası-1 kaynağı

Datça ilçe merkezinin güneyinde Ilıca Mevkii'nde karstik kireçtaşlarından boşalan bir kaynaktır. Kaynak alanı bir setle çevrelenmiş ve yaklaşık 75-80 metre çapında küçük bir göl oluşturulmuştur. Denize uzaklığı, en uzak noktasından 135, göl ortasından ise 85 metredir. Çoğunluğu gölün tabanından ve kuzey kenarından olmak üzere oldukça geniş bir alandan boşalım vardır (Foto 3.1 ve 3.2). Kaynak

Karadağ Fayı'nın Datça kesiminden K-G doğrultulu faydan boşalmaktadır. Kaynağın beslenme alanında Alazeytin Dağı ve Karadağ vardır. Buralardaki kaya birimleri Kayaköy dolomiti, Göçgediği formasyonu ve Karaböğürtlen formasyonudur.

Gölbaşı-1 kaynağının debisi bazı kaynaklara göre 60 l/s (UKAM, 2001), bazı kaynaklara göre de 40-45 l/s (MTA, 2005)'dir. Kaynakta, Mayıs 2012'de yapılan ölçümlerde sıcaklık: 28,3°C, EC: 34100 µS/cm ve pH: 7,03; Ekim 2012'de yapılan ölçümlerde ise sıcaklık: 29,4°C, EC: 30100 µS/cm ve pH: 7,04 olarak tespit edilmiştir. Bu ölçümler göl kenarlarında göl tabanından yapılmış olmasına rağmen kaynak çıkışlarına rastlama olasılığı zayıf olduğundan sağlıklı olmayabilir. Göl tabanında dalgıçlar tarafından yapılan ölçümlerde 30-32°C sıcaklığa erişilmiştir (Prof. Dr. Şakir Şimşek'le sözlü görüşme, 2014). Sağlıklı ölçümler ancak gölün boşaltılıp kaynakların ortaya çıkarılması ile yapılabilir. Kaynağın EC değerinin çok yüksek olması, jeotermal suyun yüzeye yükselirken deniz suyu ile karıştığına bir göstergesidir. Kaynaktan sadece yüzmede yararlanılmaktadır. Suyu denize boşalmaktadır.



Foto 3.1: Gölbaşı-1 kaynağından bir görünüm (batıya bakış).



Foto 3.2: Gölbaşı-1 kaynak alanını çevreleyen set ve setten boşalım (kuzeye bakış).

Gölbaşı-2 kaynağı

Gölbaşı-1 kaynağının 100-110 metre kadar kuzeyinde, kumsalda çıkmaktadır (Foto 3.3). Bu kaynak da Gölbaşı-1 kaynağında olduğu gibi K-G doğrultulu faydan boşalmaktadır. Kaynak mevsimsel olup Mayıs-2012 döneminde gözlenmemiştir. Denize uzaklığı 2,5 metredir. Kaynağın debisi akış olmadığından ölçülememiştir ancak düşüktür.

Kaynakta, Ekim 2012’de yapılan ölçümlerde sıcaklık: 27,2°C, EC: 57200 μ S/cm ve pH: 6,93 olarak belirlenmiştir. EC değeri deniz suyundan daha yüksektir. Kaynak, çıkış noktası ve civarında sarımsı kırmızı tortu bırakmaktadır.



Foto 3.3: Gölbaşı-2 kaynağından görünüm (soldaki resim güneye bakış).

Liman kaynağı

Limanda, Gölbaşı-1 ve Gölbaşı-2 kaynakları gibi K-G doğrultulu fay hattından çıkar (Foto 3.4). Denize uzaklığı 20 metredir. Debisi 5-6 l/s kadardır (MTA, 2005). Kaynakta, Mayıs 2012’de yapılan ölçümlerde sıcaklık: 25,4°C, EC: 25200 $\mu\text{S/cm}$ ve pH: 6,85; Ekim 2012’de yapılan ölçümlerde ise sıcaklık: 26,3°C, EC: 24300 $\mu\text{S/cm}$ ve pH: 6,88 olarak tespit edilmiştir. Deniz suyu karışımı nedeniyle tuzludur.



Foto 3.4: Liman kaynağından görünüm (kuzeye bakış).

Kargı 1 ve Kargı-2 karstik kaynakları

Kaynaklar, Datça ilçe merkezinin kuş uçuşu 3 km kadar güneyinde Kargı Koyu’ndadır (Foto 3.5 ve 3.6). İki kaynak birbirine yakındır. Kargı-1 kaynağının denize mesafesi 240 metre kadardır. Kaynak, KD-GB doğrultulu fay hattından çıkmaktadır (bkz. Şekil 3.4 ve 3.5). Kaynaklar olasılıkla Kayaköy dolomitlerinden boşalmaktadır. Beslenme alanlarında (Alazeytin Dağı ve Karadağ) Kayaköy dolomiti, Göçgediği formasyonu kireçtaşları ve geçirimsiz Karaböğürtlen formasyonu bulunmaktadır.

Kargı-1 kaynağında, Mayıs 2012’de yapılan ölçümlerde sıcaklık: 23,6°C, EC: 4230 $\mu\text{S/cm}$ ve pH: 7,12; Ekim 2012’de yapılan ölçümlerde ise sıcaklık: 23,7°C, EC: 4320 $\mu\text{S/cm}$ ve pH: 7,35 olarak tespit edilmiştir. Kargı-2 kaynağında ise Mayıs 2012’de sıcaklık: 21,6°C, EC: 4020 $\mu\text{S/cm}$ ve pH: 7,14 olarak ölçülmüştür. Bu değerlerden anlaşıldığı gibi kaynaklar benzer fizikokimyasal özelliklere sahiptir ve deniz suyu karışımı nedeniyle tuzludurlar.



Foto 3.5: Kargı-1 kaynağı Liman kaynağından görünüm (KD'ya bakış).



Foto 3.6: Kargı-2 kaynağı (KD'ya bakış).

Kargı-1 kaynağının debisi 30 l/s düzeyindedir. Kaynak, suyunun ılık ve çözülmüş maddenin fazla olması nedeniyle eski dönemlerde ılıca olarak kullanılmıştır. Kaynağın suyu önceki yıllarda Datça ilçesinde kullanma suyu olarak alınmış, ancak yüksek tuzluluk ve borularda aşındırıcı (korozif) etkisi nedeniyle kullanılamamıştır (UKAM, 2001).



Şekil 3.5: Kargı-1 kaynağının ve çıktığı KD-GB doğrultulu fayın yeri (google earth görüntüsü).

3.4.2 Soğuk Su Kaynakları

Ağacık kaynağı

Ağacık kaynağı KD-GB doğrultulu Hamzalıdağ ve D-B doğrultulu Yaylatepe faylarının kesişim noktasına yakın alanda Hamzalıdağ fayından boşalmaktadır (Foto 3.7). Kaynak kotu 414 metredir. Kaynak kırıklı, çatlaklı Göçgediği formasyonundan gelmektedir Beslenme alanı olan Hamzalıdağ ve civarında Kayaköy dolomiti ve Göçgediği formasyonu vardır. Debisi Mayıs 2012’de 0,4 l/s iken Ekim 2012’de 0,1 l/s’ye kadar düşmüştür. Kaynağın suyu bir havuzda olası orman yangınlarında kullanılmak üzere biriktirilmektedir.

Ağacık kaynağında, Mayıs 2012’de yapılan ölçümlerde sıcaklık: 20,3°C, EC: 428 μ S/cm ve pH: 7,48; Ekim 2012’de yapılan ölçümlerde ise sıcaklık: 21,3°C, EC: 565 μ S/cm ve pH: 7,16 olarak belirlenmiştir.



Foto 3.7: Ağacık kaynağı ve kaynak suyunun biriktiği havuz.

Pustular (Hızırşah) kaynağı

Hızırşah Köyü'nün 4 km kadar batısında, Hamzalıdağ fayından çıkan bir kaynaktır. Beslenme alanı Hamzalıdağ civarında Kayaköy dolomitinin bulunduğu bölgedir (Foto 3.8 ve 3.9). Kaynak kapt edilmiştir. Debisi 2 l/s düzeyinde olan kaynağın suyu bir isale hattıyla Hızırşah köyü'nde içme ve kullanma suyu olarak kullanılmaktadır (UKAM, 2001).

Pustular kaynağında, Mayıs 2012'de yapılan ölçümlerde sıcaklık: 18,8°C, EC: 273 μ S/cm ve pH: 7,61; Ekim 2012'de yapılan ölçümlerde ise sıcaklık: 19,4°C, EC: 251 μ S/cm ve pH: 7,70 olarak belirlenmiştir. Kaynak kotu 115 m'dir.

Avlana kaynağı

Mesudiye Köyü'nün Avlana Mahallesi'nde bulunan kaynak Göçgediği formasyonundan boşalmaktadır. Kaynağın suyu Avlana çeşmesinden akmaktadır (Foto 3.10). Debisi Mayıs döneminde 0.6 lt/sn, Ekim döneminde 0,45 l/s ölçülmüştür. Kaynak kotu 60 m'dir. Kaynağın yerleşim alanı içinde olması, onu kirlenmeye açık hale getirmektedir. Avlana kaynağının civarındaki diğer düşük debili kaynak suları kirli olduğu gerekçesiyle mahalle sakinleri tarafından kullanılmamaktadır.



Foto 3.8: Pustular kaynağı kaptajı.



Foto 3.9: Pustular kaynağından Kayaköy dolomiti biriminin görünümü (batıya bakış).



Foto 3.10: Avlana çeşmesi.

Avlana kaynağında, Mayıs 2012’de yapılan ölçümlerde sıcaklık: 19,8°C, EC: 449 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ve pH: 7,35; Ekim 2012’de yapılan ölçümlerde ise sıcaklık: 19,9°C, EC: 432 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ve pH: 7,53 olarak belirlenmiştir.

Çeşmeli kaynağı

Mesudiye Köyü'nün Avlana Mahallesi'nin kuzeyinde Avlana kaynağına yakın bir noktada bulunan kaynak Göçgediği formasyonundan boşalmaktadır. Kaynağın kotu 135 metredir. Bir bahçe içinden çıkan kaynağın suyu yerel sulamada kullanılmaktadır. Düşük debili kaynak mevsimsel olup kurak dönemde yeraltı su seviyesinin düşmesi sonucu kurumaktadır.

Çeşmeli kaynağında, Mayıs 2012'de yapılan ölçümlerde sıcaklık: 19,7°C, EC: 766 µS/cm ve pH: 7,04 olarak ölçülmüştür.

Halılağa ve Bubaslık kaynakları

Halılağa kaynağı Hızırşah Köyü'nün güneyindeki tepede, Bubaslık kaynağı ise Hızırşah Köyü'nün 3 km kadar GB'sında bulunur ve her iki kaynağın suyu da Göçgediği formasyonundan gelir. Halılağa kaynağının kotu 123 m, Bubaslık kaynağının kotu ise 158 metredir. Debisi 0,25 l/s olan Halılağa kaynağı Hızırşah Köyü'nde içme suyu olarak kullanılmaktadır (Foto 3.11).

Ekim 2012'de yapılan ölçümlerde Halılağa kaynağında, sıcaklık: 19,7°C, EC: 342 µS/cm ve pH: 7,94; Bubaslık kaynağında sıcaklık: 20,4°C, EC: 579 µS/cm ve pH: 7,24 olarak ölçülmüştür.

3.4.3 Sondajlar

Datça ovasında sulama suyu temini amaçlı açılan sığ sondajların derinlikleri 5-30 m arasındadır (UKAM, 2001). Kuyu derinliklerinden, alüvyon akiferde yeraltısuyu seviyesinin yüzeye yakın olduğu anlaşılmaktadır.



Foto 3.11: Halilağa kaynağı kaptajı.

İnceleme alanında, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, İller Bankası Genel Müdürlüğü, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü ve özel şirketler tarafından araştırma, içme ve kullanma suyu temini için derin sondajlar açılmıştır. Bu sondajların derinlikleri 30-200 m arasındadır (UKAM, 2001). Bu kuyuların bazılarına ilişkin bilgiler Tablo 3.2’de verilmiştir. Buradan inceleme alanındaki sondaj kuyularının derinliklerinin genellikle 9,5-120 m arasında değiştiği görülmektedir. Bu kuyularda ölçülen statik seviyeler 3-70 m, dinamik seviyeler ise 15-60 m arasındadır (Statik seviyesi 70 m olan Mehmet Barlas Demirel kuyusunun dinamik seviyesi bilinmemektedir). Yıldırım formasyonu ve Kuvaterner çökellerde açılan kuyularda statik seviyeler 3-25 m arasında değişirken kireçtaşlarında açılan kuyularda statik seviye 40 m civarındadır. Flişte açılan 120 m derinliğindeki kuyuda statik seviye 70 m olup kuyu verimsizdir. Yıldırım formasyonu ve Kuvaterner çökellerde açılan kuyuların verimi 3,5-20 l/s iken Mesozoyik kireçtaşlarında açılan kuyularda bu değer 1-4 l/s arasındadır.

Özgül debi, genel olarak alüvyon ve tutturulmamış-gevşek tutturulmuş çakıl ve kumlarda açılan sondajlarda en yüksek değerleri alırken (2,02-3,53 l/s/m) Yıldırım formasyonunun çakıltaşlarını delen kuyularda çakılların boylanma, yerleşme ve çimentolanma derecesine bağlı olarak daha düşük değerler vermektedir (0,09-2,5 l/s/m). Mesozoyik kireçtaşlarında açılan sondajlar için literatürdeki tek özgül debi değeri 0,14 l/s/m’dir (Şekil 3.6’da Datça-7 kuyusu). Göçgediği formasyonunda açılan bazı sondajların verimsiz veya kuru çıkması, birimin sondaj açılan lokasyonda geçirimsizliğinin düşük oluşu, sondajların su taşıyan çatlak ve

faýları kesememesi veya yeraltısuyunun derinde olmasıyla açıklanabilir. Datça Ovası'ndaki alüvyon ve Yıldırım formasyonunda açılan sondajların verimlerinin yüksek olması, alüvyonun bu alanda kalın ve iri malzemeli olması ve ovadaki örtü birimlerinin yağış dışında Mesozoyik kireçtaşlarından da yanal olarak beslenmesi nedeniyledir.

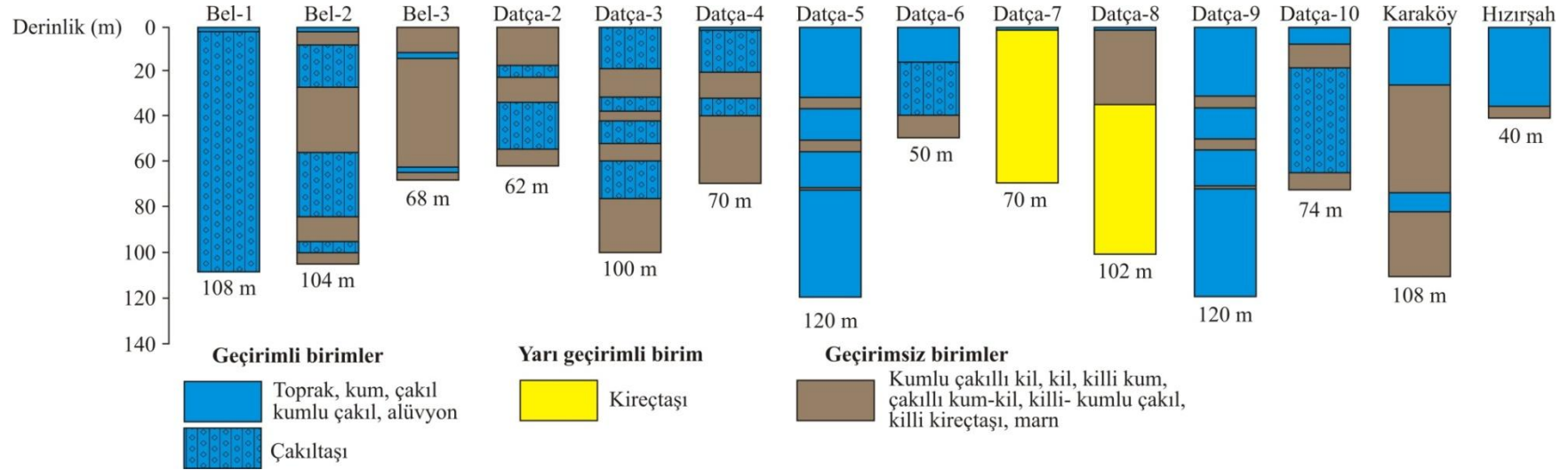
İnceleme alanında örneklenen sondaj kuyuları Datça Ovası'nda Yıldırım formasyonu ve alüvyon üzerinde açılan Bel-1, Bel-2, Bel-3 ve Mesudiye'de alüvyonda açılan KH (Köy Hizmetleri)'dir. Bu sondajlara ait bilgiler Şekil 3.6'de verilmiştir. Bel-1, Bel-2, Bel-3 sondaj suları Datça ilçe merkezinde, KH sondaj suyu da Mesudiye Köyü'nde içme suyu olarak kullanılmaktadır.

Yıldırım formasyonunun akifer karakteristiklerine bir yaklaşım sağlamak için bu formasyonda açılan Bel-1 ve Bel-3 kuyularının İller Bankası tarafından yapılan pompaj testlerinin sonuçlarından yararlanılmıştır. Bel-1 kuyusunda statik seviye 17,00 metredir. 16 l/s'lik sabit pompaj debisi ile yapılan düşüm testinde ilk 10 dakikada su seviyesi 17,00 metreden 36,67 metreye düşmüştür (19,67 m). 45 dakikada düşüm 39,30 metre olmuş ve 60 dakikaya kadar bu değer sabit kalmıştır. Testin 10 ve 60 dakikaları arasında düşüm sadece 2,63 m olmuştur. Bel-3 kuyusunda statik seviye 17,40 metredir. 14 l/s'lik sabit pompaj debisi ile yapılan düşüm testinde ilk 10 dakikada su seviyesi 17,40 metreden 29,31 metreye düşmüştür (11,91 m). 45 dakikada düşüm 31,08 metre olmuş ve 60 dakikaya kadar bu değer sabit kalmıştır. Testin 10 ve 60 dakikaları arasında düşüm sadece 1,77 m olmuştur.

Tablo 3.2: Datça su noktaları saha gözlem ve ölçümleri

Yeri/Adı/Sahibi	Koordinat	Der.(m)	SS(m)	DS(m)	LİTOLOJİ	Verim	T(°)	pH	EC(µS/cm)
Bel-1/Belediye*	X=558872 Y=4068025, Z=47 m	108	17,00	39,30	Bkz. Şekil 3.4	16,00	21,20*	7,45*	633*
Bel-2/Belediye*	X=562986, Y=4068904, Z=16 m	104	9,00	15,00		15,00	20,40*	7,7	671*
Bel-3/Belediye*	X=5560818 Y=4068217, Z=23 m	68	17,40	31,08		14,00	20,60*	7,72*	695*
Datça-2/Belediye	X=562430, Y=4068795, Z=14 m	62	7,65	20,00		20,00	20,0	7,90	600
Datça-3/Belediye	X=561937, Y=4068663, Z=20 m	100	15,40	41,00		20,00	20,0	7,70	700
Datça-4/Belediye	X=561419, Y=4068441, Z=27,5 m	70	9,40	20,00		20,00	20,0	7,70	700
Datça-5/Belediye	X=556570, Y=4068980, Z=19 m	120	7,60	20,00		25,00	18,0	7,90	700
Datça-6/Belediye	X=556647, Y=4069006, Z=15 m	50	6,00	21,74		20,00	-	-	-
Datça-7/Belediye	-	70	39,00	60,00		3,00	-	-	-
Datça-8/Belediye	-	102	38,00	-		2,00	-	-	-
Datça-9/Belediye	X=556600, Y=4069000, Z=15 m	120	7,60	11,85		15,00	-	-	-
Datça-10/Belediye	X=559250, Y=4067800, Z=25 m	74	3,02	39,41		3,50	-	-	-
Karaköy	X=556640, Y=4068832, Z=16 m	108	13,70	20,95		15,00	-	-	-
Hızırşah H-1	X=558488, Y=4067243, Z=38 m	40	25,00	-		5,00	-	-	-
Hava Komutanlığı	X=560963, Y=4065116, Z=42 m	88	-	-	Kireçtaşı	4 l/s	-	7,64	1605
Billurkent	X=567925, Y=4069294, Z=6 m	80	-	-	Çakıltası-kumtaş	8 l/s	-	8,05	1570
Mesudiye/Savaş*	X=550900, Y=4060178, Z=5 m	28	-	-	Alüvyon Kireçtaşı?	-	22,1*	6,90*	1075*
Mesudiye/Radar	X=550042, Y=4060017, Z=4 m	-	-	-	Alüvyon, çakıl, kum	-	23,0	7,80	900
Mesudiye/KH*	X=550110, Y=406238, Z=10 m	-	-	-	Alüvyon Kireçtaşı?	7 l/s	-	-	-
Mesudiye/ Kemal Türk	X=550193, Y=4060476, Z=16 m	32	-	-	Alüvyon	-	17,0	7,40	600
Mesudiye/ Halil Yıldırım	X=550250, Y=4060550, Z=115 m	36	14	-	Alüvyon, çakıl, kum	-	19,0	7,60	900
Mesudiye/M.Barlas Demirel	X=550411, Y=4061017, Z=38 m	28	22	-	Alüvyon	5 l/s	20,0	7,60	900
Mesudiye/M.Barlas Demirel	X=550582, Y=4069250, Z=72 m	120	70	-	Fliş	Verimsiz	16,0	7,80	800
Karaköy/Ese Özdemir	X=555948, Y=4069604, Z=8 m	9,5	-	-	Alüvyon, çakıl, kum	-	18,0	7,80	1000
Karaköy	X=555100, Y=4067025, Z=210 m	-	-	-	Kireçtaşı	1 l/s	17,0	8,20	300

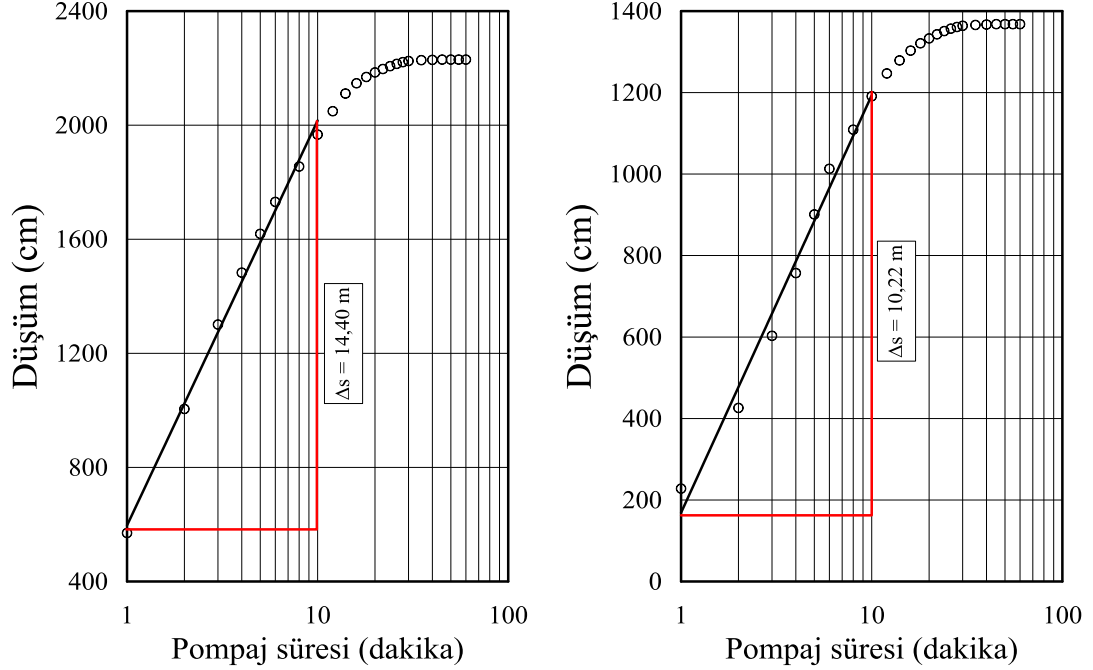
*Bu çalışmada elde edilen değerler.



Kuyu No	48/2988	48/667	48/2987	48/668	48/648	48/20548	48/611	48/634	48/684	48/20547				
Kuyu Adı	Bel-1	Bel-2	Bel-3	Datça-2	Datça-3	Datça-4	Datça-5	Datça-6	Datça-7	Datça-8	Datça-9	Datça-10	Karaköy	H-1
Kuruluş	İ.B.	İ.B.	İ.B.	İ.B.	İ.B.	İ.B.	İ.B.	DSİ	İ.B.	İ.B.	İ.B.	DSİ	KH	KH
Amacı	İşlet.	İşlet.	İşlet.	İşlet.	İşlet.	İşlet.	İşlet.	Araştır.	Araştır.	Araştır.	Araştır.	Araştır.	Araştır.	Araştır.
Tarih	1995	1995	1995	1985	-	1975	-	1975	1985	1985	1985	1975	1997	1999
Kotu (m)	47,00	16,00	23,00	17,78	22,28	18,85	-	15,00	-	-	-	30,00	-	-
Derinlik (m)	108	104	68	62	100	70	120	50	70	102	120	74	108	40
S.S. (m)	17,00	9,00	17,40	7,65	15,40	9,40	7,60	6,00	39,00	38,00	7,60	3,02	13,70	25,00
D.S. (m)	39,30	15,00	31,08	20,00	41,00	20,00	20,00	21,74	60,00	-	11,85	39,41	20,95	-
Debi (l/s)	16,00	15,00	14,00	20,00	20,00	20,00	25,00	20,00	3,00	2,00	15,00	3,50	15,00	5,00
Düşüm (m)	22,30	6,00	13,68	12,35	15,60	10,60	12,40	14,00	21,00	-	4,25	36,39	7,25	-
Öz. D. (l/s/m)	0,72	2,50	1,02	1,62	0,78	1,89	2,02	1,43	0,14	-	3,53	0,09	2,07	-

Şekil 3.6: İnceleme alanındaki bazı kuyulara ilişkin bilgi (İ.B.: İller Bankası, DSİ: Devlet Su işleri, KH: Köy Hizmetleri, Öz. D.: Özgül debi), (UKAM, 2001'den değiştirilerek).

Bel-1 ve Bel-3 kuyularına ait zaman-düşüm grafikleri Şekil 3.7’de verilmiştir. Bu grafiklerin doğrusal kısımlarından en uygun doğru geçirilmiş ve Jacob yaklaşımı ile transmissibilite (T) ve permeabilite (K) katsayıları hesaplanmıştır.



Şekil 3.7: Bel-1 ve Bel-3 kuyularına ait zaman –düşüm grafikleri.

Transmissibilite katsayısının hesabı için Jacob tarafından verilen bağıntı şöyledir.

$$T = \frac{0,183.Q}{\Delta s}$$

Bu bağıntıda

T = Transmissibilite (İletkenlik) katsayısı - m³/gün/m

Q = Pompaj debisi - m³/gün

Δs = İki logaritmik dilim arasındaki düşüme karşılık gelen değişimi belirten zaman-düşüm grafiğinin eğimidir.

Bel-1 kuyusunda Δs = 14,40 m; Q = 16 l/s = 1382,4 m³/gün ve akifer kalınlığı olarak alınan filtre uzunluğu (b) 32 metre olduğundan transmissibilite (T) ve permeabilite (K) katsayıları

$$T = \frac{0,183.1382,4}{14,40} = 17,57 \text{ m}^3 / \text{gün} / \text{m}$$

$$K = \frac{T}{b} = \frac{17,57}{32} = 0,55 \text{ m} / \text{gün} = 6,37.10^{-4} \text{ cm} / \text{s}$$

olarak hesaplanmıştır.

Bel-3 kuyusunda $\Delta s = 10,22 \text{ m}$; $Q = 14 \text{ l/s} = 1209,6 \text{ m}^3/\text{gün}$ ve filtre uzunluğu 28 m alınarak bu değerler

$$T = \frac{0,183.1209,6}{10,22} = 21,65 \text{ m}^3 / \text{gün} / \text{m}$$

$$K = \frac{T}{b} = \frac{21,65}{28} = 0,78 \text{ m} / \text{gün} = 9.10^{-4} \text{ cm} / \text{s}$$

olarak bulunmuştur. Sonuç olarak akiferin geçirimsizliğinin düşük, transmissibilite değerlerine göre de Bel-3 kuyusunun Bel-1 kuyusuna göre daha verimli olduğu söylenebilir.

Bu değerler akifer karakteristiklerine sadece bir yaklaşım sağlamak için hesaplanmıştır. Bir gözlem kuyusunda yapılacak ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesi ile daha gerçekçi sonuçlara ulaşılabilir.

3.4.4 Keson kuyu

Örneklenen tek keson kuyu, Datça ilçe merkezinde Serap Apart'ın sahile bakan kesiminde yer alan bir kahvenin bahçesinde bulunur. Denize mesafesi yaklaşık 30 metredir. Yaklaşık 7 metre derinliğindeki kuyuda yeraltı su seviyesi 2 metredir.

Keson kuyuda, Mayıs 2012'de yapılan ölçümlerde sıcaklık: 20,1°C, EC: 965 $\mu\text{S/cm}$ ve pH: 6,97; Ekim 2012'de yapılan ölçümlerde ise sıcaklık: 24,0°C, EC: 1010 $\mu\text{S/cm}$ ve pH: 6,98 olarak ölçülmüştür.

4. HİDROJEOKİMYA

İnceleme alanındaki yeraltı ve yerüstü sularının fiziksel ve kimyasal özellikleri, kökenleri, sınıfları, birbirleri arasındaki ilişkileri, içme, sulama ve endüstride kullanılabilme özelliklerini ve sıcak suların olası rezervuar sıcaklıklarını ortaya koyabilmek için Mayıs 2012 ve Ekim 2012 dönemlerinde sahayı temsil edebilecek su noktalarından örnekleme, ölçüm ve analiz çalışmaları yapılmıştır. Örnekleme, ölçüm ve analiz çalışmalarında uygulanan yöntemlere “Giriş” kısmında değinilmiştir.

Mayıs 2012 döneminde, inceleme alanında seçilen su noktaları 4 sıcak su kaynağı (Kargı-1, Kargı-2, Liman ve Gölbaşı-1) 4 soğuk su kaynağı (Ağacık, Pustular, Çeşmeli ve Avlana), 1 keson kuyu (Serap), 4 soğuk su sondajı (Bel-1 Bel-, Bel-3 ve KH) ve 1 deniz suyu olmak üzere 14 adettir. Ekim 2012 döneminde ise 4 sıcak su kaynağı (Kargı-2 bu dönem örneklenmemiş, onun yerine Ekim döneminde akışa geçen Gölbaşı-2’den örnek alınmıştır), 5 soğuk su kaynağı (Çeşmeli kaynağı kurumuş, Halılağa ve Bubaslık kaynakları ilave edilmiştir), 1 keson kuyu, 5 soğuk su sondajı (Savaş kuyusu dahil edilmiştir) ve 1 deniz suyu olmak üzere 16 su noktası örneklenmiştir. Örneklenen su noktalarının koordinatları Tablo 4.1’de ve lokasyonları Şekil 2.1’de verilmiştir.

4.1 Suların Fiziksel Özellikleri

İnceleme alanındaki suların sıcaklık, elektriksel iletkenlik, pH ve Eh değerleri arazide ölçülmüştür ve sonuçlar Tablo 4.1’de verilmiştir.

Sıcaklık

Suların sıcaklığı, suların sınıflanmasından doygunluk indekslerinin hesaplanmasına kadar geniş yelpazede kullanılan bir parametredir. Suların sıcaklıkları, sıcak sularda 21,6-29,4°C; soğuk su kaynaklarında 18,8-21,3°C; sondaj sularında 19,8-22,1°C; keson kuyuda 20,1-24,0°C ve deniz suyunda 23,2-25,0°C arasındadır.

