



9th **GEOCHEMISTRY
SYMPOSIUM**

BİLDİRİ ÖZETLERİ KİTABI

**SCIENTIFIC RESEARCH
ABSTRACTS BOOK**



İTÜ



250 YIL

**ULUSLARARASI KATILIMLI 9. JEOKİMYA
SEMPOZYUMU**

*9th GEOCHEMICAL SYMPOSIUM with INTERNATIONAL
PARTICIPATION*

**17–20 OCTOBER 2022
DİDİM (AYDIN), TÜRKİYE**

**BİLDİRİ ÖZETLERİ KİTABI
SCIENTIFIC RESEARCH ABSTRACTS BOOK**

*Bu organizasyon TÜBİTAK- 2223-B YURT İÇİ BİLİMSEL ETKİNLİK DÜZENLEME
DESTEĞİ ile desteklenmiştir.*

**2022
İstanbul - Türkiye**

Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu

9th Geochemical Symposium with International Participation

Bildiri Özleri Kitabı

Scientific Research Abstracts Book



ISBN: 978-975-561-550-9

© İTÜ Yayınevi, 2022

Bu kitabın her hakkı saklıdır ve tüm yayın hakları "İTÜ Yayınevi'ne" aittir. Bu kitabın tamamı ya da herhangi bir bölümü yayınevinin izni olmaksızın yayınlanamaz, basılamaz, mikrofilme çekilemez, dolaylı dahi olsa kullanılamaz. TEKSİR, FOTOKOPİ veya başka teknikle çoğaltılamaz, bilgisayarda, dizgi makinalarında işlenebilecek bir ortama aktarılamaz. Kitapta yayınlanan tüm yazı ve görsellerin sorumluluğu yazar/yazarlara aittir.

© ITU Press, 2022

All rights of this book are reserved and all publication rights belong to "ITU Press". All or any part of this book cannot be published, printed, filmed or used indirectly without the permission of the publisher. It cannot be reproduced by DUPLICATION, PHOTOCOPY or any other technique, and cannot be transferred to an environment that can be processed on computers or typesetting machines. The responsibility of all texts and visuals published in the book belongs to the author(s).

Basım Tarihi: 20.11.2022

Publication Date: 20.11.2022

Yayın Türü: Elektronik Kitap

Mode of Publication: Electronic Book

İstanbul Teknik Üniversitesi Yayın No: 2022.2KNF/8

Istanbul Technical University Publications No: 2022.2KNF/8

Önsöz

9. Uluslararası Katılımlı Jeokimya Konferansı, İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü tarafından 17-20 Ekim 2022 tarihlerinde Didim (Aydın), Türkiye'de düzenlenmiştir. Konferans, COVID-19 salgını nedeniyle yüz yüze gerçekleştirilmek üzere iki kez ertelenmiştir. Konferans yeri olarak Laur Hotels (Didim, Aydın) seçildi. Konferansın ana teması, motivasyon amaçlı “Tethis Metallojenisi - Tethian Metallogeny” olarak belirlendi.

9. Jeokimya Konferansı 2022'nin bilimsel programı, birçok üniversite ve kurumdan jeokimya ile ilgili farklı disiplinlere mensup bilim insanlarını ve araştırmacıları bir araya getirmiştir. Sözlü ve poster sunumlara ek olarak, “Sıvı Kapanımlar ve Yer Bilimlerindeki Uygulamaları” ve “Uranium Series Isotope Geochemistry” konularında iki adet kısa kurs düzenlenmiştir.

“15. Yüzyıl Avrupasında “niçin bazı kayalar değerli ve bunlar nasıl oluşuyor?” sorgulaması ile tohumları atılan, ilk olarak 16. Yüzyılda, mineral ve bileşim bilgilerini kullanarak Avrupa madenlerinde cevher damarlarını tanımak ve takip etmek için pratik edilen, İsviçre'nin Basel Üniversitesi'nde kimya profesörü olan Christian Friedrich Schönbein tarafından 1838'de ilk defa “jeokimya teriminin” kullanılması ile adı konan, 1884'ten 1925'e kadar USGS'de kimyager olarak çalışan Frank Wigglesworth Clarke tarafından 1908'de “Jeokimya Verileri - The Data of Geochemistry” ile ilk kitabı yazılan (ki bu kitap takip eden yıllarda 5 baskı yapmıştır), jeokimya biliminin kökleri 19. yüzyılda yatmaktadır, ancak mevcut çok yönlü karmaşıklığını 20. Yüzyılda kazanmıştır.

1924'te Vladimir Ivanovych Vernadsky “Jeokimya” kitabını yayınladı. Öğrencisi Alexander Fersman, 1934-39 yılları arasında, fizikokimya ilkelerini doğadaki kimyasal elementlerin dağılımına uyguladığı 4 ciltlik “Jeokimya” kitabını yayınladı; bu çalışmaları ile jeolojisi ve jeokimya üzerine halkın ilgisini uyandırdı. İlham verici dersleri ve popüler kitapları nedeniyle Tolstoy tarafından “taş şairi – poet of stones” olarak adlandırıldı.

1947'de 2. Dünya savaşının neden olduğu kötü koşullar nedeniyle henüz 59 yaşında iken ölen Victor Moritz Goldschmidt, günümüzde Goldschmidt yasaları olarak bilinen “iyon yarıçaplarının ve yüklerinin uyumluluğuna dayalı olarak kristallerdeki izomorf yer değiştirmenin rasyonel açıklamasını yapmıştır.

Ancak, Wedepohl tarafından yazılan “Jeokimyanın El Kitabı – the handbook of geochemistry”, 1969'dan 1978'e kadar bugüne kadarki en eksiksiz jeokimyasal veri kaynağı olarak kabul edilmiştir.

Özellikle Fersman ve Goldschmidt'in çalışmalarının ilham kaynağı olduğu 1950 ve sonrası jeokimya biliminin modern dönemi olarak kabul edilmektedir. Zira termodinamiğin doğal ortamlarda minerallerin stabilitesine uygulandığı, analitik kimya dünyasındaki keşiflerin daha seri ve güvenli jeokimyasal veri üretilebildiği bu dönemde Bowen, Mason, Garrels Wedepohl and Konrad B. Krauskopf anılması gereken diğer önemli jeokimyacılar.

İnsanlığın kaçınılmaz bir şekilde ihtiyaç duyduğu mineral kaynaklarının aranmasında, jeokimya USGS tarafından 1947'de sistematik olarak kullanılmaya başlanılmıştır. Günümüzde maden aramalarında jeokimyanın merkezde olduğu çok disiplinli yaklaşımlar en çok tercih edilenlerdir. Ayrıca çevre jeokimyası, son zamanlarda jeojenik veya antropojenik kaynaklı metallerin ve çeşitli organik bileşiklerin dağılımını izleme ihtiyacı nedeniyle ortaya çıkmıştır. Anlaşılacağı üzere yeryuvarının ve insanla etkileşiminin daha iyi anlaşılması için ortaya çıkabilecek birçok alanda, jeokimya bilmi merkezi önemini korumaya devam etmektedir.

Bu özet kitabı, konferans sırasında sunulan çeşitli konulardaki bildiri özlerini ve genişletilmiş

bildirileri içermektedir: Maden Yatakları ve (maden) Arama Jeokimyası, Magmatik ve Metamorfik Petrojenez, İzotop Jeokimyası ve Jeokronoloji, Enerji Hammaddeleri ve Jeokimyası ile diğer Jeokimyasal Konular.

Organizasyon Komitesi, katılımcıların araştırmalarını sunma ve fikir alışverişinde bulunma ve jeokimya alanında gelecekteki gelişmeleri değerlendirme çabalarını takdirle karşılamakta, konferansın başarısına çok değerli katkılarda bulunan tüm katılımcılara şükranlarını sunmaktadır.

Tematik oturumları öneren, özetleri gözden geçiren ve bildirileri değerlendiren Yayın Kurulu üyelerine de çok teşekkür ederiz.

Organizasyon komitesi adına

Prof. Dr. Emin ÇİFTÇİ

9th Uluslararası Katılımlı Jeokimya Sempozyumu
9th Geochemistry Symposium with International Participation

Organized by

Istanbul Technical University
Faculty of Mines
Department of Geological Engineering

Onursal Başkan / Honorary president

Prof. Dr. İsmail KOYUNCU (Rector, Istanbul Technical University, Türkiye)

Eş Başkan / Co-Chair

Prof. Dr. Mustafa KUMRAL (Istanbul Technical University, Türkiye)

Eş Başkan / Co-Chair

Prof. Dr. Emin ÇİFTÇİ (Istanbul Technical University, Türkiye)

Sekreteryaya / Secretary

Dr. Zeynep Döner (Istanbul Technical University, Türkiye)
Mustafa Kaya (Istanbul Technical University, Türkiye)
Mehmet Korkut (Istanbul Technical University, Türkiye)

Düzenleme Kurulu / Organizing Committee

Prof. Dr. Fuat Yavuz, ITU
Prof. Dr. Murat Budakoğlu, ITU
Doç. Dr. Muhittin Karaman, ITU
Dr. Öğr. Üyesi Demet Kıran Yıldırım, ITU
Prof. Dr. Yusuf Kağan Kadioğlu, Ankara University
Prof. Dr. Ahmet Şaşmaz, Fırat University
Prof. Dr. Gülcan Bozkaya, Pamukkale University
Prof. Dr. Nurullah Hanilçi, Istanbul University-Cerrahpaşa
Prof. Dr. Namık Aysal, Istanbul University-Cerrahpaşa
Dr. Khaled Alkhaled, Musul University
Doç. Dr. Amr Abdelnasser Khalil, Benha University
Dr. Öğr. Görevlisi. Alp Ünal, ITU
Dr. Öğr. Görevlisi, Beril Tañç Kaya, ITU
Dr. Ömer Kamacı, ITU
Arş. Gör. Hüseyin Kocatürk, ITU
Arş. Gör. Ali Tuğcan Ünlüer, ITU
Arş. Gör. Hatice Nur Bayram, ITU
Arş. Gör. Yusuf Türkmen, ITU
Sercan Öztürk, ITU
Kamil Ömer Taş, ITU
Ahmet Adnan Arıncı

Yayın Kurulu / Editorial Board

Abdurrahman Lermi
Ahmet Şaşmaz
Ahmet Yıldız
Ali İhsan Karayiğit
Cüneyt Şen
Efem Altınok
Emin Çiftçi (eşbaşkan ve editör)
Fahri Esenli
Faruk Aydın
Fuat Yavuz
Gülcan Bozkaya
Gültekin Topuz
Hüseyin Öztürk
İrfan Yolcubal
Mehmet Keskin
Muhittin Karaman
Murat Budakoğlu
Mustafa Afşin
Namık Aysal
Nurullah Hanilçi
Orhan Karslı
Özcan Yiğit
Sabah Şahin
Selahattin Kadir
Şafak Köseoğlu
Şafak Altunkaynak
Şengül Can Genç
Tolga Oyman
Yener Eyuboğlu
Yılmaz Demir
Yusuf Kaan Kadioğlu

Bilim Kurulu

Abdurrahman Dokuz	<i>Karadeniz Teknik Üniversitesi</i>	Emin Çiftçi	<i>İstanbul Teknik Üniversitesi</i>
Abdurrahman Lermi	<i>Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi</i>	Emre Aydınçakır	<i>Gümüşhane Üniversitesi</i>
Abdullah Kaygusuz	<i>Gümüşhane Üniversitesi</i>	Enver Akaryalı	<i>Gümüşhane Üniversitesi</i>
Abidin Temel	<i>Hacettepe Üniversitesi</i>	Ercan Aldanmaz	<i>Kocaeli Üniversitesi</i>
Ahmet Gökçe	<i>Sivas Cumhuriyet Üniversitesi</i>	Erdin Bozkurt	<i>Ortadoğu Teknik Üniversitesi</i>
Ahmet Şaşmaz	<i>Fırat Üniversitesi</i>	Erdinç Yiğitbaş	<i>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi</i>
Ahmet Yıldız	<i>Afyon Kocatepe Üniversitesi</i>	Erol Sarı	<i>İstanbul Üniversitesi</i>
Ali Gökğöz	<i>Pamukkale Üniversitesi</i>	Ersin Koralay	<i>Dokuz Eylül Üniversitesi</i>
Ali Gürel	<i>Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi</i>	Fahri Esenli	<i>İstanbul Teknik Üniversitesi</i>
Ali İhsan Karayığit	<i>Hacettepe Üniversitesi</i>	Faruk Aydın	<i>Karadeniz Teknik Üniversitesi</i>
Ali İskenderoğlu	<i>Sayıştay</i>	Fatma Hoşcebi	<i>Karadeniz Teknik Üniversitesi</i>
Ali Kaya	<i>Pamukkale Üniversitesi</i>	Ferkan Sipahi	<i>Gümüşhane Üniversitesi</i>
Ali Polat	<i>Windsor University</i>	Fernando Gervilla	<i>Granada University</i>
Ali Tümüklü	<i>Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi</i>	Fetullah Arık	<i>Konya Teknik Üniversitesi</i>
Ali Uçurum	<i>Sivas Cumhuriyet Üniversitesi</i>	Feyzi Bingöl	<i>Fırat Üniversitesi</i>
Ahmet Karakaş	<i>Kocaeli Üniversitesi</i>	Franco Pirajno	<i>Western Australia University</i>
Amr Abdelnasser Ali Khalil	<i>Benha University</i>	Fikret Suner	<i>İstanbul Teknik Üniversitesi</i>
Argyrios Kapsiotis	<i>Sun Yat-Sen University</i>	Fuat Erkül	<i>Akdeniz Üniversitesi</i>
Asish Basu	<i>University of Texas at Arlington</i>	Fuat Yavuz	<i>İstanbul Teknik Üniversitesi</i>
Astrid Holzheid	<i>University of Kiel</i>	Gülcan Bozkaya	<i>Pamukkale Üniversitesi</i>
Aykut Aygün	<i>Karadeniz Teknik Üniversitesi</i>	Gültekin Topuz	<i>İstanbul Teknik Üniversitesi</i>
Aykut Güçtekin	<i>Kocaeli Üniversitesi</i>	Gülten Yaylalı Abanuz	<i>Karadeniz Teknik Üniversitesi</i>
Ayşe Orhan	<i>Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi</i>	Gürhan Yalçın	<i>Akdeniz Üniversitesi</i>
Ayten Öztüfekçi Önal	<i>Munzur Üniversitesi</i>	Hadi Shafaii Moghadam	<i>Macquarie University</i>
Axel K. Schmitt	<i>Heidelberg University</i>	Haibo Zou	<i>Auburn University</i>
Aziz Özyavaş	<i>Kocaeli Üniversitesi</i>	Hakan Çoban	<i>Bitlis Eren Üniversitesi</i>
Bahattin Güllü	<i>Aksaray Üniversitesi</i>	Halim Mutlu	<i>Ankara Üniversitesi</i>
Benxun Su	<i>Chinese Academy of Sciences</i>	H. Haluk Selim	<i>İstanbul Ticaret Üniversitesi</i>
Bin Chen	<i>Beijing University</i>	Hasan Kolaylı	<i>Karadeniz Teknik Üniversitesi</i>
Cemal Bölücek	<i>Balıkesir Üniversitesi</i>	Hulusi Kargı	<i>Pamukkale Üniversitesi</i>
Cihan Yalçın	<i>Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı</i>	Hurşit Canlı	<i>Akdeniz Üniversitesi</i>
Cüneyt Şen	<i>Karadeniz Teknik Üniversitesi</i>	Hüseyin Kurt	<i>Konya Teknik Üniversitesi</i>
Çiğdem Saydam Eker	<i>Gümüşhane Üniversitesi</i>	Hüseyin Sendir	<i>Eskişehir Osmangazi Üniversitesi</i>
David Banks	<i>University of Leeds</i>	Hüseyin Öztürk	<i>İstanbul Üniversitesi</i>
Demet Yıldırım	<i>İstanbul Teknik Üniversitesi</i>	İbrahim Uysal	<i>Karadeniz Teknik Üniversitesi</i>
Efem Altınok	<i>Kocaeli Üniversitesi</i>	Irena Peytcheva	<i>Science Academy</i>
Elif Varol Muratçay	<i>Hacettepe Üniversitesi</i>	İrfan Temizel	<i>Karadeniz Teknik Üniversitesi</i>
Emel Abdioğlu	<i>Karadeniz Teknik Üniversitesi</i>	İrfan Yeşilnacar	<i>Harran Üniversitesi</i>

İrfan Yolcubal	<i>Kocaeli Üniversitesi</i>	Orkun Ersoy	<i>Hacettepe Üniversitesi</i>
İsmail Hakkı Demirel	<i>Hacettepe Üniversitesi</i>	Osman Candan	<i>Dokuz Eylül Üniversitesi</i>
Jan Vijbrans	<i>Vrije University</i>	Osman Parlak	<i>Çukurova Üniversitesi</i>
Joachim Schomburg	<i>Neubrandenburg</i>	Oya Cengiz	<i>Isparta Süleyman Demirel Üniversitesi</i>
Jorge Manuel Relvas	<i>Lisbon University</i>	Ömer Bozkaya	<i>Pamukkale Üniversitesi</i>
Kamil Yılmaz	<i>Isparta Süleyman Demirel Üniversitesi</i>	Ömer Faruk Çelik	<i>Kocaeli Üniversitesi</i>
Kerim Koçak	<i>Konya Teknik Üniversitesi</i>	Özcan Yiğit	<i>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi</i>
Kıymet Deniz	<i>Ankara Üniversitesi</i>	Paul A. Schroeder	<i>University of Georgia</i>
Kürşad Asan	<i>Konya Teknik Üniversitesi</i>	Peter Möller	<i>Hahn Meitner Institut</i>
Leyla Kalender	<i>Fırat Üniversitesi</i>	Raif Kandemir	<i>Rize Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi</i>
Lothar Viereck	<i>University of Jena</i>	Reyhan Kara Gülbay	<i>Karadeniz Teknik Üniversitesi</i>
Lukas Ackerman	<i>Czech Academy of Sciences</i>	Sabah Yılmaz Şahin	<i>İstanbul Üniversitesi</i>
Martin Danisk	<i>Curtin University</i>	Sadettin Korkmaz	<i>Karadeniz Teknik Üniversitesi</i>
Marcel Guillong	<i>ETH-Zurich</i>	Selahattin Kadir	<i>Eskişehir Osmangazi Üniversitesi</i>
Mehmet Altınsoy	<i>Akdeniz Üniversitesi</i>	Semih Gürsu	<i>Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi</i>
Mehmet Arslan	<i>Karadeniz Teknik Üniversitesi</i>	Serhat Köksal	<i>Ortadoğu Teknik Üniversitesi</i>
Mehmet Salih Bayraktutan	<i>Iğdır Üniversitesi</i>	Sibel Tatar Erkül	<i>Akdeniz Üniversitesi</i>
Mehmet Şener	<i>Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi</i>	Sinan Altuncu	<i>Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi</i>
Mehmet Özkul	<i>Pamukkale Üniversitesi</i>	Suat Taşdelen	<i>Pamukkale Üniversitesi</i>
Metin Bağcı	<i>Afyon Kocatepe Üniversitesi</i>	Şafak Altunkaynak	<i>İstanbul Teknik Üniversitesi</i>
Michael Seitz	<i>Goethe University</i>	Şemsettin Caran	<i>Isparta Süleyman Demirel Üniversitesi</i>
Muazzez Çelik Karakaya	<i>Konya Teknik Üniversitesi</i>	Şenel Özdamar	<i>İstanbul Teknik Üniversitesi</i>
Muharrem Akgül	<i>Balıkesir Üniversitesi</i>	Şengül Can Genç	<i>İstanbul Teknik Üniversitesi</i>
Muharrem Satır	<i>Tübingen University</i>	Tamer Koralay	<i>Pamukkale Üniversitesi</i>
Muhittin Karaman	<i>İstanbul Teknik Üniversitesi</i>	Tolga Oyman	<i>Dokuz Eylül Üniversitesi</i>
Murat Çiftlikli	<i>Ömer Halis Demir Üniversitesi</i>	Thomas Aiglsperger	<i>Barcelona University</i>
Musa Alpaslan	<i>Mersin Üniversitesi</i>	Tuğba Rasgeldi Doğan	<i>Harran Üniversitesi</i>
Mustafa Afşin	<i>Aksaray Üniversitesi</i>	Vural Oyan	<i>Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi</i>
Mustafa Kumral	<i>İstanbul Teknik Üniversitesi</i>	Werner Balderer	<i>Eidgenössische Technische Hochschule (ETH) Zürich</i>
Mustafa Selman Aydoğan	<i>Balıkesir Üniversitesi</i>	Wolfgang Siebel	<i>Tubingen University</i>
Namık Aysal	<i>İstanbul Üniversitesi</i>	Yalçın Ersoy	<i>Dokuz Eylül Üniversitesi</i>
Necati Karakaya	<i>Konya Teknik Üniversitesi</i>	Yener Eyüboğlu	<i>Karadeniz Teknik Üniversitesi</i>
Necati Tüysüz	<i>Karadeniz Teknik Üniversitesi</i>	Yılmaz Demir	<i>Rize Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi</i>
Necla Köprübaşı	<i>Kocaeli Üniversitesi</i>	Yılmaz Savaşçın	<i>Dokuz Eylül Üniversitesi</i>
Nezih Köprübaşı	<i>Kocaeli Üniversitesi</i>	Yusuf Kağan Kadioğlu	<i>Ankara Üniversitesi</i>
Nilgün Güleç	<i>Ortadoğu Teknik Üniversitesi</i>	Yüksel Örgün	<i>İstanbul Teknik Üniversitesi</i>
Nurdane İlbeyli	<i>Akdeniz Üniversitesi</i>	Zafer Aslan	<i>Balıkesir Üniversitesi</i>
Nurgül Çelik Balcı	<i>İstanbul Teknik Üniversitesi</i>	Zeki M. Hassan	<i>University of Kirkuk</i>
Nursel Öksüz	<i>Bozok Üniversitesi</i>	Zeynep Döner	<i>İstanbul Teknik Üniversitesi</i>
Nurullah Hanilçi	<i>İstanbul Üniversitesi</i>	Ziya Kırmacı	<i>Karadeniz Teknik Üniversitesi</i>
Orhan Karslı	<i>Karadeniz Teknik Üniversitesi</i>		

Önceki Jeokimya Sempozyumları / Previous Geochemistry Symposia

- 2004: 1. Jeokimya Sempozyumu (Bursa) Dokuz Eylül Üniversitesi
- 2006: 2. Jeokimya Sempozyumu (Bursa) Osmangazi Üniversitesi
- 2008: 3. Jeokimya Sempozyumu (Bursa) Kocaeli Üniversitesi
- 2010: 4. Jeokimya Sempozyumu (Elazığ) Fırat Üniversitesi
- 2012: 5. Jeokimya Sempozyumu (Denizli) Pamukkale Üniversitesi
- 2014: 6. Jeokimya Sempozyumu (Mersin) Mersin Üniversitesi
- 2016: 7. Jeokimya Sempozyumu (Antalya) Ankara Üniversitesi
- 2018: 8. Jeokimya Sempozyumu (Antalya) Karadeniz Teknik Üniversitesi
- 2022: 9. Jeokimya Sempozyumu (Aydın) İstanbul Teknik Üniversitesi



SPONSORLARIMIZA ÖZEL TEŞEKKÜR

SPECIAL THANKS TO OUR SPONSORS



Ömer Lütfü Özgül

AYCORE
MINING CORPORATION

AĞA
MADEN



9th GEOCHEMISTRY SYMPOSIUM

Organizasyon:
İ.T.Ü. Maslak Kampüsü 34469 Sarıyer/İstanbul

Sempozium Yeri:
Laur Hotels, Didim/Aydın
Çamlık, Aytepe Cad. No:21 09270 Didim/Aydın

İletişim:
Prof. Dr. Mustafa KUMRAL (0 532 775 54 85)
Prof. Dr. Emin ÇİFTÇİ (0 532 487 08 96)
9thgeochemistry@itu.edu.tr



İTÜ



250 YIL

Davetli Bildiriler / Invited Presentations



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



Granites from Yesterday to Today: Classification and Genesis

Yücel Yılmaz

Istanbul Technical University, Faculty of Mines, Department of Geological Engineering, Istanbul, Türkiye

yyilmaz@khas.edu.tr

Abstract

As Pitcher once stated “granite has been the subject of geology since geology began”. That was a fair statement because the definitions of granite in the glossaries and textbooks are commonly incomprehensive to cover all the characteristics of this rock group which displays great varieties in texture, color, amount of felsic and mafic minerals, and geochemistry.

The first view on the genesis of the granite dates to the time of Abraham Werner (1847-1817), who claimed that it forms as a sedimentary rock. Soon after that, James Hutton, the founder of Geology, objected to this view and based on his field observations, wrote that granite is derived from magma generated at some depth and rises to higher levels.

About a century later, geologists studying granitic rocks noted that granites, gneisses, and schists were intermingled in high-grade metamorphic terrains. They called this mixture ‘‘migmatite’’ and concluded that these different-looking rocks share a similar history of evolution. The contrasting views proposed on the origin of the deep-seated granitic rocks created a long-lasting controversy.

The experimental and field-based studies contributed significantly to our understanding of the granite genesis, including the granite series and the emplacement depth concepts. However, all the evaluations unavoidably restricted the granite generation to the limit of the one-dimensional models in the continental crust. The plate tectonics concept opened up a new dimension to view granite generation in four-dimension.

In the first part of this talk, I will review the history of granite studies and then talk about granite today.

Keywords: Granites, classification, history of granites



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



Subduction and Magmatic Arcs in the Black Sea Region

Aral I. Okay

*Department of Geological Engineering, Faculty of Mines and Eurasia Institute of Earth Sciences, Istanbul
Technical University, Istanbul, Türkiye*

okay@itu.edu.tr

Abstract

During most of the Phanerozoic, the Black Sea region constituted part of the south-facing active margin of Laurasia/Eurasia. Northward subduction of the Tethys Ocean under the Laurasia/Eurasia created distinct magmatic arcs of Carboniferous, Triassic, Jurassic and Late Cretaceous ages.

The ages of magmatism in the Black Sea region are well constrained from bedrock and detrital zircons ages from the Pontides. The best-known magmatic arc in the Black Sea region is the Late Cretaceous one, which can be traced from the Lesser Caucasus through the Pontides to Bulgaria and to Serbia. It is predominantly represented by volcanic and volcanoclastic rocks. The opening of the Black Sea as a back-arc basin also took place in the Late Cretaceous. The Jurassic magmatic arc can also be traced from Georgia in the Lesser Caucasus into the Eastern and Central Pontides; it is represented by plutonic and volcanic rocks.

Recent geochronological data indicate that the Jurassic arc magmatism extends also to the western Sakarya Zone and to the Rhodopes in the Balkans. Evidence for a Triassic magmatism is found in the detrital zircon ages in the Pontides and in Crimea. Triassic zircons form a major population in the Late Triassic-Jurassic subduction-accretion complexes (Karakaya Complex) in the Sakarya Zone of the Pontides and the Triassic-Jurassic flysch (Tauric series) in Crimea. Despite the abundance of Triassic detrital zircons in the trench turbidites in the Black Sea region, no Triassic plutonic rocks are known from south of the Black Sea.

The Triassic magmatic arc most probably exists in the subsurface north of the Black Sea; it was separated from the coeval subduction-accretion complexes by the opening of the Black Sea in the Late Cretaceous. Carboniferous granites are known from the Sakarya Zone, which constitutes the southern Pontide unit. In contrast to the Mesozoic magmatic arcs, the tectonic setting of the Carboniferous magmatism is more controversial.

Keywords: Subduction, Black Sea Region, magmatic arc



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



The Fate of Platinum Group Elements during Mantle Melting

Astrid Holzheid

Institute of Geosciences, Kiel University, 24098 Kiel, Germany

astrid.holzheid@ifg.uni-kiel.de

Abstract

Platinum group elements (PGE; Os, Ir, Ru, Rh, Pt, Pd) are highly siderophile elements, reflecting a strong affinity to metal phases. Based on their behavior in geological systems, the PGEs are further subdivided into the iridium-group PGEs (IPGEs; Os, Ir, Ru) and the palladium-group PGEs (PPGEs; Rh, Pt, Pd). Platinum group elements are differently distributed in primitive mantle melts compared to residual mantle rocks (peridotite-xenoliths). While IPGEs are relatively depleted and PPGEs are relatively enriched in primitive mantle melts, opposing trends of PGE pattern of peridotite-xenoliths are observed. The most likely processes of PGE fractionation during mantle melting will be discussed in due consideration of various physico-chemical interaction processes between coexisting silicate, solid sulfide and liquid sulfide phases. This will be based on the following observations: (1) chemical interaction processes between coexisting solid and liquid sulfide phases (i.e. monosulfide and sulfide melt) divide the PGE into those PGE that are more compatible to solid sulfide phases (e.g., Ir, Ru) and those PGE that are more compatible to the sulfide melt (e.g. Pt, Pd); (2) physical interaction between coexisting liquid sulfide and liquid silicate phases hampers melt coalescence to build a melt network, resulting in isolated sulfide melt droplets in the silicate melt; (3) settling velocities of sulfide melt droplets in silicate melts are orders of magnitude less compared to ascent rates of primitive mantle melts. It is thus possible to link the distinct different PGE pattern of primitive mantle melts and of peridotite-xenoliths to straightforward mantle melting processes: sulfide melt droplets (1) are enriched in PPGEs due to chemical interaction processes in the source region, (2) will be entrained by ascending primitive mantle melts, and (3) will finally dissolve in the melts leading to the higher abundances of PPGEs in those primitive mantle melts compared to the residual mantle rocks.

Keywords: Mantle melting, element partitioning, PGE, monosulfide, sulfide liquid



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



**Geochemical Studies in the Intersections of Energy, Water Resources, and the
Environment**

Qinhong Hu

*Department of Earth and Environmental Sciences, the University of Texas at Arlington, Arlington, TX 76019,
USA*

maxhu@uta.edu

Abstract

Over the past several decades, one of the major thrusts of geochemical studies has been evolving from the soil contamination (since 1960s), geological repository of high-level nuclear waste (1970s), groundwater remediation (1980), geothermal energy exploitation (1980s), carbon sequestration (1997), petroleum production in deep shale gas and oil reservoirs (2008), to underground hydrogen storage (2019); these emerging societal needs in the intersections of energy, water resources, and the environment has been pushing forward the advancement of geochemical science. This work presents a synopsis of how the microscopic pore structure affects fluid flow and chemical transport in both porous and fractured media encountered in the above fields of energy geosciences, with a particular focus on multi-scale investigations, mechanistic studies, process-level understanding, innovative approaches, and interdisciplinary collaboration. With a suite of custom-designed tracers and innovative characterization approaches (e.g., laser ablation-inductively coupled plasma-mass spectrometry, small angle neutron scattering), various compounds of different physico-chemical properties, such as pesticides, metals (As), radionuclides (¹²⁹I and ⁹⁹Tc), petroleum molecules, and gases (CO₂ and H₂) are studied in their fate and transport behavior in porous media, complicated by speciation, anomalous diffusion, wettability, and pore connectivity in a wide range of subsurface media of soils, aquifers, and rocks with natural or stimulated fractures.

Keywords: Hydrobiogeochemistry, coupled processes, mechanistic understanding, tracers, diffusion



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



**The Importance of Geochemistry in Carbon Capture and Storage Studies: Geothermal
Fields as Potential Storage Sites**

Nilgün Güleç

Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06800 Ankara

nilgun@metu.edu.tr

Abstract

Carbon Capture and Storage is a hot topic in academic community concerned with the dilemma between energy and climate. CO₂ emission to atmosphere, sourced from energy consumption related to industrial activities and thermal power plants, is the major cause of global warming and climate change. Capture of CO₂ from these sources and its storage underground is adopted as short-term solution to the problem. In this respect, geothermal reservoirs emerge as potential storage sites. Geochemical studies are of great importance in these projects and used to investigate the CO₂-water-rock interaction in the system via laboratory studies and/or numerical modelling. The results from two different studies are given here as examples of preliminary research for potential CO₂ storage projects. One of these studies, performed within the framework of an M.Sc Thesis, is focused on “equilibrium” and “kinetic” modelling of Ungaran geothermal field in Indonesia. Chemical composition of reservoir rocks and geothermal waters are used in modelling utilizing PHREEQC programme. In equilibrium modelling, mineral dissolution and precipitation potentials are investigated via speciation and saturation index calculation. In kinetic modelling, mineral reaction kinetics are taken into account to predict how fast the system reaches equilibrium following CO₂ injection. Results of modelling pointed to calcite precipitation as the main CO₂ trapping mechanism, and about 10 years for the system to reach equilibrium. The other study, an example of the use of isotope compositions, is concerned with CO₂-He gas systematics of Turkish geothermal systems using an integrated data set comprising $\delta^{13}\text{C}$, $^3\text{He}/^4\text{He}$, CO₂ and CO₂/ ^3He parameters. Possible subsurface processes likely to affect CO₂ gas are examined and samples not affected by “mixing” and “degassing” are used to discriminate between the major trapping mechanisms, “dissolution” and “mineral precipitation”. Modelling results suggested dissolution as the major mechanism, calcite precipitation accompanying dissolution at higher temperatures close to reservoir conditions.

Keywords: CO₂ storage, geochemistry, numerical modelling, trapping mechanism



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



The Nature of Gold

David A. Banks

Ores and Minerals Group, School of Earth and Environment, University of Leeds, Leeds LS2 9JT, U.K.

d.a.banks@leeds.ac.uk

Abstract

New analytical techniques allow the determination of many elements, to very low concentrations, in natural gold. These are used to distinguish the style of mineralization and source of gold. This is especially so in placer deposits where no obvious source may exist. However, unless their physical presence is understood any interpretation could be in error. Gold forms an alloy with many elements and in natural gold Ag, Hg, Cu, Pd and Sb are most prevalent alloying elements. Many other elements are also present in varying concentrations arising from trapping mineral phases as the gold precipitates, from exsolution within the gold or random trapping of nanoparticles. Au-Ag nanoparticles have been found in fluid inclusions at concentration of 1000's ppm and individual nanoparticles have been observed in quartz veins. Thus, transport of these particles can reduce the requirement for large fluid volumes to produce ore deposits. Natural gold almost always contains Ag at concentrations up to 10's of wt% and nanoparticles we have observed are not purely Au but comprise Au plus Ag. We propose these have a Au-core and a Ag-shell which can vary in relative proportion. Clusters of such nanoparticles have been shown to convert to a homogeneous alloy at temperatures over 200°C. How individual nanoparticles are initially formed and then aggregate to form large crystals may well be a factor in the presence of many elements, at low concentrations, detected by LA-ICP-MS element mapping. Understanding how elements are present is fundamental to any interpretation and examples will be presented from different deposits to highlight the different information available and whether it can be used as a means of discrimination.

Keywords: Gold, nanoparticles, textures, element analyses



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu

9th Geochemistry Symposium with International
Participation



Constraints on Magma Generation and Evolution below Continents from U-Series and Radiogenic Isotopes

Haibo Zou

Department of Geosciences, Auburn University, Auburn, AL 36849, USA

hzz0006@auburn.edu

Abstract

Uranium-series (U-series) isotopes in young basaltic rocks are powerful for constraining melt generation and melting conditions beneath continents. Holocene basaltic rocks from NE China (Wudalianchi, Jingbohu, Long-gang) and SE China (Hainan Island) show strong ^{230}Th excesses [$(^{230}\text{Th}/^{238}\text{U}) = 1.1$ to 1.3], indicating magma generation from a deep garnet-bearing mantle source under relatively slow rate of melting. The strong ^{230}Th excesses in NE China basalts argue against subduction-related flux melting for the generation of these young basalts. The significant ^{230}Th excesses in Hainan lavas indicate sublithospheric mantle source (rather than lithospheric mantle source) for the Hainan lavas, consistent with its deep plume origin.

U-series ages of zircons in young, evolved magmas (e.g., rhyolites, andesites) are useful for constraining magma evolution timescales. Here I report U-series ages of zircons from 3 volcanic areas: Mount Changbai at the border of China and North Korea, the Tengchong volcanic field at SE Tibetan Plateau, and the Ashikule volcanic field at NW Tibetan Plateau.

Zircon surface ages from Mount Changbai are 1 ka (ka = thousand years ago) for Millennium comenditic pumices (peralkaline rhyolites) and 10 ka for Qixiangzhan (QXZ) comenditic lavas. The 1-ka zircons essentially dated the Millennium Eruption, and the 10-ka zircons from QXZ dated the eruption of QXZ lavas. Since QXZ comenditic lavas preserve geomagnetic field excursion, the 10-ka zircons yield the youngest geomagnetic field excursion on Earth, consistent with recent $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ages of sanidines from QXZ. The Changbai zircons in Millennium comenditic pumices and QXZ comenditic lavas yield eruption ages, indicating zircon saturations in peralkaline rhyolitic magmas only shortly before their eruptions.

By contrast, U-series ages of young zircons from Tengchong at SE Tibetan Plateau are 55 ka and 90 ka, predating the Holocene eruptions by 45 to 80 kyr (kyr = thousand years), indicating long residence time scales. Their long residence times may reflect early saturations of zircons in high-K calc alkaline magmas beneath Tengchong. Negative correlations between Hf and O isotopes for Tengchong zircons reveal assimilation fractional crystallization processes during magma evolution.

Zircons from Ashikule volcanic field (including Ashishan and Wulukeshan) of NW Tibetan Plateau are more complex than Changbai zircons and Tengchong zircons and show high abundance (~60%) of geologically old (>375 ka) zircons. Regarding only young Ashikule zircons, we have identified 3 pulses of zircon crystallizations at 70 ka, 105 ka, and 290 ka for the Ashishan volcano and one pulse of zircon crystallization at 113 ka for the Wulukeshan volcano. Similarity between the youngest zircon U-Th ages and eruption ages from sanidine $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ages for the Ashishan volcano indicates short zircon and

magma residence times (<5 kyr) for Ashishan lavas. New zircon U-series age of 113 ka for Wulukeshan requires that the Wulukeshan eruption occurred after 113 ka, younger than previously thought. Old crystals likely contributed to their older whole-rock K-Ar or Ar-Ar ages (200 ka to 550 ka) in Wulukeshan.

Keywords: Uranium series, magma generation, magma evolution, radiogenic isotopes



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu

9th Geochemistry Symposium with International Participation



New Synthetic Approaches for Gold, Silver and Clay/Polymer Nano Composites

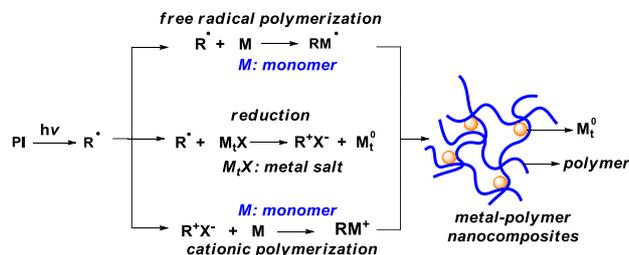
Yusuf Yagci

Istanbul Technical University, Department of Chemistry, Maslak-İstanbul 34469, Türkiye

yusuf@itu.edu.tr

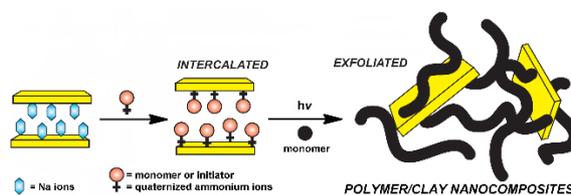
Abstract

Over past decade, synthetic routes to produce polymer nanocomposites have become an important research field in materials science. With recent advances in the use of nanomaterials like metals such as gold and silver and layered silicates such as clays in combination with polymers, it is now possible to prepare nanocomposites with enhanced physical, chemical and biological properties. Such materials, which combine the properties of polymers with those of nano structures are considered to be promising systems for advanced functional applications. In this presentation, novel approaches for the preparation gold and silver metal nanocomposites [1, 2] through simultaneous photoinduced electron transfer and polymerization processes will be described (Scheme 1).



Scheme 1. Synthesis of polymer/metal nano composites

In our laboratory, we have also focused [3, 4] on the preparation of polymer/clay nanocomposites by in situ polymerization (Scheme 2). Nano coatings on metal surfaces will also be described [5, 6]. Nano coatings on metal surfaces will also be described [5, 6].



References

1. Sangermano, M, Yagci, Y, Rizza, G, *Macromolecules*, 40, 8827 (2007)
2. Yagci, Y, Sangermano, M, Rizza, G, *Macromolecules*, 41, 7268 (2008)
3. Oral, A, Tasdelen, MA, Demirel, AL, Yagci, Y, *Polymer*, 50, 3905 (2009)
4. Yenice, Z, Tasdelen, MA, Oral, A, Guler, C, Yagci, Y, *J. Polym. Sci. Polym. Chem.*, 47, 2190 (2009)
5. Yilmaz G, Iskin B, Yilmaz F, Yagci Y, *ACS Macro Letters*, 1, 1212 (2012)
6. Gam-Derouich S, Lamouri A, Redeuilh C, Decorse P, Maurel F, Carbonnier B, Beyazit S, Yilmaz G, Yagci Y, Chehimi MM, *Langmuir*, 28, 8035 (2012)



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



TEMATİK OTURUMLAR 01 / THEMATIC SESSIONS 01
MİNERAL YATAKLARI VE ARAMA JEOKİMYASI
MINERAL DEPOSITS AND EXPLORATION GEOCHEMISTRY
SÖZLÜ SUNUMLAR / ORAL PRESENTATIONS



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



**B. Anadolu Bor Yataklarının Levha Tektoniği Bağlamında Yorumlanması ve Kara
Boğaz – Acu Derya Evaporasyon Modeli**

*Interpretation of W Anatolian Boron Deposits in the Context of Plate Tectonics and Kara
Boğaz – Acu Derya Evaporation Model*

Mehmet Yılmaz Savaşçın^{1*}, Murat Tokçaer²

¹Munzur Üniv. Jeoloji Müh. Bölümü (emekli), Tunceli, Türkiye

²Dokuz Eylül Üniv. Jeoloji Müh. Bölümü, İzmir, Türkiye

*yilmaz.savascin@deu.edu.tr

Abstract

Boron, which is a very mobile element, has completely migrated from the mantle and the element abundance in the mantle is zero. In the entire crustal region, the reason for this mobility is that it becomes abundant in the ocean water and settles in the layered silicates (clay minerals) in the pelagic sediments, without showing any enrichment in any rock unit except for a few minerals. For this reason, excessive boron enrichment takes place both in a very common environment and in pelagic sediments tens of times more than other rocks. Pelagic rocks dehydrating along the subduction zone lose their volatile fluids such as H-borates, OH-, HCO-x (dehydration) and cause them to rise to the lithospheric mantle or crust regions to form a partial pressure field (P-volatile partial pressure, P (vol)). Due to this pressure, calc-alkaline magma is formed in the crust, who is melting temperature decreases, thanks to the borrowed boron and other volatiles taken from the pelagic volatiles, and they are carried higher independent - together. If, for any reason, alkaline magma loses its volatile fluids, it will turn into granitic rocks with skarn in the depths before reaching the surface. Even if the magma reaches the surface, it preserves most of the borrowed volcanic rocks in its own volcanic rocks or carries it into the atmosphere and cannot contribute to the formation of boron deposits. However, pelagic volatile fluids combine with the geothermal cycle in the last stage of their uplift and carry much more boron element than magma to terrestrial lake basins for much longer periods.

Another problem is the concentration and precipitation of boron ions in isolation from other ions in any part of the basin (!) by not complying with the requirement that the ionic solutions of the salty waters filling the basin, complying with chemical laws and displaying a statistical homogeneous distribution in the lake. There can be no chemical explanation for such a formation. Located on the Turkmenistan coast of the Caspian Sea, the small Lake Acu Derya is a gulf connected to the Caspian Sea by the Karabogaz Canal. In periods when the waters are low, the gulf cannot be fed from the main basin and turns into an independent small lake. This small lake dries up during dry periods and forms evaporitic salt deposits. This static Kara Boğaz – Acu Derya model is a natural example of artificially produced salt – brines for salt production from the seas, and dynamic B. Anadolu Boron deposits can be interpreted with this model.

Keywords: Boron deposits, pelagic sediments, Karaboğaz-Acu Derya model

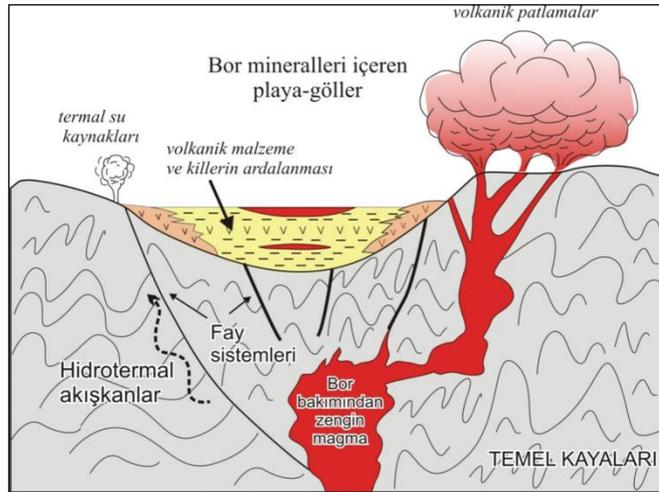
ÖZET

Çok hareketli bir element olan bor mantodan tümü ile göç etmiş olup mantodaki element bolluğu sıfırdır. Kabuk bölgesinin tümünde, birkaç mineral dışında hiçbir kaya biriminde zenginleşme göstermeden okyanus suyunda bolluğuna pelajik sedimentlerdeki tabakalı silikatlara (kil mineralleri) yerleşir. Bu nedenle aşırı bor zenginleşmesi hem çok yaygın bir ortamda hem de öteki kayalara oranla onlarca kat daha fazla oranda pelajik sedimentlerde yer alırlar. Yitim zonu boyunca terleyen pelajik kayalar, H-boratlar, OH⁻, HCO₃⁻ gibi uçucularını (volatil) yitirerek (dehidrasyon) onların litosferik manto veya kabuk bölgelerine yükselerek kısmi basınç alanı (P-üçücu kısmi basıncı, P (vol)) oluşturmalarını sağlarlar. Bu basınç nedeni ile ergime ısısı düşen kabukta kalk-alkali magma, pelajik uçuculardan aldığı ödünç bor ve diğer uçucular sayesinde oluşur ve birlikte ve bağımsız daha yukarıya taşınırlar. Herhangi bir nedenle kalk alkali magma uçucularını yitirse yüzeye ulaşmadan, derinlerde skarnlı granitik kayalara dönüşecektir. Magma yüzeye ulaşsa bile ödünç aldığı uçucularının büyük bölümünü kendi volkanik kayalarında korur ya da atmosfere taşır ve bor yataklarının oluşmasında bir katkısı olamaz. Oysa pelajik uçucular yükselmelerinin son aşamasında jeotermal döngü ile birleşerek, magmadan çok daha uzun süreler ve çok çok daha fazla bor elementini karasal göl havzalarına taşırlar. Bir başka sorun ise havzayı dolduran tuzlu suların iyon çözeltileri, kimyasal yasalara uyararak, göl içerisinde istatistik bir homojen dağılım göstermeleri gereğine uymayarak havzanın herhangi bir yerinde (!) bor iyonlarının öteki iyonlardan izole olarak yoğunlaşmış çökmesidir. Böyle bir oluşumun kimyasal açıklaması olamaz. Hazar Denizi'nin Türkmenistan kıyısında yer alan, küçük Acu Derya Gölü, Hazar Denizine Karaboğaz Kanalı ile bağlantılı bir körfezdır. Suların alçaldığı dönemlerde körfez esas havzadan beslenemez ve bağımsız bir küçük göle dönüşür. Bu küçük göl periyodik kurak dönemlerde kurur ve evaporitik tuz çökeltileri oluşturur. Bu statik Kara Boğaz – Acu Derya modeli, Denizlerden tuz üretimi için yapay olarak üretilen tuzla – salamularının doğal bir örneği olup dinamik B. Anadolu Bor yatakları da ancak bu model ile yorumlanabilir.

Anahtar Kelimeler: Bor yatakları, pelajik sedimentler, Karaboğaz–Acu Derya modeli

1. GİRİŞ

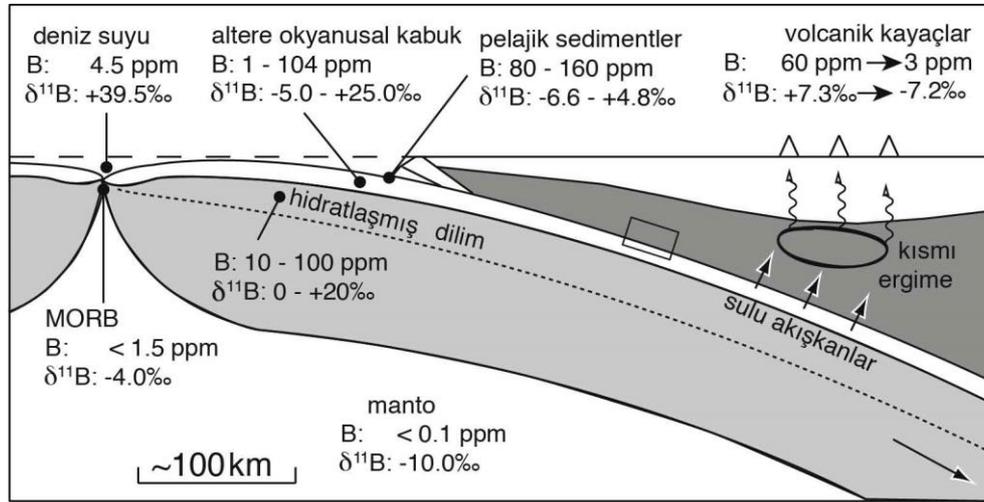
B. Anadolu bor yataklarının oluşumu ile ilgili, hiç değiştirilmeden günümüze kadar önerilen volkanizma kökenli model Şekil 1 de verilmiştir. Levha tektoniği öncesine dayanan bu şekilde iki önemli eksik söz konusudur. Borca zengin olarak gösterilen magmanın oluşabilmesi için gerekli yitim zonu ilişkisi görülememektedir. İkinci eksik ise ilki ile bağlantılı olup, hidrotermal akışkanların kökeni olarak sadece magma sorumlu tutulmuş, en üst aşamadaki jeotermal döngü göz ardı edilmiş ve bu konuda yitim zonu akışkanlarının çok daha önemli olan etkisi verilmemiştir. Bu durumda bor elementinin yegâne bolluğu kaya birimi olan (Tablo 1 ve Şekil 2) ve söz konusu magmanın oluşumunu sağlayan pelajik sedimentlerin bor yatakları oluşumundaki esas önemli rolü unutulmuştur.



Şekil 1. Bor yataklarının oluşumu ile ilgili olarak günümüzde öneriler model (Helvacı, 2015).

Tablo 1. Bor elementinin değişik jeolojik ortamlardaki bolluşma katsayısı. Tablodan da görüleceği gibi derin deniz killeri (pelajik çökeller) ve denizel şeyler diğer kayalara oranla çok yüksek boyutlarda bor içerirler (Tokçae, 2007).

Kıtasal kabuk	Üst Kabuk	15 ppm	Kumtaşı	35 ppm
	Alt Kabuk	2 ppm		
Düşük-Ca granit	10 ppm		Şeyl	100 ppm
Yüksek-Ca granit	9 ppm		Karbonat kayaları	20 ppm
Bazalt	5 ppm		Derin deniz killeri	230 ppm
Ultramafik	2 ppm		Deniz suyu	4.5 mg/g
İlksel Manto	0.6 ppm		Altere Okyanussal Kabuk	104 ppm

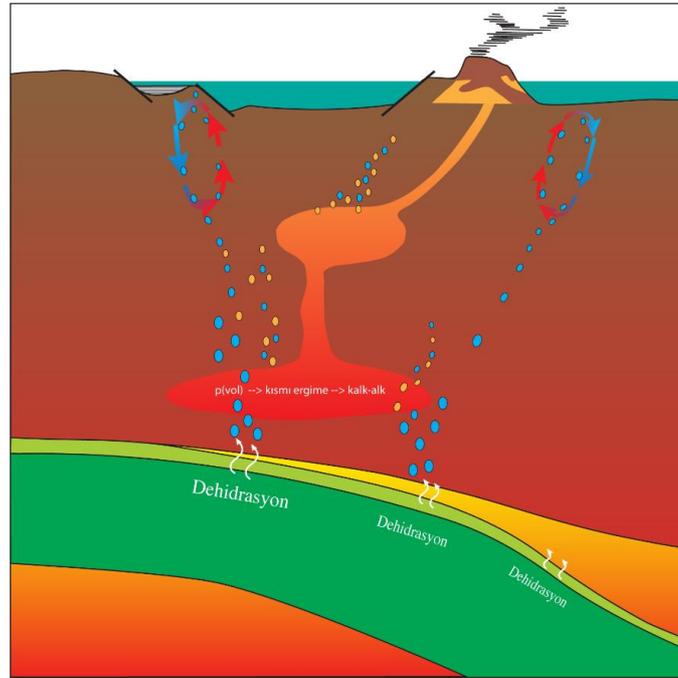


Şekil 2. Konrad-Schmalke ve Halama (2014), jeokimyasal çalışmalarında, Tablo 1'de verilen değerleri yitim zonuna yerleştirerek detaylandırmışlardır. Altere okyanusal kabuğun bile hala çok yoğun bor içerebilmesi dikkat çekicidir.

