

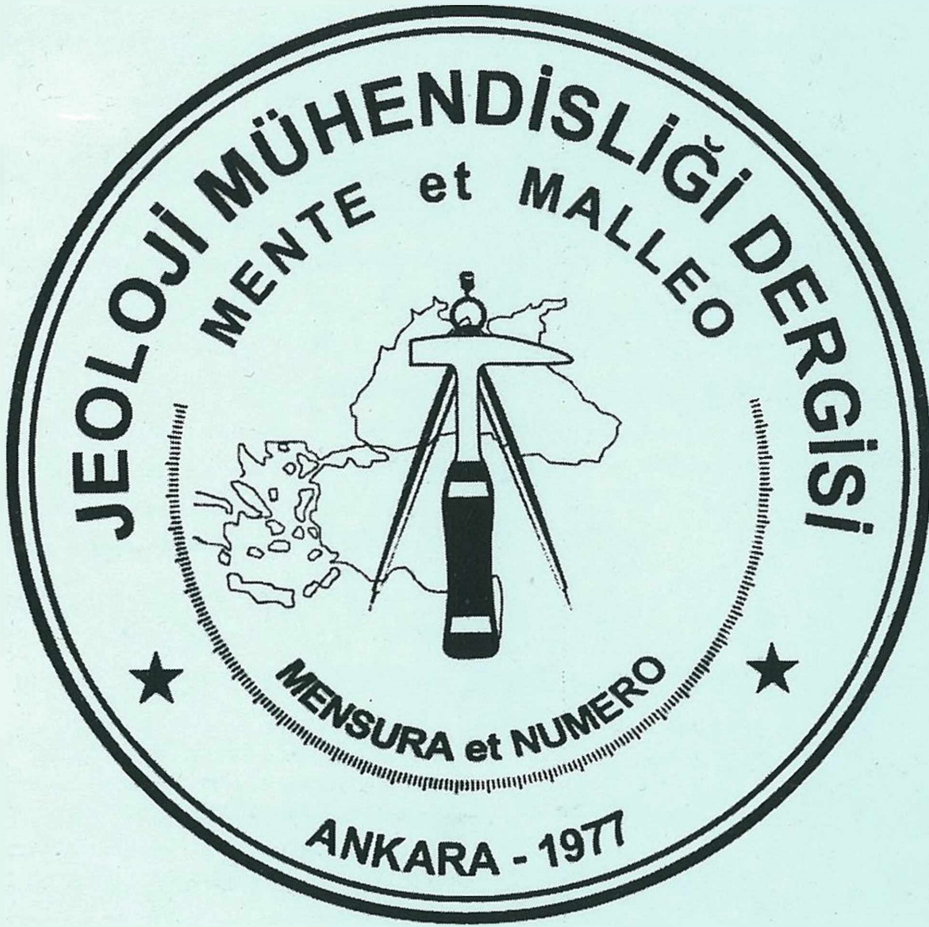
JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ DERGİSİ

Geological Engineering Journal

Cilt - Volume 30

ISSN 1016-9172

Sayı - Number 1 - 2006



TMMOB JEOLojİ MÜHENDİSLERİ ODASI
Chamber of Geological Engineers of Turkey

Editörler / Editors

Abidin TEMEL

Hacettepe Üniversitesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
06532 Beytepe - Ankara
Tel: 0312 297 77 55
Fax: 0312 299 20 34
E-Posta: atemel@hacettepe.edu.tr

Mehmet ŞENER

Niğde Üniversitesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
51200 Niğde
Tel: 0388 225 22 61
E-Posta: msener@nigde.edu.tr

Yurdal GENÇ

Hacettepe Üniversitesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
06532 Beytepe - Ankara
Tel: 0312 297 77 55
Fax: 0312 299 20 34
E-Posta: ygenc@hacettepe.edu.tr

Yardımcı Editörler/Asistant Editors

Hüseyin YILMAZ

Cumhuriyet Üniversitesi - Sivas

Sedat TÜRKMEN

Mersin Üniversitesi-Mersin

M. Şefik İMAMOĞLU

Dicle Üniversitesi

Yazışma Adresi

TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası

PK 464 Yenışehir, 0644 Ankara
Tel: 0312 434 36 01
Fax: 0312 434 23 88
E-Posta: jmo@jmo.org.tr

İsmet CENGİZ

Bahattin Murat DEMİR
Dündar ÇAĞLAN
Çetin KURTOĞLU
Hüseyin ALAN
Buket Ecemiş YARARBAŞ
Serap DURMAZ

Yayın Kurulu / Editorial Board

Kemal AKDAĞ (Karadeniz Teknik Üniversitesi)

Musa ALPASLAN (Mersin Üniversitesi)

Fehmi ARIKAN (Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü)

Eşref ATABEY (Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü)

Serdar BAYARI (Hacettepe Üniversitesi)

Emel BAYHAN (Hacettepe Üniversitesi)

Berk BESBELLİ (Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü)

Muazzez KARAKAYA (Selçuk Üniversitesi)

Tandoğan ENGİN (Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü)

Yavuz ERKAN (Hacettepe Üniversitesi)

Okay EROSKAY (Kültür Üniversitesi)

Candan GÖKÇEOĞLU (Hacettepe Üniversitesi)

Ergun GÖKTEN (Ankara Üniversitesi)

Fikret KAÇAROĞLU (Cumhuriyet Üniversitesi)

Erçin KASAPPOĞLU (Hacettepe Üniversitesi)

Halil KUMSAR (Pamukkale Üniversitesi)

Matmut MUTLUTÜRK (Süleyman Demirel Üniversitesi)

Eran NAKOMAN (Dokuz Eylül Üniversitesi)

Nazmi OTLU (Cumhuriyet Üniversitesi)

Ahmet SAĞIROĞLU (Fırat Üniversitesi)

Sönmez SAYILI (Ankara Üniversitesi)

Şakir ŞİMŞEK (Hacettepe Üniversitesi)

Asuman TÜRKMEÑOĞLU (Orta Doğu Teknik Üniversitesi)

Necati TÜYSÜZ (Karadeniz Teknik Üniversitesi)

Reşat ULUSAY (Hacettepe Üniversitesi)

Hasan YAZICIGİL (Orta Doğu Teknik Üniversitesi)

Bu Sayıda Katkı Verenler :

Koray TÖRK

Jeoloji Mühendisliği Dergisi Makale ve Dizin Özleri GeoRef ve Geobase/GeoAbstracts Uluslararası Indexler tarafından taranmaktadır.

The Geological Engineering Journal is indexed and abstracted by GeoRef and GeoAbstracts.

Jeoloji Mühendisleri Odası Chamber of Geological Engineers Yönetim Kurulu / Executive Board

Başkan / President

İkinci Başkan / Vice President

Yazman / Secretary

Sayman / Treasurer

Mesleki Uygulamalar Üyesi / Member of Professional Activities

Yayın Üyesi / Member of Publication

Sosyal İlişkiler Üyesi / Social Affair Secretary

Jeoloji Mühendisliği Dergisi / Geological Engineering Journal

Cilt 30
Volume

Sayı 1 - 2006
Number

Araştırma Makaleleri / Research Articles

- 1- **Müfit Şefik DOĞDU, Hasan KIRMIZITAŞ**
Karaali (Şanlıurfa-Yardımcı) Sıcaksuyunun Oluşumu ve Rezervuar Sıcaklığının Tahmini
Occuring and Reservoir Temperature Estimation of Karaali (Şanlıurfa-Yardımcı) Hotwater
- 17- **Ender SARIFAKIOĞLU**
İlyaslar Köyü (Kırkağaç-Manisa) Dolayında Yüzeyleyen Tüflerin Petrografik Özellikleri
The Petrographical Features of Tuffs outcropping in the vicinity of İlyaslar Village (Kırkağaç-Manisa)
- 27- **Eşref ATABEY, M. Cemal GÖNCÜOĞLU, Tamer TOPAL, Cengiz ALPTEKİN**
Güney İlçesi (Denizli) Batısındaki Gölsel Kireçtaşının Fiziksel, Jeokimyasal ve Teknolojik Özellikleri
Physical, Geochemical and Technological Properties of Lacustrine Limestones In West Of Güney (Denizli)
- 39- **Hakan ERSOY, M. Ziya KIRMACI, Arzu FIRAT ERSOY**
Yazkonağı Mağarası'nın (Ünye-Ordu) Jeolojisi ve Oluşumu
Geology and Formation of Yazkonağı Cave (Ünye-Ordu)

Karaali (Şanlıurfa-Yardımcı) Sıcaksuyunun Oluşumu ve Rezervuar Sıcaklığının Tahmini

Occuring and Reservoir Temperature Estimation of Karaali (Şanlıurfa-Yardımcı) Hotwater

Müfit Şefik DOĞDU⁽¹⁾, Hasan KIRMIZITAŞ⁽²⁾

⁽¹⁾ DSI Genel Müdürlüğü, Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltısuyu Dairesi Başkanlığı, Etüt ve Değerlendirme Şubesi, 06100 Yücetepe Ankara (e-posta: mufitd@dsi.gov.tr)

⁽²⁾ DSI V. Bölge Müdürlüğü, Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltısuları Şube Müdürlüğü, Eskişehir Yolu 8. km, Ankara (e-posta: hasankirmizitas@yahoo.com)

ÖZ

Karaali sıcaksuyu Şanlıurfa İli'nin 32 km güneydoğusunda, Yardımcı İlçesi'ne bağlı Karaali Köyü'nde yer almaktadır. Kuyu logları sıcaksuyun bölgede yaygın olarak soğuksu üretiminde kullanılan kireçtaşıdan alındığını göstermektedir. Bölgedeki fay hatları boyunca yüzeye yükselen sıcaksuyun, soğuksu içeren kireçtaşı akiferi içine yayıldığı ve soğuksuyla karışmasıyla sıcaklığının düştüğü düşünülmektedir. Bu incelemeyle, Karaali sıcaksuyunun karışımdan önceki sıcaklığının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, bölgedeki sıcak ve soğuk sulara ait analiz sonuçları silis-entalpi karışım modeli (SEKM) ve Cl-entalpi grafiğinde kullanılarak sıcak-soğuksu karışım yüzdesi belirlenmiştir. Bu yüzde değeri ile de Karaali sıcaksuyunun ilksel (soğuksu karışmadan önceki) kimyasal içeriği belirlenmiştir. Sıcaksuyun ilksel kimyasal içeriği katyon ve silis jeotermometrelerinde kullanılarak tahmini rezervuar sıcaklığı (TRS) hesaplanmaya çalışılmıştır. Silis-entalpi karışım modeli (SEKM) ile hesaplanan TRS değeri (132°C), %18 sıcaksu ve %82 soğuksu karışım kimyasal sonucunun kullanıldığı Na-K ve SiO₂ jeotermometreleri ile hesaplanan ortalama TRS değerleriyle (sırasıyla 138°C ve 132°C) oldukça uyumludur. Hesaplanan bu TRS ve karışım oranı ayrıntılı jeolojik haritalama, jeofizik ve su kimyası vb. çalışmalar ile desteklenmelidir.

Anahtar kelimeler: jeotermometre, Karaali, karışım, sıcaksu, Şanlıurfa.

ABSTRACT

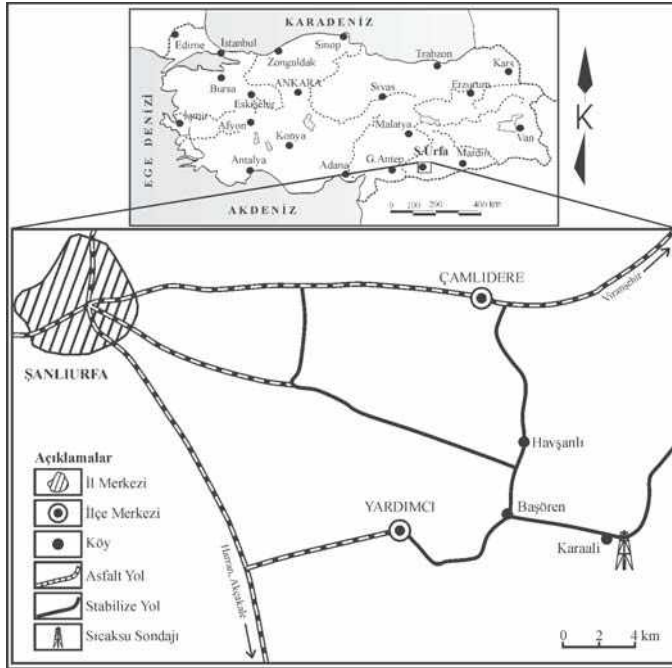
Karaali hot water is located 32 km south-eastern of Şanlıurfa Province, in Karaali Village at the eastern part of Yardımcı County. Drilling logs show that the hot water is obtained from limestone used extensively for production of cold water. It has been considered that ascending hot water throughout these fault lines is spreading into limestone aquifer by mixing with cold water, and because of this process temperature of hot water is decreased. Determination of the temperature of Karaali hot water before mixing has been purposed by this investigation. In the scope of that, mixing percentage of the hot and cold waters has been determined by using of the water chemistry data in silica-enthalpy mixing model (SEMM) and Cl-enthalpy graph. Initial (before mixing with cold water) chemical composition of Karaali hot water has been determined by this mixing percentage. Estimated reservoir temperature (ERT) of the hot water has been calculated by using of the initial chemical composition in silica and cation geothermometers. Calculated ERT (132°C) by silica-enthalpy mixing model (SEMM) is quite harmonious with the average of the Na-K and SiO₂ geothermometers' results (138°C and 132°C, respectively) which were applied to 18% hot and 82% cold water mixing. The ERT and mixing percentage of hot water inspected by SEMM, mixing calculation and geothermometers has to be supported by the other investigations including detail mapping, geophysical investigations, detail water chemistry etc.

Key Words: geothermometer, Karaali, mixing, hot water, Şanlıurfa.

GİRİŞ

Karaali sıcaksuyu Şanlıurfa İli'nin yaklaşık 32 km güneydoğusunda, Harran Ovası'nda yer alan Yardımcı İlçesi'nin doğusunda bulunan Karaali Köyü'nde yer almaktadır (Şekil 1). Karaali Köyü civarında soğuksu temini amaçlı yapılan sondaj çalışmalarında sıcaksuya rastlanmıştır. Daha sonraları Karaali Köyü civarında şahıslar tarafından sıcaksu temin amaçlı sondajlar yapılarak derinlikleri 138-198 m ve debileri 20-36 l/s arasında değişen üç adet kuyudan 41.5-49.0°C sıcaklıkta su elde edilmiştir. Sondaj verileri incelendiğinde, sıcaksuların bölgede soğuksu temin amaçlı olarak yaygın şekilde kullanılan bol kırıklı-çatlaklı ve erime boşluklu kireçtaşlarından alındığı belirlenmiştir. Alandaki sıcaksu kuyuları fay hatlarına yakın bölgelerde yer almaktadır. Bu fay hatları boyunca yükselen sıcaksuların kireçtaşı akiferindeki soğuksularla karışarak sıcaklıklarının düştüğü, bunun yanı sıra debisinin arttığı düşünülmektedir. Bu incelemeyle Karaali

sıcaksuyunun soğuksu ile karışmadan önceki sıcaklığının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda ilk olarak bölgedeki sıcak ve soğuk suların kimyasal analiz sonuçlarına silis-entalpi karışım modeli (SEKM) uygulanarak sıcaksuyun tahmini rezervuar sıcaklığı (TRS) belirlenmeye çalışılmıştır. Bu model uygulaması sonucu belirlenen entalpi değeri, Cl-entalpi grafiğinde kullanılarak sıcaksuyun ilksel (soğuksu karışmamış) Cl değeri belirlenmiştir. Karışım hesaplamalarında korunumlu (conservative) kabul edilen bu Cl derişimi kullanılarak da sıcak ve soğuk suyun karışım oranları belirlenmiştir. Belirlenen bu karışım oranından itibaren sıcaksuyun ilksel iyon derişimleri hesaplanmış ve bu derişimler katyon jeotermometre eşitliklerinde kullanılarak TRS hesaplanmıştır. Belirlenen sıcaksu ilksel iyon derişimlerinin jeotermometre eşitliklerinde kullanılmasıyla ve silis-entalpi karışım modelinin uygulanmasıyla hesaplanan TRS sonuçları yorumlanmıştır.



Şekil 1. Alanın yer bulduru haritası.
Figure 1. Location map of the area.

JEOLOJİ ve HİDRODİNAMİK YAPI

Aşağıda verilen bölgenin jeolojik yapısı ve litolojik birimlerinin özellikleriyle ilgili bilgiler Uzel ve Kalkan (1992)'dan alınmıştır.

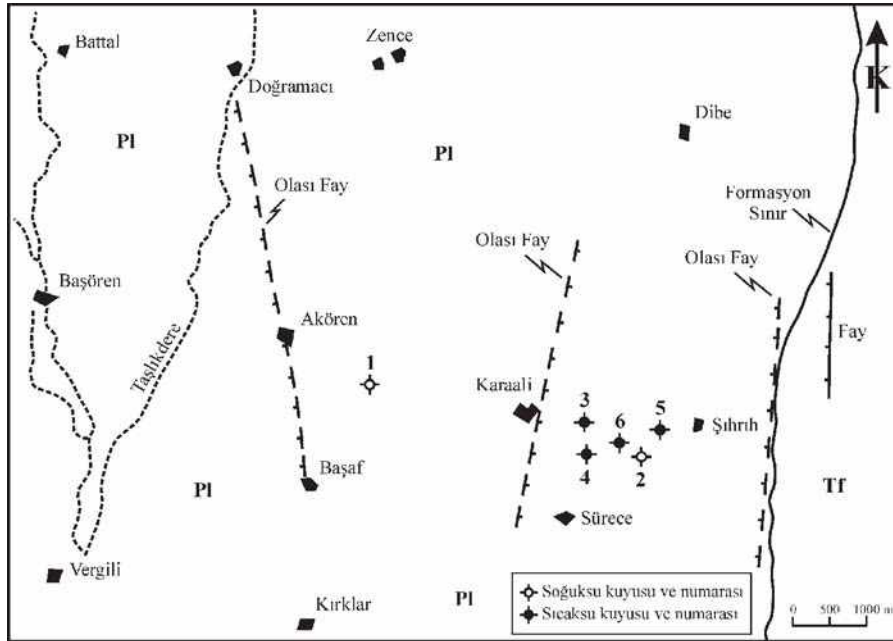
Jeoloji

Karaali Köyü civarında Üst Eosen-Alt Miyosen yaşlı Fırat Formasyonu ile bunun üzerine uyumsuz olarak gelen Pliyosen yaşlı çökeller yüzeylenmektedir (Şekil 2). Alanda yüzeylenen litolojik birimlerden aşağıda kısaca bahsedilmiş ve Şanlıurfa İli dolayının genelleştirilmiş stratigrafik istifi Şekil 3'de verilmiştir.

Fırat Formasyonu (Tf): İnceleme alanının doğusunda, kuzey-güney yönünde uzanan ve Harran Ovası'nı sınırlayan olası fay zonunun doğusunda kalan yükseltilerde mostra verir (Şekil 2). Değişik çalışmalarda bu formasyon Midyat (DSİ, 1972) ve Pirin Formasyonu olarak da adlandırılmıştır. Birim genellikle beyaz, kirli

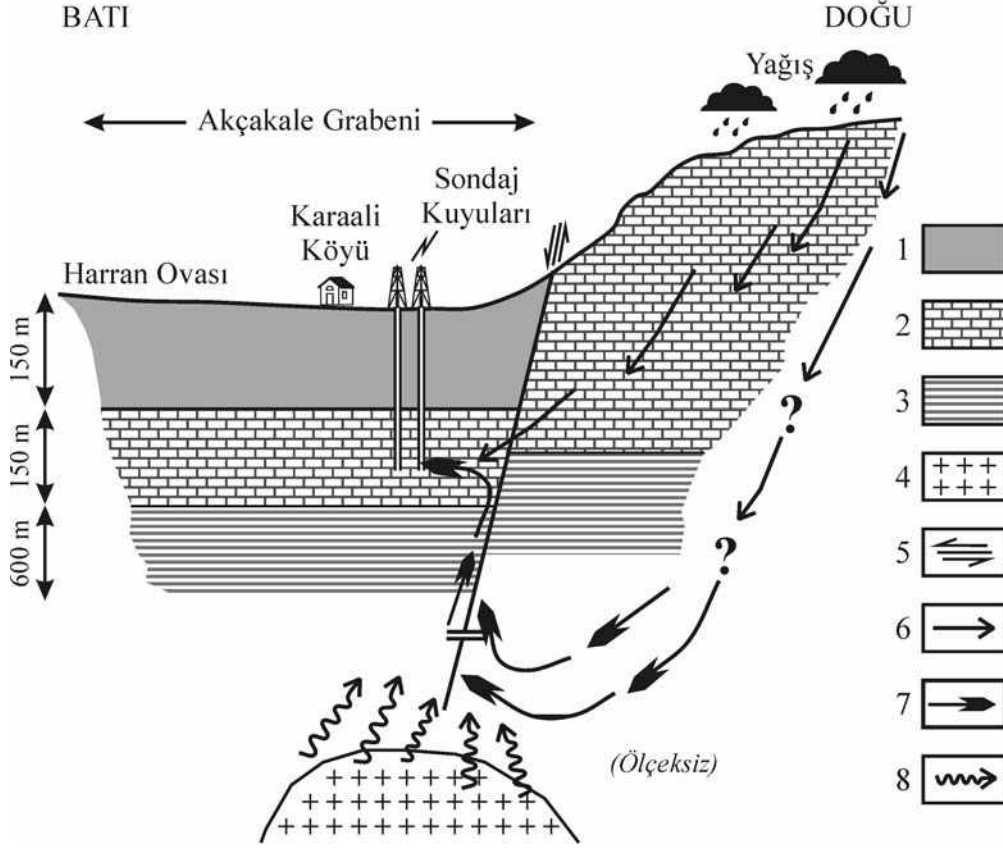
beyaz, sarımsı yer yer pembemsi renkli, orta-kalın ve çok kalın tabakalı kireçtaşlarından oluşur. Gaziantep Formasyonu'nun üzerinde uyumlu olarak yer alır (Şekil 3). İnceleme alanında alt dokanağı gözlenemediğinden kalınlığı belirsizdir. Havzada ölçülen kesitlerde, kalınlığı 135-220 m arasında değişmektedir. Fırat Formasyonu Pliyosen yaşlı çökeller tarafından uyumsuz olarak örtülür.

Pliyosen Çökelleri (Pl): Fırat Formasyonu'nun üzerine uyumsuz olarak gelen Pliyosen yaşlı çökeller genellikle tüm Harran Ovası'nda (Şekil 2) yüzeylenmektedir. Harran Ovası'nın oluşturduğu ilksel çukur alanları doldurmuş olan çökeller genellikle kil, kum ve çakıl taşlarından oluşur. Birim, ovada yaygın kırmızı killer ile, ova kenarlarında ise kireçtaşı çakıllı konglomeratik oluşuklar halinde gözlenir. Kalınlığı değişken olmakla beraber, sıcaksu sondajları çevresinde 140 m, ova ortasında ise 350 m'ye kadar ulaşmaktadır. Birim birçok araştırmacı tarafından Adıyaman Formasyonu olarak da adlandırılır (Şekil 3).



Şekil 2. Bölgenin jeoloji haritası (Erişen vd., 1996).

Figure 2. Geological map of the area (Erişen et al., 1996).



Şekil 4. Karaali Köyü civarı şematik jeoloji kesiti [1- Adıyaman Formasyonu (Pliosen, kil, marn, kum ve çakıl ardalanması, örtü kayaç), 2- Fırat Formasyonu (Üst Eosen-Alt Miyosen, kırıklı-çatlaklı ve erime boşluklu kireçtaşı, rezervuar kayaç), 3- Gaziantep Formasyonu (Alt Eosen, çörtlü, killi kireçtaşı, marn ardalanması), 4- Magmatik sokulum (ısı kaynağı), 5- Fay, 6- Soğuksu sirkülasyonu, 7- Sıcaksu sirkülasyonu, 8- Isı taşınımı].