Tablo 4.1: İnceleme alanındaki örnekleme noktalarının koordinatları ve yerinde ölçüm değerleri (SK: Soğuk su kaynağı, SS: Soğuk su sondajı, KK: Keson kuyu, TK: Termal kaynak, DS: Deniz suyu).

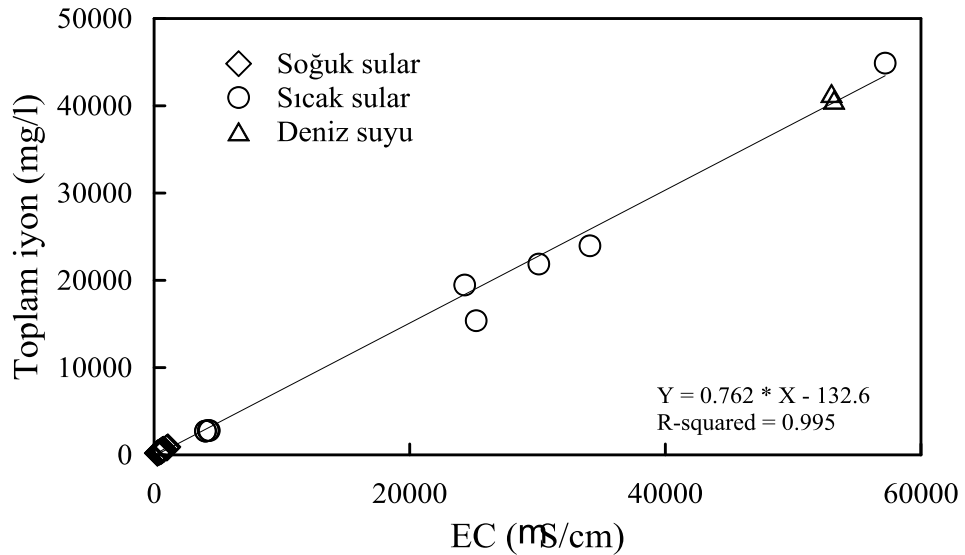
No	Su Adı	Tür	X(D)	Y(K)	Z(m)	T (°C)	EC (µS/cm)	pH	Eh (mV)		
Mayıs-2012	1a	Ağacık	SK	35552067	4063524	414	20,3	428	7,48	-27,6	
	2a	Pustular	SK	35554872	4065771	195	18,8	273	7,61	-34,6	
	3a	KH	SS	35550110	4062380	10	19,8	610	7,58	-33,2	
	4a	Çeşmeli	SK	35549808	4061340	135	19,7	766	7,04	-3,0	
	7a	Bel-1	SS	35558872	4068025	47	21,2	633	7,45	-25,8	
	8a	Bel-2	SS	35562986	4068904	16	20,4	671	7,76	-42,9	
	9a	Bel-3	SS	35560818	4068217	23	20,6	695	7,72	-40,7	
	10a	Avlana	SK	35549478	4060666	60	19,8	449	7,35	20,1	
	12a	Serap	KK	35561303	4064736	2	20,1	965	6,97	1,5	
	13a	Kargı-1	SK	35560157	4062011	4	23,6	4230	7,12	-7,5	
	14a	Kargı-2	SK	35560288	4061751	4	21,6	4020	7,14	-8,1	
	15a	Liman	TK	35561431	4064412	1	25,4	25200	6,85	8,3	
	16a	Gölbaşı-1	TK	35561395	4064168	0	28,3	34100	7,03	-2,3	
	18a	Deniz suyu	DS	35561395	4064168	0	23,2	53200	7,89	-50,5	
	Ekim-2012	1b	Ağacık	SK	35552067	4063524	414	21,3	565	7,16	-9,2
		2b	Pustular	SK	35554872	4065771	195	19,4	251	7,70	-39,3
		3b	KH	SS	35550110	4062380	10	20,0	550	7,90	-51,2
		5b	Bubaslık	SK	35555829	4065132	158	20,4	579	7,24	-14,2
6b		Halılağa	SK	35558119	4066054	123	19,7	342	7,94	-53,2	
7b		Bel-1	SS	35558872	4068025	47	21,9	668	7,27	-15,4	
8b		Bel-2	SS	35562986	4068904	16	21,0	677	7,63	-35,5	
9b		Bel-3	SS	35560818	4068217	23	19,9	712	7,49	-27,7	
10b		Avlana	SK	35549478	4060666	60	19,9	432	7,53	-29,9	
11b		Savaş	SS	35550900	4060178	5	22,1	1075	6,90	5,4	
12b		Serap	KK	35561303	4064736	2	24,0	1010	6,98	0,6	
13b		Kargı-1	SK	35560157	4062011	4	23,7	4320	7,35	-20,5	
15b		Liman	TK	35561431	4064412	1	26,3	24300	6,88	6,4	
16b		Gölbaşı-1	TK	35561395	4064168	0	29,4	30100	7,04	-3,0	
17b		Gölbaşı-2	TK	35561391	4064336	0	27,2	57200	6,95	2,5	
18b		Deniz suyu	DS	35561395	4064168	0	25,0	53000	8,01	57,9	

Elektriksel İletkenlik (EC)

Suyun elektrik akımını iletebilme ölçüsü elektriksel iletkenlik (EC) olarak tanımlanmaktadır. Kondüktivimetre cihazları suyun 25°C'deki EC değerini $\mu\text{mho/cm}$ (=mikrosiemens/cm= $\mu\text{S/cm}$) veya yüksek iyon derişimlerinde mmho/cm olarak verir. Suda çözülmüş iyonlar suyun elektriksel iletkenliğini arttırdığından ve ayrıca genellikle elementlerin çözünlüğü sıcaklıkla arttığından suyun sıcaklığı ve iyon konsantrasyonu arttıkça EC değeri de artar. Yeraltısularının toplam iyon miktarları, suların yeraltında kalış süreleri boyunca izledikleri yola, temasta oldukları kayaçların cinsine ve çözünlüğüne, suyun sıcaklık ve pH'ına, ve iklim koşullarına bağlı olarak değişir.

İnceleme alanındaki suların EC değerleri, sıcak sularda 4020-57200 $\mu\text{S/cm}$; soğuk su kaynaklarında 251-766 $\mu\text{S/cm}$; sondaj sularında 550-1075 $\mu\text{S/cm}$; keson kuyuda 965-1010 $\mu\text{S/cm}$ ve deniz suyunda 53000-53200 $\mu\text{S/cm}$ arasında olup EC değerleri ile toplam iyon miktarları arasında kuvvetli bir doğrusal ilişki vardır (Şekil 4.1). İki değişken arasındaki regresyon denklemi:

Toplam iyon (mg/l) = $0,76 * \text{EC} - 132,6$ olup korelasyon katsayısı 0,995'dir.



Şekil 4.1: İnceleme alanı sularının EC-toplam iyon grafiği.

Hidrojen İyonu Aktivitesi (pH)

pH, sudaki hidrojen iyonu derişiminin bir ölçüsüdür. Doğal yeraltısularının pH değeri 6.0-8.5 arasında değişmektedir. Sudaki karbonat, hidroksit ve bikarbonat iyonları suyun bazik özelliğini, serbest mineral asitleri ve H₂CO₃ ise asit özelliğini arttırmaktadır. İnceleme alanındaki suların pH değerleri sıcak sularda 6,85-7,35; soğuk su kaynaklarında 7,04-7,94; sondaj sularında 6,90-7,90; keson kuyuda 6,97-6,98 ve deniz suyunda 7,89-8,01 arasındadır.

4.2 Suların Kimyasal Özellikleri

İnceleme alanı sularının kimyasal analiz sonuçları Tablo 4.2, 4.3 ve 4.4'de verilmiştir. Sulardaki iyon ve elementlerin dağılımları şöyledir:

Sodyum (Na) ve Potasyum (K)

Sodyum ve potasyum içeren başlıca kayaç ve mineraller magmatik kayaçlar, kil mineralleri, feldispatlar, feldispatoidler, mikalar ve evaporitlerdir.

İnceleme alanındaki suların Na ve K değerleri sırasıyla sıcak sularda 653-12940 mg/l ve 24,5-473,9 mg/l; soğuk su kaynaklarında 10-28 mg/l ve 0,5-1,2 mg/l; sondaj sularında 18-53 mg/l ve 0,8-3,3 mg/l; keson kuyuda 70-71 mg/l ve 2,2 mg/l; deniz suyunda 12080-12410 mg/l ve 446,3-454,8 mg/l arasındadır.

Kalsiyum (Ca) ve Magnezyum (Mg)

Doğal sularda kalsiyumun kaynağı kalsit, aragonit, kireçtaşı, dolomit, piroksen, amfibol, feldispat, jips, anhidrit, fluorit, plajioklas ve montmorillonit gibi kayaç ve minerallerdir.

İnceleme alanındaki suların Ca ve Mg değerleri sırasıyla sıcak sularda 154-1089 mg/l ve 63-1311 mg/l; soğuk su kaynaklarında 42-118 mg/l ve 2-23 mg/l; sondaj sularında 38-184 mg/l ve 13-66 mg/l; keson kuyuda 137-184 mg/l ve 14 mg/l; deniz suyunda 464-497 mg/l ve 1407-1462 mg/l arasındadır.

Kalsiyum ve magnezyum suların sertliği oluşturan başlıca iyonlardır. Ca ve Mg'un mek/l değerlerinin toplamının 5 ile çarpımı yaklaşık olarak suyun Fransız sertliğini verir. İnceleme alanı sularının Fransız sertlik derecesi sıcak sularda 66,5-811,4l; soğuk su kaynaklarında 11,3-38,9; sondaj sularında 27,5-51,3; keson kuyuda 40-42 ve deniz suyunda 695-726 arasındadır.

Alkalinite (HCO₃)

Suların alkanitesi (CO₃⁼, HCO₃⁻, OH⁻), genellikle, atmosfer, toprak ve doymamış zondaki CO₂ gazı ve karbonat kayaçların metamorfizması ile ortaya çıkar. İnceleme alanındaki suların HCO₃ değerleri sıcak sularda 149-312 mg/l; soğuk su kaynaklarında 115-395 mg/l; sondaj sularında 269-527 mg/l; keson kuyuda 415-439 mg/l; deniz suyunda 171-190 mg/l arasındadır.

Klorür (Cl)

Klorür, tortul kayaçlarda, evaporitlerde, sodalit, biyotit, hornblend minerallerinde ve şeyilde bulunur. Deniz suyundaki ana anyondur. İnceleme alanındaki suların Cl değerleri sıcak sularda 1287-25581 mg/l; soğuk su kaynaklarında 18-50 mg/l; sondaj sularında 31-106 mg/l; keson kuyuda 75-79 mg/l; deniz suyunda 22836-23320 mg/l arasındadır.

Sülfat (SO₄)

Magmatik ve tortul kayaçlarda metal sülfürleri yaygındır. Sülfürlü minerallerin su ile temasında oksitlenmesi, hidrojen sülfürün oksidasyonu, jips ve sölestin gibi minerallerin suda çözünmesi ile sülfat iyonları suya geçer. İnceleme alanındaki suların SO₄ değerleri sıcak sularda 168-3268 mg/l; soğuk su kaynaklarında 9-32 mg/l; sondaj sularında 10-26 mg/l; keson kuyuda 51-59 mg/l; deniz suyunda 3052-3175 mg/l arasındadır.

Tablo 4.2: İnceleme alanı sularının Mayıs-2012 dönemi kimyasal analiz sonuçları ve su tipleri (EC: $\mu\text{S/cm}$, iyonlar: mg/l).

No	Suyun Adı	T($^{\circ}\text{C}$)	EC	pH	Na	K	Ca	Mg	Cl	SO ₄	HCO ₃	F	NO ₃	PO ₄	Br	Su Tipi
1	Ağacık	20,3	428	7,48	14	0.9	74	6	30	13	203	0,00	0,0	0,02	0	Ca-HCO ₃
2	Pustular	18,8	273	7,61	10	0.5	45	2	20	11	126	0,05	1.7	0,07	0	Ca-HCO ₃
3	KH	19,8	610	7,58	26	1.2	93	15	40	26	305	0,05	6.5	0,07	0	Ca-HCO ₃
4	Çeşmeli	19,7	766	7,04	28	1.2	118	23	50	32	395	0,14	8.4	0,05	0	Ca-Mg-HCO ₃
7	Bel-1	21,2	633	7,45	22	1.2	52	45	40	16	371	0.16	6.9	0,18	0	Mg-Ca-HCO ₃
8	Bel-2	20,4	671	7,76	18	0.8	43	66	33	13	395	0.10	16.3	0,24	0	Mg-Ca-HCO ₃
9	Bel-3	20,6	695	7,72	28	1.5	59	48	40	20	398	0.21	17.6	0,27	0	Mg-Ca-HCO ₃
10	Avlana	19,8	449	7,35	19	0.8	70	6	38	11	220	0,02	2.4	0,08	0	Ca-HCO ₃ -Cl
12	Serap	20,1	965	6,97	71	2.2	137	14	75	59	415	0,12	34.9	0,08	0,5	Ca-Na-HCO ₃ -Cl
13	Kargı-1	23,6	4230	7,12	679	26.1	156	67	1367	181	312	0,36	2,4	0,09	5,1	Na-Cl
14	Kargı-2	21,6	4020	7,14	653	24.5	154	63	1320	174	337	0,33	0,9	0,09	4,5	Na-Cl
15	Liman	25,4	25200	6,85	4273	152.6	527	559	8277	1497	261	1,66	67.6	0,06	33.0	Na-Cl
16	Gölbaşı-1	28,3	34100	7,03	6771	252.9	574	682	13261	2152	220	2,10	1,8	0,03	42,5	Na-Cl
18	Deniz suyu	23,2	53200	7,89	12080	446.3	464	1407	22836	3175	190	2,07	0,8	0,09	74,3	Na-Cl

Tablo 4.3: İnceleme alanı sularının Ekim-2012 dönemi kimyasal analiz sonuçları ve su tipleri (EC: $\mu\text{S/cm}$, iyonlar: mg/l).

No	Suyun Adı	T($^{\circ}\text{C}$)	EC	pH	Na	K	Ca	Mg	Cl	SO ₄	HCO ₃	F	NO ₃	PO ₄	Br	Su Tipi
1	Ağacık	21,3	565	7,16	14	0,8	92	6	29	12	261	0,03	0	0,08	0	Ca-HCO ₃
2	Pustular	19,4	251	7,70	10	0,5	42	2	18	9	115	0,05	1,5	0,03	0	Ca-HCO ₃
3	KH	20,0	550	7,90	27	1,6	87	14	41	26	269	0,14	4,8	0,05	0	Ca-HCO ₃
5	Bubaşlık	20,4	579	7,24	14	0,9	109	6	23	11	310	0,10	0	0,03	0	Ca-HCO ₃
6	Halılağa	19,7	342	7,94	13	0,6	55	3	26	11	174	0,11	1,6	0,05	0	Ca-HCO ₃
7	Bel-1	21,9	668	7,27	28	1,6	56	50	38	14	395	0,26	6,6	0,26	0	Mg-Ca-HCO ₃
8	Bel-2	21,0	677	7,63	18	1,3	38	63	31	10	386	0,15	15,1	0,33	0	Mg-Ca-HCO ₃
9	Bel-3	19,9	712	7,49	23	1,5	50	65	43	18	409	0,22	0	0,17	0	Mg-Ca-HCO ₃
10	Avlana	19,9	432	7,53	19	0,9	66	6	37	10	200	0,03	2,5	0,07	0	Ca-HCO ₃ -Cl
11	Savaş	22,1	1075	6,90	53	3,3	184	13	106	25	527	0,09	9,9	0,09	0	Ca-HCO ₃ -Cl
12	Serap	24,0	1010	6,98	70	2,2	145	14	79	51	439	0,11	0	0,07	0,7	Ca-Na-HCO ₃ -Cl
13	Kargı-1	23,7	4320	7,35	751	27,2	178	74	1287	168	297	0,35	0	0,09	4,9	Na-Cl
15	Liman	26,3	24300	6,88	4289	156,8	552	575	8064	1362	266	1,58	0	0,12	29,8	Na-Cl
16	Gölbaşı-1	29,4	30100	7,04	6338	239,5	585	641	12203	1580	239	1,73	0	0,04	39,8	Na-Cl
17	Gölbaşı-2	27,2	57200	6,95	12940	473,9	1089	1311	25581	3268	149	2,20	0	0	76,4	Na-Cl
18	Deniz suyu	25,0	53000	8,01	12410	454,8	497	1462	23320	3052	171	2,10	0	0,05	70,1	Na-Cl

Tablo 4.4: İnceleme alanı sularının iz element ve SiO₂ analiz sonuçları (değerler mg/l'dir).

No	Suyun Adı	Al	As	B	Ba	Fe	Li	SiO ₂	Sr		
Mayıs 2012	1a	Ağacık	0,050	0,009	0	0,054	0,011	0	12,0	0,090	
	2a	Pustular	0,043	0,013	0	0,016	0,016	0	9,4	0,061	
	3a	KH	0,052	0,010	0,017	0,028	0,012	0	17,1	0,219	
	4a	Çeşmeli	0,054	0,010	0,020	0,039	0,013	0	18,3	0,225	
	7a	Bel-1	0,044	0,009	0,007	0,043	0,024	0	78,0	0,140	
	8a	Bel-2	0,043	0,009	0	0,028	0,013	0	78,6	0,029	
	9a	Bel-3	0,044	0,008	0,009	0,033	0,019	0,009	59,4	0,171	
	10a	Avlana	0,045	0,012	0	0,019	0,011	0	11,0	0,049	
	12a	Serap	0,066	0,010	0,167	0,051	0,013	0	22,4	0,083	
	13a	Kargı-1	0,057	0,011	0,280	0,080	0,012	0,026	10,6	0,608	
	14a	Kargı-2	0,056	0,011	0,274	0,076	0,012	0,022	9,8	0,557	
	15a	Liman	0,245	0,055	2,052	0,084	0,049	0,148	7,0	2,620	
	16a	Gölbaşı-1	0,953	0,252	2,824	0,167	0,201	0,275	5,3	4,248	
	18a	Deniz suyu	0,722	0,254	4,638	0,131	0,171	0,366	5,0	4,521	
	Ekim 2012	1b	Ağacık	0,033	0,008	0,034	0,058	0,010	0	12,7	0,060
		2b	Pustular	0,024	0,008	0,037	0,012	0,006	0	9,4	0,028
		3b	KH	0,025	0,011	0,107	0,023	0,009	0,004	22,3	0,196
		5b	Bubaşlık	0,029	0,008	0,001	0,026	0,007	0,001	11,0	0,120
6b		Halılağa	0,024	0,009	0	0,021	0,006	0	9,6	0	
7b		Bel-1	0,023	0,010	0,054	0,026	0,007	0,014	61,1	0,105	
8b		Bel-2	0,019	0,009	0,068	0,026	0,011	0,002	73,2	0	
9b		Bel-3	0,022	0,008	0,015	0,040	0,015	0,005	83,9	0,078	
10b		Avlana	0,023	0,007	0,010	0,015	0,006	0	11,3	0	
11b		Savaş	0,032	0,009	0,045	0,049	0,014	0,016	25,3	0,267	
12b		Serap	0,035	0,004	0,209	0,046	0,008	0,004	26,6	0	
13b		Kargı-1	0,041	0,011	0,303	0,075	0,010	0,015	11,0	0,200	
15b		Liman	0,252	0,052	2,001	0,091	0,025	0,097	8,9	0,388	
16b		Gölbaşı-1	0,256	0,075	2,379	0,088	0,038	0,113	1,1	0	
17b		Gölbaşı-2	0,314	0,062	4,617	0,081	0,150	0,251	1,5	6,534	
18b		Deniz suyu	0,203	0,079	5,161	0,048	0,045	0,222	1,0	0,202	

Nitrat (NO₃)

Yüzey ve yeraltısularındaki nitratın başlıca kaynakları, bozunan bitkisel ve hayvansal atıklar, endüstriyel atıksular, tarımda kullanılan gübreler, sulamadan dönen sular ve atmosferik azotun yağışlarla yıkanmasıdır (Hem, 1985). Nitratın ana kaynaklarından biri insan ve hayvan atıkları olduğundan sudaki 5 mg/l'den fazla nitrat kirlenme göstergesi olabilir (McNeely ve diğ., 1979). İnceleme alanındaki suların NO₃ değerleri sıcak sularda 0,0-67,6 mg/l; soğuk su kaynaklarında 0,0-8,4 mg/l; sondaj sularında 4,8-17,6 mg/l; keson kuyuda 34,9-37,6 mg/l; deniz suyunda 0,0-0,8 mg/l arasındadır.

Fosfat (PO₄)

Fosfor magmatik ve tortul kayalarda bulunur. Sulardaki fosfatın kaynağı, fosforlu kayaların çözünmesi dışında toprak, bozunan bitkisel ve hayvansal atıklar ile gübreler olabilir. İnceleme alanındaki suların PO₄ değerleri sıcak sularda 0,03-0,12 mg/l; soğuk su kaynaklarında 0,02-0,08 mg/l; sondaj sularında 0,05-0,33 mg/l; keson kuyuda 0,07-0,08 mg/l; deniz suyunda 0,05-0,09 mg/l arasındadır.

Bromür (Br)

İnceleme alanındaki suların Br değerleri sıcak sularda 4,9-76,4 mg/l; soğuk su kaynakları ve sondaj sularında 0,00 mg/l; keson kuyuda 0,5-0,7 mg/l; deniz suyunda 70,1-74,3 mg/l arasındadır.

Fluorür (F)

Yüzey ve yeraltısularında fluorürün kaynağı flurit, apatit, mika ve amfibol gibi minerallerdir. İnceleme alanındaki suların F değerleri sıcak sularda 0,33-2,20 mg/l; soğuk su kaynaklarında 0-0,11 mg/l; sondaj sularında 0,05-0,26 mg/l; keson kuyuda 0,11-0,12 mg/l; deniz suyunda 2,07-2,10 mg/l arasındadır.

İz elementler ve SiO₂

İnceleme alanındaki suların Al, As, B, Ba, Fe, Li, Sr ve SiO₂ derişimleri Tablo 4.4'de verilmiştir. Demir, magmatik kayalardaki piroksen, amfibol, biyotit,

magnetit, olivin gibi minerallerde bulunur. Alüminyum, feldspat, feldspatoid, mika ve amfibol gibi magmatik kayaç minerallerinde ve killerde önemli miktarda bulunur (Hem, 1992). Stronsiyumun başlıca kaynağı stronsiyanit (SrCO_3) ve sölestindir (SrSO_4). Lityum bazı piroksen ve mikalarda bulunur. Arsenik pirit, arsenopirit, demir ve fosfatlı kayaların oksidasyonu sonucu sıcak sulara kolayca geçebilmektedir. Silisyum suda çok zor çözünmesine karşın yer kabuğunda bol bulunan bir elementtir.

Suların iz element ve SiO_2 miktarları Tablo 4.5’de özetlenmiştir. Buna göre soğuk sulara bu elementlerin miktarları hem düşük hem de dar aralıktadır. Sıcak sulara bu miktarlar önemli oranda artmakta ve aralık da genişlemektedir. Sıcak sulardaki maksimum değerler Gölbaşı-2 kaynağına ait olup bunun nedeni Gölbaşı-2 kaynağı kimyasının deniz suyu kimyasıyla çok yakın olmasıdır. SiO_2 sonuçları, iz elementlerin tersi bir durum sergilemektedir. Soğuk sulara SiO_2 değerleri yüksek ve geniş aralıktadır. Sıcak sulardaki SiO_2 değerleri, bu suların SiO_2 değeri düşük olan deniz suyu ile karışmış olmaları nedeniyle düşüktür.

Tablo 4.5: İnceleme alanı sularının iz element ve SiO_2 analiz sonuçları (değerler mg/l ’dir).

	Al	As	B	Ba
Soğuk	0,019-0,066	0,008-0,012	0,000-0,209	0,015-0,058
Sıcak sular	0,011-0,953	0,011-0,252	0,274-4,167	0,075-0,167
Deniz suyu	0,203-0,722	0,079-0,254	4,638-5,161	0,048-0,131
	Fe	Li	Sr	SiO_2
Soğuk	0,006-0,024	0,000-0,016	0,000-0,267	9,40-83,90
Sıcak sular	0,010-0,201	0,015-0,275	0,388-6,534	1,10-26,60
Deniz suyu	0,045-0,171	0,222-0,366	0,202-4,521	1,00-5,00

4.3 Suların Sınıflaması

4.3.1 Çözünmüş Toplam Katı Madde Miktarına Göre Sınıflama

Bu sınıflamada toplam iyon miktarı 1000 mg/l ’den az olan sular tatlı, $1000-10.000 \text{ mg/l}$ arasında olanlar hafif tuzlu, $10.000-100.000 \text{ mg/l}$ arasında olanlar tuzlu sular sınıfına girer. İnceleme alanında sulardan deniz suyu, Gölbaşı-1, Gölbaşı-2 ve Liman termal kaynakları tuzlu su, Kargı-1 ve Kargı-2 kaynakları hafif tuzlu su, diğer sular ise tatlı su sınıfındadır.

4.3.2 Schoeller Sınıflaması

Schoeller, suları klorür, sülfat ve bikarbonat miktarlarına göre sınıflamıştır. Bu sınıflamaya göre Ağacık, Pustular, KH, Çeşmeli, Bubaşlık, Halılağa, Bel-1, Bel-2, Bel-3, Avlana ve Serap (Mayıs-2012) suları olağan klorürlü ($rCl < 15$ mek/l), olağan sülfatlı ($rSO_4 < 6$ mek/l), olağan karbonatlı ($2 < HCO_3 + CO_3 < 7$ mek/l) sular; Savaş ve Serap (Ekim-2012) suları olağan klorürlü, olağan sülfatlı, hiperkarbonatlı ($HCO_3 + CO_3 > 7$ mek/l) sular; Kargı-1 ve Kargı-2 suları oligoklorürlü ($15 < rCl < 40$ mek/l), olağan sülfatlı, olağan karbonatlı sular; Liman ve Gölbaşı-1 kaynakları klorürce zengin ($140 < rCl < 420$ mek/l), sülfatlı ($24 < rSO_4 < 58$ mek/l), olağan karbonatlı sular; Gölbaşı-2 termal kaynağı hiperklorürlü ($rCl > 700$ mek/l), hipersülfatlı ($rSO_4 > 58$ mek/l), olağan karbonatlı sular ve deniz suyu klorotalasik ($420 < rCl < 700$ mek/l), hipersülfatlı, olağan karbonatlı sular sınıfına girmektedir (Tablo 4.6, Şekil 4.2).

4.3.3 Piper Sınıflaması

Piper, üçgen diyagramlarla suları sınıflandırmıştır. Bu sınıflanmaya göre her bir üçgende, anyon ve katyonların kimyasal özelliklerini saptamak mümkündür. İnceleme alanındaki suların içerdiği iyonlar % mek/l cinsinden Piper diyagramlarına yerleştirilmiştir (Tablo 4.6, Şekil 4.3).

Bu diyagrama göre, inceleme alanındaki Kargı, Liman ve Gölbaşı kaynakları ile deniz suyu,

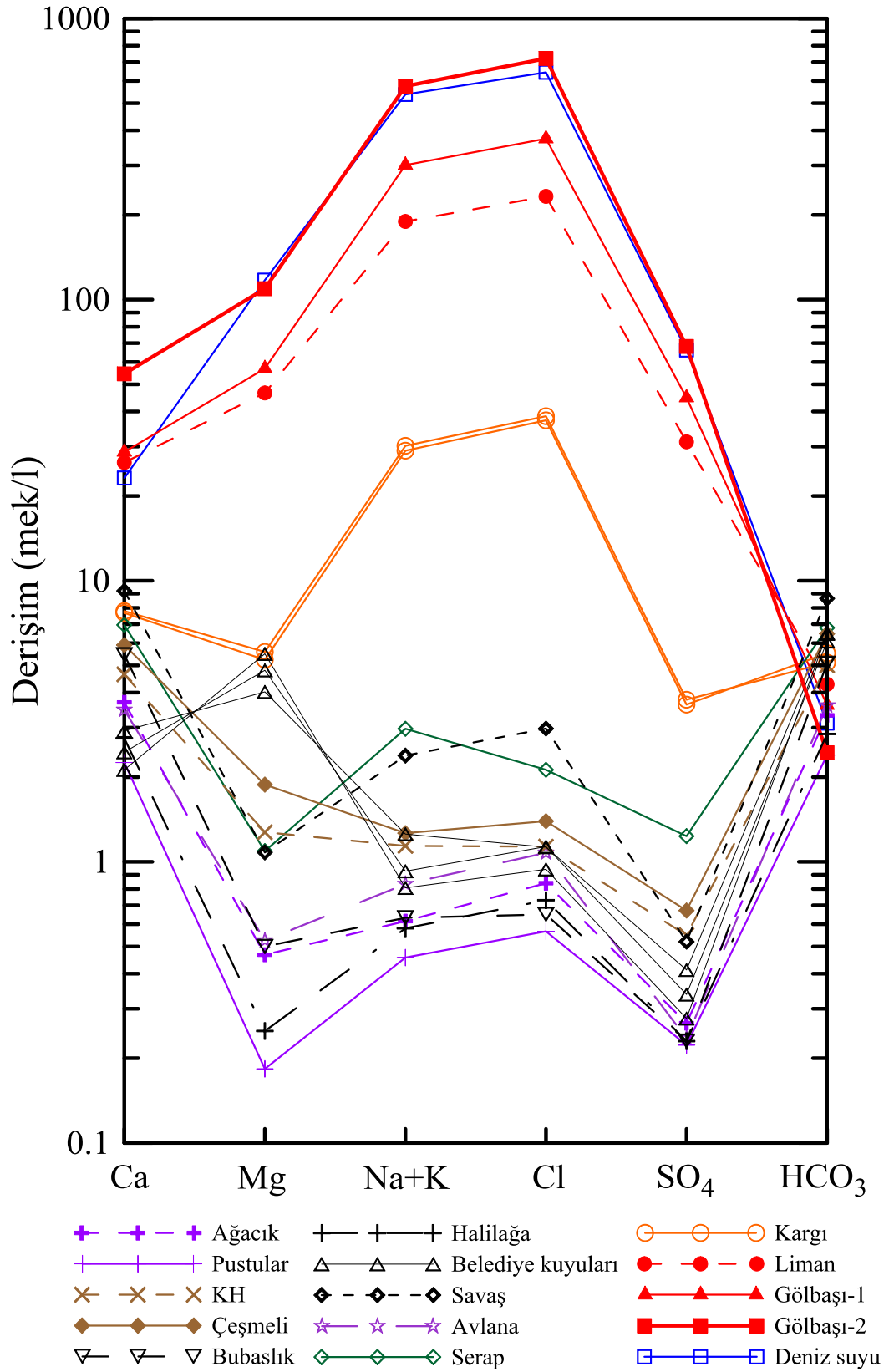
- alkali elementler (Na+K), alkali toprak elementlerden (Ca+Mg) fazla,
- güçlü asit kökleri (Cl+SO₄), zayıf asit köklerinden (HCO₃+CO₃) fazla,
- karbonat olmayan alkalinitesi %50'den fazla olan sulardır (NaCl, KCl, Na₂SO₄, alkaliler ve güçlü asitler egemendir, deniz ve çok acı sular bu alanda yer alır).