Bor yataklarının kökeni olarak pelajik sedimentlerden başka bir kaynak düşünülemez. Alt ve üst kabuktaki değerlerden hareketle (2 + 15), bu bölgelerde, bölümsel ergime ile oluşacak olan bir magmanın bor içeriği, dışarıdan bir katkı yok ise bir hiçtir. Öyle olsa idi, Yunanistan, Bulgaristan, İran gibi komşu bölgeler bulunan eşdeğer volkanizmanın da bor yatakları oluşturması gerekirdi. Ayrıca günümüzde gözlenen volkanizmanın onlarca katı volkanik aktivite söz konusu olmalı idi ki ufak bir bor yatağı volkanik kökenden oluşabilirdi. Bu nedenle bazı yayınlarda pelajik sediment kayalarının bor zenginliğinden söz edildiği halde (Floyd et al. 1998) volkanizmayı hala kaynak olarak gösterilmesi anlaşılabilir. Kaldı ki esas bor kaynağı olan pelajik sedimentlerin, yitim zonunda oluşan uçuşkanlarının yukarı göçü olmadan zaten böyle bir magma asla oluşamaz. Şekildeki durumu aşağıda yorumlanarak yeni bir model önerilecektir.

2. BİR YAKLAŞIMIN YORUMLANMASI

Çok hareketli bir element olan bor mantodan tümü ile göç etmiş olup mantodaki element bolluğu sıfırdır. Kabuk bölgesinin tümünde, birkaç mineral dışında hiçbir kaya biriminde zenginleşme göstermeden okyanus suyunda bolluğuna pelajik sedimentlerdeki tabakalı silikatlara (kil mineralleri) yerleşir. Bu nedenle aşırı bor zenginleşmesi hem çok yaygın bir ortamda hem de öteki kayalara oranla onlarca kat daha fazla oranda pelajik kayalarda de yer alırlar. Yitim zonu boyunca terleyen pelajik kayalar, H-boratlar, OH⁻, HCO₃⁻ gibi uçuşkanlarını yitirerek (dehidrasyon) onların litosferik manto veya kabuk bölgelerine yükselerek kısmi basınç alanı (P-uçuşkan kısmi basıncı, P^(vol)) oluşturmalarını sağlarlar. Bu basınç nedeni ile ergime ısısı düşen kabukta kalk-alkali magma, pelajik uçuşkanlardan aldığı ödünç bor ve diğer volatiller sayesinde oluşur ve birlikte ve bağımsız daha yukarıya taşınırlar. Sıkça olduğu gibi, herhangi bir nedenle kalk alkali magma uçuşkanlarını yitirse yüzeye ulaşmadan, derinlerde skarnlı granitik kayalara dönüşecektir. Bunun en güzel örnekleri Ayvalık Maden ve Bodrum'daki derinlik kayalarının bor mineralli (aksinit) skarn zonlarıdır. Magma yüzeye ulaşsa bile ödünç aldığı uçuşkanlarının büyük bölümünü kendi volkanik kayalarında korur ya da atmosfere taşır ve bor yataklarının oluşmasında bir katkısı olamaz. Oysa pelajik uçucular yükselmelerinin son aşamasında jeotermal döngü ile birleşerek, magmadan çok daha uzun süreler ve çok çok daha fazla bor elementini karasal göl havzalarına taşırlar. Bu yeni yorum Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Bor elementinin yitim zonu, magmatizma ve jeotermal ortam boyunca evrimsel döngüsü.

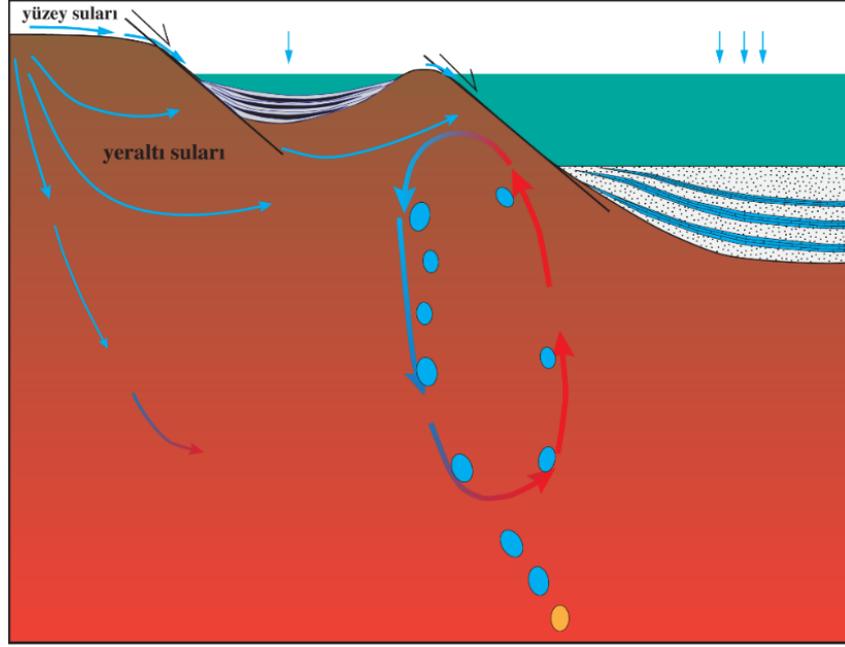
B. Anadolu'da, Orta Miyosen ve sonrası dönemdeki volkanizmanın bölümsel ergime ortamının litosferik manto veya alt kabuk olduğu yaygın kabul gören bir gerçektir (Agostini et al., 2007, Agostini et al., 2010, Ersoy et al., 2010, Ersoy et al., 2012 ve yazarların bu metinlerde değindiği diğer atıflar). Pelajik dehidrasyonun sağladığı borlu uçucuların, bölümsel ergimeye katkılarının (manto metazomatizması) yanı sıra borlu uçucuların bölümsel ergime sonrası tümü ile magmaya katılmadıkları ve yukarıya doğru yollarına devam ettiklerinin bir önemli kanıtı da Yücel – Öztürk ve diğ (2015) nin yayınında görülür. Yazarlara göre Menderes Masifindeki turmalinli damar kayalarındaki bor Alpin Dönem pelajik uçucu kökenlidir. Özetle; yitimdeki borlu dehidrasyon, bu dehidrasyonun borlu uçucularının (Şekil 3'de mavi renkli) alt kabuk veya litosferik mantoda bölümsel ergimeyi sağlamaları, yeni magma ve pelajik kökenli volatillerin birlikte ve bağımsız yükselmeleri, oluşan magmanın bor

değerleri çok düşük olan yeni volatilleri (sarı renkliler) ile birlikte jeotermal döngüye karışarak veya ondan bağımsız yüzeye ulaşarak havza suyuna karışmaları yeni yaklaşımın aşamalarıdır. Bir başka sorun ise, havzayı dolduran tuzlu suların iyonik çözeltileri, kimyasal yasalar gereği, göl içerisinde istatistiksel bir homojen dağılım göstermeleri kuralına uymayarak havzanın herhangi bir yerinde (!) bor iyonlarının öteki iyonlardan izole olarak yoğunlaşmış çökmesidir. Böyle bir oluşumun kimyasal açıklaması olamaz. Sığ deniz veya göl kenarlarında tuz üretimi için yapılan, artifical tuzla-salamuralarına benzer bir durum doğa koşullarında da söz konusudur. Hazar Denizi'nin Türkmenistan kıyısında yer alan, küçük Acı Derya Gölü, Hazar Denizine Karaboğaz Kanalı ile bağlantılı bir körfezdır (Şekil 4).



Şekil 4. Hazar Denizi ve doğu yakasındaki (Türkmenistan) küçük Acı Derya Gölü'nün uydu görüntüsü. Acı Derya Hazar Denizine çok ince bir kanal ile (Kara Boğaz) bağlıdır.

Suların alçaldığı dönemlerde körfez esas havzadan beslenemez ve bağımsız bir küçük göle dönüşür. Bu küçük göl, kurak dönemlerde kurur ve evaporitik tuz çökelleri oluşturur. Jeolojik terminolojiye Türkçe olarak yerleşmiş olan bu, statik Kara Boğaz – Acı Derya modeli, denizlerden tuz üretimi için yapay olarak üretilen tuzla – salamuralarının doğal bir örneği olup dinamik B. Anadolu Bor yatakları da Ren Grabeni 'ndeki (Orta Avrupa) tuz domları gibi, ancak bu model ile yorumlanabilir. Acı Derya bölgesinin statik jeolojisine karşın, B. Anadolu'nun dinamik genişleme tektoniği yapısı (Doglioni ve diğ., 2002) graben havzalarını sürekli güncelleyip yeni kıyılar ve körfezler oluşturur ve jeotermal döngünün borlu uçucuları çok uzun süreler tuzlu göl havzalarına, oradan da kısmen bağımsız körfezlere taşırlar (Şekil 5). Benzeri volkanizmanın söz konusu olduğu komşu ülkelerde bu genişleme sürekliliği olmadığından bor yatakları da oluşmamıştır.



Şekil 5. Yağmur ve yüzey suları, dereler, yeraltı suları ve jeotermal kaynakları gösterir şematik kesit.

3. SONUÇLAR

Yağmur ve yüzey suları, dereler, yeraltı suları ve jeotermal kaynaklar gibi geniş bir beslenme alanları spektrumu olan, Batı Anadolu'nun Miyosen Dönemi, graben çökeliği ürünü tuzlu göller fazla bir tuzluluk yoğunluğu içeremezler. Tümü ile buharlaşmaları da neredeyse imkânsız olan bu göller belirli ve çok uzun süreli kuraklık dönemlerinde sığlaşarak tümü ile buharlaşsalar bile, göl tabanında tüm çözümlü iyonların, evaporitik anlamda, birlikte çökelmesi ince bir katman oluşabilir. Bor, kimyasal bir gerçek olarak bu kuraldan bağımsız davranamaz. Şeklin sol tarafına, önerilen modelde önemli olan, esas havza ile bağlantılı bir körfez eklenmiştir. Sağ taraftaki büyük havza ve soldaki küçük körfez tabanında yer alan mavi katmanlar, suların yüksek olduğu dönemlerdeki ortak çökelişi yansıtır. Körfezdeki açık renkli katmanlar ise suların alçaldığı dönemlerde, büyük havzadan bağımsızlaşarak kuruyan körfez (veya lagündeki) evaporitik çökellerdir. Haliyle o dönemde, büyük havzadaki sedimentasyon körfezden bağımsız gelişir (göl tabanındaki noktalı beyaz alanlar) ve onları körfezde göremeyiz.

KAYNAKÇA

Agostini, S., Doglioni, C., Innocenti, F., Manetti, P., Tonarini, S., Savaşçın, M.Y., “The transition from subduction-related to intraplate Neogene magmatism in the Western Anatolia and Aegean Area”, Geological Society of America, Special Paper 418, 1-16, 2007.

Agostini, S., Tokçaer, M., And Savaşçın, M. Y., “Volcanic Rocks from Karaburun – Foça and Ayvalık – Lesvos Grabens (Western Anatolia) and their Petrogenetic- Geodynamic Significance” Turkish J. Earth Sci. Vol.19, 157-184. 2010.

Doglioni, C., Agostini, S., Crespi, M, Innocenti, F., Manetti, P., Riguzzi, F. and Savaşçın, Y., On the extension in western Anatolia and the Aegean sea: Journal of Virtual Explorer, v. 8, p. 169–184, 2002.

Ersoy, E.Y., Helvacı, C., Palmer, M.R., 2010. “Mantle Source Characteristics and Melting Models for the Early-Middle Miocene Mafic Volcanism in Western Anatolia: Implications for Enrichment Processes of Mantle Lithosphere and Origin of K-rich Volcanism in Post-Collisional Settings”, J. Volcanol. Geotherm. Res. 198, 112–128, 2010.

Ersoy, E.Y., Helvacı, C., Uysal, İ., Karaoğlu, Ö., Palmer, M.R., Dindi, F., “Petrogenesis of the Miocene Volcanism Along the İzmir–Balıkesir Transfer Zone in Western Anatolia, Turkey: Implications for Origin and Evolution of Potassic Volcanism in Postcollisional Areas”, J. Volcanol. Geotherm. Res. 241–242, 21–38, 2012.

Floyd, P.A., Helvacı, C. and Mittweide S. K, “Geochemical Discrimination of Volcanic Rocks Associated with Borate Deposits: an Exploration Tool?,” Journal of Geochemical Exploration 60,. 185–205, 1998.

Helvacı, C., “Bor Yataklarının Mineral ve Kimyası Yönünden Genel Değerlendirilmesi ve Gelecek Öngörüsü”, Madencilik ve Yerbilimleri Dergisi, Yıl 6, sayı 47, 66 -78, 2015.

Konrad-Schmolke, R. Halama, “Combined Thermodynamic–Geochemical Modeling in Metamorphic Geology: Boron as Tracer of Fluid–Rock Interaction” Lithos Vol. 208–209 p.393–414, 2014.

Tokcaer, M., Batı Anadolu Jeotermal Akışkanlarında Borun Jeokimyasal Döngüsü ve İzotop Fraksiyonlaşması. DEÜ Fen Bilimleri Inst. Doktora Tezi, 2007.

Yücel-Öztürk, Y., Helvacı, C., Palmer, M.R., Ersoy, Y. and Freslon, N.”, Origin and Significance of Tourmalinites and Tourmaline-Bearing Rocks of Menderes Massif, Western Anatolia, Turkey” Lithos 218–219, 22–36, 2015



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



**The Behaviour of The Rare Earth and Trace Elements in The Transformation of Ti-
Rich Basalt to Laterite and Bauxite, Payas Region, Türkiye**

*Titanca Zengin Bazaltın Laterite ve Boksite Dönüşümünde Nadir Yer ve İz Elementlerin
Davranışı, Payas Bölgesi, Türkiye*

**Hüseyin Öztürk^{1*}, Zeynep Cansu¹, Cem Kasapçı¹, Nurullah Hanilçı¹, Kathryn M. Goodenough²,
Eimear Deady²**

¹*Istanbul University-Cerrahpaşa, Geological Engineering Department, Büyükdere/Türkiye*

²*British Geological Survey, Lyell Centre, Research Avenue South, Edinburgh, UK*

*ozturkh@istanbul.edu.tr

Abstract

The bauxites of the Payas area of the eastern Mediterranean region of Türkiye occur as a stratigraphically continuous layer between Early and Late Cretaceous shallow marine carbonates. The laterites represent in situ formation and mark a key stratigraphic layer in the region; however, the karstic bauxite pockets were formed from reworking of the laterites into depressions in the karst terrane. Therefore, bauxite occurrences are locally found in this stratigraphic layer. According to their petrographic features and distinctive trace element composition (Zr/TiO₂ and Nb/Y), the parent rock of the bauxites and laterites of the Payas Region was a Ti-rich basalt that is compositionally similar to Hawaiian basalts.

Elemental behavior during the lateritization and bauxitization processes can be interpreted using a geochemical comparison between the Ti-rich fresh basalts of Hawaii with the iron laterite and Ti-rich bauxites of the Payas. The comparison shows that during lateritization, Fe mostly stayed with Al and other low mobility elements such as Ti, Cr, Nb, and Ta, whereas there is evidence for the moderate removal of REE and other trace elements, except for Rb, Ni, Co, Pb. At the end of the bauxitization and/or transportation of the lateritic soil into the karstic depressions, approximately 75% of the REE were removed. During bauxitization, the REE are not lost equally, elements removed from the environment in decreasing order are Eu, Sm, Gd, Ho, Dy, Tb, Nd, Tm, Er, Pr, Ce, Yb, Lu and La. It can be concluded that the two end members (La-Ce, and Lu- Yb) of the REE series display relatively low mobility, whereas the middle members of the group are highly mobile during bauxitization. During the transformation of laterite to bauxite, low mobility elements such as Ti, Nb, Th, Cr, Hf, and Sn were enriched in the bauxite phase. Relative to the other elements, Rb, As, Pb, Mo, and Ni were strongly removed from lateritic material during bauxitization processes.

Keywords: Ti-rich basalt, laterite, bauxite, element mobility, REE

ÖZET

Türkiye'nin Doğu Akdeniz bölgesindeki Payas bölgesi boksit ve laterit oluşumları, Erken ve Geç Kretase yaşlı sığ denizel karbonatları arasında devamlı bir stratigrafik tabaka halinde bulunur. Lateritler yerli yerinde bir oluşumu temsil eder ve bölgede önemli bir stratigrafik kılavuz düzey oluştururken, lateritlerin karstik çöküntülere aktarılmasıyla oluşan karstik boksit cepleri bu anahtar stratigrafik seviye üzerinde yerel olarak gözlenir. Payas bölgesindeki boksit ve lateritlerin ana kayası, petrografik özellikleri bunların ayırt edici iz element bileşimleri (Zr/TiO₂ ve Nb/Y) bağlamında Ti bakımından zengin bazaltlar olarak tespit edilmiştir. Ti bakımından zengin Payas bölgesi lateritlerinin ve boksitlerinin bazaltik ana kayasının jeokimyasal bileşimi, günümüz Hawaii bazaltlarıyla çok iyi uyum sağlamaktadır.

Payas bölgesindeki lateritizasyon ve boksitizasyon süreçleri sırasında element davranışı, Hawaii Adası'nın Ti bakımından zengin taze bazaltlarının jeokimyasal bileşimi kullanılarak analiz edilmiştir. Karşılaştırma, lateritleşme sırasında Fe'in genellikle Al ve Ti, Cr, Nb ve Ta gibi düşük hareketli elementlerle birlikte toprak profilinde kaldığını, NYE'lerin ve Rb, Ni, Co, Pb dışında Ga, Sc, V, Sr, Y, Zn gibi eser elementlerin uzaklaştırıldığını göstermiştir. Boksitleşme ve/veya lateritik toprağın karstik çöküntülere taşınması sırasında REE'lerin yaklaşık %75'i ortamdan çözülerek uzaklaşmıştır. Boksitleşme sırasında lateritten çözülüp uzaklaşan nadir yer elementleri eşit şekilde yıkanmamış olup, yüksekten düşüğe doğru Eu, Sm, Gd, Ho, Dy, Tb, Nd, Tm, Er, Pr, Ce, Yb, Lu ve La şeklinde tanımlanmıştır. Boksitleşme sırasında REE'lerin hafif ve ağır iki uç üyesi (La-Ce ve Lu- Yb) görece düşük hareketli olarak kısmen ortamda kalmış, fakat grubun orta elemanları çok daha yüksek oranda çözülerek ortamdan uzaklaşmışlardır. Lateritten boksite dönüşüm sırasında Ti, Nb, Th, Cr, Hf ve Sn gibi düşük hareketli elementler ise boksit fazında zenginleşmişlerdir. Diğer elementlere kıyasla Rb, As, Pb, Mo ve Ni, boksitleşme işlemleri sırasında lateritik ana malzemeden yüksek oranda yıkanmış ve boksit fazında fakirleşmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ti'ca zengin bazalt, laterit, boksit, element hareketliliği, NYE



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



Türkiye Boksit Provinslerinin Kritik Element İçerikleri
Critical Element Contents of the Türkiye's Bauxite Deposits

Nurullah Hanilçi*, Hüseyin Öztürk

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Büyükçekmece-İstanbul

**nurullah@iuc.edu.tr*

Özet

Türkiye boksit provinsleri (Kokaksu-Zonguldak dışında) Toros kuşağındaki farklı tektonostratigrafik istiflerde (Geyikdağı Birliği, Bolkardağı Birliği, Aladağ Birliği, Namrun Tektonik Dilimi, Göktepe Napı vb.) gelişmiştir. Boksit yatakları ve kırmızı çamur bazı kritik elementler (Ga, V, Sc, Co, Nb, Ni, Ti, LREE) açısından Dünya'nın ilgisini çekmekte ve dünya galyum üretiminin %80'ni boksitten alümina üretimi sürecinde kazanılmaktadır.

Türkiye boksit provinsleri de bazı kritik elementler açısından dünya ortalamasının üzerinde olup bu kritik elementlerden TiO₂, V, Ga ve ΣREE'nin ortalama değerleri sırasıyla; (i) Milas Yatağan %2,5, 332 ppm, 59 ppm, 970 ppm, (ii) Şarkikaraağaç-Yalvaç %4,75, 180 ppm, 53 ppm, 135 ppm; (iii) Seydişehir-Akseki %2,5, 387 ppm, 51 ppm, 358 ppm; (iv) Alanya %2-7, 112 ppm, 106 ppm, ΣREE verisi yok; (v) Bolkardağı %2,8, 360 ppm, 69 ppm, 709 ppm; (vi) Islahiye-Payas %6,8, 527 ppm, 65.4 ppm, 209 ppm şeklindedir. Kritik elementler açısından en yüksek TiO₂ içeriği Islahiye-Payas'ta, V içeriği Seydişehir-Akseki'de, Ga içeriği Alanya'da ve ΣREE içeriği ise Milas-Yatağan boksit provinsinde gözlenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Kritik element, boksit, Türkiye

Abstract

Bauxite provinces of Türkiye (except Kokaksu-Zonguldak) have developed in different tectonostratigraphic successions in the Taurus belt (Geyikdağı Unit, Bolkardağı Unit, Aladağ Unit, Namrun Tectonic Slice, Göktepe Napı etc.). Bauxite deposits and red mud attract the attention of the world in terms of some critical elements (Ga, V, Sc, Co, Nb, Ni, Ti, LREE) and 80% of the world's gallium production is obtained in the process of alumina production from bauxite.

Türkiye's bauxite provinces are also above the world average in terms of some critical elements, and the average values of these critical elements, TiO₂, V, Ga and ΣREE are respectively; (i) Milas Yatağan 2.5%, 332 ppm, 59 ppm, 970 ppm, (ii) Şarkikaraağaç-Yalvaç 4.75%, 180 ppm, 53 ppm, 135 ppm; (iii) Seydişehir-Akseki 2.5%, 387 ppm, 51 ppm, 358 ppm; (iv) Alanya 2-7%, 112 ppm, 106 ppm, no ΣREE data; (v) Bolkardağı 2.8%, 360 ppm, 69 ppm, 709 ppm; and (vi) Islahiye-Payas 6.8%, 527 ppm, 65.4 ppm, 209 ppm. In terms of critical elements, the highest TiO₂ content is observed in Islahiye-Payas, V content in Seydişehir-Akseki, Ga content in Alanya and ΣREE content in Milas-Yatağan bauxite province.

Keywords: Critical element, bauxite, Türkiye



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



**Geological and Geochemical Properties of the Cünür Massive Sulfide Deposits
(Kastamonu-Türkiye)**

Cünür Masif Sülfid Yatağının Jeolojik ve Jeokimyasal Özellikleri (Kastamonu-Türkiye)

Kurtuluş Günay

MTA Marmara Bölge Müdürlüğü, Kocaeli, Türkiye

kurtulusgunay@gmail.com

Özet

Orta Pontidler Anadolu'nun kuzeyinde yer alan doğu-batı uzanımlı orojenik kuşağın merkez bölgesini temsil eder. Orta Pontidler, temelinde Permo-Karbonifer yaşlı meta-granitoyit ve metamorfiterin bulunduğu kompleks bir yapıya sahiptir. Yaklaşık doğu-batı uzanımlı birçok tektonik dilimden meydana gelen ve temel birimlerinin Orta Jura ve Albien-Turoniyen bindirme-yığışım kompleksleri tarafından üzerlendiği büyük bir alan, Orta Pontid Süper Kompleksi ya da Orta Pontid Yapısal Kompleksi olarak isimlendirilmiştir. Orta Pontidler bu büyük yapısal kompleksinin içinde ada yayı volkanik-sub volkanitleri ve klastik kayalardan oluşan metamorfik bir birlik, Çangaldağ Metamorfik Kompleksi (ÇMK) olarak tanımlanmaktadır. Çangaldağ Metamorfik Kompleksi üzerinde son on yılda gerçekleştirilen maden arama çalışmaları, bu kompleksin önemli bir metal provins alanı olduğunu ortaya koymuştur.

ÇMK, Cünür cevherleşmesi ile ilişkili alanlarda, meta-bazaltik andezit, meta-dasit, meta-riyolit ve fillitler ile temsil edilir. Tüm litolojiler birbirleri ile tektonik dokanaklı olup, sıklıkla kendi içlerinde de ekaylar ve normal faylar ile kesilmiştir. Cevherleşme alanında %0,4 Cu tenörüne sahip iki milyon ton rezerv tespit edilmiştir. Cevherleşmenin ana parajenezi pirit, sfalerit, kalkopirit ve daha az oranda galenden meydana gelir. Cevherler masif, yarı masif ve saçınımlı olmak üzere üç farklı yapıda görülür. Masif cevherler, yaklaşık %70 üzeri piritik kütleler olarak tanımlanan masif sülfür oluşumlarıdır. Bu masif kütleler içindeki piritlere sfalerit ve kalkopirit ikincil fazlar olarak eşlik eder. Sfaleritler ile ilişkili galeni mineralleri az oranda bulunmaktadır. Cevher, 43 ppm- %9 Cu; 191 ppm- %18 Zn ve 6 ppm- %0,6 Pb aralığında değerlere sahiptir. Cevherleşme, Pb içeriğine nazaran yüksek Cu-Zn içeriğiyle, volkanojenik masif sülfür yataklarının Cu-Zn grubu içinde yer alır. Cevher ve yan kaya özellikleri göz önüne alındığında, Cünür cevherleşmesi jenetik olarak volkanojenik masif sülfid oluşumlarına benzemektedir. Cevher-yan kaya ilişkisi, bimodal-mafik tip volkanojenik masif sülfid oluşumlarına benzer karakterler sergiler.

Anahtar Kelimeler: Orta Pontid, masif sülfid, mafik, mafik-klastik, bimodal-mafik

Abstract

The Central Pontides represent the central region of the east-west trending orogenic belt in the north of Anatolia. The Middle Pontides have a complex structure based on Permo-Carboniferous meta-granitoids and metamorphites. A large area consisting of many tectonic slices extending approximately east-west and overlain by the Middle Jurassic and Albian-Turonian thrust-accumulation complexes has been named the Middle Pontide Supercomplex or the Middle Pontide Structural Complex. A metamorphic unit consisting of island arc volcanic-sub volcanics and clastic rocks within this large structural complex of the Middle Pontides is defined as the Çangaldağ Metamorphic Complex (ÇMC). The mineral exploration studies carried out in the last ten years on the Çangaldağ Metamorphic Complex have revealed that this complex is an important metal provins area.

ÇMK is represented by meta-basaltic andesite, meta-dacite, meta-rhyolite and phyllites in the areas associated with the Cünür mineralization. All lithologies are in tectonic contact with each other, and they are often cut by seams and normal faults within themselves. Two million tons of reserves with 0.4% Cu grade were identified in the mineralization area. The main paragenesis of mineralization consists of pyrite, sphalerite, chalcopyrite and to a lesser extent galena. The ores are seen in three different structures as massive, semi-massive and disseminated. Massive ores are massive sulfide formations defined as pyritic masses above about 70%. Sphalerite and chalcopyrite accompany the pyrites in these massive masses as secondary phases. Galena minerals associated with sphalerites are rare. Ore, 43 ppm - 9% Cu; It has values in the range of 191 ppm - 18% Zn and 6 ppm - 0.6% Pb. The mineralization is within the Cu-Zn group of volcanogenic massive sulfide deposits, with a high Cu-Zn content compared to the Pb content. Considering the ore and host rock characteristics, the Cürür mineralization is genetically similar to the volcanogenic massive sulfide formations. The ore-host rock relationship exhibits characteristics similar to bimodal-mafic type volcanogenic massive sulfide formations.

Keywords: Middle Pontide, massive sulfide, mafic, mafic-clastic, bimodal-mafic



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



Kızıldere Jeotermal Sahası (Sarayköy-Denizli, Buharkent-Aydın, GB Türkiye)
Hidrotermal Kalsit ve Kuvars Minerallerinin Sıvı Kapanım Karakteristikleri

*Fluid Inclusion Characteristics of Hydrothermal Calcite and Quartz Minerals from Kızıldere
Geothermal Field (Sarayköy-Denizli, Buharkent-Aydın, SW Türkiye)*

Gülcan Bozkaya^{1*}, Ömer Bozkaya¹, Halil Atan², Nurullah Hanilçı³, David A. Banks⁴

¹Pamukkale Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Denizli, Türkiye

²Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli, Türkiye

³İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

⁴University of Leeds, School of Earth and Environment, Leeds, United Kingdom

*gbozkaya@pau.edu.tr

Özet

Bu çalışmada, Büyük Menderes grabeninin doğusunda yer alan Kızıldere jeotermal sahasındaki hidrotermal kalsit ve kuvars minerallerinin sıvı kapanım incelemeleri ile jeotermal suların köken ve sıcaklık koşullarına ilişkin verilerin elde edilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda çatlak/damar ve boşluk dolgusu şeklinde gözlenen hidrotermal kalsit ve kuvarlarda sıvı kapanım mikro termometresi ve LA-ICP-MS incelemeleri yapılmıştır. Sıvı kapanımlar iki fazlı (sıvı + gaz) olup, silis minerallerince ornatılmış bıçağımsı kalsit kristalleri içeren bazı örneklerde kaynamayı işaret eden gazca ve sıvıca zengin kapanım birliktelikleri belirlenmiştir. İlk ergime değerlerine göre mineral oluşturuvcu hidrotermal çözeltiler CaCl₂, MgCl₂, NaCl, KCl tuzları içermektedir. Kalsitlerdeki birincil ve ikincil kapanımlarda ölçülen homojenleşme sıcaklıkları (ortalama 199 ve 154 °C); ilk aşamada yüksek, daha sonra düşük koşullarını işaret etmektedir. Son buz ergime sıcaklığı ölçümlerine göre, birincil ve ikincil kapanımlar farklı tuzluluğa (ortalama %1,65 ve %6,64 NaCl) sahiptir. Kuvarlarda kalsitlerinkine benzer tuzluluk (ortalama %4,29 NaCl) ve homojenleşme sıcaklıkları (ortalama 198 °C) ölçülmüştür. Günümüzde ölçülen rezervuar sıcaklıklarına benzer koşulları işaret bu veriler derinlerdeki akışkanın yüksek basınç altında sıvı fazda kaldığını, fay veya kırık zonlarından itibaren sığ derinliklere ulaştığında, kaynamayla birlikte buhar fazına geçerek tuzluluk artışına neden olduğu şeklinde yorumlanmıştır. Sıvı kapanımlara ait ana elementler Na ve K olup, bunlara eser miktarda As ve Li eşlik etmektedir. K/Na ve Li/Na arasındaki pozitif ilişki yan kayaçlardaki K-içeren minerallerden kaynaklanmıştır. Ca/Na, Mg/Na, Fe/Na, Sr/Na ve B/Na oranlarının pozitif korelasyon ilişkileri jeotermal suların benzer litolojiden (mermer, şist, gnays) türediğini göstermektedir. Sr/Na ve B/Na oranlarının hem Ca/Na, hem de Mg/Na ve Fe/Na oranlarıyla belirgin pozitif korelasyon ilişkisi sunması, bu elementlerin sıcak suların geçtiği kırıntılı ve karbonat kayaçlarının çözünmesinden türediğini göstermektedir. Sıvı kapanım verilerine göre, çözeltiler ortalama 180 °C sıcaklık, 14 bar basınç ve 0,9 g/cm³ yoğunluğa sahiptir. Homojenleşme sıcaklığı ile sıvı-buhar denge eğrisi verilerine göre, kapanlanma sığ derinlik (200 m) ve düşük basınç (maksimum 50 bar) koşullarında, kaynama ise yaklaşık 500 m derinlikte gerçekleşmiştir.

Anahtar Kelimeler: Jeotermal, hidrotermal alterasyon, sıvı kapanım, LA-ICP-MS

Katkı belirtme: Bu çalışma Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) 117Y353 nolu proje ile desteklenmiştir.

Abstract

In this study, it is aimed to obtain data on the origin and temperature conditions of geothermal waters by fluid inclusion investigations of hydrothermal calcite and quartz minerals in the Kızıldere geothermal field located to the east of the Büyük Menderes Graben. In this context, fluid inclusion microthermometry and LA-ICP-MS examinations were carried out in hydrothermal calcite, and quartz observed as cracks/veins and void fillings. Fluid inclusions are two-phase (liquid + gas), and vapor- and liquid-rich inclusions indicating boiling were determined in some samples containing blade-like calcite crystals replaced by silica minerals. According to their first melting values, mineral-forming hydrothermal solutions contain CaCl_2 , MgCl_2 , NaCl , and KCl salts. Homogenization temperatures (average 199 and 154 °C) measured in primary and secondary inclusions in calcites showed high-temperature conditions in the first stage and lower temperature conditions in the next stage. According to the last ice melting temperature measurements, primary and secondary inclusions have different salinities (average 1.65% and 6.64% NaCl). Salinity (average 4.29% NaCl) and homogenization temperatures (average 198 °C) similar to those of calcites were measured in quartz. These data, which indicate conditions similar to the reservoir temperatures measured today, are interpreted as that the deep fluid remains in the liquid phase under high pressure, and when it reaches shallow depths from fault or fracture zones, it passes into the vapor phase with boiling, causing an increase in salinity. The main elements of fluid inclusions are Na and K, accompanied by trace amounts of As and Li. Positive correlation relationships of Ca/Na , Mg/Na , Fe/Na , Sr/Na , and B/Na ratios show that geothermal waters are derived from a similar source (marble, schist, gneiss). The fact that Sr/Na and B/Na ratios show significant positive correlations with both Ca/Na , and Mg/Na and Fe/Na ratios indicate that these elements are derived from the dissolution of clastic and carbonate rocks through which hot waters pass. According to the fluid inclusion data, the solutions have an average temperature of 180 °C, a pressure of 14 bar, and a density of 0.9 g/cm^3 . According to the homogenization temperature and liquid-vapor equilibrium curve data, trapping occurred at shallow depth (200 m) and low pressure (maximum 50 bar) conditions, and boiling occurred at a depth of approximately 500 m.

Keywords: Geothermal, hydrothermal alteration, fluid inclusion, LA-ICP-MS

Acknowledgement: This work was granted by the Scientific and Technical Research Council of Türkiye (TÜBİTAK 117Y353).



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



**Cihanpaşa Bölgesinde (Yozgat, Türkiye) Radyolaryalı Çörtlerdeki Fe-Mn-Oksit
Cevherleşmeleri: İzmir-Ankara-Erzincan Okyanusunun Sırt Kısımına Yakın
Hidrotermal Köken için İmplikasyonlar**

*Radiolarian chert-hosted Fe-Mn-oxide mineralizations from the Cihanpaşa region (Yozgat,
Türkiye): Implications for ridge-proximal hydrothermal origin within the İzmir-Ankara-
Erzincan Ocean*

M.Selman Aydoğan

Balıkesir University, Dept.of Geological Engineering, 10145 Balıkesir, Türkiye ²Adres2 (Times Roman 10 pt,

aydogan@balikesir.edu.tr

Özet

Türkiye’de, denizel Fe-Mn-oksit yatakları, Neotetis Okyanusu’nun kuzey kolunu temsil eden İzmir-Ankara-Erzincan Kenet Zonunun Geç Kretase melanj birimlerinde oldukça yaygın olarak gözlenmektedir. Bu yataklar, genellikle bu kenet zonunun melanj paketleri içerisindeki kırmızı-şarabi renkli radyolaryalı çörtlerle ilişkilidir. Cihanpaşa (Yozgat, Türkiye) bölgesinde, Fe-Mn-oksit cevherleşmeleri derin deniz silisli kayalar ve çamurtaşları ile ardalanmalı şeklinde oluşmaktadır. XRD ve petrografik çalışmalar temelinde, Fe-Mn bakımından zengin cevherleşmeler braunit, hematit, götit ve kuvars minerallerinden meydana gelmektedir. Jeokimyasal olarak, bu kayalar ortalama oranda Ba (650 ppm), ve düşük Sr (365 ppm), Co (<90 ppm), Zn (<350 ppm), Ni (<450 ppm), Mn/Fe (17,47) ve düşük Co/Ni (0,39), Co/Zn (0,51) ve Y/Ho (26,1) oranları ve ΣNTE (233) içeriklerine sahiptir. Bu elementsel veriler, Cihanpaşa Fe-Mn-oksit cevherleşmelerinin yeni sınıflama diyagramlarına göre, karışık-tip (hidrotermal-diyejenetik) köken ile denizaltı ortamında şekillenmiş olduğunu göstermektedir. Redoks-element oranları $[V/(V+Ni) = 0,45-0,64, Ni/Co = 2,82-4,92, U/Th = 0,43-1,11, V/Ni = 0,82-1,78, V/Mo = 28,20-78,06, U_{aut} = 0,20-1,40]$, pozitif Mn*şeyl redoks parametresi (1,42-2,06) ve düşük Ceanom. değerleri (-0,58) Cihanpaşa Fe-Mn yatağının çoğunlukla oksik ve daha nadir olarak yarı oksik depolanma oluşum ortamını işaret etmektedir. Dahası, düşük LaSN/NdSN (<1,36), Sr (365 ppm) and Sr/Ba (0,67) oranı, negatif Ce(SN) anomalisi (0,16-0,64, ortalama 0,31), yüksek LaSN/CeSN (1,39-6,58, ortalama 3,83), Fe/Ti oranı (87-253, ortalama 184) ve düşük Al/(Al+Fe), negatif Eu(CN) anomalisi (0,70-0,74), ortalama değerdeki ΣREE/Fe oranı ($22,92 \times 10^{-4}$), Cihanpaşa Fe-Mn-oksit cevherleşmelerinin İzmir-Ankara-Erzincan Okyanus havzasında sırt kısmına oldukça yakın bir denizaltı hidrotermal çıkış sisteminin etkisi ile düşük tuzluluklu ve oksijenli denizel bir sedimanter ortamı işaret ettiğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Radyolaryalı çört, ofiyolitik melanj, Fe-Mn yatağı, hidrotermal köken, Cihanpaşa, Orta Türkiye

Abstract

Marine Fe- and Mn-oxide (oxyhydroxide) deposits are dominated in the Late Cretaceous *mélange* units of the İzmir-Ankara-Erzincan Suture Zone (IAESZ), which marks part of the northern branch of the Neotethys Ocean in Türkiye. Generally, these deposits are related to the red-violet radiolarian chert blocks within *mélange* packages of this suture zone. In the Cihanpaşa region (Yozgat, central Türkiye), Fe-Mn-oxide mineralizations occur as interlayers with the mudstone and deep-sea siliceous rocks. Based on XRD and petrographic studies, Fe-Mn-rich ores have the dominant mineral assemblages of braunite, hematite, goethite and quartz. Geochemically, these ores have moderate Ba (650 ppm), and low contents of Sr (365 ppm), Co (<90 ppm), Zn (<350 ppm), and also Ni (<450 ppm). Mn/Fe (17.47), low Co/Ni (0.39), Co/Zn (0.51) and Y/Ho (26.1) ratios and Σ REE (233). These elemental values suggest that Cihanpaşa Fe-Mn-oxide mineralizations formed in submarine environment with mixed-type origin (hydrothermal-diagenetic system) based on new classification diagrams. Redox-sensitive element ratios [$V/(V+Ni) = 0.45-0.64$, $Ni/Co = 2.82-4.92$, $U/Th = 0.43-1.11$, $V/Ni = 0.82-1.78$, $V/Mo = 28.20-78.06$, $U_{aut} = 0.20$ to 1.40], positive Mn*shale redox potential parameter (1.42-2.06) and low Ce_{anom} values (-0.58) indicate that the Cihanpaşa Fe-Mn deposit formed in mostly oxic and quite rarely dysoxic depositional environment. Further, a low La_{SN}/Nd_{SN} (<1.36), low values of Sr (365 ppm) and Sr/Ba ratio (0.67), low $Ce_{(SN)}$ anomaly (0.16-0.64, averaging 0.31), high La_{SN}/Ce_{SN} (1.39-6.58, averaging 3.83), Fe/Ti ratio (87-253, averaging 184) and, low $Al/(Al+Fe)$, and also negative $Eu_{(CN)}$ anomaly (0.70-0.74), moderate Σ REE/Fe ratio (22.92×10^{-4}), indicate that the Cihanpaşa Fe-Mn-oxide mineralizations formed in a low salinity and oxygenated marine sedimentary environment with influence of ridge-proximal submarine hydrothermal vent system in İzmir-Ankara-Erzincan Ocean basin.

Keywords: Radiolarian chert, ophiolitic *mélange*, Fe-Mn deposit, hydrothermal origin, Cihanpaşa, Central Türkiye



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
9th Geochemistry Symposium with International Participation



**Niğde Volkanik Kompleksi (KB Niğde) Erken-Geç Pliyosen Yaşlı Melendiz
Volkanitlerinin Hidrotermal Alterasyon Jeokimyası**

*Hydrothermal Alteration Geochemistry of the Early-Late Pliocene Melendiz Volcanics from
Niğde Volcanic Complex (NW Niğde)*

Murat Ciflikli^{1*}, Ömer Bozkaya², Sinan Altuncu¹

¹Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 51240, Niğde

²Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 20070, Denizli

*muratc@nigde.edu.tr

Özet

Niğde ilinin kuzeybatısında Geç Neojen-Kuvaterner yaşlı Niğde Volkanik Kompleksine ait Erken-Geç Pliyosen yaşlı piroklastik akma çökelleri, piroksen-olivinli bazalt, piroksenli bazaltik andezit, andezit ve dasit dayklarından oluşan Melendiz volkanitleri içerisinde hidrotermal alterasyon zonları gelişmiştir. Çoğunlukla piroklastik (ignimbirit) ve kısmen lav ürünlerini etkileyen alterasyon beyaz-sarımsı beyaz renkli silis ve kil mineral oluşumlarına neden olmuştur. Bu çalışmada alterasyona uğramış kayaların mineralojik-petrografik ve jeokimyasal özelliklerinin incelenmesi ve alterasyon türlerine göre jeokimyasal karakteristiklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda dokusal (optik ve elektron mikroskop), mineralojik (X-ışınları kırınımı) ve jeokimyasal (X-ışınları floresans spektrometresi) incelemeler gerçekleştirilmiştir. Örnekler başlıca silis (kuvars, kristobalit, opal-CT), kil (simektit, kaolinit), sülfat (alünit) ve demir oksit-hidroksit (hematit, götit/limonit) mineralleri içermektedir. Hidrotermal alterasyon büyük ölçüde asidik (pH<6) ve kısmen de nötr-alkalin (pH=7-8) ortamda ve düşük sıcaklık (<200°C) koşullarında (arjilik alterasyon) gelişmiştir. Baskın mineral birlikleri ve oluşum sırasına göre (1) silika (opal-CT+kristobalit+kuvars), (2) sülfat (alünit) (3) kil (dioktahedral simektit veya kaolinit) ve (4) demiroksit (hematit+götit/limonit) alterasyonu olmak üzere dört farklı alterasyon türü belirlenmiştir. Taze ve alterasyona uğramış kayaların kondrit normalize ana oksit ve iz/nadir yer element dağılımları birbirlerine benzer yönelim, ancak zenginleşme ve fakirleşme açısından alterasyon türlerine göre farklılıklar sergilemektedir. Benzer biçimde her bir alterasyon türü SiO₂-ateşte kayıp, Al₂O₃-ateşte kayıp ve SiO₂-Al₂O₃ diyagramlarında farklı alanlarda kümelenmektedir. SiO₂-ateşte kayıp değerleri belirgin negatif, buna karşın Al₂O₃-ateşte kayıp değerleri pozitif korelasyon ilişkisine sahiptir. Bu durum Al içeriği yüksek hidrotermal minerallerin (kaolinit, simektit ve alünit) yüksek hidroksit ve sülfat içermelerinden kaynaklanmıştır. Jeokimyasal verilerin alterasyon türlerine göre farklılık sunmaları, birbirini izleyen alterasyonlar sırasında oluşan minerallerden arta kalan çözeltinin bileşiminin değişimiyle doğrudan ilişkilidir. Jeokimyasal veriler, hidrotermal alterasyon ürünlerinin bileşiminin ortalama olarak volkanik ve piroklastik kayaların bileşimine benzer olduğunu göstermiştir. Sonuç olarak, bölgedeki magmatik faaliyetlerle ilişkili “steam-heated” tip arjilik alterasyonla ilişkili olarak birbirini izleyen alterasyon süreçleri farklı mineralojik-jeokimyasal bileşime sahip alterasyon türlerinin gelişimine neden olmuştur.

Anahtar Kelimeler: Niğde Volkanik Kompleksi, hidrotermal alterasyon, silikat, alünit, jeokimya

Abstract

The hydrothermal alteration zones are developed in Early-Late Pliocene Melendiz volcanics belonging to Late Neogene-Quaternary aged Niğde Volcanic Complex, composed of pyroclastic flow deposits, pyroxene-olivine basalt, pyroxene basaltic andesite, andesite and dacite dykes in the north-western part of Niğde. The alteration affected mostly pyroclastic (ignimbrite) and partially lava products caused the white-yellowish white colored silica and clay mineral occurrences. In this study, it is aimed to investigate the mineralogical-petrographical and geochemical properties of the altered rocks and to determine their geochemical characteristics according to the alteration types. In this context, textural (optical and electron microscope), mineralogical (X-ray diffraction) and geochemical (X-ray fluorescence spectrometry) studies were carried out. Hydrothermally altered samples include silica (quartz, cristobalite, opal-CT), clay (dioctahedral smectite, kaolinite), sulfate (alunite) and iron oxide-hydroxide (hematite, goethite / limonite) minerals. Hydrothermal alteration was developed mainly in acidic (pH<6) and partially neutral-alkaline (pH=7-8) conditions and low temperature (<200°C) conditions (argillic alteration). Four different alteration types were determined according to the dominant mineral associations and their order of occurrence: (1) silica (opal-CT+cristobalite+quartz), (2) sulfate (alunite) (3) clay (smectite or kaolinite) and (4) iron oxide (hematite+goethite/limonite) alteration. The chondrite normalized major oxide and trace/rare earth element distributions of fresh and altered rocks show similar trends, but some differences according to alteration types in terms of enrichment and depletion. Similarly, each alteration type is clustered in different areas in SiO₂-loss on ignition, Al₂O₃-loss on ignition and SiO₂-Al₂O₃ diagrams. SiO₂-loss on ignition is significantly negative, whereas Al₂O₃-loss on ignition has a positive correlation relationship. This is due to the high hydroxide and sulfate content of hydrothermal minerals with high Al content (kaolinite, smectite and alunite). The fact that the geochemical data present differences according to the alteration types is directly related to the change in the composition of the solution remaining from the minerals formed during the successive alterations. Geochemical data showed that the composition of hydrothermal alteration products is, on average, similar to the composition of volcanic and pyroclastic rocks. As a conclusion, successive alteration processes associated with the “steam-heated” type argillic alteration associated with magmatic activities in the region led to the development of alteration types with different mineralogical-geochemical compositions.

Keywords: Niğde Volcanic Complex, Hydrothermal alteration, Silicate, Alunite, Geochemistry

Acknowledgement: This work was granted by the Research Project Unit (Project No: MMT 2020/5-BAGEP) of Niğde Ömer Halisdemir University.



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



Ore Types and Ore Geochemistry of the Mazıdağı Phosphate Deposit, SE Türkiye
Mazıdağı Fosfat Yatağının Cevher Tipleri ve Jeokimyası, GD Türkiye

Hüseyin Öztürk*, Somayyeh Ghasemian, Zeynep Cansu

Istanbul University-Cerrahpaşa, Geological Engineering Department, Büyükdere/Türkiye

*ozturkh@istanbul.edu.tr

Abstract

The Mazıdağı phosphate deposit is a unique phosphate deposit of Türkiye occurring on the Mardin Uplift in the Southeastern Türkiye. At the bottom of the region, there is a thick Precambrian aged Derik volcanosedimentary succession. The Precambrian volcanics unconformably overlain by the Early Paleozoic sedimentary formation belongs on a passive margin tectonic setting. The Cretaceous sediments consists of Sabunsuyu, Derdere, Karababa, Karaboğaz formations, and reaches up to 600 meter and disconformally overlays the Early Paleozoic formations ranging from Cambrian to Silurian. The phosphate mineralization in the Cretaceous series consists of three levels from bottom to top; Taşit, Kasrik and Şemikan, respectively. The most important phosphate level is the Şemikan, which consists of phosphorite, chert, and limestone alternation.

In the Şemikan deposit, phosphate levels within the cherts can be seen as thin layers in the form of 5-6 levels as well as a single layer reaching 1.3 meters. The predominant phosphate ore is cream colored phosphates and their P₂O₅ values are on average 29.99%, however, the average P₂O₅ value of the reddish phosphate ore is 14.55%.

Diagenetically formed chalcedony and calcite nodules are seen in the low-grade reddish phosphate zone. These nodules reach from a few cm to a few meters in size. The alternation of red-colored phosphates with cream-colored phosphates in the form of thin layers in the thickness of 5 - 100 cm indicates that they are not a lateritic alteration product, as it has been stated in various publications.

The discontinuous nature of the of red colored phosphorite bands and their lenticular forms with a few meters elongation indicate that they are not formed in association with Aeolian dust carried from the Sahara deserts. Elements such as Fe, Ti, Zr, which increase in red phosphates, indicate excessive terrestrial input during phosphate formation. The reddish-colored materials in the phosphates should indicate the tropical soil formation on the land with excessive precipitation in the hot climate during the Upper Cretaceous and its abrupt transportation into the phosphate-forming basin.

Keywords: Mazıdağı, red coloured phosphate, geochemistry, Cretaceous, Türkiye

Özet

Mazıdağı fosforit yatağı Türkiye'deki tek fosfat yatağıdır ve Türkiye'nin güneydoğusunda Mardin yükseliminde yer alır. Bölgenin tabanında Prekambriyen yaşlı Derik volkanotortulları yer alır. Prekambriyen volkaniklari alt Paleozoyik yaşlı pasif kıta kenarı sedimentleri, ile örtülür. 600 m kalınlığa ulaşan Kretase yaşlı Sabunsuyu, Derdere, Karababa, Karaboğaz formasyonları Kambriyen ile Siluriyen arasına ait olan Alt Paleozoyik formasyonlarını uyumsuzlukla üzerler.

Kretase içindeki fosforit cevherleşmeleri tabandan tavana doğru sırasıyla Taşıt, Kasrik ve Şemikan şeklinde 3 seviyeden oluşur. En önemli yataklanma en üstte yer alan Şemikan seviyesi olup bu seviyede fosfat tabakası çörtlere ve kireçtaşlarıyla ardalanma gösterir.

Şemikan yatağında çörtlere içindeki fosfat seviyeleri 1,3 metreye erişen tek bir tabaka olduğu gibi 5-6 seviye şeklinde ince tabakalar şeklinde de görülmektedir. Baskın olan fosforit cevheri krem renkli olup bunların P_2O_5 değerleri ortalama %29,9'dur. Daha az olarak görülen kırmızı renkli fosfat cevherinin P_2O_5 değeri ise ortalama %14,55'tir.

Kırmızı renkli düşük dereceli fosfat zonu içinde diyajenetik olarak gelişen kalsedon ve kalsit nodülleri görülür. Bu nodüller birkaç cm'den birkaç metre boyutuna kadar erişir. Kırmızı renkli fosfatların 5 – 100 cm kalınlığında genellikle ince tabakalar halinde krem renkli fosfatlarla ardalanması bunların çeşitli yayınlarda dile getirildiği gibi bir fosfatların lateritleşmesi ürünü olmadığını göstermektedir.