Figure 4. Schematic geological cross section of Karaali Village's vicinity [1- Adıyaman Formation (Pliocene, clay, marl, sand and gravel sequence, cap rock), 2- Fırat Formation (Upper Eocene-Lower Miocene, limestone with fractured and solution canal, reservoir rock), 3- Gaziantep Formation (Lower Eocene, sequence of cherty-clayey limestone and marl), 4- Magmatic intrusion (heat source), 5- Fault, 6- Coldwater circulation, 7- Hotwater circulation, 8- Heat transport].

SU KİMYASI VE KARİŞİM HESABI

Alandaki suların kimyasal özelliklerinin incelenmesi ve karışım hesabının yapılabilmesi için gerekli kimyasal analiz verileri Uzel ve Kalkan (1992)'dan alınmıştır. Çalışma kapsamında yapılan değerlendirmelerde kullanılan sıcak ve soğuksuların kimyasal analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir.

İlk olarak, hesap ve değerlendirmelerde kullanılacak olan suların kimyasal analiz sonuçlarının doğruluğu kontrol edilmiştir. Kontrol aşağıdaki verilmiş olan “elektro

nötrality” eşitliğiyle yapılmıştır.

$$AH = \left| \frac{\sum \text{Anyon} - \sum \text{Kasyon}}{\sum \text{Anyon} + \sum \text{Kasyon}} \right| * 100$$

Burada; derişimler meq/l, AH: analiz hatasıdır ve doğru bir analizde AH değerinin %6'dan küçük olması istenir (APHA, 1989). 5 no.'lu Şıhrıh sıcaksuğunun analiz hatası (%13.29) %6'dan büyük olduğu için karışım hesaplamalarında bu analiz sonucu dikkate alınmamıştır.

Çizelge 1. Sıcak ve soğuksuların kimyasal analiz sonuçları.**Table 1.** Chemical analysis results of the hot and cold waters.

Örnek No.	1	2	3	4	5	6
Kuyu Adı	Akören-1	Şıhrıh-1	Sondaj-1	Sondaj-2	Sondaj-3	Sondaj-1
İl	Ş.Urfa	Ş.Urfa	Ş.Urfa	Ş.Urfa	Ş.Urfa	Ş.Urfa
İlçe	Yardımcı	Yardımcı	Yardımcı	Yardımcı	Yardımcı	Yardımcı
Köy	Akören	Şıhrıh	Karaali	Karaali	Şıhrıh	Karaali
Q (l/s)	30	45	20	26	36	38
Sıcaklık (°C)	29.5	21.0	41.5	34.0	49.0	48.0
pH	6.50	7.30	7.50	8.10	7.55	7.19
EC (µS/cm)	340	290	600	820	720	929
Ca (meq/l)	2.50	2.50	3.39	2.99	3.29	4.79
Mg (meq/l)	1.48	1.32	1.97	1.97	1.73	1.32
Na (meq/l)	1.74	0.65	2.52	2.74	2.13	3.19
K (meq/l)	0.08	0.06	0.23	0.06	0.14	0.03
HCO ₃ (meq/l)	3.20	3.00	3.80	2.80	4.61	4.00
CO ₃ (meq/l)	0.03	0.03	0.03	0.20	0.03	0.33
SO ₄ (meq/l)	2.39	1.10	2.23	2.35	2.21	1.98
Cl (meq/l)	0.28	0.55	2.14	2.57	2.68	2.48
SiO ₂ (mg/l)	12.00	12.00	22.00	30.00	33.00	28.00
Toplam Anyon	5.90	4.69	8.21	7.92	9.53	8.79
Toplam Katyon	5.79	4.53	8.12	7.77	7.29	9.33
Analiz Hatası	0.92	1.77	0.56	0.97	13.29	-2.95

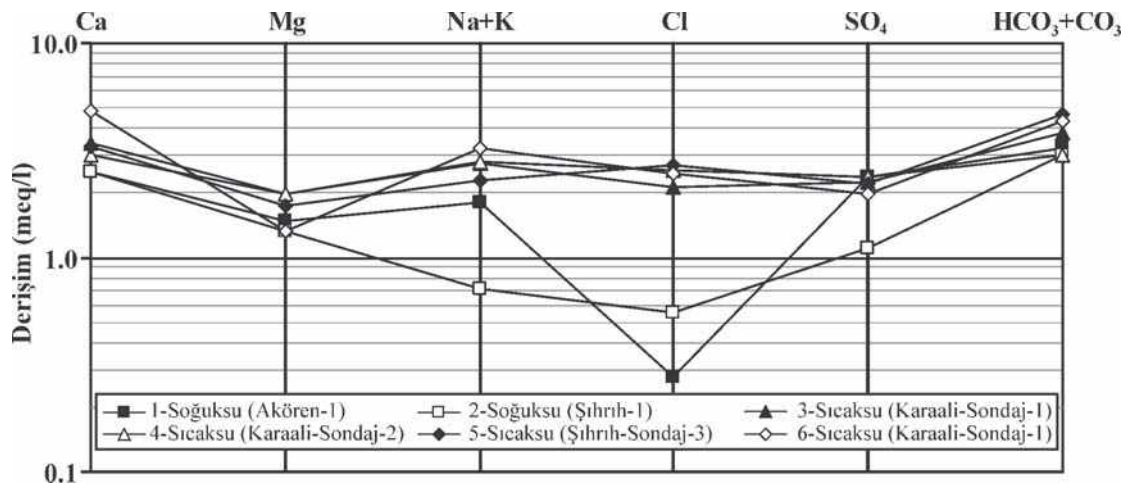
Çizelge 2. Suların katyon-anyon sıralaması ve tipleri (sıralama meq/l derişimine göre yapılmıştır).**Table 2.** Cation-anion order and type of the waters (ordering has been done by meq/l concentrations).

Örnek No.	Kuyu Adı	Katyon Sıralaması	Anyon Sıralaması	Su Tipi
1 (soğuksu)	Akören-1	Ca > Mg > Na+K	HCO ₃ +CO ₃ > SO ₄ > Cl	CaCO ₃
2 (soğuksu)	Şıhrıh-1	Ca > Mg > Na+K	HCO ₃ +CO ₃ > SO ₄ > Cl	CaCO ₃
3 (sıcaksu)	Sondaj-1	Ca > Na+K > Mg	HCO ₃ +CO ₃ > SO ₄ > Cl	CaCO ₃
4 (sıcaksu)	Sondaj-2	Ca > Na+K > Mg	HCO ₃ +CO ₃ > Cl > SO ₄	CaCO ₃
5 (sıcaksu)	Sondaj-3	Ca > Na+K > Mg	HCO ₃ +CO ₃ > Cl > SO ₄	CaCO ₃
6 (sıcaksu)	Sondaj-1	Ca > Na+K > Mg	HCO ₃ +CO ₃ > Cl > SO ₄	CaCO ₃

Kimyasal analiz sonuçları ve bu verilerden oluşturulan Schoeller grafiği bölgedeki suların CaCO_3 tipinde olduğunu göstermektedir. 1 no.'lu Şıhrıh-1 soğuksu kuyusu tipik CaCO_3 karakterinde olmasına karşın, özellikle sıcaksularda CaCO_3 'ın yanı sıra NaCl değerleri de oldukça yüksektir (Şekil 5). Suların meq/l derişim büyüklüklerine göre katyon-anyon sıralaması: Ca ve HCO_3 'den sonra ikinci yüksek katyon değerinin Na, anyon değerinin ise Cl iyonunda olduğunu göstermektedir (Çizelge 1 ve 2). Bu durum, CaCO_3 tipinde olan soğuksularla karışan sıcaksuların kökeninin NaCl tipinde bir su olduğunu düşündürmektedir. İleride bahsedilecek olan karışım hesabı sonucu belirlenen ilksek sıcaksu bileşimi bu düşünceyi doğrular niteliktedir. Diğer taraftan, su sıcaklığı (29.5°C) diğer soğuksulara oranla yüksek olan 1 no.'lu Akören-1 kuyu suyunda da sıcaksu katkısı gözlenmektedir. Şekil 6'da verilen Piper diyagramında Akören-1 kuyu suyu sıcaksular ile soğuksular arasında yer almaktadır ve dolayısıyla bu su, sıcak ve soğuksu karışımından oluşmaktadır. Akören-1 kuyu suyunun sıcaklık (29.5°C) ve EC değeri de ($340 \mu\text{S/cm}$), soğuk-sıcaksu sıcaklık ve EC değerleri (sırasıyla

$21 < 29.5 < 49^\circ\text{C}$ ve $290 < 304 < 929 \mu\text{S/cm}$) arasında yer almaktadır ki bu durumda bu suyun bir karışım suyu olduğunu göstermektedir.

Doygunluk indisi (DI) hesaplamaları, sıcaksuların kalsit (CaCO_3) ve dolomit ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) minerallerine doymun, halit mineraline (NaCl) ise doymun olmadığını göstermiştir (Şekil 7). Soğuksular ise bahsedilen minerallerin hiçbirine doymun değildir. Sıcaksuların kalsit ve dolomit minerallerine doymunluğu beklenen bir durumdur. Bu doymunluğun nedeni, sıcaksuların beslenim-dolaşım ve rezervuar alanının bu minerali bolca içeren, alanda Fırat Formasyonu olarak adlandırılan, kireçtaşlarının olmasıdır. Yaklaşık aynı beslenim ve rezervuar alanına sahip soğuksularda bu doymunluğun gözlenmemesi iki şekilde açıklanabilir; 1) soğuksuların sıcaksulara göre daha sığ dolaşım yapması (Şekil 4) ve akifer kayaç mineraliyle (CaCO_3) dengeye gelecek (veya onu çözerek bünyesine alabilecek) yeterli zamanı bulamaması, 2) soğuksulara karışan sıcaksular etkisi ile oluşan ve karışım korozyonu olarak adlandırılan süreçle soğuksuların doymunluk değerlerinin düşmesi ile açıklanabilir.

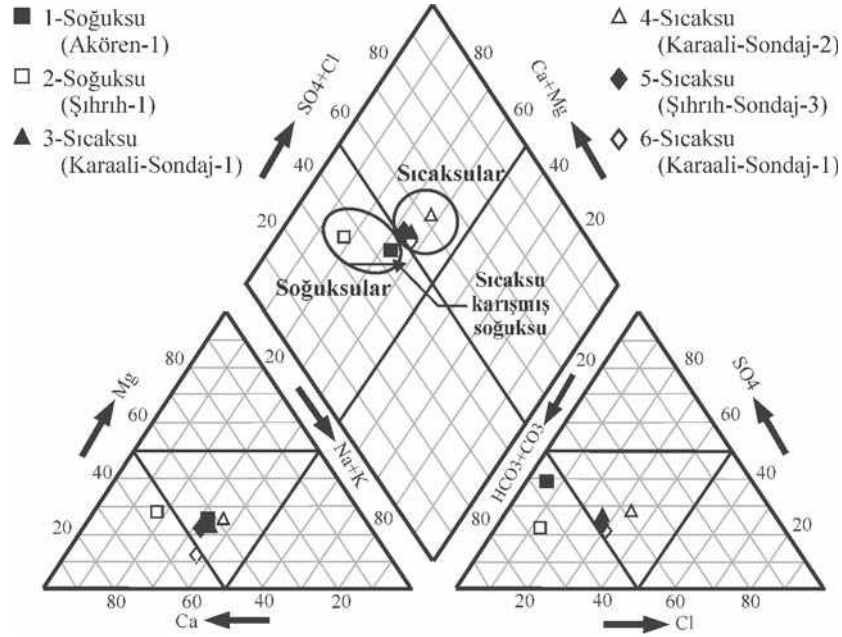


Şekil 5. Su örneklerine ait Schoeller diyagramı.

Figure 5. Schoeller diagram of the water samples.

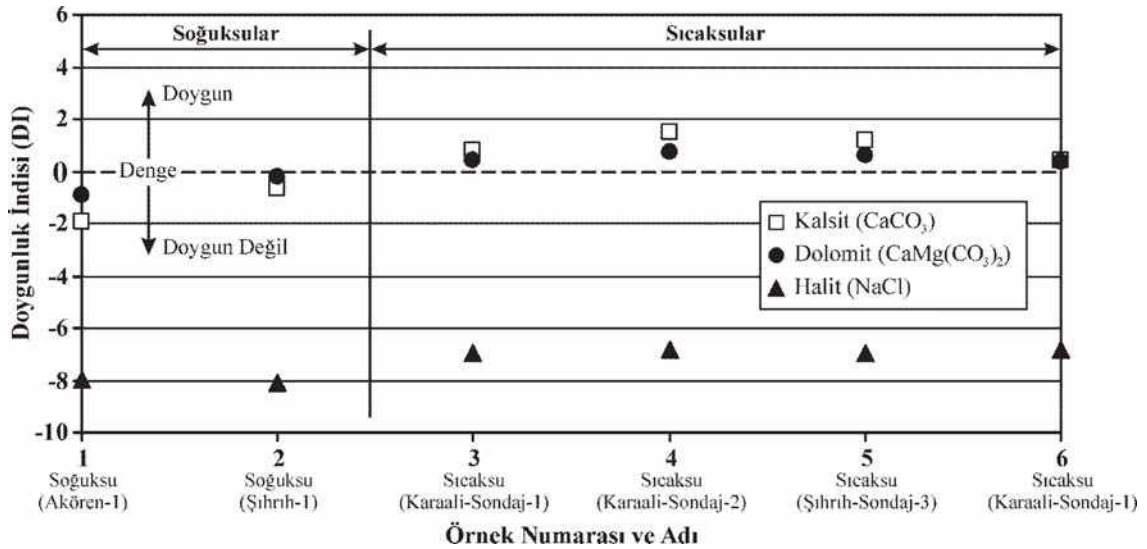
SEKM'nin uygulanmasında Çizelge 1'de sunulan veriler kullanılmıştır. SEKM'nde soğuksu olarak 2 no.'lu Şıhrıh-1 suyu, karışım suyu olarak da 3-4-6 no.'lu sıcaksuların ortalama değerleri (Çizelge 3) kullanılmıştır. Analiz hatası

içeren ($AH=\%13.29>\%6$) 5 no.'lu sıcaksu örneği (Şıhrıh-1 sıcaksu kuyusu) ile sıcaksu karışımına maruz kaldığı düşünülen 1 no.'lu soğuksu örneği (Akören-1 soğuksu kuyusu) dikkate alınmamıştır.



Şekil 6. Su örneklerine ait Piper diyagramı.

Figure 6. Piper diagram of the water samples.



Şekil 7. Su örneklerinin doygunluk indisi (DI) değerleri.

Figure 7. Saturation index (SI) value of the water samples.

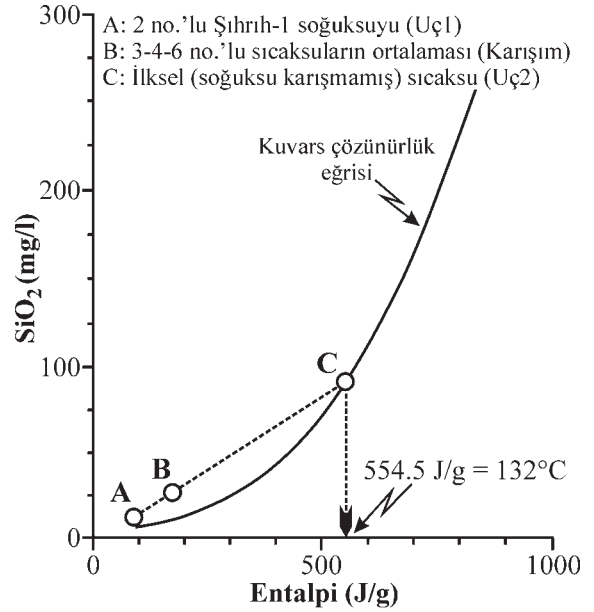
Çizelge 3. SEKM ve Cl-entalpi hesaplamalarında kullanılan sıcak ve soğuksuların ortalama iyon içerikleri.

Table 3. Average ion content of the hot and cold waters used in SEMM and Cl-enthalpy calculations.

Örnek Tipi >>>	Soğuksu	Sıcaksu Ortalaması
Örnek No. (bk. Çizelge 1) >>>	2	3-4-6
Sıcaklık (°C)	21.0	41.2
pH	7.30	7.60
EC (Ω S/cm)	290	783
Ca (meq/l)	2.50	3.73
Mg (meq/l)	1.32	1.76
Na (meq/l)	0.65	2.82
K (meq/l)	0.06	0.10
HCO ₃ (meq/l)	3.00	3.53
CO ₃ (meq/l)	0.03	0.19
SO ₄ (meq/l)	1.10	2.19
Cl (meq/l)	0.55	2.39
SiO ₂ (mg/l)	12.00	26.67

SİLİS-ENTALPİ KARIŞIM MODELİ

Karaali sıcaksuyunun TRS'nı belirlemek için Çizelge 3'te verilmiş olan kimyasal verilere silis-entalpi karışım modeli (SEKM) uygulanmıştır. SEKM'nin uygulanmasındaki kriterler (Fournier, 1991) şunlardır; 1) Suyun ölçülen sıcaklığı, Na-K ve SiO₂ jeotermometre eşitliğinden hesaplanan sıcaklıktan 50°C düşük olmalıdır, 2) Silis jeotermometresi ile hesaplanan sıcaklık, Na-K jeotermometresinden hesaplanan sıcaklıktan düşük olmalıdır, 3) Kaynağın debisi, suyun yüzeye yükselirken çok az bir kondüktif soğumaya el verecek oranda yüksek olmalıdır. Bu kriterler, SEKM'nin uygulandığı verilere uymaktadır (Çizelge 1 ve 5). SEKM'nde, sulara ait SiO₂ değerleri ve sıcaklıktan itibaren ilgili tablolardan belirlenen entalpi değerleri kullanılmıştır (Robertson 1985). Uygulamada birinci uç eleman (Uç1) olan Şıhrıh-1 soğuksu kuyusu (Şekil 8, A noktası) ve sıcaksuların ortalama değerlerini ifade eden karışım suyu (Karışım) (Şekil 8, B noktası) silis-entalpi grafiğine işaretlenmiştir.



Şekil 8. Silis-entalpi karışım modeli grafiği.

Figure 8. Graph of the silica-enthalpy mixing model.

Bu iki noktayı birleştiren AC doğrusunun kuvars çözünürlük eğrisini kestiği noktanın x eksenindeki entalpi değeri ve daha sonra bu entalpi değerinden itibaren de ilgili tablodan sıcaklık değeri belirlenmiştir. Belirlenen bu sıcaklık değeri ikinci uç elemanımız (Uç2, Şekil 8, C noktası) yani soğuksu karışmamış ilksel su sıcaklığını vermektedir. SEKM ile belirlenen entalpi değeri (554.5 J/g) Cl-entalpi grafiğinde (Şekil 9) kullanılarak sıcaksuyun ilksel Cl derişimi belirlenmiştir. Belirlenen bu değer ile aşağıda verilen ve kütle korunum yasasını temel alan eşitlikle sıcak-soğuk su karışım oranı belirlenmiştir. Cl-entalpi grafiğinden elde edilen sıcaksuyun ilksel Cl değeri (10.75 meq/l), 2 no.'lu Şıhrıh-1 soğuksuyunun (Cl=0.55 meq/l, bk. Çizelge 1) ve soğuksu karıştığı düşünülen sıcaksuların ortalama Cl değerleri (Cl_{ort}=2.40 meq/l, 3-4-6 no.'lu örneklerin Cl ortalaması, (Çizelge 1) kullanılarak karışım hesabı yapılmıştır.

Bu hesap, soğuksu katkılı sıcaksuyun yaklaşık %82 soğuk ve %18 sıcaksuyun karışması ile oluştuğunu göstermiştir. Belirlenen

$$Cl_{\text{Karışım}} * 100 = Cl_{\text{Soğuksu}} * X + Cl_{\text{Sıcaksu}} * (100-X) \quad (2)$$

$$2.40 * 100 = 0.55 * X + 10.75 * (100-X) \rightarrow X \cong \%82$$

bu yüzde oranları 2 no.'lu Şıhrıh-1 soğuksuyu ve 3-4-6- no.'lu ortalama karışım sıcaksu değerlerine (Çizelge 3) uygulanarak katyon jeotermometrelerinde kullanılacak olan sıcaksu ilksel (soğuksu karışmamış) iyon derişimleri hesaplanmıştır (Çizelge 4).

Çizelge 4. Karışım hesabı ile belirlenen sıcaksuyun ilksel (soğuksu karışmamış) iyon derişimleri.

Table 4. The initial (not mixing with cold water) hot water's ion concentrations determined by mixing calculation.

Karışım Oranı	Sıcaksu %18 – Soğuksu %82
Uç Eleman	İlksel (soğuksu karışmamış) Sıcaksu (Uç2)
Sıcaklık (°C)	133
pH	8.90
EC (µS/cm)	3029
Ca (meq/l)	9.33
Mg (meq/l)	3.75
Na (meq/l)	12.69
K (meq/l)	0.30
HCO ₃ (meq/l)	5.97
CO ₃ (meq/l)	0.90
SO ₄ (meq/l)	7.12
Cl (meq/l)	10.75
SiO ₂ (mg/l)	93.50

KİMYASAL veya ÇÖZELTİ JEOTERMOMETRE HESAPLAMALARI

Jeotermal suların rezervuar sıcaklığının belirlenmesinde kullanılan en önemli yöntemlerden biri jeotermometrelerdir. Jeotermometre eşitliklerinde termal suyun rezervuar kayaç etkileşimi ile kazandığı kimyasal bileşim kullanılmaktadır. Rezervuar sıcaklığının kaç derece olabileceğini belirlemek, termal suyun ekonomik olarak işletilmesi ve geliştirilmesi açısından oldukça önemlidir. Jeotermometrelerin termal suya uygulanmasında temel varsayım sıcaklığa bağlı su-mineral dengesinin derinlerdeki rezervuar kayaçta sağlanmış olmasıdır (Andresdottir ve Arnorsson, 1995). Birçok çalışma 50-100°C gibi düşük sıcaklıklarda bile birçok ana iyon bileşeni açısından su-mineral dengesinin sağlandığını göstermiştir (Giggenbach, 1980, 1981; Arnorsson vd. 1983). Jeotermometre eşitlikleri kullandıkları kimyasal reaksiyonlar açısından başlıca iki sınıfa ayrılmaktadır: 1) bir mineralin sıcaklığa bağlı çözünürlüğünü temel alan jeotermometreler (silis jeotermometreleri) ve 2) çözünmüş iyonların sıcaklığa bağlı iyon takas (ion exchange) reaksiyonlarına dayanan katyon jeotermometreleridir (Na-K, Na-Ca, Na-K-Ca, K-Mg, Li-Na vb.) (Fournier, 1991). Bu çalışmada da katyon ve silis jeotermometreleri kullanılmıştır.