Diğer sular ise

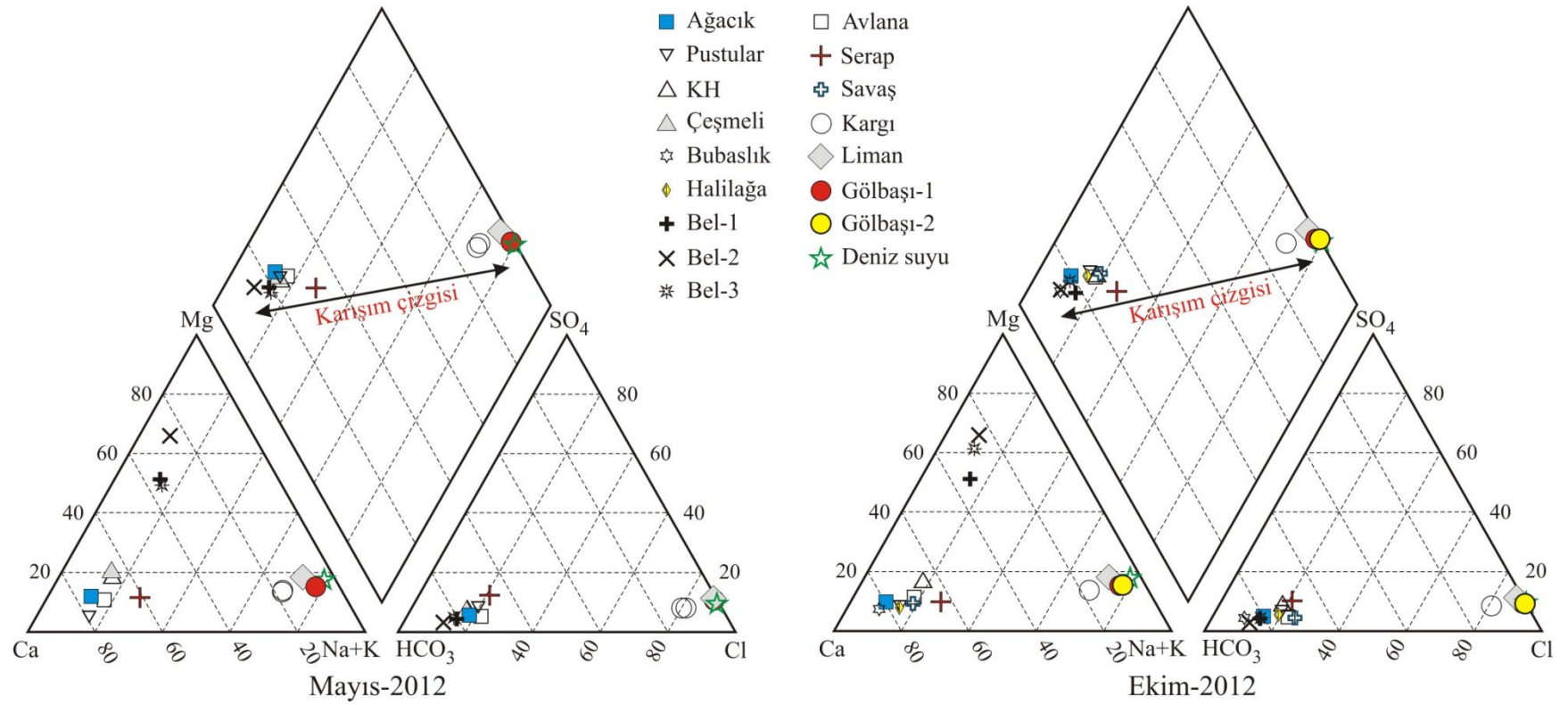
- alkali toprak elementler (Ca+Mg) alkali elementlerden (Na+K) fazla,
- zayıf asit kökleri (HCO₃+CO₃) güçlü asit köklerinden (Cl+SO₄) fazla,
- karbonat sertliği %50'den fazla olan sular sınıfındadır.

Tablo 4.6: İnceleme alanı sularının TDS, Schoeller ve Piper'e göre sınıfları.

No	Suyun Adı	TDS	Schoeller	Piper
1a	Ağacık	Tatlı sular	Olağan klorürlü, olağan sülfatlı, olağan karbonatlı	Ca+Mg>Na+K; HCO ₃ >Cl+SO ₄ ; karbonat sertliği %50'den fazla
1b		Tatlı sular	Olağan klorürlü, olağan sülfatlı, olağan karbonatlı	Ca+Mg>Na+K; HCO ₃ >Cl+SO ₄ ; karbonat sertliği %50'den fazla
2a	Pustular	Tatlı sular	Olağan klorürlü, olağan sülfatlı, olağan karbonatlı	Ca+Mg>Na+K; HCO ₃ >Cl+SO ₄ ; karbonat sertliği %50'den fazla
2b		Tatlı sular	Olağan klorürlü, olağan sülfatlı, olağan karbonatlı	Ca+Mg>Na+K; HCO ₃ >Cl+SO ₄ ; karbonat sertliği %50'den fazla
3a	KH	Tatlı sular	Olağan klorürlü, olağan sülfatlı, olağan karbonatlı	Ca+Mg>Na+K; HCO ₃ >Cl+SO ₄ ; karbonat sertliği %50'den fazla
3b		Tatlı sular	Olağan klorürlü, olağan sülfatlı, olağan karbonatlı	Ca+Mg>Na+K; HCO ₃ >Cl+SO ₄ ; karbonat sertliği %50'den fazla
4a	Çeşmeli	Tatlı sular	Olağan klorürlü, olağan sülfatlı, olağan karbonatlı	Ca+Mg>Na+K; HCO ₃ >Cl+SO ₄ ; karbonat sertliği %50'den fazla
5b	Bubaşlık	Tatlı sular	Olağan klorürlü, olağan sülfatlı, olağan karbonatlı	Ca+Mg>Na+K; HCO ₃ >Cl+SO ₄ ; karbonat sertliği %50'den fazla
6b	Halılağa	Tatlı sular	Olağan klorürlü, olağan sülfatlı, olağan karbonatlı	Ca+Mg>Na+K; HCO ₃ >Cl+SO ₄ ; karbonat sertliği %50'den fazla
7a	Bel-1	Tatlı sular	Olağan klorürlü, olağan sülfatlı, olağan karbonatlı	Ca+Mg>Na+K; HCO ₃ >Cl+SO ₄ ; karbonat sertliği %50'den fazla
7b		Tatlı sular	Olağan klorürlü, olağan sülfatlı, olağan karbonatlı	Ca+Mg>Na+K; HCO ₃ >Cl+SO ₄ ; karbonat sertliği %50'den fazla
8a	Bel-2	Tatlı sular	Olağan klorürlü, olağan sülfatlı, olağan karbonatlı	Ca+Mg>Na+K; HCO ₃ >Cl+SO ₄ ; karbonat sertliği %50'den fazla
8b		Tatlı sular	Olağan klorürlü, olağan sülfatlı, olağan karbonatlı	Ca+Mg>Na+K; HCO ₃ >Cl+SO ₄ ; karbonat sertliği %50'den fazla
9a	Bel-3	Tatlı sular	Olağan klorürlü, olağan sülfatlı, olağan karbonatlı	Ca+Mg>Na+K; HCO ₃ >Cl+SO ₄ ; karbonat sertliği %50'den fazla
9b		Tatlı sular	Olağan klorürlü, olağan sülfatlı, olağan karbonatlı	Ca+Mg>Na+K; HCO ₃ >Cl+SO ₄ ; karbonat sertliği %50'den fazla
10a	Avlana	Tatlı sular	Olağan klorürlü, olağan sülfatlı, olağan karbonatlı	Ca+Mg>Na+K; HCO ₃ >Cl+SO ₄ ; karbonat sertliği %50'den fazla
10b		Tatlı sular	Olağan klorürlü, olağan sülfatlı, olağan karbonatlı	Ca+Mg>Na+K; HCO ₃ >Cl+SO ₄ ; karbonat sertliği %50'den fazla
11b	Savaş	Tatlı sular	Olağan klorürlü, olağan sülfatlı, hiperkarbonatlı	Ca+Mg>Na+K; HCO ₃ >Cl+SO ₄ ; karbonat sertliği %50'den fazla
12a	Serap	Tatlı sular	Olağan klorürlü, olağan sülfatlı, olağan karbonatlı	Ca+Mg>Na+K; HCO ₃ >Cl+SO ₄ ; karbonat sertliği %50'den fazla
12b		Tatlı sular	Olağan klorürlü, olağan sülfatlı, hiperkarbonatlı	Ca+Mg>Na+K; HCO ₃ >Cl+SO ₄ ; karbonat sertliği %50'den fazla
13a	Kargı-1	Hafif tuzlu	Oligoklorürlü, olağan sülfatlı, olağan karbonatlı	Na+ K>Ca+Mg; Cl+SO ₄ >HCO ₃ ; deniz suyu ve çok acı sular
13b		Hafif tuzlu	Oligoklorürlü, olağan sülfatlı, olağan karbonatlı	Na+ K>Ca+Mg; Cl+SO ₄ >HCO ₃ ; deniz suyu ve çok acı sular
14a	Kargı-2	Hafif tuzlu	Oligoklorürlü, olağan sülfatlı, olağan karbonatlı	Na+ K>Ca+Mg; Cl+SO ₄ >HCO ₃ ; deniz suyu ve çok acı sular
15a	Liman	Tuzlu	Klorürce zengin, sülfatlı, olağan karbonatlı	Na+K >Ca+Mg; Cl+SO ₄ >HCO ₃ ; deniz suyu ve çok acı sular
15b		Tuzlu	Klorürce zengin, sülfatlı, olağan karbonatlı	Na+K >Ca+Mg; Cl+SO ₄ >HCO ₃ ; deniz suyu ve çok acı sular
16a	Gölbaşı-1	Tuzlu	Klorürce zengin, sülfatlı, olağan karbonatlı	Na+K >Ca+Mg; Cl+SO ₄ >HCO ₃ ; deniz suyu ve çok acı sular
16b		Tuzlu	Klorürce zengin, sülfatlı, olağan karbonatlı	Na+ K>Ca+Mg; Cl+SO ₄ >HCO ₃ ; deniz suyu ve çok acı sular
17b	Gölbaşı-2	Tuzlu	Hiperklorürlü, hiposülfatlı, olağan karbonatlı	Na+ K>Ca+Mg; Cl+SO ₄ >HCO ₃ ; deniz suyu ve çok acı sular
18a	Deniz suyu	Tuzlu	Klorotalasik, hiposülfatlı, olağan karbonatlı	Na+K >Ca+Mg; Cl+SO ₄ >HCO ₃ ; deniz suyu ve çok acı sular
19b		Tuzlu	Klorotalasik, hiposülfatlı, olağan karbonatlı	Na+K >Ca+Mg; Cl+SO ₄ >HCO ₃ ; deniz suyu ve çok acı sular



Şekil 4.2: İnceleme alanı sularının yarı logaritmik diyagramı.



4.3.1 Hidrokimyasal fasiyes ve IAH (Uluslararası Hidrojeologlar Birliği) sınıflaması

Hidrokimyasal fasiyes kavramı ilk kez suların üçgen diyagramlarda düştüğü noktaya göre Back (1966) tarafından geliştirilmiştir. Hidrokimyasal fasiyesi belirlemek için suda çözünen başlıca iyonların mek/l değerleri bulunur. Anyonlar ve katyonlar ayrı ayrı olmak üzere mek/l cinsinden % 50 den fazla olan iyonlar hidrokimyasal fasiyes tipini belirtir. İyonların hiçbirisi % 50' yi geçmiyorsa karışık su tipini belirtmektedir. Uluslararası Hidrojeologlar Birliği sıcak ve mineralli sular komisyonu çalışma raporunda belirtilen sınıflama ise suda çözünmüş başlıca iyonlar anyon ve katyonlar ayrı ayrı olmak üzere yine % mek/l değerlerini baz alır. % mek/l cinsinden sudaki miktarı % 20'yi aşan iyonlar önce katyonlar sonra anyonlar azalan sırada yazılarak su tipi belirlenir (Başkan ve Canik, 1983).

İnceleme alanında üç hidrokimyasal fasiyes belirlenmiştir. Ağacık, Pustular, KH, Çeşmeli, Bubaslık, Halılağa, Avlana (Mayıs-2012) ve Serap (Mayıs-2012) Ca-HCO₃, Bel-1 (Mayıs-2012) ve Bel-2 (Mayıs-2012) sondaj suları Mg-HCO₃, Kargı, Gölbaşı, Liman kaynakları ve deniz suyu Na-Cl fasiyesindedir. Bel-3, Savaş ve Ekim-2012 döneminde Bel-1, Bel-2, Avlana ve Serap suları iyonların hiçbirisi % 50'yi geçmeyen karışık sulardır. IAH sınıflamasına göre Ağacık, Pustular, KH, Bubaslık ve Halılağa Ca-HCO₃, Çeşmeli Ca-Mg-HCO₃, Bel-1, Bel-2 ve Bel-3 Mg-Ca-HCO₃, Avlana ve Savaş Ca-HCO₃-Cl, Serap Ca-Na-HCO₃-Cl, Kargı, Gölbaşı, Liman kaynakları ve deniz suyu Na-Cl tipindedir (Tablo 4.7).

Tablo 4.7: İnceleme alanı sularının hidrokimyasal fasiyesleri ve su tipleri.

No	Suyun	Fasiyes	Su tipi	No	Suyun Adı	Fasiyes	Su tipi
1a	Ağacık	Ca-HCO ₃	Ca-HCO ₃	10a	Avlana	Ca-HCO ₃	Ca-HCO ₃ -Cl
1b		Ca-HCO ₃	Ca-HCO ₃	10b		Karışık	Ca-HCO ₃ -Cl
2a	Pustular	Ca-HCO ₃	Ca-HCO ₃	11b	Savaş	Karışık	Ca-HCO ₃ -Cl
2b		Ca-HCO ₃	Ca-HCO ₃	12a	Serap	Ca-HCO ₃	Ca-Na-HCO ₃ -Cl
3a	KH	Ca-HCO ₃	Ca-HCO ₃	12b		Karışık	Ca-Na-HCO ₃ -Cl
3b		Ca-HCO ₃	Ca-HCO ₃	13a	Kargı-1	Na-Cl	Na-Cl
4a	Çeşmeli	Ca-HCO ₃	Ca-Mg-HCO ₃	13b		Na-Cl	Na-Cl
5b	Bubaşlık	Ca-HCO ₃	Ca-HCO ₃	14a	Kargı-2	Na-Cl	Na-Cl
6b	Halılağa	Ca-HCO ₃	Ca-HCO ₃	15a	Liman	Na-Cl	Na-Cl
7a	Bel-1	Mg-HCO ₃	Mg-Ca-HCO ₃	15b		Na-Cl	Na-Cl
7b		Karışık	Mg-Ca-HCO ₃	16a	Gölbaşı-1	Na-Cl	Na-Cl
8a	Bel-2	Mg-HCO ₃	Mg-Ca-HCO ₃	16b		Na-Cl	Na-Cl
8b		Karışık	Mg-Ca-HCO ₃	17b	Gölbaşı-2	Na-Cl	Na-Cl
9a	Bel-3	Karışık	Mg-Ca-HCO ₃	18a	Deniz suyu	Na-Cl	Na-Cl
9b		Karışık	Mg-Ca-HCO ₃	18b		Na-Cl	Na-Cl

4.4 Suların Doyma İndeksleri

Doymuluk indeksleri (SI), mineral çözünme ve çökelme ilişkilerini anlamada faydalı bir yöntemdir. Doymuluk indeksi; örnekleme sıcaklık ve basıncında, çözülmüş bileşenlerin analiz edilmesiyle hesaplanan denge sabitleri (Q) ile termodinamik yollarla hesaplanan veya laboratuvarında belirlenmiş denge sabitlerinin (K) logaritmalarının oranlanması ile hesaplanır ($SI = \log Q / \log K$).

Eğer $SI > 0$ ise çözeltinin o mineralce doymuk ve çökelme eğiliminde olduğu, $SI < 0$ ise çözeltinin o minerali çözme eğiliminde olduğu, $SI = 0$ veya sıfıra yakın bir değerse ($-0.1 < SI < 0,1$) o mineralle dengede olduğu şeklinde yorumlanmaktadır. Suların doymuluk indeksleri gerek sondaj kuyularında gerekse de sondaj veya kaynak sularının iletim ve dağıtım hatlarında kabuklaşma olup olmayacağı ve sudan hangi minerallerin çökelebileceği konularında bilgi verirler.

Çalışmanın bu bölümünde, dönemselsel olarak, inceleme alanındaki ılık ve soğuk sondaj ve kaynak suları ile deniz suyunun örnekleme sıcaklığındaki doymuluk indeksleri PhreeqC programı (Parkhurst ve Appelo, 1999) belirlenmiş ve sonuçlar Tablo 4.8 ve 4.9’da sunulmuştur.

Tablo 4.8: İnceleme alanı sularının bazı minerallere göre doyma indeksleri (Mayıs-2012).

	Ağacık	Pustular	KH	Çeşmeli	Bel-1	Bel-2	Bel-3	Avlana	Serap	Kargı-1	Kargı-2	Liman	Gölb.-1	Deniz
Al(OH) ₃	-1,21	-1,47	-2,06	-0,75	-1,28	-1,56	-1,52	-1,11	-0,63	-0,99	-0,93	-0,30	0,06	-0,08
Albit	-2,82	-3,46	-2,89	-1,95	-0,32	-0,35	-0,53	-2,82	-1,24	-1,55	-1,54	-0,88	-0,53	-0,37
Alünit	-4,77	-6,38	-7,10	-1,30	-4,78	-6,91		-4,24	0,02	-0,06	0,14	4,47	5,14	4,99
Anhidrit	-2,76	-2,94	-2,42	-2,30	-2,91	-3,13		-2,86	-2,01	-1,70	-1,73	-0,83	-0,73	-0,84
Anortit	-2,67	-3,23	-3,74	-2,15	-1,39	-1,47	-1,55	-2,86	-1,80	-2,75	-2,78	-1,81	-0,81	-1,16
Aragonit	-0,01	-0,23	0,34	-0,03	0,03	0,26	0,37	-0,13	-0,04	-0,06	-0,04	-0,19	-0,09	-0,33
Barit	-0,61	-1,17	-0,71	-0,50	-0,74	-1,03		-1,13	-0,17	0,16	0,16	0,40	0,67	0,53
Ca-Montmorillonit	2,01	0,92	0,56	3,67	4,74	4,22	3,87	2,09	4,25	2,08	2,19	3,01	3,37	3,09
Kalsit	0,14	-0,09	0,49	0,11	0,18	0,40	0,52	0,01	0,11	0,08	0,10	-0,05	0,05	-0,19
Kalseduan	-0,42	-0,55	-0,29	-0,23	0,38	0,39	0,27	-0,46	-0,15	-0,51	-0,52	-0,68	-0,82	-0,81
Klorit	-6,49	-7,80	-4,60	-6,93	-0,08	3,03	1,74	-7,83	-8,21	-4,73	-5,13	-2,53	0,60	1,89
Dolomit	-0,52	-1,21	0,49	-0,20	0,60	1,29	1,24	-0,76	-0,49	0,13	0,13	0,30	0,59	0,52
Fe(OH) ₃	0,95	1,15	1,01	0,05	1,20	1,19	1,33	0,78	-0,16	0,19	0,22	-0,09	1,01	0,87
Gibsit	1,53	1,25	0,66	1,99	1,45	1,17	1,21	1,63	2,11	1,72	1,79	2,39	2,72	2,59
Jips	-2,40	-2,61	-2,08	-1,94	-2,57	-2,77		-2,50	-1,65	-1,38	-1,39	-0,54	-0,47	-0,59
Halit	-6,93	-8,24	-7,55	-7,43	-7,63	-7,80	-7,52	-7,69	-6,86	-4,69	-4,72	-3,24	-2,86	-2,40
İllit	0,78	-0,40	-0,43	2,22	3,67	3,33	3,08	0,73	2,82	1,63	1,73	2,91	3,57	3,53
K-Feldispat	-1,61	-2,39	-1,84	-0,91	0,81	0,69	0,59	-1,79	-0,35	-0,61	-0,59	-0,02	0,30	0,43
K-mika	7,02	5,70	5,07	8,64	9,29	8,61	8,60	7,05	9,46	8,42	8,57	10,37	11,38	11,25
Kaolinit	3,90	3,07	2,43	5,20	5,34	4,81	4,64	4,04	5,61	4,09	4,22	5,10	5,48	5,24
Kuvars	0,02	-0,12	0,15	0,21	0,82	0,83	0,71	-0,01	0,30	-0,08	-0,08	-0,25	-0,40	-0,39
Sepiyolit	-5,60	-6,24	-3,98	-5,76	-1,58	-0,05	-0,83	-6,25	-6,25	-5,40	-5,52	-5,47	-4,90	-4,27
Siderit	-2,02	-2,30	-2,01	-1,76	-1,47	-2,07	-1,85	-1,90	-1,82	-1,96	-1,92	-1,89	-1,30	-1,55
SiO ₂	-1,28	-1,40	-1,14	-1,09	-0,47	-0,47	-0,59	-1,31	-1,01	-1,36	-1,37	-1,52	-1,65	-1,63

Tablo 4.9: İnceleme alanı sularının bazı minerallere göre doyma indeksleri (Ekim-2012).

	Ağacık	Pustular	KH	Bubaslık	Halılağa	Bel-1	Bel-2	Bel-3	Avlana	Serap	Savaş	Kargı-1	Liman	Gölb.-1	Gölb.-2	Deniz
Al(OH) ₃	-1,13	-1,70	-2,04	-1,35	-1,95	-1,42	-1,81	-1,57	-1,58	-1,05	-0,96	-1,92	-0,33	-0,55	-0,34	-1,46
Albit	-3,01	-3,53	-2,23	-3,40	-3,42	-0,86	-0,84	-0,42	-3,08	-1,53	-1,66	-2,17	-0,58	-3,25	-2,19	-2,77
Alünit	-3,82	-7,29	-7,98	-4,95	-8,59	-4,73	-7,32	-5,53	-6,21	-1,72	-1,55	-3,64	4,14	2,92	4,52	-1,84
Anhidrit	-2,73	-3,08	-2,43	-2,69	-2,92	-2,95	-3,28	-2,93	-2,91	-2,01	-2,27	-1,69	-0,85	-0,82	-0,49	-0,51
Anortit	-2,97	-3,68	-2,78	-3,19	-3,58	-2,17	-2,31	-1,92	-3,43	-2,26	-2,28	-4,07	-1,54	-3,31	-2,54	-3,16
Aragonit	-0,05	-0,17	0,60	0,12	0,26	-0,08	0,08	0,06	-0,02	0,08	0,14	0,20	-0,12	0,01	-0,17	0,86
Barit	-0,68	-1,32	0,81	-1,12	-1,04	-1,05	-1,18	-0,73	-1,27	-0,34	-0,61	0,08	0,38	0,28	0,33	0,14
Ca-Montmorillonit	2,15	0,56	1,03	1,32	0,08	3,94	3,44	4,26	1,09	3,32	3,55	0,03	3,29	-0,63	0,70	-2,16
Kalsit	0,10	-0,02	0,75	0,27	0,41	0,06	0,23	0,21	0,13	0,23	0,29	0,34	0,03	0,15	-0,03	1,00
Kalseduan	-0,41	-0,52	-0,19	-0,50	-0,52	0,26	0,35	0,43	-0,45	-0,12	-0,12	-0,50	-0,59	-1,52	-1,31	-1,47
Klorit	-9,30	-8,04	-0,76	-8,59	-5,26	-2,1	1,22	0,25	-6,89	-7,77	-9,10	-4,02	-1,68	-2,37	-1,35	5,92
Dolomit	-0,68	-1,08	1,03	-0,39	-0,16	0,39	0,98	0,82	-0,49	-0,23	-0,26	0,64	0,45	0,76	0,44	2,48
Fe(OH) ₃	0,03	0,90	0,90	0,31	0,94	0,35	1,03	1,07	0,75	-0,28	-0,32	0,57	-0,28	0,33	0,57	1,53
Gibsit	1,60	1,04	0,66	1,35	0,79	1,30	0,91	1,17	1,16	1,64	1,76	0,78	2,35	2,10	2,33	1,23
Jips	-2,39	-2,72	-2,10	-2,37	-2,56	-2,61	-2,93	-2,57	-2,56	-1,69	-1,93	-1,37	-0,56	-0,58	-0,23	-0,22
Halit	-7,95	-8,28	-7,52	-8,06	-8,02	-7,55	-7,83	-7,58	-7,70	-6,85	-6,84	-4,67	-3,25	-2,92	-2,32	-2,32
İllit	0,62	-0,70	0,35	-0,10	-0,92	2,84	2,61	3,31	-0,08	1,93	2,17	-0,19	3,21	-0,29	1,11	-0,88
K-Feldispat	-1,87	-2,42	-1,10	-2,24	-2,35	0,27	0,41	0,80	-2,00	-0,69	-0,49	-1,26	0,27	-2,42	-1,38	-1,94
K-mika	6,91	5,25	5,83	6,07	4,81	8,47	7,83	8,71	5,90	8,21	8,62	5,90	10,60	7,41	8,93	6,15
Kaolinit	4,06	2,74	2,63	3,39	2,23	4,82	4,22	4,88	3,12	4,73	4,96	2,25	5,21	2,83	3,74	1,21
Kuvars	0,03	-0,07	0,24	-0,07	-0,07	0,70	0,79	0,87	0,00	0,31	0,32	-0,06	-0,16	-1,10	-0,88	-1,04
Sepiyolit	-6,81	-5,95	-2,37	-6,63	-4,65	-2,52	-0,67	-1,06	-5,48	-5,87	-6,39	-4,34	-4,98	-6,91	-6,20	-2,59
Siderit	-1,85	-2,66	-2,83	-2,03	-3,01	-2,52	-1,99	-1,63	-2,32	-1,97	-1,75	-2,07	-2,15	-1,95	-1,79	-2,93
SiO ₂	-1,26	-1,38	-1,04	-1,35	-1,38	-0,59	-0,50	-0,43	-1,30	-0,96	-0,97	-1,34	-1,42	-2,34	-2,14	-2,31

Tablo 4.8 ve 4.9 incelendiğinde, tüm sular $Al(OH)_3$, albit, anhidrit, anortit, jips, halit, sepiyolit, siderit ve $SiO_2(a)$ 'ce doygunluk altı değerler vermektedir, yani bu mineraller suda çözünme eğilimindedir. Genellikle sular Ca-montmorillonit, kalsit, $Fe(OH)_3$, gipsit illit, K-mika ve kaolinit minerallerince doygundur ve bu mineralleri çökeltme eğilimindedir. Alünit ve barit Na-Cl fasiyesindeki sularda çökeltme, diğer sularda çözünme, kuvars Na-Cl fasiyesindeki sularda çözünme, diğer sularda çökeltme, dolomit, klorit, ve K-feldispat genellikle Belediye kuyuları ile Na-Cl fasiyesindeki sularda çökeltme, diğer sularda çözünme eğilimindedir.

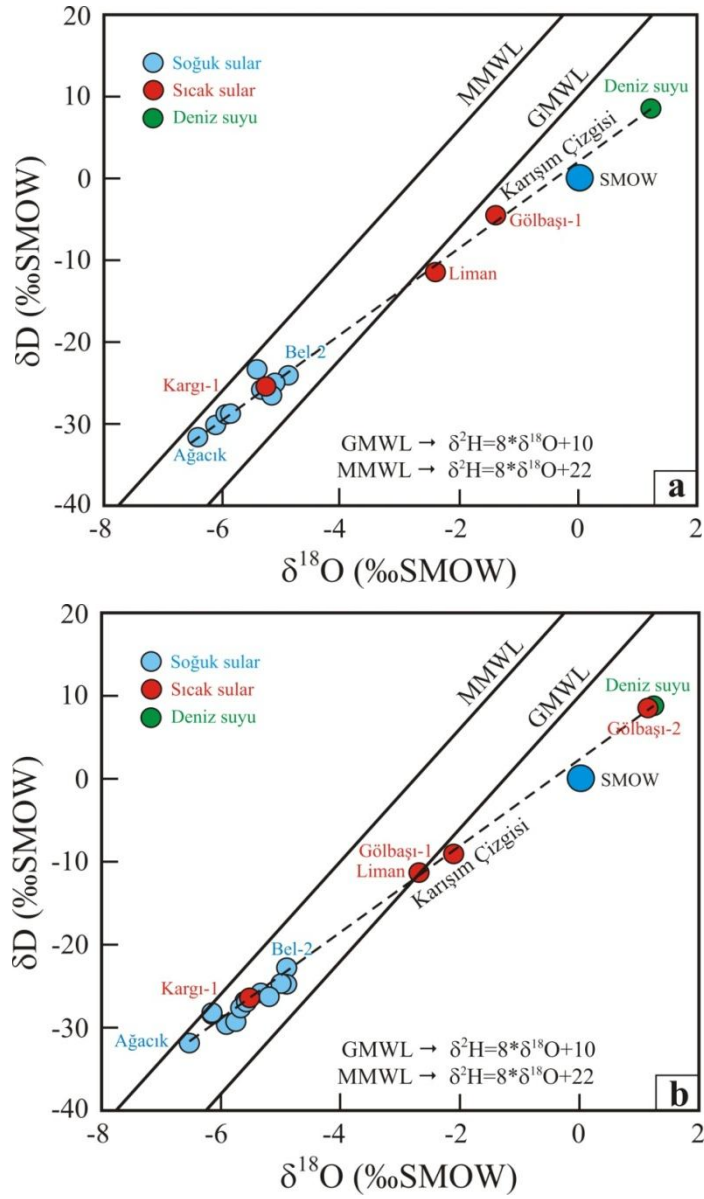
4.5 Suların $\delta^{18}O$, δ^2H ve Tritiyum İzotop İçerikleri

Suların $\delta^{18}O$ ve δ^2H analizleri Utah Üniversitesi Biyoloji Bölümü'ne (ABD), tritiyum analizleri ise Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde yapılmıştır. Analiz sonuçları Tablo 4.10'de verilmiştir.

Tablo 4.10: İnceleme alanı sularının $\delta^{18}O$, δ^2H ve tritiyum analiz sonuçları.

No	Su Adı	Mayıs-2012			Ekim-2012		
		$\delta^{18}O$ (SMOW)	δ^2H (SMOW)	T (TU)	$\delta^{18}O$ (SMOW)	δ^2H (SMOW)	T (TU)
1	Ağacık	-6,42	-31,65	-	-6,59	-32,12	1,61
2	Pustular	-5,94	-28,85	-	-5,73	-28,95	0,76
3	KH	-6,11	-30,13	-	-5,91	-29,65	-
4	Çeşmeli	-5,22	-26,41	-	-	-	-
5	Bubaslık	-	-	-	-6,16	-28,51	1,76
6	Halılağa	-	-	-	-6,13	-27,82	1,79
7	Bel-1	-5,34	-25,84	-	-5,34	-25,96	-
8	Bel-2	-4,89	-24,08	2,88	-4,86	-22,69	1,75
9	Bel-3	-5,11	-24,97	-	-4,89	-24,49	-
10	Avlana	-5,87	-28,86	-	-5,68	-27,51	-
11	Savaş	-	-	-	-5,58	-26,92	0,92
12	Serap	-5,42	-23,36	-	-4,98	-24,44	1,03
13	Kargı-1	-5,27	-25,49	2,31	-5,58	-26,62	2,92
15	Liman	-2,41	-11,47	1,18	-2,70	-11,37	0,61
16	Gölbaşı-1	-1,39	-4,52	0,03	-2,10	-9,15	0,21
17	Gölbaşı-2	-	-	-	1,30	7,94	-
18	Deniz suyu	1,22	8,53	0,10	1,26	8,70	0,00

İnceleme alanı sularının $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^2\text{H}$ diyagramında, soğuk suların dünya meteorik su doğrusu-GMWL ($\delta^2\text{H} = \delta^{18}\text{O} \cdot 8 + 10$), (Craig, 1961) ile Akdeniz meteorik su doğrusu-MMWL ($\delta^2\text{H} = \delta^{18}\text{O} \cdot 8 + 22$) arasında veya civarında kaldığı görülmektedir. Buradan suların meteorik kökenli olduğu anlaşılmaktadır. $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^2\text{H}$ değerleri sırasıyla sıcak sular için (-5,58)-1,30 ve (-26,62)-7,94; soğuk kaynak sularında (-6,59)-(-5,22) ve (-32,12)-(-26,41); sondaj sularında (-5,87)-(-4,86) ve (-30,13)-(-24,08); keson kuyuda (-5,42)-(-4,98) ve (-24,44)-(-23,36); deniz suyunda ise 1,22-1,26 ve 8,53-8,70 arasındadır. Suların Mayıs 2012 (Şekil 4.4a) ve Ekim 2012 dönemindeki (Şekil 4.4b) $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^2\text{H}$ değerleri birbirine yakındır.