Kırmızı renkli fosforit bantlarının devamsız oluşu, birkaç metrelik mercıklar halinde görülmesi bunların havadan taşınan sahra tozları olmadığını da gösterir. Kırmızı renkli fosforitler içinde artış gösteren Fe, Ti, Zr gibi elementler fosfat oluşumu sırasında aşırı karasal girdiye işaret eder. Fosforitler içerisindeki kırmızı renkli malzeme, Üst Kretase'nin sıcak ikliminde ve lateritik koşullarda aşırı yağışlarla fosforitlerin oluştuğu havzaya taşınan tropikal toprak zonu olmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Mazıdağı, kırmızı renkli fosfat, jeokimya, Kretase, Türkiye



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



Isparta Bölgesi Ticari Mermerlerinin Litolojisi
The Lithology of Commercial Marble in Isparta Region

Şemsettin Caran¹, Behzat Gökçen Demir^{2*}

¹Süleyman Demirel Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye

²Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye

*demirbehzatgokcen@gmail.com

Özet

Isparta'nın jeolojisi genel olarak, temeli oluşturan Paleozoyik yaşlı metamorfik kayalar ve Mesozoyik yaşlı Toros karbonat platformu kayaları ile bunlar üzerine yerleşmiş büyük nap dilimleri ile şekillendirilmiştir. Bölge Paleotektonik dönemde sıkışma rejiminin, Neotektonik dönemde açılma rejiminin tektoniğine maruz kalmıştır. Neotektonik dönemin açılma rejimi bölgenin aktif horst-graben yapılarını oluşturmuştur. Isparta ve yakın çevresindeki Lisiyen napları, Antalya kompleksi ve Hoyran-Beyşehir-Hadım napları ise sıkışmalı rejime bağlı gelişen bindirmeli tektoniğin ürünüdür. Çalışma alanı genelinde otokton Toros karbonat platformu ve allokton Antalya kompleksi birliklerine ait litolojiler yaygındır. Her iki birlik geniş alanlarda kireçtaşı ve dolomit rezervleri kapsamaktadır. Buna karşın metamorfik mermerler oldukça küçük rezervler sunmaktadır. Eğirdir, Sütçüler ve Aksu çevresinde, Antalya kompleksinin Tekedağı Formasyonu'na ait gri ve bej renkli kireçtaşı seviyelerinden Ottoman ticari adıyla ve açık gri ve gümüş renkli dolomit seviyelerinden Galaxy Silver ticari adıyla mermerler üretilmektedir. Yine Eğirdir, Sütçüler, Aksu ve Gelendost ilçeleri yakın çevrelerinde otokton Başakdere mermeri içerisindeki gri renkli mermerlerden Ice-Nordic Grey ticari adlarıyla, Beydağları Formasyonu'na (Toros karbonat platformu) ait gri kireçtaşlarından Mount Grey ticari adıyla, Mentеше dolomitlerine (Toros karbonat platformu) ait gri dolomitlerden Tundra Grey ve Tundra Blue ticari adlarıyla ve Kurucaova Formasyonu'na (Toros karbonat platformu) ait bej-krem kireçtaşlarından Spartan Bej ve Ocean ticari adlarıyla mermerler üretilmektedir. Isparta ticari mermerleri günümüz mermer endüstrisinde renk ve doku özellikleri ile üst düzey talep görmektedir. Bu talep yoğunluğu Isparta bölgesinde allokton ve otokton karbonat kütleler üzerinde 2006 yılından bu yana çok sayıda mermer ocak işletmesinin faaliyete geçmesine neden olmuştur. Bölge mermer endüstrisi açısından önemli bir merkez haline gelmiş durumdadır. Bölgenin maruz kaldığı yoğun tektonizma nedeniyle allokton ve otokton kireçtaşlarından oldukça düşük verimlerle (ortalama <%5) üretim yapılmaktadır. Fakat elde edilen ürünlerin birim ticari değerlerinin yüksek olması ocak işletmelerinin ekonomik olarak çalışmalarına imkân sağlamaktadır. Bununla birlikte aynı tektonik süreçlere maruz kalan allokton ve otokton dolomitlerden daha yüksek verimlerle (ortalama >%15) üretim yapılmaktadır. Dolomitlerden elde edilen mermerin birim ticari değeri nispeten düşüktür. Buna karşın verimliliğin yüksek olması ekonomik olarak işletmelerini sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Isparta, ticari mermer, mermer, kireçtaşı, dolomit

Abstract

The geology of study area located on SW Türkiye is formed by Paleozoic metamorphic basement rocks, Mesozoic Taurus carbonate platform rocks and huge nappes. The region was exposed to both the tectonism of compressional regime in Mesozoic-Tertiary and -extensional regime in Tertiary. The extensional regime is characterized by the active graben tectonic. The study area comprises three discrete nappes of compressional regime called as Lycian nappe, Antalya complex and Hoyran-Beyşehir-Hadım nappe. In the region, the lithologies of both autochthonous Taurus carbonate platform and allochthonous Antalya Complex are commonly found. Both of them contain the huge reserve of limestone and dolomite. Metamorphic basement rocks contain include the small reserve of marble. Commercial marbles are produced form these carbonate rocks. The marbles are called as Ottoman, Galaxy Silver, Ice Grey, Nordic Grey, Tundra Grey, Tundra Blue and Spartan Beige. Ottoman and Galaxy Silver marbles respectively are produced from grey and beige colored limestones and silver colored dolomites in the Tekedağ formation of the Antalya Complex around Eğirdir, Aksu and Sütçüler districts. Ice Grey and Nordic Grey are obtained from grey colored marble in metamorphic basement around Aksu district. Tundra Grey and Tundra Blue are generated from grey colored dolomites in the Mentese dolomites of Taurus carbonate platform on south Aksu district. Spartan Beige are produced from beige colored limestones in the Kurucaova formation of Taurus carbonate platform around south Gelendost district. The commercial marbles are especially in the first row in the preferred color and texture features in marble industry today. Therefore, recently around Isparta, many marble quarries became active on allochthonous and autochthonous carbonate rocks until from 2006 to now. The region has become a major center of attraction in terms of marble industry. The allochthonous and autochthonous limestones have very low productivity (<%5) in terms of marble block owing to extreme tectonism. Nevertheless, the marble blocks of limestones are economically produced due to having high unit value. The allochthonous and autochthonous dolomites very high yield (>%15). They have lower unit value than limestone marbles. Despite that, they are economically operated due to high yield.

Keywords: Isparta, commercial marble, marble, limestone, dolomite



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu

9th Geochemistry Symposium with International Participation



Kahramanmaraş Grafitlerinin Spektroskopik Özellikleri

Spectroscopic Properties of Kahramanmaraş Graphite

Güldane Akıllı^{1*}, Yusuf Kağan Kadioğlu²

¹Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Ankara, Türkiye

²Ankara Üniversitesi, Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi (YEBİM), 06830 Ankara, Türkiye

*guldane.akilli@enerji.gov.tr

Özet

Grafit; yumuşak, yağimsı, yatay tabakalar halinde dizilim gösteren, mükemmel elektrik iletkenliğine sahip, hexagonal sistemde kristalleşen bir karbon mineralidir. Grafit; yitim kuşağına bağlı karbonca zengin sedimanter, magmatik kayalar ile ilişkili tortul kayaçların ve kömür damarlarının metamorfizması sonucu oluşabilmektedir. Grafit doğada, kristal yapısına göre damar, pul ve amorf grafit olmak üzere üç türde bulunur. Ülkemizde ise en çok amorf türde grafit oluşumları tespit edilmiştir.

Grafit, günümüzde kurşun kalem ucu, pota endüstrisi, yağlama, döküm ve çelik imalatı gibi pek çok önemli sanayii alanında kullanılmakla birlikte teknolojinin gelişmesiyle son yıllarda vazgeçilmez stratejik ve kritik bir hammadde olmuştur. Özellikle elektrikli araçların üretilmesi ve bu araçların lityum-iyon bataryalarında grafit ihtiyacı duyulması grafiti çok daha değerli bir hale getirmiştir. Grafit; kullanım ömrü, enerji/güç yoğunluğu, çevreye etkisi ve maliyet gibi birçok özellikleri bakımından avantajlı olduğu için lityum pillerde anot malzemesi olarak tercih edilmektedir. Piyasalardaki batarya teknolojisinde anot ucu için kullanılan malzemenin %95 ten fazlası Grafittir ve şu an için alternatifi görülmemektedir. Elektrikli araçlarda her kilowatt saat enerji için yaklaşık 1,15 kilogram grafit kullanılmaktadır. Tipik bir elektrikli araçta yaklaşık 85-115 kg grafit anot materyal olarak kullanılmaktadır.

Grafitin stratejik ve kritik öneminden dolayı, ülkemizde bulunan grafit rezervlerinin değerlendirilip ekonomiye kazandırılması zorunluluğu ortaya çıkmıştır. Bu amaçla mevcut rezervlerden alınan cevherin madenden çıkarılıp uç ürün haline getirilmesi için birtakım proseslerden geçmesi gerekmektedir. Öncelikle oluştuğu ortam ve içermiş olduğu karbon oranına bağlı olarak farklı özellik ve davranış sergileyen grafitin mineralojik ve kimyasal özelliklerinin ortaya konması için Raman spektrumu analizlerinin yapılması yaygın bir yöntemdir. Bu çalışmada Kahramanmaraş grafit içeren metakireçtaşından alınan örnekler üzerinde Raman spektroskopisi analizleri yapılarak; Raman pikleri ve Raman kaymaları ile örnekler içerisindeki kirlilik bantları ve grafit bantları ortaya konulmuştur. Söz konusu grafit örneklerinin 1300 civarında ana Raman spektrumu ve küçük ölçekte birçok Raman pik kaymaları belirlenmiştir. Örnek içerisinde az da olsa Si, Al ve bazı elementler varlığından kirlilik içerdiği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Grafit, Raman spektroskopisi, batarya

Abstract

Graphite is a soft, oily, horizontally layered carbon mineral with excellent electrical conductivity, crystallizing in the hexagonal system. Graphite can be formed as a result of metamorphism of sedimentary rocks and coal seams associated with carbon-rich sedimentary, igneous rocks associated with the subduction belt. According to its crystal structure, graphite can be found in three types in nature: vein, flake and amorphous graphite. In our country, discovered graphite formations are mostly amorphous type.

Even though graphite is used in many important industrial sectors such as pencil tip, crucible industry, lubrication, casting and steel manufacturing, it has become an indispensable strategic and critical raw material in recent years with the development of technology. Especially the production of electric vehicles and the need for graphite in the lithium-ion batteries of these vehicles have made graphite much more valuable. Graphite is preferred as the anode material in lithium batteries, as it is advantageous in terms of many features such as lifetime, energy / power density, environmental impact and cost. More than 95% of the material used for the anode section of battery manufacturing in the markets is Graphite and there is no alternative available so far. About 1.15 kilograms of graphite is used for every kilowatt-hour of energy in electric vehicles. In a typical electric vehicle, approximately 85-115 kg of graphite is used as the anode material.

Due to the strategic and critical importance of graphite, it has become essential to evaluate economical potential of the graphite reserves in our country. For this purpose, it is necessary to go through a number of processes in order to extract the ore from the existing reserves and turn it into an end product. First of all, Raman spectrum analysis is a common method to determine the mineralogical and chemical properties of graphite, which exhibits different properties and behaviors depending on the environment in which it is formed and the carbon content it contains. In this study, Raman spectroscopy analyzes were performed on the samples taken from Kahramanmaraş metalimestone containing graphite; With Raman peaks and Raman shifts, pollution bands and graphite bands in the samples were detected. Main Raman spectra peak was detected at about 1300 levels and many small-scale Raman peak shifts have been determined for these graphite samples. It has been concluded that the sample contains pollution due to the presence of Si, Al and some other trace elements.

Keywords: Graphite, Raman spectroscopy, battery



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



**The Investigation of Geochemical and Mineralogical-Petrographic Features of Tepecik
Village (Çavdarhisar) of Kütahya Marbles**

*Tepecik Köyü (Çavdarhisar-Kütahya) Mermerlerinin Jeokimyasal, Mineralojik ve Petrografik
Özelliklerinin İncelenmesi*

Metin Bağcı^{*}, Ahmet Yıldız, Abdürrahim Keskin

Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar, Türkiye

**mbagci@aku.edu.tr*

Abstract

The study area covers the area between Tepecik and Örencik Villages approximately 9 km north of Çavdarhisar District of Kütahya. The oldest rocks of the study area are the Paleozoic aged Sarıcasu Formation consisting of rocks such as mica schist, calcschist, quartzite. Arıkaya Formation, consisting of white, gray and light-yellow marbles, lies on the Sarıcasu Formation. Within the scope of the study, it was aimed to determine the geological and mineralogical characteristics of Dentaş Marble Quarry, which operates around Tepecik Village in Çavdarhisar District of Kütahya Province. The main, trace and Rare Earth Elements (REE) contents of marbles are determined using the polarizing microscope, X-ray diffractometer (XRD) and Scanning Electron Microscope (SEM) methods. Five different marble levels were determined according to the mineralogical-petrographic characteristics of the marbles in Tepecik village and its surroundings. These are Marbles of White, Yellow, Light Gray, Dark Gray and Greenish Gray respectively. In marble samples, CaO values vary between 55,48% and 56,57%. Other major oxides, respectively, SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, MgO and TiO₂ values remain below 1%. Calcite, dolomite minerals and lesser muscovite minerals are determined in the mineralogical composition of the marbles. Marbles show granoblastic texture and average grain sizes range from 80 µm to 200 µm. The chemical composition of the minerals that make up the Tepecik Village (Çavdarhisar) marbles, the peak values of the minerals, the mineral content that gives color to the rock and the grain sizes were investigated. In the results of working; gray and dark gray colored carbon compounds, green chlorite and other silicate minerals, yellow / yellowish colors come from iron oxide compounds.

Keywords: Marble, calcite, geochemistry, Çavdarhisar, Kütahya

Özet

Çalışma alanı Kütahya'nın Çavdarhisar İlçesi'nin yaklaşık 9 km kuzeyinde Tepecik ve Örencik Köyleri arasındaki alanı kapsamaktadır. Çalışma alanının en yaşlı kayaları, mika şist, kalkşist, kuvarsit gibi kayalardan oluşan Paleozoik yaşlı Sarıcasu Formasyonudur. Beyaz, gri ve açık sarı mermerlerden oluşan Arıkaya Formasyonu, Sarıcasu Formasyonu üzerinde yer alır. Çalışma kapsamında Kütahya İli Çavdarhisar İlçesi, Tepecik Köyü çevresinde faaliyet gösteren Dentaş Mermer Ocağının jeolojik ve mineralojik özelliklerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Mermerlerin ana, eser ve nadir yer element (REE) içerikleri, polarizan mikroskop, X-ışını difraktometre (XRD) ve Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)

yöntemleri kullanılarak mermerlerin mineralojik ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir. Tepecik köyü ve çevresinde bulunan mermerlerin mineralojik-petrografik özelliklerine göre beş farklı mermer seviyesi belirlenmiştir. Bunlar sırasıyla Beyaz, sarı, Açık gri, Koyu gri ve Yeşilimsi gri renkli mermerlerdir. Mermer örneklerinde CaO değerleri % 55,48 ile % 56,57 arasında değişmektedir. Diğer ana oksitler sırasıyla, SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, MgO ve TiO₂ değerleri % 1'in altında kalmaktadır. Mermerlerin mineralojik bileşiminde Kalsit, dolomit mineralleri ve daha az oranda muskovit minerallerin bulunduğu belirlenmiştir. Mermerler granoblastik doku göstermekte ve ortalama tane boyutları 80 µm ile 200 µm arasında değişmektedir. Çavdarhisar Tepecik ve Örencik Köyü mermerlerini oluşturan minerallerin kimyasal içerikleri, minerallerin pik değerleri, kayaca renk veren mineral içerikleri ve oranları ve tane boyutları araştırılmıştır. Çalışma sonucunda; gri ve koyu gri renk karbonlu bileşiklerden, yeşil renk klorit ve diğer silikat minerallerinden, sarı/sarımsı renkler ise demir oksit bileşiklerinde gelmektedir.

Anahtar Kelimeler: Mermer, kalsit, jeokimya, Çavdarhisar, Kütahya



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



**Minor Elements and Stable Isotope Geochemistry of Cerattepe Cu-Au (\pm Zn) Deposit,
Black Sea Region, NE Türkiye: Constrains for Ore Genesis**

*Cerattepe Cu-Au (\pm Zn) Yatağı Minor Element ve Duraylı İzotop Jeokimyası
Doğu Karadeniz Bölgesi, KD Türkiye: Cevher Kökeni İçin Bulgular*

İbrahim Akpınar^{1*}, Emin Çiftçi², Yılmaz Demir³, and Martin Yates⁴

¹ITU, Graduate School of Science Engineering and Technology, Maslak, İstanbul, Türkiye

²ITU, Faculty of Mines, Geological Engineering Department, Maslak, İstanbul, Türkiye

³Recep Tayyip Erdogan University, Geological Engineering Department, Rize, Türkiye

⁴University of Maine, School of Earth and Climate Sciences, ME 04469-5790, Maine, USA

*hiakpinar@gumushane.edu.tr

Abstract

A significant number of VMS deposits occur within Eastern Pontide Orogenic belt of Türkiye. The Geochemical analyses of pyrite, sphalerite, and fahlores minerals from the Cerattepe Cu-Au (\pm Zn) deposit resulted relatively high contents of Cu, As, Co and low Pb, Zn Ni in pyrites; high value of Pb, Fe, and Au in sphalerites. However, fahlores have low concentration of Fe and Ag. The Co/Ni ratio (3-6) and Zn/Cd ratio (127-495) of pyrites and sphalerites, respectively, point a volcanic-exhalative and volcanogenic origin for the Cerattepe deposit. The results of δS^{34} isotope (-0.33 - +18.5) is well compatible with the data of known VMS deposits worldwide, and some other VMS deposits in the Pontides. The δO^{18} isotope value of 8.5-9.5 also indicate an acidic magmatic hydrothermal source in geologic setting environment for the Cerattepe deposit.

Keywords: Cerattepe, minor elements, Co/Ni-Zn/Cd ratios, stable isotopes, genesis

Özet

Önemli sayıda volkanojenik masif sülfür (VMS) yatakları Türkiye'nin Doğu Pontid Orojenik kuşağı içinde bulunur. Cerattepe Cu-Au (\pm Zn) yatağına ait pirit, sfalerit ve fahlerz minerallerinin jeokimyasal analizleri piritlerin göreceli olarak yüksek Cu, As, Co, buna karşın düşük Pb, Zn ve Ni; sfaleritlerin ise yüksek Pb, Fe ve Au içeriğine sahip olduklarını sonuçlamıştır. Buna karşın, fahlerz minerallerinin ise Fe, Ag içerikleri düşüktür. Pirit ve sfaleritler için hesaplanan Co/Ni ve Zn/Cd oranları sırasıyla, 3-6 ve 127-495 arasında olup, bu değerler Cerattepe yatağı için volkanik-ekshalatif ve/veya volkanojenik bir köken işaret etmektedir. Kükürt izotop (δS^{34} verileri (-0.33 - +18.5) dünya genelinde bilinen VMS yatak verileri ve Pontidlerdeki diğer VMS yataklarınınki ile oldukça uyumludur. Oksijen izotop (δO^{18}) sonuçları (8.5-9.5) aynı zamanda Cerattepe yatağının jeolojik yerleşim ortamı için asidik karakterde magmatic hidrotermal bir kaynağı göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Cerattepe, minor elementler, Co/Ni-Zn/Cd oranları, duraylı izotoplar, köken

1. INTRODUCTION

Metallogeny in Türkiye is mainly a result of the development of the Tethyan belt within the Alpine-Himalayan orogenic system that formed from the Jurassic-Cretaceous to the present time [13]. The Eastern Pontide Orogenic Belt is an important segment of the Tethyan-Eurasian Metallogenic Belt and carries a special place in the metallogeny of Türkiye [1]; hosting numerous VMS deposits [4], [9], [15]. There are more than 65 VMS deposits in the region, and among them, some major one is Cerattepe Deposit [13]. The late Cretaceous Kuroko-type Cerattepe Cu-Au (\pm Zn) deposit, located in Artvin, NE Türkiye, occurs in the volcano-sedimentary rocks. Pyrite, sphalerite, chalcopyrite, marcasite, and galena are the major sulfide ore minerals, including minor amounts of bornite-idaite, tennantite-tetrahedrite, covellite, chalcocite, cubanite, gold, silver, arsenopyrite and bournonite. This study focuses on determining minor element contents of some major sulfide phases and sulfosalts. We aimed to find Co/Ni and Zn/Cd ratios in pyrites and sphalerites, respectively. Both Co/Ni ratios of pyrites [2], [5], [7], [14]; and Zn/Cd ratios of sphalerite [6], [8], [9] were used by many researchers to identify the ore genesis. The sulfur and oxygen isotopes were also utilized to identify the geological setting environment and the genesis of the Cerattepe deposit.

2. MATERIAL and METHODS

A total of 18 samples representing sulfide (14) and stringer zones (4) of Cerattepe ore deposit were collected from surface outcrops, underground adits, and drill cores. Polished thin section and epoxy mounted mineralized rock samples were prepared, and Nikon Eclipse LV100 reflected light microscopy was employed for examination. The composition of sulfide minerals was determined by using Electron Probe Micro Analysis (EPMA) and Secondary Electron Microscopy-Energy Dispersive Spectroscopy (SEM-EDS). A limited number of stable isotopes data of sulfur was obtained by using a continuous flow elemental analyzer isotope ratio mass spectrometry. The oxygen isotope ratios were determined using a Finnigan-MAT-Delta gas isotope ratio mass spectrometer.

3. RESULTS and DISCUSSION

The EPMA results showed significant changes in minor element contents of major sulfide and sulfosalt minerals. The obtained results selected for pyrite, chalcopyrite, sphalerite, and fahlores (tennantite-tetrahedrite) minerals are given in tables 1 and 2.

3.1. Pyrite and Chalcopyrite

The pyrites have Fe content ranging from 43.9 - 45.53 wt.% , and their S content changes between 48.20 and 53.13 wt.%. The highest values for minor element contents of pyrites are as follows; 3.77 wt% Cu, 1.3 wt.% As, 1.14 wt.% Pb, 0.41 wt.% Zn, 0.26 wt.% Co and 0.05 wt.% Ni. The calculated formula of pyrite is $Fe_{0.98-1.03}(Cu_{0.00-0.02}Co_{0.00-0.04})(As_{0.00-0.02}S_{1.95-2.04})$. The relatively high Cu and As content of some pyrite grains is due to the existence of inclusions of these elements in pyrites. The Ag and Au contents of pyrites are below the detection limit, but some increase in Co values are observed. In addition to these, Mo values changing between 1.74 wt.% and 1.86 wt.% were determined in five analyses. The calculated Co/Ni ratio of pyrites ranges from 3-6, which is well suitable compared to the accepted ratio (Co/Ni >1) for the VMS deposits worldwide [2], [5]. The low Co and Ni values might be related to acidic hydrothermal magmatism in the region [6], [14]. The calculated formula of chalcopyrite is $Cu_{0.98-0.99}Fe_{0.98-0.99}Pb_{0.00-0.01}S_{2.01-2.03}$. The chalcopyrites are very poor in minor elements of As, Zn, Ni, Co, and Mo, and most are below the detection limit, excluding the highest value of 0.75 wt% Pb, which might be resulted from rare galena inclusions in chalcopyrites.

Table 1. Selected representative minor elements in pyrite and chalcopyrite from Cerattepe deposit.

Sample Element	PYRITE								CHALCOPYRITE					
	232-31b	232-31b	232-31b	231-31a	232-32a	232-32a	CTK-3	CTK-3	232-32a	232-32a	232-32a	232-32a	232-32a	232-32a
Fe (wt.%)	45,32	45,34	45,34	45,53	43,9	43,64	44,8	45,47	29,63	29,45	29,46	29,29	29,57	29,4
Pb	0,15	0,11	0,11				0,62	0,27		0,34			0,06	0,75
As		0,04	0,04				1,09	1,3						
Zn		0,25		0,41		0,12								0,06
Cu	0,39		0,51	1,27	1,71	3,77			33,55	33,73	33,52	33,65	33,5	33,67
Ni	0,01	0,05		0,01		0,01	0,01							0,02
Co	0,04	0,26	0,04	0,04		0,06	0,03			0,05				0,07
Mo					1,86	1,74								
Au	0,04													
S	53,03	53,13	53,05	51,42	50,96	48,2	52,62	52,5	34,65	34,8	34,72	34,76	34,73	34,6
Total	98,98	99,04	99,14	98,28	100,29	99,16	99,22	99,63	97,80	98,44	97,75	97,81	97,88	98,53
Co/Ni	4	5,2		4		6	3							3,5

3.2. Sphalerite and Fahlores (Tennantite and Tetrahedrite)

The Zn content of sphalerites ranges from 63.09 – 65.41 wt. %, and their S content changes between 32.43 and 33.18 wt. %; with average values of 63.22 wt. %Zn and 32.76 wt. %S, respectively. The sphalerites contain the highest amounts of 1.31 wt. % Pb, 1.08 wt. % Fe, 2.49 wt. % Cu, and 0.13 wt. % Au, in addition to the main component Zn. The Cd content of sphalerites ranges between 0.12 and 0.51 wt. %. The value for the other elements is below the detection limit. The calculated chemical formula of sphalerite is as follows $Zn_{0.93-0.97}Fe_{0.01-0.02}Cu_{0.00-0.004}S_{1.01-1.03}$. Three stages of sphalerites are interpreted from the results of EPMA. In stage I and II sphalerites, the negative correlations between Fe and Cu with Zn show that these elements exchange with Zn in the crystal system. However, such a relationship is not observed in stage III sphalerites (Figs. 1a, b). The Cd in stage I is positively correlated with Zn, but negatively correlated with Fe (Fig. 1 c, d). The Zn/Cd ratio of sphalerite is important in determining the type of mineralization [8], [10]. The calculated Zn/Cd ratios do not offer any difference in three different sphalerite phases. The Zn/Cd ratios of all measurements ranged between 127 and 383, excluding the only one value of 495. The calculated Zn/Cd ratio of sphalerites is well suitable with the Zn/Cd ratio of VMS deposits, worldwide [7], [8]; indicating a volcanogenic source for the Cerattepe deposit.

Fahlores group minerals are generally poor in terms of Fe. The Fe content of tennantites does not exceed 3.29 wt. %, and that of tetrahedrites falls below 0.1 wt. % (Fig. 2a). The Ag content of tennantites is very low, being close to the detection limit in all samples, but tetrahedrites contain relatively high Ag, with a measured highest value of 0.26 wt. % (Fig 2b). While the Fe content of tennantites and tetrahedrites decreases, zinc content increases (Fig. 2a). The As content of all tennantites varies in a reasonably high value range, between 17.63 and 21.14 wt%, whereas the As content of tetrahedrites offers relatively low and broader range of 1.02 and 14.65 wt.% (Fig.2 c). There is a positive correlation between the low Ag content of tetrahedrites (up to 0.26 wt. %) and Sb values (Fig. 2 d).

Table 2. Selected representative minor elements in sphalerite and fahlores (tennantite-tetrahedrite)

Sample Element	SPHALERİTE					TENNANTİTE				TETRAHEDRITE				
	231-31b	232-32a	CTGS-1	CTGS-1	231-31b	232-31b	231-31a	231-31a	231-31b	CTGS-1	CTGS-1	CTK-2	CTK-2	231-31b
Fe (wt%)	0,95	0,75	0,09	0,62	0,42	3,27	0,57	0,13	0,34	0,06	0,04	0,09	0,04	0,31
Zn	64,75	65,36	65,41	64,40	63,09	7,45	8,05	8,03	8,19	7,87	7,64	7,63	7,52	7,94
As						18,21	19,67	19,26	19,53	3,39	3,52	2,88	2,81	9,49
Se						0,18								
Au			0,08	0,07										
Cu	0,10	0,97	0,30	0,82	0,42	41,70	43,83	43,71	43,82	38,74	38,44	38,49	38,73	41,47
Ag										0,12	0,11	0,26	0,17	0,09
Cd	0,25	0,25	0,27	0,13	0,43				0,06					
Sb				0,08		0,06		0,54	0,07	25,07	25,10	26,68	26,61	14,73
Pb			1,31	0,17		0,13								
Ga	0,17		0,65	0,50										
Te							0,04	0,25						
S	33,06	32,43	32,95	33,18	33,14	28,74	27,90	27,68	27,97	25,02	24,92	24,74	24,90	26,04
Total	99,32	99,62	99,67	99,66	97,43	99,74	100,12	99,63	100,00	100,27	99,77	100,77	100,78	99,17
Zn/Cd	259	257	242	495	147									

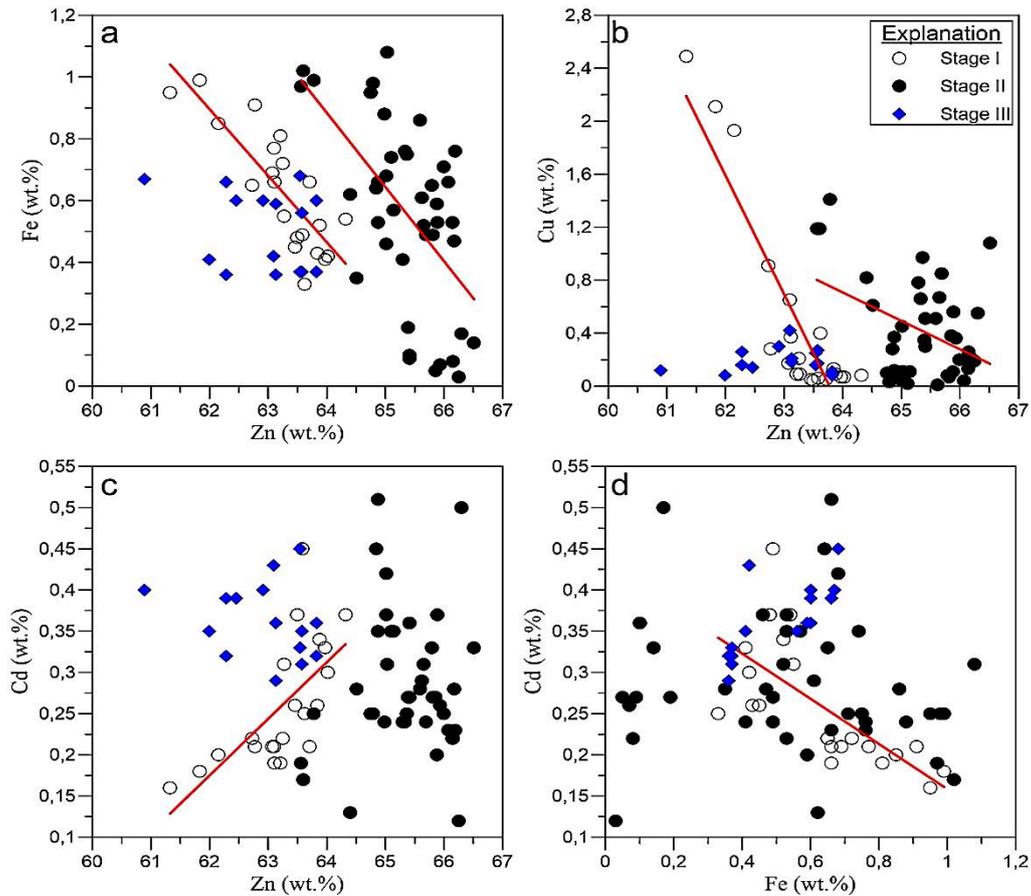


Figure 1. Binary diagrams showing comparison of minor element pairs of Zn vs Fe, Zn vs Cu, Zn vs Cd and Fe vs Cd in sphalerites.

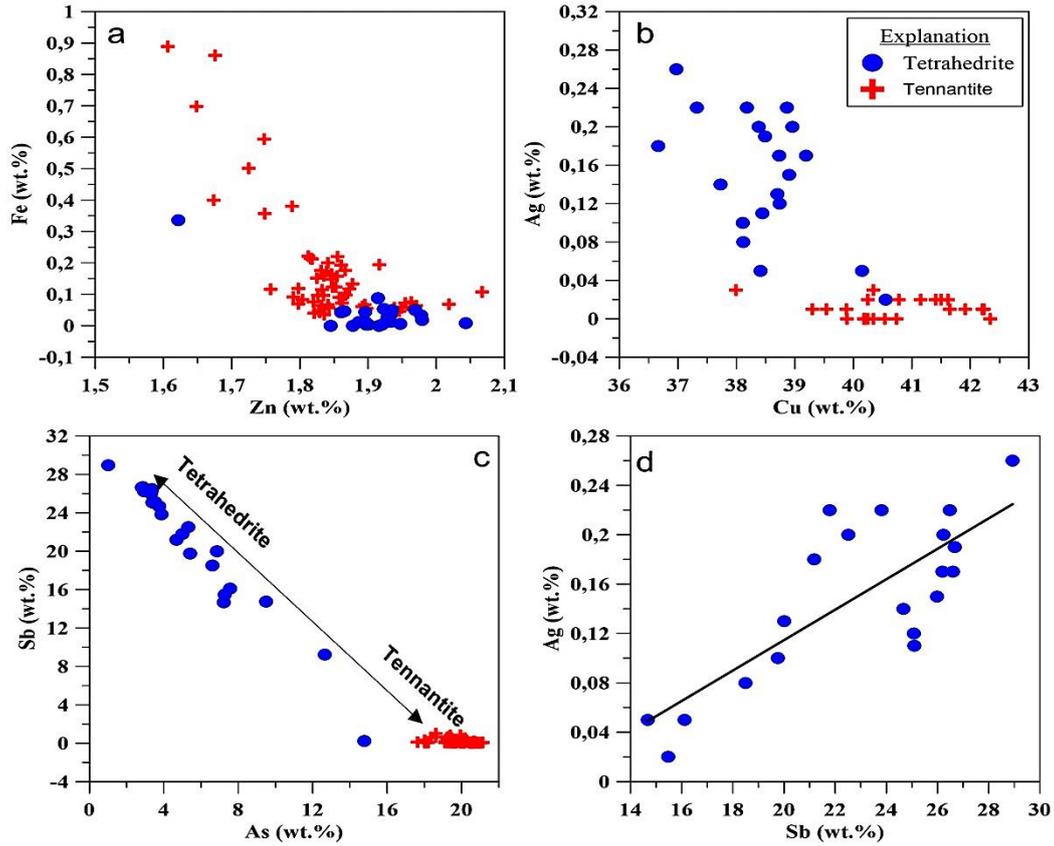


Figure 2. Binary diagrams showing the comparison of minor element pairs of Zn vs Fe, Cu vs Ag, As vs Sb, Sb vs Ag, and As vs S in tennantite and tetrahedrite minerals.

3.3 Sulfur and Oxygen Isotopes

A total of a total of 10 sulfide, two sulfate, and two silicate samples were analyzed for sulfur and oxygen isotopes, respectively to evaluate the source of sulfur in the deposit. The $\delta^{34}\text{S}$ values of sulfide phases ranges between -0.33 and +9.6 ‰; that of sulfate phase ranges from 17.91-18.5 ‰ (Fig 3a). On the other hand, the δO^{18} values change from 8.5-9.5 ‰ (Fig. 3 b). The $\delta^{34}\text{S}$ results are compatible with the data of known ancient-modern VMS deposits and some other VMS occurrences in the Pontide region. The δO^{18} values also imply granite related sources in the geological setting environment of the Cerattepe deposit.

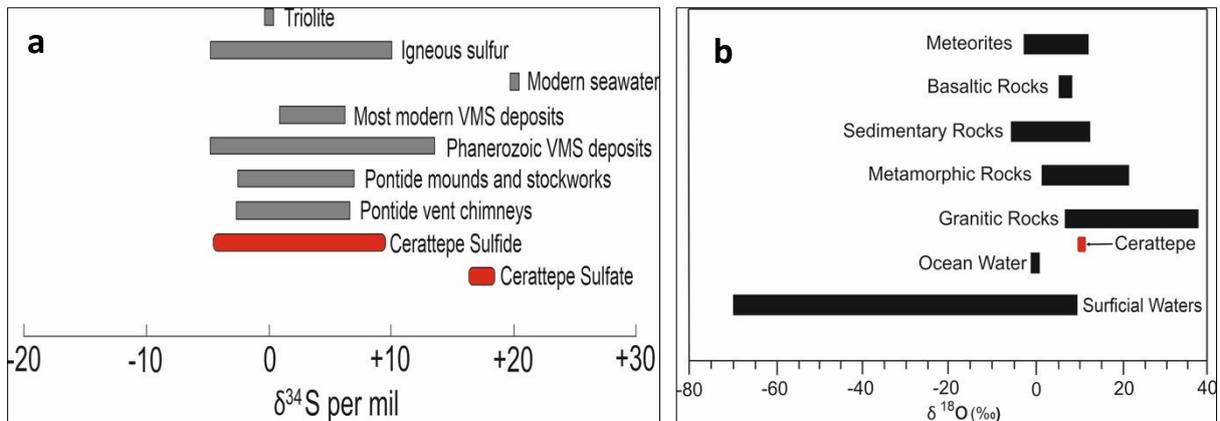


Figure 3. The ranges of δS^{34} (a) and δO^{18} values (b) from Cerattepe deposit compared with other VMS deposits in the eastern Pontide and with modern and ancient analogues, including some geologic sulfur and oxygen reservoirs. Data for (a) is from [3], [12], [15], [16] and [12]. Data for (b) is from [11].

4. CONCLUSIONS

Overall, this study provides some clarity regarding the genesis of the Cerattepe Cu-Au (\pm Zn) deposit, based on the presented data on Co/Ni, Zn/Cd ratios, and stable isotopes of δS^{34} and δO^{18} . While the nickel values are in a narrow range (100-500 ppm), The cobalt values, on the contrary, vary in an extensive range (300-2600 ppm), with average values of 183 and 780 ppm, respectively. The calculated Co/Ni ratio of pyrites (3-6) and Zn/Cd ratios of sphalerites (127-495) indicate an acidic magmatic - hydrothermal source for the genesis, and thus a volcanic-exhalative and /or volcanogenic origin for the Cerattepe deposit. The results of the stable isotopes of δS^{34} (-0.33- +9.6 ‰) and δO^{18} (8.5-9.5 ‰) also support the suggested source for the Cerattepe deposit.

Acknowledgement: This work was granted by the Scientific Researchs Unit (Project No: 39615) of Istanbul Technical University.

REFERENCES

- [1] Akinci, Ö.T., 1984. The Eastern Pontide volcano-sedimentary belt and associated massive sulphide deposits, in J.E. Dixon and A.H.F. Robertson, eds., *The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean: Geological Society Special Publication*, no. 17, p. 415-428.
- [2] Bralía, A., Sabatini, G., Troja, F., 1979. A reevaluation of the Co/Ni ratio in pyrite as geochemical tool in ore genesis problems. *Miner. Deposita* 14:353-374
- [3] Cagatay, M.N., Eastoe, C.J., 1995. A sulfur isotope study of volcanogenic massive sulfide deposits of the Eastern Black Sea Province, Turkey. *Miner. Deposita* 30,55–66
- [4] Ciftçi, E., Hagni, R.D., 2005. Mineralogy of the Lahanos deposit a Kuroko-type deposit from the eastern Pontides (Giresun, NE Turkey). *Geol Bull Turk* 48(1):55–64
- [5] Clark, C., Grguric, B., Mumm, A.S., 2004. Genetic implications of pyrite chemistry from the Palaeoproterozoic Olary domain and overlying Neoproterozoic Adelaide sequences, southern South Australia, *Ore Geol. Rev.*, 25, 237-257
- [6] Demir, Y., Uysal, I., Sadiklar, M.B., Sipahi, F., 2008. Mineralogy, mineral chemistry, and fluid inclusion investigation of köstere hydrothermal vein-type deposit Gümüşhane, NE-Turkey. *N. Jb. Mineral. (Abh.)* 185-2, 215–232.
- [7] Demir, Y., Uysal, I., Sadiklar, M.B., Ceriani, A., Hanilçi., N., Muller, D., 2015. Mineralogy, mineral chemistry, fluid inclusion, and stable isotope investigations of the Kabadüz ore veins, Ordu, NE-Turkey, *Ore Geol. Rev.*, 66, 82-98.
- [8] Gottesmann, W., Gottesmann, B., Seifert, W., 2009. Sphalerite composition and ore genesis at the Tumurjin-ovoo Fe-Mn-Zn skarn deposit, Mongolia, *Neues Jb. Mineral. Abh.*, 185, 249-280
- [9] Güven, I.H., 1993. 1/250 000 scaled geological and metallogenic map of the eastern Black Sea region. General Directorate of Mineral Research and Exploration (MTA), Ankara
- [10] Hanjie, W., Cloquet, C., Fan, H., Fu, S., 2016. Zn/Cd ratios and cadmium isotope evidence for the classification of lead-zinc deposits, *Nature*, 6, 25273.
- [11] Hoefs, J., 1973. *Stable Isotope Geochemistry*, Springer-Verlag, New York
- [12] Ohmoto, H., Rye, R.O., 1979. Isotopes of sulfur and carbon. In: Barnes, H.L. (Ed.), *Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits*. second eds. Wiley, New York, pp.509–567.
- [13] Pejatovic, S., 1979, Metallogeny of the Pontide-type massive sulphide deposits (in Turkish): Publication of the Mineral Research and Exploration Institute of Turkey, No. 177, 100.
- [14] Reich, M., Deditius, A., Chrysalis, S., Li, J.W., Ma, C.Q., Parada, M.A. and Mittermyer, F., 2013. Pyrite as a record of hydrothermal fluid evolution in porphyry copper syst. A SIMS/EMPA trace element study, *Geochim. Cosmochim. Acta*, 104, 42-62.
- [15] Revan, M.K., Genç, Y., Maslennikov, V.V., Maslennikova, S.P., Large, R.R., Danyushevsky, L.V., 2014. Mineralogy and trace-element geochemistry of sulfide minerals in hydrothermal chimneys from the Upper-Cretaceous VMS deposits of the Eastern Pontide orogenic belt, NE Turkey. *Ore Geol. Rev.* 63, 129–149
- [16] Shanks, W.C., Seyfried, W.E., 1987. Stable isotope studies of vent fluid and chimney minerals, southern Juan de Fuca Ridge: sodium metasomatism and seawater sulfate reduction. *J. Geophys. Res.* 92, 11387–11399.



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



**Karbonat -Yan Kayaçlı Madenköy Au-Ag-Zn±Pb Yatağında Metallerin Kaynağı ve
Cevher Oluşturan Çözeltilerin Özellikleri, Ulukışla-Niğde**

*Source of Metals and Characteristics of Ore Forming Fluids in Carbonate-Hosted Madenköy
Au-Ag-Zn±Pb Deposit, Ulukışla-Niğde*

Asuman Kahya

General Directorate of Mineral Research and Exploration, Ankara, 06800, Türkiye

asuman27@gmail.com

Özet

Madenköy Au-Ag-Zn±Pb Yatağı (Ulukışla-Niğde) Orta Toroslarda, Bolkardağı Birliği'nin Üst Triyas yaşlı karbonatlı kayaçları içerisinde gelişmiştir. Bolkardağı kuzeye devrik bir antiklinal olup, eksenini NE-SW yönündedir. Cevherleşme bu antiklinalin kuzey kanadında yer almaktadır. Madenköy Au-Ag-Zn±Pb yatağı superjen Au-Ag zenginleşmesi ile hipojen sülfat mineralizasyonunun kalıntılarından oluşmaktadır. Bu superjen zenginleşme, Oligo-Miyosende bölgedeki yükselmeye bağlı olarak yaygın tektonizma ve sonrasındaki karstlaşma nedeniyle hipojen cevherleşmenin tamamen oksitlenerek, karstik boşluklara ve kırık hatlarına yerleşmesi sonucunda oluşmaktadır. Oksidasyon koşullarında galenitler büyük ölçüde seruzit ve anglezite, sfaleritler ise tamamen simitsonite dönüşmüştür. İlksel sülfürlerden, galenitler seruzitler içerisinde, karstik boşlukların tavan ve duvarlarında kalıntıları şeklinde bulunmaktadır. Mineral parajenezinde seruzit, anglezit, simitsonit, limonit, piroluzit, psilomelan, manganit, kalkofanit, beudantit, kovellin, götit, lepidokrokite, hemimorfit, mimetit, korkit ve nabit altın bulunmaktadır. Ekonomik olarak işletilen cevherli zonlar karstik tipteki simitsonit, seruzit/anglezit bakımından zengin zonlardır. Galenit minerallerinin $\delta^{34}\text{S}$ izotop bileşimi %3,0 ve 5,8 aralığında değişmekte olup, sülfürün baskın olarak magmatik kaynaktan geldiğine ve kısmen de olsa kıtasal kökenli kükürt katkısının olduğuna işaret etmektedir. Galenitlere ait $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ve $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ değerleri ise sırasıyla ortalama 18,991, 15,701 ve 39,056'dır. Bu veriler metallerin kaynağının üst kabuk ile ilişkili olduğunu göstermektedir. Sıvı kapanım verilerine göre sfaleritlerin homojenleşme sıcaklığı (Th) değerleri 50 ile 290 °C arasındadır. Çözeltilerin, tuzluluğu ise ortalama %6,2 NaCl eşdeğeridir. Sıvı kapanımı verileri Au-Ag-Zn±Pb cevherleşmesini oluşturan çözeltilerin, baskın olarak magmatik-hidrotermal kökenli olduğunu ve kısmen düşük sıcaklıklı meteorik sularla karıştığını göstermektedir. Duraylı kükürt izotopu verileri kükürtün baskın olarak magmatik kökenli olabileceğini, Pb izotop verileri de metallerin üst kıtasal kökenli olabileceğine işaret etmektedir. İlksel sülfürlü cevherleşmeler süperjen koşullarda oksitlenerek 'kalıntı ve karst dolgusu' tipi sülfürsüz (nonsulphide) çinko yataklarına dönüşmüştür.

Anahtar Kelimeler: Kükürt izotopu, kurşun izotopu, sıvı kapanım, karbonat-yankayaç, Au-Ag-Zn±Pb yatağı

Abstract

Madenköy Au-Ag-Zn±Pb Deposit (Ulukışla-Niğde) is located in the Middle Taurus Mountains within the Upper Triassic carbonate rocks of the Bolkardağı Unit. Bolkardağı is an anticline inverted to the north and its axis is in the NE-SW direction. The mineralization is located in the northern flank of this anticline. The Madenköy Au-Ag-Zn±Pb deposits consist of supergene Au-Ag enrichment and relict of hypogene sulfide mineralization. The supergene enrichment occurs as a result of widespread tectonism and karstification during the uplift of the region in the Oligo-Miocene. Therefore, the hypogene ores are entirely oxidizing, and setting in the karstic pocket and fracture lines. Under this oxidation condition, while galena largely turns into cerussite/anglesite, sphalerite completely transform to smithsonite. Galenas from primary sulphides are found as a relict in the cerussite/anglesite and ceiling/wall of karstic cavities. In the mineral paragenesis, cerussite, anglesite, smithsonite, limonite, pyrolusite, psilomelane, manganite, chalcophanite, beudantite, covellite, goethite, lepidocrocite, hemimorphite, mimetite, corkite and native gold are found. Economically operated ore zones are karstic type smithsonite and cerussite/anglesite rich zones. The $\delta^{34}\text{S}$ isotope composition of galenas varies between 3.0‰ and 5.8‰, indicating that the sulfur is predominantly from the magmatic source and is partially contributed by continental sulfur. The mean values of $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, and $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ of galenas were 18.991, 15.701, and 39.056, respectively. These data indicate that the source of the metals is associated with the upper crust. Based on the liquid inclusion data, the homogenization temperature (Th) values of the sphalerites are between 50 and 290 °C. The salinity of the solutions is on average 6.2% NaCl equivalent. Fluid inclusion data show that the solutions forming the Au-Ag-Zn±Pb mineralization are predominantly of magmatic-hydrothermal origin and are partially mixed with low temperature meteoric waters. The stable sulphur isotope data indicate that the sulphur may be predominantly of magmatic origin, and the Pb isotope data indicate that the metals may be of upper continental crust origin. Primary sulfide mineralizations were oxidized under supergene conditions and transform to 'residue and karst fill' type nonsulphide zinc deposits.

Keywords: Sulfur isotope, lead isotope, fluid inclusion, carbonate-hosted, Au-Ag-Zn±Pb deposits



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



Türkiye Doğal Karbondioksit Gazı Potansiyelinin Değerlendirilmesi
Evaluation of Natural Carbon Dioxide Gas Potential of Türkiye

Nusret Güngör¹, Behzat Gökçen Demir^{2*}, Ali Koray Özdoğan², Selçuk Bostancı²

¹Jeoloji Yük. Müh. Ankara, Türkiye

²Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye

*demirbehzatgokcen@gmail.com

Özet

Doğal karbondioksit gazı, endüstriyel açıdan önemli bir gaz olmasının yanında ekonomiye konu olan az sayıda doğal gazdan birisidir. Ülkemizde, birçok kullanım alanı bulunan bu gaz, aynı zamanda üç farklı kanun kapsamında değerlendirilmektedir. Bunlar; 5686 sayılı Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu, 3213 sayılı Maden Kanunu ve 6491 sayılı Türk Petrol Kanunudur. Doğal karbondioksitin petrol rezervuarına bağlı oluşum mekanizmasında oluşumu açısından Siirt bölgesi ön plana çıkarken, jeotermal oluşum mekanizmasına bağlı olarak oluşumu açısından Denizli, Ağrı ve Aydın illerimiz önemli bir yere sahiptir. Maden havzası oluşum mekanizmasında oluşan doğal karbondioksit gazına yönelik arama ve üretim faaliyetlerinin yoğun olarak yapıldığı alanlar ise Kapadokya yöresinde bulunmaktadır. Başta Niğde olmak üzere, Kayseri ve Aksaray ön plana çıkmıştır. Kendiliğinden yeryüzüne ulaşan ve/veya yapılan sondajlar ile yeraltındaki varlığı tespit edilen doğal karbondioksit gazı açısından ülkemizde yapılan detaylı jeolojik araştırmalar sonucunda, Kuzey Anadolu Fay Zonunun bulunduğu Doğu, İç ve Batı Anadolu yöreleri, genç volkan kraterlerinin civarı, jeotermal alanlar ve sedimanter alanlar potansiyel olarak göze çarpmaktadır. Yapılan araştırmalar, Türkiye'nin jeolojik yapısına dayalı olarak doğal karbondioksit potansiyelinin artabileceğini göstermektedir. Bu kapsamda ülkemizin potansiyel olduğu düşünülen hedef alanlarında arama-araştırma-geliştirme faaliyetleri devam etmektedir. Madencilik faaliyetleri sonucu üretilen doğal karbondioksit gazı miktarı, 2021 yılında 97.380, 2020 yılında 104.512, 2019 yılında 107.097, 2018 yılında 104.760 ve 2017 yılında 99.623 tondur. 2011-2013 yıllarında yıllık ortalama seksen sekiz bin ton civarında olan üretim miktarı son yıllarda yaklaşık %15 artış ile yüz bin ton seviyesinin üzerine çıkmıştır. Doğal karbondioksit gazı ağırlıklı olarak sağlık alanında, tarımda, kozmetik ve meşrubat sanayisinde ve kuru buz üretiminde kullanılmaktadır. Ayrıca, kimya sanayi, petrol üretimi ve jeotermal kaynaktan elektrik enerjisi üretiminde de bu gazdan yararlanılmaktadır. Bu çalışmada, doğal karbondioksit gazının oluşum sistemlerine göre sınıflandırılması ve kullanım alanları hakkında bilgi verilerek, maden oluşum mekanizmasına bağlı olarak oluşan doğal karbondioksit gazı için genel bir değerlendirme yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Doğal karbondioksit, yeraltı kaynakları, potansiyel

Abstract

Natural carbon dioxide gas, besides being an important industrial gas, is the one of the few natural gas that is the subject of the economy. This gas, which has many uses in our country, is also evaluated within the scope of three different laws. These; Geothermal Resources and Natural Mineral Waters Law No. 5686, Mining Law No. 3213 and Turkish Petroleum Law No. 6491. While the Siirt region stands out in terms of the formation of natural carbon dioxide in the formation mechanism depending on the oil reservoir, Denizli, Ağrı and Aydın provinces have an important place in terms of its formation due to the geothermal formation mechanism. The areas where the exploration and production activities for the natural carbon dioxide gas formed in the mining basin formation mechanism are intensely located in the Cappadocia region. Firstly Niğde, Kayseri and Aksaray came to the fore. As a result of detailed geological researches carried out in our country in terms of natural carbon dioxide gas that reaches the earth by itself and/or its presence in the underground has been determined by drillings, Eastern, Central and Western Anatolian regions where the North Anatolian Fault Zone is located, the vicinity of young volcanic craters, geothermal areas and sedimentary areas can potentially be seen. Studies show that natural carbon dioxide potential may increase based on the geological structure of Türkiye. In this context, explore-research-development activities continue in the target areas of our country, which are considered to have potential. The amount of natural carbon dioxide gas produced as a result of mining activities is 97,380 tons in 2021, 104,512 tons in 2020, 107,097 tons in 2019, 104,760 tons in 2018 and 99,623 tons in 2017. The annual production amount, which was around eighty-eight thousand tons in 2011-2013, has increased by about 15% in recent years, exceeding the level of one hundred thousand tons. Natural carbon dioxide gas is mainly used in the field of health, agriculture, cosmetics and beverage industry and dry ice production. In addition, this gas is also used in the chemical industry, oil production and electricity generation from geothermal resources. In this study, a general evaluation was made for the natural carbon dioxide gas formed depending on the mineral formation mechanism, by giving information about the classification of natural carbon dioxide gas according to its formation systems and its usage areas.