SEKM ve Cl-entalpi yöntemleriyle belirlenen karışım yüzdelerinin (%18 ve %82) uygulanmasıyla elde edilmiş ve Çizelge 4'te verilmiş olan iyon derişimleri Ek-1'de verilen jeotermometre eşitliklerinde kullanılarak Karaali sıcaksuunun TRS hesaplanmıştır (Çizelge 5). Karışım yüzdeleriyle saptanan sıcaksuyun ilksel kimyasal derişimlerinin (Çizelge 4) katyon-silis jeotermometre eşitliklerinde kullanılmasıyla

hesaplanan rezervuar sıcaklıkları Şanlıurfa-Karaali sahasındaki sıcaksuyun TRS'nin 107-169°C arasında olabileceğini göstermiştir. Ancak unutulmamalıdır ki, Na-K tipi jeotermometre eşitliklerinin kullanılmasında hatalı rezervuar sıcaklığı hesabından kaçınmak için olgunluk

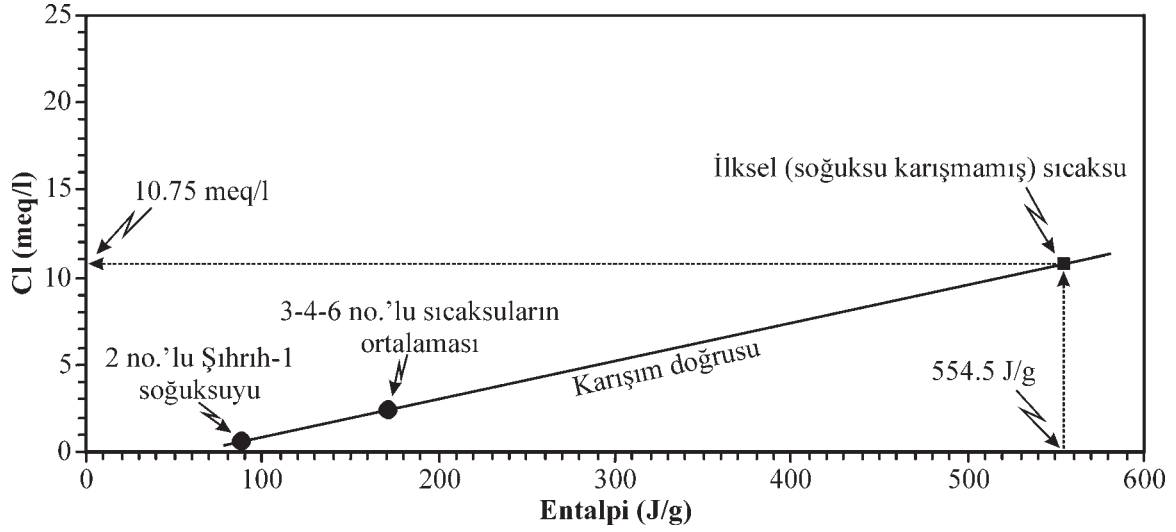
indeksi (oi)'nin 2'den büyük olması istenmektedir. Yukarıda yapılan hesaplamalar karışımdan itibaren yapıldığı için eldeki oi değerleri 2'den küçüktür (Çizelge 5). Bu yüzden Na-K jeotermometreleri ile hesaplanan TRS değerlerine ihtiyatla bakmak gereklidir.

Çizelge 5. Jeotermometre eşitlikleri ile hesaplanan tahmini rezervuar sıcaklıkları.

Table 5. Estimated reservoir temperatures calculated by geothermometer equations.

Karışım Oranı	Sıcaksu %18 – Soğuksu %82
Uç Elaman	İlksel (soğuksu karışmamış) Sıcaksu (Uç2)
Majör Katyon-Anyon Sıralaması	Na>Ca>Mg>K - Cl>SO ₄ >HCO ₃ >CO ₃
Su Tipi	NaCl
Olgunluk İndeksi (Oİ) ⁽¹⁾	1.55
Tahmini Rezervuar Sıcaklıkları (TRS) ⁽²⁾	
T1 (°C)	107
T2 (°C)	133
T3 (°C)	117
T4 (°C)	153
T5 (°C)	150
T6 (°C)	138
T7 (°C)	169
T8 (°C)	133
T9 (°C)	133
T10 (°C)	129
En Az (T1-T7)	107
En Çok (T1-T7)	169
Ortalama (T1-T7)	138
En Az (T8-T10)	129
En Çok (T8-T10)	133
Ortalama (T8-T10)	132

Açıklamalar: (1) $Oİ=0.315 \cdot \log(K^2/Mg) \log(K/Na)$, iyon derişimleri mg/l'dir. Oİ 2'den küçük ise termal su rezervuar kayaç ile kimyasal açıdan dengede değildir ve bu tip sulara Na-K jeotermometresinin uygulanması hatalı sonuçlar verebilmektedir; (2) T1-T7 no.'lu TRS Na-K jeotermometre eşitlikleriyle, T8-T10 no.'lu TRS Kuvars (SiO₂) jeotermometre eşitlikleriyle hesaplanmıştır (bk. Ek-1).



Şekil 9. Cl-entalpi grafiği.

Figure 9. Graph of the Cl-enthalpy.

SEKM ile TRS 132°C olarak belirlenmiştir. Bu değer Na-K ve SiO₂ jeotermometre sonuçlarının ortalamasının (sırasıyla, (T1-T7) 138°C ve (T8-T10) 132°C, (Çizelge 5) ortalamalarıyla $[(138^{\circ}\text{C}+132^{\circ}\text{C})/2=135^{\circ}\text{C}]$ oldukça uyumludur.

SONUÇLAR, TARTIŞMA ve ÖNERİLER

İnceleme alanında aynı akiferden suyunu alan sıcak ve soğuksu kuyuları yer almaktadır. Özellikle, Karaali Köyü civarında sıcaksu yoğunluğu artmaktadır. Akçakale Grabeni'nin başka hiçbir yerinde bugüne kadar sıcaksu oluşumlarına rastlanmamıştır. Sıcaksular, bölgede yaygın olarak soğuksu üretimine kullanılan Fırat Formasyonu'ndaki kireçtaşlarından elde edilmektedir. Dolayısıyla, kuyulardan elde edilen sıcaklıkların soğuksularla karışarak sıcaklıklarının azaldığı düşünülmektedir. Karaali sıcaksuyna soğuksu katkısının belirlenmesi amacıyla yapılan bu incelemede, alandaki suların kimyasal verileri kullanılarak silis-entalpi karışım modeli (SEKM) uygulanmıştır. SEKM ve Cl-entalpi

değerlendirmeleriyle belirlenen karışım yüzdeleriyle karışım hesabı yapılarak, sıcaksuun ilksel (soğuksu karışmamış) iyon içeriği hesaplanmıştır. Bu iyon içeriğine jeotermometre eşitlikleri uygulanarak Karaali sıcaksuunun tahmini rezervuar sıcaklığı (TRS) hesaplanmıştır. Sıcaksu için katyon jeotermometreleri ile hesaplanan TRS sonuçlarına, bu suya ait olgunluk indeksi (OI)'nin 2'den küçük (1.55) olması nedeniyle şüphyle bakmak gerekmektedir. Bu nedenle, katyon jeotermometrelerine oranla nispeten daha güvenilir sonuçlar veren SEKM'yle de sıcaksuunun TRS belirlenmiş ve katyon jeotermometresi ile bulunan rezervuar sıcaklıkları ile karşılaştırılmıştır. SEKM'yle hesaplanan TRS (132°C) değerinin, %18 sıcaksu ve %82 soğuksu karışım sonucuna uygulanan Na-K ve SiO₂ jeotermometre sonuçlarının ortalamalarıyla (135°C) uyumlu olduğu belirlenmiştir. Bu durum Karaali sıcaksuunun sırasıyla %18 sıcak ve %82 soğuksu karışımından oluşabileceğini ortaya koymaktadır.

Bu incelemenin sonucu, Karaali Köyü civarında daha yüksek sıcaklıklı bir su elde edebileceğini düşündürmektedir. Karışım hesabı, jeotermometre ve SEKM'yle desteklenen bu düşüncenin diğer araştırmalarla da desteklenmesi gerekmektedir. Bunun için Karaali Köyü civarında daha ayrıntılı jeolojik haritalama çalışmaları gerçekleştirilmelidir. Haritalama çalışmasını takiben sıcaksu sistemini oluşturan örtü kaya, rezervuar kaya, ısı kaynağı (magmatik sokulum, jeotermal gradyan), fay hatları vb. gibi parametreler jeofizik çalışmalarla ortaya konmalıdır. Alanda yer alan sıcak ve soğuk su kuyularından kimyasal amaçlı su örneklemesinin yanı sıra, suyun kökenini ve yaşını belirlemeye yönelik izotop analizlerinin de yapılmasının yararlı olacağı düşünülmektedir. Bütün bu çalışmaların ardından üretim kuyusu açmadan önce, bir araştırma kuyusuyla en üstte yer alan Pliyosen yaşlı çökeller ve altındaki kireçtaşları kapalı borularla geçilerek, kireçtaşının altındaki marnların içinde olduğu düşünülen fay hattı yakalanarak buradan soğuksu karışmamış sıcaksu yüzeye ulaştırılmalıdır.

EXTENDED SUMMARY

Karaali hot water is located 32 km south-eastern of Şanlıurfa Province, in Karaali Village at the eastern part of Yardımcı County. In the field, hot water has been encountered during the drilling studies to get cold water. After that, 3 drilling wells having the depth of 138-198 m for the hot water have been carried out by the private enterprise. The discharge and temperature of hot waters obtained from these wells are 20-36 l/sec and 41.5-49.0°C, respectively. Drilling logs have shown that the hot water has been obtained from limestone used extensively for production of cold water. Hot waters in the field are nearby of the fault lines. It has been considered that ascending hot water throughout these fault lines is spreading into limestone aquifer by mixing with cold water,

and because of this process temperature of hot water is declined. Cold waters from wells drilled by DSİ (State Hydraulic Works) in this aquifer have the temperature of 19-2 ° C. Determination of the temperature of Karaali hot water before mixing has been purposed by this investigation.

In the scope of that, initial (before mixing with cold water) chemical composition of Karaali hot water has been tried to determine by using of the chemical analyses results of the cold and hot waters in the region. Firstly, besides of estimated reservoir temperature (ERT) of the hot water, 18% hot and 82% hot water mixing ratio has been established by using of silica-enthalpy mixing model (SEMM) and Cl-enthalpy graph. Initial (not mixing with cold water) chemical composition of hot water has been determined using of these ratio in mixing calculation. This initial chemical composition used in geothermometer equations and ERT has been calculated. Afterwards, TRS' results determined by SEMM and geothermometer have been interpreted.

Fırat Formation, aged Upper Eocene and Lower Miocene and composed of limestone with fractured-jointed and solution channels, outcrops at the eastern part of Karaali Village and this formation constitutes the reservoir rocks of hot water.

While heated waters in deep ascend throughout fault lines, hot waters spread into limestones which contain cold water. Hot waters are run into wells at the eastern part of Karaali Village, on contrary of this, cold waters at the western part (Uzel and Kalkan, 1992). It is considered that this situation is related to the hot water flow increased at graben boundary because of the fault line at the eastern part, or magmatic intrusion formed by the expansion of the eastern fault (Uzel and Kalkan, 1992). Although magmatic activity is not observed nearby vicinity, products of Karacadağ Volcanism outcrop around

the Şanlıurfa-Mardin highway.

Chemical analyses of the waters (Table 1) have indicated that the type of the cold and hot waters are CaCO_3 . Despite cold waters show typical CaCO_3 character, especially NaCl is also high in hot waters besides of CaCO_3 . The cation-anion orders show that the Na and Cl are the second high constituents after Ca and HCO_3 (Refer to Table 1). It is considered that the origin of the hot water mixing with cold water may be NaCl type water.

The silica-enthalpy mixing model (SEMM), which is more reliable than cation geothermometers, has been applied to cold and hot waters in order to calculate TRS. SiO_2 concentrations of waters and enthalpy values (*which are determined by using of temperature of waters in relating tables in Robertson (1985)*) have been used in SEMM. TRS has been calculated by SEMM as 132°C (Figure 2). This ERT value (132°C) is quite harmonious with the average of the Na-K and SiO_2 geothermometers' results (138°C and 132°C , respectively; $[(138^\circ\text{C}+132^\circ\text{C})/2=135^\circ\text{C}]$) which were applied to 18% hot and 82% cold water mixing. This situation supports that the Karaali hot water is composed of the mixing of the 18% initial hot water and 82% cold water.

Results of this study have showed that hotter water can be obtained in the vicinity of Karaali Village. This idea, inspected by mixing calculation, geothermometers and SEMM, has to be supported by the other investigations. For this, detail mapping studies must be realized around the Karaali Village. After mapping studies, cap rock, reservoir rock, heat source (magmatic intrusions, geothermal gradient), fault lines and etc. parameters forming the hot water system must be verified by the geophysical investigations. After the all these studies, an investigation well has to be drilled before production well. The upper units (Pliocene units)

and limestones have to be passed with casing to detect fault zone and to determine the hot water which is not mixing with cold water.

Key words: geothermometer, hot water, Karaali, mixing, Şanlıurfa.

KATKI BELİRTME

Yazarlar, makaleye yapıcı eleştirileri ile katkı sağlayan hakemler Prof.Dr. Şakir ŞİMŞEK ve Dr. Ali KOÇAK'a teşekkür ederler.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Andresdottir, A. ve Arnorsson, S., 1995. Studies of the chemical evolution of natural waters in the Hrepper-Land Geothermal Field, Iceland: An aid to geothermometry interpretation. Proceedings of The World Geothermal Congress, 18-31 May 1995, International Geothermal Association (IGA), Vol. 2, Florence, Italy, 1001-1006.
- APHA (American Public Health Association), AWWA (American Water Works Association) ve WPCF (Water Pollution Control Federation), 1989. Standard Methods for The Analysis of Water and Waste Water. APHA publication, 17th Edition, Washington DC, 1133 s.
- Arnorsson, S., 1983. Chemical equilibria in Icelandic geothermal systems, implications for chemical geothermal investigations. Geothermics, 12, 119-128.
- Arnorsson, S., Gunnlaugsson, E. ve Svavarsson, H., 1983. The chemistry of geothermal waters in Iceland, II. Mineral equilibria and independent variables controlling water composition. Geochimica Et Cosmochimica Acta, 47, 547-566.
- DSİ, 1972. Harran Ovası hidrojeolojik etüt raporu, DSİ Yayını, 49 s.

- Erişen, B., Akkuş, İ., Uygur, N. ve Koçak, A., 1996. Türkiye Jeotermal Envanteri. MTA Genel Müdürlüğü, Ankara, 480 s.
- Fournier, R.O. ve Potter, R.W., 1982. A revised and expanded silica (quartz) geothermometer. *Geoth.Res.Council Bull.*, 11-10, 3-12.
- Fournier, R.O., 1973. Silica in thermal waters: laboratory and field investigations. *Proceedings of the International Symposium on Hydrogeochemistry and Biochemistry, Tokyo, Vol.1, Clark Co., Washington D.C.*, 122-139.
- Fournier, R.O., 1979. A revised equation for the Na/K geothermometer. *Geoth.Res.Council, Transactions*, 3, 221-224.
- Fournier, R.O., 1991. Water Geothermometers Applied to Geothermal Energy. In: *Application of Geochemistry in Geothermal Reservoir Development*. Rome, F.D'amore (Co-Ordinator), UNITAR/UNDP Publications, 37-69.
- Giggenbach, W.F., 1980. Geothermal gas equilibria. *Geochimica Et Cosmochimica Acta*, 44, 2021-2032.
- Giggenbach, W.F., 1981. Geothermal mineral equilibria. *Geochimica Et Cosmochimica Acta*, 45, 393-410.
- Giggenbach, W.F., Gonfiantini, R., Jangi, B.L. ve Truesdell, A.H., 1983. Isotopic and chemical composition of Parbatia Valley geothermal discharges. *NWHimalaya, India, Geothermics*, 12, 199-222.
- Kalkan, İ. ve Uzel, Ö.F., 1993. Şanlıurfa-Yardımcı-Karaali sıcaksu sondajı kuyu bitirme raporu. MTA Derleme No: 9554, 8 s.
- Nieva, D. ve Nieva, R., 1987. 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.
- Robertson, J.M. (Editor), 1985. *Fluid-Mineral Equilibria in Hydrothermal Systems*. Society of Economic Geologist, Reviews in Economic Geology, Vol. 1, 267 p., USA.
- Tonani, F., 1980. Some remarks on the application of geochemical techniques in geothermal exploration. *Proceedings, Adv. Eur. Geoth. Res.*, 2nd Symp., Strasbourg, 428-443.
- Truesdell, A.H. ve Fournier, R.O., 1976. Calculations of deep temperatures in geothermal systems from the chemistry of boiling spring waters of mixed origin. *Proceedings of 2nd United Nations Symposium on The Development and Use of Geothermal Resources*, 1, 837-844.
- Tümer, T., 1987. Akçakale Grabeni'nin yapısal stratigrafik özellikleri ve petrol potansiyeli, Türkiye 7. Petrol Kongresi, Ankara.
- Uzel, Ö.F. ve Kalkan, İ., 1992. Şanlıurfa-Yardımcı-Karaali kaplıcası hidrojeoloji etüdü, MTA Derleme No: 9419, 8 s.

Ek 1. Rezervuar sıcaklığı tahmininde kullanılan jeotermometre eşitlikleri.

Appendix 1. Geothermometer equations used for estimation of the reservoir temperature.

Jeotermometre Numarası ve Eşitliği	Uygulama Aralığı	Referans
<<< KATYON JEOTERMOMETRELERİ >>>		
• Na-K jeotermometreleri:		
T1 $t^{\circ}\text{C} = 856/[0.857+\log(\text{Na/K})]-273.15$	$>150^{\circ}\text{C}$	(1)
T2 $t^{\circ}\text{C} = 883/[0.780+\log(\text{Na/K})]-273.15$		(2)
T3 $t^{\circ}\text{C} = 933/[0.993+\log(\text{Na/K})]-273.15$	$25-250^{\circ}\text{C}$	(3)
T4 $t^{\circ}\text{C} = 1319/[1.699+\log(\text{Na/K})]-273.15$	$250-350^{\circ}\text{C}$	(3)
T5 $t^{\circ}\text{C} = 1217/[1.483+\log(\text{Na/K})]-273.15$	$>150^{\circ}\text{C}$	(4)
T6 $t^{\circ}\text{C} = 1178/[1.471+\log(\text{Na/K})]-273.15$		(5)
T7 $t^{\circ}\text{C} = 1390/[1.750+\log(\text{Na/K})]-273.15$		(6)
<<< SİLİS JEOTERMOMETRELERİ >>>		
• Kuvars jeotermometreleri:		
T8 ^a $t^{\circ}\text{C} = C_1 + C_2S + C_3S^2 + C_4S^3 + C_5\log S$	$0-350^{\circ}\text{C}$	(7)
T9 $t^{\circ}\text{C} = 1309/[5.19-\log\text{SiO}_2]-273.15$	$0-250^{\circ}\text{C}$ (buhar kaybı yok)	(8)
T10 $t^{\circ}\text{C} = 1522/[5.75-\log\text{SiO}_2]-273.15$	$100-250^{\circ}\text{C}$ (en çok buhar kaybı)	(8)
Açıklamalar: Eşitliklerde yer alan iyon derişimleri mg/l'dir. (a) $C_1=-4.2198*10^1$, $C_2=2.8831*10^{-1}$, $C_3=-3.6686*10^{-4}$, $C_4=3.1665*10^{-7}$, $C_5=7.7034*10^1$, (S=SiO ₂ derişimi); (1) Truesdell ve Fournier (1976); (2) Tonani (1980); (3) Arnorsson (1983); (4) Fournier (1979); (5) Nieva ve Nieva (1987); (6) Giggenbach vd. (1983); (7) Fournier ve Potter (1982); (8) Fournier (1973).		

İlyaslar Köyü (Kırkağaç-Manisa) Dolayında Yüzeyleyen Tüflerin Petrografik Özellikleri

The Petrographical Features of Tuffs outcropping in the vicinity of İlyaslar Village (Kırkağaç-Manisa)

Ender Sarıfakıoğlu

MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, 06520 Ankara

ÖZ

Kırkağaç (Manisa) İlçesinin doğusunda, geniş alanlar kaplayan Neojen'in karasal sedimanter kayaçları ile arakatmanlı tuf düzeyleri mevcuttur. Tuf örneklerinde yapılan mikroskopik incelemelerde, hazırlanan betimleme kriterleri baz alınarak ayrıntılı petrografik gözlemler yapılmıştır. Çalışmalar sonucunda, çoğunlukla dasitik vitrik (kül) tuf tespit edilmiştir. Bazen kristal tuf ve litik tuf adlanması da yapılmıştır. Kayaçların mineral içeriğine göre incelenen tüflerin dasitik volkanizma ile ilişkili olduğu anlaşılmıştır. Az miktarda, andezitik volkanizmanın ürünü olan tuf örnekleri de gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Pirojenik bileşenler, Pirojenik kristaller, Kayaç kırıntıları, Vitrik (kül) tuf , Kristal (kül) tuf

ABSTRACT

The terrigenous sedimentary rocks of Neogene intercalated with tuffs are widespread in the west of Kırkağaç (Manisa). According to detail petrographical studies, the tuff samples are generally named as dasitic vitric ash tuff considering principles of description. The crystal tuff and lithic tuff are occasionally described. Tuffs are determined to have dasitic character according to diagram showing mineral compositions but some tuff samples represent the products of andesite volcanism.

Key words: Pyrogenetic components, Pyrogenetic crystals, Lithic component, Vitric (ash) tuff, Crystal (ash) tuff

GİRİŞ

Volkanlardan katı malzemeler şeklinde çıkan piroklastiklerin (volkan bombası, lapilli, kül, toz) karasal ya da denizel-gölsel ortamlarda birikmesi ile hem volkanik hem de sedimanter işlemlerin etkisinde kalarak oluşan kayaçlara piroklastik kayaçlar denir. Piroklastik kayaçların oluşumunda volkanik ve sedimanter koşulların her ikisinin de etkili olması nedeniyle piroklastik malzemenin yanında litoklastiklerin varlığı olağandır. Litoklastikler, volkanoklastikler olabileceği gibi temeldeki kayaçların

(sedimanter, metamorfik, magmatik) parçacıkları da olabilir.

Başlıca piroklastik kayaçlar; aglomeralar, tüfler ve igrimbritlerdir. Aglomeralar, blok veya çakıl boyutundaki köşeli volkanik kaya parçalarının volkanik kül matriksi tarafından tutturulmasıyla oluşmuştur. Vitroklastik doku sunan tüfler, vitrik küllerden oluşan matriks içerisinde cam parçacıkları, kristaller ve kayaç parçacıkları içerir. Fyameler (volkanik cam/pumis) içeren igrimbritler , özel bir tuf çeşidi olup kaynaklanmış kristal-litik tüflerdir.

Üst üste biriken sıcak volkanik materyal (özellikle cam parçacıkları) basınçtan dolayı sıkışıp lehimleşir ve genellikle akma yapısı kazanır (Fisher, 1961; Speranskaya, 1966; Mc Phie, et al, 1993; Erkan, 1994). Tüfler ile ignimbritler ardışık seviyeler oluşturabilir. Her iki kayaç türü, fiziksel ve kimyasal aşınma-bozuşmaya karşı farklı direnç gösterdiklerinden Kapadokya Bölgesindeki Peribacalar gibi doğal yapıtlar meydana gelebilir (JMO, 2004).

Çizelge 1. İnceleme alanındaki tüflerin petrografik adlamasında uygulanan mikroskobik çalışma yöntemi.

Table 1. The microscope study method for petrographical classification onto tuffs from the studied area.

Yer	:
Pafta	:
Kesit No	: Kayacın Adı
1. Pirojen / Juvenil bileşenler	
1.1. Volkan Camı	
1.2. Pomza	
1.2.1.	En büyük tane boyu
1.2.2.	Ortalama (olağan) tane boyu
1.2.3.	Tane şekli
1.2.4.	Yuvarlaklık derecesi
2. Pirojen / Juvenil Kristaller	
2.1.1. Türü	
2.1.2. Yüzdesi	
2.1.3. Şekli	
2.1.4. Boyutları	
Kayaçta bulunan mineral yüzdeleri, QAPF (Streckeisen, 1979) diyagramına aktarıl dığında tüfü oluşturan volkanik faaliyetteki magma bileşimi bulunabilir.	
3. Kayac kırıntıları / Litik bileşenler	
3.1. Aynı kökten volkanoklastlar	
3.1.1. Max. – min. boyutları	
3.1.2. Mineral bileşimi	
3.1.3. Dokusu	
3.1.4. Adı	
3.2. Epiklast	
3.2.1. Max. – min. boyutları	
3.2.2. Mineral bileşimi	
3.2.3. Dokusu	
3.2.4. Adı	

Bu çalışmada, Kırkağaç (Manisa) ilçesine bağlı İlyaslar köyü civarındaki piroklastik kayaçların ayrıntılı petrografik incelemesi yapılmıştır. Bu amaçla betimleme kriterleri hazırlanmış ve bu kriterler polarizan mikroskopta hassasiyetle tanımlanmıştır (Çizelge 1). Mikroskobik çalışmalar sonucunda; arazi verileri de göz önüne alınarak, inceleme alanında bulunan tüflerin detay adlaması yapılmış ve kökenleri araştırılmıştır.