Şekil 4.4: İnceleme alanı sularının (a) Mayıs 2012 ve (b) Ekim 2012 dönemindeki $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^2\text{H}$ değerleri.

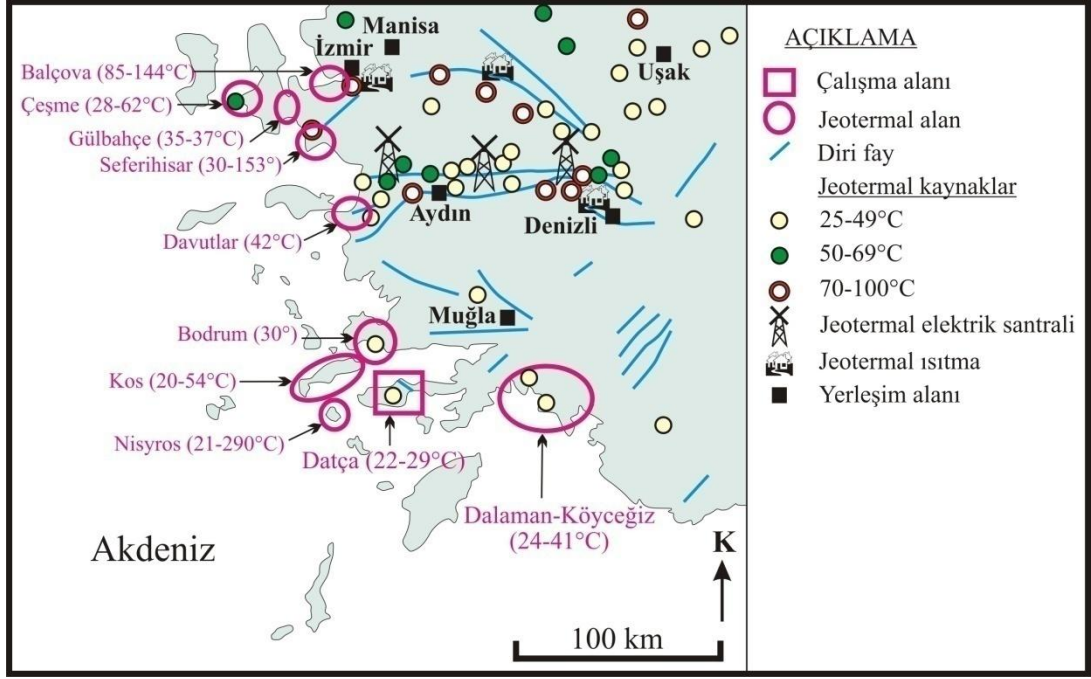
Suların $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^2\text{H}$ diyagramından sıcak suların soğuk sular ile deniz suyu arasında doğrusal bir hat boyunca sıralandıkları görülmektedir.

Trityum değerlerine bakıldığında Ağacık, Bubaslık ve Halilağa sularının trityum içeriklerinin benzer (1,61-1,79 TU) olduğu görülmektedir (Tablo 4.10). Bu sular Pustular (0,76 TU), Savaş (0,92 TU) ve Serap (1,03 TU) sularından nispeten daha gençtir.

4.6 Tartışma

Güneybatı Anadolu'da, deniz kıyısında ya da kıyıya yakın bölgelerde birçok jeotermal saha vardır (Şekil 4.5). Bu sahalarda yapılan çalışmalar genellikle sıcak suların hidrojeolojisi, hidrokimyası, rezervuar sıcaklığı ve jeotermal akışkan-mineral dengesi üzerine odaklanmıştır.

Bunlardan, çalışma alanına yakın olan, jeolojik ve hidrojeolojik yönden benzerlik gösteren çalışmalardan biri Dalaman-Köyceğiz jeotermal sahasında Gökgez ve Tarcan (2006) tarafından gerçekleştirilmiştir. Araştırmacılar, Dalaman ve Köyceğiz jeotermal sistemlerinde, sıcaklıkları 24-41°C ve elektriksel iletkenlikleri 14.310-45.600 $\mu\text{mho/cm}$ arasında değişen termal kaynakların (a) termal kaynaklar, (b) soğuk su kaynakları, (c) göller, (d) akarsular ve (e) denizden oluşan beş hidrolojik sistemin bir kombinasyonundan oluştuğunu ifade etmişlerdir. Sıcak suların rezervuarı Beydağları otoktonu ve Likya naplarının karstik kireçtaşlarıdır. Sıcak su kaynakları, rezervuarı besleyen meteorik sular ve deniz suyunun yeraltında olağandan yüksek jeotermal gradyanla ısınıp normal faylar aracılığıyla yüzeye yükselmesi ile oluşmuştur. Birbirleriyle bağlantılı olan sıcak sular ve göl suları Na-Cl tipindedir ve bu sulardaki deniz suyu katkısı %6-%78 arasında değişmektedir. Sıcak sular alünit, Ca-montmorillonit, dolomit, gibsit, illit, K-mika, kaolinit ve kuvarsça doygunluk üstü, $\text{Al}_2(\text{OH})_3$, albit, anhidrit, anortit, aragonit, kalsit, klorit, fluorit, jips, sepiyolit, siderit ve $\text{SiO}_2(\text{a})$ mineralleri için ise doygunluk altı doyma indeksi değerlerine sahiptir. Sıcak suların rezervuar sıcaklıklarının 65-90°C arasında olabileceği öngörülmüştür.



Şekil 4.5: Güneybatı Anadolu kıyılarındaki jeotermal sahaların dağılımı ve sıcaklıkları (MTA-Türkiye Jeotermal Kaynaklar Dağılımı ve Uygulama Haritası'ndan değiştirilerek).

Karaada jeotermal sahasında (Bodrum-Muğla) Dogger-Kretase yaşlı çörtlü kireçtaşlarından faya bağlı olarak çıkan Na-Cl tipindeki sıcak su kaynağının sıcaklığı 29,7°C, EC değeri 58.200 $\mu\text{mho/cm}$ olup, rezervuar sıcaklığının 30-120°C arasında olabileceği ifade edilmektedir (Avşar ve diğ., 2012).

Tarcan ve diğ. (2000), Davutlar (Aydın) jeotermal sahasında Menderes masifi mermer ve rekristalize kireçtaşlarını delen bir jeotermal sondajdan çıkan 42°C sıcaklık ve 11.000 $\mu\text{mho/cm}$ EC'ye sahip sıcak suyun Na-Cl-HCO₃ tipinde ve kalsit, dolomit, kalseduan, kuvars çökeltme ve jips çözme özelliğinde olduğunu, sıcak akışkanın oluşumundan önce ve/veya sonra soğuk yeraltı sularıyla veya soğuk deniz suyu ile de değişik oranlarla karıştığını (%29 oranında deniz suyu) ve 70°C civarında bir rezervuar sıcaklığı umulduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar, soğumakta olan bir magmanın yarattığı yüksek jeotermal gradyanı ısı kaynağı olarak değerlendirmişlerdir.

Tarcan ve Gemici (2003), Seferihisar jeotermal sahasında (İzmir) yaptıkları çalışmada, sıcaklıkları 30-153°C ve EC değerleri 7400-55200 $\mu\text{mho/cm}$ arasındaki sıcak kaynak ve sondaj sularının Na-Cl tipinde olduklarını belirtmişlerdir. Bu suların

hazne kayasının Üst Kretase-Paleosen yaşlı Bornova melanjı ve ısı kaynağının da alandaki graben tektoniğine bağlı yüksek jeotermal gradyan olduğunu ifade eden araştırmacılar termal sulardaki deniz suyu katkısının %10-%80 arasında değiştiğini vurgulamışlardır. Sıcak suların kalsit, dolomit ve aragonitçe doygunluk üstü, jips ve amorf silis için doygunluk altı ve kuvars, kalseduan ve anhidrit için ise değişken doyma indeksi değerlerine sahip olduğunu ifade eden yazarlar, bu saha için 60-180°C aralığında rezervuar sıcaklığı öngörmüşlerdir.

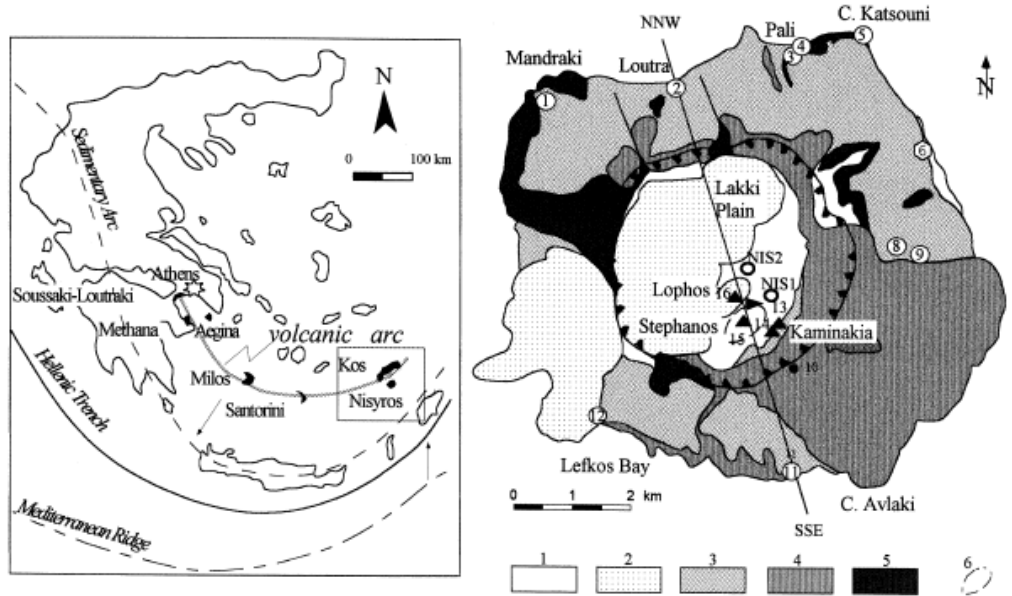
Tarcan ve diğ., (2009), Balçova jeotermal sahasında (İzmir) kabuklaşma problemini etkileyen hidrojeokimyasal faktörleri incelemişlerdir. Sıcaklıkları 40-140°C ve EC değerleri 1148-2020 $\mu\text{mho/cm}$ arasındaki sondaj sularının Na-HCO₃-SO₄-Cl, Na-HCO₃-Cl-SO₄, Na-HCO₃-Cl ve Na-Ca-HCO₃-SO₄ tiplerinde olduklarını, bu suların hazne kayasının Üst Kretase-Paleosen yaşlı Bornova melanjı ve ısı kaynağının da alandaki graben tektoniğine bağlı yüksek jeotermal gradyan olduğunu belirtmişlerdir. Sıcak suların kalsit, dolomit, aragonit, kalseduan ve kuvarsça doygunluk üstü, anhidrit, jips, amorf silis ve sölestin için doygunluk altı ve barit, albit, K-feldispat, gipsit, Fe(OH)₃ için ise değişken doyma indeksi değerlerine sahip olduğunu ifade eden yazarlar, kuyulardaki kabuklaşmayı önlemek için kuyubaşı basınçlarının yüksek tutulması gerektiğini vurgulamışlardır.

Tarcan (2001), Gülbahçe Körfezi hidrotermal karst sisteminde (İzmir) yaptığı çalışmada, buradaki hidrotermal karst kaynaklarının karstik kireçtaşı rezervuarından boşaldığını, Na-Cl tipindeki bu suların sıcaklıklarının 35-37°C, EC değerlerinin de 51.600-58.400 $\mu\text{mho/cm}$ arasında değiştiğini, bu sulardaki deniz suyu katkısının %64-%92 oranında olduğunu belirtmiştir. Sıcak suların dolomit, kalseduan ve kuvars doygunluk üstü, jips, anhidrit, manyezit ve amorf silis için doygunluk altı doyma indeksi değerlerine sahip olduğunu ifade eden araştırmacı, bu saha için 90-100°C civarında bir rezervuar sıcaklığı tahmin etmektedir.

Gemici ve Filiz (2001), Çeşme jeotermal sahasında (İzmir) Triyas yaşlı karstik kireçtaşlarından boşalan jeotermal suların sıcaklığının 28-62°C ve EC değerlerinin 1.180-85.100 $\mu\text{mho/cm}$ arasında değiştiğini, yüksek TDS (35.000 mg/l) ve sıcaklıktaki (T: 37-62°C) suların Na-Cl, sığ kuyulardan gelen daha düşük TDS ve sıcaklıktaki (T: 37-40°) suların yüzeye çıkmadan lokal yeraltısuları ile karışımdan dolayı Na-Cl-HCO₃, Na-Mg-Cl-HCO₃ ve Ca-Na-Mg-Cl-HCO₃ tipinde olduğunu

belirtmişlerdir. Sıcak sulardaki deniz suyu karışım oranının %2-%92 arasında olduğunu ifade eden yazarlar sıcak suların dolomit ve kalsitçe doygunluk üstü, jips, anhidrit, siderit ve söleştince doygunluk altı doyma indeksi değerlerine sahip olduğunu ve rezervuar sıcaklığının da 85-100°C arasında öngörüldüğünü vurgulamışlardır.

Yunanistan'ın Kos (Chios) adası da Nisyros adasına çok yakındır ve volkanik yay üzerindedir (Şekil 4.6). Bu adada, toprak alkali-bikarbonat tipinden alkali klorür tipine kadar değişik kimyasal kompozisyonlardaki kaynak ve sondaj suları maksimum 54°C sıcaklığa ve yüksek tuzluluğa sahiptir. Adada iki rezervuar vardır. Adanın güneyindeki Senozoyik kireçtaşı ve dolomitlerden gelen sular bikarbonat tipindedir ve sıcaklıkları 20-30°C'dir. Jeotermometreler güney kesim için 100°C'den daha düşük rezervuar sıcaklıkları vermektedir. Adanın kuzey kesiminde, daha yüksek sıcaklığa sahip ve Na-Cl tipindeki sular volkanik kayalardan gelmektedir. Kuzey kesim için öngörülen rezervuar sıcaklığı 220°C'dir (Dotsika ve diğ., 2006).



Şekil 4.6: Nisyros adasının şematik jeolojik haritası: (1) kırıntılılar ve alüvyon, (2) post-kaldera dasitik lav ve akıntılar, (3) çeşitli piroklastikler, (4) andezitik-dasidik lav akıntıları ve dayklar, (5) andezitik, bazaltik andezitik yastık lavlar, hyaloklastlar, (6) Stephanos krateri (Dotsika ve diğ., 2006).

Kavouridis ve diğ. (1999), Yunanistan'ın Nisyros adasındaki sıcak su kaynaklarını çalışmışlardır. Bu ada Helenik yayın kuzeyindeki volkanik yay üzerindedir. Suların sıcaklığı 18-290°C, TDS değerleri 80-131.247 mg/l arasında

değişmektedir. Yazarlar, aktif olmayan volkan kraterinin altında iki ayrı hidrotermal akifer olduğunu, derindeki akiferin 330°C'nin üzerindeki sıcaklıklar ve derinde kaynama ve su-kayaç etkileşimi ile deniz suyunun termal modifikasyonuna uygun kimyasal ve izotopik kompozisyonla temsil edildiğini, üstteki akiferin ise 170°C'nin altında sıcaklıklara ve deniz suyu ve lokal yeraltı suları arasında bir tuz derişimi ve izotopik kompozisyona sahip olduğunu belirtmişlerdir. Kraterin dışından ve içinden çıkan buhar örneklerinin δD ve $\delta^{18}O$ değerlerinin farklı oluşu, farklı jeotermal akışkanların bir göstergesi olduğunu vurgulayan araştırmacılar izotop jeotermometreleri ile 100-350°C arasında rezervuar sıcaklıkları elde etmişlerdir.

Güneybatı Anadolu kıyılarındaki jeotermal alanların bazı özellikleri Tablo 4.11'de özetlenmiştir.

4.6.1 Suların kimyasal ve izotopik değerlendirilmesi

4.6.1.1 Jeotermal akışkan-deniz suyu karışımı

Güneybatı Anadolu kıyılarındaki jeotermal sahaların hazne kayaları Seferihisar ve Balçova hariç genellikle karstik kireçtaşı ve mermerdir. Geçirdikleri yoğun tektonizma sonucunda çok kırıklı ve çatlaklı yapı kazanan ve aynı zamanda karstik olan bu rezervuarlar yüksek geçirgenliğe sahiptir. Bu nedenle içlerindeki yeraltı sularının dolaşım süresinin nispeten kısa olduğu, bir miktar yeraltı suyunu denize boşaltan, sıcak suların yüzeye yükselirken soğuk yeraltı suları ve deniz suyuyla karışabildiği rezervuarlardır. Sıcak suların rezervuarda ve/veya yüzeye yükselirken deniz suyu ile karışımı suyun Na ve Cl derişimini önemli oranda artırır. GB Anadolu'daki kıyı jeotermal sahalarında da, deniz suyu karışımı olmayan Balçova sahası hariç olmak üzere bu durum görülebilmektedir. Bu sahalardaki suların tümü genellikle ya Na-Cl fasiyesinde ya da karışım oranına bağlı olarak yine Na ve Cl iyonlarının baskın olduğu karışık sular sınıfındadır ve deniz suyu karışım oranları minimum %2 ve maksimum %92 olarak rapor edilmiştir (Tablo 4.11).

Tablo 4.11: Güneybatı Anadolu kıyılarındaki jeotermal sahalarının deniz suyu karışım oranları.

Jeotermal	Rezervuar	Isı kaynağı	Sıcaklık	EC	Su Tipi	DSK	
Dalaman.-Köyc	Karstik kireç	Neotektonik aktivite	24-41	143 10-456	Na-Cl	6-78	Çöken: alümit, Ca-mont., dolomit, gipsit, illit, K-mika, kaolinit, kuvars. Çözünen: Al(OH) ₃ , albit,
Gölb aşı ^b	Karstik kireç aşısı	Neotektonik aktivite	22,6-29,4	402 0-572 00	Na-Cl	5-59	Çöken: alümit, barit, Ca-mont., dolomit, Fe(OH) ₃ gipsit, illit, K-mika, kaolinit. Çözünen: Al(OH) ₃ , albit, anhidrit, anortit, aragonit,
Kara	Kireç		29,7	582	Na-Cl	-	-
Davutlar ^d	Mermere, kireç	Soğuk tektonik	42	110 00	Na-Cl-HCO ₃	29	Çöken: kalsit, dolomit, kalseduan, kuvars. Çözünen: jips
Seferihisar ^e	Bornova melanjı	Graben tektonik	30-153	740 0-552	Na-Cl	10-80	Çöken: kalsit, dolomit, aragonit. Çözünen: jips, amorf silis. Diğerler: kuvars, kalseduan
Balçova ^f	Bornova melanjı	Graben tektonik	40-140	114 8-202 0	Na-HCO ₃ -SO ₄ -Cl Na-HCO ₃ -Cl-SO ₄	Yok	Çöken: kalsit, aragonit, dolomit, kalseduan, kuvars. Çözünen: amorf silis, sölestin, anhidrit, jips.
Gülbağçe ^g	Karstik	-	35-37	516 00-	Na-Cl	64-92	Çöken: dolomit, kalseduan, kuvars. Çözünen: jips, anhidrit, manyezit,
Çeşme ^h	Karstik kireç aşısı	Graben tektonik	28-62	118 0-851 00	Na-Cl Na-Cl-HCO ₃ Na-Mg-Cl-	2-92	Çöken: dolomit, kalsit. Çözünen: jips, anhidrit, siderit, sölestin
Kos ⁱ	Kçt., dol.,	Volkanik	20-54		Na-Cl	-	-
Nysiros ⁱ	Volkanik	Volkanik	18-290	*80 -	Na-Cl	-	-

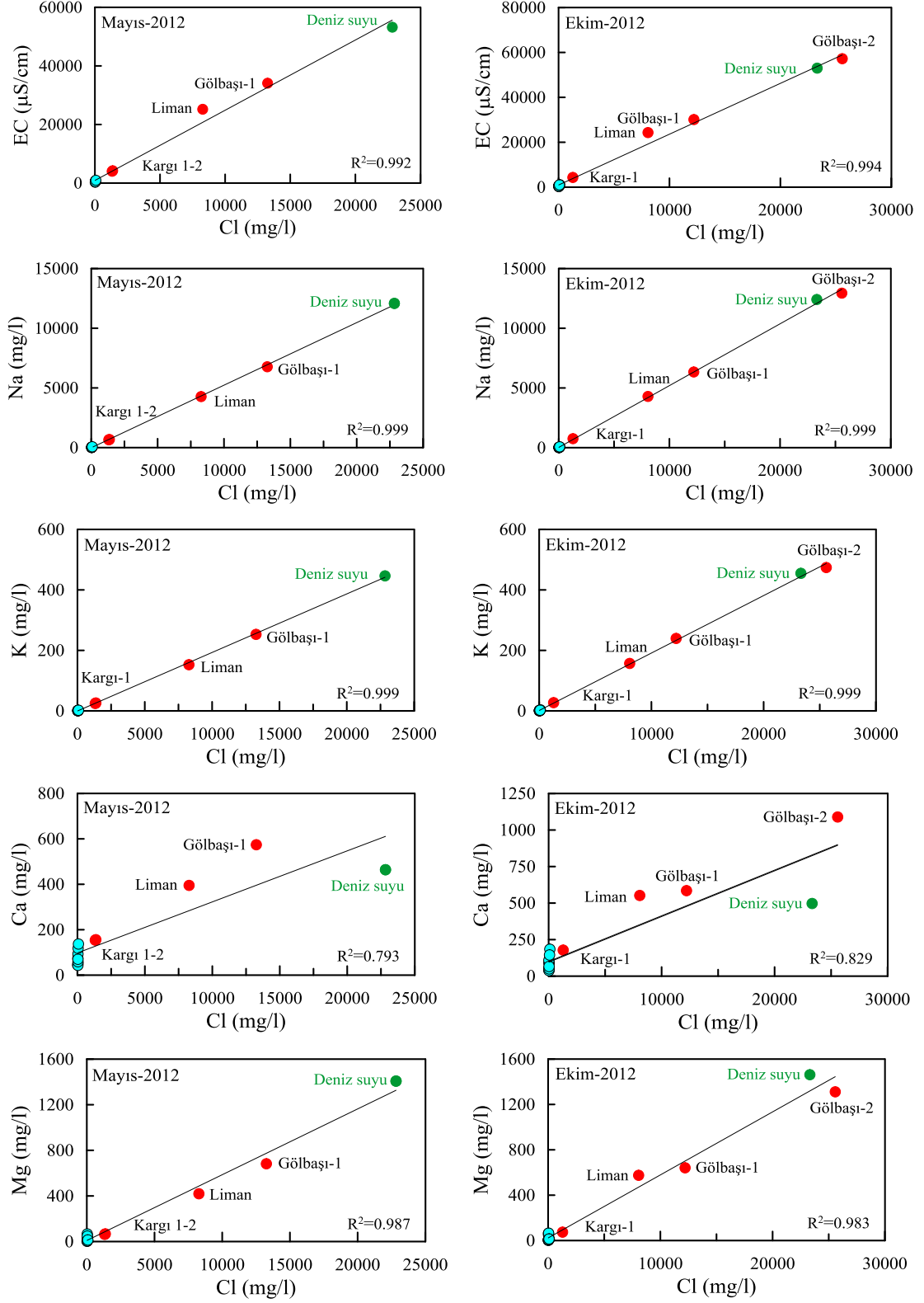
^a Gökgöz ve Tarcan (2006), ^b Bu çalışma, ^c Avşar ve diğ. (2012), ^d Tarcan ve diğ. (2000), ^e Tarcan ve Gemici (2003), ^f Tarcan ve diğ. (2009), ^g Tarcan (2001), ^h Gemici ve Filiz (2001), ⁱ Dotsika ve diğ. (2006), ⁱ Kavouridis ve diğ. (1999). DSKO: Deniz suyu karışım oranı.

İnceleme alanında sahile sıcak su kaynaklarında elektriksel iletkenlik (EC) ve toplam iyon miktarları yüksektir. Beslenme alanlarında karbonatlı kayaçlar bulunan Kargı, Liman ve Gölbaşı kaynaklarının Ca, Mg ve HCO₃ tipinde olması olağandır. Ancak bu sular Na-Cl tipindedir. Bu durum sıcak suların kazandığı son kimyasal kompozisyonun sıcak su-deniz suyu ve olasılıkla soğuk yeraltısuyunun bir karışımını temsil ettiğinin göstergesidir. Deniz suyu girişimi, yüksek geçirgenliğe sahip karstik kireçtaşlarında kolaylıkla gerçekleşebilir.

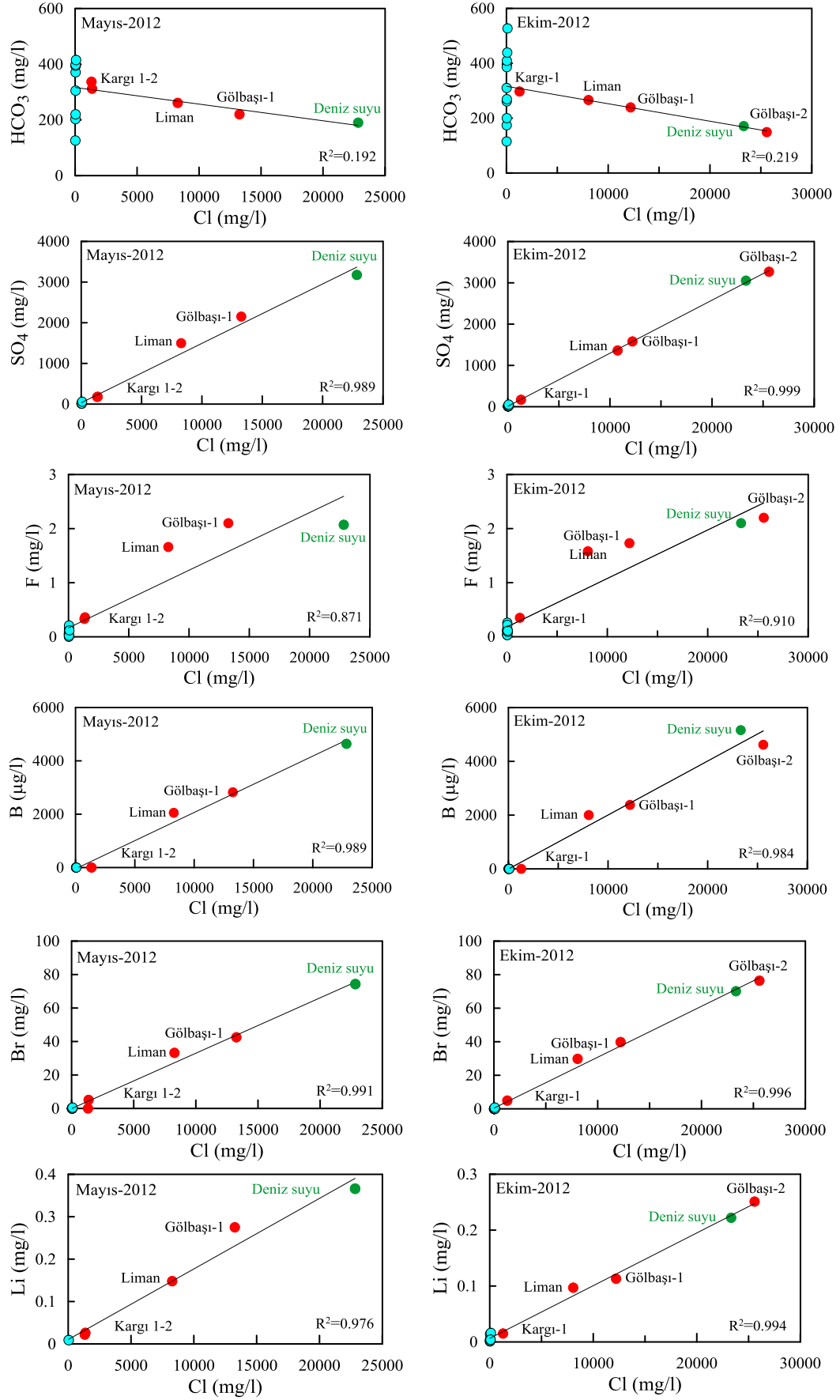
İnceleme alanındaki deniz suyu girişimi başlıca denize dik doğrultuda uzanan fay ve kırık hatları yoluyla olmaktadır. Bu durum Tablo 4.11'de verilen sahaların çoğu için de geçerlidir. İnceleme alanında birçok fay (özellikle Datça grabeninin kenar fayları olan Datça ve Kızlan fayları) denize uzanmaktadır. Bu faylar ve kırıklar deniz suyunun kara içine sokulmasında bir oluk görevi görmektedir. Sıcak su kaynaklarının kotu deniz seviyesi ile 4 m arasında değişmektedir. Bu da bu kaynakların gelgit olayından etkilenebileceği veya denizin yüksek dalgalı olduğu zamanlarda tuzlu su girişiminin artabileceği anlamına gelir.

Karışımın göstergelerinden birisi Cl iyonunun başta bor olmak üzere diğer kimyasal bileşenlerle pozitif bir doğrusal ilişki göstermesidir. Diğer bir gösterge $\delta^{18}\text{O}$ ve Cl arasındaki ilişkidir. Bunlar arasında doğrusal bir ilişkinin olması karışım için kuvvetli bir delildir (Arnorsson, 1985). Na-K-Mg üçgen diyagramında suların bir doğru üzerinde dizilmesi de bir karışımı ifade eder.

Karışım göstergelerini sınamak için öncelikle klorür iyonuna karşı diğer bileşenlerin grafikleri hem Mayıs-2012 hem de Ekim-2012 dönemi için çizilmiştir (Şekil 4.7). Dönemsel grafikler genellikle benzerdir. Bu grafiklerden klorür iyonuna karşı EC ($r^2 = 0,994$), Na ve K ($r^2 = 0,999$), Ca ($r^2 = 0,829$), Mg ($r^2 = 0,987$), SO₄ ($r^2 = 0,999$), F ($r^2 = 0,910$), Br ($r^2 = 0,996$), B ($r^2 = 0,989$) ve Li ($r^2 = 0,994$) yüksek korelasyon katsayısı (r^2) ile doğrusal ilişki vermişlerdir. HCO₃ iyonu ise soğuk ve sıcak suların birlikte yer aldığı diyagramda kötü bir negatif korelasyon vermiştir ($r^2 = 0,192$). Bu grafikte sadece sıcak sular dikkate alındığında kuvvetli bir negatif korelasyon görülebilir.

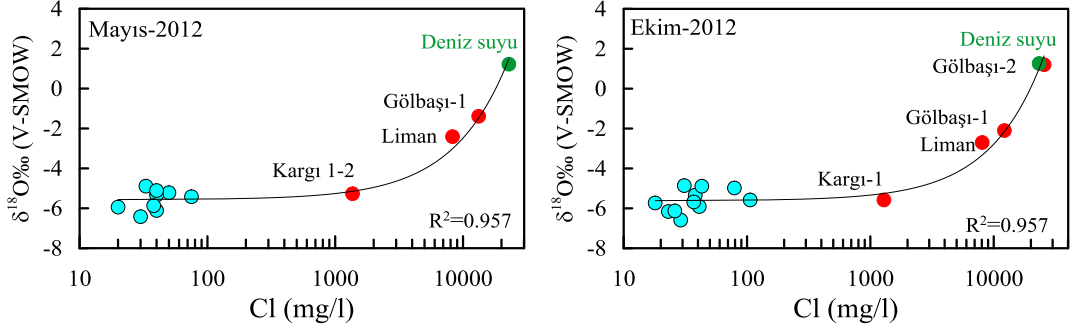


Şekil 4.7: İnceleme alanı sularının Cl-EC ve Cl-iyon grafikleri.



Şekil 4.7: Devam.

İnceleme alanı suları için çizilen $\delta^{18}\text{O}$ -Cl diyagramı Şekil 4.8’de verilmiştir. Bu diyagramda soğuk suların dağılımını daha rahat gözleyebilmek için Cl eksenini logaritmik alınmıştır. Bu diyagramdan suların tamamının eğri üzerinde, sıcak suların da deniz suyu ve soğuk sular arasında kaldığı görülmektedir. Suların $\delta^{18}\text{O}$ ve Cl değerleri arasında kuvvetli bir doğrusal ilişki vardır ($r^2 = 0,957$).