Keywords: Natural carbon dioxide gas, underground sources, potential



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



Mafik-Klastik Tip Volkanojenik Masif Sülfid Yataklarında Metamorfizm Etkileri (Orta Pontidler, Kastamonu)

*The Effect of Metamorphism in the Mafic-Clastic Type Volcanogenic Massive Sulfide Deposits
(Central Pontides, Kastamonu Province)*

Buğra Cavdar^{1*}, Kurtuluş Günay², Halim Mutlu³, Emin Çiftçi⁴

^{1,3}Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Maden Etüt ve Arama Dairesi Başkanlığı, Ankara, Türkiye

²Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Marmara Bölge Müdürlüğü, Kocaeli, Türkiye

³Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Ankara Üniversitesi, Ankara, Türkiye

⁴İTÜ, Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Maslak, Sarıyer, İstanbul, Türkiye

*bugra.cavdar@mta.gov.tr

Özet

Pontid Orojenik Kuşağı'nın yay şeklindeki merkez kısmını oluşturan Orta Pontidler, hem Sakarya hem de İstanbul zonlarına ait birimleri içerir. Temel birimlerin Orta Jura ve Albiyen-Turoniyen yığılım kompleksleri tarafından üzerlendiği geniş bir alan, yaklaşık olarak Doğu-Batı doğrultulu tektonik dilimlerden oluşmakta ve Orta Pontid Yapısal Kompleksi (OPYK) olarak adlandırılmaktadır. OPYK içerisinde Erken Kretase'de yeşilist fasiyesi koşullarında metamorfizme uğramış ve birbirleriyle tektonik ilişkili olan Jura yaşlı magmatik, volkanik, volkanoklastik ve klastik kayalar bir paket olarak yer almaktadır. Bu istifin volkanik, volkanoklastik ve klastik birimleri içinde mafik-klastik tip (beşhi-tipine benzerlik gösteren) volkanojenik masif sülfid (VMS) yatakları (Örneğin Hanönü, Zeybek, Sarıseki, Karaburun VMS gibi) bulunmaktadır. Cu egemen olduğu belirlenen bu VMS yataklarının, diğer baz ve kıymetli metalleri ekonomik olarak içermediği bilinmektedir. Yapılan petrografik ve jeokimyasal çalışmalar, Erken Kretase metamorfizminin cevherleşmeler üzerinde hem yapısal hem de jeokimyasal etkilerinin olduğunu göstermiştir. Yeşilist fasiyesi koşullarında gerçekleşen metamorfizm birincil cevherlerden kaynaklı element mobilizasyonuna neden olmuştur. Zn ve Fe elementlerini içeren sfalerit ve pirit mineralleri klorit-şistlerin foliasyon düzlemine uyumlu ve/veya kırık-çatlak kesimlerde yeniden kristallenmiştir. Metamorfizm esnasında açığa çıkan silikanın oluşturduğu süt beyaz renkli kuvarslar içerisinde özşekilsiz yığılımlar şeklinde yer alan kalkopirit mineralleri Cu elementindeki hareketlenmeyi işaret eder. Mobilize olan elementler birincil cevherlerde bulunan minerallerden farklı mineraller oluşturmamış ancak yapı ve dokusal farklılıklar gösteren mineraller geliştirmiştir. Birincil cevher minerallerine nazaran iri öz şekilli kristallere sahip pirit mineralleri, bal renkli sfalerit ve bağımsız öz şekilsiz yığılımlar halindeki kalkopirit mineralleri birincil cevher kütlelerinden ayrı olarak metamorfik unsurlar içinde gelişmiştir. Kataklastik zonlarda ve kırık-çatlak dolgularındaki silis içine yerleşmiş pirit, kalkopirit ve sfalerit minerallerinin varlığı da yeniden kristallenmeyi işaret eder. Ayrıca, element mobilizasyonunun etkileri dere sedimenti ve toprak jeokimyası verilerinde bağımsız anomalilerin gelişimine yol açmıştır. Topoğrafik-yapısal veya antropojenik bir etkinin gözlenmediği penepren alanlarda diğer metallerden bağımsız çinko anomalilerinin varlığı, sfalerit mineralleriyle zenginleşmiş klorit şistlerin bulunması, Orta Pontid mafik-klastik tip VMS cevherleşmelerinde metamorfizmin cevherleşme sistemine ekonomik olabilecek boyutta bir baz metal etkisinin olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Orta Pontidler, VMS, mafik-klastik tip, metamorfizm, toprak jeokimyası

Abstract

The Central Pontides constitute arc-shaped centre part of the Pontide Orogenic Belt and includes units of the Sakarya and İstanbul zones. A large area, overlain by the basement units by the Middle Jurassic and Albian-Turonian accretion complexes, consists of approximately East-West oriented tectonic slices and is called the Central Pontide Structural Complex (CPSC). Jurassic magmatic, volcanic, volcanoclastic and clastic rocks as a package within the CPSC were metamorphosed under greenschist facies conditions during early Cretaceous and they are in tectonic relationship. Mafic-clastic type (similar to the Besshi-type) volcanogenic massive sulfide (VMS) deposits (i.e. Hanönü, Zeybek, Sarıseki, Karaburun VMS) associated with those volcanic, volcanoclastic and clastic units have been recently discovered in the complex. It is geochemically confirmed that these Cu-dominated VMS deposits do not economically contain other base and precious metals. Petrographic and geochemical studies have shown that early Cretaceous metamorphism has both structural and geochemical effects on these deposits. Metamorphism under greenschist facies conditions caused element mobilization originating from primary ores. Sphalerite and pyrite minerals containing Zn and Fe were recrystallized through foliations and/or in joint systems of the chlorite dominant schistous rocks. The chalcopyrite minerals, which are observed in the form of anhedral aggregations within the milky white colored quartz formed by the silica released during metamorphism, clearly indicate the mobilization in the Cu element. The mobilized elements did not form different ore minerals from the ones found in the primary ores, but developed structurally and texturally different minerals. Compared to the primary ore minerals, pyrite minerals with coarse euhedral crystals, honey-colored sphalerite and chalcopyrites as independent anhedral aggregations developed in metamorphic sections apart from primary ore bodies. Presence of pyrites, chalcopyrites and sphalerites in silica filled joint systems and the ones embedded within the cataclastic zones also indicate recrystallization. In addition, the effects of element mobilization lead to the development of independent anomalies through the stream sediment and soil geochemistry data. The presence of zinc anomalies independent of other metals in peneplain areas where no topographic-structural or anthropogenic effect is observed and chlorite-schists enriched with sphalerites indicate that metamorphism has an economically significant base metal effect on the mineralization system in the Central Pontide mafic-clastic type VMS deposits.

Keywords: Central Pontides, VMS, mafic-clastic type, metamorphism, soil geochemistry



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



**LREE-Th Rich Sovite Dikes and Related Fenite Zones of Özvatan Nepheline Syenite –
Carbonatite Complex (Kayseri, Türkiye)**

*Özvatan Nefelin Siyenit Karbonatit Kompleksindeki HNYE-Th'ca Zengin Sövit Daykları ve
İlişkili Fenit Zonları (Kayseri, Türkiye)*

Ali Tuğcan Ünlüer*, Murat Budakoğlu

Department of Geological Engineering, Faculty of Mines, Istanbul Technical University, Istanbul, Türkiye

**unluera@itu.edu.tr*

Abstract

Carbonatite complexes with fenite zones are considered as the world's primary Light Rare Earth Element (LREE) sources with significant amounts of Th, U, Nb, P and Fe as by-products. Most of the carbonatite complexes are closely associated with alkaline magmatism in continental rift zones, which is related to post-collisional extensional tectonics. The widespread alkaline magmatism in Central Anatolia during Upper Cretaceous caused lots of intrusives which emplaced into highly metamorphosed autochthonous units. Some carbonatitic intrusions can be observed within the silica undersaturated syenitic rocks in Central Anatolia. The Özvatan carbonatite – nepheline syenite complex can be considered as an ultrapotassic magmatic suite with calciocarbonatite dikes and K-fenite type intense alteration zones. The carbonatites of the Özvatan complex predominantly consist of coarse-grained calcites and fluorite fenocrystals. Some relict rock forming silicate minerals such as K-feldspars or nephelines with minor amounts of opaque minerals can also be observed. The fenite zone, samples on the other hand, have euhedral nepheline, K-feldspar and garnet crystals which are accompanied by augites and aegirine. Most of the fenite samples have carbonatite veinlets indicating late-stage carbonatite emplacements. Carbonatites of the Özvatan complex are rich in Ca and F with depletion of alkali elements. The carbonatite dikes also contain considerable amounts of LREE (up to 2133.9 ppm) including La, Ce and Nd as well as Ba and Sr (LILE). The contact aureoles of carbonatite dikes led to an increase in all incompatible elements including both LREE (up to 1445.4 ppm) and LILE. The higher intensity of K-metasomatism in brecciated fenite zones caused elevated LREE (up to 3596.2 ppm) values, even surpassing the carbonatite dikes themselves.

Keywords: Carbonatite, REE-Th enrichments, alkali-potassic rocks, Kayseri, Özvatan, Türkiye

Özet

Karbonatit kompleksleri ve ilişkili fenit tipi alterasyon zonları önemli miktarda Nadir Yer Elementleri (NYE) içermesi dolayısıyla en önemli Hafif Nadir Yer Elementleri (HNYE) kaynağı olarak kabul edilmektedir. Bu kompleksler HNYE'lerin yanı sıra yüksek miktarlarda Th, U, Nb, P ve Fe içermeleriyle ekonomik ve bilimsel olarak önemli olarak görülmektedirler. Karbonatit komplekslerinin çoğu, çarpışma sonrası genişleme tektoniği ile ilgili olan kıtasal rift zonlarındaki alkalın magmatizma ile

yakından ilişkilidir. Orta Anadolu'da Üst Kretase'de yaygın olarak görülen alkali magmatizma, ileri derece metamorfizma geçirmiş otokton birimlere yerleşen çok sayıda intruzifler ile temsil edilir. Bu alkali intürüzyonların, foid – siyenit türü kayaçları içerisinde karbonatitik oluşumlar bulunmaktadır. Özvatan karbonatit-nefelin siyenit kompleksi, kalsiokarbonatit daykları ve K-fenit tipi yoğun alterasyon zonları ile önemli HNYE zenginleşmelerine ev sahipliği yapmaktadır. Özvatan kompleksinin karbonatitleri ağırlıklı olarak iri taneli kalsit ve florit fenokristallerinden oluşmaktadır. K-feldispatlar veya az miktarda opak mineral içeren nefelinler gibi silikat mineralleri de gözlemlenmektedir. Fenit zonu örnekleri ise ojit ve ejirin minerallerinin eşlik ettiği özşekilli nefelin, K-feldispat ve granat kristallerine sahiptir. Fenit örneklerinin çoğu, geç evre karbonatit yerleşimlerini gösteren karbonatit ince karbonatit damarlarına sahiptir. Özvatan kompleksinin karbonatitleri, Ca ve F bakımından zengindir ve alkali elementler açısından tüketilmiştir. Karbonatit daykları ayrıca büyük çoğunluğunu La, Ce ve Nd elementlerinin oluşturduğu yüksek miktarda HNYE (2133.9 ppm'e kadar) içerir. Karbonatit dayklarının yakınlarındaki alterasyon zonları ise HNYE (1445.4 ppm'e kadar) dışında Ba ve Sr gibi uyumsuz elementler açısından zenginleşmiştir. Daha yoğun hidrotermal aktiviteye maruz kalan ve breşleşmiş şekilde izlenen fenit zonlarında ise karbonatit dayklarından daha yüksek oranda HNYE (3596.2 ppm'e kadar) zenginleşmeleri tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Karbonatit, NYE-Th zenginleşmeleri, alkali-potasik kayalar, Özvatan, Kayseri, Türkiye

1. INTRODUCTION

REE (or Lanthanides) gained a worldwide scientific interest as a critical raw material in fields like IT technologies and renewable energy production and distribution. Of these, demand for Light Rare Earth Elements (La – Eu) consistingly rising for at least two decades. Most of the LREE sourced from nepheline - carbonatite complexes or monazite placers. The nepheline – carbonatite complexes and related fenite zones generally have significant incompatible element enrichments including REE, Nb, Th and U. The ore forming processes in carbonatites are mainly controlled by the fractional crystallization and alkaline metasomatism which referred as fenitization. Carbonatite complexes are mostly associated with an extensional tectonic regime in an overthickened crust which formed after a collision-subduction processes (Le Bas, 1987; Wooley and Bailey, 2011; Elliot et al, 2018) In Türkiye, most of the carbonatite literature focused on Kızılcaören (Eskisehir), Kuluncak (Malatya) and Karacayır (Sivas) deposits. Of these, Kızılcaören is a world-class Ba-REE-Th-F deposit with late stage carbonatite veins and fenite zones. The carbonatite complex emplaced into the Oligocene volcanic rock which uncomformably covers elder meta-epiclastic and ophiolitic rocks. Recent studies (Nikiforov et al, 2014; Çimen et al, 2020), point out a multiphased mineralization process which is dominated by Th-parisite as main ore mineral for LREE-Th. Kuluncak (Malatya) and Karacayır (Sivas) carbonatitic rocks are foid syenite hosted bodies with fractionated calico-carbonatite compositions (Cooper et al, 2011; Çimen et al 2020; 2022). Generally, Turkish carbonatitic complexes cannot be considered as primary igneous carbonatites, in terms of isotopic compositions and lack of higher fractionated ferro-carbonatite or magnesio-carbonatite intrusions (Le Bas, 1981). However, La, Ce, Nd, Th and U may reach economic grades in some zones of these complexes (Nikiforov et al, 2014; Pulat et al, 2022). Özvatan nepheline syenite- carbonatite complex is a product of mantle metasomatism and fractional crystallization processes which took place on the Central Anatolian Crystalline complex (CACC). The carbonatitic dikes of the, Özvatan nepheline syenite – carbonatite complex host considerable amounts of LREE-Th and related alteration zones reflect brecciated potassic fenite properties.

2. GEOLOGICAL BACKGROUND

Özvatan nepheline syenite - carbonatite complex is located on the East of CACC (Figure 1). The CACC is composed of several metamorphic of magmatic rocks. Akdağmadeni massif, Kırşehir massif, Niğde massif, Aksaray massif is jointly forming the CACC (Whitney et al, 2001). CACC rocks are intruded by

several Upper Cretaceous granitoids with different mineralogical and geochemical variations such as syn-collisional leucogranites, I and A type granitoids (Erler and Göncüoğlu, 1996). The Ozvatan nepheline syenite – carbonatite complex can be considered as an alkaline intrusive magmatic suite which is surrounded by significant alteration zones. The complex is replaced into a variety of meta-carbonate rocks (mainly marbles and calc-schists). The magmatic aureoles sourced from the complex caused hydrothermal alterations in the contact zones of the basement rocks. Some skarn minerals such as epidotes can be observable in metasomatized meta-carbonate rocks. However more intense alteration (can be referred as fenites) zones can be observed around the carbonatite dikes. Mostly, carbonatite dikes are located at the upper parts of the nepheline syenites indicating a late stage carbonatite emplacement.

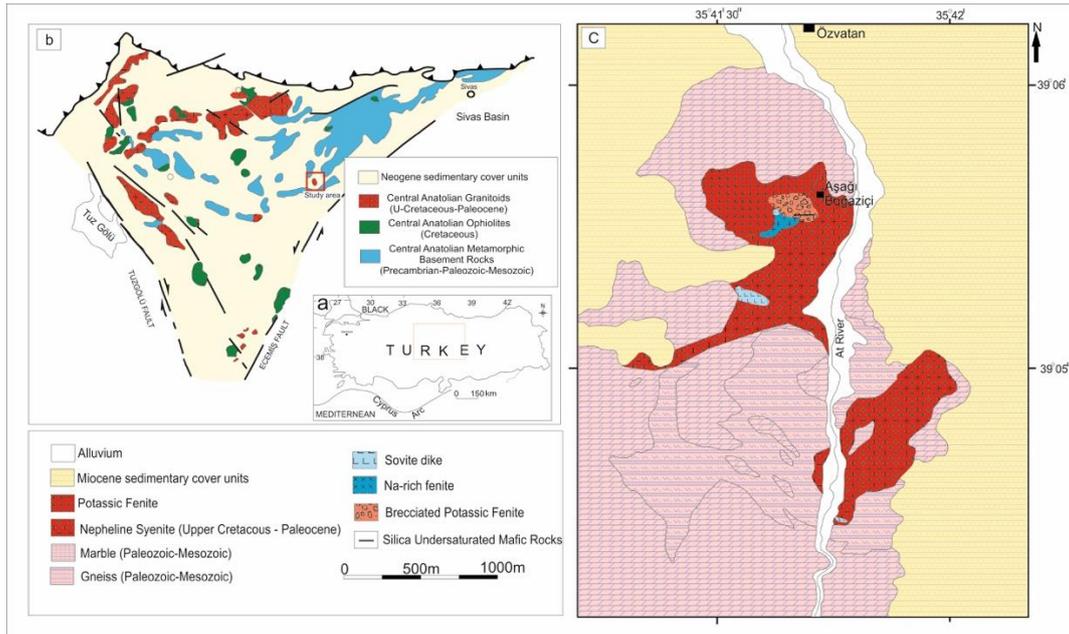


Figure 1. (a) Location map of the CACC; (b) Generalized Geological map of the CACC and location of the study area (modified from Köksal and Göncüoğlu, 2007); (c) Geological map of the study area (modified from Kraeff and Pasquare, 2015).

3. MATERIAL and METHODS

A total of 20 samples were gathered from carbonatites and fenitized zones of the Ozvatan nepheline syenite – carbonatite complex. Also, a handheld BR-6 type Geiger counter was used for the detection of the high ionizing radiation dose rates ($\mu\text{Sv/h}$). The whole-rock (major-trace and rare earth elements) analyses were conducted on powders which are obtained by using an agate mortar miller milling device in Geochemistry Research Laboratories of Istanbul Technical University (ITU/JAL), Türkiye. The major oxides (SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , K_2O , Na_2O , Fe_2O_3 , MnO , MgO , TiO_2 , and P_2O_5) were analysed by a Bruker S8 Tiger X-ray fluorescence (XRF) spectrometer with wavelength ranges from 0.01 to 12 nm, the analytical uncertainty is usually 5%. REE analyses were conducted by an Elan DRC-e Perkin Elmer Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS). Two step digestion process was used with 50 mg powdered samples: (1) 6 ml of 37% HCl, 2 ml of 65% HNO_3 and 1 ml of 38–40% HF acid mixer put in a pressure- and temperature-controlled Teflon beaker using a Berghoff Microwave at 135 °C; (2) 6 ml of 5% boric acid solution was added to the step one mixer for ICP-MS analyses. The rock forming minerals were determined by Leica DM750P microscope and cathodoluminescence images were produced by CTIL MK5 microscope.

4. RESULTS and DISCUSSION

4.1 Mineralogical and petrographical characteristics

The sovite dikes in the study area are mainly consist of calcites and fluorite minerals. The calcite minerals in sovites are generally coarse grained – euhedral crystals, however some fine sized calcite minerals can be identified in CL images. Minor amounts of fluorites, relict nepheline crystals and opaque minerals were also observed. Nepheline syenites generally show holocrystalline textures and comprised by subhedral nepheline and sericitized K-feldspar crystals with fewer amounts of sodic plagioclase. Some nepheline syenites contain abundant aegirine and augites and garnet group minerals as well (Figure 2 c-d).

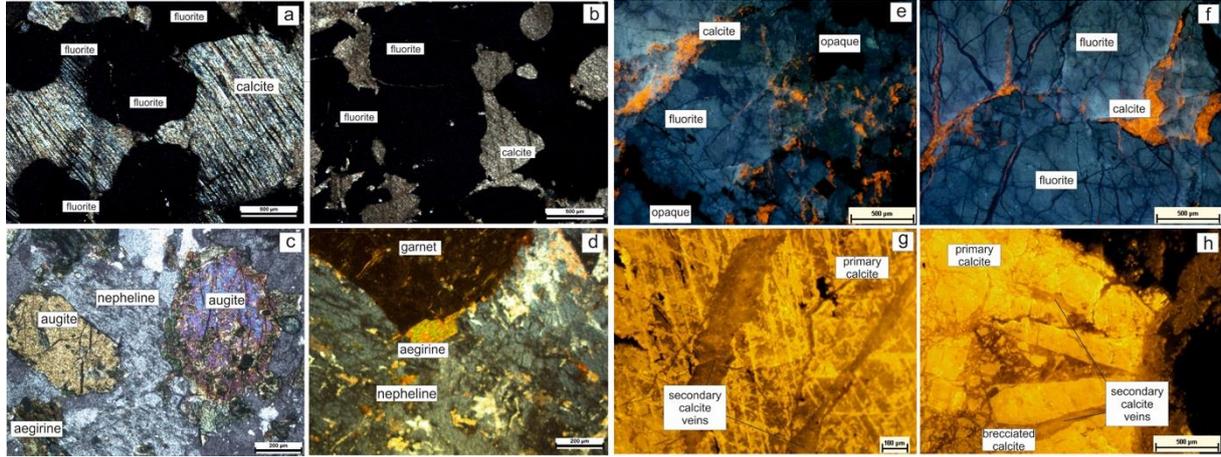


Figure 2. Photomicrographs of the mineral assemblages of sovite dikes (a), nepheline syenites (b-c-d), cathodoluminescence images of calcite and fluorite (e-f) and different stages of carbonatite veins (g-h).

CL images also reveal multiple phases of calcites and fluorites. Late stage calcite veins caused replacement textures in subhedral fluorite crystals. The secondary veins in earlier calcite minerals point out that the fenitizing fluids originated from carbonatite dikes may react with protholith silicate rocks in repetitive pulses resulting in higher grade REE mineralizations.

4.2 Geochemical signatures

Özvatan nepheline syenite – carbonatite complex can be summarized as a magmatic-hydrothermal suite with significant LREE and LILE enrichments. The nepheline syenites of Ozvatan are mainly silica undersaturated ultrapotassic rocks, however intense hydrothermal activity (fenitization) caused some alkali element enrichments in the study area. Due to the geochemical behavior of the fenites the Ozvatan fenites can be summarized as Na-fenites, K-fenites and brecciated K-fenites. The concentrations of alkali elements and incompatible elements tend to rise with the intensity of fenitization process especially in K-fenite zones. Some of the carbonatite veinlets can be observed in fenitized rocks, resulting in the overall Ca concentrations raise. Carbonatites on the other hand, dominated by Ca and depleted in alkalis, and enriched in LILE including Ba and Sr.

Table 1. Contents of major-element oxides of the carbonatitic rocks, Na-fenites and K-fenites (KF-7 is a brecciated potassic fenite sample) (in %).

Major Oxide	Sodic Fenite			Potassic Fenite							Carbonatite Dikes				
	NF-1	NF-2	NF-5	KF-2	KF-6	KF-8	KF-9	KF-10	KF-11	KF-7*	SD-1	SD-2	SD-3	SD-4	SD-5
SiO ₂	71.40	68.30	52.4	42.0	50.3	41.7	39.4	41.1	39.0	47.5	0.18	1.73	29.0	36.2	37.77
Al ₂ O ₃	12.20	11.50	20.4	19.2	22.9	19.5	18.1	20.4	19.0	19.0	0.09	0.70	12.5	19.6	14.37
Fe ₂ O ₃	3.31	3.10	1.63	2.47	2.15	3.08	3.02	2.26	2.23	4.12	0.24	1.11	6.84	1.73	3.90
MgO	0.5	0.3	0.29	0.36	0.33	0.36	0.59	0.24	0.24	0.41	0.14	0.15	0.14	0.86	0.26
CaO	1.9	3.3	3.01	13.76	4.49	13.4	16.3	13.7	17.8	8.47	61.95	56.9	24.3	19.2	22.0
Na ₂ O	2.98	2.33	6.63	0.32	0.33	0.29	0.31	0.23	0.14	0.28	0.04	0.03	0.18	ND	0.76
K ₂ O	5.68	7.33	9.67	12.5	12.0	10.5	8.63	10.9	8.53	9.13	0.02	0.29	7.32	0.12	6.38
TiO ₂	0.25	0.20	0.11	0.28	0.15	0.38	0.19	0.25	0.21	0.28	ND	ND	0.13	0.29	0.30
P ₂ O ₅	0.04	0.04	0.01	0.09	0.09	ND	0.11	0.22	0.17	0.02	ND	0.14	0.27	0.12	0.31
MnO	0.06	0.13	0.09	0.35	0.35	0.37	0.39	0.61	0.20	0.31	0.15	0.20	0.17	0.14	0.21
BaO	0.07	0.36	0.07	0.38	0.17	0.19	0.45	0.45	0.39	0.21	0.06	0.13	0.32	ND	0.21
SrO	0.01	0.01	0.16	0.46	0.41	0.28	0.49	0.52	0.48	0.24	2.51	0.90	0.26	ND	0.36
Rb ₂ O	0.02	0.02	0.03	0.06	0.03	0.02	0.03	0.04	0.04	0.03	ND	ND	0.02	0.02	0.02
SO ₃	0.11	0.03	0.36	0.03	0.25	1.08	0.03	0.11	0.09	0.78	0.10	0.49	5.60	0.52	0.10
F	ND	ND	#BASV!	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.20	ND	9.24	ND	1.96	ND
LOI	1.2	2.9	5.20	7.88	6.36	8.44	11.9	9.45	11.50	7.89	34.13	27.7	12.3	18.0	12.7
TOTAL	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.9	100.0	100.01	99.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

The carbonatite variation diagram (Figure 3 a) indicate a calico-carbonatite trend with fenitization. This conclusion can also be supported by the field relations of carbonatite dikes, veinlets in nepheline syenites and fenite zones. Due to the presence of wider and more intense K-fenitization (sometimes brecciated) in the study area (Figure 3b), the Na fenites can be observed rarely. The intensity of can also be observed with the increases of immobile cations including Al, Fe and Ti which were sourced from protholith rocks (Table 1).

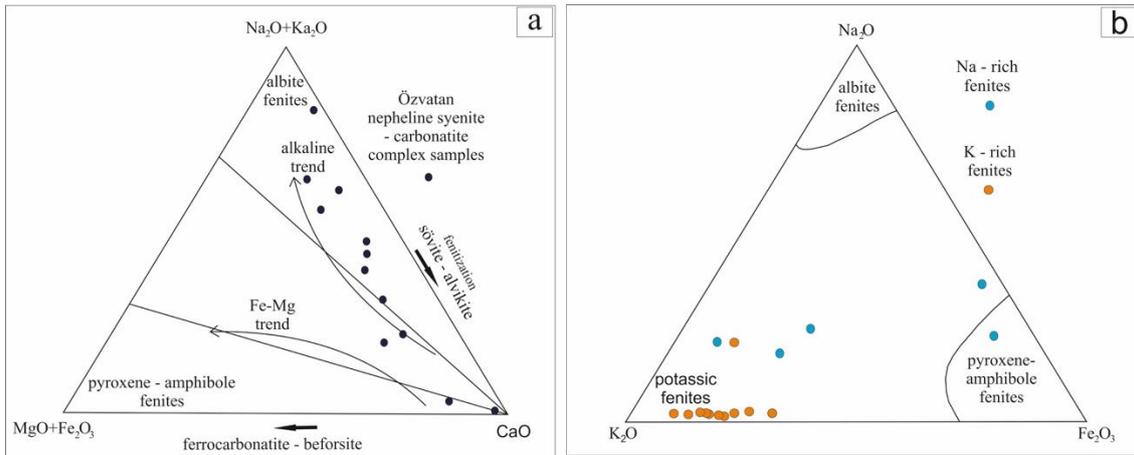


Figure 3. (a) carbonatite variation diagram (modified from Le bas, 1981); (b) Ternary plots for fenite types (modified from Höy, 1988).

The carbonatites of the study area are mainly enriched in LREE relative to MREE or HREE. La (up to 758.13 ppm), (Ce up to 1076.99 ppm) and Nd (up to 211.95 ppm) constitutes a large portion of the \sum REE values (Table 2, Figure 4). The less fractionation of calciocarnatites relative to ferrocarnatites or magnesiocarnatites probably prevent the higher incompatible element concentrations (Le Bas, 1981).

Table 2. The REE results for studied samples from the study area (contents in ppm).

Element	Sodic Fenite			Potassic Fenite							Carbonatite dikes				
	NF-1	NF-2	NF-5	KF-2	KF-6	KF-8	KF-9	KF-10	KF-11	KF-7*	SD-1	SD-2	SD-3	SD-4	SD-5
La	30.8	70.1	63.2	211.7	136.9	623.2	300.1	140.6	153.5	1619.6	758.13	342.0	329.2	995.2	364.39
Ce	59.1	119.7	92.8	318.2	217.1	683.5	513.4	231.6	259.9	1707.0	1076.99	498.8	518.8	1385.8	565.09
Pr	6.67	11.21	6.7	28.1	17.5	41.6	47.0	20.3	22.2	98.2	86.80	41.8	43.7	96.5	45.69
Nd	24.4	36.3	12.3	78.0	41.9	85.5	133.1	53.0	52.6	171.4	211.95	106.0	103.8	199.4	109.93
Sm	5.18	6.56	0.7	7.2	2.9	3.4	10.7	4.6	4.8	10.0	10.08	7.5	6.4	10.5	7.22
Eu	1.11	1.48	0.12	2.00	0.79	0.78	2.79	1.48	1.53	2.60	1.50	1.5	1.7	1.6	1.54
Gd	1.11	4.62	0.30	4.0	1.5	2.7	6.1	2.0	2.1	14.0	7.27	6.0	3.7	10.3	5.31
Tb	0.67	0.72	0.03	0.49	0.20	0.45	0.75	0.27	0.31	2.06	1.02	0.7	0.5	1.7	0.64
Dy	2.60	3.71	0.11	1.61	0.50	0.80	2.05	0.47	0.55	2.06	1.54	2.2	0.7	5.9	1.65
Ho	0.36	0.64	0.00	0.15	0.00	0.01	0.19	0.00	0.00	0.19	0.02	0.3	0.0	1.0	0.17
Er	1.02	1.74	0.02	0.77	0.22	0.40	1.10	0.31	0.32	2.40	1.08	1.4	0.6	3.4	1.29
Tm	0.15	0.25	0.00	0.35	0.16	0.33	0.38	0.29	0.29	0.16	0.02	0.1	0.0	0.4	0.08
Yb	1.59	1.70	0.14	2.26	1.02	2.31	2.69	2.10	1.85	0.96	0.21	0.8	0.17	2.83	0.54
Lu	0.19	0.18	0.00	0.31	0.15	0.37	0.40	0.31	0.26	0.14	0.00	0.01	0.00	0.37	0.00
ΣREE	135.1	259.0	164.1	655.2	420.9	1445.4	1020.7	457.3	500.3	3630.8	2156.6	1008.8	1009.2	2714.8	1103.5
ΣLREE	121.1	237.4	162.7	636.0	413.5	1433.8	993.6	445.5	488.2	3596.2	2133.9	988.5	995.5	2676.9	1085.1
ΣMREE	11.04	17.74	1.29	15.51	5.88	8.14	22.58	8.80	9.32	30.92	21.43	18.10	12.97	31.01	16.53
ΣHREE	2.94	3.86	0.16	3.69	1.55	3.41	4.58	3.02	2.71	3.66	1.31	2.23	0.77	6.93	1.91
LREE/HREE	41.2	61.4	1037.2	172.4	266.5	420.4	217.0	147.7	180.1	983.9	1633.8	443.3	1291.5	386.5	568.9
LREE/MREE	11.0	13.4	125.8	41.0	70.3	176.0	44.0	50.6	52.4	116.3	99.6	54.6	76.8	86.3	65.6
MREE/HREE	3.75	4.59	8.24	4.20	3.79	2.39	4.93	2.92	3.44	8.46	16.41	8.12	16.82	4.48	8.67
(La/Yb)N	13.1	27.9	311.0	63.2	90.6	182.0	75.2	45.2	56.0	1142.4	2442.5	297.4	1337.2	236.9	451.6
(La/Sm)N	3.74	6.72	54.6	18.4	29.6	113.9	17.6	19.3	20.2	101.6	47.3	28.8	32.5	59.4	31.7
(Gd/Yb)N	3.50	4.15	5.69	3.44	3.06	1.60	4.27	2.34	2.78	11.2	51.6	10.3	41.2	3.99	14.23
Eu/Eu*	1.42	0.82	0.78	1.13	1.16	0.79	1.06	1.50	1.47	0.67	0.54	0.90	1.08	0.47	0.76

The carbonatites of the study area are mainly enriched in LREE relative to MREE or HREE. La (up to 758.13 ppm), (Ce up to 1076.99 ppm) and Nd (up to 211.95 ppm) constitutes a large portion of the ΣREE values (Table 2, Figure 4). The less fractionation of calcicarbonatites relative to ferrocarnatites or magnesiocarnatites probably prevent the higher incompatible element concentrations (Le Bas, 1981). The Na-fenite zones have less REE content than carbonatitic rocks, but K-fenites display similar REE values. The highest REE (up to 3630.8 ppm) concentrations are found in brecciated K-fenite zones (Figure 4) which have direct contact relations with, fluorite bearing sovite dikes. The brecciation in K-fenite zones indicate an intense alkaline metasomatism and probably led to the mineralization of REE bearing fluorocarbonates (Le Bas, 2008; Elliot et al, 2018, Liu et al, 2020).

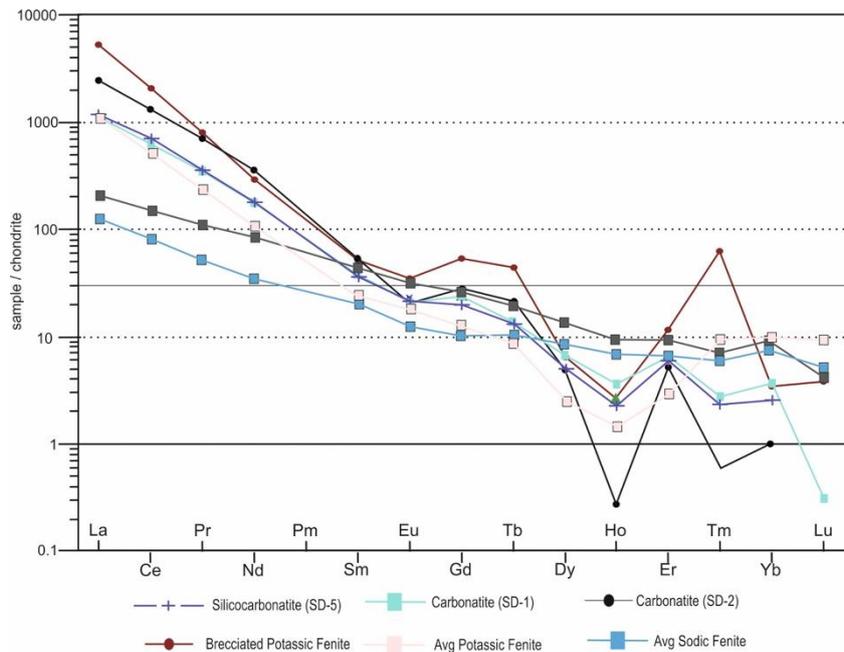


Figure 4. The chondrite-normalized (Boynton, 1984) REE patterns of different relevant rocks.

5. CONCLUSIOS

This study focuses on the mineralogical and geochemical characteristics of the Ozvatan nepheline syenite – carbonatite complex.

- (1) The carbonatites in the complex generally coarse-grained dike shaped bodies with fenitized zones in outward zones.
- (2) Carbonatites in the study area are generally calciocarbonatites and represent significant LREE enrichments including La, Ce and Nd.
- (3) The K-fenite zones host considerable amounts of LREE and quite comparable with carbonatites in terms of incompatible element concentration. In addition, the brecciated K-fenites have the highest LREE values in the study area.
- (4) The carbonatites of the study area may be formed by fractionation of an enriched mantle magma source.

REFERENCES

- Boynton, W. V. "Cosmochemistry of the rare earth elements: meteorite studies", In *Developments in geochemistry Vol. 2*, pp. 63-114, Elsevier, 1984
- Cimen, O., Corcoran, L., Kuebler, C., Simonetti, S., Simonetti, A., "Geochemical, stable (O, C, and B) and radiogenic (Sr, Nd, Pb) isotopic data from the Eskişehir-Kızılcaören (NW-Anatolia) and the Malatya-Kuluncak (E-central Anatolia) F-REE-Th deposits, Turkey: implications for nature of carbonate-hosted mineralization", *Turkish Journal of Earth Sciences*, 29(5), 798-814, 2020
- Cimen, O., Ağrılı, H., Kuebler, C., Simonetti, A., Corcoran, L., Simonetti, S., Dönmez, C "Geochemical, isotopic and U-Pb geochronological investigation of the late Cretaceous Karaçayır carbonatite (Sivas, Turkey): Insights into mantle sources within a post-collisional tectonic setting", *Ore Geology Reviews*, 141, 10465, 2022
- Cooper, A. F., Boztuğ, D., Palin, J. M., Martin, C. E., Numata, M "Petrology and petrogenesis of carbonatitic rocks in syenites from central Anatolia, Turkey", *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 161(5), 811-828, 2011
- Elliott, H.A.L., Wall, F., Chakhmouradian, A.R., Siegfried, P.R., Dahlgren, S., Weatherley, S., Deady, E., "Fenites associated with carbonatite complexes: A review", *Ore Geology Reviews*, 93, 38-59, 2018
- Erlor, A., Göncüoğlu, M. C., "Geologic and tectonic setting of the Yozgat batholith, northern Central Anatolian Crystalline Complex, Turkey", *International Geology Review*, 38(8), 714-726, 1996
- Höy, T., "Geology of the Cottonbelt lead-zinc-magnetite layer, carbonatites and alkalic rocks in the Mount Grace area, Frenchman Cap Dome, southeastern British Columbia (Vol. 80)". Province of British Columbia, Geological Survey Branch, 1988
- Le Bas, M. J., "Carbonatite magmas", *Mineralogical Magazine*, 44(334), 133-140, 1981
- Le Bas, M. J., "Fenites associated with carbonatites", *The Canadian Mineralogist*, 46(4), 915-932, 2008
- Liu, S., Fan, H. R., Groves, D. I., Yang, K. F., Yang, Z. F., Wang, Q. W., "Multiphase carbonatite-related magmatic and metasomatic processes in the genesis of the ore-hosting dolomite in the giant Bayan Obo REE-Nb-Fe deposit", *Lithos*, 354, 105359, 2020
- Nikiforov, A. V., Öztürk, H., Altuncu, S., Lebedev, V. A., "Kızılcaören ore-bearing complex with carbonatites (northwestern Anatolia, Turkey): formation time and mineralogy of rocks", *Geology of Ore Deposits*, 56(1), 35-60, 2014
- Whitney, D. L., Teyssier, C., Dilek, Y., & Fayon, A. K. (2001). Metamorphism of the Central Anatolian Crystalline Complex, Turkey: Influence of orogen-normal collision vs. wrench-dominated tectonics on P–T–t paths. *Journal of Metamorphic Geology*, 19(4), 411-432.
- Woolley, A. R., Bailey, D. K., "The crucial role of lithospheric structure in the generation and release of carbonatites: geological evidence" *Mineralogical Magazine*, 76(2), 259-270, 2012



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu

9th Geochemistry Symposium with International
Participation



Rare earth element minerals and concentration within the iron oxide-apatite (IOA) deposits of the Tarom-Hashtjin zone (NW Iran)

Mir Ali Asghar Mokhtari*, Hossein Kouhestani

Department of Geology, Faculty of Sciences, University of Zanjan, Zanjan 45195-313, Iran

**amokhtari@znu.ac.ir*

Abstract

The most important rare earth ores include REE mineralization related to peralkaline-alkaline rocks, carbonatites, iron oxide-copper-gold (IOCG) deposits, Kiruna-type iron oxide-apatite (IOA) deposits, granitic pegmatites, hydrothermal/hydrogenetic deposits, placers of paleo-marine and alluvial deposits, residual lateritic/bauxitic and ion-adsorption clays/residual clays. There are some IOA deposits in Iran which are enriched in REEs. The most important region in Iran for IOA deposits and concentration of REEs is the Posht-e-Badam Block within Central Iranian Zone. Furthermore, there are some IOA deposits in the Tarom-Hashtjin magmatic belt (THMB) at the northwest of Iran which are mainly associated with calc-alkaline granitic intrusions. Mineralogically, these deposits can be classified to three magnetite-apatite ore, apatite-actinolite veins and actinoliteic zone. Apatite is the main coarse-grained gangue mineral within these IOA deposits which has mainly milky to white color. Rare earth elements are mainly concentrated within apatite crystals. Exploration studies indicate that REEs grades up to 1.35% within apatite crystals, up to 0.7% in the magnetite-apatite ore and less than 500 ppm in actinolitic zones. These studies demonstrate that LREEs are more enriched compared to HREEs within apatite crystals and magnetite-apatite ores, while actinolitic zones have less enrichment of LREE/HREE. Petrographic studies indicate that apatite crystals within these deposits frequently contain some inclusions. SEM analysis demonstrates some rare earth element minerals like as monazite, xenotime and thorite within the apatite crystals and/or within the fractures of apatites. With considering expansion of the IOA mineralization at the THMB and high concentrations of REEs within these deposits, and due to the strategic importance of REEs in new technologies, more detail studies must be considered for exploring promising area of high REEs concentration within these IOA deposits.

Keywords: Rare earth element minerals, IOA deposits, monazite, xenotime, Tarom-Hashtjin



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



Enerji Hammaddelerinden Linyit ve Asfaltit Madenciliğine Genel Bir Bakış
An Overview of the Mining of Lignite and Asphaltite from Energy Raw Materials

Behzat Gökçen Demir^{1*}, Ali Koray Özdoğan¹, Nusret Güngör², Selçuk Bostancı¹

¹Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye

²Jeoloji Yük. Müh. Ankara, Türkiye

*demirbehzatgokcen@gmail.com

Özet

Enerji hammaddeleri terimi en geniş anlamı ile enerji üretiminde kullanılan birçok kaynağı kapsamaktadır. Madencilik açısından, başta linyit olmak üzere taşkömürü, antrasit ve asfaltit bu kaynaklar içerisinde önemli bir yer tutmaktadır. Maden Yönetmeliğinde enerji hammaddeleri; turba, leonardit, linyit, taşkömürü, antrasit, asfaltit, bitümlü şist, bitümlü şeyl, kokolit-sapropel olarak tanımlanmıştır. Bu çalışma kapsamında söz konusu tanımlama içerisinde yer alan linyit ve asfaltit madenleri incelenmiştir. Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü verileri göz önüne alınarak, bu madenlerin 2017-2021 yılları arasındaki ülkemiz üretim verileri ve işletme faaliyetlerinin yapıldığı bölgeler değerlendirilmiştir. Asfaltit işletme faaliyetleri ağırlıklı olarak Şırnak ilinde, Merkez, Uludere, Silopi ilçeleri sınırları içerisinde yapılmaktadır. Asfaltit üretimi miktarları, 2017 yılında 1.404.858, 2018 yılında 1.808.405, 2019 yılında 2.187.974, 2020 yılında 2.444.416, 2021 yılında ise 1.552.566 ton olarak gerçekleşmiştir. 2017-2021 üretimleri değerlendirildiğinde yıllık ortalama üretimin yaklaşık 1,88 milyon ton olduğu görülmektedir. Linyit madenciliği asfaltit madenciliğine göre daha çok yörede/bölgede yapılmaktadır. Linyit işletme faaliyetleri/ruhsatları açısından özellikle Marmara bölgesi (Tekirdağ, Edirne, İstanbul, Balıkesir) ve Ege bölgesi (Kütahya, Manisa, Denizli, Muğla) ön plana çıkmıştır. Tekirdağ, Edirne ve Manisa ilk sırada yer alan illerdir. Türkiye 2021 yılı linyit üretim miktarı 2020 yılına göre yaklaşık %7 artış göstererek, 90.780.036 ton olmuştur. 2021 yılında, Türkiye'deki linyit üretimleri içerisinde, özel sektör linyit sahalarının payı %42,7; kamu kurum ve kuruluşlarına ait linyit sahalarının payı ise %57,3'dür.

Anahtar Kelimeler: Linyit, asfaltit, madencilik

Abstract

The term energy raw materials cover many resources used in energy production in the broadest sense. From the point of view of mining, hard coal, anthracite and asphaltite, especially lignite, occupy an important place in these resources. In the Mining Regulation, energy raw materials are defined as peat, leonardite, lignite, hard coal, anthracite, asphaltite, bituminous shale, coccolith-sapropel. Within the scope of this study, lignite and asphaltite mines within the said definition were examined. Considering the data of the General Directorate of Mineral and Petroleum Affairs, the production data of these mines in our country between the years 2017-2021 and the regions where the operation activities are carried out were evaluated. Asphaltite operations are mainly carried out in Şırnak Province, within the borders of Central, Uludere, Silopi districts. Asphaltite production quantities was 1.404.858 tons in 2017, 1.808.405 tons in 2018, 2.187.974 tons in 2019, 2.444.416 tons in 2020, 1.552.566 tons in 2021. When

the 2017-2021 productions are evaluated, it is seen that the average annual production is approximately 1.88 million tons. Lignite mining is carried out in more regions than asphaltite mining. Especially, The Marmara region (Tekirdağ, Edirne, Istanbul, Balıkesir) and the Aegean region (Kütahya, Manisa, Denizli, Muğla) have come to the fore in terms of operating activities/licenses of lignite. Tekirdağ, Edirne and Manisa are the provinces in the first place. The amount of lignite production in Türkiye in 2021 increased by about 7% compared to 2020 and amounted to 90,780,036 tons. In 2021, among the lignite production in Türkiye, the share of private sector lignite fields is 42.7% and the share of lignite fields belonging to public institutions and organizations is 57.3%.

Keywords: Lignite, asphaltite, mining



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



Toros Kuşağındaki (Güney Türkiye) Barit Yataklarının Sr İzotop Oranları
Sr Isotope Ratios of Barite Deposits in Taurides Belt, Southern Türkiye

Oya Cengiz^{1*}, Ali Uçurum², İ. Tonguç Uysal³

¹Süleyman Demirel University, Department of Geological Engineering, Türkiye

²Cumhuriyet University, Department of Geological Engineering, Türkiye

³Istanbul University-Cerrahpaşa, Department of Geological Engineering, Türkiye

*oyacengiz@sdu.edu.tr

Özet

Barit yatakları, Türkiye'nin güneyindeki Toros Kuşağı boyunca Isparta-Konya (IK), Antalya-Mersin (AM) ve Muş-Bitlis (MB) bölgeleri olmak üzere üç farklı cevherleşme zonunda bulunmaktadır. Bu çalışma, barit mineralinin stronsiyum izotop verileri ile cevher oluşturan çözeltilerin kökenini incelemeyi amaçlamaktadır. Barit yatakları, IK bölgesinde Kambriyen-Devoniyen yaşlı kalkşist, şist ve rekristalize kireçtaşı, AM bölgesinde Permiyen yaşlı şist, kalkşist ve rekristalize kireçtaşı ve Kambriyen-Devoniyen yaşlı şist yankayaçlarında yataklanmaktadır. MB bölgesinde de barit yatakları Devoniyen yaşlı klorit-serizit şist, kalkşist ve rekristalize kireçtaşı ve Permiyen rekristalize kireçtaşı gözlenmektedir. Barit cevherleşmesi damar, mercek ve stratiform yataklanma şekillerine sahiptir. Cevherleşme genellikle KB-GD, KD-GB ve daha az K-G yönlü kırık zonlarında ve litolojik birimlerin dokanak sınırlarında izlenir. IK bölgesinde Sr izotop oranları bazı numunelerin değerleri hariç (%0,7116, 0,7128, 0,7158) Hüyük bariti için %0,7092'dan %0,7099'a ve Şarkikaraağaç bariti için %0,7105'dan %0,7174'a dizilmektedir. Yankayaçların $\delta^{86/87}\text{Sr}$ izotop değerleri Hüyük'de şist ve kalkşist için %0,7111'den 0,7546'e ve Şarkikaraağaç'da demirli-piritli şist için %0,7220'den 0,7408'e değişmektedir. AM bölgesinde $\delta^{86/87}\text{Sr}$ oranları barit için %0,7093 ve 0,7102 arasındaki değerlere ve şist-fillit için %0,719459 ve 0,797528 oranlarına sahiptir. MB sahasındaki Sr izotop oranları barit için %0,7104'den 0,7147'e değişir ve şist için %0,7407 değerine sahiptir. Üç bölgedeki baritlerin yüksek $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ oranları, Sr ve Ba'un üç cevherleşme zonu çevresindeki Kambriyen-Permiyen yaş aralığındaki temel metamorfik klastik kayaçlar ve denizel karbonatlı kayaçlar ile etkileşimli deniz suyu kökeninin sınırları ve metamorfik sıvılardan kaynaklanmış olduğunu bize gösterir.

Anahtar Kelimeler: Toros Kuşağı, barit yatakları, stronsiyum izotop oranı, köken

Abstract

Barite deposits are located in three different regions between Isparta-Konya (IK), Antalya and Mersin (AM), and Muş-Bitlis (MB) regions along Taurides Belt in southern Türkiye. This study purposes to investigate the origin of ore-forming solutions by strontium isotope data of barite mineral. Barite deposits are hosted in the Cambrian-Devonian calcschist, schist, and recrystallized limestone at the IK region, and in the Permian schist, calcschist, dolomite, recrystallized limestone and the Cambrian-Devonian schists at the AM region. In the MB region, the barite deposits are observed in the Devonian

chlorite-sericite schist, calcschist, and recrystallized limestone and the Permian recrystallized limestone. Barite mineralization have the deposition forms of the vein, lens and stratiform. The mineralization follows in fracture zones which have generally NW-SE, NE-SW and to a lesser extent N-S direction and in the contact boundaries of lithological units. In the IK region, Sr isotope ratios range from 0.7092 to 0.7099‰ for Hüyük barite (except for values of some samples, 0.7116, 0.7128, 0.7158 ‰) and line up from 0.7105‰ to 0.7174‰ for Şarkikaraağaç barite. $\delta^{86/87}\text{Sr}$ isotope values of host rocks range from 0.7111 to 0.7546‰ for schist to calcschist in Hüyük and vary from 0.7220 to 0.7408‰ for iron-pyrite-bearing schist in Şarkikaraağaç. In the AM region, $\delta^{86/87}\text{Sr}$ ratios have the values between 0.7093 and 0.7102‰ for barite and have 0.719459 and 0.797528‰ for schist-phyllite. In the MB area, Sr isotope ratios vary from 0.7104 to 0.7147‰ for barite, and have 7407‰ value for schist. The high $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratios of barite samples from three regions show us that Sr and Ba originated from the metamorphic fluids and the seawater origin fluids, which are strongly interacted with the basement metamorphic clastic rocks and marine carbonate rocks in the Cambrian-Permian age interval in the regions.

Keywords: Taurides Belt, barite deposits, strontium isotope ratio, origin



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



**Amasra (Batı Karadeniz, Türkiye) Civarındaki Kireçtaşlarının Jeokimyasal
Parametrelere Dayanarak Endüstriyel Kullanım Özelliklerinin Belirlenmesi**

*Determination of Industrial Use Characteristics of Limestones in Amasra (Western Black Sea,
Türkiye) Based on Geochemical Parameters*

Demet Kıran Yıldırım

İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü

kirand@itu.edu.tr

Özet

Bu çalışma Amasra civarındaki Üst Jura-Alt Kretase yaşlı İnaltı Formasyonu kireçtaşlarının endüstriyel hammadde potansiyelinin araştırılmasını amaçlamaktadır. Bölgenin genel stratigrafisine bakıldığında, en yaşlı birim Karbonifer yaşlı çakıltası, kumtaşı, daha seyrek sil ve çamurtaşı ara seviyelerde kömür bantları içeren Zonguldak Formasyonu, üzerine açılal uyumsuzlukla gelen Permiyen-Triyas yaşlı Çakraz Formasyonu; kırmızı renkli karasal çamurtaşı, şeyl, kumtaşı ve konglomera, merceksele çakıltaları, çapraz tabakalı kumtaşları ve şeyllerden oluşmaktadır. Çakraz Formasyonu üzerine tedrici geçişli olarak, Triyas yaşlı gölsel Çakrazboz Formasyonu gelmektedir. Bu formasyonda alt seviyelerde kahverengimsi, sarı, yer yer kırmızı renkli, iyi boylanmalı kuvars kumtaşları, üzerinde yeşil, yeşilimsi gri ve yer yer kırmızı renkli, kumtaşı ara tabakalı şeyl ve marnlarla üst seviyelerde ise beyaz, bej renkli killi kireçtaşı ara tabakaları görülmektedir. İnaltı Formasyonu, Çakrazboz Formasyonu üzerine açılal uyumsuzlukla gelmektedir. Üzerinde ise yer yer Himmetpaşa Formasyonu, altta taban çakıltaları ile başlayıp sığ denizel kumtaşları, üste doğru türbiditik kumtaşı ve siyah renkli şeyl ardalannası, daha üst seviyelerde alın derin denizel şeylere geçiş görülmektedir. İnaltı Formasyonu ise tabanda kumtaşları, kireçtaşları ve yer yer şeyller ile başlayıp üst kesimlere doğru masif tabakalanmalı kireçtaşlarından oluşmaktadır. İnaltı Formasyonu, altında bulunan Triyas yaşlı Çakrazboz ve Dogger yaşlı Himmetpaşa Formasyonları üzerine paralel uyumsuzlukla gelmektedir. Çalışılan kireçtaşı örneklerinin mineralojik ve jeokimyasal tayinleri X-ışını difraksiyonu (XRD) ve X-ışını floresans (XRF) analizleriyle gerçekleştirilmiştir. Yapılan jeokimyasal analiz sonuçlarına göre, MgO-CaO içeriklerine bakıldığında örneklerin büyük bir çoğunluğunun dolomitik karakterde olduğu saptanmıştır. Buna göre, örneklerin MgO içeriği %17-20, CaO içeriği %30-50, SiO₂ içeriği %1-17, Al₂O₃ içeriği %0-1.5 ve Fe₂O₃ içeriği %0-1 aralığında değişmektedir. Bu veriler ışığında, Üst Jura-Alt Kretase yaşlı İnaltı Formasyonu kireçtaşlarının dolomitik karakterde olduğu ve endüstride hammadde olarak demir-çelik sanayi ve cam sanayinde kullanılabilecek özelliklere sahip olduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Kireçtaşı, jeokimya, endüstriyel hammadde, Amasra, Batı Karadeniz Bölgesi

Abstract

This study aims to investigate the industrial raw material potential of Upper Jurassic-Lower Cretaceous aged İnalıtı Formation limestones around Amasra. When we look at the general stratigraphy of the region, the oldest unit is the Carboniferous aged Zonguldak Formation, which contains conglomerate, sandstone, less frequent silt and mudstone coal bands at intermediate levels, and the Permian-Triassic aged Çakraz Formation; It consists of red-colored terrestrial mudstone, shale, sandstone and conglomerate, lenticular conglomerates, cross-bedded sandstones and shales. The Triassic lacustrine Çakrazboz Formation overlies the Çakraz Formation with a gradual transition. In this formation, brownish, yellow, locally red colored, well-sorted quartz sandstones are observed at the lower levels, green, greenish gray and occasionally red colored, sandstone interbedded shale and marls and at the upper levels white, beige clayey limestone interlayers. İnalıtı Formation overlies the Çakrazboz Formation with an angular unconformity. On the top of it, Himmetpaşa Formation is observed in places, starting with basal conglomerates at the bottom, shallow marine sandstones, alternating turbiditic sandstone and black shale towards the top, and transition to deep marine things at the upper levels. The İnalıtı Formation, on the other hand, consists of massive bedded limestones starting with sandstones, limestones and locally shales at the base and towards the upper sections. The İnalıtı Formation overlies the Triassic Çakrazboz and Dogger aged Himmetpaşa Formations with a parallel unconformity. Mineralogical and geochemical determinations of the studied limestone samples were performed by X-ray diffraction (XRD) and X-ray fluorescence (XRF) analysis. According to the results of the geochemical analysis, when the MgO-CaO contents were examined, it was determined that the majority of the samples were dolomitic in character. Accordingly, the MgO content of the samples varies between 17-20%, CaO content 30-50%, SiO₂ content 1-17%, Al₂O₃ content 0-1.5% and Fe₂O₃ content 0-1%. In the light of these data, it has been determined that the Upper Jurassic-Lower Cretaceous aged İnalıtı Formation limestones are dolomitic in character and can be used as raw materials in the iron-steel industry and glass industry.