BÖLGESEL JEOLJİ

Çalışma alanı, Manisa İli'nin Kırkağaç İlçesinin İlyaslar Köyü ve Süleymanlı Köyü civarında yaklaşık 100 km²'lik bir alanı kapsar (Şekil 1). Bölgede jeolojik çalışmalar ile birlikte, özellikle Akhisar-Gördes İlçeleri arasında bulunan kömür yataklarında ayrıntılı petrografik incelemeler yapılmıştır (Nebert, 1961; Gökmen, 1967; Konak ve diğ., 1980; Yağmurlu, 1984; Göktaş, 1996; Göktaş and Ünay, 2000).

İnceleme alanında, İzmir-Ankara Zonuna ait Kretase yaşlı ofiyolitik kayaçların ve fliš topluluğunun üzerinde Neojen yaşlı birimler bulunur. Bunlar, karasal ortama ait alüvyal ve gölsel sedimanter kayaçlar ile volkanik ve/veya volkanoklastik kayaçları içerir (Şekil 2; 3).

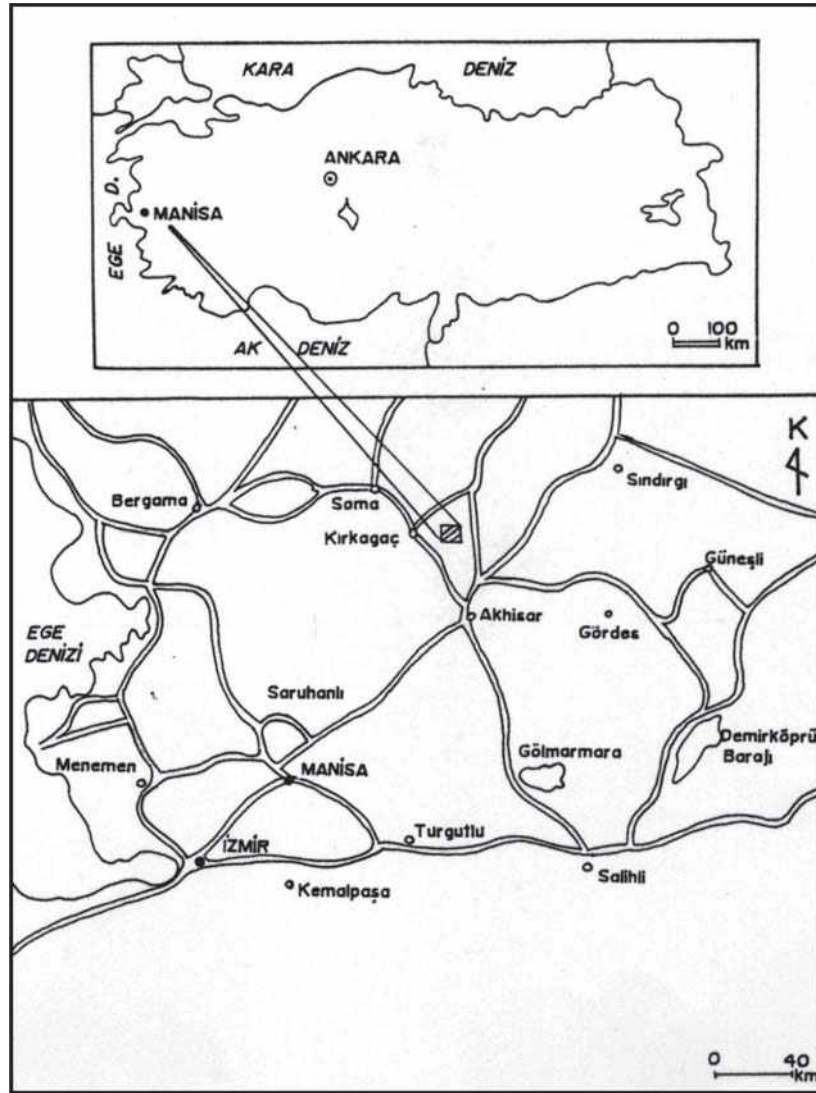
Neojen tortullaşması, Geç Erken Miyosen yaşlı gölsel Harta Formasyonu ile başlar. Alt seviyelerdeki kireçtaşları orta-kalın katmanlı olup tatlı su gastropodaları içerir. Üst düzeylere doğru ince-orta katmanlı karbonatlı silttaş-kiltaşına geçiş gösterir. 10cm-13m arasında değişen tuf aradüzeyleri içerdiği gibi bitümlü şeyl ve linyit düzeyleri de bulunur (Göktaş, 1996).

Yatağan Tüfü, uyumsuzlukla Harta Formasyonu üzerinde bulunur. Alt düzeylerde, Harta Formasyonundan türemiş silttaş ve kireçtaş kopuntuları vardır. Yatağan Tüfü, gri-beyaz renkli ve masif görünümlü asidik bileşimli tüflerle temsil edilir. Bazen irili-ufaklı pomza

parçaları içerir. Dasitik bileşimli volkanik kayalara da rastlanılmıştır. Bu birimin 17.3 0.4 Ma (Geç erken Miyosen) yaşlı olduğu tespit edilmiştir (Ercan ve diğ. 1996).

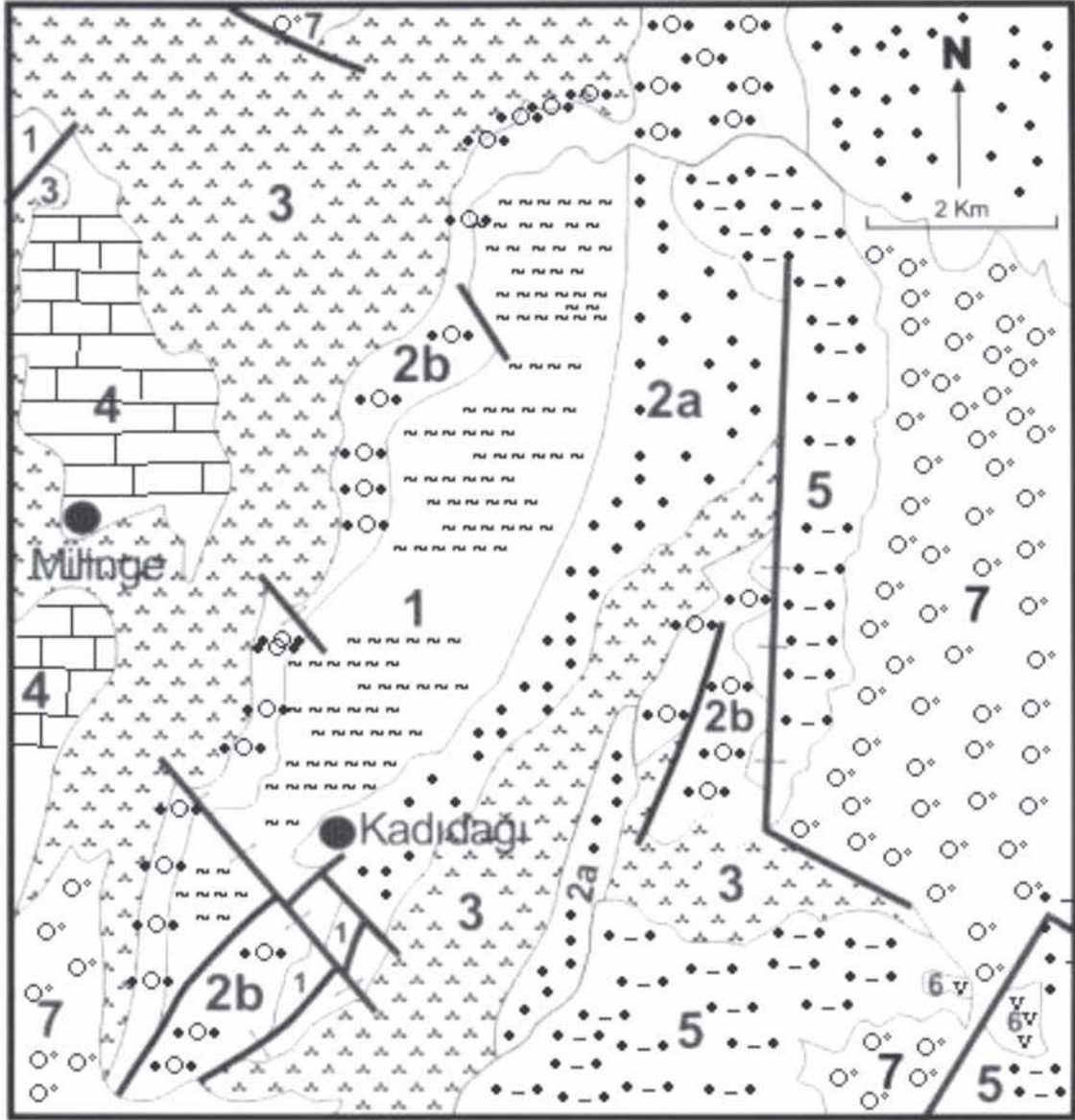
Yatağan Tüfü üzerinde uyumlu olarak bulunan Selvili Kireçtaşı, beyaz renkli ve düzgün orta katmanlı kireçtaşı ile simgelenir. Yer yer çört laminaları ve kömürlü düzeyler içerir. Tüf aradüzeylerine de rastlanılır.

Selvili Kireçtaşının üzerinde Zeytinlioiva Formasyonunun Orta Miyosen yaşlı alüviyal çökelleri ile Geç Orta Miyosen yaşlı alüviyal ve flüviyal çökelleri uyumsuzlukla bulunur (Göktaş and Unay, 2000). Altta iri bloklardan başlayarak üstte doğru çakıltaşı ve masif çamurtaşı düzeylerine geçiş gösterir. Zeytinlioiva Formasyonunu kesen Akhisar Fonolitinden 16.9 0.3 Ma yaşlı alınmıştır (Ercan ve diğ. 1996).



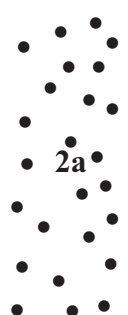
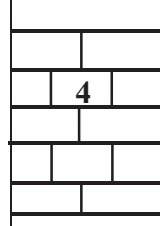
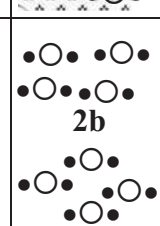
Şekil 1: İnceleme alanının yer bulduru haritası

Figure 1. The location map of the investigated area.



Şekil 2. Kadıdağ (İlyaslar Köyü) çevresinin jeoloji haritası (Göktaş, 1996'dan alınmıştır). 1) Neojen öncesi temel kayaları, 2a) Zeytinliova Formasyonu (Geç Orta Miyosen yaşlı alüviyal ve fluviyal çökeller), 2b) Harta Formasyonu (Geç Erken Miyosen yaşlı gölsel çökeller), 3) Yatağan Tüfü (Geç Erken Miyosen), 4) Selvili Kireçtaşı (Geç Erken Miyosen), 5) Alüviyal çökeller (Orta Miyosen), 6) Akhisar Fonoliti (Orta Miyosen), 7) Alüvyon.

Figure 2. The geological map of Kadıdağ (İlyaslar Village) surroundings (after Göktaş, 1996). 1) The basement rocks before Neogene, 2a) Zeytinliova Formation (Middle-Late Miocene aged alluvial and fluvial deposits), 2b) Harta Formation (Early-Late Miocene aged lacustrine deposits), 3) Yatağan Tuff (Early-Late Miocene), 4) Selvili Limestone (Early-Late Miocene), 5) Alluvial deposits (Middle Miocene), 6) Akhisar Phonolite (Middle Miocene), 7) Alluvium

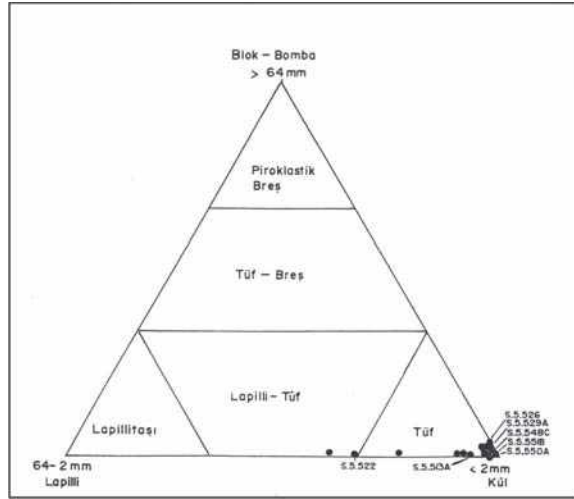
SERİ	FORMASYON	KALINLIK (m)	LİTO LOJİ	AÇIKLAMALAR
GEÇ ORTA MİYOSEN	Zeytinlioğlu	325		Genelde yeşilimsi/ mavimsi/ sarımsı gri renkli kumtaşı ve konglomera içerir. Yer yer kireçtaşı ara katmanlıdır. Bazen tüf aradüzeylelidir.
GEÇ ERKEN MİYOSEN	Selvili	Kireçtaşı 250		Kül döküntüsü tüf aradüzeylelerini içeren beyaz renkli ve orta katmanlı görsel kireçtaşı
	Yatağan Tüfü	200		Beyaz-gri renkli asidik tüf
	Harta	175		Kül döküntüsü tüf ve linyit ara düzeyleri içeren kalın-orta katmanlı görsel kireçtaşı, karbonatlı silttaşı-kiltaşı

Şekil 3. İnceleme alanının genelleştirilmiş stratigrafisi (Göktaş and Ünay, 2000).

Figure 3. The generalized stratigraphical column section of the investigated area (Göktaş and Ünay, 2000).

PETROGRAFI

Araziden derlenen 25 adet tüf örneğinin ince kesitleri yapılarak polarizan mikroskopta incelenmiştir. Başlangıçta, tüfleri oluşturan piroklastik kırıntılar; volkanik faaliyet ile türeyen juvenil bileşenler, magma ürünü pirojenik kristaller ve kayaç kırıntıları şeklinde üç ana başlık altında değerlendirilmiştir. Mikroskobik çalışmalar esnasında, Çizelge 1'de verilen betimleme kriterleri aşama aşama takip edilmiş ve tüm piroklastik örnekler üzerine uygulanmıştır. Tüfü oluşturan üç bileşenlerin tane büyüklüklerini vermek için Folk (1966)'ın tane boyu ölçümünde kullanılan değerlerinden faydalanılmış ve piroklastiklerin tane boyutlarına göre volkanoklastik kayaç adlaması yapılmıştır (Şekil 4).

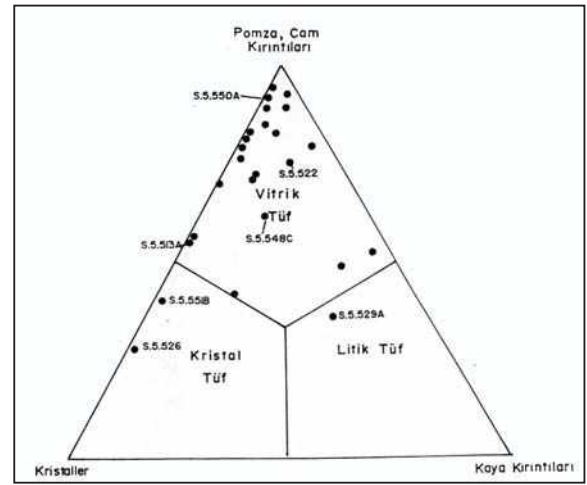


Şekil 4. İncelenen tüf örneklerinin Fisher ve Scmincke (1984) diyagramındaki dağılımı.

Figure 4. The plots of the studied tuff samples in Fisher and Scmincke (1984)'s diagram.

Üç bileşenlerin % miktarlarına bağlı olarak tüfün türünü saptamak için Pettijohn (1957)'in üçgen diyagramı kullanılmıştır (Şekil 5). İncelenen örnekler, çoğunlukla vitrik (kül) tüf olup piroklastik kırıntıların tane boyu değerleri 1/16'ın altına düştüğünde vitrik (toz) tüf adlaması yapılmıştır (Şekil 6,7,8). Kayaçların

isimlendirilmesinde önemli rol oynayan ana mineraller, magmanın bileşimini karakterize eder ve petrografik olarak sınıflandırılmasında esas teşkil eder. Bu nedenle, tüf örneklerinin pirojen mineral içeriğine bağlı olarak magmanın bileşimi (dasitik vitrik-lapilli tüf gibi) bulunmaya çalışılmıştır (Şekil 9). Özellikle vitrik (toz) tüflerde, felsik minerallerin çokluğu gözlenir ama tane boyu çok küçük olduğu için feldspatların türü saptanamaz. Ancak, volkanizmanın asidik karakterli olduğu söylenebilir.



Şekil 5. İncelenen tüf örneklerinin Pettijohn (1957) diyagramındaki dağılımı.

Figure 5. The plots of the investigated tuff samples in Pettijohn (1957)'s diagram.

Çizelge 2'deki incelenen piroklastik kayaçlardan seçilen 7 örnekte gözleendiği gibi tüfün genellikle ana bileşenini volkan camı oluşturmaktadır. Volkan camı, matriksi oluşturan volkan tozu şeklinde olup az miktarda cam kırıntıları şeklinde de gözlenebilmektedir. Volkan camı, kısmen veya tamamen kil minerallerine dönüşmüştür. Bazende ikincil karbonat mineralleri tarafından ornatılmıştır. İncelenen tüf örnekleri yer yer %35'e varan pomza kırıntıları içermektedir. Pomza kırıntılarının ortalama tane boyu, 0.310 mm olup en büyük tane boyu ise 3 mm dir. Pomza kırıntıları bazen kil minerallerine altere olmuştur. Bununla beraber birkaç örneğin pomza olarak adlandırılabilir kadar

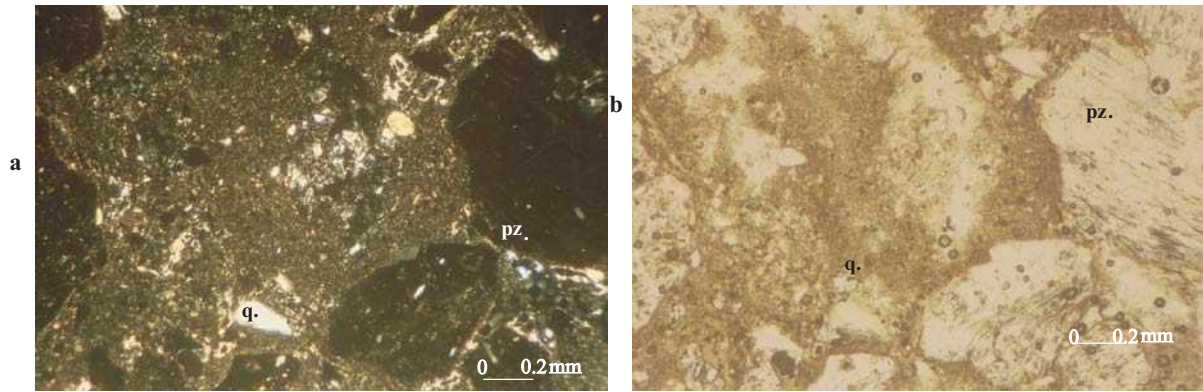
süngerimsi doku sunan volkan camından ibaret olduğu gözlenilmiştir. Yer yer daha sonraki aşamada gelen karbonatlı eriyikler süngerimsi doku sunan pomzayı ornatmıştır (Şekil 10). Çok ender olarak perlit kırıntıları da vardır.

Tüf örneklerinde, pirojen / juvenil kristaller olarak felsik mineraller ve mafik mineraller bulunmaktadır. Felsik minerallerden kuvars, plajiyoklas (oligoklas, andezin) ve çok az miktarda sanidin kristalleri gözlenmiştir. Mafik mineraller olarak biyotitler, amfibollere nazaran daha fazladır. Kayaçta bulunan mineral yüzdeleri QAPF (Streckeisen, 1979) diyagramına aktarıldığında tüfü oluşturan volkanizmanın dasitik bileşimli olduğu ve bazen andezitik karakter sunduğu anlaşılmıştır. Bununla beraber, inceleme alanının güneydoğusunda, Gördes (Manisa) civarında, pirojen kristaller olarak kuvars ve alkali feldspat (sanidin) kristalleri içeren riyolitik vitrik (kül) tüflerin olduğu ve

zeolit açısından işletilebilir yatakların varlığı önceki çalışmalarda belirtilmiştir (Sarıfakioğlu ve Türkbileği, 1990).

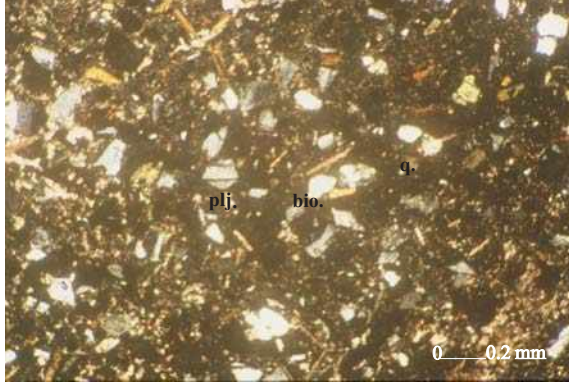
İncelenen piroklastik kayaçlarda, bazen gözlenen kayaç kırıntıları genellikle aynı kökten volkanoklastlar şeklinde olup bunlar hyaloporfirik, hyalomikrolitik porfirik veya mikrogranül doku sunan felsik minerallerden oluşmuş volkanoklastlardır. Yok denecek kadar az olan epiklastlar ise lepidoblastik dokulu şist yada granoblastik dokulu gnays kırıntılarıdır.

Mikroskobik çalışması yapılan bazı tüf örneklerinde, alttan üste doğru ortaça-kaba taneden ince taneye doğru normal bir derecelenme olduğu izlenmiştir (Şekil 11). Altta pirojen kristallerin ve kayaç kırıntılarının varlığı, üste doğru ise volkanik camın (matriks şeklinde) arttığı gözlenmiştir (Şekil 12).



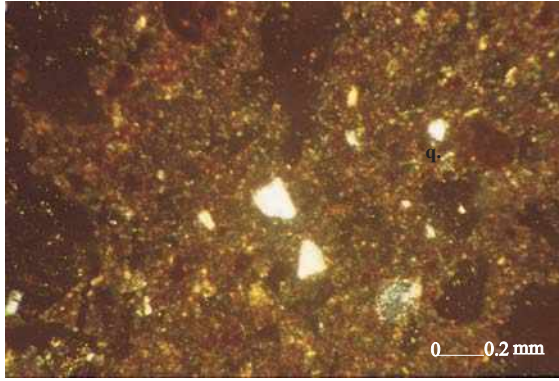
Şekil 6: Dasidik vitrik (kül) tüf içerisindeki pomza kırıntılarının mikroskobik görüntüsü (a: çift nikol; b: tek nikol; pz:pomza kırıntısı; q: kuvars).

Figure 6. Microscopic views of pumice fragments in Dasitic vitric (ash) tuff (a: cross nicol; b: paralel nicol; pz: pumice fragments; q: quartz).



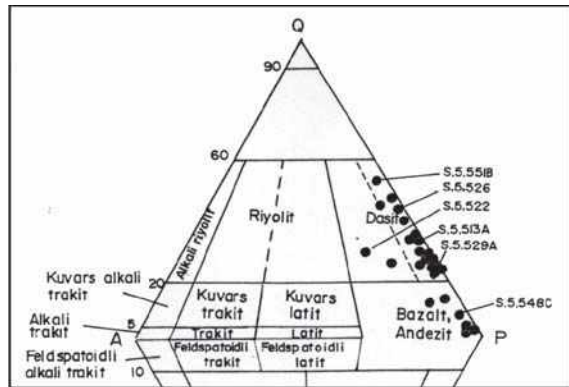
Şekil 7: Dasitik vitrik (kül) tüfün mikroskobik görüntüsü (q: kuvars; plj: plajiyoklas; bio: biyotit).