Şekil 4.8: İnceleme alanı sularının $\delta^{18}\text{O}$ -Cl grafiği.

Giggenbach diyagramında suların dağılımına bakıldığında sıcak suların soğuk sular ile deniz suyu arasında aynı doğrultuda sıralandıkları ve sıralanmanın soğuk sulardan itibaren Kargı, Liman ve Gölbaşı kaynakları şeklinde olduğu görülmektedir (Şekil 5.1). Bu sıralanma yukarıdaki grafik için de geçerlidir.

Son olarak suların $\delta^{18}\text{O}$ - δD diyagramında sıcak sular, soğuk sular ve deniz suyu arasında çizgisel olarak sıralanmaktadır (bkz. Şekil 4.4).

Bu karışım göstergelerinin tamamı sıcak sular ile deniz suyu arasında değişik oranlarda bir karışım olduğunu belgelemektedir. Karışım oranları, deniz suyu ve tatlı su uç noktaları ile karışım suyu olduğu kuvvetle muhtemel olan sulardaki klorür iyonu oranlamalarından yararlanılarak aşağıdaki formülle bulunabilir.

$$X_f = (Cl_s - Cl_m) / (Cl_s - Cl_f)$$

Burada;

X_f : Tatlı su oranı, (1-X tuzlu-su oranı)

Cl_m : Karışım sularında klorür konsantrasyonu

Cl_s : Deniz suyunda klorür konsantrasyonu

Cl_f : Tatlı yeraltısuyunda klorür konsantrasyonunu

tanımlamaktadır.

Bu bağıntıyla hesaplanan karışım oranları dönemsel olarak Tablo 4.12’de verilmiştir. Buna göre Mayıs 2012 döneminde Kargı-1 kaynağında %5,90; Kargı-2 kaynağında %5,70; Liman kaynağında %36,20; Gölbaşı-1 kaynağında %58,03; Serap keson kuyusunda %0,24 oranında, Ekim 2012 döneminde ise Kargı-1 kaynağında %5,45; Liman kaynağında %34,60; Gölbaşı-1 kaynağında %52,30; Savaş kuyusunda %0,38; Serap keson kuyusunda %0,26 oranında deniz suyu karışımı belirlenmiştir.

Tablo 4.12: İnceleme alanındaki bazı su noktalarında tatlı su-deniz suyu karışım oranları.

Mayıs 2012								
Suyun Adı	Cl		Na		K		Mg	
	Deniz	Tatlı	Deniz	Tatlı Su	Deniz	Tatlı	Deniz	Tatlı
Serap	0,24	99,76	0,50	99,50	0,38	99,62	0,85	99,15
Kargı-1	5,90	94,10	5,54	94,46	5,74	94,26	4,63	95,37
Kargı-2	5,70	94,30	5,33	94,67	5,38	94,62	4,34	95,66
Liman	36,20	63,80	35,32	64,68	34,12	65,88	39,70	60,30
Gölbaşı-1	58,03	41,97	56,01	43,99	34,11	65,89	48,40	51,60
	SO ₄		Br		Ortalama			
Serap	0,24	99,76	0,67	99,33	0,48	99,52		
Kargı-1	5,90	94,10	6,86	93,14	5,76	94,24		
Kargı-2	5,70	94,30	0,00	100,00	4,40	95,60		
Liman	36,20	63,80	44,41	55,59	37,70	62,30		
Gölbaşı-1	58,03	41,97	57,20	42,80	51,96	48,04		
Ekim 2012								
Suyun Adı	Cl		Na		K		Mg	
	Deniz	Tatlı	Deniz	Tatlı Su	Deniz	Tatlı	Deniz	Tatlı
Savaş	0,38	99,62	0,35	99,65	0,62	99,38	0,75	99,25
Serap	0,26	99,74	0,48	99,52	0,37	99,63	0,82	99,18
Kargı-1	5,45	94,55	5,98	94,02	5,88	94,12	4,93	95,07
Liman	34,60	65,40	34,60	65,40	34,50	65,50	39,25	60,75
Gölbaşı-1	52,30	47,70	51,03	48,97	52,61	47,39	43,77	56,23
	SO ₄		Br		Ortalama			
Savaş	0,53	99,47	0	100	0,44	99,56		
Serap	1,38	98,62	1,00	99,00	0,72	99,28		
Kargı-1	5,23	94,77	6,99	93,01	5,74	94,26		
Liman	44,46	55,54	42,51	57,49	38,30	61,70		
Gölbaşı-1	51,63	48,37	56,78	43,22	51,35	48,65		

Klorür için yapılan hesaplamalar Na, K, Mg, SO₄ ve Br iyonları için de yapılmış ve benzer sonuçlar elde edilmiştir (Tablo 4.12). Parametrelerin tümünden hesaplanan karışım oranlarının ortalamaları Mayıs 2012 döneminde Kargı-1 kaynağında %5,76; Kargı-2 kaynağında %4,40; Liman kaynağında %37,70; Gölbaşı-1 kaynağında %51,96; Serap keson kuyusunda %0,48 oranında, Ekim 2012

döneminde ise Kargı-1 kaynağında %5,74; Liman kaynağında %438,30; Gölbaşı-1 kaynağında %51,35; Savaş kuyusunda %0,44; Serap keson kuyusunda %0,72 oranında deniz suyu karışımı değerleri vermiştir. Bu değerler deniz suyu girişim koşullarına bağlı olarak değişebileceğinden suların örneklendiği andaki oranları yansıtır. Ancak suların kimyasal fasiyesinde bir değişim beklenmez.

4.6.1.2 Hidrokimyasal değerlendirme

GB anadolu'nun kıyı jeotermal alanlarındaki sıcak suların deniz suyu karışımı etkisinde olduğu, EC değerleri ve su tipleri yönüyle çalışma alanı sularına benzerlik gösterdiği yukarıda belirtilmişti. Bu karışım işleyi Şekil 4.2 ve Şekil 4.3'de verilen yarı logaritmik ve Piper diyagramlarında da açık olarak görülmektedir. Yarı logaritmik diyagramda sıcak sular deniz suyuna paralel olmakla birlikte azalan karışım oranına bağlı olarak Gölbaşı-1, Liman ve Kargı kaynakları sırasıyla daha düşük derişimlerde yer alırlar. Bu diyagramlarda Gölbaşı-2 kaynağı deniz suyu ile çakışan, hatta yarı logaritmik diyagramda deniz suyunun üzerinde (daha yüksek derişimde) yer alan bir konumdadır. Gölbaşı-1 kaynağının EC değeri (57200 $\mu\text{mho/cm}$) deniz suyundan (53000 $\mu\text{mho/cm}$) daha fazladır. Bu kaynak sürekli olmayıp dönemsel olarak görünmektedir. Bu kaynağın deniz suyundan bir miktar daha tuzlu olması, yüzeye yakın noktalarda buharlaşmaya maruz kalarak derişiminin arttığı şeklinde yorumlanabilir. Şekil 4.4'deki $\delta^{18}\text{O}$ ve δD diyagramında Gölbaşı-2 kaynağının deniz suyundan çok az miktarda negatif değerlere sahip olduğu görülmektedir. Sıcak suların büyük oranda deniz suyu karışımı az oranda da buharlaşma etkisinde oldukları söylenebilir.

Soğuk suların akiferleri genellikle kireçtaşları, alüvyon ve Yıldırım formasyonunun çakıltaşlarıdır. Kireçtaşlarından gelen Ağacık, Pustular, KH, Bubalık ve Halılağa kaynakları, buna uygun olarak Ca-HCO_3 su tipindedir.

Belediye kuyuları farklı olarak Mg-Ca-HCO₃ tipindedir. Belediye kuyu sularında Mg fazlalığının iki nedeni olabilir. Bu kuyular alüvyon ve Yıldırım formasyonunda açılmışlardır. Marmaris peridotitinin mostra verdiği alanlar bu kuyulara yakındır. Alüvyon ve Yıldırım formasyonuna düşen yağış suları ve aynı zamanda yanal olarak Mesozoyik karbonatlı kayalardan beslenen bu sular olasılıkla alttaki Marmaris peridotiti ile su-kayaç etkileşiminde bulunarak Mg'ca zenginleşmişlerdir. Diğer taraftan, alüvyon ve Yıldırım formasyonunun çakıltaşlarında Marmaris peridotitine ait bileşenlerin oldukça fazla olması ve yeraltısularının bu bileşenleri yıkaması da Mg'ca zenginleşmeye neden olabilir.

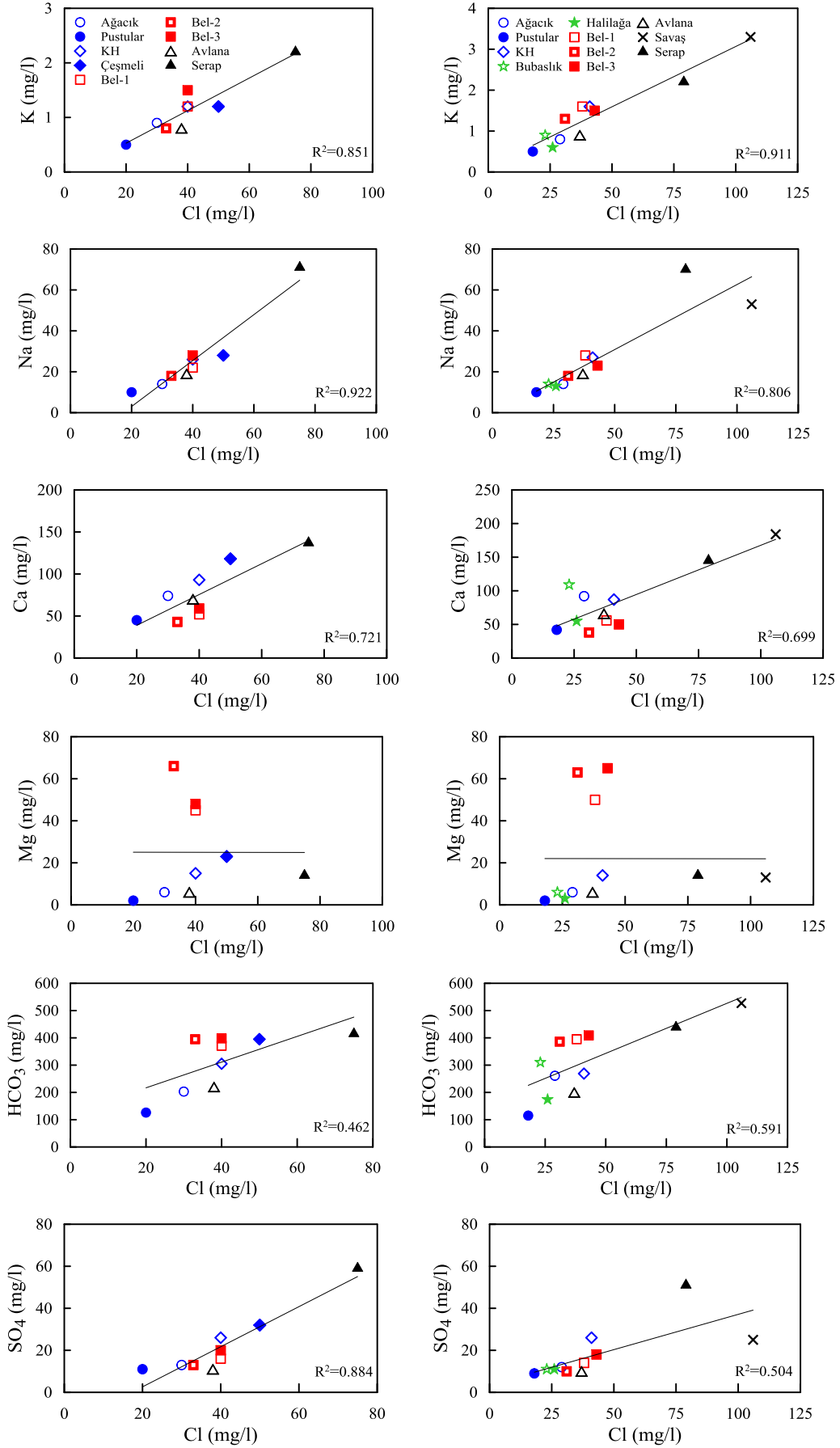
Savaş sondaj kuyusu (28 m derinlik) ve Serap keson kuyusu (7 m derinlik) denize çok yakın ve sığ kuyulardır. Bu kuyularda deniz suyu karışımı az da olsa vardır (Serap: %0,72, Savaş: %0,44) ve bu sulara Na ve Cl katkısı olmaktadır. Bu nedenle Serap kuyusu Ca-Na-HCO₃-Cl, Savaş kuyusu Ca-HCO₃-Cl tipindedir. Savaş kuyusunda Na %18-19 mertebesinde olmasına karşın %20'den az olması nedeniyle su tipine Na eklenememiştir. Ancak bu iki kuyunun benzer özellikte olduğu söylenebilir. Avlana kaynağı da denize yakın olan 60 m kotunda bir kaynaktır. Bu kaynağın su tipi Ca-HCO₃-Cl'dir. Bu suda da katyonların içinde sodyum yüzdesi %17-18 arasında olup su tipine Na eklenmesi için sınır değere yakındır.

Savaş, Serap ve Avlana sularında Na ve Cl iyonlarının gözlenmesi, bu suların az da olsa deniz suyu katkısı içerdiğini göstermektedir. Ayrıca 135 m kotundaki Çeşmeli kaynağında Cl miktarı 50 mg/l'dir. Bu kaynaktaki anyon sıralanımı rHCO₃>rCl>rSO₄ şeklindedir (%17 Cl). Klorür miktarı diğer soğuk su kaynaklarında 18-40 mg/l, sondaj sularında ise 31-106 mg/l arasındadır. Bu değerler kirlenmemiş doğal suların Cl değerlerine göre (10-20 mg/l) biraz yüksektir. Bu Cl katkısı deniz suyu damlacıklarının kara içine rüzgar etkisiyle serpinti (spray) şeklinde yayılarak zemini tuzlandırması ve daha sonra da bu zeminin yıkanarak yeraltısuyunun tuzluluğunu arttırması ve/veya tatlı yeraltısularının deniz suyu seviyesi altından faylar boyunca yükselirken çok az oranda deniz suyu karışımı ile tuzlanması şeklinde olabilir. İnceleme alanında yüksek kotlarda bulunan kaynak sularında gözlenen nispeten yüksek klorür derişiminin yukarıda anılan nedenlerden daha çok beslenme alanına düşen yağmur suyunun klorür içeriğine bağlı olduğu düşünülmektedir. Salve ve diğ. (2011), Hindistan'ın kıyı bölgesindeki Rameswaram'da yağmur suyundaki

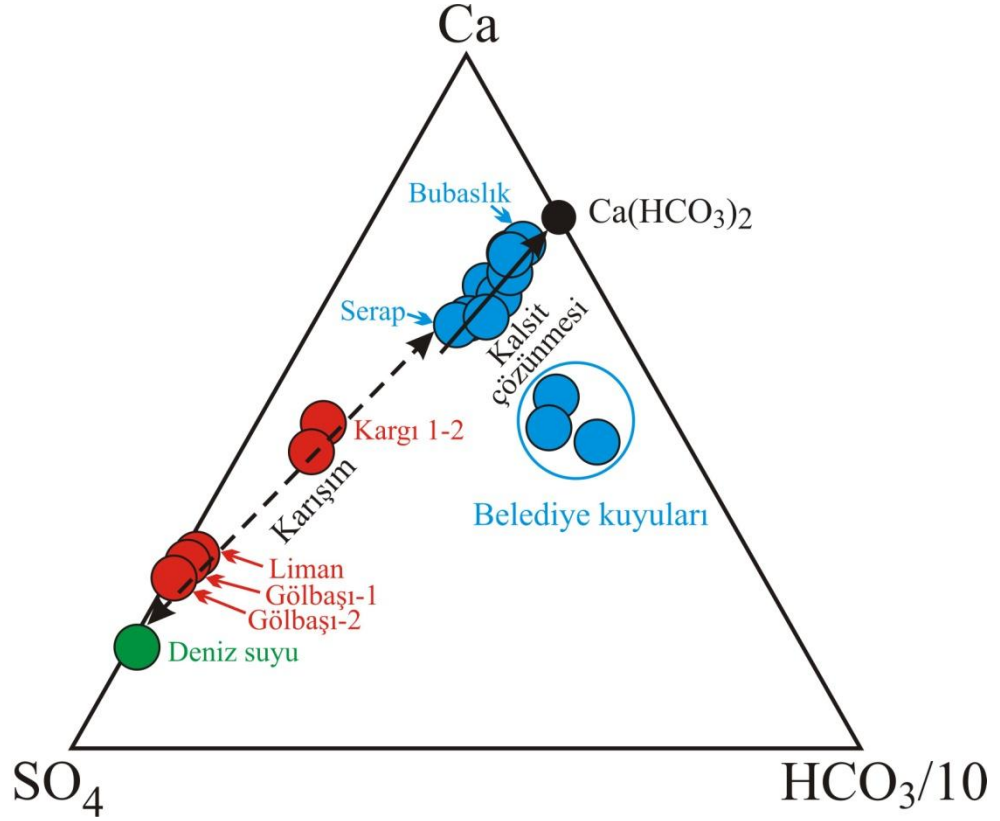
egemen iyonların Cl (39-85 µek/l) ve Na olmasının nedenini deniz tuzunun muson akımları ile denizden kara içlerine taşınması olarak açıklamışlardır. van Weert ve diğ. (2009), kıyı zonlarındaki daha alçaktaki hava tabakalarının denizel kökenli tuz partiküllerince zengin olabileceğini, bu tuz partiküllerinin yağış sırasında absorbe edilerek yeraltısuyunu besleyen suya katılabileceğini ve bunun da yeraltısuyunun tuzlanmasına neden olacağını belirtmişlerdir. Ceron ve diğ. (2005), Meksika'nın kıyı bölgelerindeki yağışın kimyasal kompozisyonu ile ilgili olarak benzer sonuçlara değinmişlerdir. Datça yarımadası, inceleme alanında yaklaşık 7 km genişliğe sahiptir ve kış dönemindeki fırtınaların denizde kara içine deniz tuzu partiküllerini taşınması olasıdır. Bu partiküllerin yağış sırasında zemine düşmesi ve daha sonra yeraltına süzülerek yeraltısuyunun tuz derişimini arttırması beklenebilir. 28 Ekim 2000'de Datça'ya düşen yağmur suyunun Cl değeri 4,609 mg/l olarak belirlenmiştir (UKAM, 2001). Fırtınalı kış aylarında sprej etkisinin kuvvetli olması yağmur suyundaki Cl miktarının çok daha fazla olmasına neden olacaktır. Yağmur suyundan yeraltına geçen Cl miktarı, taşınan deniz tuzu partiküllerinin miktarı, yağış şiddeti, yükseklik gibi faktörlere bağılı olarak değışebilir.

Soğuk sularda olası deniz suyu katkısı öngörüsünü sınamak için klorüre karşı diğjer bileşenlerin grafikleri dönemsel olarak çizilmiştir (Şekil 4.9). Ekim 2012 döneminde klorüre göre deniz suyu karışım oranları Savaş kuyusunda %0,38, Serap kuyusunda ise % 0,26'dır (Tablo 4.12). Bu iki kuyu suyu ve Mg derişimleri yukarıda anlatılan nedenlerden dolayı yüksek olan Belediye kuyuları hariç tutulursa klorür-diğjer bileşen grafiklerinde genellikle yüksek korelasyona sahip bir pozitif doğrusal ilişki görülmektedir.

Hem karışım hem de yeraltısuyu ve karstik kireçtaşlarındaki su-kayaç etkileşimini görmek için Ca-SO₄-HCO₃ grafiğı çizilmiştir (Şekil 4.10). Bu diyagramda, diğjer diyagramlarda olduğı gibi deniz suyuna doğru, soğuk sular (Belediye kuyuları hariç)-Kargı-Liman-Gölbaşı kaynakları-deniz suyu sırasında bir dizilim görülmektedir. Belediye kuyuları diğjer soğuk sulardan farklı fasiyeste olduklarından diyagramda ayrı alanda kümelenmişlerdir. Soğuk suların sıralandığı noktalardan bir doğru geçirildiğinde bu doğru üçgenin Ca-HCO₃ kenarında Ca(HCO₃)₂ noktasını (siyah daire) kesmektedir. Okun yönü artan oranda, su-kayaç etkileşiminin sonucu olarak kalsit çözünmesini göstermektedir.



Şekil 4.9: İnceleme alanı soğuk sularının Cl-iyon grafikleri.



Şekil 4.10: Suların Ca-SO₄-HCO₃ grafiği.

4.6.1.3 İzotop sonuçlarının değerlendirilmesi

Suların $\delta^{18}\text{O}$ - δD diyagramında soğuk sular ve Kargı-1 kaynağı dünya meteorik su çizgisi (GMWL) ile Akdeniz meteorik su çizgisi (MMWL) arasında kalmaktadır. Diğer sular GMWL'ye yakın ancak GMWL doğrusundan $\delta^{18}\text{O}$ ve δD zenginleşmesi yönünde sapmaktadır (bkz. Tablo 4.10 ve Şekil 4.4). Bu diyagramdan tüm suların meteorik su kökenli olduğu anlaşılmaktadır. Sıcak suların bir doğru üzerinde yer alarak deniz suyuyla birleşmesi daha önce ifade edildiği gibi değişik oranlarda sıcak su-deniz suyu karışımını göstermektedir. Ancak burada buharlaşmanın da etkisi vardır. Soğuk sulara en yüksek kotta bulunan Ağacık kaynağı (414 m) en negatif, Datça ovasında bulunan Bel-2 kuyu suyu (su kotu: 7 metre) en pozitif $\delta^{18}\text{O}$ - δD değerlerine sahiptir. Diğer sular bu iki su arasında çizgisel olarak ve GMWL doğrultusundan zenginleşme yönünde saparak sıralanmışlardır. Bu durum buharlaşma etkisini göstermektedir. Bu sular, yağmur suyundan doğrudan buharlaşma veya yüzeysel akış sırasında buharlaşma sonucu ağır izotoplarca ($\delta^{18}\text{O}$ ve δD) zenginleşmişlerdir.

Her iki örnekleme dönemindeki arazi çalışmaları sırasında yağmur suyu örneği alınamadığından yağmur suyunun $\delta^{18}\text{O}$ - δD içeriği belirlenememiştir. Bu nedenle suların ortalama beslenme alanı yükseklikleri hesaplanamamıştır. Ancak $\delta^{18}\text{O}$ - δD grafiğinde en negatif değerlere sahip Ağacık kaynağının diğer soğuk su kaynaklarına göre nispeten daha yüksek kotlardan beslendiği söylenebilir.

Trityum analizi yeterli miktarda yaptırılmadığından, yağmur suyunun trityum içerikleri ve ortalaması bilinmediğinden ve özellikle sıcak sulara deniz suyu karışımı olduğundan trityuma dayalı yorumlamalar gerçekçi olmayabilir. Deniz suyu katkısının en az olduğu sıcak su kaynağı olan Kargı kaynağında trityum değerleri dönemsel olarak 2,31 ve 2,92 TU ölçülmüştür. Bu değerden sonraki en yüksek değer 2,88 TU ile Bel-2 kuyusuna aittir. Bel-2 kuyusunun trityum değeri Ekim-2012 döneminde 1,75 TU olmuştur. Ağacık, Bubaslık ve Halılağa kaynaklarındaki trityum değeri 1,61-1,79 TU arasındadır. Bu değerlerden Liman ve Gölbaşı kaynakları ile Pustular, Savaş ve Serap kaynak ve kuyu sularının 50 yıldan daha yaşlı olduğu, diğer suların yağış sularının trityum içeriklerinin bir kombinasyonunu yansıttığı, Bel-2 ve Kargı-1 kaynaklarının Ağacık, Bubaslık ve Halılağa sularına göre nispeten daha genç sular olduğu söylenebilir.

4.6.1.4 Jeotermal sistem elemanlarının değerlendirilmesi

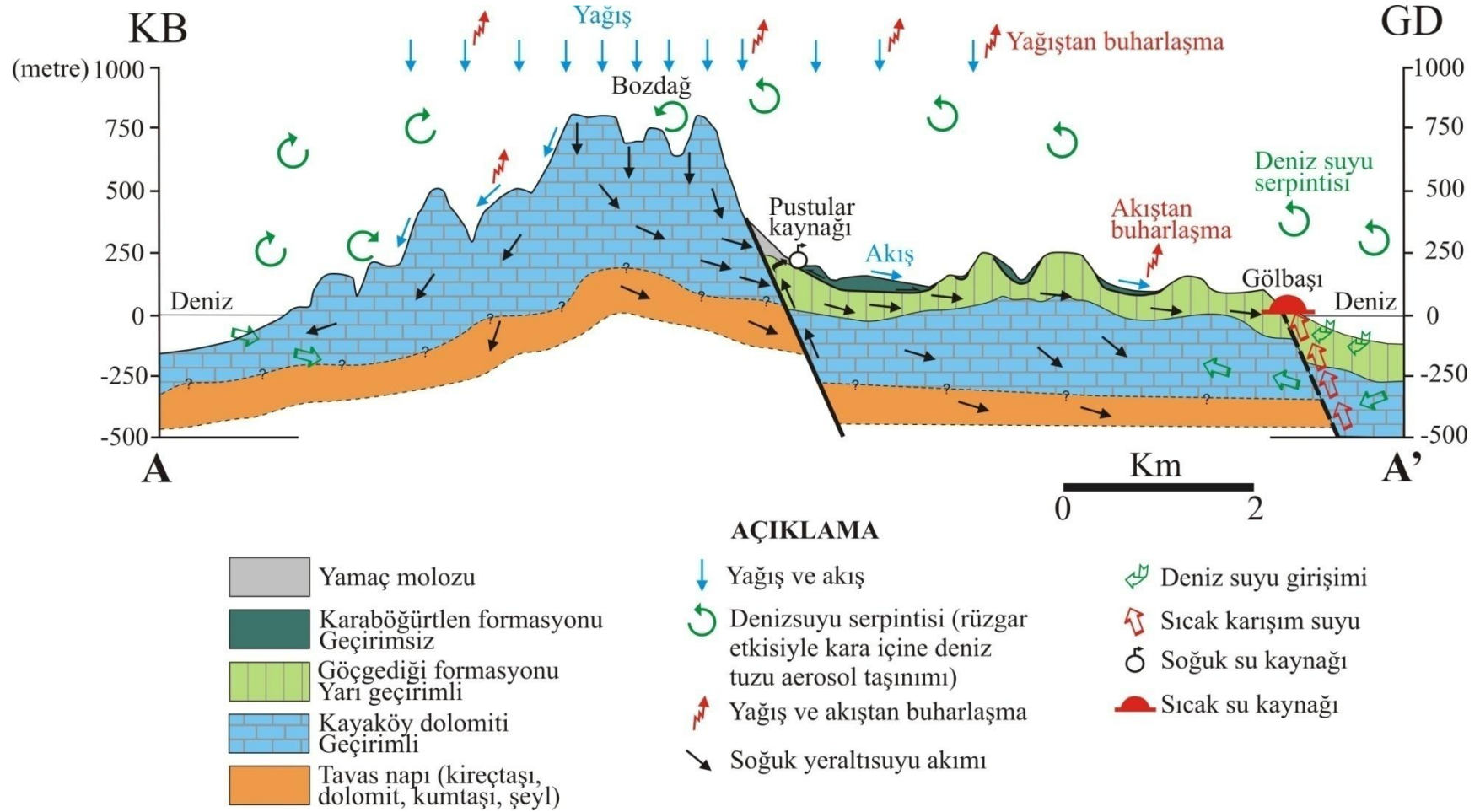
İnceleme alanındaki sıcak su kaynaklarının **hazne kayası** Likya naplarının Orta Triyas-Liyas yaşlı dolomit ve karstik kireçtaşlarından oluşan Kayaköy dolomiti ve Dogger-Üst Kretase yaşlı Göçgediği formasyonunun kırıklı ve çatlaklı birimleridir. Bloklü flişten yapılu Jura-Kretase yaşlı Karaböğürtlen formasyonu ile Neojen yaşlı çökellerin geçirimsiz litolojileri **örtü kayayı** oluşturmaktadır.

GB Anadolu'daki kıyı jeotermal sahalarının **ısı kaynağı** olarak neotektonik aktivite, graben tektoniği ve soğumakta olan magmanın yarattığı olağandan yüksek jeotermal gradyan öngörülmüştür. Bu sahalardan Balçova (85-144°C) ve Seferihisar (30-153°C) en yüksek sıcaklığa sahip sahalardır (bkz Tablo 4.11 ve Şekil 4.5). Bu sahalarda Gediz grabeninin denize uzandığı alanlarda bulunurlar. Daha düşük sıcaklığa sahip Çeşme ve Gülbahçe sahaları aynı alanda, ancak grabenin orta kesiminde bulunurlar. Davutlar sahası da Büyük Menderes grabeninin denize uzandığı alanın

orta kesiminde bulunur. Bu sahalarda neotektonik dönemde gelişen derin köklü faylar, kabuk incilmesi ve graben-horst yapıları yeraltından yüksek ısı akısını sağlamış ve jeotermal gradyan olağandan oldukça yüksek değerlere çıkmıştır. Bu nedenle bu kıyı sahalarda orta entalpili jeotermal sistemlerin bulunması olağandır.

Bodrum, Datça, Dalaman-Köyceğiz'de bulunan jeotermal sahalara ise çok kalın bir istif olan Likya napları içindedir ve bu sahalarda da neotektonizmadan etkilenmiştir. Gökova ve Hisaönü grabenleri, Reşadiye yarımadası horstu ve bu horst içinde graben kenar faylarına verev olarak gelişen Datça grabeni neotektonik dönemde gelişmiştir. İnceleme alanında civarında diri faylar ve deprem etkinliği yoğunudur (bkz Şekil 2.6). Bu bölgede yoğun tektonik aktiviteye karşın jeotermal akışkan sıcaklıkları düşüktür. Bunun nedeni inceleme alanında kabuk kalınlığının Çeşme ve Seferihisar bölgelerine göre fazla olmasıdır. Bu nedenle jeotermal gradyan bu sahalarla karşılaştırıldığında daha düşüktür. Datça yarımadasına 15 km kadar uzaklıkta olan Kos ve Nisyros adaları ise Yunan Hendeğine paralel gelişen volkanik yay üzerinde bulunmaktadır ve doğal olarak buralardaki jeotermal sahalarda yüksek entalpili sahalardır. Sonuç olarak Gölbaşı jeotermal sahasının ısı kaynağı olarak neotektonik etkiler sonucu gelişen olağandan biraz yüksek jeotermal gradyan öngörülebilir.

Gölbaşı jeotermal sahası devirli bir jeotermal sistemdir. Sıcak su kaynakları, beslenme alanına düşen yağış sularının geçirimli litolojiler aracılığıyla derinlere süzülmesi, burada ısınan basınç altındaki jeotermal suların derinde ve/veya faylar aracılığıyla yüze yükselirken değişik oranlarda deniz suyu ile karışması sonucu nihai kimyasal kompozisyonunu kazanarak yüzeylemesi sonucu oluşmuştur (Şekil 4.11).



Şekil 4.11: Gölbaşı jeotermal sahasının hidrojeolojik kesiti.

5. JEOTERMOMETRİ

Jeotermometrelerin genel amacı yeraltındaki akışkan sıcaklığının (yani suların akifer sıcaklığının, ya da hazne sıcaklığının) tahmin edilmesidir. Bilindiği üzere sıcak sular yüzeye çıkış sıcaklıklarına göre çok değişik kullanım alanlarına sahiptirler. Derinlerde haznede bulunan sıcak sular yüzeye erişinceye değin önemli ölçüde soğuyarak ve soğuk yeraltı sularıyla değişik oranlarda karışarak yüzeylerler. Derinlerde bulunan akışkanın sıcaklığının yüzeydeki sıcaklıklarına göre çok daha fazla olacağı açıktır. Derinlere yapılacak olan sondajlar da oldukça yüksek maliyete ve zamana gereksinim göstermektedir. Bu nedenle suların kullanım alanlarının saptanabilmesi için yapılacak derin sondajlardan önce uygulanacak çeşitli jeotermometre yöntemleri ile haznedeki sıcaklıklarının tahmin edilmesi yapılan jeotermal araştırmaların önemli bir parçasını oluşturur.