Keywords: Limestone, Geochemistry, industrial raw materials, Amasra, Western Black Sea Region



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



**Karadere Düşük Sülfidasyon Epitermal Altın Yatağında İlk Sıvı Kapanım Verileri,
KB Türkiye**

Preliminary Fluid Inclusion Data in the LS Epithermal Karadere Gold Deposit, NW Türkiye

Burçin Oğuz^{1*}, Gülcan Bozkaya², Ömer Bozkaya², Biray Korkmaz³, Emre Çavuş⁴

¹TÜMAD Mining Company, Balıkesir, Türkiye

² Pamukkale Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Denizli, Türkiye

*burcin.oguz@tumad.com.tr

Özet

Türkiye'nin kuzeybatısındaki cevherleşmelerin çoğu, sadece altın içeren veya daha az miktarda Pb-Zn cevherleşmesi ile ilişkili düşük ila orta sülfidasyonlu (LS-IS) Au + Ag yataklarıdır. Biga Yarımadasındaki epitermal yataklar dünyadaki epitermal cevherleşmeler ile aynı özelliklere sahiptir. Batı Anadolu'daki pek çok epitermal Au-Ag (yüksek ve düşük sülfidasyonlu /HS-LS), porfiri Au-Cu-Mo ve baz metal skarn cevherleşmesi ve yatağı Tersiyer yaşlı kalk-alkalen magmatizması ile ilişkilidir. Karadere yatağı düşük sülfidasyon tipi epitermal bir yatak olarak kabul edilmekte olup cevherleşme alanında Triyas yaşlı metamorfik bir temel, Oligo-Miyosen yaşlı Kozak granadiyoriti ve Erken-Orta Miyosen yaşlı volkanik-subvolkanik kayalar gözlenmektedir. Altın ve gümüş cevherleşmeleri; Erken-Orta Miyosen yaşlı volkanik-subvolkanik kayalardan; yüksek-orta açılı normal faylar ile ötelenmiş andezitik domlar ile onları üzerleyen aglomera ve volkanik breşler içerisinde gözlenen kuvars damarları ile ilişkilidir. Cevherli damarlar şeker dokulu kuvarslardan oluşmakta olup, nadiren bıçağımsı ve breşik yapıdadır.

Sıvı kapanım ölçümleri kuvars minerallerinde gerçekleştirilmiştir. Elde edilen mikrotermometrik verilere göre; ilk evreyi temsil eden şeker dokulu kuvarsları oluşturan çözeltilerin orta tuzluluk (%7 NaCl eşdeğeri) ve yüksek sıcaklığa (300°C) sahip olduğu; son evreyi temsil eden rekristalize kuvarsları oluşturan çözeltilerin ise düşük tuzluluk (%0,3 NaCl eşdeğeri) ve daha düşük sıcaklığa (180°C) sahip olduklarını göstermektedir. Bıçaksı kuvars yapıları ile sıvı ve gazca zengin sıvı kapanımların aynı fazda ve yaygın olarak gözlenmesi, hidrotermal sistemin kaynadığına ve altın çökelişiminin de kaynama ile ilişkili olduğuna işaret etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Karadere, Edremit, epitermal, altın, sıvı kapanım

Katkı Belirtme: Bu çalışma PAU Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir (PAU2021FEBE069).

Abstract

The majority of the deposits in northwest Türkiye are low to intermediate sulfidation (LS-IS) Au + Ag deposits, often with gold as the main resource or in lesser amounts associated with Pb-Zn mineralization. The epithermal deposits in the Biga Peninsula have the same geological characteristics as other deposits of this style around the globe. A number of epithermal Au-Ag (high and low sulfidation/HS-LS), porphyry Au-Cu-Mo and base metal skarn deposits and mineralization are associated with Tertiary calc-alkaline magmatism in Western Anatolia. The Karadere deposit can be considered an Low Sulfidation Epithermal Deposit and mineralization area consists of Triassic metamorphic basement, Oligo-Miocene Kozak granodiorite and early-middle Miocene volcanic-subvolcanic rocks. Gold and silver mineralization are hosted by quartz veins confined to high to moderate angle normal faults traversing the andesitic domes, and overlying agglomerate-volcanic breccia in the early-middle Miocene volcanic, subvolcanic rocks. The mineralized veins are composed of sugary quartz and occasional bladed to brecciated textures. Fluid inclusion studies conducted of in quartz minerals in Karadere deposit. Based on microthermometric data of fluid inclusions, the hydrothermal fluid is interpreted to have evolved during at least two stages: i) an early fluid, trapped in sugary quartz, with moderate ~7 eq. wt.% NaCl salinity, and temperature is about 300 °C; and ii) late-stage fluid trapped in recrystallized quartz with low ~0.3 eq. wt.% NaCl salinity, and temperature is 180 °C. The presence of bladed texture and of co-existing liquid-rich and vapor-rich inclusions in the ore-stage indicates a boiling event in the Karadere gold mineralization.

Keywords: Karadere, Edremit, epithermal, gold, fluid inclusions

Acknowledgement: This work was granted by the Scientific Research Council of PAU (PAU2021FEBE069).



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu

9th Geochemistry Symposium with International
Participation



Gülkonak Fe-skarn Yatağının Mineralojisi ve Minerallerin Kimyasal Kompozisyonu

(Kırıkkale, Orta Anadolu)

Mineralogy and Chemical Composition of Minerals of Gülkonak Fe-skarn Deposit

(Kırıkkale, Central Anatolia)

Ayşe Orhan^{1*}, Kıymet Deniz², Halim Mutlu²

¹Nevşehir HBV Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Nevşehir, Türkiye

²Ankara Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye

*ayse.orhan@nevsehir.edu.tr

Özet

Çalışma alanı olan Gülkonak Fe-skarn yatağı Üst Kretase Behrekdağı Plütunu ile Paleozoyik Bozçaldağ Formasyonu arasındaki dokanakta gelişmiştir. Yatakta mineral parajenez ilişkilerine göre hidrotermal aktivite beş ana evrede gelişmiştir. İlk evre (1) sodik-potasik (plajiyoklaz (An₁₋₂) + ortoklaz (Or₈₅₋₉₆) ± biyotit) alterasyonlarla karakteristiktir. İlerleyen skarn evresi (2) klinopiroksen (Diy₆₀₋₉₅) + garnet (Grs_{0.1-99}) minerallerini içerir. Klinopiroksenlerin Fe/Mn oranları (0.01–0.5) düşüktür. Ana cevherleşmenin geliştiği gerileyen skarn evresi (3) için hidrotermal (3a: epidot (Ep₆₁₋₇₉) + magnetit) ve sülfid (3b: kuvars + kalsit + pirit ± klorit ± serisit ± kalkopirit ± bornit ± hematit) fazları olarak iki alt faz tanımlanmıştır. Ekzoskarn zonunda gelişmiş masif magnetit mineralizasyonuna az bollukta epidot eşlik eder. Sülfid mineralizasyonu saçınımlı veya masif magnetiti kesen damarlar şeklinde gelişmiştir. Magnetit ve pirit ile ilişkili epidot ve kloritler yüksek Fe/Fe+Al (0,25–0,61) ve orta Fe/Fe+Mg (0,39–0,43) oranına sahiptir. Kloritler piknoklorit – brunsgivit olarak sınıflandırılmıştır. Cevherleşme sonrası karakterize eden kuvars-karbonat (4) ve karbonat (5) evresi ise kuvars + kalsit + hematit ± pirit ve kalsit + götit ± kalkosit ± kovellit mineralleri gelişmiştir.

Gülkonak Fe-skarn yatağındaki magnetitler düşük Ti+V ve orta Ca+Al+Mn içerikleri ile skarn-hidrotermal kökenli yatağı karakterize eder. Piritler ise düşük Co/Ni oranları (n: 11, 0,39–6,71, ort: 0,99) ile hidrotermal kökene işaret eder. Hidrotermal magnetitler düşük Si- (n:33, %0,02–0,79, ort: %0,07), Ti (<%0,02), Al (%0,05–0,56, ort: %0,06), Mg (%0,01–0,26, ort: %0,03) ve Ca (%0,01–0,18, ort: %0,05) konsantrasyonlarına sahiptir. Fe konsantrasyonu ise %75,41–79,32 (ort. %78,21) arasındadır. Magnetitlerde iz elementler (Ca+Mg+Al+Si) ile Fe konsantrasyonu arasında negatif bir korelasyon vardır.

Gülkonak Fe-skarn yatağında farklı evrelerde gelişmiş mineral toplulukları ve bileşimleri, hidrotermal akışkan kompozisyonlarının periyodik olarak değiştiğine işaret eder. Magnetitlerin iz element konsantrasyonları ise birlikte kristallendiği mineral bileşimleri ile ilişkilidir.

Anahtar Kelimeler: Gülkonak Fe-skarn yatağı, mineral bileşimleri, Kırıkkale, Orta Anadolu.

Katkı Belirtme: Bu çalışma Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (NEÜBBAP20F7) tarafından desteklenmektedir.

Abstract

The Gülkonak Fe-skarn deposit is developed at contact between Upper Cretaceous Behrekdağ Pluto and Paleozoic Bozçaldağ Formation. According to mineral paragenesis in the deposit, hydrothermal activity developed in five main stages. First stage (1) is characterized by Na–K (plagioclase (An_{1-2}) + orthoclase (Or_{85-96}) ± biotite) metasomatic alterations. Prograde skarn stage contains clinopyroxene (Diy_{60-95}) + garnet ($Grs_{0.1-99}$) minerals. Fe/Mn ratios (0.01–0.5) of clinopyroxene are low. Retrograde skarn stage (3), in which the main mineralization occurs, two sub-phases were defined as hydrothermal (3a: epidote (Ep_{61-79}) + magnetite) and sulphide (3b: quartz + calcite + pyrite ± chlorite ± sericite ± chalcopyrite ± bornite ± hematite) phases. Massive magnetite mineralization formed in the exoskarn zone is accompanied by epidote in low abundance. Sulphide mineralization developed as disseminated or as veins cross-cutting magnetite orebody. Epidote and chlorite associated with magnetite and pyrite mineralizations have high Fe/Fe+Al (0.25–0.61) and medium Fe/Fe+Mg (0.39–0.43) ratios. Chlorites are classified as pycnochlorite – brunsvigite. Quartz-carbonate (4) and carbonate (5) stages occurring after the mineralization are characterized by quartz + calcite + hematite ± pyrite and calcite + goethite ± chalcocite ± covellite minerals.

The magnetite in the Gülkonak Fe deposit is characterized as a skarn-hydrothermal origin deposit with low Ti+V and medium Ca+Al+Mn contents. Pyrites indicate hydrothermal origin with low Co/Ni ratios (n:11, 0.39–6.71, mean: 0.99). Hydrothermal magnetites have low- Si (n:33, 0.02–0.79 wt%, mean: 0.07 wt%), Ti (<0.02 wt%), Al (0.05–0.56 wt%, mean: 0.06 wt%), Mg (0.01–0.26 wt%, mean: 0.03 wt%) and Ca (0.01–0.18 wt%, mean: 0.05 wt%) concentration. Fe concentration is between 75.41 wt%–79.32 wt% (mean: 78.21 wt%). There is a negative correlation between trace elements (Ca+Mg+Al+Si) and Fe concentration in magnetites.

In the Gülkonak Fe skarn deposit, mineral assemblages had developed at different stages and their composition indicates periodic changes in hydrothermal fluid compositions. Trace element concentrations of magnetites are related to the co-crystallized mineral compositions.

Keywords: Gülkonak Fe-skarn deposit, mineral compositions, Kırıkkale, Central Anatolia.

Acknowledgement: This study is supported by the Scientific Research Project Unit of Nevşehir Hacı Bektaş Veli University (NEÜBBAP20F7).



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



**Pirejman Bölgesi Pb-Zn-Ba Yataklarının Jeolojisi ve Oluşumu, Dicle, GD Türkiye:
Türkiye’de Yeni bir Pb-Zn-Ba Metalojenik Provens mi?**

*Geology and Formation of Pirejman Region Pb-Zn-Ba Deposits, Dicle, SE Türkiye: Is it a
new Pb-Zn-Ba Metallogenic Province in Türkiye?*

Cem Kasapçı*, Nurullah Hanilçi, Hüseyin Öztürk

Istanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Büyükdere, İstanbul, Türkiye

**kasapci@iuc.edu.tr*

Özet

Pirejman bölgesi Pb-Zn-Ba cevherleşmeleri Diyarbakır’ın 80 km kuzeyinde, Bitlis-Zagros Sütur Zonu üzerinde yer almaktadır. Bölgenin jeolojik çerçevesini nap dilimleri oluşturur. Cevherleşmelerin bulunduğu nap dilimlerinden en yaşlısı, Üst Jura - Alt Kretase yaşlı kireçtaşı blokları içeren Koçalı Karmaşığdır. Karmaşık serpantinit, kristalize kireçtaşı, radyolaryalı çört blokları ve çamurtaşlarından oluşmaktadır. Bunun üzerinde tabanda konglomera, kumtaşı, kiltası, marn, kireçtaşı, dolomit ve killi kireçtaşından oluşan Eosen-Oligosen yaşlı Midyat Grubu tektonik dilimi yer alır. En genç nap dilimi ise üstte kumtaşı, silttaşı, kiltası ve kireçtaşı içeren erken Miyosen yaşlı Lice formasyonudur.

Pirejman bölgesindeki Pb-Zn cevherleşmeleri içinde bulunduğu nap dilimine göre ortam ve yaşa göre Üst Kretase Melanjı ve Eosen karbonatları içindeki cevherleşmeler şeklinde iki ana gruba ayrılmıştır. Bu gruplar da metal birlikteliklerine göre alt gruplara ayrılır.

Birinci grup, Melanj içerisindeki cevherleşmeler olup melanj serisine ait Üst Jura - Alt Kretase yaşlı kireçtaşı bloklarında gözlenir. Bu türün en iyi temsilcisi Pirejman Pb-Zn yatağı ile Sülfür Ocak ve Mezarlık Tepe yataklarıdır. Pirejman Pb-Zn yatağı genel olarak K60D doğrultulu ve GD’ya eğimli olup sülfüdlü ve oksitli-karbonatlı cevher zonlarından oluşmaktadır. İlksel sülfüdlü cevher galen, sfalerit ve pirit içerirken, oksitli-karbonatlı zonlar başlıca smitzonit, hemimorfite, serüzit ve demirokist mineralleri içermektedir. Oksitli-karbonatlı cevher “yan kaya replasmanı” ve “karst dolgusu” şeklinde oluşmuştur. İkinci grup, Eosen yaşlı karbonatlı kayalar içerisinde gelişmiş olup barit ve baritli Pb-Zn cevherleşmeleri şeklinde alt gruplara ayrılır. Bu cevherleşmeler genelde K30-50D doğrultulu ve dik konumlu kırık hatlarında, damar şeklinde gelişmiştir ve başlıca barit ile nadiren galenit ve sfalerit içermektedir.

Melanj ve Eosen yaşlı karbonatlar içerisindeki cevherleşmelerin iz element içerikleri büyük ölçüde benzerlik göstermektedir. Yine her iki grup cevherleşmeye ait barit ve galenitlerin duraylı kükürt izotopları ($\delta^{34}\text{S}_{\text{V-CDT}}$) ‰18-24 arasında dar bir aralıkta dağılım göstermekte olup MVT Pb-Zn yataklarının izotop değerlerine benzemektedir.

Saha gözlemleri ve analitik veriler ilksel mineralizasyonun erken Kretase dönemindeki pasif kıta karbonatlarında muhtemelen MVT Pb-Zn şeklinde oluştuğunu göstermektedir. Tetis okyanusunun kapanması sürecinde ilksel MVT cevherleşmeleri geç Kretase döneminde melanj içerisine aktarılmış olmalıdır.

Neotetis okyanusunun tamamen kapanmasından sonra, Miyosen'de devam eden Arap ve Anadolu kıtalarının çarpışma sürecinde bölge yükselerek deformasyona uğramış, bindirmeler gelişmiş ve ardından gerilmeli tektonik rejimde normal faylar oluşmuştur. Bu normal faylar boyunca sirküle olan hidrotermal çözeltiler muhtemelen melanj içerisindeki ilksel MVT cevherlerindeki Pb, Zn ve Ba elementlerini çözerek remobilize etmiş ve normal faylarda damar şekilli Ba-Pb-Zn cevherleşmelerini oluşturmuştur. Bu süreçte melanj içerisindeki Pb-Zn cevherleşmeleri de oksitlenerek süperjen koşullarda oksitli-karbonatlı Zn-Pb yataklarına dönüşmüştür.

Anahtar Kelimeler: Pb-Zn-Ba, sülfidsiz çinko, duraylı izotop jeokimyası, Pirejman, GD Türkiye

Abstract

The Pirejman region is located 80 km north of Diyarbakır and on the Bitlis-Zagros Suture Zone. The geological framework of the region consist of nappe unites and their primary stratigraphic relationship was completely destroyed. The oldest nappe unit is Upper Jurassic- Lower Cretaceous aged limestone containing Koçali complex that consist of serpentinite, limestone, radiolarian chert blocks and mudstones of the Cretaceous. The second units is Midyat Group, consisting of conglomerate, sandstone, claystone, marl, limestone, dolomite and clayey limestone of the Eocene-Oligocene. The youngest formation is Miocene aged Lice formation, which contains sandstone, siltstone, claystone and limestone, that is observed as a show thrusting nappe unit.

The mineralizations in the Pirejman region are divided into two main groups as Melange-hosted and Eocene-hosted according to the host lithology and these groups are subdivided according to their mineral associations. The first group is Melange-hosted mineralizations and occur in the Mesozoic limestone blocks belonging to the Koçali complex. The best representative of this type of mineralization is the Pirejman Pb-Zn deposit, and then the Sulfür Ocak and Mezarlık Tepe deposits. The Pirejman Pb-Zn deposit is generally N60E oriented and inclined to SE, and includes sulphide and non-sulfide ore zones. Sulfide zone consist of fine crystalline galena, sphalerite and rare pyrite while non-sulfide ore consist mainly of smithsonite, hemimorphite, cerussite, and Fe-oxides. Non-sulphide ore occur as "wall-rock replacement" and "karst-fill" type.

The second group developed in the brecciated sandy limestone of the Eocene, and subdivided as barite and Pb-Zn-Ba mineralizations. These mineralizations generally extends N30-50E direction and occur as veins in the fault zones. This type of ore consists mainly of barite, and rare galena and sphalerite. The trace element contents of melange and Eocene-hosted mineralizations are largely similar. Also, the stable sulphur isotopes ($\delta^{34}\text{S}_{\text{V-CDT}}$) of barite and galena belonging to both groups are narrowly distributed between 18‰ and 24‰ and are similar to the isotope values of MVT Pb-Zn deposits rather than SEDEX deposits.

Field observations and analytical data show that primary mineralization was probably formed as a MVT Pb-Zn deposit in passive margin carbonates in the early Cretaceous period. This primary MVT Pb-Zn deposits fragmented and sliced related to the closure of the Neotethyan ocean and introduced into the melange series in the late Cretaceous period.

As a result of the closure of the Neotethyan ocean in Miocene, folded and thrusting region was deformed and uplifted due to post collisional compressive stress between the Arabian and Anatolide plates. Normal faults were developed associated with thickening of the crust under the tensional conditions. Hydrothermal fluids circulated along these normal faults and were probably leached Pb, Zn and Ba elements from the primary MVT ores in the melange and formed vein - type Ba-Pb-Zn mineralizations along the normal fault zone. During that time the melange-hosted Pb-Zn sulfides have been oxidized and changed into non-sulphide Zn-Pb deposits under supergene conditions.

Keywords: Pb-Zn-Ba, non-sulfide zinc, stable isotope geochemistry, Pirejman, SE Türkiye



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



**An Unusual HREE-Th-U Rich Beforsitic Carbonatite Intrusion and Related Fenite
Zones (Ayvacak-Çanakkale, Türkiye): Preliminary Results from Mineralogy and
Geochemistry**

*ANYE-U-Th'ca Zengin Beforsitik Karbonatit İntrüzyonu ve İlişkili Fenit Zonları (Ayvacak
Çanakkale, Türkiye): Mineralojik ve Jeokimyasal İlksel Bulgular*

**Ali Tuğcan Ünlüer*, Zeynep Döner, Sercan Öztürk, Ömer Kamacı, Mustafa Kaya, Alp Ünal,
Mustafa Kumral**

¹Department of Geological Engineering, Faculty of Mines, Istanbul Technical University, Istanbul, Türkiye

*unluera@itu.edu.tr

Abstract

Alkaline carbonatite complexes attract a wide scientific interest in recent years, thanks to their critical raw material contents including REE, Nb, Th and U. Most carbonatite complexes are generally associated with an extensional tectonic regime in a rather thick crustal environment, however, some carbonatite intrusions can be found in post-subduction related tectono-magmatic processes. This study focuses on the geochemical and mineralogical features of the beforsitic carbonatite rocks in Ayvacık (Çanakkale, NW Türkiye). Carbonatites in the study area are mainly composed of variable sizes of calcites and apatites indicating a multi phase mineralization process. These different stages of carbonatite emplacements contain considerable amounts of MgO, therefore the intrusions and related alteration zones as a whole can be described as highly fractionated late stage carbonatite – potassic fenite complex. The carbonatites in the study area, also host high grades of HREE – Th (up to 194.7 and 3665.1 ppm respectively) itself, and HREE mineralizations are hugely dependent on apatite accumulations. In addition, associated potassic fenite zones are primarily mineralized in terms of U (up to 2551.7 ppm) and Th (up to 248.2 ppm). Those enrichments in potassic fenite zones cause relatively high ionizing dose rates (8 to 22 µSv/h). The source of the carbonatites in the area can be concluded as a hybrid magma chamber with an enriched mantle source and interference of felsic gneisses and marbles of the Kazdağ metamorphic complex.

Keywords: Carbonatite, REE-Th-U enrichments, alkali-potassic rocks, Ayvacık, Çanakkale, Türkiye

Özet

Alkali karbonatit kompleksleri, NYE, Nb, Th ve U gibi kritik hammadde içerikleri sayesinde son yıllarda geniş bir bilimsel ilgi çekmektedir. Çoğu karbonatit kompleksi genellikle oldukça kalın bir kabuk ortamında genişlemeli tektonik rejim ile ilişkilidir, ancak bazı karbonatitler yitim sonrası tektono-magmatik süreçler ile ilişkili bir şekilde de gelişebilir. Bu çalışma, Ayvacık'taki (Çanakkale, KB Türkiye) beforsitik karbonatit kayaçlarının jeokimyasal ve mineralojik özelliklerine odaklanmaktadır. İnceleme alanındaki karbonatitler, temel olarak çok fazlı bir cevherleşme sürecine işaret eden, değişken

boyutlarda kalsit ve apatit kristallerinden oluşmaktadır. Çalışma alanındaki karbonatitlerin yüksek oranda MgO içermesi nedeniyle, bu kayalar ve ilgili alterasyon zonları bir bütün olarak yüksek oranda fraksiyonlaşmış geç evre karbonatit – potasik fenit kompleksi olarak tanımlanabilir. Ek olarak, bu karbonatitik kayalar yüksek miktarda ANYE – Th (sırasıyla 194,7 ve 3665,1 ppm'ye kadar) içerir. ANYE mineralizasyonlarının büyük ölçüde apatit kümülatlarına bağlı oldukları düşünülmektedir. Ayrıca, çalışma alanındaki potasik fenit zonları öncelikli olarak U (2551,7 ppm'ye kadar) ve Th (248,2 ppm'ye kadar) açısından zenginleşmiştir. Potasik fenit zonlarındaki bu zenginleşmeler nispeten yüksek iyonlaştırıcı doz oranlarına (8 ila 22 $\mu\text{Sv/h}$) sebep olmaktadır. Bölgedeki karbonatitlerin kaynağı, zenginleşmiş bir manto kaynağı ve Kazdağ metamorfik kompleksine ait felsik gnays ve mermerlerin etkileşimi ile gelişen hibrit bir magma odası olarak düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Karbonatit, NYE-Th-U zenginleşmeleri, alkali-potasik kayalar, Ayvacık, Çanakkale, Türkiye

1. INTRODUCTION

In western Anatolia a widespread magmatism was active in Eocene-Miocene period with High-K calcalkaline granitoids and their extrusive counterparts (Altunkaynak et al, 2012). The extrusive rocks continue in Pliocene period gaining an alkaline – shoshonitic character (Ersoy et al, 2010). The existing literature was mainly focused on the petrogenetic properties of these magmatism, however, the rocks which have ultrapotassic affinities, have recently attracted attention from the scientific community (Akal, 2013). Due to the rare ultrapotassic magmatism encountered in NW Anatolia, neither carbonatite intrusion was expected and not reported to the present day. The well known Arıklı U-Th deposit in N of Edremit Gulf, was continuously studied for at least 4 decades (Günaydın, 2017). The deposit is broadly considered as a vein type U-Th mineralization. However, the source of Th and U remains a mystery to the present day. In most ore fields the coeval mineralization of the Th and U points out an ultrapotassic – carbonatitic magmatism-related processes such as fenitization alteration (Cuney and Kyser, 2009). Carbonatite-Fenite complexes with their tendency to host various types of different incompatible elements including REE, Fe, Nb, U, Th and, P at high grades, gaining scientific importance. Most of the carbonatites are closely related with nephelinitic – foid syenitic intrusions which were emplaced in thick continental environment under an extensional tectonic regime (Le bas, 1981). In Türkiye, a number of carbonatite complexes were continuously studied in terms of genesis and geochemical features. Identified carbonatite complexes in Türkiye are; Kızılcaören (Morteani and Satır, 1989; Nikiforov et al, 2014), Kuluncak (Çimen et al, 2020) and Karaçayır (Çimen et al, 2022). Of these, Kızılcaören carbonatite complex which is close to industrial production, can be considered as a late stage, bulk tonnage, average grade REE-Th deposit with significant amounts of fluorite and barite minerals. The carbonatites of the Kızılcaören deposit were emplaced into a thick pile of volcanic sequence which covered meta-epiclastic and ophiolitic rocks (Nikiforov et al, 2014). On the other hand, Kuluncak and Karaçayır occurrences are nepheline syenite hosted carbonatite bodies and their geochemical data show promising results (Pulat et al 2022; Çimen et al, 2022). Turkish carbonatites generally have Light REE - Th enrichments and represent highly fractionated syenitic magma properties (Çimen et al, 2022). These carbonatites are originated from an enriched mantle source with carbonate metasomatism processes, therefore; they cannot be considered as a primary mantle carbonatite intrusion. These conclusions can be also supported by the isotopic composition properties of Turkish carbonatites (Çimen et al, 2020). Carbonatites are mostly enriched in LREE, however; some carbonatites may represent immense levels of HREE values as our study field. This study focuses on the source of the Th and U mineralizations and their relationship between the ultrapotassic – carbonatitic magmatism. The results may shed light on the prospecting stages on the study area.

2. GEOLOGICAL BACKGROUND

The study area, various types of high-grade metamorphic units constitute basement rocks. The metamorphic rocks of the study area are summarized Kazdağ metamorphic complex. These metamorphic are paragneisses, ortogneisses, amphibolites and marbles (Duru et al, 2004). The metamorphic units were tectonically overlain by an ophiolitic mélangé consisting of spilitized mafic volcanic rocks, pyroclastic rocks, limestone, chert-radiolarite, shale and greywacke. In addition, blocks of micaschist and metabasic rocks that have undergone metamorphism in eclogite facies (Okay and Satır, 2000b; Beccaletto, 2004; Günaydın, 2017). The Neogene volcanic and volcanoclastic sedimentary sequence covers the elder units. The Neogene units include conglomerate, sandstone, mudstone, marl, claystone, shale and tuff. The tuffs named as Arıklı ignimbrites which host the Th-U mineralization in study area consisting of andesite-dacite lava and tuffs and divided into three groups as vitric, crystal and lithic tuffs by Günaydın (2017). The carbonatite intrusion was emplaced into the tuff units along the SW-NE trending fault zone with highly fenitized mineralization field. The intrusion is located on the SE part of the mineralization zone and can be observed as a dike shaped body with different thickness. The fenitized zones in the study area can be observed as yellowish-whitish coloured rocks and relatively brecciated with intense hydrothermal alteration. The mineralization field also have high ionizing dose rates (22 $\mu\text{Sv/h}$) due to the much higher levels of Th and U contents than unaltered wall rocks.

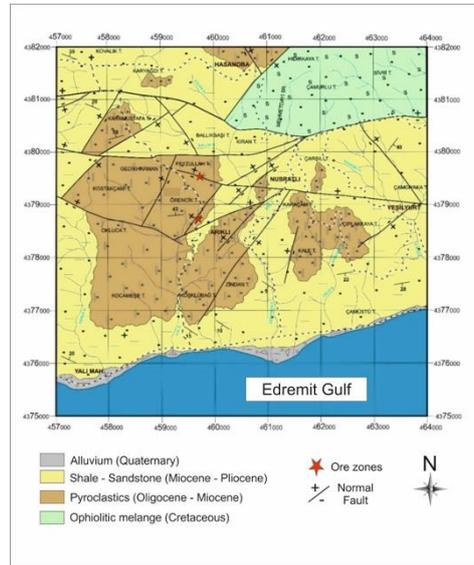


Figure 1. Geological map of the study area (modified from Öztürk, 2019).

3. MATERIAL and METHODS

A total of 18 samples were collected for the analyses from alkaline-potassic rocks with high radioactive anomalies. The anomalies were detected by a handheld BR-6 Geiger counter. Whole-rock (major, trace and rare earth elements) analyses were conducted on powders grounded using an agate mortar muller milling device in Geochemistry Research Laboratories of Istanbul Technical University (ITU/JAL), Türkiye. The oxides of major elements, including SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , K_2O , Na_2O , Fe_2O_3 , MnO , MgO , TiO_2 , and P_2O_5 were determined by a Bruker S8 Tiger X-ray fluorescence (XRF) spectrometer with wavelength ranges from 0.01 to 12 nm, the analytical uncertainty is usually $\leq 5\%$. Elan DRC-e Perkin Elmer Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS) was used for trace element analyses. A two-step digestion process used approximately 50 mg of powdered samples: (1) 6 ml of 37% HCl , 2 ml of 65% HNO_3 and 1 ml of 38–40% HF acid mixer put in a pressure- and temperature-controlled Teflon beaker using a Berghoff Microwave at 135 °C; (2) 6 ml of 5% boric acid solution was added to the step one mixer for ICP-MS analyses. The rock-forming minerals were determined by Leica DM750P

microscope and the heavy minerals (in %) determinations Nikon SMZ 800 N model binocular microscope was used in ITU/JAL.

4. RESULTS and DISCUSSION

4.1 Mineralogical and petrographical characteristics

The modal analysis was conducted on both fenitized wall rocks and carbonatite dike. The wall rocks show pyroclastic textures and predominantly made up of quartz, sanidine, plagioclase, opaque minerals, hornblendes and pumice. Quartz minerals are generally anhedral and fractured probably caused by both faulting and hydrothermal alteration. Feldspar minerals are mainly sanidine which have anhedral crystals with light grey colours. Plagioclase minerals are, on the other hand subhedral crystals and mostly altered into sericite. Ferromagnesian minerals including amphiboles and biotites completely altered to opaque secondary minerals.

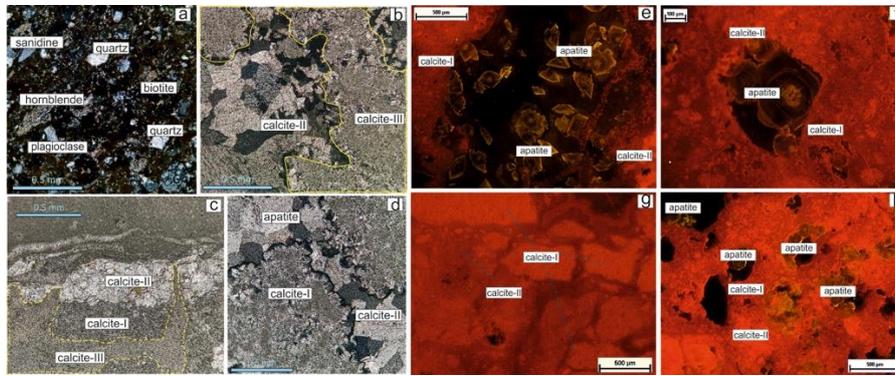


Figure 2. Photomicrographs of the mineral assemblages of fenitized rocks (a), and carbonatites (b-c-d), cathodoluminescence images of apatite accumulations (e-f-h) and different stages of carbonatite veins (e-f-g-h).

The different generations of calcite generations indicate a multi-stage carbonatite intrusion process and can be identified as a late stage carbonatite intrusion. The mineralogical composition of carbonatite dikes is made up of different generations of magmatic calcite minerals and secondary apatite crystals. The apatite crystals are mainly euhedral crystals which can be clearly observed in CL images of the carbonatite samples.

4.2. Geochemical signatures

The carbonatitic rocks of the can be considered as a highly fractionated alvikitic-beforsitic rocks, which were enriched in CaO – MgO and depleted in terms of alkaline elements including K and Na (Table x). The depletion of alkaline elements shows a carbonatite genesis via fenitization process. The MgO enrichment in carbonatites are widely interpreted as higher levels of fractionation (Le bas, 1981).

Table 1. Major-element oxides contents of the carbonatitic rocks, fenitized rocks and unaltered wall rocks (in %).

Major Oxide	Fenitized rocks						Tuffs						Carbonatites					
	FYzt 1	FYzt 1-1	FYzt 2	FYzt 2-1	FYzt 2-2	FYzt 2-3	Ark-1	Ark-1.2	Ark-2	Ark-3	Ark-3.1	Ark-3.2	Ark-3.3	AR-1	AR-2	AR-3	AR-4	AR-5
SiO ₂	18.1	61.2	41.0	63.5	61.0	59.6	47.2	54.6	62.1	44.0	43.9	60.2	59.6	8.72	4.58	4.45	8.49	10.72
Al ₂ O ₃	7.00	11.8	13.0	12.9	16.7	15.9	13.7	14.8	16.1	12.5	12.2	11.8	11.5	1.40	1.46	1.47	0.77	1.36
Fe ₂ O ₃	4.90	6.40	6.88	6.79	3.03	6.54	4.96	4.28	2.34	4.69	5.67	2.31	2.63	0.29	0.36	0.33	0.13	0.19
MgO	0.25	0.28	0.35	0.20	0.14	0.11	4.13	6.29	0.39	5.90	5.87	2.18	2.67	39.29	38.64	38.29	38.79	36.90
CaO	38.14	3.51	14.67	1.54	0.18	0.17	8.72	2.94	0.09	11.75	12.48	6.14	6.57	2.89	6.00	6.58	4.58	4.87
Na ₂ O	0.65	0.20	0.47	0.21	0.33	0.20	1.09	4.05	0.27	2.90	2.67	2.64	2.33	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
K ₂ O	4.25	9.04	9.55	10.19	15.65	14.37	7.98	3.97	9.04	5.53	5.52	5.71	5.76	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02
TiO ₂	0.35	0.61	0.66	0.55	0.85	0.73	0.68	0.48	0.40	0.68	0.70	0.36	0.43	0.05	0.07	0.05	0.03	0.03
P ₂ O ₅	20.6	3.30	9.20	1.30	0.14	0.25	0.18	0.13	0.10	0.17	0.16	0.10	0.07	0.02	0.17	0.07	0.02	0.02
MnO	0.30	0.17	0.24	0.15	0.03	0.04	0.13	0.05	0.11	0.24	0.24	0.16	0.14	0.02	0.02	0.03	0.02	0.03
Cr ₂ O ₃	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03
LOI	3.6	3.0	3.1	2.3	1.5	1.8	10.7	8.1	8.0	11.3	10.2	8.2	8.1	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
TOTAL	98.2	99.6	99.1	99.6	99.6	99.7	99.4	99.7	98.9	99.6	99.6	99.8	99.8	99.9	99.4	99.7	99.9	99.9

The carbonatite variation diagram shows a beforstic – ferrocarnatitic trend (Figure 3-a). On contrary, the fenitized rocks are enriched in alkalis indicating a multi-phase brecciated potassic-fenite type alteration (Figure 3-b). Removal of SiO₂ from wall rocks is another evidence for fenitization resulting an increase in immobile oxides such as Al₂O₃, Fe₂O₃ and TiO₂.

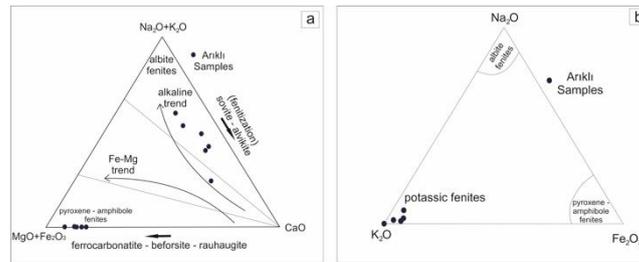


Figure 3. (a) carbonatite variation diagram (modified from Le bas, 1981), (b) Ternary plots for fenite types (modified from Höy, 1988).

Carbonatites are famous for having high grades of LREE-Th (Goodenough et al, 2016) the Arıklı carbonatitic rocks are primarily enriched in terms of Sr, Th, U and HREE including Y (Table 2; Figure 4 a-b). While, HREE rich carbonatites are relatively rare compared to LREE rich carbonatites (Song et al, 2016), elevated Th and U values, alongside P are not uncommon in carbonatite literature (Elliott et al, 2018; Anenburg et al, 2020).

Table 3. The REE, Th, U, Y results for studied samples from the study area (contents in ppm).

Element	Fenitized rocks						Tuffs						Carbonatites					
	FYzt 1	FYzt 1-1	FYzt 2	FYzt 2-1	FYzt 2-2	FYzt 2-3	Ark-1	Ark-1.2	Ark-2	Ark-3	Ark-3.1	Ark-3.2	Ark-3.3	AR-1	AR-2	AR-3	AR-4	AR-5
Y	104.9	55.6	72.9	16.1	21.5	20.6	13.5	18.8	21.6	15.1	14.9	22.6	20.7	75.0	330.6	149.3	62.0	64.5
La	24.7	36.0	37.1	26.7	70.2	61.8	47.5	75.9	76.2	52.0	50.5	70.7	67.2	10.3	14.7	13.2	9.2	14.5
Ce	44.4	72.0	66.1	51.8	138.4	119.9	88.9	142.4	141.3	97.0	97.1	132.0	124.1	20.5	29.6	24.4	18.9	27.4
Pr	5.6	8.6	7.8	5.7	13.7	13.4	9.8	15.0	15.1	10.4	10.0	13.7	13.2	2.4	3.3	2.6	2.3	3.2
Nd	23.9	34.5	29.5	21.4	47.2	46.9	37.7	48.9	50.5	35.8	35.4	44.1	44.3	8.8	11.0	10.3	9.1	12.1
Sm	5.62	7.14	6.51	5.32	8.20	8.54	6.42	8.01	8.86	6.41	6.36	7.73	7.60	2.92	3.04	2.78	2.86	3.55
Eu	1.86	1.99	2.06	1.60	2.10	2.00	2.49	1.98	2.39	2.12	1.84	1.58	1.69	0.72	0.84	0.75	0.79	0.85
Gd	7.17	9.08	7.08	4.31	6.55	7.16	5.06	6.70	6.52	4.88	5.25	6.88	6.76	4.87	6.51	6.19	4.58	4.73
Tb	1.51	1.38	1.37	0.63	1.03	0.90	0.58	0.91	1.00	0.73	0.62	0.95	0.99	1.24	2.47	1.92	1.02	1.10
Dy	11.4	8.33	8.60	3.18	4.20	4.32	3.08	4.09	4.47	2.92	3.02	4.35	4.40	10.0	28.9	19.2	8.03	9.41
Ho	3.21	1.85	2.26	0.62	0.77	0.76	0.55	0.65	0.97	0.59	0.54	0.86	0.82	2.56	11.03	5.58	2.06	2.24
Er	13.4	6.22	8.23	1.84	2.67	2.65	1.41	2.28	2.50	1.73	1.76	2.63	2.70	9.63	48.58	20.38	8.17	8.54
Tm	2.46	0.96	1.44	0.22	0.33	0.33	0.30	0.32	0.44	0.14	0.25	0.41	0.48	1.75	9.13	3.51	1.44	1.28
Yb	21.01	7.76	11.07	1.77	2.14	2.55	1.33	1.96	2.38	1.45	1.69	2.95	2.76	13.05	74.72	25.44	10.37	10.83
Lu	3.72	1.28	1.77	0.21	0.27	0.33	0.20	0.32	0.42	0.18	0.17	0.33	0.50	2.28	13.27	4.50	1.81	1.79
Eu/Eu*	0.90	0.75	0.93	1.02	0.88	0.78	1.33	0.83	0.96	1.16	0.96	0.66	0.72	0.58	0.58	0.55	0.67	0.64
ΣREE	170.0	197.0	190.9	125.3	297.8	271.5	205.2	309.5	313.1	216.2	214.4	289.1	277.5	91.1	257.1	140.8	80.6	101.4
ΣLREE	106.1	160.2	149.1	112.6	279.8	252.5	192.7	292.2	294.4	203.6	201.1	269.7	258.0	45.7	62.4	54.0	43.2	61.5
ΣHREE	63.9	36.8	41.8	12.8	18.0	19.0	12.5	17.2	18.7	12.6	13.3	19.4	19.4	45.4	194.7	86.8	37.5	39.9
Th	248.2	57.0	145.4	11.2	44.8	42.2	18.8	33.3	38.5	18.7	19.7	36.4	34.2	156.5	3665.1	1265.9	112.3	132.1
U	2551.7	431.5	1411.7	2.8	15.8	13.7	7.0	4.5	4.0	3.7	3.5	8.5	8.8	20.0	373.6	144.7	21.4	24.4
Y	104.9	55.6	72.9	16.1	21.5	20.6	13.5	18.8	21.6	15.1	14.9	22.6	20.7	75.0	330.6	149.3	62.0	64.5

Mostly HREE enrichments in carbonatites are closely associated with apatite fractionation (Fendley et al, 2016). The probable reason for selective HREE fractionation in apatite minerals during carbonatite evolution is a felsic gneiss interference in source mantle zone. Although, high levels of HREE (up to 194.7 ppm) and Th (up to 3665.1 ppm) enrichments were observed in carbonatites, a slight HREE increase and LREE depletion were encountered in fenitized rocks compared to unaltered wall rocks. The fenitized wall rocks also contains a considerable amount of U (up to 2551.7 ppm). Duality between carbonatites (Th rich) and fenitized (U rich) rock samples can evoke interesting debate about the mineralization processes. The most probable explanation for this duality is the relative weakness of fenitizing fluids ability to remobilize the HREE (Elliot et al, 2018), however, U^{6+} ion with its extreme mobility can be a suitable candidate for reaching higher grades in such environment.

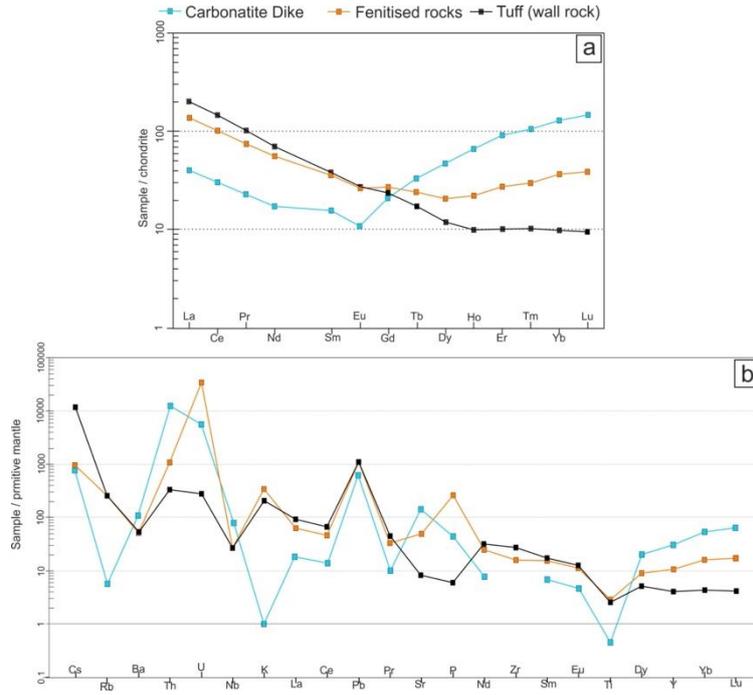


Figure 5. (a) The chondrite-normalized (Boynton 1984) REE patterns; (b) the mantle normalized trace element (Sun and McDonough 1989) patterns of Kestanbol alkaline rocks.

5. CONCLUSIOS

This study primarily aims to reveal the geochemical and mineralogical properties of mineralized pyroclastic rocks and carbonatite dikes.

1. The carbonatites in the study area mainly consist of different generations of calcite and apatite minerals
2. Carbonatites have a slight beforstic trend with high HREE-Th-Y concentrations, however fenite zones are primarily enriched in U and Th. The high HREE values are probably caused by apatite accumulations in carbonatites.
3. Carbonatites may be derived from an enriched mantle source with felsic gneiss interference due to their high HREE, Th and U contents.
4. Fenite zones contains lower LREE and higher HREE contents than unaltered wall rocks indicating a multistage mineralization. U values are also higher than carbonatites, pointing out the high mobility of U in a fenitising fluid.

REFERENCES

- Akal, C., “Coeval Shoshonitic-Ultrapotassic Dyke Emplacements Within The Kestanbol Pluton, Ezine–Biga Peninsula (Nw Anatolia)”, *Turkish Journal Of Earth Sciences*, 22(2), 220-238, 2013.
- Altunkaynak, Ş., Dilek, Y., Genç, C.Ş., Sunal, G., Gertisser, R., Furnes, H., Yang, J. “Spatial, Temporal And Geochemical Evolution Of Oligo–Miocene Granitoid Magmatism İn Western Anatolia, Turkey. *Gondwana Research*”, 21(4), 961-986. 2012.
- Anenburg, M., Mavrogenes, J. A., Bennett, V. C., “The Fluorapatite P–Ree–Th Vein Deposit At Nolans Bore: Genesis By Carbonatite Metasomatism”, *Journal Of Petrology*, 61(1), Egaa003, 2020.
- Cimen, O., Corcoran, L., Kuebler, C., Simonetti, S., Simonetti, A., “Geochemical, Stable (O, C, And B) And Radiogenic (Sr, Nd, Pb) İstotopic Data From Theeskışehir-Kızılcaören (Nw-Anatolia) And The Malatya-Kuluncak (E-Central Anatolia) F-Ree-Th Deposits, Turkey: İmplications For Nature Of Carbonate-Hosted Mineralization”, *Turkish Journal Of Earth Sciences*, 29(5), 798-814, 2020.
- Cimen, O., Ağrılı, H., Kuebler, C., Simonetti, A., Corcoran, L., Simonetti, S., Dönmez, C “Geochemical, İstotopic And U-Pb Geochronological İnterigation Of The Late Cretaceous Karaçayır Carbonatite (Sivas, Turkey): Insights İnto Mantle Sources Within A Post-Collisional Tectonic Setting”, *Ore Geology Reviews*, 141, 10465, 2022.
- Cuney, M., Kyser, K., “Deposits Related To Magmatic Differentiation”, In *Recent And Not-So-Recent Developments İn Uranium Deposits And İmplications For Exploration*. Mineralogical Association Of Canada, Short Course, 39, 2009.
- Elliott, H.A.L., Wall, F., Chakhmouradian, A.R., Siegfried, P.R., Dahlgren, S., Weatherley, S., Deady, E., “Fenites Associated With Carbonatite Complexes: A Review”, *Ore Geology Reviews*, 93, 38-59, 2018.
- Goodenough, K. M., Schilling, J., Jonsson, E., Kalvig, P., Charles, N., Tuduri, J., ... & Keulen, N. (2016). Europe's Rare Earth Element Resource Potential: An Overview Of Ree Metallogenic Provinces And Their Geodynamic Setting. *Ore Geology Reviews*, 72, 838-856.
- Günaydın, A., “Geology And Geochemistry Of Nodular-Phosphate And Fault-Controlled Hydrothermal-Phosphate Mineralizations İn Arikli And Nusratli Villages (Ayvacık-Çanakkale, Nw Turkey)”, *Bulletin Of The Mineral Research And Exploration*, 155(155), 131-146, 2017.
- Höy, T., “Geology Of The Cottonbelt Lead-Zinc-Magnetite Layer, Carbonatites And Alkalic Rocks İn The Mount Grace Area, Frenchman Cap Dome, Southeastern British Columbia (Vol. 80)”. Province Of British Columbia, Geological Survey Branch, 1988.
- Le Bas, M. J., “Carbonatite Magmas”, *Mineralogical Magazine*, 44(334), 133-140, 1981.
- Le Bas, M. J., “Fenites Associated With Carbonatites”, *The Canadian Mineralogist*, 46(4), 915-932, 2008.
- Morteani, G., Satir, M. “The Bastnaesite-Fluorite-Barite Deposit Of The Kızılcaören District, Eskisehir, Turkey” In *Lanthanides, Tantalum And Niobium* (Pp. 189-194). Springer, Berlin, Heidelberg, 1989.
- Nikiforov, A. V., Öztürk, H., Altuncu, S., Lebedev, V. A., “Kızılcaören Ore-Bearing Complex With Carbonatites (Northwestern Anatolia, Turkey): Formation Time And Mineralogy Of Rocks”, *Geology of Ore Deposits*, 56(1), 35-60, 2014.
- Öztürk, S “Ayvacık-Arıklı (Çanakkale) Bölgesindeki U-Th Zenginleşme Potansiyelinin Belirlenmesi”, Master Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 2019.
- Pulat, O., Karakaş, M., Yastı, M. A., “Büyük Kuluncak (Malatya) Nb-U-Nye-Zr-Li Yatağının Cevherleşme Özellikleri ile Alterasyon İlişkisi”, *Bulletin of The Mineral Research And Exploration*, 166(166), 1-30, 2022.
- Song, W., Xu, C., Smith, M. P., Kynicky, J., Huang, K., Wei, C., Shu, Q., “Origin of Unusual Hree-Mo-Rich Carbonatites in The Qinling Orogen, China” *Scientific Reports*, 6(1), 1-10, 2016.



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



Tuztaşı (Çanakkale) Altın Cevherleşmesinin Jeolojik ve Jeokimyasal Özellikleri
Geological and Geochemical Characteristics of Tuztaşı (Çanakkale) Gold Mineralization

Fatih Özbaş*, Nurullah Hanilçi

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Büyükçekmece, İstanbul, Türkiye

**fatih.ozbas@iuc.edu.tr*

Özet

Tuztaşı (Çanakkale-Ayvacık) Au cevherleşmesi Biga Yarımadası'nda yer almaktadır. Bölgede, pekçok epitermal Au-Ag (Ağı Dağı, Kirazlı, Kısacık, Şahinli, Koru, Madendağ), porfiri Au-Cu-Mo (Halılağa, Tepeoba), skarn tip Pb-Zn±Cu (Handeresi, Bağırkaçdere, Culfaçukuru) yatakları bulunmaktadır. İnceleme alanında; (i) Alt Karbonifer yaşlı gnays, amfibolşist, mermer blokları içeren, Kazdağ Metamorfiklerine ait Sütüven Formasyonu, (ii) Geç Kratese yaşlı serpantin, diyabaz, gabro, şeyl, kumtaşı ve kireçtaşı içeren Çetmi Ofiyolitik Melanjı, (iii) Oligo-Miyosen yaşlı Evciler Plütonu'na ait granodiyorit, (iv) Geç Miyosen yaşlı konglomera, kumtaşı ve çamurtaşından oluşan İlyasbaşı Formasyonu mostra vermektedir.