Figure 7. Microscopic views of Dasitic vitric (ash) tuff (q: quartz; plj: plagioclase; bio: biotite).



Şekil 8: Asidik vitrik (toz) tüfün mikroskobik görüntüsü (q: kuvars).

Figure 8. Microscopic views of Asitic vitric (dust) tuff (q: quartz).



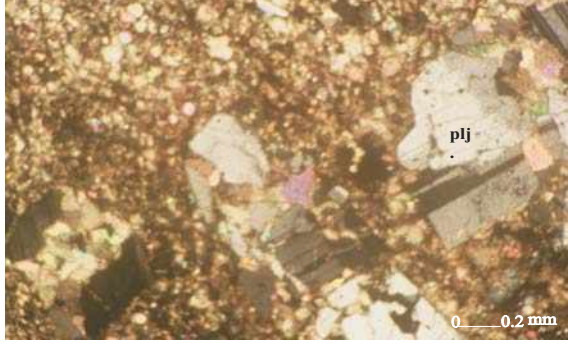
Şekil 9. Streckeisen (1979) diyagramını kullanarak incelenen tüf örneklerinin mineral içeriğine göre bileşimi.

Figure 9. Mineralogical composition of the studied tuffs in Streckeisen (1979)'s diagram.

Çizelge 2. İncelenen piroklastik kayaların üç uç bileşenlerinin içerikleri ve petrografik tanımlaması.

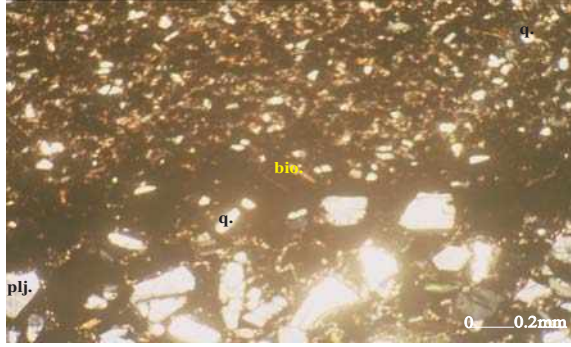
Table 2. The contents of the three edges components and petrographical description of the studied tuffs.

Yer, Patla, Kesit No	Kayac Adı	Pirojenik / Juvenil Bileşenler	Pirojenik / Juvenil Kristaller	Tane Boyu (mm)	Kayac Kırıntıları / Litik Bileşenler	Epilitast
Habşler KD. 'su J19-c4 S.5.513A	Dasitik Vitrik (Kül) Tuf	%20 volkan camı %34 pomza	%8 Q %19 Plj. %16 Bio. %3 Amf.	0.88-0.496 0.048-1.128 0.056-0.840 0.056-1.280	İki tane hyaloporfirik dokulu asidik kökenli volkanoklast	
Selvi Köyü J19-c4 S.5.529A	Dasitik Vitrik (Kül) Tuf	%80 volkan camı	%2 Q %10 Plj. %6 Bio. %3 Amf.	0.024-0.200 0.024-1.000 0.032-0.296 0.032-0.296		
Selvi Köyü J19-c4 S.5.529A	Dasitik Litik (Kül) Tuf	%38 volkan camı	%7 Q %10 Plj. %2 Bio. %3 Amf.	0.240-0.736 0.120-0.840 0.104-1.500 0.160-0.960	%40 hyaloporfirik dokulu asidik kökenli volkanoklast (0.240- 1.160 mm)	%2 lepidoblastik dokulu sist parçası (0.440-0.664 mm)
Kadidağ K'i J19-c4 S.5.550A	Asidik Vitrik (Toz) Tuf	%85 volkan camı %9 pomza	%4 felsik mineraller, birtak tane mika	0.024-0.264	%2	
Gökçe Mehmeti K'i J19-c4 S.5.522A	Dasitik Vitrik - Lapilli Tuf	%70 volkan camı %7 pomza	%5 felsik mineraller, %3 mika	0.064-1.008	%10 hyaloporfirik dokulu asidik kökenli volkanoklast (0.184- 0.760 mm)	%4 lepidoblastik sist ve tanecik dokulu peridotit parçası (0.160mm-1cm)
Gökçe Mehmeti K'i J19-c4 S.5.548C	Nögr (Andezitik) Vitrik (Kül) Tuf	%60 volkan camı	%16 Plj. %6 Bio. %3 Amf.	0.032-0.736 0.048-0.656 0.048-0.656	%5 hyaloporfirik dokulu volkanoklast	%10 mikropar dokulu kırcı parçası
Musalar G'i J19-c4 S.5.526	Dasitik Kristal (Kaba Kül) Tuf	%28 volkan camı	%30 Q %30 Plj. %4 Bio.	0.080-1.280 0.080-1.280 0.041-1.44		
Gökçe Mehmeti K'i J19-c4 S.5.551B	Dasitik Kristal (Kül) Tuf	%39 volkan camı %1 pomza Birtak tane perlit	%8 Amf. %23 Q %20 Plj. %10 Bio.	0.072-0.680 0.695-1.950 0.065-3.150 0.078-3.150	%2 hyalomikrokritik porfirik dokulu asidik kökenli volkanoklast	%1 lepidoblastik dokulu sist parçası



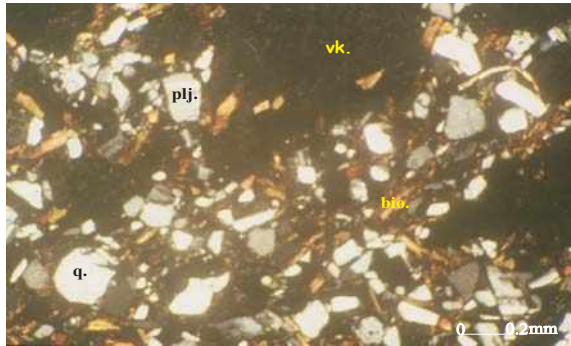
Şekil 10: İkincil kalsit mineralleri tarafından gaz boşlukları işgal edilmiş pomza örneğinin mikroskopik görüntüsü (plj: plajiyoklas).

Figure 10. Microscopic views of pumice samples of which gas pores are occupied by secondary calcite minerals.



Şekil 11. Dasitik vitrik (kül) tuf ile vitrik (toz) tufün aralanmasının mikroskopik görüntüsü (q: kuvars; plj: plajiyoklas; bio: biyotit).

Figure 11. Microscopic views of alternating Dasitic vitric (ash) tuff with Dasitic vitric (dust) tuff.



Şekil 12: Dasitik litik (kül) tufün mikroskopik görüntüsü (q: kuvars; plj: plajiyoklas; bio: biyotit; vk: volkanoklast).

Figure 12. Microscopic views of Dasitic lithic (ash) tuff (q: quartz; plj: plagioclase; bio: biotite; vk: volcanoclast).

SONUÇLAR

- İlyaslar Köyü (Kırkağaç Manisa) dolayında Neojen (Alt Miyosen)'in kırıntılı ve karbonatlı kayaç birimleri ile arakatmanlı tuf düzeyleri mevcuttur.
- Piroklastik kayaçların üzerinde ayrıntılı petrografik çalışmalar yapabilmek için betimleme kriterleri hazırlanmış ve bunlar polarizan mikroskopta incelenmiştir.
- Bu çalışmalar neticesinde; piroklastik kayaçların çoğunlukla dasitik vitrik (kül) tuf olduğu tespit edilmiştir. Asidik vitrik (toz) tuf, dasitik kristal (kaba kül) tuf, dasitik litik (kül) tuf ve dasitik vitrik lapilli tuf de saptanmıştır.
- İncelenen tuf örneklerinin kuvarsofelsik mineral içeriğine bağlı olarak tüf oluşturulan volkanizmanın asidik (dasitik) bileşimli olduğu anlaşılmıştır. Bununla beraber, az miktarda ortaç bileşimli (andezit) volkanizma ürünü olan tüfler de tespit edilmiştir.
- Yapılan petrografik çalışmalarda, piroklastik malzemenin gölsel ortamda birikmesi esnasında, zaman zaman epiklastik malzeme ile karıştığı ve tabandan üstte doğru iyi bir boyanma sunduğu anlaşılmıştır. Alt seviyelerdeki ortaç-kaba taneli vitrik (kül) tuf, kristal (kül) tuf, litik (kül) tuf ve vitrik lapilli tuf gibi kristal ve/veya kayaç kırıntılarından oluşan tüflerin üstte doğru ince taneli volkan tozundan oluşan vitrik (toz) tüflere geçiş yaptığı izlenmiştir.
- İncelenen piroklastik kayaçlar, bazen %35'e varan pomza kırıntıları içermektedir. Bazı örnekler, pomza olarak adlandırılabilir özelliktedir. Pomza, endüstride en çok hafif beton üretiminde kum yerine kullanılmaktadır. Bu nedenle petrografik incelemesi yapılan örneklerin teknolojik özellikleri araştırıldıktan sonra inşaat sektöründe dere kum-çakıl malzemesine alternatif olarak yapı malzemesi (sıva) yapımında kullanılabilir (Sarıkakıoğlu, 1995).

KATKIBELİRTME

Mikroskobik çalışmalarım esnasında izlenecek adımlar konusunda kritiklerinden yararlandığım, ilaveten arazi gözlemleri ile de katkılarda bulunan Jeo. Yük. Müh. Fikret GÖKTAŞ'a şükranlarımı sunarım. Bu makaleyi okuyarak değerli görüşlerini bildiren Prof. Dr. Abidin TEMEL ve Dr. Eşref ATABEY'e teşekkür ederim.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Ercan, T., Satır, M., Sevin, D. ve Türkecan, A. 1996. Batı Anadolu'daki Tersiyer ve Kuvaterner yaşlı volkanik kayalarda yeni yapılan radyometrik yaş ölçümlerinin yorumu, *MTA Derg.*, 119, 103-112.
- Erkan, Y. 1994. Magmatik Petrografi. Hacettepe Üniv. Müh. Fak. Jeoloji Müh. Böl. Ders notları, 149 s. Ankara
- Folk, R.L. 1966. A review of grain-size parameters. *Sedimentology*, 6, 73-93.
- Fisher, R.V. 1961. Proposed classification of volcanoclastic sediments and rocks. *Geol. Soc. Amer. Bull.* 72, 1409-1414.
- Fisher, R.V. and Smincke, H.U. 1984. Pyroclastic Rocks: *Springer-Verlag*, New York, 409p.
- Gökmen, V. 1967. Çıtak (Akhisar-Manisa) civarındaki linyit ihtiva eden Neojen sahasına ait jeolojik rapor. MTA Rapor no: 4020 (yayınlanmamış).
- Göktaş, F. 1996. Gördes Neojen Havzasının Jeolojisi. MTA rapor no: 9931 (yayınlanmamış).
- Göktaş, F. And Ünay, E. 2000. The stratigraphy of the NW parts of the Akhisar (Manisa) Neogene basin, *IESCA*, Inter. Earth Scien. Congress on Aegean Region, Abstracts, 72.
- Jeoloji Mühendisleri Odası, 2004. Kapadokya'nın Tarihi, Jeolojik Özellikleri ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri (Karain-Sarıhıdır-Tuzköy Örneği) Teknik Gezi Kitabı. *Teknik Geziler Serisi* -2. 35 s. Ankara
- Konak, N., Akdeniz, N. ve Armağan, F. 1980. Akhisar, Gölarmara, Gördes, Sındırgı (Manisa) dolayının jeolojisi. MTA Rapor no. 6916 (yayınlanmamış).
- McPhie, J., Doyle, M. and Allen, R. 1993. Volcanic Rocks. University of Tasmania. 191 p.
- Nebert, K. 1961. Linyit ihtiva eden Çıtak Neojen Sahasının (Akhisar-Manisa) Jeolojik yapısı ve maden jeolojisi durumu hakkında rapor. MTA Rapor no. 2928 (yayınlanmamış).
- Pettijohn, F.J. 1957. Sedimentary Rocks, 2nd ed., New York., Harper and Row, 718 p.
- Sarıfakıoğlu, E. ve Türkbileği, H. 1990. Molla Hüseyin Damı-Fındıcak Köyü (Manisa-Gördes) civarındaki zeolitik tüflerin etüdü ve kullanılabilirliğinin araştırılması. 4. Uluslararası Seramik Teknik Kongre ve Sergisi. *TMMOB, Kimya Müh. Odası. Bildiriler Kitabı*. 337-351.
- Sarıfakıoğlu, E. 1995. Cumaovası (İzmir) asidik volkanizma ürünlerinin petrografisi ve endüstriyel hammadde açısından değerlendirilmesi. *Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu* (ed. H. Köse, M.S. Kızıl). 207-213.
- Speranskaya, I.M. 1966. Ignimbrites in the Volcanic Sequence of the Northern Coast of the Sea of Okhotsk and Their Origin. In: *Tuflavas and Ignimbrites: a survey of Soviet studies* (ed. by Earl F. Cook). American Elsevier Publishing Company, Inc. New York.
- Streckeisen, A. 1979. Classification and nomenclature of volcanic rocks, lamprophyres, carbonatites and melilitic rocks: recommendations and suggestions of the IUGS Subcommision on the systematics of igneous rocks, *Geology*, 7, 331-335.
- Yağmurlu, F. 1984. Akhisar doğusunda kömür içeren Miyosen tortullarının stratigrafisi, depolanma ortamları ve tektonik özellikleri. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni* 5, 3-20

Güney İlçesi (Denizli) Batısındaki Gölsel Kireçtaşının Fiziksel, Jeokimyasal ve Teknolojik Özellikleri

Physical, Geochemical and Technological Properties of Lacustrine Limestones in West of Güney (Denizli)

Eşref ATABEY*, M. Cemal GÖNCÜOĞLU**, Tamer TOPAL**, Cengiz ALPTEKİN***

*MTA, Jeoloji Etütleri Dairesi, 06520 Ankara

** ODTÜ, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara

*** Saltah Cad. 29'5 Denizli

E-posta: esrefatabey@yahoo.com, mcgoncu@metu.edu.tr, topal@metu.edu.tr

ÖZ

Denizli ili Güney ilçesi batısında Miyosen yaşlı gölsel kireçtaşları yüzeylemektedir. Gölsel kireçtaşları altında alüvyon yelpazesi ortamında çökelmiş olan kumtaşı, çamurtaşı yer alır. Kireçtaşları gri, bej ve beyaz, kalın tabakalı (10-15m) ve masif yapılıdır. Kireçtaşı içinde kısmen boşluklar gelişmiş olup, bu boşlukların büyük bir kısmı kalsitle doldurulmuştur. Teknolojik özellikleri desteklemek amacıyla yapılan ana oksit analizlerinde; % 0.8-1.7 SiO₂, % 0.3 Al₂O₃, % 0.1-0.2 Fe₂O₃, % 0.5-0.9 MgO, % 52-55 CaO ve %42.9-43.6 LOI saptanmıştır. İz ve çok ayrıntılı NTE analizlerinde ise ağır metallerin (Hg, Ni, Cr, Pb, As, Cd, Cu, Mo, Zn, Sb, Se, Sc) ve radyoaktif elementlerin çok düşük oranda temsil edildiği gözlenmiştir.

Kireçtaşı kireç çamurtaşı dokusu özelliğinden dolayı iyi plaka vermekte, kenar ve köşeleri dağılma göstermemekte, erime boşlukları dışında düzgün kesilme yüzeyli ve parlatılabilir özellikli olup “Kesilip Parlatılabilecek Sert Taş” sınıfına girmektedir. Silika içeriği %0.8 ila %1.5 arasında, birim hacim ağırlık ortalaması 24.73 kN/m³, ağırlıkça su emme ortalaması % 1.54, etkili gözeneklilik-porozite ortalaması % 5, kuru basınç mukavemeti ortalaması 85.8 Mpa, don kaybı ortalaması % 0.05, Böhme sürtünmeden kaynaklanan aşınmaya direnci ortalaması 0.74 cm/50 cm² olup, paslanma ortaya çıkmamaktadır. Gözeneği ve su emme miktarı az olan kireçtaşı seviyelerinin doğal yapı malzemesi olarak kullanılabilmesi mümkündür.

ABSTRACT

The lacustrine limestones of Miocene outcrop in the west of Güney town of denizli. Fluvial fan, sandstone and mudstone deposits of alluvial fan underlying lacustrine limestones. 10 to 15 m thick-bedded massive limestones are grey, beige, white, thick layered, karstic which are filled with calcite. As a result of major oxide analyses 0.8-1.7. %SiO₂, 0.3 %Al₂O₃, 0.1-0.2 %Fe₂O₃, 0.5-0.9 % MgO, 52-55 %CaO, and 42.9-43.6 % LOI. Low amount of heavy metals (Hg, Ni, Cr, Pb, As, Cd, Cu, Mo, Zn, Sb, Se, Sc) and radioactive elements were observed in the analysis of trace and detailed NTE.

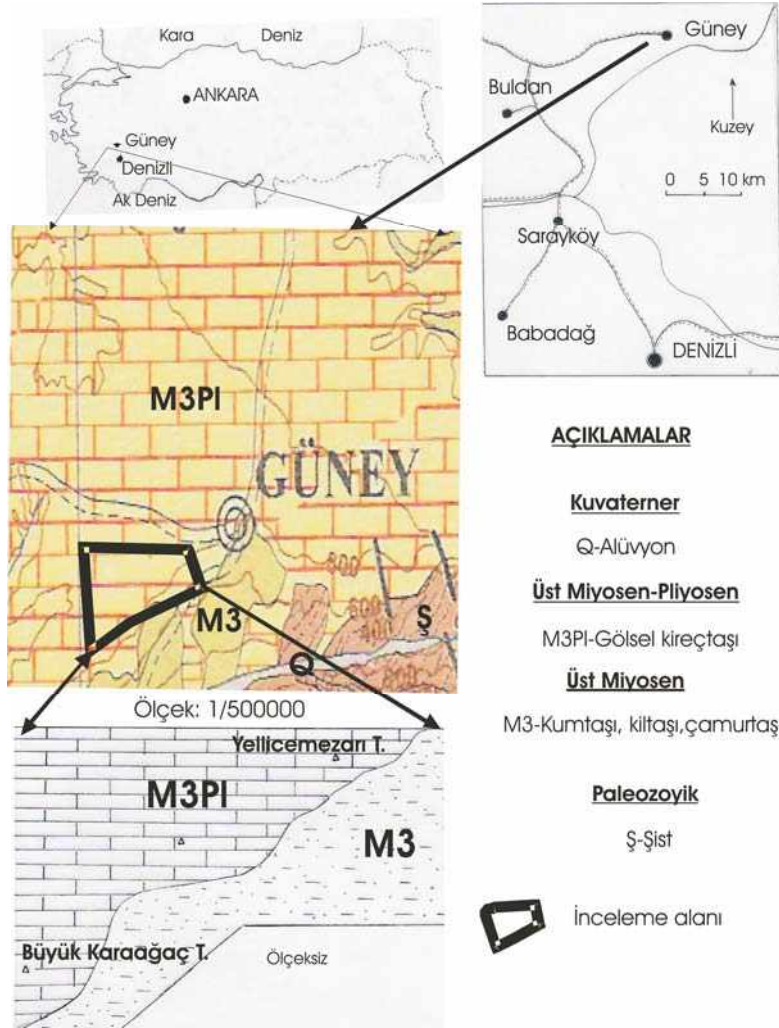
Because of micritic matrix, the limestone produces well plates with its good edges and corners no showing fragmentation and producing regular cutting surfaces except cavities holes. The rock can successfully be polished. The limestone has a unit weight of 24.73 kN/m³, water absorption by weight of 1.54%, effective porosity 5%, dry uniaxial compressive strength is 85.8 Mpa, weight loss due to freeze-thaw of 0.05, Böhme abrasion resistance of 0.74 cm/50 cm². No indication of oxidation is on the rock detected. Limestone with low effective porosity and water absorption can be used as a natural building stone.

1. GİRİŞ

İnceleme alanı Denizli iline bağlı Güney ilçesi batı ve güneybatısında yer alan Yellicemezarı Tepe ile Büyük Karaağaç Tepe arasında, 2.5 km² bir alanı oluşturmaktadır. Alanın kuzey ve batısı yatay ve az engebeli, güney ve doğu kenarı ise 20-40 m arasında falez oluşturmaktadır (Şekil 1, 2). Gölsel kireçtaşının farklı seviyelerinden temsilci petrografik, jeokimyasal ve teknolojik inceleme amaçlı

örnekler alınmıştır.

Polarizon Mikroskop altında örneklerin petrografik özellikleri belirlenmiş, teknolojik ve jeokimyasal analizleri ODTÜ ve Kanada'da yapılmıştır. İncelemenin amacı, yörede yüzeyleyen gölsel kireçtaşlarının fiziksel, teknolojik ve kimyasal özelliklerinin belirlemek ve ekonomik yönden değerlendirilebilirliği ortaya koymaktır.



Şekil 1. İnceleme alanı bulduru ve jeoloji haritası (renkli olan jeoloji haritası Konak, 2002'den düzenlenmiştir).
Figure 1. Location and geological map of the study area (colored geological map modified from Konak, 2002).

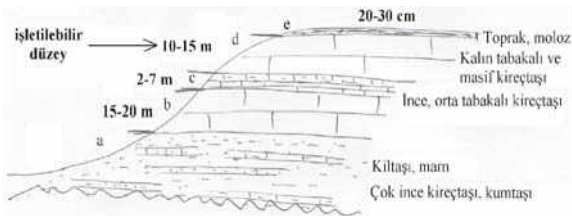


Şekil 2. İnceleme alanı güneyini sınırlayan falez boyunca gölsel kireçtaşlarının görünümü.
Figure 2. View of the lacustrine limestones along the cliff bordering south of the study area.

İnceleme alanı, Miyosen yaşlı göl havzası içerisinde yer almaktadır (Şekil 1). Göl havzası alüvyon yelpaze çökellerinden çakıltaşı, kumtaşı, kırmızı renkli çamurtaşı ile bunların üzerine gelen gölsel kireçtaşından oluşmaktadır. Kireçtaşları gri, bej ve beyaz renklerde olup kalın tabakalı ve masif yapı göstermektedir. Gevrek yapılı, çekiçle vurulduğunda zor kırılabilen niteliktedir. Erime boşlukları içerir. Bu boşluklar kalsitle doldurulmuştur. Göl havzasının derin kısımlarında ise yeşilimsi, gri renkli kiltası ve kumtaşından oluşan kaya türleri yer almaktadır.

1.2. Stratigrafik Özellikler

İnceleme konusu olan kireçtaşları, Büyük Karaağaç Tepe doğusunda, bulunan 887 m kodlu tepenin güneyinde kalan falezde çok iyi bir doğal kesit vermektedir. Bu kesit boyunca istifin en altında çamurtaşı, marn ve kumtaşından oluşan bölüm, onun üzerinde 15-20 m kalınlıkta kalın tabakalı kireçtaşı, 2-7 m ince-orta tabakalı kireçtaşı düzeyi bulunur. Daha sonra ise 10-15 m kalınlıkta kalın tabakalı ve masif yapıda kireçtaşı düzeyi yer alır (Şekil-1 ve 3).



Şekil 3. Büyük Karaağaç tepenin güney yönünden alınmış kesit (ölçeksiz).
Figure 3. Cross section from S of Büyük Karaağaç hill (not scaled).

Figure 3. Cross section from S of Büyük Karaağaç hill (not scaled).

Bu bölümde yer alan kayaların istiflenme özellikleri Şekil-4’de görülmektedir.



Şekil 4. Büyük Karaağaç tepe doğusu, 887 m kodlu nokta güneyindeki falezde istifin konumu:
 a) Kiltası, marn, b) Kalın-orta tabakalı kireçtaşı, c) İnce tabakalı killi kireçtaşı, d) Kalın tabakalı ve masif yapıda kireçtaşı (işletilebilir düzey), e) Toprak, moloz örtüsü

Bu bölümde yer alan kayaların istiflenme özellikleri Şekil-4’de görülmektedir.