Suların yeraltında katettikleri yol, ne denli kısa ve debisi yüksekse sıcaklıkları o oranda hazne kaya sıcaklığına yakındır. Suların yeraltında aldığı yolun kısa olmadığı ve ağır bir hidrolojik çevrimde olduğu izotopik incelemelerle anlaşılabilir. Sıcak suların akifer sıcaklıkları, verimleri ve kimyasal özellikleri ekonomik yönden çok önem taşır. Hazne sıcaklığının saptanmasında çok değişik yöntemler önerilmiştir. Bunlardan bazıları çevresel izotoplarla kalitatif değerlendirme, sığ ve derin kuyularda ölçülen sıcaklıklardan yararlanarak hazne kaya sıcaklığının tahmini, jeotermal alanlarda izlenen hidrotermal alterasyon sonucu oluşan kil minerallerinin incelenmesi ve kimyasal jeotermometreler gibi yöntemlerdir. Hazne kayadaki suların gerçek sıcaklığı, verimleri ve diğer gerçek bilgiler, hazne kayaya değin inen kuyuların incelenmesinden elde edilir. Ancak, sondajların çok pahalı ve bazı durumlarda ekonomik olmaması, her zaman hazne kayaya inilememesi, uzun zaman alması gibi nedenlerle diğer bilimsel incelemelerin olumlu sonuç verdiği yerlerde açılmalıdır.

5.1 Sayısal (Kantitatif) Kimyasal Jeotermometre Değerlendirmeleri

Kantitatif kimyasal jeotermometrelerin kullanılmasında bazı varsayımlar göz önünde bulundurulur. Bunlardan bazıları şunlardır (Şahinci, 1991b);

- Sıcak sulardaki kimyasal maddelerin oluşması için gerekli kimyasal tepkimeler, akifer– su arasında gerçekleşmektedir.
- Sıcaklık saptanmasında gerekli maddelerin ortaya çıkması için oluşan kimyasal tepkimeler devamlıdır ve tepkimelerin hammaddesi hazne kayada boldur.
- Akifer sıcaklığında kaya–su arasında kimyasal denge gerçekleşmiştir.
- Akiferden yüzeye erişen sıcak suyun, soğuma sonucunda kimyasal yapısı değişmez veya yeni bir kimyasal denge gerçekleşmez.
- Akiferden gelen sıcak suların, soğuk yeraltı ve yüzey suları ile bir karışımı söz konusu değildir.

Bu varsayımların ilk üçü SiO₂ ve Na-K-Ca jeotermometreleri için kullanılır. Son iki varsayım tam olarak gerçeği yansıtmaz. Çünkü akiferden yüzeye doğru gelen sıcak suyun soğuması veya soğuk suların karışımı ile kimyasal yapısı değişebilir. Kantitatif kimyasal jeotermometreler çözünürlüğe, iyon değişimine ve iyon etkinliğine bağlı olmak üzere üçe ayrılır.

5.1.1 Çözünürlüğe Bağlı Jeotermometreler

Silis Jeotermometreleri

Kuvars çözünürlüğüne bağlı jeotermometreler, akifer (hazne) sıcaklığının saptanmasında geniş ölçüde kullanılmaktadır. Bu jeotermometreler 150–225°C sıcaklıklar arasında iyi sonuç vermektedirler. Daha yüksek sıcaklıklarda akiferden yüzeye doğru hareket eden sıcak akışkanda hızlı silis çökeliği gözlenir. Bu nedenle sıcaklığı 225°C nin üzerindeki hazne kayalardan gelen sulara gerçek sıcaklığı yansıtmaz. Silis jeotermometreleri, kimyasal tepkimeyi etkileyen akifer sıcaklığına veya sıcak suyun yükselirken soğumasına dayanılarak hazırlanmıştır. Silisyumun

sıcaklıkla çözünürlüğü artmaktadır. Silisin bu özelliğinden yola çıkılarak çeşitli sıcaklıklar için jeotermometre bağıntıları hazırlanmıştır (Şahinci, 1991b).

5.1.2 İyon Değişimine Bağlı Jeotermometreler

İyon değişim denge sabitleri sıcaklığın etkisindedir. Suda iyon değişimine uğrayan birçok mineral bulunur ve bunlardan yararlanılarak bir çok ampirik jeotermometre geliştirilmiştir.

Na/K, Na-Li, K-Mg, K-Ca, Na-Ca Jeotermometreleri

Bu jeotermometreler suda fazla miktarda Ca^{++} iyonu bulunuyorsa, akifer (hazne) sıcaklığı hesaplamalarında yüksek değerler verir. Na/K jeotermometrelerinin uygulanacağı sıcak suların pH değeri nötre yakın veya hafif alkali, karbonat çökelmelerinin oluşmaması, $\log(\sqrt{Ca}/Na)$ değerinin 0,5'ten az olması koşulları aranmalıdır. Na/K jeotermometreleri, nötr ve alkali, alkali klorürlü, 180-350°C sıcaklıktaki bir akiferden gelen sularda daha iyi sonuçlar vermektedir (Şahinci, 1991b). Çeşitli araştırmacılar tarafından önerilen kimyasal jeotermometre bağıntılarından bazıları Tablo 5.1'de özetlenmiştir.

5.1.3 İyon Etkinliğine Bağlı Jeotermometreler

Bu tür jeotermometrelerde sıcak akışkanların kimyasal analizlerinde bulunan iyon değerleri yerine bu iyonların hesaplanan iyon etkinlikleri (a değerleri) kullanılır.

5.2 Jeotermometre Sonuçları

İnceleme alanındaki sıcak su kaynaklarının Tablo 5.1'de verilen bağıntılarla hesaplanan rezervuar sıcaklıkları Tablo 5.2'de verilmiştir. Rezervuar sıcaklıkları için silis jeotermometreleri 30-50°C, Li jeotermometreleri 45-113°C, Na/Li jeotermometreleri 30-34°C, K/Mg jeotermometreleri 67-103°C arasında değerler vermiştir.

Tablo 5.1: Sayısal değerlendirilmede bazı kimyasal jeotermometre eşitlikleri (derişimler mg/l, 11 nolu bağıntıda mmol/l).

Jeotermometre		Bağıntı	Referans
Kuvars		$t^{\circ}\text{C} = -53,5 + 0,11236 * S - 0,5559,10^{-4} * S^2 + 0,1772.10^{-7} * S^3 + 88,39 * \log S$ S: SiO ₂ (mg/l)	Fournier ve Potter (1982)
Buhar kaybı yok	2	$t^{\circ}\text{C} = (1309 / (5,19 - \log \text{SiO}_2)) - 273,15$	Fournier (1973)
Buhar kaybı yok	3	$t^{\circ}\text{C} = (1522 / (5,75 - \log \text{SiO}_2)) - 273,15$	
Buhar kaybı	4	$t^{\circ}\text{C} = (1164 / (4,9 - \log \text{SiO}_2)) - 273,15$	Arnórsson ve diğ. (1983)
Buhar kaybı	5	$t^{\circ}\text{C} = (1498 / (5,7 - \log \text{SiO}_2)) - 273,15$	
	6	$t^{\circ}\text{C} = (933 / (0,993 + \log(\text{Na}/\text{K}))) - 273,15$	
	7	$t^{\circ}\text{C} = (1319 / (1,699 + \log(\text{Na}/\text{K}))) - 273,15$	
	8	$t^{\circ}\text{C} = (777 / (0,70 + \log(\text{Na}/\text{K}))) - 273,15$	Fournier ve Truesdell (1973)
	9	$t^{\circ}\text{C} = (855,6 / (0,857 + \log(\text{Na}/\text{K}))) - 273,15$	Truesdell (1976)
	10	$t^{\circ}\text{C} = (1217 / (1,483 + \log(\text{Na}/\text{K}))) - 273,15$	Fournier (1979)
	11	$t^{\circ}\text{C} = (908 / (0,692 + \log(\text{Na}/\text{K}))) - 273,15^*$	Arnórsson ve diğ. (1983)
	12	$t^{\circ}\text{C} = (1180 / (1,31 + \log(\text{Na}/\text{K}))) - 273,15$	Fournier and Potter (1979)
	13	$t^{\circ}\text{C} = (833 / (0,78 + \log(\text{Na}/\text{K}))) - 273,15$	Tonani (1980)
	14	$t^{\circ}\text{C} = (1178 / (1,47 + \log(\text{Na}/\text{K}))) - 273,15$	Nieva and Nieva (1987)
	15	$t^{\circ}\text{C} = (1390 / (1,75 + \log(\text{Na}/\text{K}))) - 273,15$	Giggenbach (1988)
Li	16	$t^{\circ}\text{C} = (2258 / (1,44 - \log(\text{Li}))) - 273,15$	Fouillac and Michard (1981)
Na/Li	17	$t^{\circ}\text{C} = (1195 / (0,13 + \log(\text{Na}/\text{Li}))) - 273,15$	
Na/Li	18	$t^{\circ}\text{C} = (1590 / (0,779 + \log(\text{Na}/\text{Li}))) - 273,15$	Kharaka ve diğ. (1982)
K/Mg	19	$t^{\circ}\text{C} = (4410 / (13,95 - \log(\text{K}^2/\text{Mg}))) - 273,15$	Giggenbach ve diğ. (1983)

Tablo 5.2: İnceleme alanı sıcak sularının rezervuar sıcaklıkları (°C) (Jeot.: Jeotermometre).

Jeot.	Dönem	Mayıs-2012				Ekim-2012			
	Su Adı	Kargı-1	Kargı-2	Liman	Gölb.-1	Kargı-1	Liman	Gölb.-1	Gölb.-2
	Ölçülen	23,6	21,6	25,4	28,3	23,7	26,3	29,4	27,2
Jeotermometre Sıcaklıkları (°C)									
Kuvars	1	38	35	-	-	40	31	-	-
	2	41	39	28	-	42	36	-	-
	3	49	47	37	30	50	44	-	-
	4	27	25	-	-	29	-	-	-
	5	47	45	35	-	48	42	-	-
Na/K	6	124	122	119	122	120	121	123	121
	7	150	149	146	149	147	147	149	148
	8	94	92	89	92	90	90	93	91
	9	103	102	98	101	99	100	102	100
	10	47	45	42	45	43	44	46	44
	11	158	156	151	155	153	153	156	153
	12	160	158	155	158	156	156	159	157
	13	106	104	101	104	102	103	105	103
	14	135	134	131	133	132	132	134	132
	15	166	165	162	164	162	163	165	163
Li	16	56	52	96	113	45	86	89	89
Na/Li	17	24	-	-	-	-	-	-	-
	18	33	30	30	34	-	-	-	-
K/Mg	19	68	67	88	95	67	92	94	103

Giggenbach diyagramında inceleme alanı sularının genellikle ham sular bölgesine düştüğü görülmektedir. Sadece Gölbaşı kaynakları sınıra çok yakın olarak “kısmen dengede olan sular” alanında yer almaktadır. Bu durumda katyon jeotermometreleri ile hesaplanan sıcaklıklar gerçekçi olmayacaktır. Bu diyagramdaki sıcaklık izotermi 80°C civarında rezervuar sıcaklıkları vermektedir.

Jeotermometrelerin sıcak suyun kimyasal yapısına bağlı olarak uygulanabilirliğinin saptanması amacıyla çeşitli araştırmacılar tarafından grafiksel modeller geliştirilmiştir. Bu diyagramlar ile hem hızlı bir şekilde jeotermometre sonuçları görülebilmekte, hem de katyon jeotermometre bağıntılarının geçerliliği sınanabilmektedir. Giggenbach (1988) tarafından sıcak suların akifer (hazne) sıcaklıklarının saptanması ve suların ilişkide olduğu kayaçlarla olan denge durumlarının belirlenmesi için geliştirilmiş olan Na-K-Mg birleşik jeotermometresi

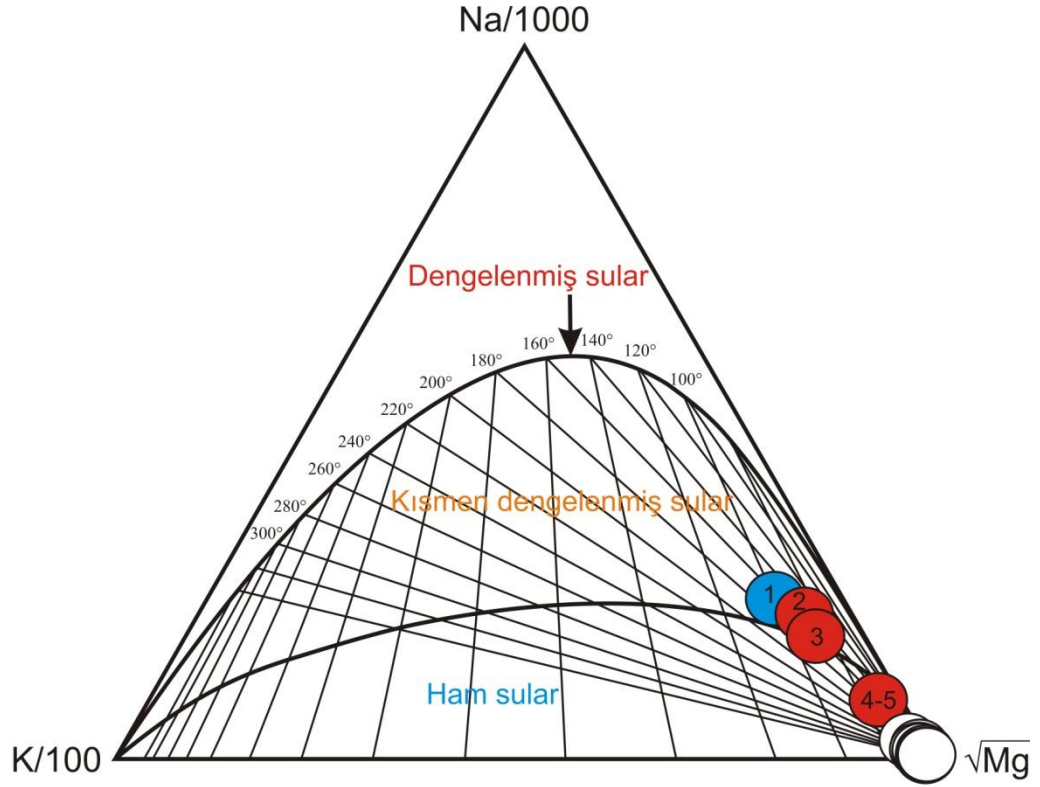
ile hem sıcak suların hazne sıcaklığı hızlı olarak yorumlanabilmekte, hem de daha önce belirtildiği gibi katyon jeotermometre uygulamalarının geçerliliği sınanmaktadır (Şekil 5.1). Diyagram kısaca, su-kayaç ilişkisinin dengede olmadığı (ham sular), su-kayaç ilişkisinin kısmen dengede olduğu (karışmış sular) ve su-kayaç ilişkisinin tam dengede olduğu sular olmak üzere 3 bölümden oluşmaktadır. Diyagramda kısmen olgunlaşmış sularla, olgunlaşmamış suları birbirinden ayıran eğri olgunlaşma indeksinin (MI=maturity index) MI=2.0 olduğu eş kimyasal özellikteki noktaların birleşimiyle oluşmuştur. Olgunlaşma indeksi;

$$MI= 0.315 \text{ Log } ((K^2/Mg)-\text{Log } (K/Na))$$

bağıntısıyla tanımlanmıştır. Su-kayaç ilişkisinin kısmen ve tamamen dengede olduğu alanlar (karışmış sular) ise eş kimyasal özellikteki noktalar ile K^+ - Mg^{++} ve K^+ - Na^+ jeotermometre eşitlikleri ile elde edilen eş sıcaklık (izoterm) değerlerinin kesişim noktalarının oluşturduğu eğriyle birbirinden ayrılmıştır. Dolayısıyla diyagram aynı anda hem su-kayaç ilişkisinin denge durumunu, hem de jeotermometre sonucunu gösterebilmektedir (Tarcan 2003). Giggenbach (1988) ham sular bölümüne düşen suların katyon jeotermometre sonuçlarına şüpheyle bakılması gerektiğini belirtmektedir.

Reed ve Spycher (1984) jeotermal sistemlerde yer altı sıcaklığının tahmin edilmesi için sıcaklıkla mineral doygunluklarının değişmesi esasına dayanan bir yöntem önermişlerdir. Bu yöntemde alterasyon minerallerinin denge sabitlerinin değişiminde basıncın etkisinin (0-200 bar arası) oldukça sınırlı olması (Arnorsson vd 1982) nedeniyle basınç etkisi ihmal edilmiş ve her jeotermal su için sıcaklığın bir fonksiyonu olan birçok hidrotermal mineral ile denge durumları arasındaki ilişkilerin değerlendirilmesiyle oluşturulan sıcaklık – mineral denge diyagramı geliştirilmiştir (Reed ve Spycher, 1984).

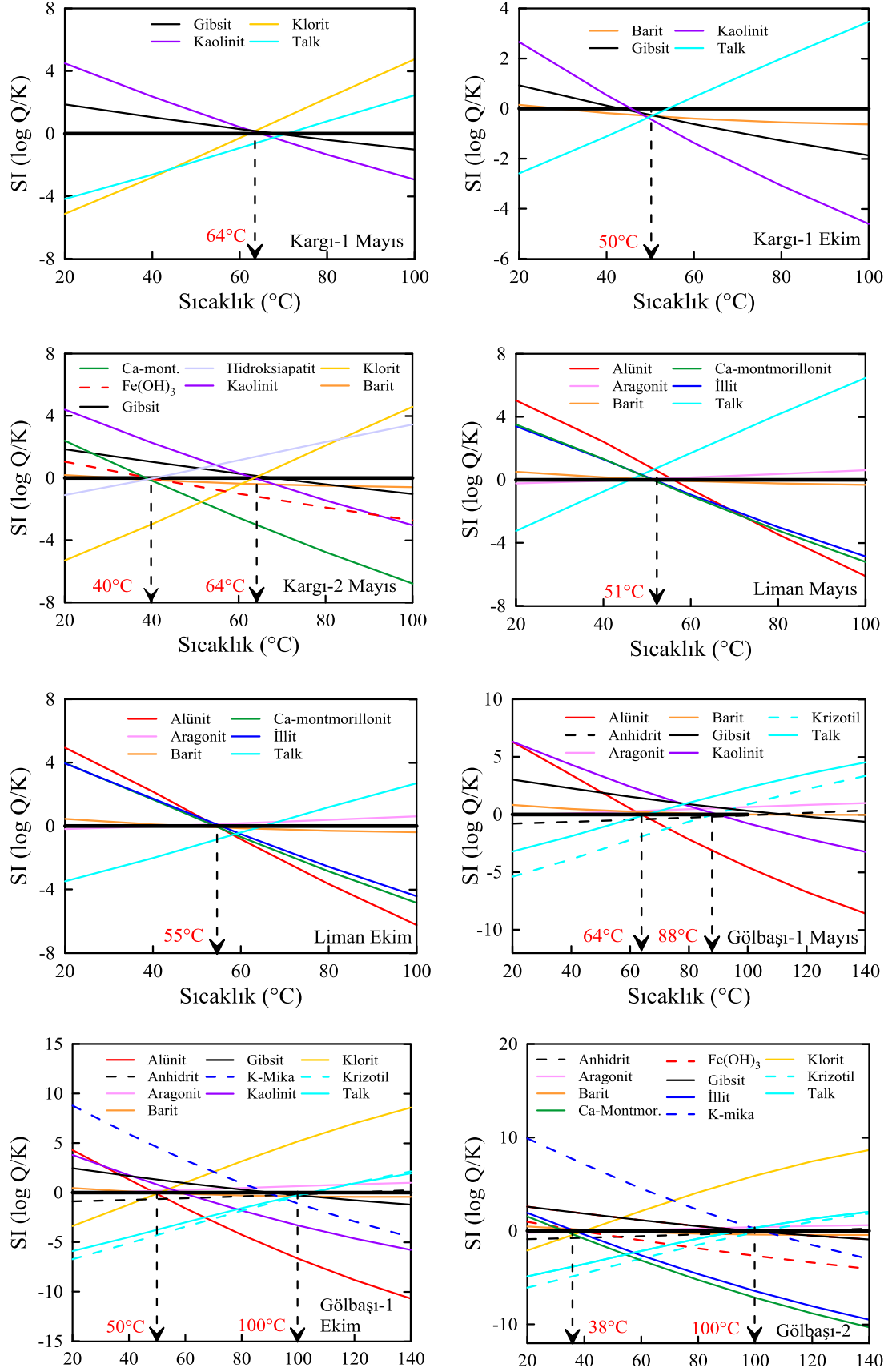
Bu yöntem kısaca suyun kimyasal analizi sonucunda yukarıda belirtildiği gibi çeşitli mineraller ile bu minerallerin her bir sıcaklık değerinde ayrı ayrı doygunluk indekslerinin (SI=log AP/Kt) hesaplanması ve bu sıcaklık değerleri ile doygunluk indeksi değerlerinin bire bir doğrularını içeren mineral denge diyagramlarının çizilerek yorumlanması ilişkisine dayanır.



Şekil 5.1: Giggenbach (1988) Na-K-Mg jeotermometre diyagramı.

Bu yorumlamada, minerallerin çözünürlük denge sabitleri sıcaklıkla yakın ilişkili olduğundan, bir grup mineral doğrusu denge doğrusunu ($SI=0$ doğrusunu) belirli bir sıcaklık değeri civarında kesiyorsa, bu doğruların kesişim yerine karşılık gelen sıcaklık değeri en iyi akifer (hazne) sıcaklığını vermektedir. Dİ denge doğrusunun aşağısında (negatif kısımda) olabilecek kesişmeler farklı sıcaklıktaki akışkanların karışımını ve dolayısıyla bu akışkanların sıcaklıklarını belirtebilir. Denge doğrusunun yukarısında gerçekleşen kesişimler sudan buhar ayrılması ile farklı sıcaklık karışımlarını gösterebilir (Tarcan 2003). Bu minerallerin sıcaklık değerlerine karşılık gelen doygunluk indeksi hesaplamaları için geliştirilmiş olan çeşitli bilgisayar programları bulunmaktadır (Solveq - Reed ve Spycher, 1984; Watch3-Arnorsson ve diğ., 1982 ve Bjarnason, 1994; Solmineq.88-Kharaka ve diğ., 1988).

İnceleme alanı sıcak sularının PhreeqC programı (Parkhurst ve Appelo, 1999) ile 20-140°C'ler arasında 20°C'lik sıcaklık aralıklarıyla hesaplanan doygunluk indekslerine ilişkin sıcaklık-mineral denge diyagramları Şekil 5.2'de verilmiştir. Bu diyagramlardan elde edilen rezervuar sıcaklıkları 38-64°C arasındadır.



Şekil 5.2: Sıcak su kaynaklarının sıcaklık-mineral denge diyagramı.

6. SULARIN KULLANILABİLME ÖZELLİKLERİ

Doğal suların çok değişik kullanım amaçları vardır. Suların sıcaklığı, debisi, iyon derişimi ve kimyasal özellikleri kullanım alanlarını belirleyen etkenlerdir. Bu bölümde inceleme alanındaki suların içme, tarımda sulama ve endüstride kullanılabilme özellikleri incelenmiştir.

6.1 Suların İçilebilme Özellikleri

İnsan hayatı için elzem olan su, ancak içme suyu standartlarına uygunsuzsa içilebilir. Çeşitli kurum ve örgütler (Türk Standartları Enstitüsü TSE 266 (2005); 17 Şubat 2005 tarih ve 25730 sayılı resmi gazetede yayımlanan Sağlık Bakanlığı'nın "İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik İTASHY (2005); US Environmental Protection Agency EPA (2002) ve World Health Organization (2011) gibi) birbiriyle genelde benzer olan içme suyu standartlarını belirlemişlerdir. Ancak bu standartların uygulanabilirliği her zaman mümkün değildir. Çünkü, bir ülke için kötü kaliteli olan içme suyu, su kaynakları yetersiz bir başka ülke için vazgeçilmez olabilir.

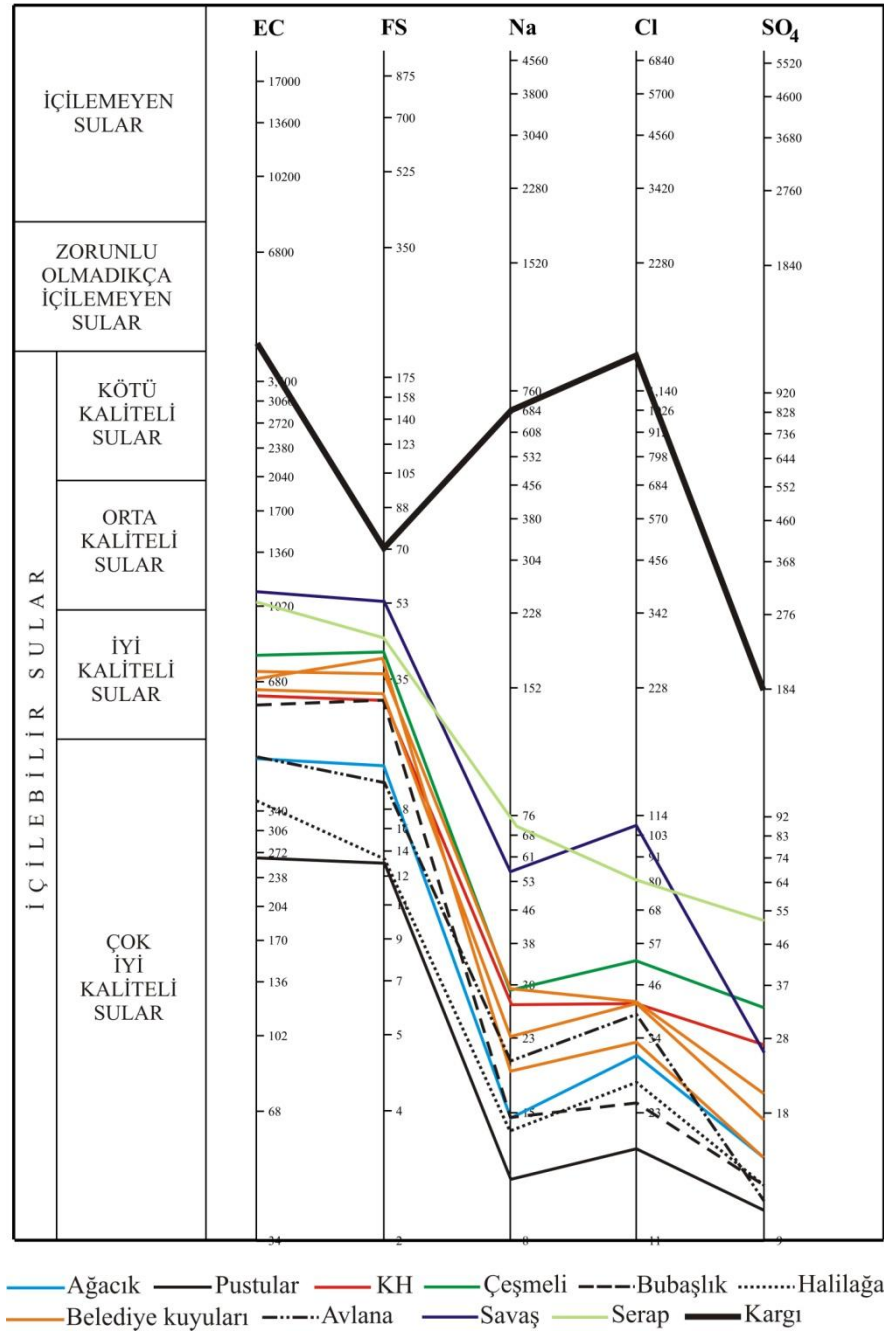
Bu bölümde inceleme alanı sularının içilebilirliği TSE 266 (2005) ve İTASHY (2005) standartlarına göre incelenmiştir. Bu iki standarttaki parametreler ve sınır değerler genel olarak aynı kabul edilebilir. Bu standartlarda verilen limit değerler ve inceleme alanı sularının analiz edilen değerler kapsamında içilebilme özellikleri Tablo 6.1'de sunulmuştur. Sulardaki parametrelerin standartlarda verilen sınır değerlerin ihmal edilebilecek kadar üzerinde bulunduğu durumlarda (suda iz miktarda bulunan elementler için %10 analiz hatası olabileceği kabulüyle) bu sular içilebilir kabul edilmiştir. Aynı şekilde parametrelerin mevsimsel olarak değişerek sınır değerlerin altında veya üstünde kaldığı su noktalarındaki sular da içilebilir olarak değerlendirilmiştir. TSE 266 ve İTASHY'de verilen içme suyu standartlarına göre yapılan değerlendirmede, deniz suyu ile Liman ve Gölbaşı kaynakları yüksek EC, Na, Cl, SO₄, F, Al, As, B değerleri ve Kargı kaynakları yüksek EC, Na ve Cl değerleri nedeniyle içilmez özelliktedir. Mevsimsel olarak sınır değerinin çok az

üzerinde As içeren 3 su (Pustular, KH ve Avlana) dikkate alınmadığında diğer sular içilebilir nitelikteki sulardır (Tablo 6.1).

Tablo 6.1: İçme suyu standartlarına göre inceleme alanı sularının içilebilirlik özellikleri (ADY: Anormal değişim yok, TKE: Tüketicilerce kabul edilebilir)

Kimyasal Parametreler	İTASHY (2005)	TSE 266 (2005)	
Akrilamid	0.1 µg/L	-	-
Antimon	5.0 µg/L	5.0 µg/L	-
Arsenik	10 µg/L	10 µg/L	15, 16, 17, 18
Benzen	1.0 µg/L	1.0 µg/L	-
Benzo (a) piren	0,010 µg/L	-	-
Bor	1 mg/L	1 mg/L	15, 16, 17, 18
Bromat	10 µg/L	10 µg/L	-
Kadmiyum	5,0 µg/L	5,0 µg/L	-
Krom	50 µg/L	50 µg/L	Uygun
Bakır	2 mg/L	2 mg/L	-
Siyanür	50 µg/L	50 µg/L	-
1,2-dikloreten	3,0 µg/L	-	-
Epikloridin	0,10 µg/L	-	-
Florür	1,5 mg/L	1,5 mg/L	15, 16, 17, 18
Kurşun	10 µg/L	10 µg/L	-
Cıva	1,0 µg/L	1,0 µg/L	-
Nikel	20 µg/L	20 µg/L	-
Nitrat	50 mg/L	50 mg/L	Uygun
Nitrit	0,50 mg/L	0,50 mg/L	-
Pestisitler	0,10 µg/L	0,10 µg/L	-
Toplam pestisitler	0,50 µg/L	0,50 µg/L	-
Polisiklik aromatik	0,10 µg/L	0,10 µg/L	-
Selenyum	10 µg/L	10 µg/L	-
Tetrakloreten ve trikloreten	10 µg/L	-	-
Trihalometanlar-toplam	100 µg/L	-	-
Vinil Klorür	0,50 µg/L	-	-
Gösterge Parametreleri			
Alüminyum	200 µg/L	200 µg/L	15, 16, 17, 18
Amonyum	0,50 mg/L	0,50 mg/L	-
Klorür	250 mg/L	250 mg/L	13,14, 15, 16, 17,
C. perfringens (sporlulardahil)	0 sayı/100 ml	0 sayı/100 ml	-
Renk	TKE	20 mg/L (Pt-Co)	-
İletenlik	2500 µS/cm (20°C)	2500 µS/cm (20°C)	13,14, 15, 16, 17,
PH	≥6,5 ve 9,5≥	≥6,5 ve 9,5≥	Uygun
Demir	200 µg/L	200 µg/L	Uygun
Mangan	50 µg/L	50 µg/L	-
Koku	TKE	TKE	-
Oksitlenebilirlik	5,0 mg/L O ₂	-	-
Sülfat	250 mg/L	250 mg/L	15, 16, 17, 18
Sodyum	200 mg/L	200 mg/L	13,14, 15, 16, 17,
Tat	TKE	TKE	-
Koliform bakteri	0 Sayı/100 ml	0 Sayı/100 ml	-
Toplam Organik Karbon (TOC)	ADY	ADY	-
Bulanıklık	TKE	5 NTU	-
Radyoaktivite			
Tritiyum	100 Bq/L	100 Bq/L	-
Toplam gösterge dozu	0,10 mSv/yıl	0,10 mSv/yıl	-
Alfa yayınlayıcılar	0.1 Bq/L	0.1 Bq/L	-
Beta yayınlayıcılar	1 Bq/L	1 Bq/L	-

Schoeller'in içilebilirlik diyagramı suların EC, sertlik (Fransız), Na, Cl ve SO₄ değerlerini baz alır ve içme suları kalitesinin ortaya konmasında hidrojeolojide yaygın olarak kullanılır. Schoeller içilebilirlik diyagramına göre Gölbaşı kaynakları ve deniz suyu içilemeyen sular (diyagramda yer almamaktadır), Kargı kaynakları zorunlu olmadıkça içilemeyen sular, Çeşmeli ve Savaş suları orta kaliteli sular, Ağacık, Pustular, Avlana ve Halilağa suları çok iyi kaliteli ve diğer sular ise iyi kaliteli sular sınıfına girer (Şekil 6.1).