Tuztaşı Au cevherleşmesi, Kazdağ Masifi'ne ait gnays ve şistler içerisinde kuvars damarlarında gelişmiştir. Ana kuvars damarı K20D doğrultulu ve 60-80° KB eğimli olup 2-10 m arasında değişen kalınlık ve kesikli olarak 2.5 km devamlılık gösterir. Yan kayada sınırlı alanlarda zayıf arjilik ve propillitik alterasyon belirlenmiştir. Altın içeren damarlarda kuvarsın dışında eser miktarda pirit ve oksidasyon ürünü götit ve hematit gözlenir. Kuvars damarlarında baskın olarak sakarodial, tarak, breşik, kokart, boşluklu (vuggy) dokuları ile damar boyunca lokal kolloform ve yapraklı kuvars ornatım dokuları gözlenir. Kuvars damarlarının Au içeriği 0,09 ile 4,02 ppm arasında değişmektedir. Sıvı kapanım çalışmalarına göre Au içeren kuvars damarlarının oluşumunda etkin olan çözeltilerin 337°C - 170°C arasında (ort:220°C, n:130) homojenleşme sıcaklığına ve %1,23 NaCl eşdeğeri tuzluluğa sahip oldukları belirlenmiştir.

Altınlı kuvars damarında jeokimyasal bileşimi üst kabuğa normalize edildiğinde damarın, As, Mo, W, Au, Sb, Cu açısından en az 10 kat zenginleştiği, Co, Zr, Ta, Sc, Rb değerleri açısından ise birkaç kat fakirleştiği görülür. Katodoluminesans çalışmaları en fazla iki farklı faz kuvars oluşumunun gerçekleştiğini göstermektedir. Kuvars minerallerinde LA-ICP-MS ile mineral kimyası analizleri yapılmış olup Au değerlerinin iz elementlerle anlamlı bir ilişkisi tespit edilememiştir. Kuvars minerallerinin $\delta^{18}\text{O}_{\text{smow}}$ değerleri ‰-3,5 ile +5,2 arasındadır. Oksijen izotop değerleri ve mikrotermometrik verilere göre cevherleşmede etkin olan çözeltiler baskın olarak meteorik kökenli olmalıdır. Alterasyon tipi, mikrotermometrik veriler ve kuvars dokuları, Tuztaşı Au cevherleşmesinin düşük sülfidasyon (LS) tip bir epitermal Au cevherleşmesi olduğuna işaret etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Altın, düşük sülfidasyon, kuvars, sıvı kapanım, oksijen izotopu

Abstract

The Tuztaşı (Çanakkale-Ayvacık) Au mineralization is located in the Biga Peninsula. The region hosts many mineral deposits that consist of epithermal Au-Ag (Ağı Dağı, Kirazlı, Kısacık, Şahinli, Koru, Madendağ), porphyry Au-Cu-Mo (Halilağa, Tepeoba), skarn type Pb-Zn±Cu (Handeresi, Bağırkaçdere, Culfaçukuru) deposits. The geology of the study area consists of four main stratigraphic units. These; (i) Lower Carboniferous Sütüven Formation belonging to Kazdağ Metamorphics, includes gneiss, amphibole schist, marble blocks, (ii) Late Cretaceous Çetmi Ophiolitic Melange includes serpentine, diabase, gabbro, shale, sandstone and limestone, (iii) Oligo-Miocene Evciler Pluton represented by granodiorite and (iv) Late Miocene İlyasbaşı Formation includes conglomerate, sandstone, and mudstone.

The Tuztaşı Au mineralization occurs in quartz veins and is located gneiss and schists of to the Kazdağ Massif. The main quartz vein strikes N20E and dips 60-80° NW, with a thickness varying between 2-10 m and a discontinuity of 2.5 km. Weak argillic and propylitic alterations were determined in limited areas of the wall rock. In the polished section examinations of the quartz veins, trace amounts of pyrite and goethite, and hematite as oxidation products were observed. In quartz veins, predominantly saccharoidal, comb, brecciated, cockade, vuggy textures and local colloform and lattice-bladed textures are observed. The Au content of quartz veins ranges from 0.09 to 4.02 ppm. It is determined from fluid inclusion studies that the fluids responsible to the formation of Au-bearing quartz veins has 337°C - 170°C Th (mean:220°C, n=130) and %1.23 NaCl equivalent salinity.

The geochemical composition of the Au-bearing quartz vein is normalized to the upper crust, it is observed that the vein becomes at least 10 times richer in terms of As, Mo, W, Au, Sb, Cu, and several times depleted in terms of Co, Zr, Ta, Sc, Rb values. Cathodoluminescence studies show that there are at most two different phases of quartz. According to the quartz mineral chemistry performed with LA-ICP-MS, it was determined that no significant relationship was found between Au values and trace elements. The $\delta^{18}\text{O}_{\text{smow}}$ values of quartz minerals are between ‰-3.5 and +5.2. According to oxygen isotopes and microthermometric data, the fluids effective in formation of Au mineralization must be predominantly of meteoric origin. Alteration type, microthermometric data and quartz textures indicate that Tuztaşı Au mineralization is a low sulfidation (LS) type epithermal Au mineralization.

Keywords: Gold, low sulfidation, quartz, fluid inclusion, oxygen isotope



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



Rare Earth Elements Potential of Combustion Residuals in Türkiye
Türkiye'deki Yanma Kalıntılarının Nadir Yer Element Potansiyelleri

Ayşe Yüksekdağ¹, Börte Köse-Mutlu¹, Beril Tañç-Kaya², Mustafa Kumral², Esra Ateş-Genceli¹, İsmail Koyuncu^{1*}

¹*Department of Environmental Engineering, Istanbul Technical University & National Research Center on Membrane Technology, İstanbul, Türkiye*

²*Department of Geological Engineering, Istanbul Technical University, İstanbul, Türkiye*

**koyuncu@itu.edu.tr*

Abstract

Increasing demand for rare earth elements in renewable energy, the defense industry, and electrical-electronic products has made these elements more critical. The limited availability of resources increases the importance of the use of secondary resources. Ash generated by the combustion of coal, one of the most critical energy sources today, has significant potential for rare earth element recovery. This study aims to determine the potential of some ash samples originating from Türkiye. While the total REE concentrations were in the range of 101-277 ppm, the elements with the highest concentration are Ce, La, Nd, and Y, respectively.

Keywords: Rare earth elements, fly ash, circular economy

Özet

Nadir yer elementlerinin yenilenebilir enerji ürünlerinde, savunma sanayi ürünlerinde ve elektrikli-elektronik ürünlerde kullanımının artması bu elementleri daha önemli hale getirmiştir. Ülke içi kaynakların sınırlı olması ise ikincil kaynakların önemini arttırmaktadır. Günümüzdeki en önemli enerji kaynaklarından biri olan kömürün yanması sonucu oluşan küller önemli bir nadir yer elementleri potansiyeli taşımaktadır. Bu çalışmanın amacı Türkiye'de bulunan bazı kül örneklerindeki potansiyellerin belirlenmesidir. Tespit edilen toplam NYE konsantrasyonları 101-277 ppm aralığındayken, en yüksek konsantrasyona sahip elementler sırasıyla Ce, La, Nd ve Y'dur.

Anahtar Kelimeler: Nadir yer elementleri, uçucu kül, dögüsel ekonomi

1. INTRODUCTION

Rare Earth Elements (REEs) are an elementary group that includes lanthanides, yttrium, and scandium, with similar chemical properties. Rare earth elements have been subdivided into two groups, i.e., light rare earth elements (LREEs) and heavy rare earth elements (HREEs), according to their atomic weight. Most countries, also the US, are discussing the risks of dependence on rare earth elements and have classified rare earth elements as “critical materials”, especially neodymium (Nd), dysprosium (Dy), europium (Eu), terbium (Tb), and yttrium (Y), in response to market and pricing uncertainties [1]. Nowadays, China is a major country as an owner of REE sources, while Australia and the United States have started to lose their positions in the market [2].

The first industrial application of rare earth elements dates back to the late 19th century. The development and growing interest in electric-electronic and renewable energy products and defense industry requirements make rare earth elements applications more inevitable. Parallel to the potential increase in resource scarcity and the acceleration of sustainability studies, more focus has been given to the growth of the circular economy model in the last decade. The main idea of the circular economy is to replace the existing economic development model of "take, make and dispose of" with the implementation of a production model of "closing the loop" [3, 4]. However, less than 1% of the REEs utilized can be recovered these days. Secondary sources, such as acid mine drainages, end-of-life products, and thermal power plant residuals, contain a significant amount of rare earth elements. Due to the unsustainable availability of rare earth elements from natural sources, these resources have prompted growing interest [5, 6]. It is essential to develop a sustainable supply of environmentally friendly and economically competitive technologies both to reduce dependence on other countries for all of these crucial materials and also to carry out circular economy ideals. For these reasons, combustion residuals are gaining popularity nowadays to recover REEs, as coal is one of the most important energy sources for fuel around the world. The American Coal Ash Association estimated that only the US generated 107.4 million tons of fly ash in 2016, with about 1.5 billion tons in stockpiles, while total production around the world was around 780 million tons. There has been a growing interest in combustion residuals over the last decade because they could substitute as one of the potential secondary sources for rare earth elements [1]. This study aims to represent the REE potential of five different combustion residuals originating from Türkiye.

2. MATERIAL and METHODS

2.1. Definition of waste sources

Five different combustion residuals were collected to determine the potential of rare earth elements from three different plants in Türkiye. The first plant (P1) is a thermal power plant that generates bottom and fly ashes from coal combustion. Two different types of fly ashes were obtained from the second thermal power plant (P2). One of the fly ashes is produced from a high-efficiency furnace as a result of higher combustion temperature and is known as fine fly ash, while the other sample is coarse fly ash. The last sample was taken from a hazardous waste incineration plant (P3) which uses electrostatic filters to remove the fly ashes from the flue gas. Henceforth, the samples are named with the codes listed in Table 1 below.

Table 1. Table of sample list.

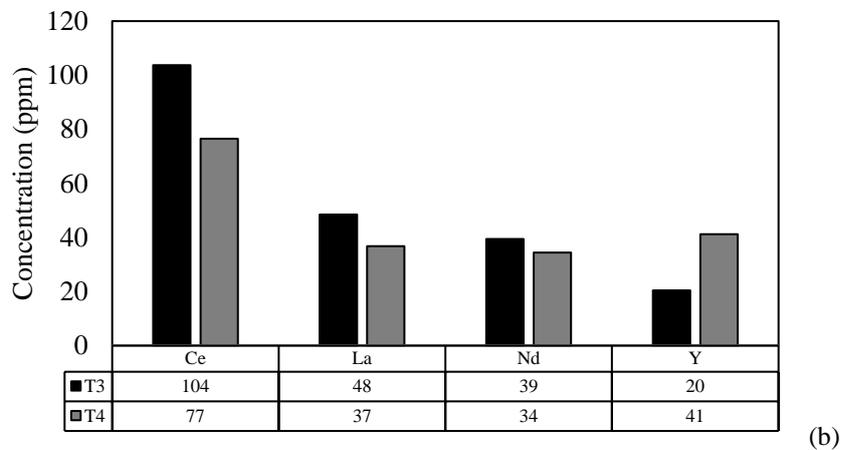
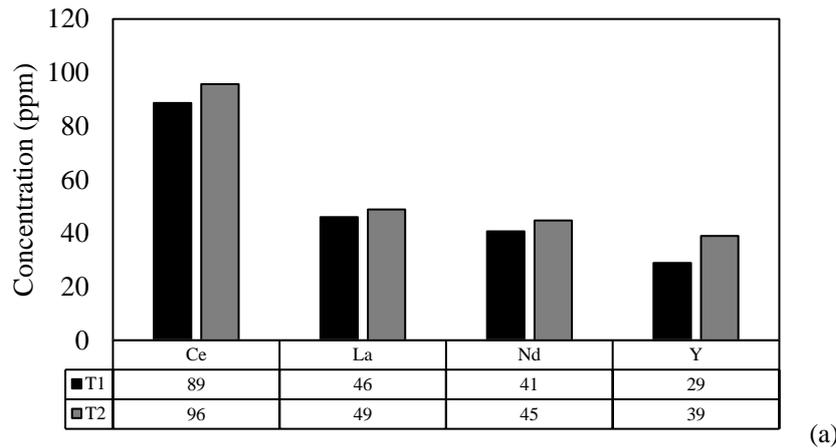
CODE	SAMPLE
T1	Bottom ash of P1
T2	Fly ash of P1
T3	Coarse fly ash of P2
T4	Fine fly ash of P2
T5	Fly ash of P3

2.2. Characterization of waste samples

A microwave-assisted (Berghof, Speedwave) acid digestion procedure was carried out under 180°C for 25 min to prepare the acidic leaches before the elemental analysis of ash samples. 0.1 g of the dry sample, 6 mL HCl (37%, Merck), 2 mL HNO₃ (65%, Merck), and 1 mL HF (40%, Merck) were added into polytetrafluoroethylene tubes. Samples were adjusted to 50 mL with distilled de-ionized water after finishing the digestion procedure. Whole digestion experiments were replicated. Trace and major elements were determined by inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS, Perkin Elmer, Elan 6100) and inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP-OES, Perkin Elmer, Optima 7000), respectively. Particle size analysis (Malvern, Mastersizer 2000) was conducted to determine the average particle size of the dry solid samples.

3. RESULTS and DISCUSSION

The top four REE concentrations of each three plants are shown in Figure 1. These elements are Ce, La, Nd, and Y, respectively. For P1, REE concentrations of T2 are slightly higher than T1, and the average particle size of T2 is considerably lower than T1 (Table 3). The order of the top four-element concentrations of P2 is the same as P1, while the total REE concentration is higher than P1. On the other hand, it can be seen that the total REE concentration has decreased with an increase in combustion efficiency. The reason is the decrease in the removal of smaller particles, formed due to higher combustion efficiency, by electrostatic filters. Average particle sizes for T3 and T4 are 38.178 nm and 22.994 nm, respectively.



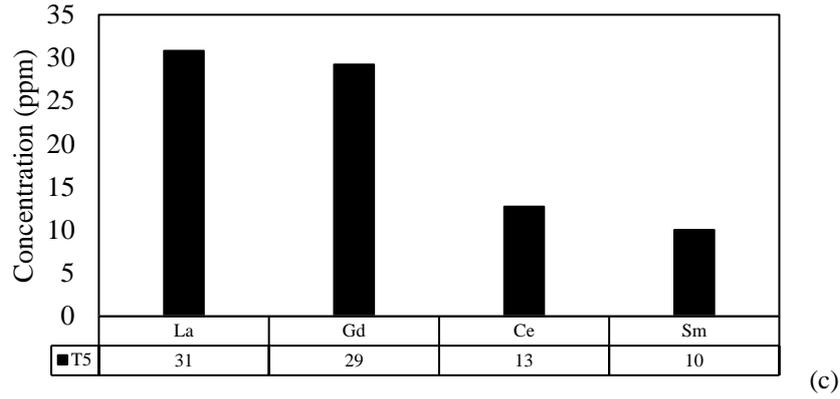


Figure 1. Top four REE concentrations of samples originating from (a) P1, (b) P2, and (c) P3.

The order and distribution of REE concentrations of T5 differ from the thermal power plant residuals. The top four REE concentrations are La, Gd, Ce, and Sm. In addition, the total REE concentration of T5 is lower than in other samples. However, determined concentrations are similar to the results of previous studies. Huang et. al. (2020) [1], collected 42 coal fly ash samples from 19 different power plants in the USA to determine the REE potentials. Minimum, maximum, and average concentrations of whole samples are 156, 590, and 400 ppm, respectively. Every single concentration of REEs, traces, and major elements is listed in Table 2. Figure 2 represents the overall evaluation of REE concentrations in terms of light REEs (LREE; La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu), heavy REEs (HREE; Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Y) and critical REEs (CREE; Dy, Nd, Tb, Eu, Y). HREE, LREE, and CREE concentrations of T1-4 samples have a similar trend; however, the CREE ratio in total REE concentration of T5 is lower than the other four samples. Also, there is a higher HREE concentration ratio for the total REEs of T5, differing from the other samples.

Table 2. Trace and major element concentration of each sample.

	T1	T2	T3	T4	T5
REEs					
Ce	88.6	95.7	103.7	76.5	12.7
Dy	5.0	6.8	3.9	6.6	0.6
Er	2.9	3.8	2.1	4.0	0.3
Eu	1.9	2.3	1.8	2.2	6.8
Gd	6.9	8.5	6.2	7.0	29.2
Ho	1.0	1.3	0.7	1.3	0.1
La	46.0	48.8	48.5	36.8	30.8
Lu	0.4	0.5	0.3	0.6	0.1
Nd	40.7	44.8	39.4	34.4	3.6
Pr	10.7	11.8	10.9	9.2	0.9
Sm	7.8	9.2	7.6	7.6	10.0
Tb	1.0	1.3	0.8	1.1	0.1
Tm	0.4	0.5	0.3	0.6	0.0
Y	28.9	39.0	20.4	41.2	5.7
Yb	2.9	3.3	2.0	3.7	0.6
Total	245.0	277.4	248.7	232.8	101.6
U and Th					
U	3404	6824	1615	677	134
Th	1353	1408	2498	1198	139
Major Elements					
Ca	132000	127000	57600	15470	93350
Mg	15630	19000	7106	8348	11750
Al	97300	95630	85600	100800	24100
Fe	33170	62470	43360	47710	61290
Mn	198	268	525	403	1022
Si	139300	128900	198400	278800	28900
Li	4949	5130	5215	4943	5009
Ti	5266	5247	3395	4915	14320
Zr	111	146	124	180	3622
Zn	641	776	487	533	59830

Table 2. (Cont.) Trace and major element concentration of each sample.

Pb	151	144	161	135	4488
Cd	114	125	130	127	225
Cr	334	384	244	270	1084
Sr	445	495	555	684	572
Ba	716	732	946	1707	3590
K	12950	10580	13450	16200	28670
Co	84	89	87	97	2779
Na	166	245	3386	9014	77940

Table 3. Average pore size results of samples.

Sample	Average Particle Size (nm)
T1	154.278
T2	33.126
T3	38.178
T4	22.994
T5	11.445

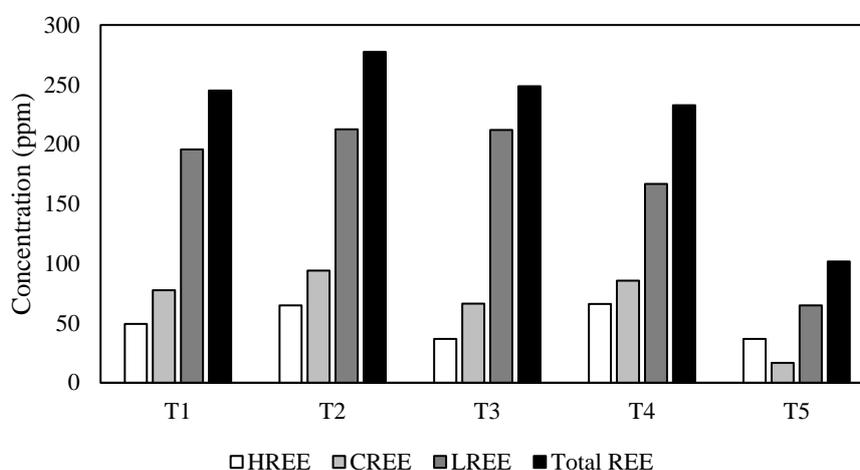


Figure 2. An overall evaluation in terms of REE concentrations.

4. CONCLUSION

Coal is one of the essential energy sources worldwide, and it is well known that coal combustion residuals contain rare earth elements. In this study, five different ashes were obtained from three plants and analyzed to determine the REE concentrations. These concentrations vary between 101 and 277 ppm, and the top four elements for coal combustion residuals are Ce, La, Nd, and Y. On the other hand, hazardous waste incineration residual represents a different distribution of REEs, with La, Gd, Ce, and Sm as the top four elements. Combustion residuals can be utilized as a good secondary source to recover REEs individually by more environmentally friendly processes.

Acknowledgment: This study was financially supported by The Scientific and Technological Research Council of Türkiye (TUBITAK) (Project no:117Y357) and Istanbul Technical University (ITU) Scientific Research Project (Project ID: 41893).

REFERENCES

- Huang Z., Fan M., Tian H. "Rare Earth Elements of Fly Ash from Wyoming's Powder River Basin". *Journal of Rare Earths*. 38. 219-226. 2020.
- Castor S.B., Hedrick J.B. "Rare Earth Elements". *Industrial Minerals Value*, 7th edition: Society for Mining, Metallurgy, and Exploration. Littleton, Colorado. 769-792.
- Ghisellini P., Cialani C., Ulgiati S. "A Review on Circular Economy: The Expected Transition to a Balanced Interplay of Environmental and Economic Systems". *Journal of Cleaner Production*. 114. 11-32. 2016.
- Geissdoerfer M., Savaget P., Bocken N.M.P., Hultink E. J. "A New Sustainability Paradigm?". *Journal of Cleaner Production*. 143. 757-768. 2017.
- Huang Z.X., Fan M.H., Tian H.J. "Coal and Coal Byproducts: A Large and Developable Unconventional Resource for Critical Materials-Rare Earth Elements". *Journal of Rare Earths*. 36. 337. 2018.
- McClellan B., Corder G., Ali S.S., Golev A. "Rare Metals, Unconventional Resources, and Sustainability". *Geol. Soc. Am. Spec. Pap.* 520. 57. 2016.



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



**Ulukent (Denizli, Gb Türkiye) Siyah Şeyl Yan Kayaçlı Manganez Yatağında Sivi
Kapanım Ve İzotop Jeokimyası İncelemeleri**

*Fluid Inclusion and Stable Isotope Geochemistry Investigations on the Ulukent (Denizli, SW
Türkiye) Black-Shale Hosted Manganese Deposit*

Tuğçe Tenlik*, Gülcan Bozkaya, Ömer Bozkaya

Pamukkale Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Denizli, Türkiye

**tugcegogusk@gmail.com*

Özet

Ulukent (Tavas, Denizli) manganez yatağı Türkiye'deki siyah şeyl yan kayaçlı mangan yataklarından en önemlisi olup, büyük bir rezerv değerine (4.000.000 ton görünür+muhtemel) sahiptir. Manganez oluşumları düşük dereceli metamorfizma koşullarından etkilenmiş olup, bu çalışmada Ulukent manganez yatağını etkileyen sıcaklık koşullarının belirlenmesine yönelik sıvı kapanım incelemeleri yapılması amaçlanmıştır. Mangan cevherleşmeleri Liyas-Alt Kretase yaşlı organik maddece zengin pirit içeren siyah renkli kıltaşı-fillatların arasında gözlenmekte olup, ana cevher minerallerini hausmanit, psilomelan, pirolusit, braunit ve rodokrozit oluşturmaktadır. X-ışınları kırınımı incelemelerine göre, bazı örneklerde bu minerallere ek olarak lennilenapeyit (K-Mg-Mn-Fe-Al Silikat Hidrat) ve mangan silikat ($MnSiO_4$) mineralleri de belirlenmiştir. Sıvı kapanım incelemeleri cevher zonu ve silisli-karbonatlı yan kayaçlar içerisinde çatlak/damar dolgusu şeklinde kalsit ve kuvars oluşumları üzerinde gerçekleştirilmiştir. Sıvı kapanımı incelemelerine göre Ulukent mangan yatağında; ilk aşamada kalsit ve kuvars oluşturuvcu çözeltilerin tuzluluklarının (%1,4 NaCl eşdeğerinde) ve sıcaklıklarının (129°C) düşük olduğu, daha sonraki evrede ise tuzluluklarının (%17 NaCl eşdeğerinde) ve sıcaklıklarının (191°C) ise daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Mangan cevherindeki piritlerin $\delta^{34}S_{CDT}$ (‰) analizi kükürtün kökeninin bakteriyel/biyolojik kökenli olduğunu göstermiştir. Mangan cevheri ve yan kayacı oluşturan çörtler içerisinde yer alan çatlak/damar dolgusu kalsitlerde $\delta^{34}C_{PDB}$ (‰) analizleri yapılmıştır. Cevher içerisindeki kalsitler önceki çalışmalarda belirtilen mangan karbonat izotop bileşimine benzer, buna karşın çörtler içerisindekiler sonraki aşamada daha yüksek sıcaklık koşullarıyla ilişkili iki farklı kökeni işaret etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Tavas-Denizli, Türkiye, manganez, sıvı kapanım

Katkı Belirtme: Bu çalışma PAU Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir (PAUFEBE015).

Abstract

Ulukent (Tavas, Denizli) manganese deposit is the most important of the black shale host rock manganese deposits in Türkiye and has the biggest reserve (4.000.000 ton visible+probable). Manganese mineralizations affected by low-grade metamorphism conditions, in this study, it is aimed to determine the temperature conditions affecting the Ulukent manganese deposit with fluid inclusion studies. Mineralizations in the study area are generally observed as carbonated minerals between the upper Liassic-Lower Cretaceous aged limestone and limestones rich in organic matter, pyrite-containing, foliated black colored clay carbonates. Hausmannite, psilomelane, pyrolusite, braunite, and rhodochrosite can be seen as ore minerals. According to X-ray diffraction studies, in addition to these minerals in some samples lennilenapeyite (K-Mg-Mn-Fe-Al Silicate Hydrate) ve manganese silicate ($MnSiO_4$) minerals were determined. Fluid inclusion studies were carried out on calcite and quartz minerals in the form of cracks/vein fillings in the mineralization zones and siliceous-carbonate host rocks. Fluid inclusion studies show that; the salinity (1.4% NaCl equal.) and temperature (129°C) of the early-stage solutions of calcite and quartz minerals are low, and the salinities (17% NaCl equal.) and temperatures (191°C) of the late-stage solutions are higher associated with post-mineral metamorphic processes appears to be higher in Ulukent manganese deposit. $\delta^{34}S_{CDT}$ (‰) isotope geochemistry result show that, the origin of the sulfur in the structure of the sulfide minerals is bacterial/biological origin. $\delta^{34}C_{PDB}$ (‰) isotope analysis were carried out in fracture/vein filled calcites located in cherts forming manganese ore and host rock. Calcites in the mineralization have similar manganese carbonate isotopic composition with previous studies, whereas those in cherts has higher temperature conditions in the later stage, which indicated two different origins.

Keywords: Tavas-Denizli, Türkiye, Manganese, Fluid Inclusion

Acknowledgment: This work was granted by the Scientific Research Council of PAU (PAUFEBE01).



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



**Geochemical Data Assessment of the Kirazliyayla Volcanic-Hosted Sulfide Deposit
(Bursa, Türkiye)**

Farhad Javid*, Emin Çiftçi

Department of Geological Engineering, Faculty of Mines, ITU, 33469 Maslak, Istanbul, Türkiye

**farhadjavid87@yahoo.com*

Abstract

Kirazliyayla zinc-lead ore deposit is located in the NW of Türkiye. The main objective of the study is to recognize the distribution patterns of elements to better understand the deposit, establish an optimized pattern in exploration programs and finally detect the potential areas. From 65 boreholes 4357 samples were analyzed by ICP-OES. The data analysis processing was carried out by different statistical methods. The data pre-processing started with detecting censored-outlier data and normalization testing. To define the geochemistry behavior of elements such as correlation and paragenetic sequence, hierarchical clustering analysis (CA) method was performed. PCA (Principal Component Analysis) method was applied to figure out relative contribution of each component to reduce the variants. (Ba-Ca-Cd-Co-Cr-Cu-Ni-P-Pb-S-Sr-Zn) elements have abnormal concentration behavior. Strong positive element association in Kirazliyayla ore deposit belongs to Zn-Pb pair. The CA method displays four main associated groups: (Zn-Pb-Cd-Cu-S), (Mg-Mn-Ti-V-Fe-Sc-Co-Al-P), (Cr-Ni-Ca-Sr), and (Ba-K-Na). 5 from 21 components were nominated by PCA method as the playmakers in the Kirazliyayla. PCA1: (Zn-Pb-Cd-Cu-S-Mn-(-Na)-Mg), PCA2: (Ti-V-Sc-Fe-Al-Co-Mg), PCA3: (Ni-Cr), PCA4: (K-Ba), and PCA5: (Sr-Ca).

Keywords: Kirazliyayla, geochemistry, data analysis, CA, PCA.

1. INTRODUCTION

The Kirazliyayla ore deposit is located in one of the most complicated tectonic settings – the Sakarya terrane, a crustal extended band from the western to the eastern Pontides in the north of Türkiye. Sakarya zone is consisted of sandstones of Lower Jurassic age, which sits on a fairly complex metamorphic basement that contains a high-grade Variscan basement metamorphics of Carboniferous age (Topuz et al. 2004, 2007; Okay et al. 2006), Paleozoic granitoids (Delaloye and Bingol 2000; Okay et al. 2002, 2006; Topuz et al. 2007), and a low-grade metamorphic complex- the Lower Karakaya Complex constituted by Permo-Triassic metabasite with lesser amounts of marble and phyllite. The Lower Karakaya Complex represents the Permo-Triassic subduction accretion complex of the Paleo-Tethys as indicated by the presence Late Triassic blueschists and eclogites (Okay and Monie 1997; Okay et al. 2002), accreted to the margin of Laurussia during the Late Permian to Triassic. The complex is overlain by a thick series of strongly deformed clastic and volcanic rocks with exotic blocks of Carboniferous and Permian limestone and radiolarian chert. This complex basement was overlain unconformably in the Early Jurassic by a sedimentary and volcanic succession. The Early Jurassic is represented by fluvial to shallow marine sandstone, shale and conglomerate in the western part of the Sakarya Zone. The

metamorphic basement is cut by Eocene volcanisms. The Kirazliyayla Zn-Pb ore deposit is spatially and temporally related with Eocene intermediate extrusive rocks- andesite and trachyandesite with NE-SW extension and covered by clastic and carbonate rocks. In order to detect and define geochemical anomalies, understanding the pattern of element distribution is a crucial matter. Detection of mineralization zones from others is a difficult issue. Therefore, using an ideal method is significant. The application of ideal methods for processing of geochemical data, providing more accurate distribution maps, introducing an optimized method, separating and detecting mineralization zones require appropriate methods for optimizing of the geochemical anomalies and recording the real anomalies (Javid 2014).

Multivariate method as an important approach for identification of anomalies, detection mineralized zones, and recognition of geochemical haloes is used in most of geochemical studies nowadays. Cluster Analysis and Principal Component Analysis as multivariate methods are used to detect and identify geochemical anomalies (Govett et al. 1975; Javid et al. 2015).

CA states the treatment of relationship between the elements under the correlation with maximum expression. This method makes an appropriate classification of the variables, classifies the elements based on their similarity in groups, the differences between clusters and offers paragenesis of elements (Collyer et al., 1973; Julian 1976; Javid et al. 2015).

PCA method is a technique for finding linear combinations of the original variables. This method indeed reduces the dimension of problems, which can, in fact, determines the separation of anomaly communities of context, epigenetic, and syngenetic effects more precisely (Groves et al. 1998; Grunsky et al. 2003; Nasseri et al. 2017). With this method some directions are identified with the maximum of variability, then by defining the new variables which are the linear combinations of the original variables, the number of dimensions (variables) declined and the role of each variable in the linear combination has been determined (Javid et al. 2015).

2. MATERIAL and METHODS

In order to determine the general element patterns and their behaviors in the subjected area, geochemical data analysis was performed by bi-multi variate statistical methods.

2.1. Sampling

Based on JORC standards 4357 samples from 65 boreholes were prepared and shipped for a suite of 33 elements geochemical analyses by ICP-OES intermediate level four acid digestion at the ALS as an accredited lab in Izmir-Türkiye.

2.2. Pre-Processing Data Analysis

The first step of data analysis is preparation data which was launched out from pre-processing stages by revival of detecting censored data (HLD and LLD) by using Cohen (4/3, 3/4) method afterward defining extremes-outlier's data by applying Q method and substitutions of appropriate data in the end of the preprocessing stages.

$$\text{Cohen Method: HLD} * 4/3, \text{LLD} * 3/4$$
$$\text{Q Method: } Q = (X_i - X_{i+1}) / (X_{\max} - X_{\min}), Q - 2\delta < Q < Q + 2\delta$$

Normalization process is performed on abnormal data groups which are extracted from descriptive statistic methods contain of Mean, Median, Mode, Std. Deviation, Skewness, Kurtosis and histograms by applying the Ln method.

2.3. Bivariate Statistics Data Analysis

Pearson Correlation Coefficient is a bivariate statistics method which is applied on set of data to define positive, negative, and zero correlations of element-pairs.

2.4. Multivariate Statistics Data Analysis

Hierarchical Clustering Analysis as a multivariation method is applied on geochemical data to figure out the correlations between element concentrations and determine the paragenetic sequences with strong similarity ties within groups and maximum differences between groups. Principal Component Analysis as a multi variation statistical method is used to subtract the variants and extract the relative contribution of components in elemental distribution sets. Paragenetic occurrences are defined. The elements that have high gained scores in each factor could be considered as indicator elements. The group of elements are extracted as pathfinders.

3. RESULTS and DISCUSSION

3.1. Pre-Processing Data Analysis

The pre-processing stage of the data analysis was conducted by detecting censored data, defining, and replacing outliers by their substitution data by using the Q method. Almost 80% of Ag-As-Be-Bi-Ga-La-Mo-Sb-Th-Tl-U-W element concentrations were lower than detection limit and defined as censored data in the Kirazliyayla ore deposit. The statistical parameters were calculated in Table 1. Al-Fe-K-Mg-Mn-Na-Sc-Ti-V group of elements had normal concentration behaviors and Ba-Ca-Cd-Co-Cr-Cu-Ni-P-Pb-S-Sr-Zn elements had abnormal concentration behavior figure 1.

Table 1. Descriptive statistics of geochemical data.

Element	Mean	Median	Mode	Std. Deviation	Variance	Skewness	Kurtosis
Al	6.14	6.4	7.33	1.9	3.61	-0.14	0.45
Fe	4.64	4.71	4.30 ^a	1.44	2.06	-0.17	-0.27
K	1.48	1.3	1	0.91	0.83	1.75	3.93
Mg	2.08	1.92	1.39	1.16	1.36	0.39	-0.37
Mn	1715.17	1430	720	1041.76	1085254.36	1.06	1.57
Na	0.94	0.86	0.17	0.62	0.39	0.79	0.62
Sc	14.76	10	10	5.93	35.22	0.62	-0.27
Ti	0.45	0.46	0.33	0.14	0.02	0.1	0.12
V	138.37	140	60	54.1	2926.61	-0.13	-0.92
Ba	5.32	5.35	4.94	0.77	0.59	0.21	0.51
Ca	0.64	0.62	.215111 ^a	0.82	0.68	-0.37	1.92
Cd	2.39	2.01	2.01	0.84	0.7	2.52	5.9
Co	2.86	3	3	0.45	0.2	-0.2	-0.71
Cr	3.27	3	3	0.93	0.87	0.69	-0.27
Cu	4.01	3.91	3.91	1.28	1.65	0.76	0.6
Ni	2.83	2.3	2.3	0.94	0.88	1.12	0.17
P	6.28	6.33	6.31	0.36	0.13	-1.67	7.58
Pb	4.72	3.91	2.71	1.97	3.89	0.88	-0.36
S	-0.87	-0.71	-3.28	1.29	1.67	-0.31	-0.63
Sr	4.89	4.87	4.5	0.46	0.21	0.14	-0.03
Zn	6.05	5.48	4.61	1.75	3.06	0.91	0

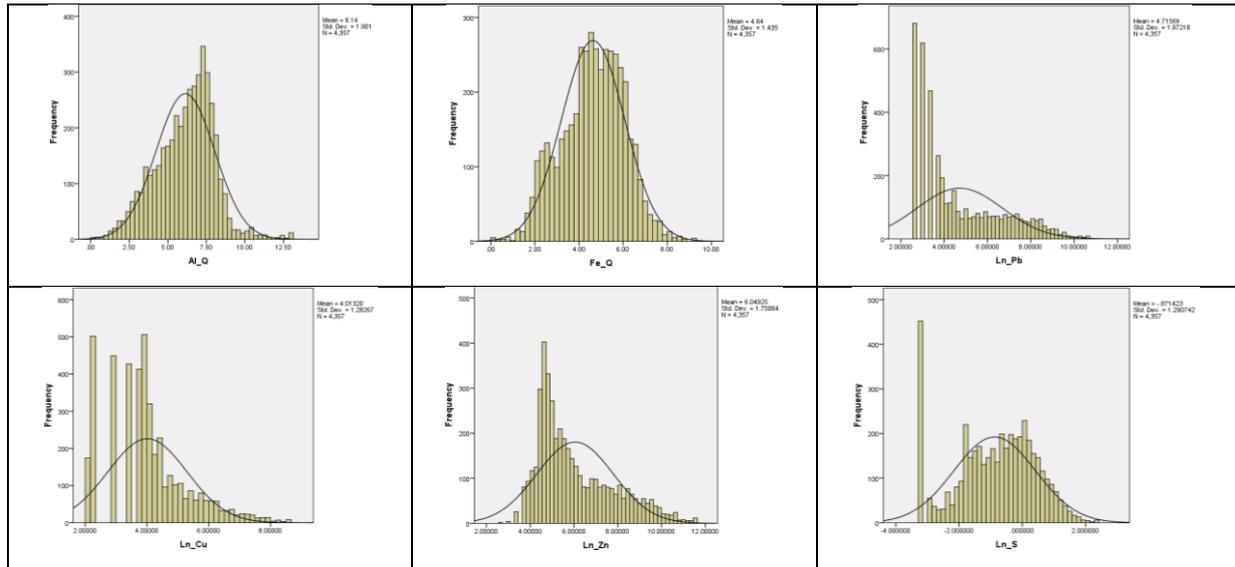


Figure 1. Histograms of Element Concentrations (Al, Fe, Pb, Cu, Zn, S).

3.2. Pearson Correlation Coefficient

By using Pearson Correlation method (Zn-Pb) pair was extracted as a very strong positive association among other elements in the Kirazliyayla ore deposit.

In the second level (Ni-Cr), (Zn-Cd), (V-Ti), (V-Fe) element pairs displayed strong positive associations. (Pb-Cd), (Zn-Cu), (Mn-Mg), (Pb-Cu), (V-Sc), (Zn-Mn), (Mg-Fe), (Cu-Cd), (V-Co), (Pb-Mn), (Mn-Fe) had moderate positive associations. Pairs of (Pb-Na), (K-Ca), (Zn-Na), (K-Fe) had negative correlations.

Table 2. Bivariate correlations.

	Al	Ba	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	Ni	P	Pb	S	Sc	Sr	Ti	V	Zn
Al	1																				
Ba	.02	1																			
Ca	.06	-.09	1																		
Cd	.07	-.00	.02	1																	
Co	.30	-.13	.16	.17	1																
Cr	.03	.08	.24	-.21	.27	1															
Cu	.19	.11	.00	.71	.34	-.07	1														
Fe	.48	-.25	.11	.35	.65	-.01	.45	1													
K	-.08	.46	-.43	-.23	-.30	-.20	-.15	-.41	1												
Mg	.33	-.19	.18	.38	.59	.03	.38	.72	-.32	1											
Mn	.28	-.05	.02	.55	.52	-.10	.53	.70	-.31	.74	1										
Na	-.07	-.15	-.15	-.34	-.19	-.06	-.37	-.18	.08	-.34	-.38	1									
Ni	-.02	.14	.23	-.12	.27	.85	-.00	-.07	-.18	.03	-.06	-.13	1								
P	.31	.01	-.17	-.02	.14	-.09	.09	.26	.15	.05	.11	.13	-.07	1							
Pb	.23	.05	-.04	.79	.33	-.22	.73	.48	-.21	.53	.70	-.44	-.14	.09	1						
S	.18	.23	-.07	.51	.26	-.25	.58	.35	.18	.42	.47	-.37	-.20	.14	.62	1					
Sc	.61	-.18	.15	.17	.54	-.01	.26	.69	-.25	.61	.49	-.14	-.13	.12	.34	.24	1				
Sr	.06	.28	.45	-.03	-.08	.28	.01	-.19	-.02	-.07	-.15	-.27	.35	-.05	-.06	-.02	-.14	1			
Ti	.46	-.27	-.03	.12	.54	-.18	.23	.69	-.20	.46	.38	.11	-.25	.46	.30	.20	.63	-.28	1		
V	.46	-.26	.08	.19	.70	-.00	.33	.80	-.33	.59	.55	-.07	-.10	.25	.38	.26	.73	-.28	.84	1	
Zn	.23	.03	-.06	.84	.34	-.24	.77	.52	-.18	.56	.72	-.42	-.18	.11	.94	.66	.36	-.10	.33	.41	1

3.3. Hierarchical Clustering Analysis

Four associated groups were extracted from CA method: (Zn-Pb-Cd-Cu-S), (Mg-Mn-Ti-V-Fe-Sc-Co-Al-P), (Cr-Ni-Ca-Sr), and (Ba-K-Na) figure 2. In terms of similarity the strongest pair of elements is Zn-Pb. In the first cluster, Cd-Cu-S association with Zn-Pb elements are suggest that those are the nature detectors of sulfide deposits. Therefore, these elements can be used as detectors for sulfide deposits in the vicinity area.

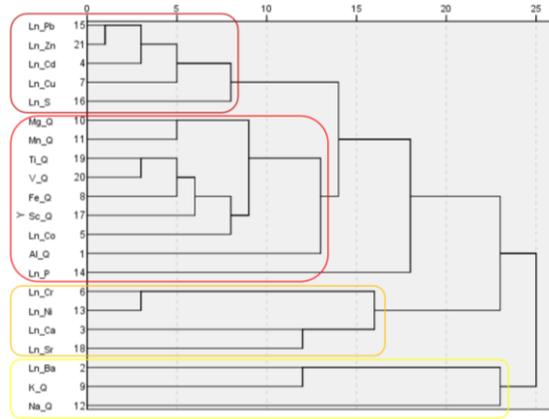


Figure 2. Dendrogram of element concentration.

3.4. Principal Component Analysis

The values of the statistical parameters include of spatial values, variances, and the cumulative variance of each component with the participation values of each component were calculated and twenty-one components were extracted table 3.

Table 3. Total variance explained.

Component		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Initial Eigenvalues	Total	7.3	3	2.7	1.7	1.2	0.9	0.7	0.6	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0
	% of Variance	34.5	14.2	12.8	8	5.6	4.4	3.2	3	2.3	2.1	1.7	1.4	1.3	1.2	1	0.9	0.8	0.6	0.5	0.3	0.2
	Cumulative %	34.5	48.7	61.5	69.5	75.1	79.5	82.7	85.7	88	90.1	91.8	93.2	94.5	95.7	96.7	97.6	98.4	99	99.5	99.8	100
Rotation Sums of Squared Loadings	Total	5.1	4.8	2.2	2	1.7																
	% of Variance	24.3	22.7	10.3	9.5	8.2																
	Cumulative %	24.3	47	57.4	66.9	75.1																

First five among 21 components were selected as playmaker variances in the Kirazliyayla ore deposit with 75% of the variability factors. PCA1: (Zn-Pb-Cd-Cu-S-Mn): Zn, Pb, Cd, and Cu were the most significant elements in the first component with 24% of the total variability. Moreover, first component shown sulfide implied in the Kirazliyayla area. PCA2: (Ti-V-Sc-Fe-Al-Co): Ti, V, Sc, and Fe had the highest influences in the second component. PCA3: (Ni-Cr): Cr and Ni were the rule makers in the third component. PCA4: (K-Ba): and Ba and K came for the fourth component. PCA5: (Sr-Ca): In the last component, Sr and Ca were highlighted table 4.

Table 4. Component matrices.

Component	Al	Ba	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	Ni	P	Pb	S	Sc	Sr	Ti	V	Zn
1	0.1	0.2	0	0.9	0.3	-0.2	0.8	0.4	-0.1	0.5	0.7	-0.6	-0.1	-0.1	0.9	0.7	0.2	0	0.1	0.2	0.9
2	0.7	-0.2	0.1	0	0.7	0	0.2	0.8	-0.2	0.6	0.4	0	-0.1	0.5	0.2	0.2	0.8	-0.2	0.9	0.9	0.2
3	-0.1	0.2	0.1	-0.1	0.4	0.9	0.1	0	-0.2	0.1	0	-0.2	0.9	-0.1	-0.1	-0.2	-0.1	0.2	-0.2	0	-0.1
4	0.2	0.7	-0.4	-0.1	-0.2	0	0.1	-0.2	0.8	-0.3	-0.2	0	0	0.4	0	0.3	-0.1	0.2	-0.1	-0.2	0
5	0.3	0.2	0.8	0	-0.1	0.2	0	-0.1	-0.2	0.1	-0.1	-0.4	0.2	-0.2	0	0	0.1	0.8	-0.2	-0.1	-0.1

4. CONCLUSION

The results of this study can be used as a key in different parts of this region. In this paper, the PCA and CA model were used to identify geochemical anomalies associated with Zn and Pb mineralization. The following conclusions were acquired:

- (1) The multivariate statistical method is a useful tool to identify geochemical anomalies. PCA is used to integrate multi-element concentration values, and CA is used to decompose mixed geochemical paragenesis in a complex geological setting.
- (2) The anomalies of Cu, Fe, S, Zn, Pb in the Kirazliyayla ore deposit should be further investigated in the next phase of mineral exploration studies.
- (3) Based on PCA and CA results, the Kirazliyayla ore deposit is a sulfide ore deposit and Zn, Pb, Cu elements were formed in sulfide phase such as sphalerite, galena, and chalcopyrite minerals.

Acknowledgement: The authors would like to acknowledge İTÜ BAP (Project number: MDK-2019-42442) and Meyra Mining Company for their deferential support for analytical studies and the field works.

REFERENCES

- Collyer, PL., Merrian, DF., “An Application of Cluster Analysis in Mineral Exploration”, *Mathematical Geology*, Vol. 5, No. 3, P. 213-224, 1973.
- Delaloye, M., Bingöl, E., “Granitoids from Western and Northwestern Anatolia: Geochemistry and Modeling of Geodynamic Evolution”, *Int Geol Rev*, 42:241–268, 2000.
- Govett, GJS., Goodfellow, WD., Chapman, RP., Chork, CY., “Exploration Geochemistry- Distribution of Elements and Recognition of Anomalies”. *Mathematical Geology*., P. 415-446, 1975.
- Groves, DI., Goldfarb, R. J., Gebre-Mariam, M., Hagemann, S. G., Robert, F., “Orogenic Gold Deposits: A Proposed Classification in the Context of Their Crustal Distribution and Relationship to Other Gold Deposit Types”. *Ore geology reviews*, Vol.13(1), P.7-27, 1998.
- Julian, KO., “Implementation of Criteria for Partitioning a Dendrogram”, *Mathematical Geology*, Vol. 8, No. 1 P. 75-84, 1976.
- Nasseri, A., Mohammadzadeh, MJ., “Evaluating Distribution Pattern of Petrophysical Properties and Their Monitoring under a Hybrid Intelligent Based Method in Southwest Oil Field of Iran”, *Arab J Geosci*, 10, 9, 2017.
- Okay, AI., Monié, P., “Early Mesozoic Subduction in the Eastern Mediterranean: Evidence from Triassic Eclogite in Northwest Turkey”, *Geology*, 25:595–598, 1997.
- Okay, AI., Monod., O, Monié, P., “Triassic Blueschists and Eclogites from Northwest Turkey: Vestiges of The Paleo-Tethyan Subduction”, *Lithos*, 64:155–178, 2002.
- Topuz, G., Altherr, R., Kalt, A., Satır, M., Werner, O., Schwartz, WH., “Aluminous Granulites from the Pular Complex, NE Turkey: A Case of Partial Melting, Efficient Melt Extraction and Crystallisation”, *Lithos*, 72:183–207, 2004.
- Topuz, G., Altherr, R., Schwarz, WH., Dokuz, A., Meyer, HP., “Variscan Amphibolite Facies Metamorphic Rocks from the Kurtoğlu Metamorphic Complex (Gümüşhane Area, Eastern Pontides, Turkey”, *Int J Earth Sci*, 96:861–873, 2007
- Grunsky, EC., Smee, BW., “Enhancements in the Interpretation of Geochemical Data Using Multivariate Methods and Digital Topography”, *Explore- Association of Exploration Geochemists Newsletter*, 2003.
- Okay, A.I., Tüysüz, O., Satır, M., Özkan-Altın, S., Altın, D., Sherlock, S., Eren, Rh., “Cretaceous and Triassic Subduction-Accretion, HP/ LT Metamorphism and Continental Growth in the Central Pontides, Turkey”, *Geol Soc Am Bull*, 118:1247–1269, 2006.

- Javid, F., Ciftci, E., “Ore Mineralogy of Kirazliyayla (Yenişehir-Bursa-Turkey) Mesothermal Zn-Pb-(–Cu) Deposit: Preliminary Results”, S. Glagolev (Ed.): ICAM, Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences, Springer, 84–89, 2019.
- Javid, F., Mohammadzadeh, M.J., Nasserli, A., “Optimization of Geochemical Patterns Based on Multivariate Methods in the Duzdüzan Area, East-Azerbaijan”, Proceedings of the 24th International Mining Congress of Turkey (IMCET), Antalya / TURKEY, 360-369, 2015.
- Javid, F., “Geostatistical Modeling of Geochemical Anomalies in the Duzdüzan Area E-Azerbaijan”, M.Sc. Thesis, 2014.



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



**Nickel and Cobalt Ratios of Pyrites: Genetic Implication for Ore-Forming Fluids of
Çorak Gold Deposit (Yusufeli-Artvin-Türkiye)**

Kalilou Adama Diarra^{1*}, Emin Çiftci², Ercan Sanğu¹

¹Kocaeli University, Department of Geological Engineering, 41380 Kocaeli, Türkiye

²ITU, Faculty of Mines, Department of Geological Engineering, 33469 Maslak, Sariyer, Türkiye

*136107004@kocaeli.edu.tr

Abstract

Çorak gold deposit is located in Artvin (NE Türkiye). The gold mineralization is structurally controlled and consists of stockwork of quartz vein carrying variable amounts of gold and sulfides. The Co /Ni ratios in pyrite in Çorak has been studied using EPMA to determine the genesis of the ore mineralization. It turns out that the average ratios of Co/Ni in late stage pyrites range from 0 to 1.68 with zero gold. Whereas, the early pyrites' Co/Ni values span from 3 to 5 with an average gold concentration of 0.02 ppm. Data reveal that the early pyrite (stage I) carrying gold, originate from highly concentrated gold and base metal hydrothermal fluid. Whereas, the late pyrite (stage II) does not contained any gold and may precipitated from an evolved fluid mixture, consisting of leached pyrite from sedimentary host rock and less rich hydrothermal fluid.

Keywords: Çorak, gold-deposit, EPMA, pyrite, hydrothermal fluids

1. INTRODUCTION

The Çorak gold deposit is embedded within Çoruh river valley in Yusufeli (Artvin). The deposit is predominantly underlain by andesitic volcanoclastics and lava flows, at the top of the green and cream tuffs [1]. The visible and invisible gold are associated to the intense sulfide mineralization, some are within pyrite and most of them are feeling micro-fissures. The study of Co/Ni ratios in pyrite is a practicably tool to identify the evolution of the ore-forming fluids. Base on Bralía research [2]. We can identify the pyrite according to their Co/Ni ratio as follow:

Volcanogenic pyrites: Co/Ni ratios: 5- 10

Hydrothermal veins: Co/Ni ratios: 1.17- 5

Sedimentary pyrites: Co/Ni ratios: 0.63

This study is to make contribution to a better understanding of the Pontides metallogenic province where a number of different types of ore mineralizations are hosted including well-known Volcanogenic Massive Sulfides. Besides, porphyry, epithermal and skarn type mineralizations also occur in the area.

This study aims to generate a pyrite chemistry-based data base to compare with those of other deposits for discrimination purposes.

2. MATERIAL and METHODS

2.1. Sampling

The samples have been meticulously chosen from 2 different zones: The stockwork and massive sulfide zones. Then, they have been sent to İTÜ lab for further sample preparation through conventional preparation methods to study the samples under ore microscope. After the study, the most auriferous samples associated with pyrite were chosen for electron microprobe analysis.

2.2. Electron Microprobe Analysis (EPMA)

Electron microprobe analyses were undertaken operating a Camera SX-100 electron microprobe with four vertical wavelength dispersive spectrometers at İstanbul Technical University EPMA laboratory. Acquiring of high resolution of different minerals texture have been realized.

3. RESULTS and DISCUSSION

3.1. Ore microscopy and EPMA study

The mineralization at Çorak is structural control by fault, breccia and shear zones. In these structures, quartz vein and /or calcite as a gangue carryout pervasive (stockwork zone: pyrite-chalcopyrite less galena and sphalerite) (Figure 1a) and intense sulfide lens (galena-sphalerite-pyrite-gold-tennantite-tetrahedrite) (Figure 1b).