Figure 4. Sequence at the cliff on S of 887 m elevation, E of Büyük Karaağaç tepe: a) Claystone, marl, b) Thick and medium layered limestone, c) Thin layered clayey limestone, d) Thick layered and massive limestone (exploitable level), e) Regolith, debris.

1.3. Yapısal Özellikler

Tanımlanan istifin en üst kısmını oluşturan kireçtaşı düzeyi, kalın tabakalı ve masif yapıdadır. Çatlaklanma ve kırılma en az seviyededir. Sert yapıda ve yer yer erime boşluklu olup, boşluklar kalsit çimento ile doldurulmuştur. Çok az boşluklu yapı göstermektedir. Genel olarak bloklu bir görüntü sunmaktadır (Şekil-5).



Şekil 5. İşletilmeye uygun masif ve bloklu karakter gösteren kireçtaşı düzeyi (Karaağaç tepe güneyindeki falez).

Figure 5. Exploitable limestone level with a massive and blocky character (cliff on S of Karaağaç hill).

2. MİNERALojİK- PETROGRAfİK TESTLER VE TANIMLAMALAR

1. PETROGRAfİ

2. 1. 1. El örneklerinin petrografik özellikleri

G1) Kireç çamurtaşı. Erime boşluklu olup boşluklar kalsit çimento ile doldurulmuştur. Örnekte %3 oranında boşluklu yapı mevcuttur (Şekil-6). Örnekte istenilmeyen volkanik, magmatik kayaç ve benzeri kaya parçası ve farklı mineraller gözlenmemiştir.

G2) Peloidli, kireç çamuru parçalı, yer yer breşik ve mikrosparitik kireçtaşı. Örnekte peloid ve küçük çamur parçaları arasındaki boşluklar kalsit dolguludur (Şekil-7). Kaya sıkı pekişmiş olup %5 oranında boşlukludur. Bu erime boşluklarının bir kısmı doldurulmamıştır.

G3) 4-10 arası kalsit kristalli mikrosparit. Örnek boşluklu olup %2-3 oranında boşluğu içerir. Boşluklar kalsit çimento ile doldurulmuştur. Taneler arasında kısmen vadoz "artlarını yansıtan çimento gelişmiştir (Atabey, 1997) (Şekil-8). Örnekte eser miktarda mangan dendritleri mevcuttur.



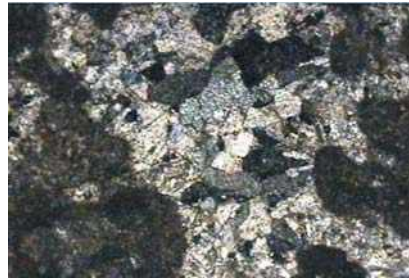
Şekil 6. Kireçtaşı örneğinde erime boşluklu doku. Boşluklar tümü ile doldurulmamış olup kaya az oranda gözeneklilik içerir (Büyütme: 10x).

Figure 6. Texture of a limestone sample with solution openings. The openings are not completely filled and so the rock has a little porosity (Enlargement: 10x).



Şekil 7. Peloidli, kireç çamurtaşı dokusunda kireçtaşı. Örnek boşluklu olup, boşluklar tamamen kalsitle doldurulmuştur. Kayada gözeneklilik bulunmamaktadır (Büyütme: 10x).

Figure 7. Peloidal limestone with a lime mudstone texture. The sample is voided and the voids are completely filled with calcite (Enlargement: 10x).



Şekil 8. Örnekte yeralan erime boşlukları tamamen kalsit çimento ile doldurulmuş olup (açık renkli alanlar) kayada gözeneklilik bulunmamaktadır (Büyütme: 10x).

Figure 8. Solution openings of the sample are completely filled with calcite cement (light colored areas) and so the rock has no porosity (Enlargement: 10x).

G4) Peloidli, küçük kireç çamuru parçalı (intraklastlı) mikrosparit dokulu kireç çamurtaşı (Dunham'a 1962 göre). Taneler arası kalsit çimento ile doldurulmuştur. Örnek pekişmiş olup %4 boşluklu yapı içerir. Çeşitli kaya parçacıkları ve mineraller gibi istenmeyen parametreler gözlenmemiştir.

G5) Kireç çamurtaşı. Örnek koyu, donuk renkli ve %7 erime boşlukludur. Boşluklar tamamen kalsit çimento ile doldurulmamıştır. Kalkrit dokusu göstermektedir (Atabey, 1997) (Şekil-9). Örnekte bitki sap ve kök izleri mevcuttur. Boşluklu yapıda istenmeyen parametre (Fe, Mn, limonit, kayaç parçası, kuvarsit) yoktur.

G6) Peloidli, küçük kireç çamuru parçalı (intraklast) tanetaşı. Örnek %5 erime boşlukludur ve boşlukların bir kısmı kalsit çimento ile doldurulmuştur. Kayada ikincil erime boşlukları mevcut olmakla birlikte istenmeyen parametre (mineraller ve kayaç parçaları) yoktur.



Şekil 9. Kireç çamurtaşı. Erime boşluklu (siyah lekeli alanlar) olup boşluklar kısmen kalsitle doldurulmuştur. Kaya gözenekli yapı gösterir (Büyütme: 10x).

Figure 9. Lime mudstone. The sample has solution openings, and these openings are partially filled with calcite. The rock has a porous fabric (Enlargement: 10x).

G7) Mikrosparit. 4-10 μ arası kalsit kristalli ve yoğun erime boşluklu. Boşluklar kalsit çimento ile doldurulmuş olup örnek %5 oranında boşluk içerir.

G8) Peloidli, küçük kireç çamur parçalı (intraklastlı) tanetaşı (Dunham'a 1962 göre). Örnek erime boşluklu ve mikrosparitik dokulu olup %4 boşluk içerir. Erime boşluklarının büyük kısmı kalsit kristallerince doldurulmuştur. Kayada eser miktarda kuvars tanesi mevcuttur.

G9) Kireç çamurtaşı. Örnek mikro çatlaklı ve erime boşlukludur. Mikroçatlak ve erime boşlukları çoğun kalsit kristallerince doldurulmuştur. Örnekte %5 oranında boşluklu ve eser miktarda mangan dendritleri mevcuttur.

2.1. 2. Blok örneklerin petrografik özellikleri

TB2) Örnek mikrosparit özellikli olup kalsit kristallerinin boyu < 5 μ 'dür. Kayada %6 erime boşluğu mevcuttur. Boşluklar kalsit çimento ile doldurulmuştur. Örnekte impürte gözlenmez.

TB3) Peloidli, küçük kireç çamur parçalı (intraklastlı) kireç-tanetaşı. Örnek erime boşluklu ve mikrosparitik dokulu olup %3 boşlukludur. Erime boşluklarının %70'i kalsit kristallerince doldurulmuş olup diğer bölümü gözenektir.

Tb4) Peloidli, küçük kireç çamuru parçalı (intraklast) kireç-tanetaşı. Örnek %5 erime boşluklu olup boşlukların bir kısmı kalsit çimento ile doldurulmuştur. Kayada istenmeyen parametre (mineraller ve kayaç parçaları) yoktur.

TB5) Peloidli, küçük kireç çamuru parçalı (intraklastlı) mikrosparit dokulu kireç çamurtaşı. Örnekte klastların arası mikritik kalsit çimento ile doldurulmuştur. Örnek %3 kadar boşluklu yapı içerir. Örnekte farklı kaya kırıntıları ve mineraller gibi istenmeyen kirleticiler yoktur.

2. Modal Birleşim

Örneklerin modal mineralojik birleşimi nokta sayma yöntemi ile gerçekleştirilmiş, her örnekte 1000 nokta sayılmış ve ağırlıklı % ortalamaları alınmıştır. Sonuçlar aşağıdaki Çizelge 1'de sunulmaktadır.

Çizelge 1. Örneklerin kalsit kuvars ve boşluk oranları**Table 1.** Calcite, quartz and void ratios of the samples

Örnek No/ Mineral %	Kalsit	Kuvars	Boşluk	Diğer
G1	96.5	0.5	3.0	0
G2	94.6	0.1	5.3	0
G3	97.2	0.2	2.6	0
G4	96.0	0	4.0	0
G5	93.3	0	6.7	0
G6	95.1	0	4.9	0
G7	97.8	0	2.2	0
G8	95.0	0.7	4.3	0
G9	97.8	0	2.2	0
TB2	94.3	0	5.7	0
TB3	97.1	0.2	2.7	0
TB4	95.1	0	4.9	0
TB5	97.1	0.5	2.4	0

Çizelge 2. Denizli-Güney örneklerinin ana oksit, eser ve NTE Element analizleri**Table 2.** Major oxide, trace and REE element analyses of Denizli-Güney samples

Oksit%	T2	T3	T4	T5	N1	N2	N3	N4	N5
SiO ₂	1,36	1,5	1,46	1,71	1,49	1,19	1,05	1,1	0,8
Al ₂ O ₃	0,3	0,36	0,15	0,43	0,28	0,3	0,31	0,19	0,26
Fe ₂ O ₃	0,13	0,16	0,09	0,2	0,18	0,12	0,11	0,18	0,21
MgO	0,5	0,51	0,37	0,59	0,44	0,51	0,39	0,47	0,58
CaO	54,15	53,54	54,09	52,81	55,11	55,32	56	54,89	53,79
Na ₂ O	< .01	< .01	< .01	0,03	0,02	0,02	< .01	< .01	< .01
K ₂ O	0,03	0,04	0,03	0,06	0,04	0,03	0,04	0,05	0,03
TiO ₂	0,02	0,02	< .01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02
P ₂ O ₅	0,02	< .01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
MnO	< .01	< .01	< .01	< .01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02
Cr ₂ O ₃	0,008	0,003	0,004	0,002	0,005	0,007	0,01	0,006	0,005
Ni	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Sc	< 1	< 1	1	2	1	1	1	1	1
LOI	43,5	43,5	43,3	43,3	43,4	43,5	42,9	43,6	43,1
TOT/C	12,1	12,19	12,1	12,1	12,14	12,16	12,14	12,18	12,21
TOT/S	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
SUM	100,02	99,63	99,52	99,17	99,47	99,51	100,09	99,86	99,39
Ba	16,4	25,4	10,2	14,7	17,1	19	13,7	14,1	17,9
Be	< 1	< 1	4	< 1	2	1	1	1	2
Co	0,8	1,1	< .5	1,2	0,9	1	1	1,4	0,7
Cs	0,5	0,9	0,3	1,1	0,7	0,6	0,4	0,9	1,2
Ga	< .5	0,7	< .5	0,5	0,8	0,7	1	0,8	0,6
Hf	< .5	< .5	< .5	< .5	< .5	< 1	< 1	< 1	< 1
Nb	0,6	0,7	0,5	0,9	0,7	0,6	0,4	0,5	0,7
Rb	2,3	4,4	1,1	5,5	3,7	4,1	2,9	4,2	3,9
Sn	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Sr	396,5	442,9	322,9	489	427	402	399,6	401,5	512,2
Ta	< .1	< .1	< .1	< .1	< .1	< .1	< .1	< .1	< .1
Th	0,7	1,6	0,3	1	0,9	0,8	1,9	1,6	0,8
U	0,3	0,2	0,3	0,3	0,1	0,3	0,2	0,1	0,2
V	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
W	0,1	< .1	0,3	0,2	0,4	0,3	0,4	0,3	0,1
Y	1,5	1,1	0,7	1,4	0,9	1,1	1,2	2,1	0,4
Zr	8,7	9	6,5	10,5	9,4	11,1	9,7	8,3	6,7
La	1,8	1,7	1	2,3	2,1	1,8	1,2	2,1	0,8
Ce	3	3,5	1,7	3,9	2,2	2,6	1,9	1,7	2,6
Pr	0,3	0,37	0,21	0,4	0,3	0,33	0,47	0,12	0,09

Çizelge 2'nin devamı

Nd	1,4	1,9	0,9	1,4	1,5	1,5	1,9	1,6	0,8
Sm	0,3	0,2	0,2	0,4	0,2	0,3	0,2	0,3	0,4
Eu	< .05	< .05	< .05	< .05	< .05	< .05	< .05	< .05	< .05
Gd	0,3	0,26	0,14	0,29	0,24	0,33	0,21	0,26	0,21
Tb	0,02	0,03	0,02	0,03	0,04	0,03	0,02	0,03	0,05
Dy	0,15	0,18	0,07	0,2	0,2	0,19	0,09	0,15	0,06
Ho	< .05	< .05	< .05	0,07	< .05	< .05	< .05	0,08	< .05
Er	0,09	0,07	0,09	0,13	0,1	0,12	0,07	0,09	0,14
Tm	< .05	< .05	< .05	< .05	< .05	< .05	< .05	< .05	< .05
Yb	0,09	0,15	0,08	0,17	0,14	0,19	0,22	0,09	0,11
Lu	0,02	0,02	0,01	0,01					
Mo	0,5	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4	0,5	0,4	0,6
Cu	2	1,7	1,5	2	1,9	2,1	1,2	1,9	0,9
Pb	1,3	0,8	0,8	1,1	0,7	0,8	1,1	0,8	1
Zn	4	3	4	4	3	3	4	3	3
Ni	7,2	5,3	4,7	7	6,7	8,1	4,9	6,3	7,3
As	< .5	< .5	< .5	< .5	< .5	< .5	< .5	< .5	< .5
Cd	< .1	< .1	< .1	< .1	< .1	< .1	< .1	< .1	< .1
Sb	< .1	< .1	< .1	0,1	< .1	< .1	0,2	< .1	< .1
Bi	< .1	< .1	< .1	< .1	< .1	< .1	< .1	< .1	< .1
Ag	< .1	< .1	< .1	< .1	< .1	< .1	< .1	< .1	< .1
Au	0,5	< .5	0,5	< .5	< .5	< .5	< .5	< .5	< .5
Hg	< .01	< .01	< .01	< .01	< .01	< .01	< .01	< .01	< .01
Tl	< .1	< .1	< .1	< .1	< .1	< .1	< .1	< .1	< .1
Se	< .5	< .5	< .5	< .5	< .5	< .5	< .5	< .5	< .5

3. JEOKİMYASAL ÖZELLİKLER

3.1. Örnek hazırlama

Mineralojik ve petrografik olarak irdelenmiş olan örneklerden 10 adedi ana, iz ve nadir toprak elementleri içeriklerinin belirlenmesi amacıyla Kanada'nın ACME laboratuvarlarında X-ışınları kırılma ve ICP-MS yöntemi ile analiz edilmiştir.

Analiz edilen örnekler önce kırılıp elle ayrılmış yüzeylerden arındırılmış, daha sonra özel kırıcılarda parçalanmış ve 200 mesh altına öğütülmüştür. Öğütülmüş örnek çeyrekleme yöntemi ile ve tüm örneği temsil edecek biçimde bölümlendirilmiş ve 10 gramlık bir bölümü ACME laboratuvarına gönderilmiştir.

3.2. Analitik Veriler

Örneklerin ana oksit, eser ve NTE element analizleri Çizelge 2'de verilmiştir.

4. LEVHA VERME, KESİLEBİLME, KENAR-KÖŞE VE CİLA ALMA (ÖN TEKNOLOJİ) ÖZELLİKLERİ

4.1. Örnek hazırlama yöntemleri

Laboratuvara teslim edilen T2, T3, T4 ve T5 nolu örnekler üzerinde standart plaka verme, kenar-köşe, cilaparlaklık deneyleri yapılmıştır.

4.2. Plaka Verme Deneyi

TB2) İncelenen örnek eklenmesiz olup plaka verme özelliği “çok iyi” dir

TB3) İncelenen örnek eklenmesiz olup plaka verme özelliği “çok iyi” dir

TB4) İncelenen örnek eklenmesiz olup plaka verme özelliği “çok iyi” dir

TB5) İncelenen örnek eklenmesiz olup plaka verme özelliği “çok iyi” dir

4.3. Kenar-Köşe ve Cila Deneyi

Laboratuvara getirilen örnekten 5 cm uzunluk, 5 cm genişlik ve 2 cm kalınlıkta ikiye parça kesilmiş ve tüm yüzeyleri düzeltilmiştir. 5x5 cm lik yüzeyler sırası ile, 320-meş, 400-meş ve 600-meş boyutlarında karborandum tozu ile ve 400 ve 600 no.lu su zımparaları ile tesviye edilmiştir. Döner parlatma cihazında, parlatma bezi üzerinde, sıra ile 0.3 mikron boyutlu alumina tozu, krom oksit ve magnezyum oksitle parlatılmıştır. Parlatılan parçaların mikroskop altında incelenmesi ile şu sonuçlara varılmıştır:

TB2:

- (a) Kayacın kesilen kenar ve köşeleri düz ve parçalanmasızdır.
- (b) Kesilen yüzeyler düzgündür, irice erime boşluklarının olduğu kesimlerde çöpürlü yapı oluşmaktadır.
- (c) Parlatılan yüzeyler orta düzeyde yansıtmaya sahiptir, kayacın hamurunu oluşturan bölüm zayıf, iri kalsitli boşluk dolguları ise daha iyi parlaklık kazanmaktadır.
- (d) Kayaç zayıf cila almaktadır.

TB3:

- (a) Kayacın kesilen kenar ve köşeleri düz ve parçalanmasızdır.
- (b) Kesilen yüzeyler düzgündür, irice erime boşluklarının olduğu kesimlerde çöpürlü yapı oluşmaktadır.
- (c) Parlatılan yüzeyler orta düzeyde yansıtmaya sahiptir.
- (d) Kayaç zayıf cila almaktadır.

TB4:

- (a) Kayacın kesilen kenar ve köşeleri düz ve parçalanmasızdır, erime boşluğu olan kesimlerde dahi dağılma görülmemektedir.
- (b) Kesilen yüzeyler düzgündür, irice erime boşluklarının olduğu kesimlerde çöpürlü yapı oluşmaktadır.
- (c) Parlatılan yüzeyler orta düzeyde yansıtmaya sahiptir.
- (d) Kayaç zayıf cila almaktadır.

TB5:

- (a) Kayacın kesilen kenar ve köşeleri düz ve parçalanmasızdır.
- (b) Kesilen yüzeyler düzgündür, irice erime boşluklarının olduğu kesimlerde dağılma yoktur ancak çöpürlü yapı oluşmaktadır.
- (c) Parlatılan yüzeyler orta düzeyde yansıtmaya sahiptir, kayacın hamurunu oluşturan bölüm zayıf, iri kalsitli boşluk dolguları ise daha iyi parlaklık kazanmaktadır.
- (d) Kayaç zayıf cila almaktadır.

5. FİZİKSEL - MEKANİK VE TEKNOLOJİK ÖZELLİKLER

5.1. Sertlik Testleri:

Mohs sertlik cetveline göre tüm örnekler üzerinde yapılan sertlik analizleri Çizelge 3'de sunulmaktadır.

Çizelge 3. İncelenen Güney Örneklerinin Sertlik Testleri

Table 3. Hardness tests of the studied samples from Güney

ÖRNEK NO	SERTLİK (Mohs Sertliği)
G1	3
G2	3
G3	3
G4	3
G5	3
G6	3
G7	3
G8	3
G9	3
TB2	3
TB3	3
TB4	3
TB5	3

5.2. Silis İçeriği

Güney kireçtaşı örneklerinden yapılan silika analizleri Çizelge 4'de sunulmaktadır.

Çizelge 4. İncelenen Güney örneklerinin silika içerikleri Testleri

Table 4. Silica content tests of the studied samples from Güney

ÖRNEK NO	Silika içeriği (%)
G1	1.5
G2	0.9
G3	1.2
G4	0.8
G5	1.0
G6	1.1
G7	0.8
G8	1.0
G9	1.2
TB2	1.4
TB3	1.5
TB4	1.5
TB5	1.5

5.3. Birim Hacim Ağırlık Testi (Çizelge 5)*

Birim hacim ağırlık testi sadece blok örneklerle uygulanmıştır.

Çizelge 5. Örneklerin Birim Hacim Test Sonuçları
Table 5. Unit volume results of the samples

Örnek No	Birim Hacim Ağırlık (kN/m ³)
TB2	24,66
TB3	24,45
TB4	24,87
TB5	24,93

*TS699 (TSE, 1987, Tabii yapı taşları-muayene ve deney metotları, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara) standardına göre gerçekleştirilmiştir.

5.4. Ağırlıkça Su Emme Testi (Çizelge 6)*

Test sadece blok örneklerle uygulanmıştır.

Çizelge 6. Örneklerin Ağırlıkça Su Emme Test Sonuçları

Table 6. Absorbed Water Results by weight of the samples

Örnek No	SuEmme (ağırlıkça) %
TB2	1.53
TB3	2.24
TB4	1.03
TB5	1.31

*TS699 (TSE, 1987, Tabii yapı taşları-muayene ve deney metotları, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara) standardına göre gerçekleştirilmiştir.

5.5. Etkili Gözeneklilik-Porozite Testi (Çizelge 7)*

Test sadece blok örneklerle uygulanmıştır.

Çizelge 7. Örneklerin Etkili Gözeneklilik-Porozite Test Sonuçları

Table 7. Effective Porosity-Porosity Results of the samples

Örnek No	Etkili Gözeneklilik-Porozite %
TB2	5.12
TB3	6.02
TB4	4.68
TB5	4.60

*TS699 (TSE, 1987, Tabii yapı taşları-muayene ve deney metotları, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara) standardına göre gerçekleştirilmiştir.

5.6. Kuru Basınç Mukavemeti Testi (Çizelge 8)*

Test sadece blok örneklerle uygulanmıştır.

Çizelge 8. Örneklerin Kuru Basınç Mukavemet Test Sonuçları

Table 8. Dry Pressure Resistance Results of the samples

Örnek No	Basınç Mukavemeti (Kuru) MPa
TB2	77.2
TB3	83.1
TB4	91.4
TB5	91.6

*TS699 (TSE, 1987, Tabii yapı taşları-muayene ve deney metotları, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara) standardına göre gerçekleştirilmiştir.

5.7. Don Kaybı Testi (Çizelge 9)*

Test sadece blok örneklere uygulanmıştır.

Çizelge 9. Örneklerin Don Kaybı Test Sonuçları
Table 9. Frost Loss Results of the samples

Örnek No	Don Kaybı %
T2	0.09
TB3	0.04
TB4	0.05
TB5	0.02

*Ts699 (TSE, 1987, Tabii yapı taşları-muayene ve deney metotları, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara) standardına göre gerçekleştirilmiştir.

5.7. Sürtünmeden Dolayı Aşınma Direnci Testi (Çizelge 10)*

Test sadece blok örneklere uygulanmıştır.

Çizelge 10. Örneklerin Sürtünmeden Dolayı Direnci Test Sonuçları
Table 10. Friction Resistance Results of the samples

*Ts699 (TSE, 1987, Tabii yapı taşları-muayene ve deney metotları, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara) standardına göre gerçekleştirilmiştir.

Örnek No	Aşınma Direnci (Sürtünme) (cm/50 cm ²)
TB2	1.03
TB3	0.70
TB4	0.58
TB5	0.64

deney metotları, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara) standardına göre gerçekleştirilmiştir.

5.9. Paslanma Testi (Çizelge 11)*

Test sadece blok örneklere uygulanmıştır.

Çizelge 11. Örneklerin Paslanma Test Sonuçları
Table 11. Rusting Results of the samples

Örnek No	Paslanma
TB2	Yok
TB3	Yok
TB4	Yok
TB5	Yok

*TS699 (TSE, 1987, Tabii yapı taşları-muayene ve deney metotları, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara) standardına göre gerçekleştirilmiştir.

6. DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

İnceleme alanındaki jeolojik araştırma sonuçlarına göre;

1- İnceleme alanı güneyini sınırlayan falezde iki kireçtaşı düzeyi (bandı) bulunmaktadır. Üstteki kireçtaşı düzeyi alttakine göre daha kalın tabakalı ve masif nitelikte olup, yüzeye yakınlığı da dikkate alındığında işletilmeye daha uygundur (Şekil 10).

2- Üstteki kireçtaşı düzeyinin doğal bloklu yapı göstermesi işletilme için bir avantaj sağlamaktadır.

3- İnceleme alanı 2.5 km² olmakla birlikte, değerlendirilebilecek alan 1,2 km² dir.