Şekil 6.1: İnceleme alanı sularının Schoeller'e göre içilebilirlik diyagramı.

6.2 Suların Sulamada Kullanılabilme Özellikleri

Günümüzde birçok ülke sulama suyu sıkıntısı çekmekte, yüzey ve yeraltı sularını optimum şekilde kullanmaya çalışmaktadır. Ancak, tarımda yüksek verim almak için su faktörü tek başına yeterli değildir. Bunun yanında sulama suyunun kimyasal özellikleri ve toprağın akaçlaması da önemlidir.

Sulamada kullanılan sularda iyon derişiminin yüksekliği verimi düşürür. Tuzlu sulardaki sodyum, zemindeki kalsiyum ile yer değiştirerek toprağın geçirgenliğini ve havalandırmasını azaltır; böylece bitkilerin gelişmesi yavaşlar. Sularda bor ve klorür gibi iyonların varlığı da bitki gelişmesi üzerine olumsuz etki yapar.

Sulama sularını sınıflamak için değişik diyagram ve sınır değerler önerilmiştir. Bunlardan yararlanılarak çalışma alanındaki suların sulamaya uygunluğu incelenmiştir.

6.2.1 Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR)

Sulama sularındaki fazla sodyum toprağın geçirgenliğini azaltır. Toprağın üst seviyelerinde soğurulan sodyum toprak yüzeyinde kaymak şeklinde sert bir kabuğun oluşmasına neden olur. Sodyumlu sularla sulanan bitkiler, türüne bakılmaksızın ya az gelişirler ya da yetişmezler.

Sodyum adsorpsiyon oranı şu formülle hesaplanmıştır (r: mek/l):

$$SAR = \frac{rNa}{\sqrt{\frac{rCa + rMg}{2}}}$$

SAR'a göre sulama suları şöyle sınıflanır:

<u>SAR</u>	<u>Sulama suyu sınıfı</u>
10>	Çok iyi özellikte sulama suları
10-18	İyi özellikte sulama suları
18-26	Orta özellikte sulama suları
26<	Fena özellikte sulama suları

Bu sınıflamaya göre Liman ve Gölbaşı kaynakları ile deniz suyu fena özellikte sulama suları, Kargı kaynakları iyi özellikte sulama suları, diğer sular ise çok iyi özellikte sulama suları sınıfına girerler (Tablo 6.2).

Tablo 6.2: Suların Wilcox ve ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramlarına göre sulama suyu sınıfları.

No	Suyun Adı	EC (μ S/cm)	%Na	Sulama suyu sınıfı	SAR	Sınıf
1a	Ağacık	428	13,08	Çok iyi-iyi	0,42	C ₂ -S ₁
1b		565	10,98	Çok iyi-iyi	0,38	C ₂ -S ₁
2a	Pustular	273	15,62	Çok iyi-iyi	0,40	C ₂ -S ₁
2b		251	16,49	Çok iyi-iyi	0,41	C ₂ -S ₁
3a	KH	610	16,44	Çok iyi-iyi	0,66	C ₂ -S ₁
3b		550	18,04	Çok iyi-iyi	0,71	C ₂ -S ₁
4a	Çeşmeli	766	13,77	İyi-kullanılabilir	0,62	C ₃ -S ₁
5b	Bubaşlık	579	9,60	Çok iyi-iyi	0,35	C ₂ -S ₁
6b	Halılağa	342	16,21	Çok iyi-iyi	0,46	C ₂ -S ₁
7a	Bel-1	633	13,46	Çok iyi-iyi	0,54	C ₂ -S ₁
7b		668	15,30	Çok iyi-iyi	0,65	C ₂ -S ₁
8a	Bel-2	671	9,50	Çok iyi-iyi	0,40	C ₂ -S ₁
8b		677	10,24	Çok iyi-iyi	0,41	C ₂ -S ₁
9a	Bel-3	695	15,30	Çok iyi-iyi	0,65	C ₂ -S ₁
9b		712	11,59	Çok iyi-iyi	0,50	C ₂ -S ₁
10a	Avlana	449	17,46	Çok iyi-iyi	0,58	C ₂ -S ₁
10b		449	18,26	Çok iyi-iyi	0,60	C ₂ -S ₁
11b	Savaş	1075	18,85	İyi-kullanılabilir	1,01	C ₃ -S ₁
12a	Serap	965	28,16	İyi-kullanılabilir	1,54	C ₃ -S ₁
12b		1010	26,91	İyi-kullanılabilir	1,48	C ₃ -S ₁
13a	Kargı-1	4230	69,29	Sulamaya uygun değil	11,41	C ₄ -S ₃
13b		4320	68,88	Sulamaya uygun değil	11,89	C ₄ -S ₃
14a	Kargı-2	4020	69,14	Sulamaya uygun değil	11,16	C ₄ -S ₃
15a	Liman	25200	77,62	Sulamaya uygun değil	30,76	C ₄ -S ₄
15b		24300	77,08	Sulamaya uygun değil	30,37	C ₄ -S ₄
16a	Gölbaşı-1	34100	77,86	Sulamaya uygun değil	45,01	C ₄ -S ₄
16b		30100	77,31	Sulamaya uygun değil	42,86	C ₄ -S ₄
17b	Gölbaşı-2	57200	77,83	Sulamaya uygun değil	62,19	C ₄ -S ₄
18a	Deniz suyu	53200	79,25	Sulamaya uygun değil	62,67	C ₄ -S ₄
18b		53000	78,98	Sulamaya uygun değil	63,00	C ₄ -S ₄

6.2.2 Wilcox Diyagramı

Wilcox diyagramı, suların sodyum yüzdesi ve elektriksel iletkenlik değerlerini baz alarak oluşturulmuştur. Bu diyagramda sular beş sınıfa ayrılır.

- Çok iyi – iyi sular
- İyi – kullanılabilir
- Şüpheli – kullanılabilir
- Şüpheli – kullanılamaz
- Sulamaya uygun değil

Suların % Na değerleri (r: mek/l),

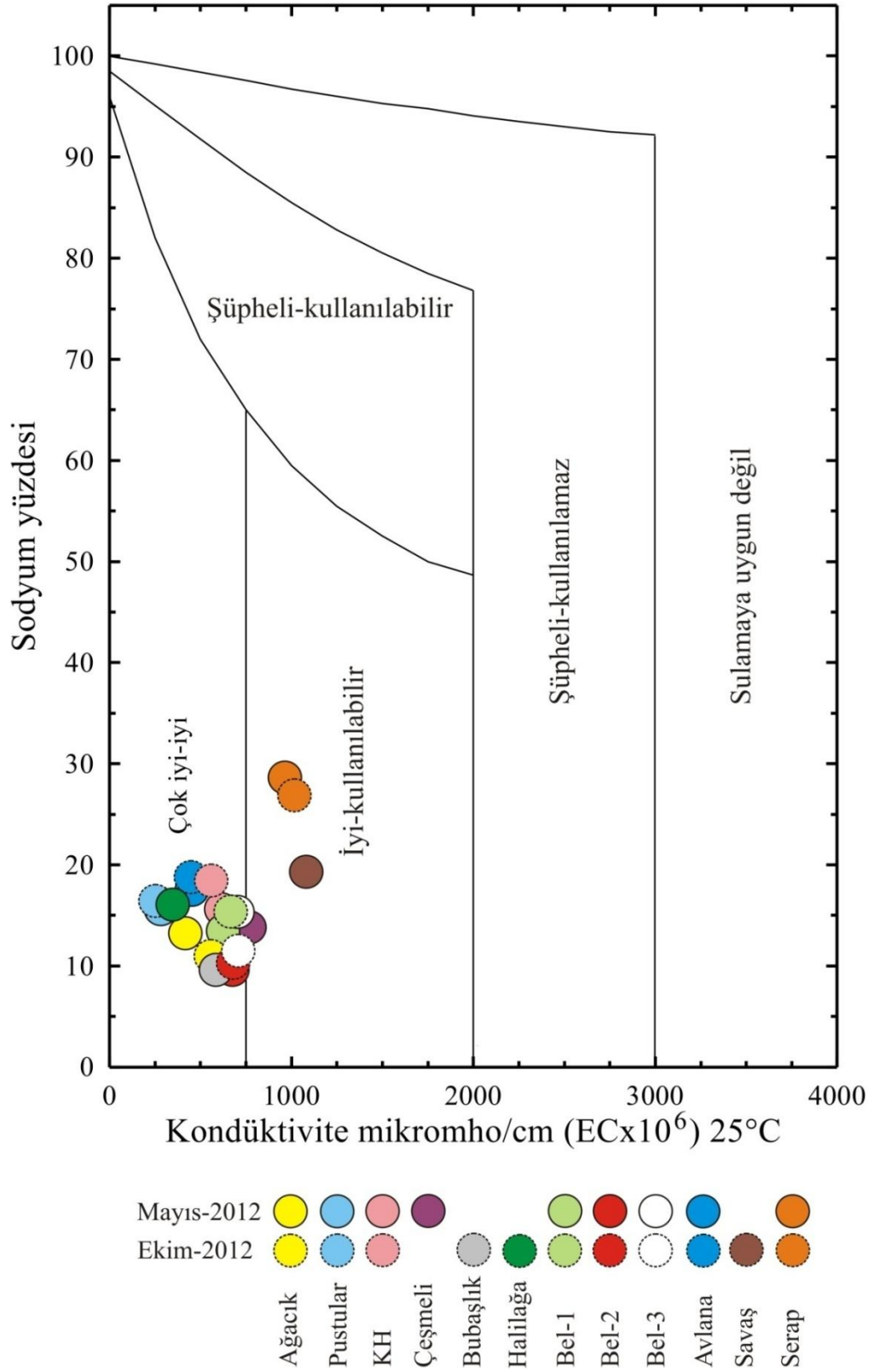
$$\% Na = (rNa+rK)*100 / (rCa + rMg + rNa + rK)$$

bağıntısıyla hesaplanmıştır.

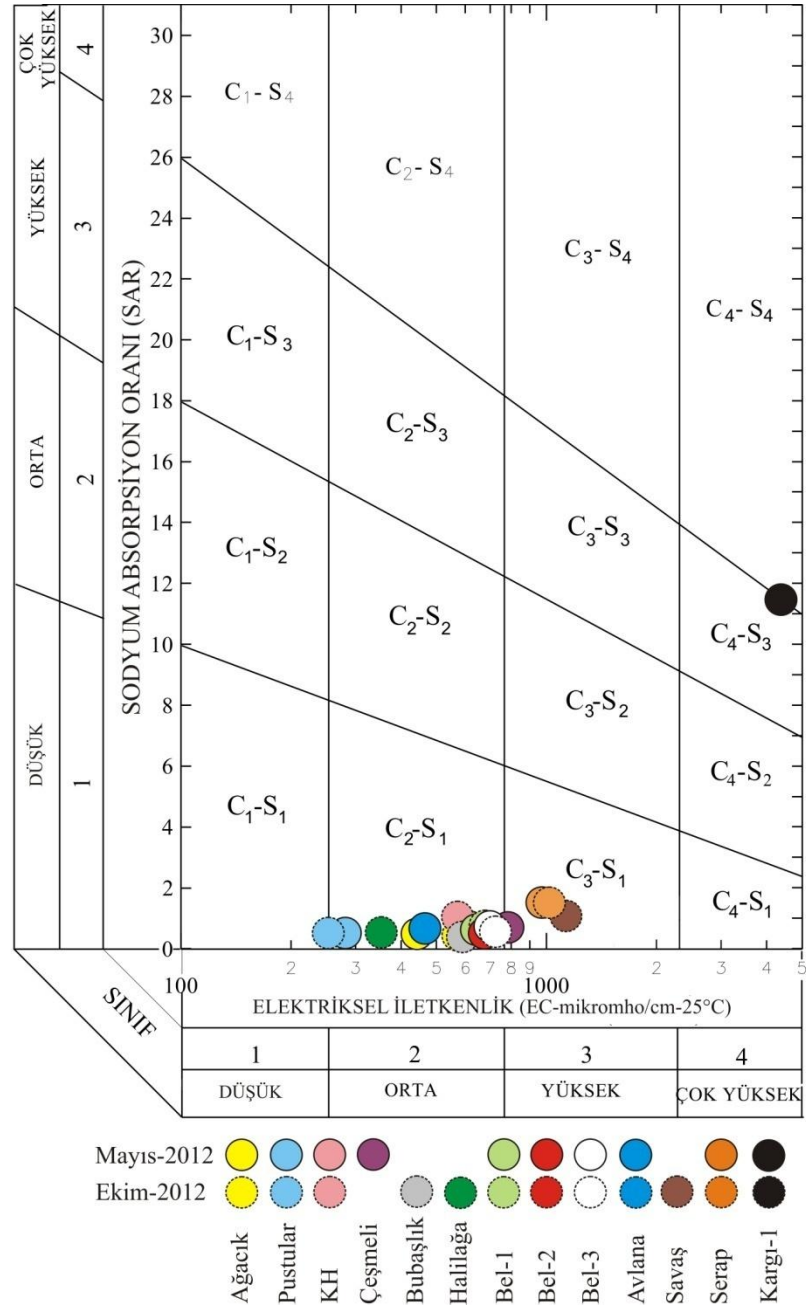
İnceleme alanının suları Wilcox diyagramına yerleştirildiğinde Savaş, Serap ve Çeşmeli suları “İyi-kullanılabilir”; Liman, Kargı, Gölbaşı kaynakları ve deniz suyu “Sulamaya uygun değil” (yüksek EC değerleri nedeniyle diyagramda yer almamaktadır) ve diğer sular “Çok iyi-iyi” sulama suyu sınıfına girmektedir (Şekil 6.2, Tablo 6.2).

6.2.3 ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı

ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramlarında sular SAR ve EC değerlerine göre 16 sınıfa ayrılmıştır. Bu diyagramda çalışma alanındaki sulardan Liman ve Gölbaşı kaynakları ile deniz suyu diyagramın dışında yer aldıklarından sulamada kullanılmaz özelliktedir (Şekil 6.3, Tablo 6.2). Kargı-1 kaynağı C₄-S₃ (çok tuzlu, yüksek sodyumlu sular), Serap, Savaş ve Çeşmeli suları C₃-S₁ (tuzlu, az sodyumlu sular), diğer sular C₂-S₁ (orta tuzlu, az sodyumlu sular) alanına düşmektedir.



Şekil 6.2: İnceleme alanı sularının Wilcox diyagramlarındaki dağılımları.



C₂: Orta tuzlu sular. Orta akaçlama özelliğindeki topraklarda tuzluluk tehlikesi olmadan tüm bitkiler sulanabilir.

C₃: Tuzlu sular. Akaçlaması kötü olan arazilerde, sulamada kullanılamaz. Zemindeki tuz miktarının gözlenmesi gerekebilir. Bu özellikteki sular kullanılacaksa tuza dayanıklı bitkiler seçilmelidir.

C₄: Çok tuzlu sular. Geçirgenliği ve akaçlaması çok iyi topraklarda zeminin yıkanmasını sağlamak için bol su verilmelidir ve tuza fazla dayanıklı bitki türleri seçilmelidir.

S₁: Az sodyumlu sular. Hemen tüm topraklarda sodyum tehlikesi yaratmadan kullanılabilir.

S₃: Yüksek sodyumlu sular. Birçok toprak cinslerinde sodyum tehlikesi olabilir. Çok iyi geçirgen ve akaçlama gösteren arazilerde bol su kullanarak, belirli sürelerde yapılacak kimyasal analizlerle sodyum tehlikesi denetlenmelidir.

Şekil 6.3: İnceleme alanı sularının ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramındaki dağılımı.

6.2.4 Klorür Tehlikesi

Sulama sularında fazla miktarda bulunan klorür (özellikle 5 mek/l'den fazla) bitkiler tarafından soğurularak yaprak yanmasına neden olur. Çalışma alanı sularında Kargı, Liman, Gölbaşı kaynakları ve deniz suyunda Cl miktarı 5 mek/l'den fazla olduğu için sulamada kullanılamazlar. Diğer sular için böyle bir tehlike yoktur.

6.2.5 Bor Tehlikesi

Bor, sulama sularında fazla bulunursa bitkiler için zehirleyici etki yapar. Bitki türlerinin bora karşı duyarlılıkları farklıdır. Başta narenciye olmak üzere meyveler bora karşı çok duyarlıdır. Arpa, buğday ve bazı sebzeler yarı dayanıklı; havuç, lahana, soğan, şekerpancarı gibi bitkiler ise dayanıklıdır. Bor içeriklerine göre sulama sularının sınıflaması Tablo 6.3'de, değişik bitki türlerinin bora karşı duyarlılıkları ise Tablo 6.4'de verilmiştir.

Tablo 6.3: Bor içeriklerine göre sulama sularının sınıflaması (Şahinci, 1991a).

Suyun Sınıfı	Suda bulunan bor (mg/l)		
	Duyarlı bitkiler	Yarı dayanıklı bitkiler	Dayanıklı bitkiler
Çok iyi	<0.33	<0.67	<1.00
İyi	0.33-0.67	0.67-1.33	1.00-2.00
Kullanılabilir	0.67-1.00	1.33-2.00	2.00-3.00
Şüpheli	1.00-1.25	2.00-2.50	3.00-3.75
Kullanılmaz	>1.25	>2.50	>3.75

İnceleme alanı suları bor içeriklerine göre değerlendirildiğinde, Gölbaşı-2 kaynağı ve deniz suyu sulamada kullanılamaz; Liman ve Gölbaşı-1 kaynakları bora hassas bitkilerde kullanılamaz, yarı dayanıklı bitkilerde şüpheli ve dayanıklı bitkilerde kullanılabilir; diğer sular ise sulamada kullanılabilir sınıftadır (Tablo 6.5 ve Tablo 6.6). Bu sınıflamaları değerlendirirken bor değeri çok düşük suların diğer yönlerden sulamaya uygun olmayan sular olabileceği veya diğer yönlerden çok iyi kalitede sulama sularının yüksek bor içeriği nedeniyle yetiştirilen bitki türüne göre kullanılamayabileceği hususları dikkate alınmalıdır.

Tablo 6.4: Değişik bitki türlerinin bora karşı duyarlılıkları (bora karşı direnci artan bitkiler yukarıdan aşağı doğru sıralanmıştır), (Şahinci, 1991a).

Duyarlı bitkiler	Yarı dayanıklı bitkiler	Dayanıklı bitkiler
Limon	Fasulye	Havuç
Greyfurt	Tatlı patates	Kıvırcık
Portakal	Sivri biber	Lahana
Böğürtlen	Kabak	Şalgam
Kayısı	Yulaf	Şeker pancarı
Şeftali	Mısır	Hurma
Kiraz	Buğday	Kuşkonmaz
İncir	Patates	Soğan
Üzüm	Arpa	Yonca
Elma	Zeytin	
Armut	Bezelye	
Erik	Turp	
Amerikan fıstığı	Tatlı bezelye	
	Domates	
	Pamuk	
	Ayçiçeği	

6.2.6 Sulama Suyu Sınıflamalarının Sentezi

Wilcox ve ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramlarında taşınan çalışma alanı suları, sulamaya uygunluk yönünden bazı farklılıklar sunmaktadır. Bunu önlemek için sular %Na, Cl, SO₄ ve EC değerlerine göre tekrar sınıflanmıştır (Şahinci, 1991a). Bu sınıflamada sınır değerler şöyledir. :

Tablo 6.5: Suların EC, %Na, rCl ve rSO₄ değerlerine göre sınıfları (Şahinci, 1991a).

Suyun sınıfı	%Na	rCl	rSO ₄	EC(μS/cm)
Çok iyi	<20	<4	<4	<250
İyi	20-40	4-7	4-7	250-750
Kullanılabilir	40-60	7-12	7-12	750-2000
Şüpheli	60-80	12-20	12-20	2000-3000
Kullanılamaz	>80	>20	>20	>3000

Bu sınıflamaya göre Kargı, Liman, Gölbaşı kaynakları ve deniz suyu sulamada kullanılmaz, Çeşmeli, Savaş ve Serap suları sulamada kullanılabilir ve diğer sular da iyi özellikte sulama suları sınıfında yer alırlar (Tablo 6.6).

Tablo 6.6: Suların EC, %Na, rCl, rSO₄ ve B değerlerine göre sınıfları.

No	Suyun Adı	EC (µS/cm)	%Na	Cl	SO ₄	Su sınıfı	B (mg/l)	Su sınıfı
1a	Ağacık	428	13,1	0,8	0,3	İyi	-	Çok iyi
1b		565	11,0	0,8	0,3	İyi	0,03	Çok iyi
2a	Pustular	273	15,6	0,6	0,2	İyi	-	Çok iyi
2b		251	16,5	0,5	0,2	İyi	0,04	Çok iyi
3a	KH	610	16,4	1,1	0,5	İyi	0,02	Çok iyi
3b		550	18,0	1,2	0,5	İyi	0,11	Çok iyi
4a	Çeşmeli	766	13,8	1,4	0,7	Kullanılabilir	0,02	Çok iyi
5b	Bubaslık	579	9,6	0,6	0,2	İyi	-	Çok iyi
6b	Halılağa	342	16,2	0,7	0,2	İyi	-	Çok iyi
7a	Bel-1	633	13,5	1,1	0,3	İyi	0,01	Çok iyi
7b		668	15,3	1,1	0,3	İyi	0,05	Çok iyi
8a	Bel-2	671	9,5	0,9	0,3	İyi	-	Çok iyi
8b		677	10,2	0,9	0,2	İyi	0,07	Çok iyi
9a	Bel-3	695	15,3	1,1	0,4	İyi	0,01	Çok iyi
9b		712	11,6	1,2	0,4	İyi	0,02	Çok iyi
10a	Avlana	449	17,5	1,1	0,2	İyi	-	Çok iyi
10b		449	18,3	1,0	0,2	İyi	0,01	Çok iyi
11b	Savaş	1075	18,9	3,0	0,5	Kullanılabilir	0,05	Çok iyi
12a	Serap	965	28,2	2,1	1,2	Kullanılabilir	0,17	Çok iyi
12b		1010	26,9	2,2	1,1	Kullanılabilir	0,21	Çok iyi
13a	Kargı-1	4230	69,3	38,5	3,8	Kullanılmaz	0,28	Çok iyi
13b		4320	68,9	36,3	3,5	Kullanılmaz	0,30	Çok iyi
14a	Kargı-2	4020	69,1	37,2	3,6	Kullanılmaz		Çok iyi
15a	Liman	25200	77,6	233,1	31,2	Kullanılmaz	2,05	Kul/Şüph/Klmaz
15b		24300	77,1	302,9	28,4	Kullanılmaz	2,00	Kul/Şüph/Klmaz
16a	Gölbaşı-1	34100	77,9	373,5	44,8	Kullanılmaz	2,82	Kul/Şüph/Klmaz
16b		30100	77,3	343,7	32,9	Kullanılmaz	2,38	Kul/Şüph/Klmaz
17b	Gölbaşı-2	57200	77,8	720,6	68,08	Kullanılmaz	4,62	Kullanılmaz
18a	Deniz suyu	53200	79,3	643,3	66,1	Kullanılmaz	4,64	Kullanılmaz
18b		53000	79,0	656,9	63,6	Kullanılmaz	5,16	Kullanılmaz

*Kul/Şüph/Klmaz: Bor içeriğine göre, Kul: Bora dayanıklı bitkilerde kullanılabilir; Şüpl: Bora yarı dayanıklı bitkilerde şüpheli; Klmaz: Bora hassas bitkilerde kullanılmaz)

6.3 Suların Endüstride Kullanılabilme Özellikleri

Endüstride kullanılan suların özellikleri kullanım amacına göre değişir. Soğutmada kullanılacak suyun kimyasal kompozisyonu önemli değildir. Aranacak özellik sıcaklıktır. Diğer endüstri dallarında kullanılan suların kimyası önem taşır.

Bu bölümde, çalışma alanındaki suların kaynarken köpürme ve beton üzerine etkileri incelenmiştir.

6.3.1 Suların Kaynarken Köpürme Özelliği

Suların köpürmesi, kaynama sırasında su yüzeyinde biriken köpüklerden meydana gelir. Suların kaynarken köpürmesi, su yüzeyinde sodyum ve potasyum tuzlarınca zengin bir zar tabakasının oluşması nedeniyledir. Bu olay sonucu gelişen su fişkırmaları, buharlaşmayı ve kazan sistemlerini olumsuz yönde etkiler.

Köpürme (F), aşağıdaki bağıntıyla hesaplanır (r: mek/l).

$$F = 62rNa + 78rK$$

Köpürmeye göre suların sınıflaması şöyledir.

F<60	Kaynarken köpürmeyen sular
60<F<200	Kaynarken köpürmen sular
F>200	Kaynarken çok köpüren sular

Bu sınıflamaya göre, Kargı, Liman, Gölbaşı kaynakları ve deniz suyu kaynarken çok köpüren sular, KH, Çeşmeli, Bel-1, Bel-3, Savaş ve Serap suları kaynarken köpüren sular ve diğerleri de kaynarken köpürmeyen sular sınıfında yer alırlar (Tablo 6.7).

Tablo 6.7: Suların kaynarken köpürme ve beton üzerine zararlı etkinlik dereceleri.

No	Suyun Adı	F	Kaynarken köpürme	Beton üzerine zararlı
1a	Ağacık	39,5	Kaynarken köpürmeyen sular	Yok
1b		39,3	Kaynarken köpürmeyen sular	Yok
2a	Pustular	27,9	Kaynarken köpürmeyen sular	Yok
2b		27,9	Kaynarken köpürmeyen sular	Yok
3a	KH	72,5	Kaynarken köpüren sular	Yok
3b		76,0	Kaynarken köpüren sular	Yok
4a	Çeşmeli	77,9	Kaynarken köpüren sular	Yok
5b	Bubaşlık	39,5	Kaynarken köpürmeyen sular	Yok
6b	Halılağa	36,2	Kaynarken köpürmeyen sular	Yok
7a	Bel-1	61,7	Kaynarken köpüren sular	Yok
7b		78,7	Kaynarken köpüren sular	Yok
8a	Bel-2	50,1	Kaynarken köpürmeyen sular	Yok
8b		51,1	Kaynarken köpürmeyen sular	Yok
9a	Bel-3	78,5	Kaynarken köpüren sular	Yok
9b		65,0	Kaynarken köpüren sular	Yok
10a	Avlana	52,8	Kaynarken köpürmeyen sular	Yok
10b		53,0	Kaynarken köpürmeyen sular	Yok
11b	Savaş	149,5	Kaynarken köpüren sular	Yok
12a	Serap	195,8	Kaynarken köpüren sular	Yok
12b		193,1	Kaynarken köpüren sular	Yok
13a	Kargı-1	1882,6	Kaynarken çok köpüren sular	Yok
13b		2078,8	Kaynarken çok köpüren sular	Yok
14a	Kargı-2	1809,3	Kaynarken çok köpüren sular	Yok
15a	Liman	11823,7	Kaynarken çok köpüren sular	Kuvvetli
15b		15834,6	Kaynarken çok köpüren sular	Kuvvetli
16a	Gölbaşı-1	18758,1	Kaynarken çok köpüren sular	Çok kuvvetli
16b		17564,0	Kaynarken çok köpüren sular	Çok kuvvetli
17b	Gölbaşı-2	35829,5	Kaynarken çok köpüren sular	Çok kuvvetli
18a	Deniz suyu	33456,1	Kaynarken çok köpüren sular	Çok kuvvetli
18b		34362,6	Kaynarken çok köpüren sular	Çok kuvvetli

6.3.2 Suların Beton Üzerine Etkileri

Bu bölümde, çalışma alanı sularının bina temellerine ve karışım suyu olarak kullanıldığında beton üzerine zararlı etkileri incelenmiştir.

T.S. 3440, doğadaki suların beton üzerine zararlı etkinlik dereceleri için aşağıdaki sınır değerler verilmiştir.

	<u>Zararlı etkinlik derecesi</u>		
	<u>Zayıf</u>	<u>Kuvvetli</u>	<u>Çok kuvvetli</u>
PH	6.5-5.5	5.5-4.5	4.5'dan küçük
Magnezyum(mg/l)	100-300	300-500	1500'den büyük
Sülfat(mg/l)	200-600	600-3000	3000'den büyük

Bu değerler, durgun veya yavaş akan, büyük miktarlarda bulunan ve beton ile doğrudan doğruya temas halinde olan sular için geçerlidir. Suların basınç ve sıcaklığının artması ve/veya betonun bu suyu çalkantılı ya da hızlı akıntı gibi mekanik etkileri karşısında kalması halinde zararlı etkinlik derecesi artar.

Suların beton üzerine etkisi iki türdür. Birincisi, beton karışım suyu olarak kullanıldığında ortaya çıkar. pH'ın 6.5'dan küçük olduğu durumlarda, suda çözülmüş halde bulunan CO₂, önce karbonik asit ve daha sonra kalsiyumbikarbonatı oluşturarak betonun ayrışmasına neden olur. Beton üretiminde kullanılan sülfatlı sular çimento ile reaksiyona girdiklerinde hacim atışı ve betonda patlamalar meydana gelir. Magnezyumun zararı da sülfat gibi olmakla birlikte etkisi sülfattan iki kat daha fazladır. Beton üzerine ikinci etkisi, saldırgan yer altı sularının bina temellerine verdikleri zarardır. Bu etki yeraltı su seviyesinin yüksek ve suyun hareketli olmasıyla artar.

Beton karışım suyu olarak kullanıldığında Gölbaşı kaynakları ve deniz suyu beton üzerine çok kuvvetli, Liman kaynağı ise kuvvetli zararlı etkinlik derecesine sahiptir. Diğer sular herhangi bir tehlike arz etmezler (Tablo 6.7).

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

- I. İnceleme alanının temel kayaçlarını Likya naplarının yapısal birimleri oluşturur. Bunlar alttan üste, başlıca serpantinit, bazik volkanit ve peridotitten oluşan Üst Kretase yaşlı Marmaris peridotiti; bloklu flişten oluşan Üst Senoniyen yaşlı Karaböğürtlen formasyonu; mikrit, çörtlü mikrit, kalsitürbiditten oluşan Dogger-Üst Kretase yaşlı Göçgediği formasyonu; dolomitik olan karstik kireçtaşlarından oluşan Orta Triyas-Liyas yaşlı Kayaköy dolomiti; mikrit ve çörtlü mikritten oluşan Jura-Kretase yaşlı Orhaniye formasyonudur. Temel kayaçların üzerine uyumsuz olarak gelen örtü birimleri ise gevşek tutturulmuş kum ve çakıltaşından oluşan Pliyo-Kuvaterner yaşlı Yıldırım formasyonu ile Kuvaterner yaşlı alüvyon, yamaç molozu, plaj kumu, yalıtışı (plaj kayası), asılı taraça ve tüflerdir.
- II. İnceleme alanında Likya naplarına ait yapısal birimlerin birbiri üzerine bindirmeleri, bindirme fayları ve tektonik klip olarak birçok alanda gözlenebilmektedir. Neotektonik dönemde, yarımada sadece çekme kuvvetleri etkili olmuştur. Bu kuvvetlerin neden olduğu çekim hatta büyüme fayları sonucu horst-graben yapıları meydana gelmiştir. Bunun en tipik örneği Datça Grabeni'dir. İnceleme alanında bindirme fayları dışında D-B, KD-GB, KB-GD doğrultulu eğim atımlı normal faylar ve doğrultu atımlı faylar mevcuttur.
- III. İnceleme alanı ve yakın çevresinde yoğun sismik aktivite gözlenmektedir. Deprem odakları ve fay hatları Gökova grabeni civarı ve volkanik çıkış merkezlerinde yoğunlaşmaktadır.