The EPMA study reveals rare gold in the pervasive mineralization zones (mostly pyrite-chalcopyrite). But, counter to the pervasive sulfide mineralization, the sulfide lens samples do contain some gold grains. Based on reflected light and EPMA study two main pyrites can be observed: The stage II, called as late pyrite, which can be observe in sample Çorak 1 and Çorak 5 (See Table 1). They are associated mainly with chalcopyrite (Figure 2c). They are less fractured and contain almost no pore. Their forms are anhedral and the size is about 100 µm. The early pyrite (stage I) pyrite which contain some cracks and pores able to contain gold (Figure 2d -2e). Their form is euhedral and the size is up to few 100 µm or even more. The native gold occurs also along the boundaries of minerals, in microfractures and the interstitials spaces (Figure 2d).

The table 1 resumes the mineralization characteristics and the main pyrite encountered. Mostly, the gold is associated with the intense sulfide zone where stage I pyrite is prevalent.

Table 1. Location and description of the samples.

SAMPLE IDENTIFICATION	MINERALIZATION	STAGE	DESCRIPTION
Corak 1 : CD -91- 88 m	Andesitic Lapilli Tuff, crosscut by quartz vein	II	Pyrite and chalcopyrite
Corak 5: CD 173 -93 m	Fracture zone, Pervasive structure	II	Quartz vein with pyrite and sphalerite galena
Corak 13 : CD-105 - 180 m	Stockwork, quartz vein with sulfides	I	Lappili tuff /intense sphalerite, galena, Chalcopyrite and minor gold

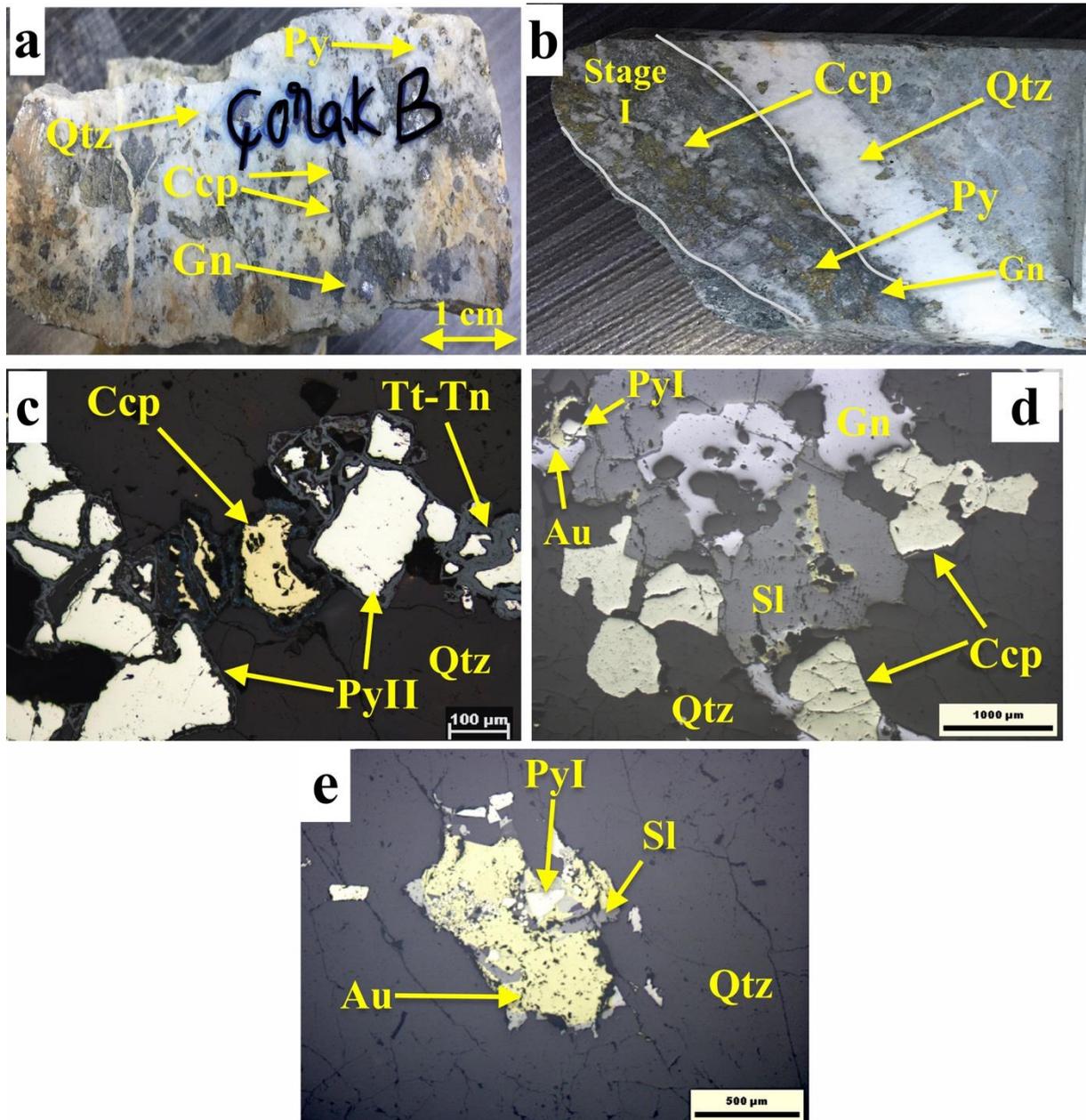


Figure 1. Macro photographs of the main mineralization of Çorak ore: (a) Pervasive mineralization type within the quartz gangue sulfide minerals are visible (stage II), (b) core drill sample showing quartz vein associated to the chalcopyrite, pyrite, galena (Stage I), (c) RLM image of primary pyrite euhedral and chalcopyrite replaces by tennantite-tetrahedrite, (d) RLM image of intense sulfide sample, with independent gold filling fissure, chalcopyrite, galena and sphalerite, (e) RLM image of gold within primary pyrite in quartz gangue, sphalerite replaces pyrite (Py-pyrite; Ccp-chalcopyrite; Gn-galena; Sl-sphalerite, Au-gold, Qtz-quartz).

3.2 Trace elements distribution in pyrite

EPMA have been done in order to check if any gold in those pyrite compositions, it also analyzes the trace elements contains in the minerals. Trace metals in pyrite may occur in several ways: (I) as solid solution within the crystal lattice; (II) as nanoparticles in sulfides; as (III) as micron-sized inclusions of sulfides. Table 2 summarizes the distribution of trace element in pyrite according to different stage and mineralization zone. Eleven (11) pyrites were target during the EPMA study.

Gold concentration in sample pyrite 1 and 5 are below the limit of detection. The concentration of copper spans between 0 to -0.04 ppm. However, in sample pyrite 13 (Çorak pyrite 13); the gold concentration spans from 0.01 to 0.02 ppm. So, EPMA study reveals that this gold concentration observes in (Figure 2e and d) may be a result of Au-bearing hydrothermal fluid precipitating in discontinuities such as microfractures, interstices and cracks. The copper values are also relatively higher spanning from 0.04 to 0.24 ppm. Therefore, there is a positive correlation between Cu and gold. That copper value may be derived from Cu-bearing phases namely chalcopyrite.

To summarize, the stage I pyrite carry gold while secondary stage II carry none.

The ratio of Co/Ni determining the origin of the pyrite are the following:

- ❖ For pyrite 1 and pyrite 5 (stage II) their values span from 0 to 1.68 and mineralization may be affected from sedimentary conditions in late stage of the ore formation (Figure 2b). More data needed to constrain the formation conditions.
- ❖ For pyrite Çorak 13 (stage I) the Co/Ni ratio spans from 3 to 5 identify as originate from hydrothermal vein (Figure 2c).

Table 2. EPMA spot analysis of pyrite grains.

	Pyrite Çorak_1			Pyrite Çorak_5					Pyrite Çorak_13		
S / %	52.53	52.89	52.32	52.45	52.75	52.45	52.6	52.84	52.53	52.34	52.01
Fe / %	45.38	45.92	45.1	46.23	46.05	45.73	45.78	45.78	46.4	46.16	45.58
Co / ppm	0.07	0.04	0.06	0.05	0	0.03	0.03	0.02	0.04	0.03	0.05
Ni / ppm	-0.01	-0.02	-0.01	0.03	0.02	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01
Cu / ppm	0	0.04	0.02	0.02	0.01	0.03	0.02	0	0.04	0.04	0.24
As / ppm	0.05	0.02	0.04	0.05	0.05	0.06	0.04	0.03	0.06	0.05	0.02
Au / ppm	-0.06	-0.09	-0.02	-0.01	-0.04	-0.06	-0.03	-0.02	0.01	0.02	0.02
Total	97.96	98.79	97.51	98.81	98.85	98.28	98.45	98.67	99.09	98.66	97.92

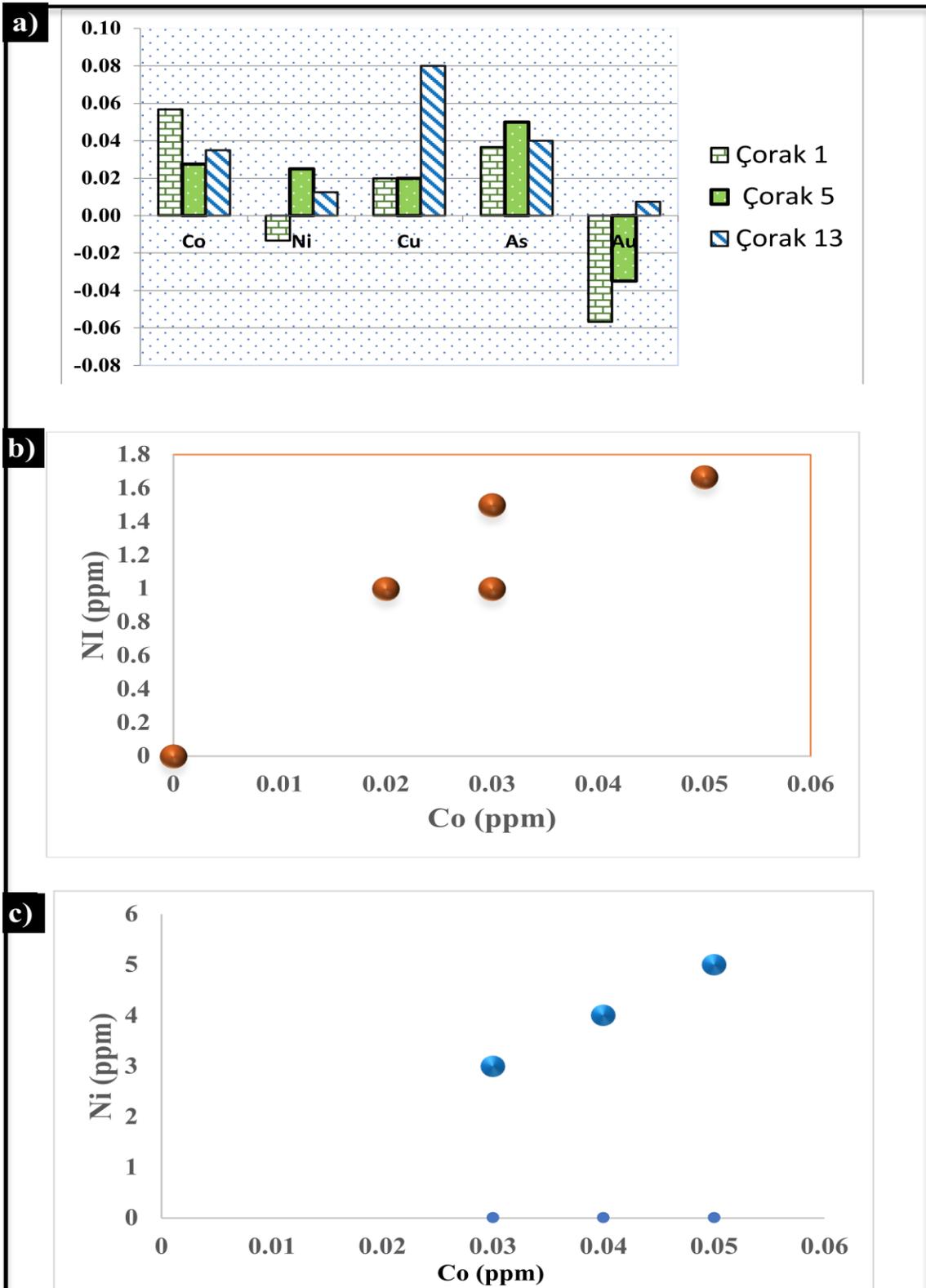


Figure 2. (a) Diagram of repartition of elements in different pyrite from Çorak. Only Çorak-13 contains pyrite, (b) binary correlation between Co/Ni in Çorak pyrite 1 and 5 (Stage II), with Co/Ni values spanning between 0 and 1.68, (c) binary correlation between Co and Ni in Çorak pyrite 13. The Co/Ni values range from 3 to 5.

4. CONCLUSIONS

Based on the cobalt vs nickel ratio from several pyrites, the copper anomaly and the EPMA study; we can suggest that, the early pyrite carrying gold originates from highly concentrated gold and base metal-rich hydrothermal fluid. The late pyrite (stage II) it has probably precipitated from an evolved fluids mixture of leached pyrite from mainly host sedimentary rock, meteoric water and lesser rich hydrothermal fluid.

5. REFERENCES

- [1] Barnett, W., et al." Preliminary economic assessment on the Taç and Çorak deposits, Yusufeli property, Artvin Province, Türkiye". SRK Consulting technical report prepared for Mediterranean Resources Ltd 2011.
- [2] Bralía, A., G. Sabatini, and F. Troja. "A revaluation of the Co/Ni ratio in pyrite as geochemical tool in ore genesis problems." *Mineralium Deposita* 14.3 (1979): 353-374.

Acknowledgement: This study is supported by the Scientific Research Project Unit of Kocaeli University (No: 2017/080).



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu

9th Geochemistry Symposium with International
Participation



Kaplanköy (Bergama-İzmir) Au-Ag-Pb-Zn-Cu Cevherleşmesinin Toprak Örnekleri İle Jeokimyasal Araştırılması

*Geochemical Investigation of Kaplanköy (Bergama-Izmir) Au-Ag-Pb-Zn-Cu Mineralization
by Soil Sampling*

**Ramazan Sarı^{1*}, Fatih Bademler², Zehra Deveci Aral², Elif Dilek Bayrakçıoğlu², Serkan
Özkümüş², Cahit Dönmez², Gülcan Bozkaya³, Sefa Arslan⁴, Hasan Baştuğ⁴**

¹Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Kuzeybatı Anadolu Bölge Müdürlüğü, Balıkesir, Türkiye

²Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Maden Etüt ve Arama Dairesi, Ankara, Türkiye

³Pamukkale Üniversitesi, Denizli, Türkiye

⁴Turkish Petroleum International Company, Ankara, Türkiye

*rsarimta@hotmail.com

Özet

Kaplanköy Au-Ag-Pb-Zn-Cu cevherleşmesi, Biga Yarımadası'nın güneydoğusunda, Bergama ilçesinin kuzeydoğusunda yer alır. Çalışma alanı, Türkiye Metalojeni Haritasında "Orojenez Sonrası Ardoluşumlu (Epijenetik) Hidrotermal Cevherleşmeler Metalojenik Kuşağı" bulunur. Ayrıca "Biga Yarımadası Metalojeni Haritası"nda ise genişleme tektoniği ile ilgili epitermal mineralleşme zonu içerisinde yer almaktadır.

İnceleme alanının temelini Alt Triyas yaşlı Karakaya formasyonu oluşturmaktadır. Alt Miyosen yaşlı asidik ve andezitik volkanitler ile linyitli seviyeler içeren Soma formasyonu yanal ve düşey geçişli olup Karakaya formasyonunu uyumsuz olarak örtmektedirler. Ayrıca bölgede, genç subvolkanikler haritalanmıştır. Subvolkaniklerle ilişkili olduğu arazide gözlemlenen cevherleşme, yüzeyde yoğun alterasyon ve seyrek, ağsal, cevherli barit+silis+karbonat damar-damarcıklarıyla kendini göstermektedir.

Çalışma sahası içerisinde damarların gözlemlenmediği ve gömülü olan yerlerde anomalileri belirlemek amacıyla toprak jeokimyası yapılmıştır. Kaplanköy Au-Ag-Pb-Zn-Cu sahasında, 2,2 km²'lik alanda yürütülen detay jeokimya çalışmaları kapsamında (İncirli Dere, Kabak, Çamlıgedik, Kısacaören, Taşlıtarla, Kıtık ve Kocaharman Tepe) 500x100 m aralıklarla 492 adet toprak örneği alınarak Au, Ag, As, Sb, Cu, Pb, Zn ve Mo analizleri yaptırılmıştır. Yapılan analizlerde tüm elementler için Kral Suyu'nda çözme işlemi yapılmış ve Au elementi ICP-MS yöntemi ile, Ag, As, Sb, Cu, Pb, Zn ve Mo elementleri ise ICP-OES yöntemi ile analiz edilmiştir. Deteksiyon limitinin altında kalan değerlerin istatistiksel değerlendirmelerinde Au için 10 ppb, Ag için 0,5 ppm, Sb, As ve Mo için 3 ppm değerleri esas alınmıştır. Cu, Pb ve Zn elementleri için sırasıyla 3 ppm, 5 ppm ve 3 ppm'in üzerinde olan değerler alınmış ve bu elementler için bölgesel eşik değerler 34 ppm, 937 ppm ve 521 ppm olarak belirlenmiştir. Toprak örneklerine ait Au, Ag, As, Sb, Cu, Pb, Zn ve Mo içerikleri ile Au, Ag, As, Pb ve Zn elementleri için hesaplanan eşik değerler bölgesel sedimanter ve magmatik kayaç ortalamaları ile yerkaabuğu ortalama değerlerinden yüksektir. Ayrıca Au-Ag, As-Sb ve Pb-Zn elementleri arasında kuvvetli pozitif

korelasyon, Au-As, Cu-As, As-Mo, Zn-Sb, Pb-Cu, Zn-Cu ve Zn-Mo arasında negatif korelasyon saptanmıştır.

Jeokimyasal ve istatistiksel değerlendirmelere göre İncirli Dere ve Kabak Tepe mevkiilerinde Au-Ag-Sb-Cu-Pb-Mo, Kısacıkören Tepe mevkiinde Au-Ag-Sb-As-Cu-Pb-Zn-Mo, Taşlıtarla, Kıtık ve Kocaharman Tepe mevkiilerinde Au-Ag-Sb-Cu-Pb-Zn ve Çamlıgedik Tepe mevkiinde ise As-Au anomalileri belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Biga Yarımadası, Kaplanköy, subvolkanit, toprak jeokimyası

Abstract

Kaplanköy Au-Ag-Pb-Zn-Cu mineralization area is located in the southeast of Biga Peninsula and northeast of Bergama District. Study area is geologically located in Map of Türkiye Metallogeny "Post-Orogenic Epigenetic hydrothermal mineralization Metallogenic Belt" and epithermal mineralization zone related to extensional tectonics in the "Biga Peninsula Metallogeny Map".

The basement rock of the study area is Lower Triassic aged Karakaya Formation. Karakaya Formation is unconformably overlain by Lower Miocene aged acidic and andesitic volcanics which is laterally and vertically transitional with lignite-bearing Soma Formation. Younger hypabyssal rocks are also mapped. Hypabyssal rock-related mineralization is observed with intense alteration and rare, stockwork, ore-bearing barite+silica+carbonate vein-veinlets.

Detailed soil geochemistry was carried out in order to determine anomalies in buried areas where veins are not observed in the study area. Within the scope of detailed geochemistry studies (İncirli River, Kabak, Çamlıgedik, Kısacaören, Taşlıtarla, Kıtık and Kocaharman Hill) in the Kaplanköy Au-Ag-Pb-Zn-Cu mineralization area, 492 soil samples were taken at intervals 500x100 meters with grid method in 2.2 km² area and analyzed for Au, Ag, As, Sb, Cu, Pb, Zn and Mo. All elements were dissolved in aqua regia extraction. Au element was analyzed by ICP-MS method, Ag, As, Sb, Cu, Pb, Zn and Mo elements were analyzed by ICP-OES method. In the statistical assessment of the analyzed samples, detection limits are accepted as 10 ppb for Au, 0.5 ppm for Ag, 3 ppm for Sb, As and Mo were used. Values above 3 ppm, 5 ppm and 3 ppm were used for Cu, Pb and Zn elements respectively, and regional threshold values for these elements were determined as 34 ppm, 937 ppm and 521 ppm. Au, Ag, As, Sb, Cu, Pb, Zn and Mo contents and regional threshold values Au, Ag, As, Pb and Zn are above the average regional sedimentary and magmatic rocks and earth crust values. Strong positive correlation between Au-Ag, As-Sb and Pb-Zn element pairs and negative correlation between Au-As, Cu-As, As-Mo, Zn-Sb, Pb-Cu, Zn-Cu, and Zn-Mo were observed.

The Au, Ag, As, Sb, Cu, Pb, Zn and Mo contents of the soil samples and the threshold values calculated for the Au, Ag, As, Pb and Zn elements are higher than the regional sedimentary and magmatic rock averages and the average values of the earth's crust. In addition, a strong positive correlation was found between Au-Ag, As-Sb and Pb-Zn elements, and a negative correlation was found between Au-As, Cu-As, As-Mo, Zn-Sb, Pb-Cu, Zn-Cu and Zn-Mo.

Based on the geochemical and statistical evaluation of the soil samples derived from Kaplanköy area Au-Ag-Sb-Cu-Pb-Mo anomaly around the Incir River and Kabak Hill, Au-Ag-Sb-As-Cu-Pb-Zn-Mo anomaly around Kısacıkören, Au-Ag-Sb-Cu-Pb-Zn anomaly around Taşlıtarla, Kıtık and Kocaharman Hill and As-Au anomaly around Çamlıgedik Hill were determined.

Keywords: Biga Peninsula, Kaplanköy, subvolcanics, soil geochemistry



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



**Geochemical and Mineralogical Study of Elmalar (Kahramanmaraş) Manganese
Deposit**

Elmalar (Kahramanmaraş) Mangan Yatağının Jeokimyasal ve Mineralojik Çalışması

Naşide Merve Sütçü*, Emin Çiftçi, Ali Tuğcan Ünlüer

¹ITU Faculty of Mines Department of Geological Engineering, Maslak-İstanbul, Türkiye

*sutcun@itu.edu.tr

Abstract

Volcanogenic sediment-hosted manganese mineralizations are widespread in southeastern Türkiye, and are generally observed in suture zones with the radiolarite and spilitic basalt intercalations. The Elmalar manganese deposit is closely associated with radiolarite intercalations with spilitic basalts of Koçali complex of Upper Cretaceous age. The mineralizations are stratiform, lens-shaped bodies and mainly composed of pyrolusite, manganite. The gangue minerals are quartz, calcite, and various clay minerals. Samples taken from the study area and important well-known manganese deposits of Türkiye have analyzed their major oxide, trace elements, and REE by ICP-AES and ICP-MS methods. The average ratio of Fe/Mn is calculated as 0.01174. And Ba contents of the samples are changed between 2360 ppm and 11600 ppm which is a very high ratio than normal which suggests that the metal source of deposit looks like submarine volcanism related. In addition to this, due to the Si-Al, Fe-(Ni+Co+Cu)x10, (Co+Ni)-(Ag+Cu+Mo+Pb+V+Zn) discrimination diagrams fell into hydrothermal area and are affected by the diagenetic processes. According to the Co/Zn ratio (2.3 to 4), Co/Ni ratio (2.8 to 5), and sample distributions for Ni-Zn-Co diagrams, hydrogenetic effects were seen because of the high Co content from the samples. Spider diagrams generate from the REE analysis show a negative Ce anomaly which indicates the origin of the deposit is hydrothermal. LREE/HREE ratio refers to enrichment of light elements which point out to primary enrichment. Elmalar manganese mineralization which is a volcanogenic sedimentary deposit occurred by precipitation as a chemical sedimentary as a result of submarine volcanism origin exhalative fluids carrying Fe and Mn ions spread to the ocean floor. Spatial and temporally related occurrences are known along the Bitlis-Zagros suture especially with Cu and Fe mineralizations. Elmalar (K. Maraş) mineralization can be accepted as example in the NW of the suture zone and Kilis mineralization in the SE.

Keywords: Manganese, Bitlis-Zagros suture, submarine volcanism, volcanogenic sedimentary, Kahramanmaraş

Özet

Volkanojenik sedimenter kökenli mangan cevherleşmeleri Güneydoğu Anadolu'da yaygın olup, genellikle radyolarit ve spilit bazalt ara katlı kenet zonlarında gözlenir. Elmalar mangan yatağı, Üst Kretase yaşlı Koçali kompleksinin spilitik bazaltları ile radyolarit ara katmanları ile yakından ilişkilidir. Cevherleşmeler stratiform, lens şekilli gövdelerdir ve esas olarak pirolüsit, manganitten oluşur. Gang

mineralleri kuvars, kalsit ve çeşitli kil mineralleridir. Bölgeden ve Türkiye'nin önemli manganez yataklarından alınan örneklerden ICP-AES ve ICP-MS yöntemleri kullanılarak majör, eser element ve NYE analizleri yaptırılmıştır. Ortalama Fe/Mn oranı ise 0.01174 olarak hesaplanmıştır. Cevherleşme ayrıca düşük miktarlarda Al ve Ti içermektedir. Bu da cevherleşmede metal kaynağının sedimentler olmadığını önermektedir. Cevherleşmede 2360 ppm ile 11600 ppm aralığında yüksek miktarda Ba içeriği gözlenmiş olması metal kaynağı ile ilgili yorumu destekler nitelikte olup deniz altı hidrotermal etkinliği ile oluşmuş yataklara benzemektedir. Bunun yanı sıra yapılan Si-Al, Fe-(Ni+Co+Cu)×10-Mn, (Co+Ni)-(Ag+Cu+Mo+Pb+V+Zn) ayırtman diyagramlarında da örnekler hidrotermal alana düşmüş ve diyajenetik süreçlerden etkilendiği gözlenmektedir. Öte yandan Co/Zn oranı (2.3 ile 4) ile Co/Ni oranı (2.8 ile 5) olup, Ni-Zn-Co diyagramında da örneklerin çoğunluğu yüksek kobalt içeriği sebebiyle hidrojenetik alana düşmüştür. NYE analizlerinden yapılan örümcek diyagramlarında ise negatif Ce anomalisi yatağın hidrotermal kökenli olduğunu işaret etmektedir. HNYE/ANYE oranına göre ise yatak hafif elementlerce zenginleşme göstermiş olup, bu da birincil bir zenginleşmeye işaret etmektedir. Elmalar mangan cevherleşmesi denizaltı volkanizmi kaynaklı eksalasyon ürünü mangan yataklarına dahil olup, volkanojenik sedimentler kökenli bir yataktır. Yatağın oluşumu, Fe ve Mn iyonlarını taşıyan denizaltı volkanizmi kökenli eksalatif akışkanların deniz tabanına yayılması sonucu kimyasal sedimentler olarak çökmesi ile gerçekleşmiştir. Bitlis-Zagros sütürü boyunca özellikle Cu ve Fe cevherleşmeleri ile uzaysal ve zamansal ilişkili olarak birçok zuhurun varlığı bilinmektedir. Elmalar cevherleşmesi bu kenet kuşağının KB'sında, Kilis cevherleşmesi ise GD'sunda yer alan örnekler olarak kabul edilebilir.

Anahtar Kelimeler: Manganez, Bitlis-Zagros sütürü, deniz altı volkanizmi, volkanojenik sedimentler, Kahramanmaraş

1. INTRODUCTION

Türkiye's manganese deposits are classified into four subgroups according to their genesis, geochemical features, mineralogy, wall rock relations and formation age. These subgroups are; (a) radiolarian chert hosted, (b) black shale hosted, (c) volcanic hosted, (d) Thrace basin sediment hosted deposits [1]. The studied Elmalar manganese deposit which is located on SE Türkiye, is a radiolarian chert hosted deposit with volcanic affinities. The main aim of this study is to understand the mineralization conditions of the Elmalar deposit. For this purpose; the lithological relations, mineralogical and petrographical properties, and geochemical characteristics were revealed. The Elmalar manganese deposit, which is observed conformably between deep sea sediment layers, can also be important for understanding the characteristics of the abyssal sediments of the Southern branch of Neotethyan suture zone. The deposit is thought to be originated from the reducing environment in anoxic conditions of the deep oceanic floor with dissolved manganese rich fluids of the volcanism of subduction related tectonic regime. Study area is located in Elmalar region, Dulkadiroğlu county, Kahramanmaraş (Figure 1). The main objective of this study is to determine geological, mineralogical, petrographic characteristics, geochemical features and the genesis of the Elmalar manganese deposit. The manganese mineralization in the Elmalar region can be observed as intercalations with radiolarites in the upper parts of the spilitic basalts of the Upper Cretaceous Koçali complex along the southern Neo-Tethyan suture zone. The mineralization is coeval with the pre- collisional sedimentation process and generally found as irregular lenses.

crystals are generally deformed as a result of highly active compressional tectonic regime. Some carbonate veinlets can be observed along the fractures of fine-grained and mostly anhedral pyrolusite crystals. Due to the textural relationships of coarse-grained with fine-grained pyrolusite and psilomelane; the supergene alterations are the main factor for the mineralization of subhedral psilomelane crystals.

4.2. Geochemistry

The evaluation of the geochemical data is a key factor to explain the depositional environment and genesis of Manganese ores. The Fe/Mn ratio is widely used to determine the type of the manganese deposit. The Elmalar deposit has Fe/Mn ratio of 0.01174 indicating a volcanic hydrothermal interfered sedimentary deposit. Generally, hydrothermal deposits associated with active oceanic spreading centers show low Fe/Mn ratios. On the other hand, sedimentary manganese deposits have wider range as $0.1 > \text{Fe/Mn} > 10$ [6]. The Elmalar deposit is a product of combined processes volcanic hydrothermal activity and chemical sedimentary processes. Due to the higher solubility of manganese in deep sea environments with oxidizing conditions, the Fe and Mn precipitated separately. This process is mainly triggered by the gradual change of pH in the oxidising environment. The low Fe/Mn ratios also can be interpreted as the formation of manganese deposits took place in distal sites of the oceanic crusts spreading center [7,8]. The percentage of SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃ in order is between 72.4 and 59.9; 0.59 and 0.84; 0.23 and 0.29. The Si-Al diagram is used to distinguish between hydrothermal and sedimentary deposits [9]. This diagram is generated for the Elmalar deposit and because of the low Al content and the high Si content, the deposit plots in the hydrothermal area on this diagram (Figure 2b). This suggests that the metal source in the mineralization is not sedimentary. The high amount of Ba content observed in the mineralization in the range of 2360 ppm to 11600 ppm supports the interpretation of the metal source and is similar to the deposits formed by subaqueous hydrothermal activity. The Fe-(Ni+Co+Cu)×10-Mn diagram distinguishes between hydrogenetic and exhalative hydrothermal ferrous manganese deposits (Figure 2c). Co, Cu, Ni and Zn are reported to be depleted in hydrothermal deposits according to hydrogenetic deposits [6]. According to Ni-Zn-Co hydrothermal and hydrogenetic discrimination diagram, hydrogenetic and hydrothermal effects were observed together in manganese mineralization of Elmalar [5] (Figure 2a). From the trace elements (Ni, Cu, Co) used to construct the diagram, Ni and Cu indicates the hydrothermal origin and, the Co indicates the hydrogenetic origin [10]. Co/Zn ratio is interpreted as the discrimination indicator between hydrothermal and hydrogenetic deposits that is stated Co/Zn 0.15 for hydrothermal and 2.5 for hydrogenetic deposits [9]. Also, according to Co+Ni+Ag+Cu+Mo+Pb+V+Zn diagram, samples plot in the hydrothermal area (Figure 2d). Elmalar manganese deposit is similar to submarine hydrothermal deposits with showing negative Ce anomaly and low total REE content (Figure 2e). In the case of Tavas and Kilis manganese deposits, Ce gives a positive anomaly and resemble hydrogenetic deposits. However, Kilis did not show a strong positive Ce anomaly in the manganese sample, such as Tavas, and the total REE contents were very low compared to the other analyzed deposits and the known hydrogenetic manganese deposits in the world. Negative Ce anomaly was observed in Binkılıç, Dursunbey and Trabzon samples. The LREE/HREE ratio of the Elmalar deposits is 16.12 and the light elements are enriched. As mentioned in the [13], the light rare earth elements indicate the primary enrichment in the Mn oxidation process.

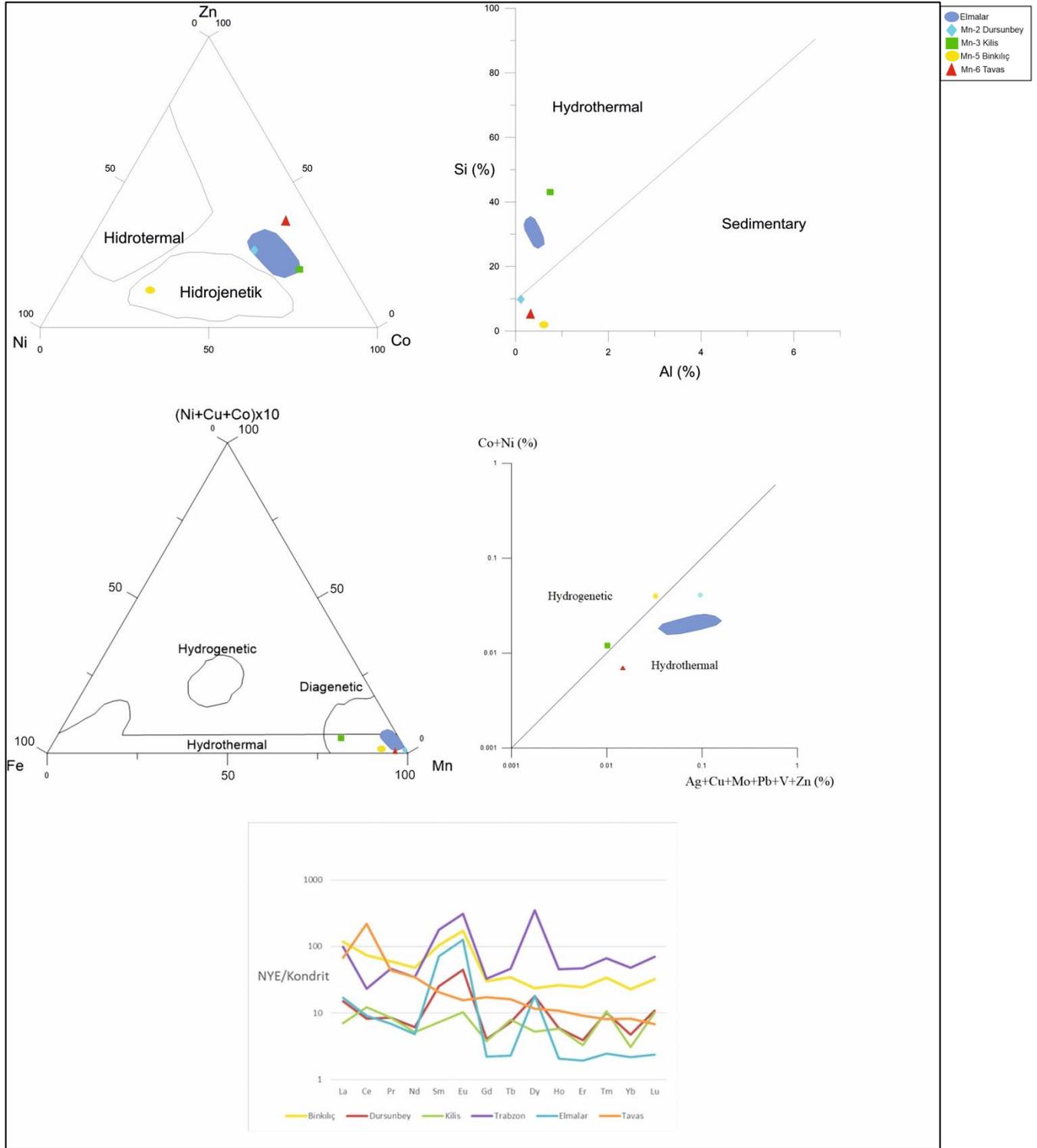


Figure 2. (a) Ni-Zn-Co discrimination diagram of the ore samples (Choi and Hariya 1992), (b) Si-Al discrimination diagram of the ore samples (Toth 1980), (c) Fe-(Ni+Co+Cu)×10-Mn discrimination diagram of the ore samples (Bonatti vd. 1972; Crerar vd. 1982, Hein vd. 1992), (d) Co+Ni-Ag+Cu+Mo+Pb+V+Zn discrimination diagram of the ore samples (Nicholson 1992), (e) Chondrite normalized (Boynton 1984) REE patterns of study area rocks.

5. CONCLUSIONS

- 1) Manganese mineralizations in the Elmalar open pit (the deposit is currently operated closed) are a syngenetic and stratiform formation in concordant with the radiolarites in the Upper Cretaceous aged Koçali Formation.
- 2) In XRD studies, it is observed that mineral paragenesis of the Elmalar (K. Maraş) manganese deposit consists of pyrolusite and manganite as the main ore mineral, trace amount of cryptomelane and psilomelane; it consists of quartz, calcite and clay minerals as gangue minerals.
- 3) When it is integrated with the geochemical analysis, as a natural result of Fe ion being oxidized more easily than Mn ions, deposited earlier and Mn ions carried further away due to the high Eh potential. Here, it is interpreted as chemical exhalatively precipitated with sediments in the form of manganese oxides and petrified by exposure to the diagenetic process.
- 4) Elmalar manganese deposit has been interpreted as a distal exhalative mineralization formed due to advanced volcanic activities in Bitlis–Zagros suture zone in terms of field observations and mineralogical and geochemical properties.
- 5) As a result of detailed field observations, mineralogical and geochemical studies, it can be concluded that the Elmalar mineralization field is a volcanic sedimentary type manganese deposit.

Acknowledgement: This study is supported by the Scientific Research Projects Unit of Istanbul Technical University (Project no: 40682).

REFERENCES

- [1] Ozturk, H., “Manganese deposits in Turkey: Distribution, types and tectonic setting”, *Ore Geology Reviews*, 12 (3), 187-203, 1997.
- [2] Yilmaz, Y., Yiğitbaş, E., “Güneydoğu Anadolu’nun farklı ofiyolitik-metamorfik ve bunların jeolojik evrimdeki rolü”, *Türkiye 8. Petrol kongresi.*, 128-140. Ankara, Turkey, 1990.
- [3] Corliss, J. B., Lyle, M., Dymond, J., “The chemistry of hydrothermal mounds near the Galapagos rift”, *Earth Planet Sci. Letters*, v. 40, 12-24. USA, 1978.
- [4] Nicholson, K., “Contrasting mineralogical-geochemical signatures of manganese oxides: Guides to Metallogenesis”, *Economic Geology*, v. 87, 1253-1264. 1992.
- [5] Choi, J.H., Hariya, Y., “Geochemistry and depositional environment of Mn oxide deposits in the Tokoro Belt, Northeastern Hokkaido”, *Economic Geology*, v. 87, 1265-1274. Japan. 1992.
- [6] Bonatti, E., Kraemer, T., Rydell, H., Classification and genesis of submarine iron-manganese deposits. In Horn D., (Eds.), *Ferromanganese deposits on the ocean floor* (pp. 149–166), Natl. Sci. Found., Washington, D. C., USA, 1972.
- [7] Hein, J.R., Kochinsky, A., Hallbach, P., Manheim, F.T., Bau, M., Kang, J.K., Lubick, N., Iron and manganese oxide mineralization in the Pacific. In: Nicholson, K., Hein, J.R., Buhn, B., Dasgupta, S. (Eds.), *Manganese Mineralization: Geochemistry and Mineralogy of Terrestrial and Marine Deposits*, Geological Society of London Special Publication 119: 123–138. 1997.
- [8] Krauskopf, K. B., *Jeokimyaya Giriş* (Çeviri Aykol, A., İnan, K., Suner, F.), İTÜ Matbaası, İstanbul. 1985.
- [9] Toth, J.R., “Deposition of submarine crusts rich in manganese and iron”, *Geol. Soc. America Bul.*, Pt. I. v. 91, 44-54. Oregon, USA, 1980.
- [10] Crerar D. A., Namson J., Chyi M. S., Williams L., Feigenson M. D., “Manganiferous cherts of the Franciscan Assemblage: I. General geology, ancient and modern analogues and implications for hydrothermal convection at oceanic spreading centers”, *Economic Geology*, 77: 519. 1982.

- [11] Bender, M. L., Broecker, W., Gornitz, V., Middel, U., Kay, R., Sun, S.S., Biscaye, P., “Geochemistry of three cores from the East Pasific Rise. *Earth and Planet Sc. Let.*”, 12, 425-433. 1971.
- [12] Dymond, J., Coliss, J.B., Health, G.B., Field, C.W., Dasch, E.J., Weeh, H.H., 1973, Origin of metalliferous sediments from the Pasific Ocean. *Geol. Soc. America Bull.*, 84, 3355-3372.
- [13] Oksuz, N., Geochemical characteristics of the Eymir (Sorgun-Yozgat) manganese deposit. *Journal of Rare Earths*, 29: 287-295 2011.
- [14] Oztunali, Ö., Maden Yatakları Oluşumları ve Değerlendirilmeleri, Latin Matbaası, İstanbul, Türkiye, 1973.
- [15] Kirikoğlu M. S., Maden Yatakları, Teknik Üniversite Matbaası, İstanbul, Türkiye, 1992.



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



**Biga Yarımadası Güneyi'nde Toprak Jeokimyası ile Cevherleşme Belirlenmesi:
Evciler Cevherleşmesi Örneği**

*Determination of Mineralization by Soil Geochemistry in the South of Biga Peninsula:
Evciler Mineralization*

**Ramazan Sarı^{1*}, Fatih Bademler², Zehra Deveci Aral³, Garip Nas⁴, Sefa Arslan⁴, Burhan Yunus
Çakır⁴, Rabia Ecem⁴⁻⁵, Demet Kıran Yıldırım⁵**

¹Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Kuzeybatı Anadolu Bölge Müdürlüğü Balıkesir, Türkiye

²Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Balıkesir-Edremit Kamp Şefliği Balıkesir, Türkiye

³Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Maden Etüt ve Arama Dairesi, Ankara, Türkiye

⁴Turkish Petroleum International Company Ankara Türkiye

⁵İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, J eoloji Mühendisliği Bölümü, Sariyer, İstanbul, Türkiye

*rsarimta@hotmail.com

Özet

Çalışma alanı, Biga Yarımadası'nda, Balya Pb-Zn maden sahasının yaklaşık 10 km güneybatısında, gerilmeli tektonik ile ilişkili epitermal cevherleşme zonu içerisinde yer almaktadır. Bölgede Alt Triyas yaşlı metakonglomera, metakumtaşı, kumtaşı, aglomera, metavolkanit içerisinde değişik boyutlarda Permian yaşlı kireçtaşı blokları içeren ve Triyas yaşlı sedimanter kayalar (Karakaya Kompleksi) ile Üst Oligosen-Alt Miyosen yaşlı andezitik lav ve piroklastiklerden oluşan Hallaçlar volkaniti, Alt Miyosen yaşlı asidik lav ve piroklastikler ile andezitik lav ve piroklastiklerinden oluşan Şapçı volkaniti ile kuvars ve biyotitçe zengin bol kayaç parçalı asidik bileşimli lav ve piroklastiklerden oluşan Yürekli dasiti yer almaktadır. Çalışma alanının kuzeyinde, kendisinden önceki birimleri kesen diyorit porfir subvolkanik bir sokulum yer almaktadır. Sokulumla bağlı olarak gelişmiş epitermal sistemin üst kesimlerinde yoğun silisli, yer yer boşluklu, yer yer breşik, limonit ve hematitli silisleşmiş zonlar gözlenmekte olup, silisli zonların alt kesimlerinde ise yoğun pirit saçınımlı, yer yer ağsal, koyu gri renkli silis damar-damarcıklı ve breşik zonlar gözlenmektedir.

Cevherleşme potansiyeli öngörülen yaklaşık 2 km²'lik alanda K45B yönlü karelej yöntemiyle toprak örnekleme yapılmıştır. Toprak örneklerinde; ICP-MS metodu ve Kral Suyu Çözeltisi ile Au, ICP-OES metodu ile As, Bi, Co, Cu, Mo, Ni, Pb, Sb V, ve Zn elementleri, AAS metodu ile Ag elementlerinin analizleri yapılmıştır. Jeokimyasal analizlerden elde edilen verilere göre Au-Sb, Au-Cu, Ag-Sb, Ag-Cu, Sb-Pb, Sb-Zn ve Cu-Zn elementleri Au-Zn, ve Ag-Zn arasında pozitif korelasyonlar görülmektedir. Cevher mineralleri pirit, kalkopirit, sfalerit, galen ve sulfotuzlardan oluşmaktadır. Yapılan analizlere göre, cevher-alterasyon-yan kayaç bağlantıları oluşumun düşük sülfidasyon epitermal tip Au-Pb-Zn yatakları ile benzer olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Biga Yarımadası, Evciler, toprak jeokimyası

Abstract

Study area is located on the Biga Peninsula, approximately 10 km southwest of the Balya Pb-Zn mine site, within the epithermal mineralization zone associated with the extensional tectonics. In the region, the Lower Triassic metaconglomerate, metasandstone, sandstone, agglomerate, metavolcanic containing Permian aged limestone blocks of different sizes and Triassic aged sedimentary rocks (Karakaya Complex) and Upper Oligocene-Lower Miocene andesitic lava and pyroclastic rocks of the Hallaçlar acidic volcanite, Lower Miocene aged Şapçı volcanite, which consists of lava and pyroclastics, andesitic lava and pyroclastics, and Yürekli dacite, which is composed of quartz and biotite rich rock fragments, acidic lava and pyroclastics. At the the north of the study area, the diorite porphyry subvolcanic intrusion that cuts through the previous units. Intense siliceous, partly hollow, partly brecciated, limonite-hematite bearing silicified zones are observed in the upper parts of the epithermal system developed due to intrusion, while in the lower parts of the siliceous zones, densely disseminated pyrite, occasionally stockwork dark gray colored silica vein-veined and brecciated zones are observed.

Sampling was carried out using the N45W directional grid method in an area of approximately 2 km², which is predicted to have a mineralization potential. In soil samples; Analysis of Au with ICP-MS method and King's Water Solution, As, Bi, Co, Cu, Mo, Ni, Pb, Sb V, and Zn elements with ICP-OES method and Ag elements with AAS method. According to the data obtained from geochemical analyzes, positive correlations are observed between Au-Sb, Au-Cu, Ag-Sb, Ag-Cu, Sb-Pb, Sb-Zn and Cu-Zn elements Au-Zn, and Ag-Zn. The ore minerals consist of pyrite, chalcopyrite, sphalerite, galenite sulfites chalcopyrite. According to the analyzes made, the ore-alteration-wall rock relations show us that they are similar to the low-sulphidation epithermal type Au-Pb-Zn deposits.

Keywords: Biga Peninsula, Evciler, soil geochemistry



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



TEMATİK OTURUMLAR 01 / THEMATIC SESSIONS 01
MİNERAL YATAKLARI VE ARAMA JEOKİMYASI
MINERAL DEPOSITS AND EXPLORATION GEOCHEMISTRY
POSTER SUNUMLAR / POSTER PRESENTATIONS



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



Türkiye Bölgesel Ölçekli Jeokimya Atlası
Regional Scale Geochemistry Atlas of Türkiye

Hayrullah Yıldız

Mevlana Bulvarı No: 174/A Balgat 06550 Çankaya, Ankara, Türkiye

**hayrullahy@gmail.com*

Özet

Jeokimya, yer kabuğunu oluşturan kayaların kimyasal bileşimini ve elementlerin fizikokimyasal özelliklerini incelemesi nedeniyle, jeolojik araştırmaların merkezinde yer almaktadır. Bu özelliği ile pek çok disipline hitap etmekte, tarım, hayvancılık, hidrojeoloji, yerleşim alanı seçimi (arazi kullanım haritaları) maden arama/araştırma ve yer bilimleriyle ilgili sorunların çözümünde jeokimyasal çalışmalardan yararlanılmaktadır. Geçmişte çoğunlukla maden yataklarının aranmasında kullanılan jeokimyasal çalışmalar, günümüzde aşırı kentleşme ve sanayileşmenin ilerlemesi ve beraberinde ortaya çıkan çevresel sorunlar nedeniyle çevresel uygulamalara da temel oluşturmaktadır. Sanayileşmenin ilerlemesi ile yerleşim alanları ile sanayi bölgeleri iç içe geçmiş, böylece bölgesel ölçekli jeokimya haritalarına ihtiyaç oluşmuştur. Bu nedenle, bölgesel olarak yürütülen jeokimyasal çalışmalar hem ekonomik hem de yaşamsal özellikler içermesi nedeniyle önem kazanmıştır.

Ülkemizde jeokimyasal araştırmalar Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) tarafından 70'li yılların başlarında çoğunlukla maden yataklarının aranması ve jeolojik problemlerin çözümü odaklı olarak başlamıştır. Günümüzde, ülkemizin birçok bölgesinde sanayileşme ve yerleşim alanlarının iç içe geçtiği bilinmektedir. Ne geçmişte ne de günümüzde yerleşim alanlarının seçiminde kullanılacak güvenilir jeokimya verileri üretilmemiştir. Bu durum, ülkemizde de bölgesel ölçekli jeokimya haritalarının oluşturulmasına ihtiyaç doğurmuştur. MTA tarafından "Türkiye Genel Jeokimya Haritaları Projesi" kapsamında 2011-2018 yıllarında ülke genelinde 5 km² beslenme alanını temsil edecek şekilde, belirlenen noktalardan aktif dere sedimenti örnekleri toplanmıştır. Toplam 143.230 adet örnek, 56 jeokimyasal parametre için (majör oksit, eser ve nadir yer element analizleri) MTA Genel Müdürlüğü laboratuvarlarında ICP-OES, ICP-MS, AAS ve XRF yöntemleri kullanılarak analiz edilmiştir. Analizler neticesinde elde edilen veriler kullanılarak 1/500.000 ölçekli 18 adet ve Türkiye geneli içinde 1/2.000.000 ölçekli tematik jeokimyasal haritalar hazırlanmıştır. Bu haritalarda maden sahalarını işaret eden bulgular ve şehirleşmenin ve sanayinin yoğun olduğu bölgelerde insan kaynaklı element zenginleşmeleri tespit edilmektedir.

Anahtar Kelimeler: MTA, jeokimya, dere sedimenti, element, atlas

Abstract

Geochemistry is at the centre of geological research because it studies the chemical composition of the rocks forming the Earth's crust and the physicochemical properties of the elements. With this feature, geochemistry addresses many disciplines. Geochemical studies are benefited in solving problems related to agriculture, livestock, hydrogeology, site selection, mineral exploration/research and earth sciences.

In the past, geochemical studies mostly employed in the exploration of mineral deposits are also the basis for environmental applications due to the progress of excessive urbanization and industrialization and the environmental problems arising with it. With the progress of industrialization, residential areas and industrial zones were intertwined; thus, regional-scale geochemical maps have been needed. For this reason, geochemical studies carried out as regionally have gained importance as they contain both economic and vital features. Today, it is known that industrialization and residential areas have been intertwined in many regions of our country. Reliable geochemical data that can be utilised in the selection of residential areas have been produced neither in the past nor today. This situation necessitated the forming of regional scale geochemical maps in our country.

Within the scope of the “General Geochemistry Maps of Türkiye Project”, stream sediment samples were collected from points determined throughout the country by MTA between 2011-2018, with each sample representing a 5 square kilometre catchment area. A total of 143,230 samples were analyzed for 56 geochemical parameters (major oxide, trace, rare earth element analyses) in the laboratories of the MTA. Using the data obtained as a result of the analysis, thematic geochemical maps of 18 regional and of 1 for the whole of Türkiye were prepared, with a scale of 1/500.000 and 1/2.000.000, respectively. In these maps, human-driven high element concentrations in regions where urbanization and industry are intense and findings pointing to mining areas have been detected.