Şekil 10. İşletilebilir nitelikteki kireçtaşı düzeyi (Büyük Karaağaç tepe güneyi).

Figure 10. Exploitable limestone level (S of Büyük Karaağaç hill).

4-Tüm kaya örnekleri kireç çamurundan (mikrit, 4'dan küçük) yapılı olup yine kalsitten oluşma intraklastlar ve pelletler içerir. Örnekler erime boşluklu olup boşluklar değişken oranda iri taneli kalsit kristallerince doldurulmuştur.

Örneklerde homojenliği bozan yabancı gereç (demir, limonit, kuvars taneleri, volkanik, magmatik kayaç parçası) mevcut olmayıp, sadece birinde %1 Mn dendritiker mevcuttur.

5-Örneklerin jeokimyasal birleşimleri topluca değerlendirildiğinde, incelenen kireçtaşlarının boşluk dışı kesiminin % 99 kadarının CaCO₃ içeriğine sahip olduğu

gözlenmektedir. Bu kimyasal veriler ile örneklerin modal mineralojik birleşimleri boşluk oranları da dikkate alındığında tam olarak örtüşmektedir.

6-İz ve çok ayrıntılı NTE analizlerinde ağır metallerin (Hg, Ni, Cr, Pb, As, Cd, Cu, Mo, Zn, Sb, Se, Sc) ve radyoaktif elementlerin çok düşük oranda temsil edildiği gözlenmiş olup, jeokimyasal bakımından istenmeyen birleşimleri içermemektedirler.

7-Kaya mikritik hamurundan ötürü iyi plaka vermekte, kenar ve köşeleri dağılma göstermemekte, erime boşlukları dışında düzgün kesilme yüzeyleri vermekte ve parlatılabilmekte olup “Kesilip Parlatılabilecek Sert Taş” niteliklidir

8-İrdelenen tüm örnekler sertlik açısından homojen olup Mohs Skalasına göre sertlikleri 4’tür.

9-Silika içeriği %0.8 ila %1.5 arasında değişmektedir

10-Birim hacim ağırlık ortalaması 24.73 kN/m³ dir.

11-Ağırlıkça su emme ortalaması % 1.54 dür.

12-Etkili gözeneklilik-porozite ortalaması % 5.1 dir

13-Kuru basınç mukavemeti ortalaması 85.8 Mpa dir.

14-Don kaybı ortalaması % 0.05 dir.

15-Sürtünmeden kaynaklanan aşınmaya direnci ortalaması 0.74 cm/50 cm² dir.

16-Paslanma ortaya çıkmamaktadır.

Saha ve laboratuvarından elde edilen veriler TS 2513 (1975) ve TS 10449 (1991) çerçevesinde değerlendirildiğinde, su emme ve etkili gözeneklilik değerlerinin sınır değerlerin biraz üzerinde olduğu anlaşılmaktadır. Diğer tüm analiz ve deney sonuçları ise, görsel kireçtaşının doğal yapı malzemesi olarak kullanılabileceğini belirtmektedir. Bu nedenle, gözeneği ve su emme miktarı az olan kireçtaşı seviyelerinin doğal yapı malzemesi olarak kullanılmasında yarar vardır.

KATKI BELİRTME

Yazarlar, fiziksel ve mekanik deneylerin yapılmasında verdiği destek nedeniyle, Utku Ahmet Özden'e teşekkür ederler.

DEĞİNİLEN BELGELER

Atabey, E., 1997. Karbonat sedimantolojisi, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası yayınları:45. Ankara.

Atabey, E., 2003. Tufa ve Traverten. TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası yayınları: 75. Ankara.

Dunham, R. J., 1962. Classification of carbonate rock according to depositional texture. In:

Classification of carbonate rocks (Ed. W. G. Ham). Mem . Amer. Assoc. Petr. Geol., 1, 108-121.

TS699 (TSE, 1987. Tabii yapı taşları-muayene ve deney metotları. Türk Standartları Enstitüsü. Ankara.

Konak, N., 2002. 1/500000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Yayınları. Ankara.

Yazkonağı Mağarası'nın (Ünye-Ordu) Jeolojisi ve Oluşumu *Geology and Formation of Yazkonağı Cave (Ünye-Ordu)*

Hakan ERSOY, M. Ziya KIRMACI, Arzu FIRAT ERSOY

*Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 61080, Trabzon
(e-posta: ersoy@ktu.edu.tr, kirmaci@ktu.edu.tr, firat@ktu.edu.tr)*

ÖZ

Karadeniz Bölgesi karstik mağara oluşumları açısından zengin bir bölgedir. Doğu Karadeniz Bölümü'nde daha fazla görülen bu mağaraların ancak bir kısmı turizme açılmıştır. Yazkonağı Mağarası ise Orta Karadeniz Bölümü'nde Ünye İlçesi'nin (Ordu) 4 km güneyinde yer almaktadır. Pliyosen aşınım yüzeyinin hemen alt seviyelerinde bulunan ve bu yeraltı suyu sisteminin bir parçasını oluşturan mağara, Geç Kretase-Paleosen yaşlı kireçtaşı, kumlu kireçtaşı, kumtaşı ve kıltaşlarından oluşan birimin içerisinde, doğu-batı yönlü bir düşey fay boyunca gelişmiştir. Yazkonağı Mağarası'nın girişi deniz düzeyinden 85 m, vadi tabanından ise 30 m yukarıda yer alır. Mağaranın toplam uzunluğu 900 metredir. Yazkonağı Mağarası giriş noktasına göre iki kısma ayrılır. Girişten itibaren önce güneye, sonra batıya doğru uzanım gösteren, oldukça dar ve yüksek tavanlı bir yapıya sahip olan galeri, Yazkonağı Mağarası'nın ana galerisini oluşturur. Girişten itibaren önce kuzeybatıya daha sonra batıya doğru uzanan ikinci galeri ise ana galerinin aksine, hem damlataş hem de genişlik yönünden daha iyi konumdadır. Bazı yapısal olumsuzluklara rağmen, mağaranın orta kesimindeki yaklaşık 8 m çapında ve 26 m yüksekliğindeki bir salonun tepesinden düşen ve mevsimsel olarak farklı debi gösteren bir şelalenin ve buna bağlı olarak bir yeraltı deresinin varlığı mağaraya ayrı bir görsel özellik katmaktadır.

Anahtar kelimeler: Karstlaşma, Turizm potansiyeli, Ünye, Yazkonağı Mağarası

ABSTRACT

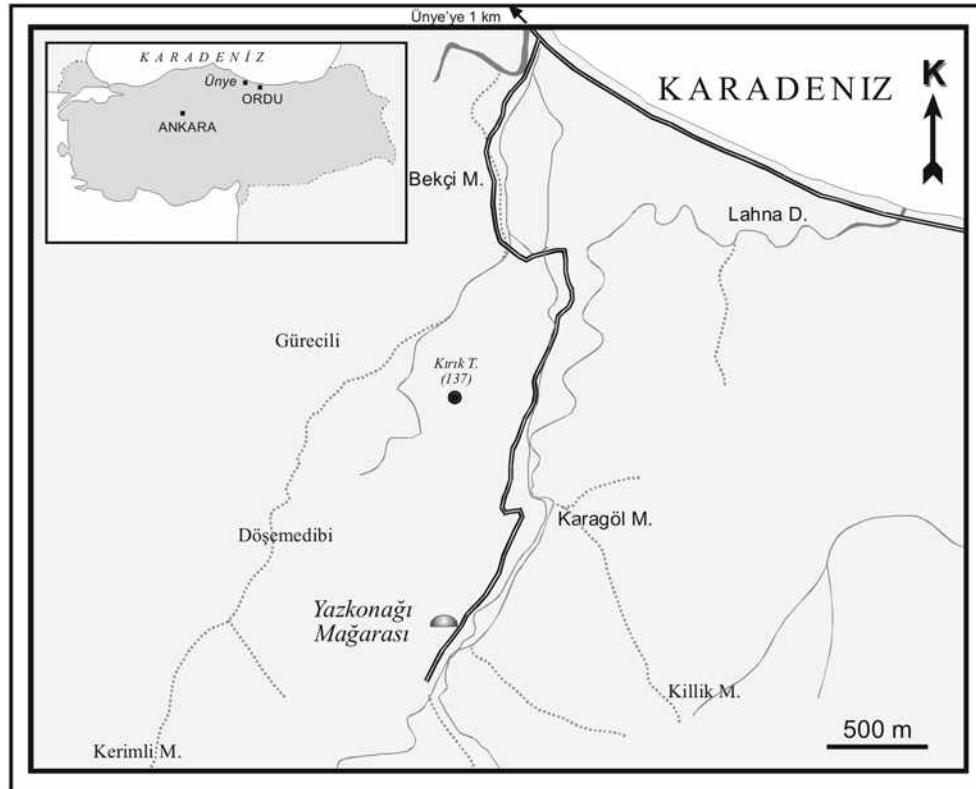
The Black Sea Region has a rich karstic cave potential. Some of these caves especially located the Eastern Black Sea Region have been assessed as tourism potential. Yazkonağı Cave locates in 4 kilometers south of Ünye (Ordu) in the Eastern Black Sea Region. The cave forming underground system and located bottom of Pliocene erosion level was formed in Last Cretaceous-Paleocene aged unit consisting of limestone sandy limestone, sandstone and claystones and through the east-west directed vertical fault. Entrance of Yazkonağı Cave with 900 meters length is located 85 meters altitude from sea level and 30 meters altitude from valley basin and it is about 900 meters. Yazkonağı Cave divides into two different parts according to entrance point. Direction of the main gallery is toward the south at first from the entrance and changes direction toward to west and it is narrow and has high altitude. The second gallery of the cave, in the contrary of main gallery, is toward to the northwest and it changes toward to the west. This gallery is better than main gallery considering the touristical features because it has different travertine forms and it is larger than main gallery. Although some structural conditions, the cave is very nice because there is a cavity with 8 meters diameter and 26 meters height in central part of the cave and there is a waterfall and groundwater flowing in this cavity.

Key words: Karstification, Tourism potential, Ünye (Ordu), Yazkonağı Cave

GİRİŞ

Ülkemizde detaylı mağara araştırmaları 1964 yılında kurulan Mağara Araştırma Derneği (MAD) tarafından başlatılmıştır. Daha sonra 1973 yılında ilk üniversite kulübü olan Boğaziçi Üniversitesi Mağara Araştırma Kulübü'nün (BÜMAK) kurulmasıyla mağara araştırmaları hızlanmıştır. 1979 yılında MTA Jeoloji Etütleri Dairesi bünyesinde kurulan Karst ve Mağara Araştırmaları Birimi, bugün mağara araştırmalarının büyük bir bölümünü gerçekleştirmektedir. Ülkemiz dünyadaki diğer ülkelere göre mağara cenneti konumundadır. Bunun en önemli nedeni, Türkiye'deki jeolojik formasyonların mağara oluşumuna uygun yapı ve özellikte olmalarıdır (Güzel, 1989). Karstlaşma genel anlamda kimyasal çözünmeden çok fazla etkilenen kayalarda meydana gelen özel arazi şekilleri olarak tanımlanırken, karstlaşabilir

kayaçlar ise çözünabilirliği dolar sularda en yüksek değere ulaşan kayaçlar olarak tanımlanabilir (Şahinci, 1991; Ersoy and Fırat Ersoy, 2002). Kendine özgü morfolojik ve hidrojeolojik özellikler gösteren karstik alanlar Türkiye'nin üçte birini oluşturan karbonatlı kayaçların yayılım gösterdiği ve özellikle karstlaşmanın hakim olduğu bölgelerde gözlenmektedir (Ekmekçi, 2005). Turizm potansiyeli düşünüldüğünde, karstik arazi şekillerinden en önemlisi mağaralardır. Mağaralar birçok literatürde, kayalarda görülen ve bir insanın girebileceği genişlikteki doğal yeraltı boşlukları olarak ifade edilmektedir (Ford and Williams, 1989; Wicander and Monroe, 1998) ve genel olarak yeraltı sularının fiziksel aşındırması ve/veya yeraltı suyu ile kayaç arasında olan erime süreçleri sonucunda gelişmektedir (Erinç, 2001)



Şekil 1. Çalışma alanının yer bulduru haritası
Figure 1. Location map of the study area

Bu çalışmada Ordu İli, Ünye İlçesi'nde bulunan Yazkonağı Mağarası'nın oluşum koşulları ve turizm potansiyeli araştırılmıştır. Ordu İli'nde MTA tarafından 2002-2003 yılları arasında yapılan çalışmalarda 21 adet mağara turizm potansiyeli açısından incelenmiştir (Nazik vd., 2004). İncelenen mağaraların 5 tanesi ise Ünye İlçesi'nde yer almaktadır (Çizelge 1). Yazkonağı Mağarası Ünye'nin (Ordu) hemen güneyindeki Karagöl Mahallesi'nin bulunduğu alanda ve Lahna Deresi'nin batı yamacında yer alır (Şekil 1). Ünye'den Karagöl Mahallesi'ne giden ve günümüzde stabilize olan yoldan mağaranın ağızına kadar herhangi bir araçla gitmek mümkündür. Ünye merkezi ile mağara arası yaklaşık 4 km'dir.

JEOMORFOLOJİK ÖZELLİKLER

Yazkonağı Mağarası'nın bulunduğu alan ve yakın çevresi Pliyosen ve Kuvaterner röliyef sistemlerine ait şekillerden meydana gelmiştir. Mağaranın yakın çevresinde, deniz seviyesinden yaklaşık 300 metrelere uzanan bu şekillerin en belirgin olanları Pliyosen dönemine ait aşınma yüzeyleri ve bu yüzeyler üzerinde çok evreli gelişim özelliği gösteren karstik, fluviyo-karstik, uvala ve dolinler, geniş tabanlı boğulmuş vadiler ile dik yamaçlı vadiler ve deniz sekileridir (Nazik vd., 2004).

Bölgenin en büyük akarsuyunu Yazkonağı Mağarası'nın doğu kesiminde yer alan Cevizdere oluşturur. Konsekant akarsu özelliğine sahip olan Cevizdere, oluşumundan günümüze kadar

yapmış olduğu geriye ve derine doğru aşındırmalarla hem yatağını ve vadisini genişletmiş hem de yeni yan kolların (subsekant derelerin) ve birçok küçük derenin kendisine bağlanmasını sağlamıştır. Genel olarak, örgülü akarsu yapısına sahip olan Cevizdere'nin, son buzul dönemini takiben meydana gelen deniz seviyesindeki göreceli yükselmelere bağlı olarak denizle birleştiği noktadan itibaren yaklaşık 3 km'lik kısmı alüviyal boğulmaya uğramış ve bu kısımlar kısmen menderesli bir yapı kazanmıştır. Ceviz Derenin hemen batısında bulunan ve içerisinde Yazkonağı Mağarası'nın da yer aldığı Lahna Deresi bu kapımalardan en fazla etkilenecek zayıflayan derelerin başında gelir.

Bölgede yamaç eğimlerinin genel olarak kuzeye doğru olması yaklaşık kuzey-güney yönlü paralel drenaj ağı gelişimi, yani akarsuların litolojik yapıdan bağımsız olarak birbirlerine göre paralel ve/veya yarı paralel yapıda gelişmeleri ile sonuçlanmıştır.

GENELJEOLOJİ

Doğu Karadeniz Bölümü, Karadeniz'in güneydoğu sahili boyunca, yaklaşık 500 km uzunluğa ve 100 km genişliğe sahip bir dağ zincirinden oluşur ve jeolojik açıdan, Doğu Karadeniz kuzey ve güney olmak üzere iki zona ayrılır (Akın, 1978; Gedikoğlu vd., 1979; Özsayar vd., 1981). Doğu Karadeniz'in kuzey zonunda Kretase öncesi jeolojik yapının büyük bir kısmını örten Geç Kretase-Eosen yaşlı volkanik ve volkanoklastik kayalar hakimdir.

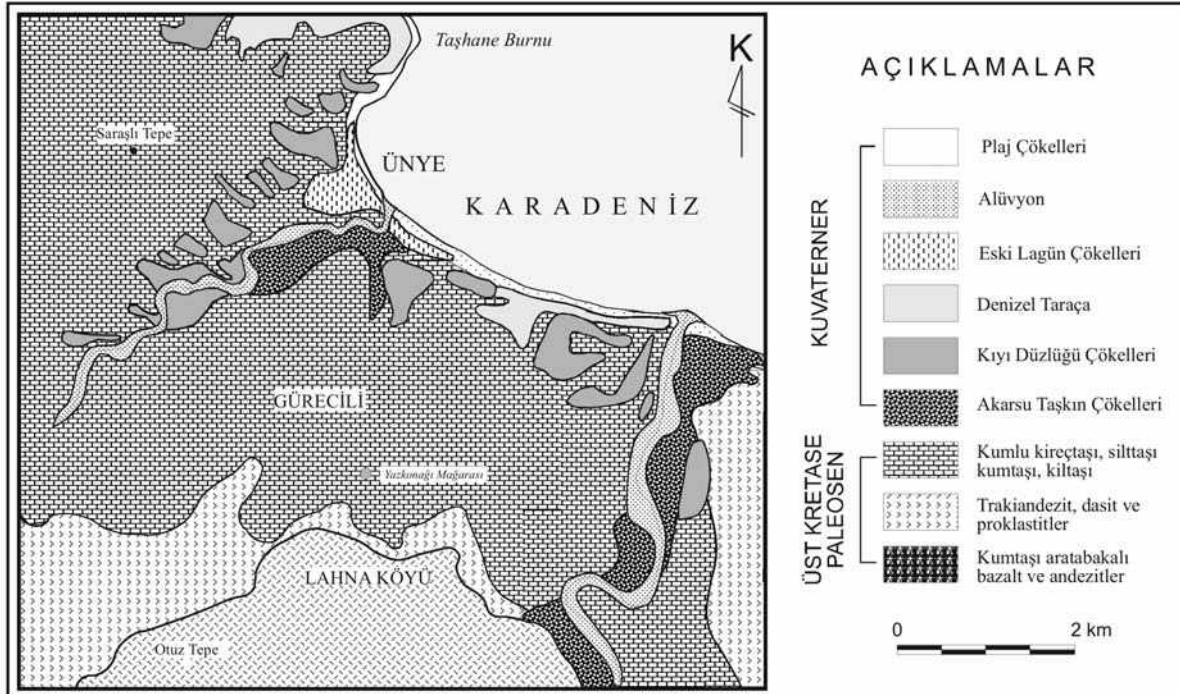
Çizelge 1. Ünye İlçesi'nde bulunan mağaraların genel özellikleri (Nazik ve diğ., 2004)

Table 1. General properties of the cave in Ünye (Nazik ve diğ., 2004)

Mağara Adı	Toplam Uzunluk (m)	Son Nokta Derinliği (m)	Uç Nokta Derinliği (m)	Uzanım	Hidrolojik Durum	Hidrolojik Konum
Yazkonağı-2	113	+1	+1	Yatay	Yarı aktif	Kaynak
Çımarcık-1	7	-7	-7	Dikey	Fosil	Düden
Çımarcık-2	7	-3	-3	Dikey	Fosil	Düden
Çımarcık-3	4	-4	-4	Yatay	Fosil	Düden
Ballıkoğlu	3	-3	-3	Dikey	Yarı aktif	Düden

Kretase öncesi kayaçların yaygın olarak yüzeylendiği Doğu Karadeniz'in güney zonunda ise, aynı zaman periyodunda, silisli tortul kayaçlar yaygın olarak yüzeylenmektedir (Okay and Şahintürk, 1997). Yazkonağı Mağarası, trakiandezit ve piroklastlarından oluşan Geç Kretase yaşlı birimler üzerine uyumlu olarak gelen Geç Kretase-Paleosen yaşlı tortul seri (Terlemez ve Yılmaz, 1980) içerisinde ve doğu-batı yönlü bir düşey fay üzerinde yer alır (Şekil 2). Mesozoyik istifinin en üst seviyesini oluşturan bu seri, yer yer volkanik kumtaşı ara katmanları içeren kireçtaşı türbiditlerinden oluşmaktadır. Kireçtaşı katmanlarını oluşturan bileşenlerin büyük bir kısmını şelften türeme pelecypod, ekinoderm, bentik foraminifer, kırmızı alg, mercan, bryozoa gibi iskeletsel taneler ile litoklastlar, çok az bir kısmını ise bazalt, andezit ve riyalit blok ve çakılları oluşturur (Nazik vd., 2004).

Geç Kretase-Paleosen yaşlı seri iki farklı litofasiyeste gelişmiştir. Bunlar, birimin alt seviyelerini oluşturan ve Yazkonağı Mağarası'nın da içinde bulunduğu kırıntı destekli kalsirudit ve çakıllı kalkarenitler ve birimin üst kısımlarını oluşturan klasik karbonat türbiditlerdir. Kırıntı destekli kalsiruditler ve çakıllı kalkarenitler orta-kalın katmanlı, iri-orta taneli ve normal dereceli katmanlardan oluşur (Nazik vd., 2004). Bu katmalarda ayrıca, biyoturbasyon, amalgamlanma ve kanal yapıları da görülür. Klastik türbiditler ise ince-orta marn katmanlarıyla ardalanma gösteren, ince-orta taneli, normal dereceli ve ince-orta kalınlıktaki kalkarenit katmanlardan oluşur. Formasyon ara seviyeler halinde çakıltaşı, kumtaşı, kumlu kireçtaşı katmanları içeren andezit-bazalt ve piroklastlarından oluşan Eosen yaşlı bir seri tarafından uyumsuz olarak üzerlenir.



Şekil 2. Çalışma alanı ve çevresinin jeoloji haritası

Figure 2. Geological map of study area and its around

HİDROLOJİ ve METEOROLOJİ

Giriş ağızı Lahnadere'nin tabanından yaklaşık 30 m yukarıda bulunan Yazkonağı Mağarası, hidrolojik olarak kaynak konumlu aktif-yarı aktif bir mağaradır. Sistemin batı kısmında, ana galeride, sürekli akışı olan ve debisi mevsimsel olarak değişen bir yeraltı deresi bulunmaktadır. Bu derenin suları büyük oranda galerinin orta ve son kısmında bulunan şelalelerden gelmektedir. Galeride içerisinde, yer yer küçük gölcükler oluşturan bu sular, mağara girişinin ağızından açığa çıkarlar. Buna karşılık, girişe göre sağ tarafta kalan mağaranın ikinci galerisindeki dere ise, orta kesimdeki (projelendirilen kısmın sonundaki) bir çatlaktan kaybolur. Bu nedenle, girişten itibaren bu noktaya kadar olan kısımda yeraltı deresi bulunmamaktadır. Bu alanda, yalnızca, bazı çöküntü alanları içerisinde tavandan süzülen suların birikmesi sonucu oluşmuş küçük su birikintileri (gölcükler) yer almaktadır.

Yazkonağı Mağarası, nispeten soğuk ve nemli bir havaya sahiptir. Aralık ve Şubat aylarında mağarada yapılan çalışmalar sırasında ölçülen hava sıcaklıkları ortalama 5-7 °C arasında değişmektedir. Aynı mağarada MTA ekibi tarafından Haziran 2003 yılında yapılan çalışmalarda ise ortalama 14 °C sıcaklık ölçülmüştür. Ayrıca, mağarada insan sağlığını etkileyebilecek herhangi bir olumsuz durumun varlığı ölçülen parametreler açısından (gaz azlığı veya fazlalığı) tespit edilmemiştir (Nazik vd., 2004)(Çizelge 2).

Çizelge 2. MTA ekibi tarafından Haziran 2003 döneminde, Yazkonağı Mağarası'nda ölçülen sıcaklık, nem, O₂, CO₂, CH₄ ve H₂S değerleri (Nazik ve diğ., 2004).