- IV. İnceleme alanında çoğunluğu dolomitik olan yoğun kırıklı, çatlaklı ve karstik kireçtaşlarından oluşan Kayaköy dolomiti, Yıldırım formasyonunun geçirimli çakıltaşı ve kumtaşı düzeyleri ile alüvyon ve yamaç molozları geçirimli birimleri oluşturur. Yarı geçirimli birimler, kırıklı ve çatlaklı mikrit ve çörtlü mikritten oluşan Orhaniye formasyonu ve Göçgediği formasyonudur. Serpantin, bazik volkanit ve peridotit gibi geçirimsiz kayalardan oluşan Marmaris ofiyoliti ve bloklu flişten oluşan Karaböğürtlen formasyonu geçirimsiz birimleri oluşturur.
- V. Çalışma alanında Yıldırım formasyonu ve Kuvaterner çökellerde açılan kuyularda yapılan pompa testlerinden yararlanarak akifer karakteristikleri hesaplanmış; $T= 17,57-21,65 \text{ m}^3/\text{gün/m}$ ve $K=0,55-0,78 \text{ m/gün}$ değerleri elde edilmiştir.
- VI. Örneklenen suların sıcaklıkları, sıcak sularda $21,6-29,4^\circ\text{C}$; soğuk su kaynaklarında $18,8-21,3^\circ\text{C}$; sondaj sularında $19,8-22,1^\circ\text{C}$; keson kuyuda $20,1-24,0^\circ\text{C}$ ve deniz suyunda $23,2-25,0^\circ\text{C}$ arasında, elektriksel iletkenlik değerleri sıcak sularda $4020-57200 \mu\text{S/cm}$; soğuk su kaynaklarında $251-766 \mu\text{S/cm}$; sondaj sularında $550-1075 \mu\text{S/cm}$; keson kuyuda $965-1010 \mu\text{S/cm}$ ve deniz suyunda $53000-53200 \mu\text{S/cm}$ arasında ve pH değerleri de sıcak sularda $6,85-7,35$; soğuk su kaynaklarında $7,04-7,94$; sondaj sularında $6,90-7,90$; keson kuyuda $6,97-6,98$ ve deniz suyunda $7,89-8,01$ arasındadır.
- VII. İnceleme alanındaki Kargı, Liman ve Gölbaşı kaynakları ile deniz suyu alkali elementler (Na+K), alkali toprak elementlerden (Ca+Mg) fazla, güçlü asit kökleri (Cl+SO₄), zayıf asit köklerinden (HCO₃+CO₃) fazla ve karbonat olmayan alkalinitesi %50'den fazla olan sulardır (NaCl, KCl, Na₂SO₄, alkaliler ve güçlü asitler egemendir, deniz ve çok acı sular bu alanda yer alır). Diğer sular ise alkali toprak elementler (Ca+Mg) alkali elementlerden

(Na+K) fazla, zayıf asit kökleri (HCO_3+CO_3) güçlü asit köklerinden ($\text{Cl}+\text{SO}_4$) fazla ve karbonat sertliği %50'den fazla olan sular sınıfındadır.

VIII. İnceleme alanında üç hidrokimyasal fasiyes belirlenmiştir. Ağacık, Pustular, KH, Çeşmeli, Bubaslık, Halılağa, Avlana (Mayıs-2012) ve Serap (Mayıs-2012) Ca-HCO_3 , Bel-1 (Mayıs-2012) ve Bel-2 (Mayıs-2012) sondaj suları Mg-HCO_3 , Kargı, Gölbaşı, Liman kaynakları ve deniz suyu Na-Cl fasiyesindedir. Bel-3, Savaş ve Ekim-2012 döneminde Bel-1, Bel-2, Avlana ve Serap suları iyonların hiçbiri % 50'yi geçmeyen karışık sulardır. IAH sınıflamasına göre Ağacık, Pustular, KH, Bubaslık ve Halılağa Ca-HCO_3 , Çeşmeli Ca-Mg-HCO_3 , Bel-1, Bel-2 ve Bel-3 Mg-Ca-HCO_3 , Avlana ve Savaş $\text{Ca-HCO}_3\text{-Cl}$, Serap $\text{Ca-Na-HCO}_3\text{-Cl}$, Kargı, Gölbaşı, Liman kaynakları ve deniz suyu Na-Cl tipindedir.

IX. Tüm sularda Al(OH)_3 , albit, anhidrit, anortit, jips, halit, sepiyolit, siderit ve $\text{SiO}_2(\text{a})$ çözünme eğilimindedir. Genellikle sular Ca-montmorillonit, kalsit, Fe(OH)_3 , gipsit illit, K-mika ve kaolinit minerallerince doygundur ve bu mineralleri çökeltme eğilimindedir. Alünit ve barit Na-Cl fasiyesindeki sularda çökeltme, diğer sularda çözünme, kuvars Na-Cl fasiyesindeki sularda çözünme, diğer sularda çökeltme, dolomit, klorit, ve K-feldispat genellikle Belediye kuyuları ile Na-Cl fasiyesindeki sularda çökeltme, diğer sularda çözünme eğilimindedir.

X. $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^2\text{H}$ sonuçlarına göre inceleme alanı suları meteorik kökenlidir. Trityum değerlerine göre Liman ve Gölbaşı kaynakları ile Pustular, Savaş ve Serap kaynak ve kuyu suları 50 yıldan daha yaşlıdır. Diğer sular olasılıkla yağış sularının trityum içeriklerinin bir kombinasyonunu yansıtır. Bel-2 ve Kargı-1 kaynakları Ağacık, Bubaslık ve Halılağa sularına göre nispeten daha genç sulardır.

- XI. Suların Cl, Na, K, Mg, SO₄ ve Br iyonları için hesaplanan karışım oranlarının ortalamaları Mayıs 2012 döneminde Kargı-1 kaynağında %5,76; Kargı-2 kaynağında %4,40; Liman kaynağında %37,70; Gölbaşı-1 kaynağında %51,96; Serap keson kuyusunda %0,48 oranında, Ekim 2012 döneminde ise Kargı-1 kaynağında %5,74; Liman kaynağında %38,30; Gölbaşı-1 kaynağında %51,35; Savaş kuyusunda %0,44; Serap keson kuyusunda %0,72 oranında deniz suyu karışımı değerleri vermiştir.
- XII. İnceleme alanındaki sıcak su kaynaklarının **hazne kayası** Likya naplarının Orta Triyas-Liyas yaşlı dolomit ve karstik kireçtaşlarından oluşan Kayaköy dolomiti ve Dogger-Üst Kretase yaşlı Göçgediği formasyonunun kırıklı ve çatlaklı birimleridir. Bloklu flişten yapılı Jura-Kretase yaşlı Karaböğürtlen formasyonu ile Neojen yaşlı çökellerin geçirimsiz litolojileri **örtü kayayı** oluşturmaktadır. Gölbaşı jeotermal sahasının ısı kaynağı olarak neotektonik etkiler sonucu gelişen olağandan biraz yüksek jeotermal gradyan öngörülebilir. Gölbaşı jeotermal sahası devirli bir jeotermal sistemdir. Sıcak su kaynakları, beslenme alanına düşen yağış sularının geçirimli litolojiler aracılığıyla derinlere süzülmesi, burada ısınan basınç altındaki jeotermal suların derinde ve/veya faylar aracılığıyla yüzeye yükselirken değişik oranlarda deniz suyu ile karışması sonucu nihai kimyasal kompozisyonunu kazanarak yüzeylemesi sonucu oluşmuştur.
- XIII. İnceleme alanındaki sıcak su kaynaklarına uygulanan jeotermometrelerden, silis jeotermometreleri 30-50°C, Li jeotermometreleri 45-113°C, Na/Li jeotermometreleri 30-34°C, K/Mg jeotermometreleri 67-103°C ve sıcaklık-mineral denge diyagramları genellikle 38-64°C arasında rezervuar sıcaklığı değerleri vermiştir.
- XIV. TSE 266 ve İTASHY'de verilen içme suyu standartlarına göre yapılan değerlendirmede, deniz suyu ile Liman ve Gölbaşı kaynakları yüksek EC, Na,

Cl, SO₄, F, Al, As, B değerleri ve Kargı kaynakları yüksek EC, Na ve Cl değerleri nedeniyle içilmez özelliktedir. Mevsimsel olarak sınır değerin çok az üzerinde As içeren Pustular, KH ve Avlana dikkate alınmadığında diğer sular analiz edilen parametreler yönüyle içilebilir nitelikteki sulardır.

- XV. İnceleme alanının suları Wilcox diyagramına yerleştirildiğinde Savaş, Serap ve Çeşmeli suları “İyi-kullanılabilir”; Liman, Kargı, Gölbaşı kaynakları ve deniz suyu “Sulamaya uygun değil” (yüksek EC değerleri nedeniyle diyagramda yer almamaktadır) ve diğer sular “Çok iyi-iyi” sulama suyu sınıfına girmektedir. ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramında Liman ve Gölbaşı kaynakları ile deniz suyu diyagramın dışında yer aldıklarından sulamada kullanılmaz özelliktedir. Kargı-1 kaynağı C₄-S₃ (çok tuzlu, yüksek sodyumlu sular), Serap, Savaş ve Çeşmeli suları C₃-S₁ (tuzlu, az sodyumlu sular), diğer sular C₂-S₁ (orta tuzlu, az sodyumlu sular) alanına düşmektedir.
- XVI. Kaynarken köpürme sınıflamasına göre, Kargı, Liman, Gölbaşı kaynakları ve deniz suyu kaynarken çok köpüren sular, KH, Çeşmeli, Bel-1, Bel-3, Savaş ve Serap suları kaynarken köpüren sular ve diğerleri de kaynarken köpürmeyen sular sınıfında yer alırlar Beton karışım suyu olarak kullanıldığında Gölbaşı kaynakları ve deniz suyu beton üzerine çok kuvvetli, Liman kaynağı ise kuvvetli zararlı etkinlik derecesine sahiptir. Diğer sular herhangi bir tehlike arz etmezler.

8. KAYNAKLAR

Akat, U., Öztürk, Z., Öztürk, E. M. ve Çağlayan, A., “Menderes Masifi güneyi-SW Toros kuşağı ilişkisi”, Ön Rapor. MTA: Rap. 5488, MTA Genel Müdürlüğü, Ankara (yayınlanmamış) (1975).

Allen, S.R. and Cas, R.A.F., “Transport of pyroclastic flows across the sea during the explosive, fhyolitic eruption of the Kos Plateau Tuff”, Greece, *Bulletin of Volcanology*, 62, 6-7, 441-456, (2001).

Altunel, E., Stewart, I.S., Piccardi, L., Barka, A.A., “Earthquake faulting at Ancient Cnidus”, SW Turkey, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 12/1, 137-151, (2003).

Ambraseys, N.N. and White, D., “The seismisity of the eastern Mediterranean region 550-1 BC”, A re-appraisal, *Journal of Earthquake Engineering*, 1, 603-632, (1997).

Arnórsson, S., “The use of mixing models and chemical geothermometers for estimating underground temperature in geothermal systems”, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 23, 299-335, (1985).

Arnórsson, S., Gunnlaugsson, E. ve Svavarsson, H., “The chemistry of geothermal waters in Iceland”, III. Chemical geothermometry in geothermal investigations, *Geochim. Cosmochim. Acta*, 47, 567-577, (1983).

Arnórsson, S., Sigurdsson, S., and Svavarsson, H., “The chemistry of geothermal waters in Iceland I. Calculation of aqueous speciation from 0°C to 370°C”, *Geochim. Cosmoch. Acta*, vol. 46, pp. 1513-1532, (1982).

Avşar, Ö., Kurtuluş, B., Kaçaroğlu, F., Kuşçu, G., Gürsu, S., Muğla'nın Jeotermal Kaynakları ve Doğal Mineralli Sularının Envanteri Projesi Sonuç Raporu, GEKA Projesi, 200 sayfa, (2012).

Back, W., “Hydrogeochemical Facies and Groundwater Flow Patterns in Northern Part of Atlantic Coastal Plain”, US Geological Survey Professional Paper, Vol. 498 A, p. 42, (1966).

Başkan M.E., Canik, B., “IAH Map of mineral and thermal waters of Turkey Aegean Region”, MTA, Ankara, Rapor No.189, pp. 80, (1983).

Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Türkiye Deprem Haritası, Ankara, (1996).

Becker-Platen, J.D., “Lithostratigraphische untersuchungen im Kanozoikum Südwest-Anatoliens (Turkei)”, *Beih. Geol. Jb.* 92-244 S., Hannover, (1970).

Bilgin, Z., R., Metin, Y., Çörekçioğlu, E., Bilgiç, T. ve Şan, Ö., “Bozburun-Marmaris-Köyceğiz-Dalaman (Muğla) dolayının jeolojisi”, MTA Rap. No:10008, MTA Genel Müdürlüğü, Ankara, (yayınlanmamış) (1997).

Bjarnason, J.O., The Speciation Program WATCH, version 2.1. Orkustofnun, Reykjavik, pp. 7, (1994).

Brinkmann, R., “Die südflan ke des Menderes massivs bei Milas, Bodrum und Ören”, *Ege Univ. Fen Fak. İlmi Rap.*, Seri, 43, 12s, (1967).

Brunn, J.H., Dumont, J.F., Graciansky, P.C., Gutnic, M., Juteau, T., Marcoux, J., Monod, O., and Poisson, A., “Outline of the geology of the Western Taurids”, In “*Geology and History of Turkey*”, ed. A.S. Camphell, Petroleum Expl. Soc., Lybia, Tripoli, 225-255, (1971).

Burri, V.C., Tatar, Y. and Weibel, M., “Zur kenntnis der jungen vulkanite der Hanbinsel Bodrum (SW-Turkei)”, *Schweiz. Mineral. Petrog. Mitte.*, 47/2, 883-853, (1967).

Ceron, R.M., Ceron, J.G., Cordova, A.V., Zavala, J., Muriel, M., “Chemical composition of precipitation at coastal and marine sampling sites in Mexico”. *Global NEST Journal*, 7, 2, 212-221, (2005).

Craig, H., “Isotopic variations in meteoric water”, *Science*, v. 133, p. 1702-1703, (1961).

Çağlayan A., Öztürk, E.M., Öztürk, Z., Sav, H. ve Akat, U., “Menderes masifi güneyine ait bulgular ve yapısal yorum”, *Jeol. Müh. Derg.*, 10, 9-17, (1980).

Çapan U., “Toros Kuşağı ofiyolit masiflerinin iç yapılarını, petrolojisi ve petrokimyelerine yaklaşımlar”, H.Ü. Yer. Bil. Ens. *Doktora Tezi*, Ankara, 400s, (1980).

- Chaput, E.**, “Voyages d’e tucés geoloqiques et geomorphogeniques en Cnide (Turquie)”, *mem. Íst. Francais Archeol. Stamboul*, V,2, 1-312, (1936).
- Chaput, E.**, “Contribution a’l’etude de la fauna Plioceno de la peninsule de Cnide (Turquie)”, *Bul. Scient. Bourgogne*, 15, 39-52, (1955).
- Çiftçi T.**, “Datça (Muğla) ve yakın dolayının jeolojisi”, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, 103 s, (2010).
- Dirik K.**, “Reşadiye yarımadası ile çevresinin neotektonik özellikleri ve depremselliği, Güneybatı Anadolu”, *Türkiye Jeol. Bült.*, cilt 50/3, 130-149, (2007).
- Dotsika, E., Leontiadis, I., Poutoukis, D., Cioni, R., Raco, B.**, “Fluid geochemistry of the Chios geothermal area, Chios Island, Greece”, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 154, 237–250, (2006).
- EPA 2002**, Guidance on Choosing a Sampling Design for Environmental Data Collection, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, NW.
- Ercan, T.**, “Batı Anadolu’daki Tersiyer volkanikleri ve Bodrum yarımadasındaki volkanizmanın durumu”, *İstanbul Yerbilimleri Derg.*, 2/3-4, 263-281, (1981).
- Ercan, T., Günay, E., Baş, H. ve Can, B.**, “Datça yarımadasındaki Neojen stratigrafisi ve volkanitlerinin petrolojisi”, *MTA Rap. No: 6700*, MTA Genel Müdürlüğü, Ankara, (yayınlanmamış) (1980).
- Ercan, T., Günay, E., Türkecan, A.**, “Bodrum yarımadasının jeolojisi”, *MTA Derg.*, 97-98, 21-32, (1982a).
- Ercan, T., Günay, E., Baş, H., Can, B.**, “Datça yarımadasındaki Kuvaterner yaşlı volkanik kayaların stratigrafisi ve yapısı”, *MTA Derg.*, 97-98, 45-46, (1982b).
- Ercan, T., Günay, E., Baş, H. ve Can, B.**, “Datça yarımadasındaki Kuvaterner yaşlı volkanik kayaların stratigrafisi ve yapısı”, *MTA Derg.*, 97/98, 45-46, (1984).
- Ersoy, Ş.**, “Datça (Muğla) yarımadasının stratigrafisi ve tektoniği”, *Türkiye Jeol. Bült.*, 34/2, 1-14, (1991).
- Flügel, H., ve Metz, K.**, “1954 senesinde Bodrum ve Muğla bölgesinde yapılan jeolojik harita hakkında rapor”, *MTA Rap. 2799*, MTA Genel Müdürlüğü, Ankara, (yayınlanmamış) (1954).

- Fouillac, C., and Michard, G.,** “Sodium/Lithium ratio in water applied to geothermometry of geothermal reservoirs”, *Geothermics*, 10, pp. 55-70, (1981).
- Fournier, R.O.,** “Silica in thermal waters: Laboratory and field investigation”, *Sym. on Hydrogeochem. and Biogeochem.* Tokyo, Japan, pp. 122-139, (1973).
- Fournier, R.O.,** “A revised equation for the Na-K geothermometer”, *Geothermal Res. Council Trans.*, 3, 221-224, (1979).
- Fournier, R.O., and Truesdell, A.H.,** “An empirical Na-K-Ca geothermometer for natural waters”, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 37, 1255-1275, (1973).
- Fournier, R.O., Potter, R.W.,** “Magnesium Correction to the Na-K-Ca Chemical Geothermometer”, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 43, 1543-1550, (1979).
- Fournier, R.O., Potter, R.W.,** “A revised and expanded silica (quartz) geothermometer”, *Geothermal Research Council Bull.* v.11, p.3-9, (1982).
- Gemici, Ü. and Filiz, Ş.,** “Hydrogeochemistry of Çeşme geothermal area”, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 110, 171-187, (2001).
- Giggenbach, W. F.,** “Geothermal solute equilibria. Derivation of Na-K-Mg-Ca geoindicators”, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 52, 2749-2765, (1988).
- Giggenbach, W. F., Gonfiantini, R., Jangi, B.L., Truesdell, A.H.,** “Isotopic and Chemical Composition of Parbati Valley Geothermal Discharges, NW Himalaya, Indiana”, *Geothermics*, 12, 199-222, (1983).
- Goidoboni, E., Comastri, A. and Traina, G.,** “Catalogue of ancient earthquakes in the Mediterranean area up to the 10th century”, Istituto nazionale di geofisica, Rome, (1994).
- Gökgöz, A. and Tarcan, G.,** “Mineral equilibria and geothermometry of the Dalaman-Koycegiz thermal springs, southern Turkey”, *Applied Geochemistry*, 21, 2, 253-268, (2006).
- Hem, J.D.,** “Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water (3d ed.)”: U.S. Geological Survey Water-Supply Paper 2254, 263 p, (1985).
- Hem, J.D.,** “Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water”, U. S. Geol Surv. Water-Supply, 2254, (1992).

İTASHY, Sağlık Bakanlığı, *İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmeli*, 17.02.2005, 25730 sayılı resmi gazete, Ankara, (2005).

Kaaden, G. ve Metz, K., “Datça-Muğla-Dalaman çayı (SW Anadolu) arasındaki bölgenin jeolojisi”, *TJK Bülteni*, 1-2, 77-170, (1954).

Kaaden, G., “On the, geological-tectonic setting of the chromite province of Muğla (Turkey)”, *Sym. on Chrome Ore*, CENTO, Ankara, 109-121, (1960).

Kapan Yeşilyurt, S. ve Taner, G., “Datça yarımadasının Geç Pliyosen pelecypoda ve gastropoda faunası ve stratigrafisi (Muğla-Güneybatı Anadolu)”, *MTA Derg.*, 125, 89-120, (2002).

Kavouridis, T., Kuris, D., Leonis, C., Liberopoulou, V., Leontiadis, J., Panichi, C., La RuFFA, G., Caprai, A., “Isotope and chemical studies for a geothermal assessment of the island of Nisyros (Greece)”, *Geothermics*, 28, 219-239, (1999).

Kharaka, Y.K., Gunter, W.D., Aggarwal, P.K., Perkins, E.H., and DeBraul, J.D., “Solmineq.88: A computer program code for geochemical modelling of water-rock interactions”, U.S. Geological Survey Water-Resources Investigations Report 88-4227, Menlo Park, California, 420p, (1988).

Kharaka, Y.K., Lico, U.S. and Law, L.M., “Chemical Geothermometers Applied to Formations Waters”, Gulf of Mexico and California Basins (Abstract), Am. Assoc. Petrol Geol. Bull., 66, 588, (1982).

KOERİ, 2013, <http://www.koeri.boun.edu.tr>.

Konak, N., Hepşen, N., Öztürk, E.M., Öztürk, Z., Çakmakoğlu, A., Göktaş, F., Sarıkaya, H., Armağan, F., Çatal, E. ve Serdaroğlu, M., “Menderes masifi G-GD’undaki Mesozoyik istiflerinin karşılaştırmalı stratigrafileri ve konumları”, *Türkiye Jeol. Kurultayı*, Bildiri Özleri s. 5, Ankara, (1987).

Kurt, H., Demirbağ, E. ve Kuşçu, İ., “Investigation of the submarine active tectonism in the Gulf of Gökova southwest Anatolia-southeast, Aegean Sea”, by multi-channel seismic reflection data, *Tectonophysics*, 305, 4, 477-496, (1999).

MTA, “1:100.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları”, Marmaris L4 ve L5 paftaları No:18, Jeoloji Etüdleri Dairesi, MTA, Ankara, (1997).

M.T.A., “Türkiye Jeotermal Kaynakları Envanteri. Envanter Serisi”, 201, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara, (2005).

McNeely, R.N., Neimanis, V.P., and Dwyer, L., “Water quality sourcebook. A guide to water quality parameters”, Inland Waters Directorate, Water Quality Branch, Ottawa, Canada, 88 p, (1979).

Meşhur, M., Yoldemir, O., Akpınar, M., Öztaş, Y. ve Alkan, H., “Batı Toroslar’ın jeolojisi ve petrol olanakları raporu”, *TPAO rap.*, Ankara, (1989).

MGM, www.mgm.gov.tr/FILES/resmi-istatistikler/turkiye-ortalama-sicaklik-1.pdf, (2014).

Nieva, D. ve Nieva, R., “Developments in geothermal energy in Mexico, part 12-A: Cationic composition geothermometer for prospection of geothermal resources”, *Heat Recovery Systems and CHP*, 7, 243-258, (1987).

Oppenheim, P., “Das Neogen in Kleinasien-Z”, *Dt. Geol. Ges.* 70:1-210, Berlin, (1918).

Orombelli, G., Lozej, G.P. Rossi, L.A., Desio, A., “Preliminary notes on the geology of the Datça peninsula (SW Turkey)”, *Accad. Naz. dei. Linc.*, 8, 42, 830-841, (1967).

Özçiçek, H. ve Özçiçek, B., “Muğla-Bodrum Karatoprak dolayının Cu-Pb-Zn cevherleşmesi ve ayrıntılı jeoloji etüdü”, *MTA Rap. No: 6541*, MTA Genel Müdürlüğü, Ankara, (yayınlanmamış) (1977).

Parkhurst, D.L. and Appelo, C.A.J., “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 Report 99-4259, 312 pp., (1999).

Philippson, A., “Reisen und Forschungen in Westlichen Kleinasien”. *Pett. H.*, 167, (1915).

Pişkin, Ö., “Kadıkalesi-Girelbelen (Bodrum yarımadası) hidrotermal ve kontakt metasomatik Pb, Zn, Cu cevherleşmelerinin mineralojik ve jeolojik incelenmesi”, Doçentlik Tezi, Ege Üniv. İzmir, (1980).

Reed, M.H., and Spycher, N.F., “Calculation of pH and mineral equilibria in hydrothermal water with application to geothermometry and studies of boiling and dilution”, *Geochim. Cosmochim. Acta*, 48, 1479-1490, (1984).

Robert, U., “Donnes nouvelles sur de volcanisme du Sud-East de la Mer Egee; Existence d’un episode a caractere alkalin”, In *Cong. on Therm. Waters Geoth. Ener. And Vulcan. of the Medit. Area*, Atina, I 17, (1976):.

Robert, U. and Cantagrel, J.M., “Le volcanisme basaltique dans le Sud-East du la Mer Egee; Donnees geochronologiques et relations avec la tectonique”, *VI. colloquium on the Geology of the Aegean Region*, 139-153, (1977).

Rossi, L.A., “La Geologia della Peninsula De Datça (Turchia)”, Doktora Tezi, Milano Univ. İtalya, 184 s, (1966).

Salve, P.R., Gobre, T., Lohkare, H., Krupadam, R.J., Bansiwai, A., Ramteke, D.S., Wate, S.R., “Source identification and variation in the chemical composition of rainwater at coastal and industrial areas of India”, *Journal of Atmospheric Chemistry*, 68, 3, 183-198, (2012).

Smith, P.E., York, D., Chen, Y., Evensen, N.M., “Single crystal ^{40}Ar - ^{39}Ar dating of a Late Quaternary paroxysm on Kos, Greece: concordance of terrestrial and marine ages”, *Geophys. Res. Lett.* 23, 3047-3050, (1996).

Stiros, S.C., Laborel-deguen, F., Papageorgiou, S., Evin, J., “Fault pattern of Nisyros Island volcano (Aegean Sea, Greece): structural coastal and archaeological evidence”, In: McGuire, W.J., Griffiths, D.R., Hancock, P.L. & Stewart, I.S. (eds), *The Archeology of Geological Catastrophes. Geological Society*, London, Special Publications 171, 385-399, (2000).

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

Şahinci, A., Geothermal sistemler ve jeokimyasal özellikleri, Reform Matbaası, 249s., İzmir, (1991b).

Şenel, M., Akdeniz, N., Öztürk, E.M., Özdemir, T., Kadıncık, G., Metin, Y., Öcal, H., Serdaroğlu, M. ve Örçen, S., “Fethiye (Muğla) - Kalkan (Antalya) ve kuzeyinin jeolojisi”, MTA Rap. 9761, Ankara, (yayınlanmamış) (1994).

Şenel, M., Selçuk, H., Bilgin, Z.R., Şen, M., Karaman, T., Dincer, M.A., Durukan, E., Arbas, A., Örçen, S. ve Bilgi, C., “Çameli (Denizli) - Yeşilova

(Burdur) - Elmalı (Antalya) ve dolayının jeolojisi”, MTA Rap. 9429, Ankara (yayınlanmamış) (1989).

Tarcan, G. and Gemici, Ü., “Water geochemistry of the Seferihisar geothermal area, İzmir, Turkey”. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 126, 3-4, 225-242, (2003).

Tarcan, G., “Hydrogeology and Hydrogeochemistry of the Gülbahçe Bay Hydrothermal Karst System, İzmir, Turkey”, Proceedings of the 6th International Symposium and Field Seminar on "Present State and Future Trends of Karst Studies" 17-26 Sept. 2000, Marmaris-Turkey. (eds.) Günay, Ford, Johnson & Johnson, International Hydrological Programme-UNESCO, 515-524, (2001).

Tarcan, G., “Jeotermal su kimyası, Jeotermalde Yerbilimsel Uygulamalar”, *Yaz Okulu Ders Kitabı*, JENARUM, DEÜ Mühendislik Fakültesi, İzmir, yayın no:306, s., 198-245 (2003).

Tarcan, G., Filiz, Ş., Gemici, Ü., “Davutlar Kaplıcası (Kuşadası-Aydın) Çevresinin Hidrojeolojisi ve Hidrojeokimyası”, *DEÜ Mühendislik Fakültesi, Fen ve Mühendislik Dergisi*, Cilt: 2, Sayı: 1, 91-110, (2000).

Tatar, Y., “Geologie und petrographie des (Chromitführenden) Marmaris Gebites (SW Turkei)”, *MTA Yayınları*, 137, 91s, (1968).

Thorntwaite, C.W., “An approach toward a rational classification of climate”, *Geographical Review* 38 (1), 55-94, (1948).

Thuizat, R., Whitechurch, H., Montigny, R. ve Juteau, T., “K-Ar dating of some infra-ophiolitic metamorphic soles from the Eastern Mediterranean”, New Evidence for oceanic thrusting before obduction, *Earth and Planetary Sci. Let.*, 52, 302-310, (1981).

Tintant, H., “Etudes sur la microfaune du Neogene de Turquie”, 1- La microfaune de Pliocene de Datça, *Bull. Scient. Bourgogne*, 14, 185-208, (1954).

Tonani, F., “Some remarks on the application of geochemical techniques in geothermal exploration”, Proceedings of the Adv. Eur. Geoth. Res. 2nd Symposium, Strasbourg, 428-443, (1980).

Truesdell, A.H., “Summary of section III – geochemical techniques in exploration”, Proceedings of the 2nd U.N. Symposium on the Development and Use of Geothermal Resources, San Francisco, 1, liii-lxxix, (1976).

TS-266, Sular-İnsani Tüketim Amaçlı Sular, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 10 s, (2005).

TS-3440, Zararlı Kimyasal Etkileri Olan Su, Zemin ve Gazların Etkisinde Kalacak Betonlar İçin Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 28 s, (2014).

UKAM, “Datça-Bozburun Özel Çevre Koruma Bölgesi Su Kaynakları Yönetimi Projesi Final Raporu”, Hacettepe Üniversitesi UKAM-ÖÇKB Çevre Bakanlığı Özel Çevre Koruma Kurumu Başkanlığı-Ankara, (2001).

Van Weert, F., Van der Gun, J., Reckman, J., “Global Overview of Saline Groundwater Occurrence and Genesis”, Int. Groundwater Resources Assessment Centre (igrac), Report number: GP 2009-1, (2009).

WHO, “Library Cataloguing-in-Publication Data Guidelines for drinking-water quality”, 4th ed, (2011).

Willman, R., “Evolution, Systematik und stratigraphische bedeutung der neogenen Süßwasser gastropoden von Rhodos und Kos Agais”, *Palaeontographica*, 174: 1-235, (1981).

9. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : HAYRİYE AKDAĞOĞLU
Doğum Yeri ve Tarihi : DENİZLİ – 04.01.1988
Lisans Üniversite : SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
Elektronik posta : hayriyebirim@gmail.com
İletişim Adresi : Servergazi Mah. 202 Sok. No:10
Konferans listesi :

- Gökgez, A. ve Akdağoğlu, H., Gölbaşı Jeotermal Sahası (Datça-Muğla) Ilık ve Mineralli Sularının Hidrojeokimyası, 6. Jeokimya Sempozyumu, 14-17 Mayıs 2014, Mersin, Bildiri Özet Kitapçığı, 245-246, 2014.