Table 2. Measured values of temperature, humidity, O₂, CO₂, CH₄ ve H₂S by MTA (Nazik ve diğ., 2004)

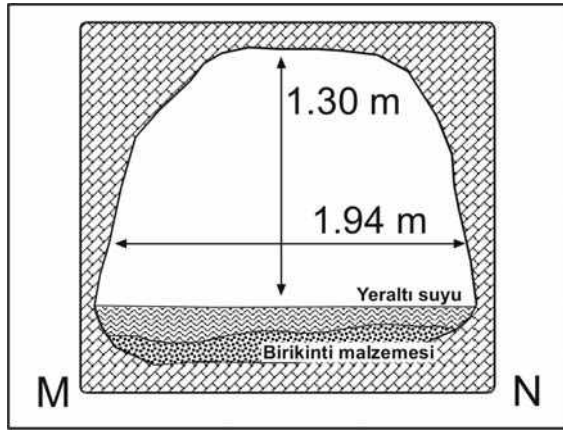
Ölüm Noktası	Sıcaklık (°C)	Mutlak Nem (%)	O ₂ (%)	CO ₂ (%)	CH ₄ (% LEL)	H ₂ S (% ppm)
Mağaranın dışı	17	61	20.9	0.7	0	0
Mağaranın girişi	16	69	20.9	0.9	0.2	0
Ana galeri ortası	14	76	20.8	1	1	0
Ana galeri sonu	13	85	20.8	1	1	0
İkinci galeri ortası	14	74	20.8	1.4	1	0
İkinci galeri sonu	14	83	20.8	2	1.6	0

YAZKONAĞI MAĞARASI'NIN ÖZELLİKLERİ

Mağara, Ünye'nin (Ordu) içinden denize dökülen Lahna Deresi'nin batı yamacında yer alır (Şekil 1). Pliyosen aşınım yüzeyinin hemen alt seviyelerinde bulunan ve bu yeraltı sisteminin bir parçasını oluşturan mağara, günümüz akarsularının güneyden kuzeye doğru olan genel akış yönlerine aykırı olarak, yaklaşık doğu-batı yönünde gelişmiştir. Toplam uzunluğu yaklaşık 900 metreyi bulan Yazkonağı Mağarası'nın girişi deniz düzeyinden 85 metre, vadi tabanından ise 30 metre yukarıda yer alır. Mağara, genel olarak dar kıvrımlar çizen doğu-batı yönlü bir uzanımına sahiptir. Bu durum, mağaranın düşey atımlı bir fay ve bu fayı dik yönde kesen kırık sistemi üzerinde yer almasından kaynaklanmaktadır.

Yazkonağı Mağarası yaklaşık doğu batı uzanımlı bir fay hattı üzerinde ve meteorik vadoz zonda (sürekli doygun zonun üstünde) oluşmuştur. Yazkonağı Mağarası'nın oluşumunu sonuçlayan ana etken, fay düzlemi boyunca yüzey sularının oluşturduğu yeraltı deresi tarafından kireçtaşlarının fiziksel ve kimyasal aşındırılmasıdır. Başlangıçta, yüzey sularının fay hattı üzerinde birikerek akmaya ve fay düzlemi boyunca aşağıya doğru sızmaya başlaması, fay düzlemi boyunca kireçtaşlarını eriterek kırığı genişletmiş ve kırığın belli bir genişliğe ulaşmasıyla birlikte, daha büyük miktarlardaki yüzey sularının bu kısımlardan aşağıya doğru sızması sağlanmıştır. Bunun neticesinde, yüzeyde olduğu gibi bu hat boyunca akan bir yeraltı deresi

bölünmesine hem de insanların dolaşımı için tehlikeli bir durum oluşmasına neden olmaktadır (Şekil 5). Galerinin tabanında mevsime göre değişik debi gösteren bir dere yer almaktadır (Şekil 7). Galerinin tabanının yatay konumlu olması ve yaz aylarında derenin debisinin önemli oranda azalması aşındırılan ve/veya kenarlardan kopartılan değişik boyutlardaki malzemenin tamamının ortamdaki uzaklaştırılmasına, yani galerinin dışına taşınmasına, olanak tanımamaktadır. Bu durum, galerinin tabanında (dere yatağında) yer yer değişik kalınlıklarda çamurdan blok boyutuna kadar değişen büyüklüklerdeki malzemenin birikmesine neden olmakta ve özellikle galerinin giriş kısmında sorun yaratmaktadır. Zira bu alanda malzeme birikimi galerinin yüksekliğinin önemli oranda azalmasına, mağaraya girişin önemli oranda zorlaşmasına neden olmuştur.

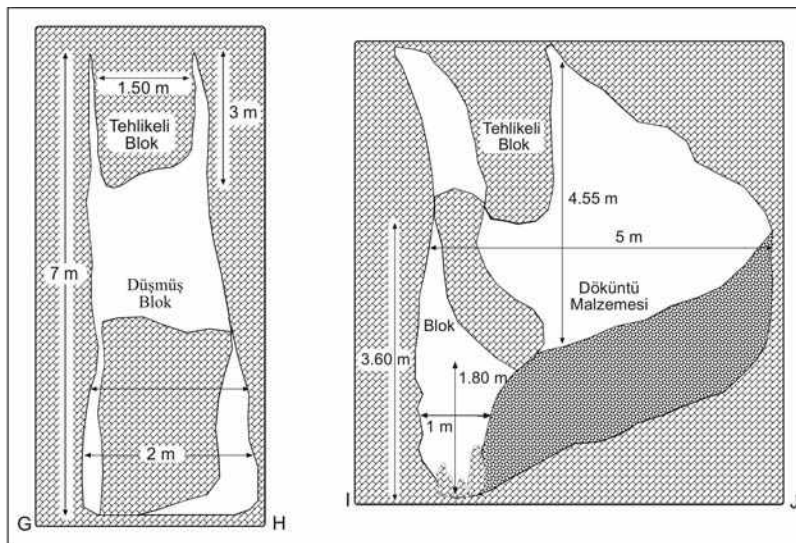


Şekil 4. Yazkonağı Mağarası'nın 10. metresine ait enine kesit (M-N kesiti)

Figure 4. Cross section on 10th meter of Yazkonağı Cave (M-N section)

Galerinin tabanında mevsime göre değişik debi gösteren bir dere yer almaktadır (Şekil 7). Galerinin tabanının yatay konumlu olması ve yaz aylarında derenin debisinin önemli oranda azalması aşındırılan ve/veya kenarlardan kopartılan değişik boyutlardaki malzemenin tamamının ortamdaki uzaklaştırılmasına, yani galerinin dışına taşınmasına, olanak tanımamaktadır. Bu durum, galerinin tabanında (dere yatağında) yer yer değişik kalınlıklarda çamurdan blok boyutuna kadar değişen büyüklüklerdeki malzemenin birikmesine neden olmakta ve özellikle galerinin giriş kısmında sorun yaratmaktadır. Zira bu alanda malzeme birikimi galerinin yüksekliğinin önemli oranda azalmasına, mağaraya girişin önemli oranda zorlaşmasına neden olmuştur.

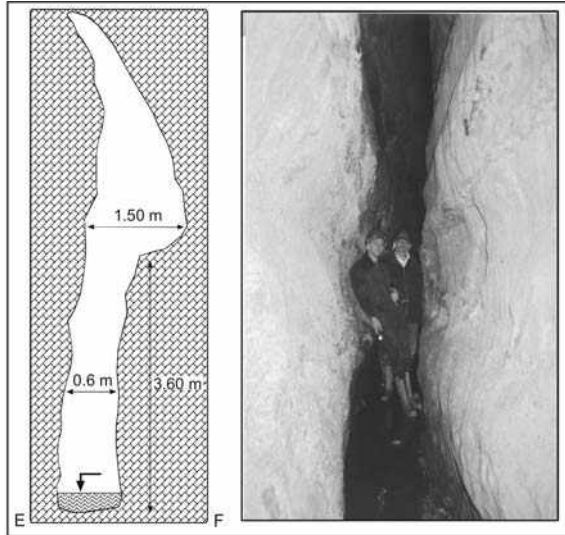
Mağaranın bu kısmı damlataş (sarkıt ve dikit) yönünden oldukça fakirdir. Bu durum genel olarak aşağıda belirtilen iki nedenden kaynaklanmaktadır. Mağaranın oluştuğu türbiditik kireçtaşı katmanları arasında yer yer volkanik kumtaşı katmanlarının bulunması, kireçtaşı katmanlarının değişik oranlarda karadan türeme (karbonatlı olmayan) kırıntı içermesi ve değişik oranlarda dolomitleşmesi gibi nedenlerden dolayı sarkıt ve dikit oluşumunu için yeterli CaCO_3 eriyip çözelti içerisine



Şekil 5. Yazkonağı Mağarası'nın yaklaşık 60. metresine ait enine kesitler (H-G ve J-I kesiti)

Figure 5. Cross sections on about 60th meter of Yazkonağı Cave (H-G and J-I sections)

karışmamıştır. Ayrıca, mağara esas itibarıyla, düşey atımlı bir fay düzleminin yönlendirdiği yer altı sularının yapmış olduğu aşındırmalar sonucu oluşmuştur. Bu durum, mağaranın oldukça dar ve dik duvarlı bir yapıda gelişmesine neden olmuştur. Mağaralarda damlataşların (sarkıt ve dikit) oluşabilmesi için öncelikle kireçtaşlarındaki çatlaklar boyunca hareket eden karbonik asitçe zengin yeraltı sularının kireçtaşlarını eritip $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ bakımından doymun hale gelmesi ve daha sonra bu suların mağaraların tavanlarındaki çatlaklardan damlalar şeklinde açığa çıkmış olması gerekir. Oysa hem yukarıda açıklanan nedenlerden hem de mağarayı oluşturan yüzey sularının çatlaklardan damlalar şeklinde değil, fay hattı boyunca akan ve mağaranın oluşumundan birinci derecede sorumlu olan yeraltı deresiyle ortamdan uzaklaştırılmış olması, mağarada yaygın damlataş (sarkıt-dikit) oluşumuna olanak tanımamıştır. Bunun yanı sıra mağaranın tavan yüksekliğinin fazla olması, mağaranın çok dönemli gelişime sahip olmasının bir sonucudur.



Şekil 6. Yazkonağı Mağarası'nın yaklaşık 350. metresine ait enine kesit (E-F kesiti)

Figure 6. Cross section on about 350th meter of Yazkonağı Cave (E-F section)



Şekil 7. Yazkonağı Mağarası'nın birinci galerisindeki sürekli akış gösteren yer altı deresi

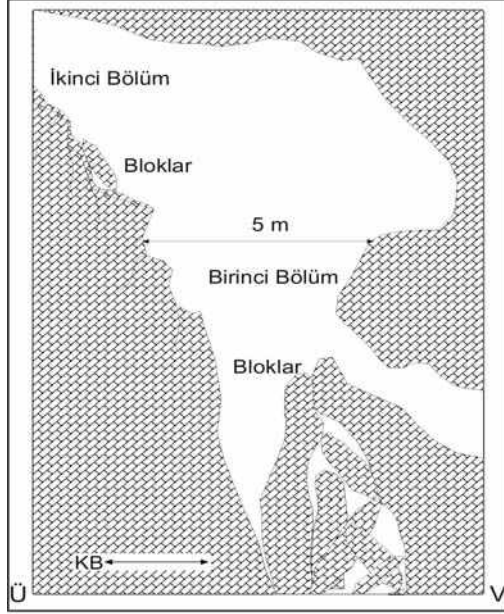
Figure 7. Permanent groundwater flow in the first gallery of Yazkonağı Cave

Mağaranın orta kesiminde (projelendirilen kısmın sonunda) yer alan yaklaşık 8 metre çapında ve 26 metre yüksekliğindeki bir salonun tepesinden düşen ve mevsimsel olarak farklı debi gösteren bir şelalenin ve buna bağlı olarak bir yeraltı deresinin varlığı mağaraya ayrı bir görsel özellik katmaktadır.

İkinci Galeri

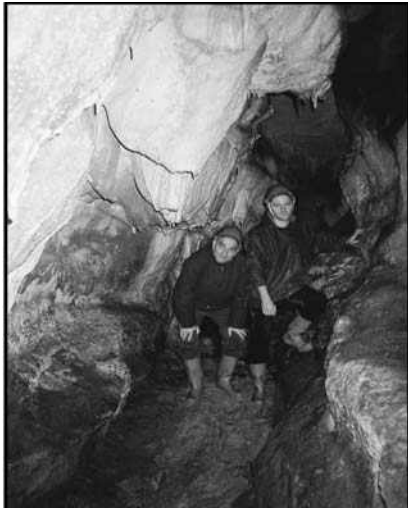
Ana galerinin aksine, girişten itibaren önce kuzeybatıya daha sonra batıya doğru uzanan bu galeri, hem damlataş hem de genişlik yönünden birinci galeriye göre daha iyi konumdadır. Değişik yükseklikte iniş ve çıkışları olan ve girişe göre son noktası -2 metrede bulunan bu galeri 160 m uzunluğa sahiptir. Ana galeride akan yeraltı deresi giriş ağzında mağaranın dışına çıkmasına karşın, bu galerideki yeraltı deresi yaklaşık 76. metrede bulunan ve girişe göre -12 m (mağaranın en derin kısmı) aşağıda yer alan dar bir yarıktan kaybolmaktadır (Şekil 8). Bu durum, yörede bu mağaralar ile ilişkili başka mağaraların da var olabileceğini göstermektedir. Galerinin genişliği yaklaşık 2-4 m, yüksekliği ise 5-10 m arasında değişir. Mağaranın bu kısmında tavanın daha geniş bir yüzey alanına sahip olması ve $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ bakımından doymun suların tavadaki çatlaklardan damlalar veya sızıntılar şeklinde

açığa çıkması çatlaklar boyunca görünümleri son derece güzel damlataşların oluşumunu sonuçlamıştır (Şekil 9).



Şekil 8. Yazkonağı Mağarası'nın ikinci galerisinin 76. metresine ait enine kesiti (U-V kesiti)

Figure 8. Cross section on about 76th meter in second gallery of Yazkonağı Cave (U-V section)



Şekil 9. Yazkonağı Mağarası'nın ikinci galerisindeki sarkıt ve diktler

Figure 9. Stalactites and stalagmites in the second gallery of Yazkonağı Cave

SONUÇLAR ve TARTIŞMALAR

Yazkonağı Mağarası yaklaşık doğu-batı uzanımlı düşey bir fay üzerinde gelişmiştir. Dar, yüksek ve uzun bir galeriden oluşan mağara girişi göre iki kola ayrılır. Aynı sistem içerisinde gelişmiş olan bu kollar, birbirlerine göre bazı görsel ve yapısal farklılıklar içerir. Mağaranın tabanı yer yer blok, çakıl, kum ve çamur yığınları ile kaplıdır. Özellikle, ana galeride, girişinden itibaren yaklaşık 20 metrelik kısımda, bu malzeme birikimi yüksekliğin önemli oranda azalmasına ve galeriye girişin zorlaşmasına neden olmuştur. Benzer durum, ikinci galerinin hemen girişi için de geçerlidir. Yazkonağı Mağarası, (özellikle ana galeri) yukarıdaki bölümlerde belirtilen nedenlerden dolayı, zengin damlataş oluşumlarına sahip değildir. Bununla birlikte, ikinci galeride değişik boyut ve şekillerde son derece güzel damlataş (duvar damlataşları, sarkıt, dikt ve sütun) örnekleri mevcuttur. Ayrıca, ana galeride sürekli akışı olan ve mevsime göre değişik debi gösteren yeraltı deresinin varlığı, bu derenin oluşturduğu küçük gölcükler ve yaklaşık 26 metreden düşüş yapan şelale mağaraya görsel olarak ayrı bir güzellik vermektedir.

Yukarıda açıklanan yapısal ve görsel özellikler mağaranın turizm amaçlı kullanıma uygun olduğunu, ancak galerilerin tamamının bu amaçlı kullanıma uygun olmadığını ortaya koymaktadır. Ana galerinin şelaleden sonraki kısmı (girişten itibaren ilk 450 metreden sonraki kısım) proje kapsamına dahil edilmemiştir. Çünkü bu kısım hem şelaleye kadar olan kısım ile tamamen benzer özelliklere sahiptir, hem de insanların rahat bir şekilde dolaşmasına olanak tanımamaktadır. Bu nedenle ana galerinin girişten itibaren yaklaşık ilk 450 metrelik kısmı turizm amaçlı kullanıma uygunluğu nedeniyle proje kapsamında ele alınmıştır.

İkinci galerinin yaklaşık 76. metreden sonraki kısmı hem bu kısımda yer alan ve girişe göre -12

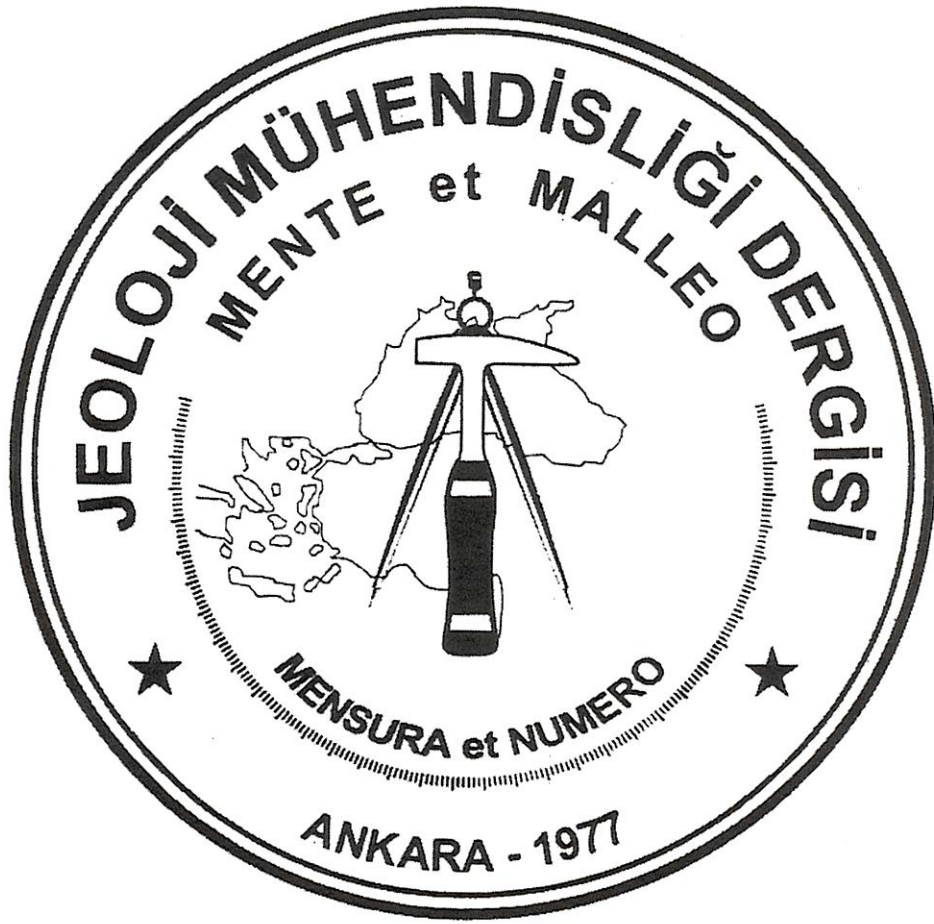
m ile mağaranın en derin kesimini oluşturan dik bir vadinin bulunması hem de vadiden sonraki kısmın dolaşıma uygun olmaması nedeniyle proje kapsamına dahil edilmemiştir.

Bunlarla birlikte, her iki galerinin projelendirilen kısımlarının tamamının turizm amaçlı kullanılabilmesi için mutlaka yapılması gereken bazı önemli hususlar bulunmaktadır. Ana galerinin girişten itibaren ilk 20 metrelik kısmının insanların rahat dolaşabileceği konuma getirilmesi (zeminde biriken malzemenin ortamdaki uzaklaştırılması), ana galerinin farklı metrelerinde bulunan ve dolaşımı tehlikeye sokabilecek olan duraysız blokların ya duraylı hale getirilmesi ya da ortadan kaldırılması, ana galerinin yaklaşık 135-140 metreleri arasında tavanda bulunan (G-H kesiti) ve her an düşme tehlikesi olan bloğun duraylı hale getirilmesi, ikinci galerinin giriş kısmının insanların rahat dolaşabileceği konuma getirilmesi gerekmektedir.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Akın, H., 1978. Geologie, magmatismus und lager-staetenbildung im ostpontischen Gebirge-Türkei aus der sicht der plattentektonik, Geol. Rundsch, 68, 253-283
- Ekmekçi, M., 2005. Karst in Turkish Thrace: Compatibility between geological history and karst type, Turkish Journal of Earth Science, Vol. 14, pp. 73-90
- Erinç, S., 2001. Jeomorfoloji II, Der Yayınevi, Yayın no: 294, ISBN 975-353-223-7, İstanbul, 483 s.
- Ersoy, H. and Fırat Ersoy, A., 2002. Karst hydrology around Kalecik village (Torul-

- Gümüşhane), NE-Turkey, 1st International Symposium of the Faculty of Mines (İTÜ) on Earth Sciences and Engineering, İstanbul, 239. pp
- Ford, D.C. and Williams, P.V., 1989. Karst Geomorphology and Hydrology, Academic Division of Unwin Hayman Ltd, London, 601 pp.
- Gedikoğlu, A., Pelin, S., Özsayar, T., 1979. The main lines of geotectonic development of the Eastern Pontides in Mesozoic era, Proceeding of the 1st Geological Congress of the Middle East (GEOCOME), pp. 555-580
- Güzel, A., 1989. Konya Yarığında Mağarası, Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Bülteni, Vol.15, 7-14
- Nazik, L., Özel, E., Törk, K., Tuncer, K., Cangül, A., Kutlay, H., Çınar, F., 2004. Ordu mağaraları araştırma raporu, MTA Genel Müdürlüğü Karst ve Mağara Araştırmaları Birimi, 88 sayfa
- Okay, A. I. and Şahintürk Ö., 1997. Geology of Eastern Pontides, in A. G. Robinson, ed., Regional and Petroleum Geology of the Black Sea and Surrounding Region: AAPG Memoir 68, p. 291-311
- Özsayar, T., Pelin, S., Gedikoğlu, A., 1981. Doğu Pontidler'de Kretase, KTÜ Yer Bilimleri Dergisi, Vol. 2, 66-115
- Şahinci, A., 1991. Karst, Reform Matbaası, İzmir, 125 s.
- Terlemez, İ. ve Yılmaz, A., 1980. Ünye-Ordu-Koyulhisar-Reşadiye arasında kalan yörenin stratigrafisi, TJK Bülteni, Cilt 23, Sayı 2
- Wicander, R. and Monroe, J. S., 1998. Essentials of geology, Wadsworth Publishing Company, ISBN 0-534-54774-5, USA, 447 pp.



Jeoloji Mühendisliği Dergisi / Geological Engineering Journal

Cilt 30
Volume

Sayı 1 - 2006
Number

Araştırma Makaleleri / Research Articles

- 1- Müfit Şefik DOĞDU, Hasan KIRMIZITAŞ
Karaali (Şanlıurfa-Yardımcı) Sıcaksuyunun Oluşumu ve Rezervuar Sıcaklığının Tahmini
Occuring and Reservoir Temperature Estimation of Karaali (Şanlıurfa-Yardımcı) Hotwater
- 17- Ender SARIFAKIOĞLU
İlyaslar Köyü (Kırkağaç-Manisa) Dolayında Yüzeyleyen Tüflerin Petrografik Özellikleri
The Petrographical Features of Tuffs outcropping in the vicinity of İlyaslar Village (Kırkağaç-Manisa)
- 27- Eşref ATABEY, M. Cemal GÖNCÜOĞLU, Tamer TOPAL, Cengiz ALPTEKİN
Güney İlçesi (Denizli) Batısındaki Gölsel Kireçtaşının Fiziksel, Jeokimyasal ve Teknolojik Özellikleri
Physical, Geochemical and Technological Properties of Lacustrine Limestones In West Of Güney (Denizli)
- 39- Hakan ERSOY, M. Ziya KIRMACI, Arzu FIRAT ERSOY
Yazkonağı Mağarası'nın (Ünye-Ordu) Jeolojisi ve Oluşumu
Geology and Formation of Yazkonağı Cave (Ünye-Ordu)