Keywords: MTA, geochemistry, stream sediment, element, atlas



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



**Gökçedoğan (Kargı-Çorum) Bölgesindeki Besshi Tipi Cu-Zn Cevherleşmelerin
Magnetit-Pirit-Sfalerit Kimyası**
*Magnetite-Pyrite-Sphalerite Chemistry of Beshhi-type Cu-Zn Mineralizations in the
Gökçedoğan Region (Kargı-Çorum)*

Cihan Yalçın^{1*}, Nurullah Hanilçiz², Mustafa Kaya³, Mustafa Kumral³

¹Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Sanayi Bölgeleri Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye

²İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 34320, Avcılar, İstanbul, Türkiye

³İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

*cihan.yalcin@sanayi.gov.tr

Özet

Orta Pontid kuşağı boyunca Orta Jura yaşlı kırıntılı kayaların içerisinde birçok Cu-Zn cevherleşmesi bulunmaktadır. Bunlardan birisi de Gökçedoğan (Kargı-Çorum) doğusunda allohton nitelikli metamorfik kayalar içerisinde gözlenen sinjenetik oluşumlu Kömürlükdere ve Göçükdibi Cu-Zn cevherleşmeleridir. Bu cevherleşmelerin parajenezinde kalkopirit, sfalerit, magnetit, hematit, kovellit, malakit ve götit bulunmaktadır. Cevherleşmenin yığılım kompleksine ait toleyitik karakterli metabazitler ile ilişkili ve stratiform olması Besshi tipinde olduğunu göstermektedir. Sfaleritlerin Zn/Cd oranlarının 263,64-438,93 arasında olması, piritlerin Co/Ni oranının 1'den büyük olması açısından dünyadaki VMS yataklarına benzemektedir. Magnetitlerin Cu/(Si+Ca)-Al(Zn+Ca) ile Cu/Ca-Al(Si+Zn+Ca) diyagramlarında da Gökçedoğan cevherleşmesinin dünyadaki VMS yataklarına benzer dağılımlar sergilediği tespit edilmiştir. Magnetit analizlerinden hazırlanan örümcek diyagramında ise yüksek Si ve düşük Cr değerleri ile beraber Zn ve Cu'daki zenginleşme Beşi-tipi Windy Craggy yatağı ile benzerlik sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Orta Pontidler, stratiform Cu-Zn cevherleşmesi, mineral kimyası, Beşi, Kargı

Abstract

There are many Cu-Zn mineralizations in the Middle Jurassic clastic rocks along the Central Pontide belt. One of these is the syngenetic formation of Kömürlükdere and Göçükdibi Cu-Zn mineralizations which were observed in allochthonous metamorphic rocks in the eastern Gökçedoğan (Kargı-Çorum). In the paragenesis of these mineralizations, chalcopyrite, sphalerite, magnetite, hematite, covellite, malachite, and goethite are found respectively. The fact that mineralization is related to tholeiitic metabasites belonging to the accretionary complex and stratiform shows that it is of Besshi type.

It is similar to the VMS deposits in the world in terms of the Zn / Cd ratios of sphalerites between 263,64-438,93 and the Co/Ni ratio of pyrites is greater than 1. It is determined that magnetites geochemistry has similar distributions to VMS deposits in the world in the Cu/(Si+Ca)-Al (Zn+Ca) and Cu/Ca-Al (Si+Zn Ca) diagrams. In the spider diagram prepared from magnetite analysis, the enrichment

in Zn and Cu together with the high Si and low Cr values present a similarity to the Besshi Type Windy Craggy bed.

Keywords: Central Pontides, stratiform Cu-Zn mineralization, mineral chemistry, Besshi, Kargı



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



**About A New IGCP Project (IGCP 741: The Metallogenic Prediction, Sustainable
Development and Integrated Utilization of Mineral Resources
in the Tethyan Metallogenic Domain)**

*Yeni Bir IGCP Projesi Hakkında (IGCP 741: Tetis Metalojenik Alanında Metalojenik
Tahmin, Sürdürülebilir Gelişimi ve Maden Kaynaklarının Entegre Kullanımı)*

Ender Sarıfakıoğlu

Cankiri Karatekin University, Engineering Faculty, Uluşazi 18100 Cankiri, Türkiye

enders@karatekin.edu.tr

Abstract

The International Geosciences Program Council (IGCP) held its 7th Session between 14-16 March 2022. The council approved 5 new projects, a total of 57 active projects. One of these new projects is IGCP 741: The Metallogenic Prediction, Sustainable Development and Integrated Utilization of Mineral Resources in the Tethyan Metallogenic Domain, which will continue from 2022 through 2026. Project leaders include Wen-Chang Li (China), Jian-Xing Li (China), Tahseenullah Khan (Pakistan), Faouziya Haissen (Morocco), Ender Sarıfakıoğlu (Türkiye), Arifudin Idrus (Indonesia).

The aim of this UNESCO and IUGS-supported project is to raise awareness by increasing social acceptance of the sustainable development of the Earth's geological resources. Targets for this purpose are to integrate the latest research results related to mining activities; conducting research in metallogenic regularity instead of irregular research methods; conduct continuous enrichment and smelting research to respond to ecological and environmental problems; meet the requirements of the globalized market and help update the national mining policy in order to reverse the situations that create a negative impression in the society due to both vital and environmental risk factors in mining.

Within the scope of this project, workshops will be held in developing countries, especially in the Tethys belt, stretching from the Alps to the Tibetan mountains and Indonesia, in order to improve the integrated utilization rates of mineral resources. 10-15 search fields will be defined. It will exchange information on mining policies. The workshop, which is planned to be held in Türkiye in 2025, is expected to contribute to the development of mining activities in terms of metallic mineral deposits and rare earth element fields in our country, as it will bring together our country's geoscientists with participants from other countries.

The participation of geoscientists in Türkiye in all workshops of the IGCP 741 project will create a scientific discussion platform for the development of strategies in the future that will guide the mining industry of our country, which has an important place in the world market in terms of mineral resources.

Keywords: IGCP 741, Tethys domain, metallogeny, Türkiye

Özet

Uluslararası Yerbilimi Programı Konseyi (IGCP), 7. Oturumunu 14-16 Mart 2022 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. Yer Bilimleri alanında toplam 57 aktif proje olmak üzere 5 yeni projeyi onaylamışlardır. Bu yeni projelerden biri de, 2022-2026 tarihleri arasında devam edecek olan, IGCP 741: Tetis Metalojenik Alanında Metalojenik Tahmin, Sürdürülebilir Gelişimi ve Maden Kaynaklarının Entegre Kullanımı. Projenin liderleri Wen-Chang Li (Çin), Jian-Xing Li (Çin), Tahseenullah Khan (Pakistan), Faouziya Haissen (Fas), Ender Sarifakioglu (Türkiye), Arifudin Idrus (Endonezya).

UNESCO ve IUGS destekli bu projenin amacı, dünyanın jeolojik kaynaklarının sürdürülebilir gelişiminde sosyal kabulünü artırarak, farkındalık yaratmaktır. Bu amaç doğrultusunda madencilik faaliyetleri ile ilgili en son araştırma sonuçlarını entegre etmek, düzensiz araştırma metodlarının yerine metalojenik düzen içerisinde araştırmaları yürütmek, ekolojik ve çevresel sorunlara cevap vermek için sürekli zenginleştirme ve izabe araştırmaları yapmak, madencilikteki gerek yaşamsal ve gerekse çevresel risk faktörleri nedeniyle toplumda olumsuz bir izlenim yaratan durumları tersine çevirebilmek için küreselleşmiş pazarın gereksimlerini karşılamak ve ulusal maden politikasının güncellenmesine yardımcı olmaktadır.

Bu proje kapsamında, maden kaynaklarının entegre kullanım oranlarını iyileştirmek için Alp dağlarından Tibet dağlarına, Endonezya'ya kadar uzanan Tetis kuşağındaki, özellikle, gelişmekte olan ülkelerde çalıştaylar düzenlenecektir. 10-15 arama alanı tanımlanacaktır. Maden politikaları üzerinde bilgi alışverişinde bulunacaktır. 2025 yılında Türkiye'de yapılması planlanan çalıştay, ülkemiz yerbilimcilerini diğer ülkelerden gelen katılımcılarla buluşturacağı için ülkemizdeki metalik maden yatakları ve nadir yer element sahaları bakımından madencilik faaliyetlerinin gelişimine katkı koyması beklenmektedir.

Türkiye'deki yerbilimcilerin IGCP 741 projesinin tüm çalıştaylarına katılımı, maden kaynakları açısından Dünya piyasasında önemli bir yere sahip olan ülkemizin ileri yıllardaki madencilik sektörüne yön verecek stratejilerin geliştirilmesinde bilimsel bir tartışma platformu oluşturacaktır.

Anahtar Kelimeler: IGCP 741, Tetis kuşağı, metalojeni, Türkiye



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



**Çayarası Kuzebatısındaki Baritli Pb-Zn Cevherleşmesinin Mineralojisi ve Sülfür
İzotop Jeokimyası**

*Mineralogy and Sulfur Isotope Geochemistry of Bariteed Pb-Zn Mineralization in the
Northwest of Çayarası*

**Cihan Yalçın^{1*}, Mustafa Kaya², Ali Tuğcan Ünlüer², Lokman Gümüş², Sercan Öztürk²,
Muhittin Karaman², Mustafa Kumral²**

¹Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Dünya Bankası Proje Uygulama Birimi, Ankara, Türkiye
²İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

*cihan.yalcin@sanayi.gov.tr

Özet

Toros Orojenik kuşağı boyunca karbonatlı istiflerde önemli barit yatakları bulunur. Bazı yataklarda gang minerali olarak galenit ve sfalerit de gözlenmesine rağmen birçok lokasyonda barit gang olarak değerlendirilmektedir. İnceleme alanının yer aldığı Orta Toroslar'da da birçok bölgede baritli kurşun-çinko cevherleşmeleri bulunur. Çayarası (Alanya-Antalya) kuzeybatısında damar tipi şeklinde baritli kurşun-çinko cevherleşmesi gözlenir. Cevher damarı Alt-Orta Triyas yaşlı karbonatlı kayalarındaki kırık hatlarında görülür. Cevher uzunluğu 3-5 metre arasında, cevher kalınlığı ise 1-50 cm arasındadır. Epigenetik oluşumlu cevherleşmede mineral parajenezi barit, galenit, sfalerit ve kalsitten oluşur. Jeokimyasal analiz sonuçlarına göre PbO %4,01-57,10 arasında ve ZnO ise %0,03-33,74 arasındadır. BaO maksimum %37,28 oranında iken CuO maksimum %0,01'e ulaşmaktadır. Analiz edilen örneklerde yüksek oranda SO₃ bulunur. ³⁴S izotop bulguları baritte ortalama ‰4,87, galende ise ‰4,82'dir.

Saha gözlemleri ve analitik sonuçlar bölgede kırık hatlarında hidrotermal bir aktivitenin olduğunu gösterir. İzotop sonuçları da cevher oluşturan hidrotermal çözeltideki kükürtün magmatik kökenli olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Cevher damarı, galen, sfalerit, izotop, Çayarası

Abstract

Along the Taurus Orogenic belt, significant barite deposits can be found in carbonate successions. Barite is regarded as gangue in many places, despite the presence of galenite and sphalerite as gangue minerals in some deposits. The research area is located in the Central Taurus Mountains, which also contain numerous areas with barite-bearing lead-zinc mineralizations. Barite-bearing lead-zinc mineralization is seen as veins in the northwest of Çayarası (Alanya-Antalya). In the Lower-Middle Triassic carbonate rocks' fracture patterns, the ore vein can be detected. The ore is between 1 and 50 centimeters thick and between 3 and 5 meters in length. Barite, galena, sphalerite, and calcite make up the mineral paragenesis that occurs during epigenetic mineralization. Geochemical investigation revealed that PbO ranges from 4.01 to 57.10% and ZnO ranges from 0.03 to 33.74%. BaO can be as high as 37.28%, whereas CuO can

be as low as 0.01%. The samples that were examined have a significant amount of SO₃. The average ³⁴S isotope values in barite and galena are 4.87 and 4.82, respectively.

There is a hydrothermal activity in the fracture lines in the area, according to observations made on the ground and analytical findings. The isotope data also show that the hydrothermal solution that forms ores contains sulfur that has magmatic origins.

Keywords: Ore vein, galena, sphalerite, isotope, Çayarası



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



Mass-balance calculations of Dursunbey Fe-Cu skarn system, Balıkesir, Türkiye

Dursunbey Fe-Cu Skarn Sisteminin Kütle-denge Hesapları, Balıkesir, Türkiye

Amr Abdelnasser^{1,2*}, Mustafa Kumral², Muhittin Karaman², Mustafa Kaya², Cihan Yalçın³

¹ *Geology Department, Faculty of Science, Benha University, Benha, 13518, Egypt*

² *Geological Engineering department, Faculty of Mines, Istanbul Technical University, Istanbul, Türkiye*

³ *Ministry of Industry and Technology, World Bank Project Implementation Unit, Ankara, Türkiye*

**amr.khalil@fsc.bu.edu.eg*

Abstract

Dursunbey Fe-Cu skarn system occurred along the boundary between the Tertiary Çataldağ Granite and Mesozoic Kayacıklar limestone at east of Dursunbey town (Balıkesir, Türkiye). The study area is made up of four rock units; Paleozoic Kocadere metamorphic rocks, Mesozoic Kayacıklar limestone, Upper Cretaceous mélangé tectonic units, and Tertiary Çataldağ granite. By using the mass balance calculations, this work is to determine the mass/volume gains and losses as well as the geochemical mobility of the chemical components during the metasomatic and replacement processes in the studied deposit. Based on the field and geologic relationships and types of ore and metasomatic mineral assemblages and the accompanied alteration types, there are two mineralization zones; proximal/exoskarn Fe-Cu rich zone and distal/exoskarn Ba-rich zone. Magnetite, chalcopyrite, pyrite, covellite, malachite, and goethite represent the ore mineral forming in the Fe-Cu skarn zone with the metasomatic skarn minerals (e.g. diopside, augite, wollastonite, and serpentine). The mass balance calculations and isochron diagrams (calculated using the GEOISO-Windows program) revealed that the Fe-Cu proximal zone is enriched in SiO₂, FeO, MgO, CaO, P₂O₅, Cr₂O₃, SO₃, and LOI and depletion in K₂O and Na₂O. Cu, Ag, Cd, Sn, and Light REEs are also enriched. While Ba-rich distal zone is enriched in K₂O as an indication of forming sericitization/kaolinitization and muscovitization alteration types with enrichment of Ba, Nb, Rb, W, and Light REEs and depletion of other elements. In addition, when comparing the mass changes and fluid-rock ratio (F/R) during the metasomatic process in the two zones, it is shown that Fe-Cu proximal zone has higher mass change and higher F/R ratio than those of the Ba-rich proximal zone. It reveals that the greatest mass changes at the Cu-Fe zone are related to hydrofracturing processes coupled with the F/R interreaction.

Keywords: Skarn deposit, mass balance calculations, Dursunbey, Türkiye



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



**Mass Balance and Element Mobility in the Tang-Türkan Cu-Au Deposit, Southeastern
Iran: Insight from Lithochemistry**

Zahra Alipour¹, Gülcan Bozkaya², Mohammad Javad Fadaei^{3*}

¹Department of Mining Engineering, Urmia University, Urmia, Iran

²Department of Geological Engineering, Pamukkale University, Denizli. TR-20020, TÜRKİYE

³Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Evin, PO Box: 1983969411, Tehran, Iran

*Mjavad.fadai@yahoo.com

Abstract

The Late Cretaceous Bazman granitoids are situated in Sistan-Baluchestan province, southeastern Iran. Geology of the study area including Carboniferous clastic sediments and Permian limestone and dolomite that were intruded by the Bazman granitoids. These granitoids include various phases of granite, granodiorite, quartz-monzodiorite, monzodiorite, diorite, and gabbro. They are metaluminous to slightly peraluminous, reduced, calc-alkaline and I-type, and display geochemical characteristics of continental margin granitoids. There are some skarn-related mineral occurrences adjacent to the Bazman granitoids, among them Tang-Türkan Cu-Au skarn deposit is the most important and largest reserve. Skarns form by significant fluid-mediated exchange of mass and heat between igneous rocks and their surrounding wall rocks into which they intruded. Quantification of the mass exchange associated with skarn alteration requires knowledge of the skarn protoliths, which are often masked by metamorphic recrystallization and intense calc-silicate metasomatism. To overcome this challenge in characterizing the Tang-Türkan skarn deposit, a cross-section through the complete rock sequence, from the carbonate wall rock to the pluton, was systematically sampled, and analyzed for bulk-rock major and trace elements. Underpinned by the skarn zonation model, $\ln(\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3)$, $\ln(\text{SiO}_2/\text{TiO}_2)$, and REE+Y values in the skarns were used to distinguish the various skarn protoliths. The effectiveness of the $\ln(\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3)$ and $\ln(\text{SiO}_2/\text{TiO}_2)$ is supported by the variable mobility of Si, Al, and Ti during magma-derived fluid infiltration into the carbonate wall rocks at Tang-Türkan. The effectiveness of REE+Y is based on their significant concentration differences in the carbonate wall rocks and igneous rocks at Tang-Türkan. These geochemical indexes may be applicable to the characterization of protoliths and mass transfer in skarn deposits where igneous rocks intruded carbonate wall rocks.

Keywords: Mass exchange, skarn alteration, bulk-rock geochemistry, protolith



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



**Delineation of Geochemical Haloes Using the Developed Zonality Index Model by
Multivariate and Fractal Analysis in the Zaglic Au Deposit**

Zahra Alipour¹, Gülcan Bozkaya², Mohammad Javad Fadaei^{3*}

¹Department of Mining Engineering, Urmia University, Urmia, Iran

²Department of Geological Engineering, Pamukkale University, Denizli, TR-20020, Türkiye

³Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Evin, PO Box: 1983969411, Tehran, Iran

*Mjavad.fadayi@yahoo.com

Abstract

The Zaglic Au deposit is located in a Late Oligocene magmatic arc within the Arasbaran Magmatic Belt of NW Iran and hosted principally by intermediate to mafic volcanic and volcanoclastics assemblages. The host rocks were affected by extensive silicic, sericitic, argillic, and propylitic alterations. Pyrite forms the principal sulphide mineral, associated with lesser chalcopyrite and bornite. In the preliminary stage of geochemical exploration, 912 in-situ lithochemical samples with a 50 m × 50 m grid were collected and analyzed by ICP-OES method. The main purpose of this study is to use the developed zonality index method based on staged factor analysis with Number-Size (N-S) fractal model. The developed zonality index is a ratio between factors related to major and minor ore elements based on in-situ samples. In this study, two factors were extracted after three stages of factor analysis including F1 (As.Sn.Mo) and F2 (Ag.Au.Bi.Cu.Pb.Sb.Te). Based on these factors, F1/F2 is determined as a developed zonality index. Furthermore, conventional zonality index was calculated on the basis of Hg.Sb.As/Au.Zn.Pb.Cu.Ag. Then, these zonality indexes were classified by the N-S fractal modeling. Results obtained by the fractal modeling indicates that the main anomalies for the developed zonality index is correlated with altered units and mineralized rock samples especially in the central and SE parts of the studied area.

Keywords: Developed zonality index, staged factor analysis, number-size (N-S) fractal model, Zaglic

1. INTRODUCTION

Geochemical haloes are important evidences for detection ore deposits in reconnaissance and prospecting phases especially for buried mineralization/deposits [6], [10]. [7] introduced zonality index based on major and minor ore elements which are named supra and sub ore elements in different ore deposits. The zonality index is used for separation of first and secondary haloes for detection of prospects which is important for detailed exploration and designing of grid drilling. Several mathematical approaches can be utilized for better interpretation of zonality index results such as multivariate and fractal analysis. Multivariate analysis is a conventional method for reduction of many variables to few groups (factors). These factors contain similar variables, e.g., ore elements in this case (e.g., [12], [15]). Factor analysis in geochemical exploration can be used for grouping of paragenesis of main ore elements and their factor scores utilized for modeling of geochemical anomalies or mineralized

zones [14]. [16] developed factor analysis and proposed staged factor analysis for qualified of factor scores in various ore mineralization types. Fractal analysis is a structural methodology for interpretation of different geological data specifically geochemical data which is established by [11]. Different fractal models have been developed and used for classification of geochemical anomalies and mineralized zones, e.g., number-size, concentration-area, concentration-perimeter, concentration-distance, concentration-volume [9], [2]. In this paper, zonality index model is developed by staged factor analysis and fractal modeling in Zaglic epithermal system, NW Iran. In this study, ratio between factors of supra and sub ore elements was calculated and classified by fractal modeling for definition of main prospects.

2. GEOLOGICAL BACKGROUND

The Zaglic areas lie in the Ahar quadrangle in Arasbaran zone that is characterized by extensive outcrops of Cretaceous flysch type sediments and Cenozoic volcanic and plutonic rocks (Figure 1 A, B). The oldest rocks include dark grey to green, porphyritic and microlitic andesite, basaltic andesite, porphyritic trachy-andesite to latiteandesite of Upper Eocene age. Mineralization is mainly restricted to quartz and quartz-carbonate veins and veinlets. Pyrite is the main sulphide, associated with subordinate chalcopyrite and bornite. Gold occurs as microscopic and submicroscopic grains in quartz and pyrite. Hydrothermal alteration minerals developed in the wall rocks include quartz, calcite, pyrite, kaolinite, montmorillonite, illite, chlorite, and epidote. Gold is locally enriched in the altered rocks immediate to the veins. The Zaglic has classified as low-sulphidation epithermal systems [4].

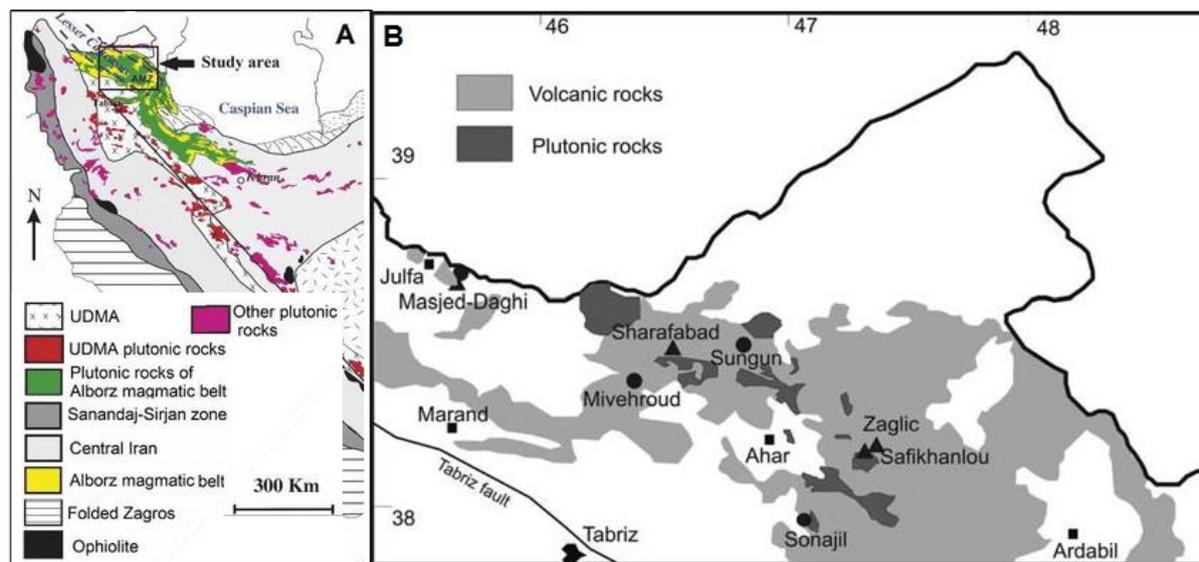


Figure 1. A) simplified map showing the main geological divisions, and the distribution of the Cenozoic magmatic assemblages, in Iran. The square shows the location of the Zaglic deposit. B) Simplified map of NW Iran showing the distribution of Cenozoic magmatic rocks. Filled triangles: epithermal deposits, filled circles: porphyry deposits.

3. MATERIAL and METHODS

3.1. Zonality index model

[3] proposed a model for separation of main mineralization with primary geochemical haloes from secondary dispersion haloes using the geochemical zonality index for various ore deposits on the regional and local scales [17]. This index consists of a ratio between supra- and sub-ore haloes' elements in different mineral deposits [18]. In this research, Au low sulphidation epithermal type is main target. Main ore elements are copper and molybdenum and Zn, Pb, Au and Ag mineralization occur in regional parts of this system [3], [18].

3.2. N–S fractal method

The Number-Size (N–S) is a necessary technique in fractal modeling for the categorization of natural features specifically geochemical characteristics [13]. Based on this approach, some methods have been developed such as Concentration-Number (C–N) by [8]. The N–S model is introduced as follows (Mandelbrot, 1983): $N(\geq\rho) \propto \rho^{-\beta}$ (1) where $N(\geq\rho)$ represents the sample number with concentration values greater than the ρ value. ρ is the concentration of mineral element and β is the fractal dimension.

3.3. Staged factor analysis

This model is an index multivariate analysis for extraction of significant multi-element anomalous signature in various ore types. Based on this method, non-indicator (noisy) elements are progressively detected and excluded from the analysis until a satisfactory multielement signature is achieved [16]. Furthermore, classical factor analysis with varimax rotation was utilized for extracting the usual factors. In this study, ratio of factors related to main ores (Ag, Au, Bi, Cu, Pb, Sb, Te) and minor ore minerals (As, Sn, Mo) was used for calculation of zonality index.

4. RESULTS and DISCUSSION

4.1. Dataset

In this study, 912 in-situ rock samples with a 50 m × 50 m grid were collected. These samples were analyzed by ICP-OES method for 47 elements in relation with epithermal mineralization by Zarazma laboratory. For quality control and assurance (Qc/Qa), 70 duplicated samples were collected from soil samples. T-student and Fisher test show that these samples are proper for interpretation and modeling. Major supra and sub elements have not normal distributions Based on the conventional statistical parameters consisting of skewness, kurtosis and histograms.

4.2. Multivariate analysis

Firstly, the rock data was transform by a Napierian logarithmic process (Ln). The staged factor analysis was carried out in three stage. Al, Ba, Be, Cd, Li, Rb, Re and Ti were removed in the first stage and factors related to low-sulphidation epithermal type were determined in the second stage. These factors were used for the third stage of this procedure. Main ore elements include Ag, Au, Bi, Cu, Pb, Sb and Te which are exist in F2. Minor ore elements consist of As, Sn and Mo as named in F1 which are occurred in the regional parts of the epithermal deposit. Loading plot of last stage shows two different factors which is indicated in Figure 2.

4.3. Zonality-fractal modeling

Zonality index was calculated by a development method in this study. In this method, ratio between two factors related to Supra- and Sub-ore elements in epithermal deposits is calculated that is F1 and F2. In addition, a zonality index on the basis on Hg.Sb.As/Au.Zn.Pb.Cu.Ag was estimated for comparison with results of factors' ratio. Then, the N–S fractal model was used for both of them. Log-log plots represent five and six populations with fractal dimensions (FD) for F1/F2 and Hg.Sb.As/Au.Zn.Pb.Cu.Ag as depicted in Figure 3. Main anomalous parts are smaller due to fractal modeling of F1 and F2 3 data (≤ -1.3) in comparison with Hg.Sb.As/Au.Zn.Pb.Cu.Ag (≤ -4.18) which are located in the western, northern, eastern and SE, as depicted in Figure 4. FDs for major anomalies are lower than -3.75 and -5.8 for F1/F2 and Hg.Sb.As/Au.Zn.Pb.Cu.Ag respectively. A comparison between two models was carried out using logratio matrix (Carranza, 2011). This matrix is used for calculation of overlapping between two datasets or models, as depicted in Table 1. An overall accuracy (OA) is calculated by four matrix elements. Comparison between main anomalous samples with main two classified zonality indexes by the N–S fractal modeling indicates that the OA is 0.54 that shows there is a good correlation between

conventional and developed zonality models (Table 1). High anomalous of both zonality model has more than 88% overlapping based on the logratio matrix, as depicted in Table 1.

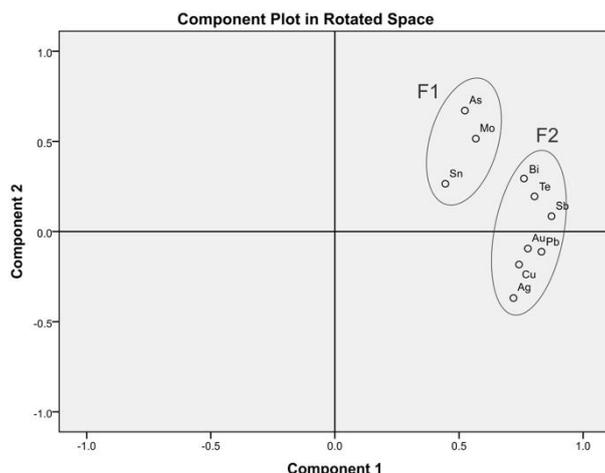


Figure 2. Loading plot for last stage of staged factor analysis.

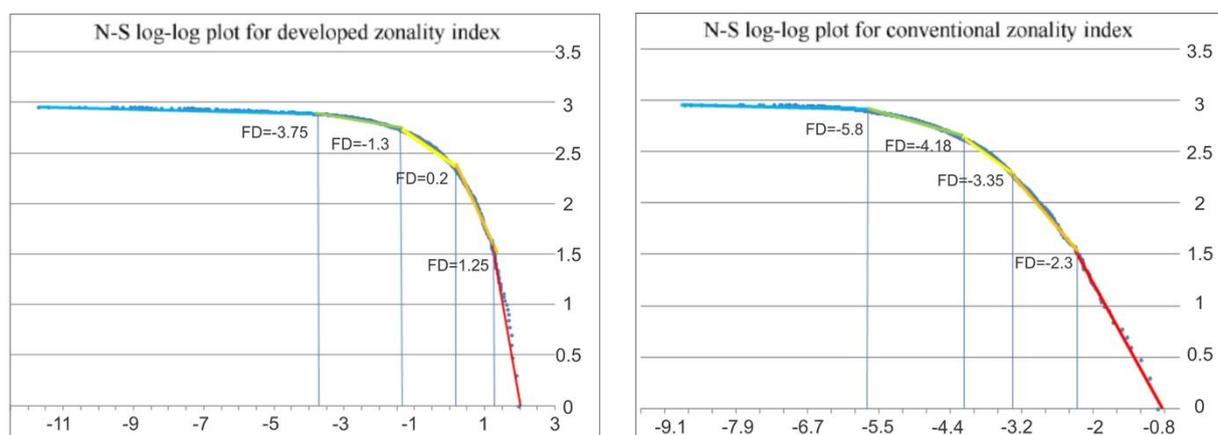


Figure 3. The N-S log-log plots for F1/F2 and Hg.Sb.As/Au.Zn.Pb.Cu.Ag with different populations and FDs.

Table 1. Overall accuracy (OA) with and main and high anomalous samples for two zonality indexes.

		Number of F1/F2<-1.3			
		Inside anomaly	Outside anomaly		
Number of Hg.Sb.As/Au.Zn.Pb.Cu.Ag<-4.16	Inside anomaly	225	147	Overall accuracy	0.547
	Outside anomaly	265	273		
		number of F1/F2<-3.75			
		Inside anomaly	Inside anomaly		
Number of Hg.Sb.As/Au.Zn.Pb.Cu.Ag<-5.8	inside anomaly	75	41	Overall accuracy	0.887
	Outside anomaly	62	732		

5. CONCLUSION

The developed zonality index is proposed on the basis of ratio of factors related to major and minor ore elements derived via the SFA in porphyry deposits/systems. This method used in epithermal system that its results is correlated with volcanic and volcanoclastic host rocks. Staged factor analysis can be used for separation of supra and sub elements for detection of zonality index. Fractal modeling can be used for classification of results derived via by the zonality index. This study shows that main prospects for

the studied area are associated with high anomalies of the developed zonality index especially in the central, eastern and SE parts of the studied area. The FDs for high and main anomalous parts of the developed zonality index are $-3.75 \leq$ and $-1.3 \leq$, respectively. This method can be improved for other ore mineralization types. Consequently, this method is an appropriate method for design of grid drilling for detailed exploration.

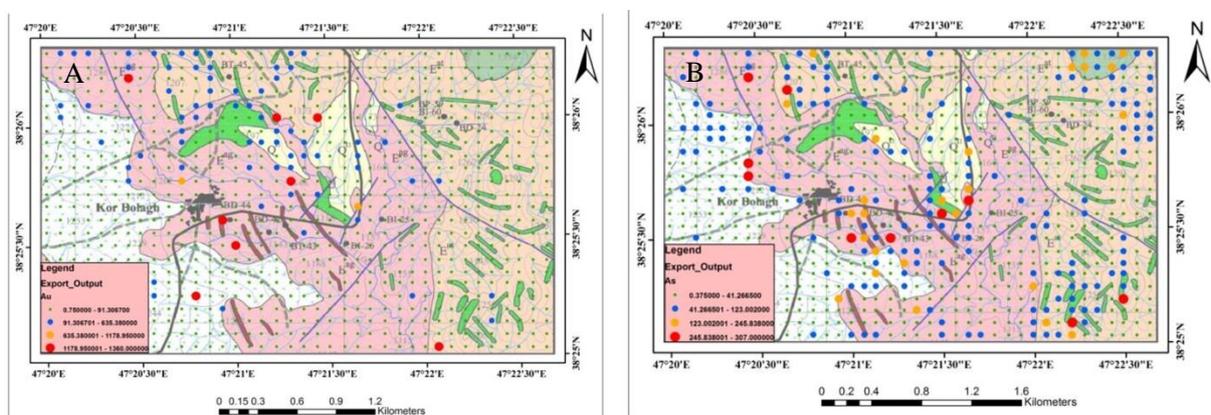


Figure 4. Distribution maps for A) F1/F2 and B) Hg.Sb.As/Au.Zn.Pb.Cu.Ag, based on the N-S fractal modeling.

REFERENCES

- [17] Afzal, P., Fadakar Alghalandis, Y., Khakzad, A., Moarefvand, P., Rashidnejad Omran, N., “Delineation of mineralization zones in porphyry Cu deposits by fractal concentration–volume modeling”, *Journal of Geochemical Exploration* 108, 220–232, 2011.
- [18] Beus, A.A., Grigoryan, S.V., “Geochemical Exploration Methods for Mineral Deposits” Applied Publishing Ltd, Wilmette, Illinois, 1977.
- [19] Ebrahimi, S., Alirezaei, S. And Pan. Y., “Geological setting, alteration, and fluid Inclusion characteristics of Zaglic and Safikhanloo epithermal Gold prospects, NW Iran”, *Geological Society of London, Special Publication*, 350: 133–147, 2015.
- [20] Carranz, A, E.J.M., “Analysis and mapping of geochemical anomalies using logratio-transformed stream sediment data with censored values”, *Journal of Geochemical Exploration* 110, 167-185, 2011.
- [21] Carranza, E.J.M., Sadeghi, M., “Primary geochemical characteristics of mineral deposits-implications for exploration”, *Ore Geology Reviews* 45, 1–4, 2012.
- [22] Grigoryan, S.V., “Mining Geochemistry”, Nedra Publishing House, Moscow (in Russian), 1992.
- [23] Hassanpour, S., Afzal, P., “Application of concentration–number (C–N) multifractal modeling for geochemical anomaly separation in Haftcheshmeh porphyry system, NW Iran”, *Arab J Geosci.* 6, 957-970, 2013.
- [24] Li, C.J., Ma, T.H., Shi, J.F., “Application of a fractal method relating concentration and distances for separation of geochemical anomaly from background”, *J Geochem Explor.* 77, 167–175, 2003.
- [25] Li, Y., Zhang, D., Dai, L., Wan, G., Hou, B., “Characteristics of structurally superimposed geochemical haloes at the polymetallic Xiasai silver-lead-zinc ore deposit in Sichuan Province, SW China”, *Journal of Geochemical Exploration* 169, 100-122, 2016.
- [26] Mandelbrot, B.B.,” *The Fractal Geometry of Nature*”, W.H. Freeman, San Francisco, 1983.
- [27] Reimann, C., Filzmoser, P., Garrett, R. G., “Factor analysis applied to regional geochemical data: problems and possibilities”, *Applied geochemistry* 17(3), 185-206, 2002.

- [28] Sadeghi, B., Moarefvand, P., Afzal, P., Yasrebi, A.B., Daneshvar Saein, L., “Application of fractal models to outline mineralized zones in the Zaghia iron ore deposit, Central Iran”, *Journal of Geochemical Exploration* 122, 9- 321, 2012.
- [29] Shamseddin Meigoony, M., Afzal, P., Gholinejad, M., Yasrebi, A.B., Sadeghi, B., “Delineation of geochemical anomalies using factor analysis and multifractal modeling based on stream sediments data in Sarajeh 1:100,000 330 sheet, Central Iran”, *Arabian Journal of Geosciences* 7, 5333–5343, 2014.
- [30] Treiblmaier, H., Filzmoser, P., “Exploratory factor analysis revisited: How robust methods support the detection of hidden multivariate data structures in IS research”, *Information & management*, 47(4), 197-207, 2010.
- [31] Yousefi, M., Kamkar-Rouh.Ani, A., Carranza, E.J.M., “Application of staged factor analysis and logistic function to create a fuzzy stream sediment geochemical evidence layer for mineral prospectivity mapping”, *Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis*, 14(1), 45-58, 2014.
- [32] Ziaii, M., Doulati Ardejani, F., Ziaei, M., Soleymani, A.A., “Neuro-fuzzy modeling based genetic algorithms for identification of geochemical anomalies in mining geochemistry”, *Applied Geochemistry* 27, 663-676, 2012.
- [33] Ziaii, M., Safari, S., Timkin, T., Voroshilov, V., Yakich, T., “Identification of geochemical anomalies of the porphyry–Cu deposits using concentration gradient modelling: A case study, Jebal-Barez area, Iran”, *Journal of Geochemical Exploration* 199, 16–30, 2019.



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



**Arıklı (Ayvacık, Çanakkale, Türkiye) Civarındaki U-Th Zenginleşmesinin Jeolojik ve
Jeokimyasal Özellikleri**

*Geological and Geochemical Properties of U-Th Enrichments in Arıklı (Ayvacık, Çanakkale,
Türkiye) District*

Cihan Yalçın¹, Sercan Öztürk^{2*}, Mustafa Kumral²

¹Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Dünya Bankası Proje Uygulama Birimi, Ankara, Türkiye

²İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

*sercanozturk@hotmail.com

Özet

İnceleme alanı Kuzeybatı Anadolu'da, Biga Yarımadası sınırları içinde, Ayvacık (Çanakkale) ilçesi doğusunda bulunur. Arıklı ve civarında temelde Çetmi Ofiyolitik Melanjı yer alır. Bu birim üzerinde Arıklı tuf üyesi ve şeyl-kumtaşı üyesinden oluşan Küçükkuşu formasyonu yer alır. En üst seviyelerde ise bu birimleri kesen diyabazlar bulunur. İnceleme alanı Paleojen dönemindeki deformasyonlardan etkilenmiş ve E-W ve NE-SW uzanımlı eğim atımlı fay sistemleri gelişmiştir. Arıklı kuzeybatısında Örencik Tepesi ve Fezullah Tepesi civarındaki tüfler içerisinde gelişen fay zonlarında U ve Th zenginleşmeleri bulunur. U 64-1640 ppm ve Th 302-11813 ppm değerlerindedir. Örencik tepesi civarında en yüksek değerlere ulaşan cevherleşme bölgelerinde hidrotermal magnezitler görülür. Alterasyonların gözlemlendiği cevherleşme alanlarında kloritleşme yaygın olarak gözlenir. Altere alanlardan alınan örneklerin XRD analizlerine göre magnezit, dolomit, kalsit, kuvars, albit, anortit, montmorillonit, kaolinit, smektit ve bentonit mineralleri gözlenir. Yapılan çalışmalar sonucunda bölgedeki damar tipi hidrotermal U-Th cevherleşmesinde eğim atımlı fayların etkili olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Arıklı tuf üyesi, U-Th, alterasyon, Arıklı

Abstract

The study area is located in the northwest of Anatolia within the borders of the Biga Peninsula, east of Ayvacık (Çanakkale). Çetmi Ophiolitic Melange is mainly located in and around Arıklı. Küçükkuşu formation consisting of Arıklı tuff member and shale-sandstone member is located on this unit. At the top levels, there are diabases that cut these units. The study area was affected by deformation during the Paleogene period and E-W and NE-SW trending slip fault systems developed. There are U and Th enrichments in the fault zones developing in the tuffs around Örencik Tepe and Fezullah Tepe to the northwest of Arıklı. U is between 64-1640 ppm and Th 302-11813 ppm. Hydrothermal magnesites have developed in the mineralization areas that reach the highest values around Örencik Tepe. Chloritization is widely observed in mineralization areas where alterations are observed. Magnesite, dolomite, calcite, quartz, albite, anorthite, montmorillonite, kaolinite, smectite, and bentonite minerals are observed according to XRD analysis of samples taken from altered areas. As a result of the studies, it has been determined that dip-slip faults are effective in vein-type hydrothermal U-Th mineralization in the region.

Keywords: Arıklı tuff member, U-Th, alteration, Arıklı



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



**Volcanic-hosted Salehpeighambar Pb-Zn-Cu(-Ag) Deposit in the Malayer-Esfahan
Metallogenic Belt, West-Central Iran**

Mohammad Javad Fadaei^{1*}, Saeed Alirezaei¹, Qing Zhou², Gülcan Bozkaya³

¹*Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Evin, PO Box: 1983969411, Tehran, Iran*

²*Department of Economic Geology, Chengdu Centre, China Geol. Survey, Chengdu 610081, China*

³*Department of Geological Engineering, Pamukkale University, 20020 Denizli, Türkiye*

**Fadaei.mj@gmail.com*

Abstract

The Malayer-Esfahan Metallogenic Belt (MEMB) in the central part of the Sanandaj-Sirjan metamorphic-plutonic belt, west-central Iran, hosts over 200 Zn-Pb-Ba-Fe-F(\pm Cu \pm Ag \pm Mn) deposits hosted mainly in Early Cretaceous sediments. The deposits share some key features with those known as MVT and sub-seafloor replacement deposits. Volcanic materials <20 to >500m thick occur as interlayers and locally host the deposits, such as in Salehpeighambar, Darrehnoghreh, Babsheikh, and Ahangaran. The Salehpeighambar Pb-Zn (Cu-Ag) deposit in central MEMB occurs in an area covered by metamorphosed Upper Triassic-Jurassic shales and sandstones, and Early Cretaceous carbonates, clastic and volcanic materials. The deposit consists of several vein orebodies in NE-trending extensional faults, hosted mostly in alkaline felsic-intermediate volcanic rocks. The veins locally branch and form irregular bedding-parallel replacement lenses and pods. Ore minerals include galena, chalcopyrite, sphalerite, tetrahedrite-tennantite, pyrite, and pyrrhotite in quartz matrix. Primary liquid-rich fluid inclusions in quartz yielded T_H and salinities between 125-285°C and 3.60 to 11.22 wt.% NaCl eq. A broad correlation exists between the two variables. The $\delta^{34}S$ values of sulfides range from -9.6 to +4.3‰. Reduced sulfur was provided through bacterial and thermochemical reduction of an evolved marine sulfate. Considering host rocks and ore metals, Salehpeighambar can be compared with VMS deposits. Fluid salinity, absence of overlying stratiform and stratabound ore, lack of stringer ore and alteration zoning, however, argue against such affinity. Fluid inclusion and S-isotope data suggest involvement of two fluid sources. Investigation on the source of ore fluids and timing of ore formation in the geological evolution of host terrain is in progress.

Keywords: Salehpeighambar Pb- Zn (Cu-Ag), Malayer-Esfahan Metallogenic Belt, volcanic-hosted, West-Central Iran



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



**Genesis of Gold-bearing Sulfides along the Contact between the Gabbroic and Granitic
Intrusions in the Nubian Shield: Evidence from Um Rus Gold deposit, Egypt**

Amr Abdelnasser^{1*}, Mustafa Kumral²

¹*Geology Department, Faculty of Science, Benha University, Benha, 13518, Egypt*

²*Geological Engineering department, Faculty of Mines, Istanbul Technical University, Istanbul, Türkiye*

**amr.khalil@fsc.bu.edu.eg*

Abstract

Granitoid-hosted gold mineralization in Egypt is commonly confined to the Central Eastern Desert (CED), where small granitoid stocks cut through ophiolitic rocks and/or molasses sediments. The gold-bearing sulfidized quartz veins at Um Rus area are hosted by the Precambrian granodiorite rocks located near the contact with the surrounding gabbros at the so-called hybrid zone (having quartz diorite rocks). This work deals with the mineralogical and geochemical investigations for better understanding the genesis of the gold-bearing fluids and ore evolution. Sericitic, argillic, and propylitic alteration types representing the main alteration types which occurred in the granodiorite rocks as well as along their contacts with the gabbroic rocks. These alteration types are commonly proximal to the gold-bearing quartz veins. The ore mineral assemblage includes arsenopyrite, pyrite, and pyrrhotite with chalcopyrite, sphalerite, galena, malachite, and goethite that formed during three phases of mineralization (pre-ore, main ore, and supergene) within an abundant gangue of quartz, sericite, chlorite, and calcite. The stable isotope studies performed to obtain information on the source(s) of the hydrothermal fluid which promoted the gold mineralization at the study area.

The $\delta^{34}\text{S}_{\text{VCDT}}$ values for pyrite and chalcopyrite are +1.6 to +3.7 ‰ (mean: +2.9 ‰) and -1.3 to +0.5 ‰ (mean: -0.4 ‰), respectively. These data are close to 0 ‰ which indicate the formation of the ore by magmatic processes. Moreover, the $\delta^{34}\text{S}$ values of H_2S (-2.4 to +2.6 ‰, average +0.9 ‰) from the ore bearing hydrothermal fluids have a magmatic (mantle) source in which the sulfur is either sourced directly from a magma or has an involvement of fluid with an average crustal sulfur composition.

Keywords: Sulfur isotope analyses, ore mineralogy, Um Rus area, Egypt



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



**Kargı (Çorum) Doğusundaki Damar Tipi Cu-Zn Cevherleşmesinin Pirit ve Sflerit
Kimyası**

*Pyrite and Sphalerite Chemistry of Vein Type Cu-Zn Mineralization in the East of Kargı
(Çorum)*

Cihan Yalçın^{1*}, Mustafa Kaya², Mustafa Kumral²

¹Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Dünya Bankası Proje Uygulama Birimi, Ankara, Türkiye
²İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

*cihan.yalcin@sanayi.gov.tr

Özet

Orta Pontidlerde yer alan Kargı (Çorum) doğusunda allokton nitelikli metamorfik kayalar ve bu birimler üzerinde ise tektonik dokanakla Ofiyolitik Melanj bulunur. Bu bölge ve civarında birçok bölgede Cu-Zn cevherleşmeleri bulunur. Ofiyolitik melanja ait diyabazlardaki fay zonlarında da damar tipi Cu-Zn cevherleşmesi gözlenir. Dedeninyurdu ve Yergen hattı boyunca gözlenen N75E uzanımlı fay ile ilişkili kalınlığı 30 cm ile 5 m arasında değişen cevher damarları yer alır. Mineral parajenezi kalkopirit, sflerit, pirit, hematit, bornit, kovellit, götit, malakit, limonit ve kuvarsdan oluşur. Mineral kimyası çalışmasında piritlerin Co/Ni oranının 1'den büyük olduğu ve Se/As-Co/Sb diyagramında da hidrotermal alana düştüğü belirlenmiştir. Sfleritlerde ise Zn/Cd oranı 120-133 arasında olup magmatik hidrotermal yataklara benzer orandadır. Mikrotermometrik ölçümlerde homojenleşme sıcaklığının 137-195 °C arasında olması ve piritlerin $\delta^{34}\text{S}$ değerlerinin 3,43-3,96 ‰ arasında olması mineral kimyasında elde edilen sonuçları desteklemektedir. Bu veriler ışığında fay zonunda gözlenen cevherleşme damar tipi hidrotermal bir yatağı temsil etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Orta Pontidler, Ofiyolitik Melanj, Cu-Zn cevherleşmesi, mineral kimyası, Kargı

Abstract

There are allochthonous metamorphic rocks in the east of Kargı (Çorum) in the Central Pontides and Ophiolitic Melange with tectonic contact on these units. There are Cu-Zn mineralizations in this region and many other regions. In the fault zones of the ophiolitic mélangé diabases, vein-type Cu-Zn mineralization is observed. There are ore veins with a thickness of 30 cm to 5 m associated with N75E extending fault observed along the Dedeninyurdu and Yergen. Mineral paragenesis consists of chalcopyrite, sphalerite, pyrite, hematite, bornite, covellite, goethite, malachite, limonite, and quartz respectively. In the mineral chemistry study, it is found that the Co/Ni ratio of the pyrites is greater than 1 and it falls to the hydrothermal area in the Se/As-Co/Sb diagram. In sphalerites, Zn/Cd ratio is between 120-133 and similar to magmatic-hydrothermal deposits. In microthermometric measurements, the homogenization temperature is between 137-195 °C, and the $\delta^{34}\text{S}$ values of pyrites between 3,43-3,96 ‰ support the results obtained in mineral chemistry. In light of these data, the mineralization observed in the fault zone represents a vein type hydrothermal deposit.

Keywords: Central Pontides, Ophiolitic melange, Cu-Zn mineralization, mineral chemistry, Kargı



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu

9th Geochemistry Symposium with International
Participation



Why are There no Porphyry Deposits in the Taron-Hashtjin Metallogenic Province of Iran?

Majid Ghasemi Siani^{1*}, Namık Aysal²

¹Department of Geochemistry, Faculty of Earth Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran

²Department of Geological Engineering, Istanbul University-Cerrahpasa, İstanbul, Türkiye

*m.ghasemi@khu.ac.ir

Abstract

Cenozoic magmatism in Iran is associated with many epithermal-porphyry Cu-Au ore systems, which mainly occur within the Alborz Magmatic Arc and Urumieh-Dokhtar Magmatic Arc systems. The Taron-Hashtjin metallogenic province in the NW part of Iran is located in the western Alborz Magmatic Arc, and is host to numerous epithermal deposits within Eocene volcano-plutonic rocks. When we compare the Taron-Hashtjin metallogenic province with the Alborz Magmatic Arc and Urumieh-Dokhtar Magmatic Arc, we find that unlike the other two, which are rich in porphyry ores, this zone lacks significant porphyry mineralization. Whole-rock geochemical data indicate that granitoid rocks are characterized by subalkaline, metaluminous to peraluminous, I- to A-type magmatism. Geochemical and geochronological studies of the igneous rocks associated with epithermal deposits, particularly the enrichment of large-ion lithophile elements, depletion of high field strength elements, including Nb-Ta depletion and their Eocene ages, are consistent with extensional back-arc tectonic settings, suggesting that primary source magmas were generated by partial melting of the mantle-wedge (garnet-bearing depleted lithospheric upper mantle) and were subsequently affected by both fractional crystallization and crustal assimilation during their magmatic evolution. Considering strong plagioclase fractionation relative to hornblende fractionation, an extensional back-arc tectonic setting, the lack of any skarn mineralization, and a considerably shallower depth of magma generation, the Taron-Hashtjin metallogenic province is proposed to be prospective for precious metal epithermal mineralization no porphyry systems. Also, extensive fractional crystallization, lower Sr/Y (range 1.03–93.71; mostly below 25), and lower Eu/Eu* indicate lower oxygen fugacity and lower water contents of the parental magmas preventing the formation of Cu porphyry in the Taron-Hashtjin metallogenic province.

Keywords: Metallogenic province, porphyry deposits, Iran



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



**Gökçeyayla (Han, Eskişehir, Türkiye) Bölgesindeki Grafit Oluşumlarının Mineralojisi
ve Jeokimyası**

*Mineralogy and Geochemistry of Graphite occurrences in Gökçeyayla (Eskişehir, Türkiye)
Region*

Eray Cakın^{1*}, Metin Bağcı², Ahmet Yıldız²

¹Afyonkarahisar Valiliği İl Afet Acil Müdürlüğü, Afyonkarahisar, Türkiye

²Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar, Türkiye

*eraycakin03@gmail.com

Özet

Bu çalışmada, Gökçeyayla (Eskişehir) bölgesindeki grafit içeren şistlerin içinde bulunan grafitlerin jeokimyasal ve mineralojik özelliklerinin sonuçları sunulmuştur. Karbonun polimorfik formlarından biri olan grafit, kendine has özellikleri nedeniyle günümüzde çok yönlü bir endüstriyel malzeme olarak kullanılmaktadır. İnceleme alanında Kezbanalanı -Elmaderesi ve Ataklı Deresi arasında geniş bir alanı kaplayan Triyas yaşlı metamorfik kayalar yeşil şist fasiyesinde olup, düşük derecede metamorfizmadan etkilenmişlerdir. Bu metamorfikler fillit, serizit şist, kuvars-albit-muskovit şist, kuvarsit, mermer ardalanmasından meydana gelmiş olup, kayalar yer yer yoğun alteresyona uğramışlardır. Bu metamorfik istif içinde ince ve orta kalınlıkta koyu siyah renkli değişik karbon oranları içeren amorf grafit bulunmaktadır. Ayrıca, inceleme alanında grafitli ve killi seviyelerin yanal ve düşey geçişli oldukları görülmüştür. Bu çalışmanın amacı, Gökçeyayla (Eskişehir) bölgesinde varlığı bilinen amorf grafit yataklarının X-ışını toz kırınımının (XRD), Raman spektroskopisi ve jeokimyasal analiz incelemeleri ve taramalı elektron mikroskop (SEM/EDX) incelemeleri yaparak grafit yataklarının oluşum koşulları ve özelliklerini belirlenmeye çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Grafit, mineraloji, jeokimya, Eskişehir

Abstract

This study presents the results of the geochemical and mineralogical properties of the graphite found in the graphite-bearing schists in the Gökçeyayla (Eskişehir) region. Triassic aged metamorphic rocks covering a large area between Kezbanalanı -Elmaderesi and Ataklı Stream in the study area are in green schist facies and have been affected by metamorphism at a low degree. These metamorphics are formed by alternations of phyllite, sericite schist, quartz-albite-muscovite schist, quartzite and marble, and the rocks have undergone intense alteration from place to place. In this metamorphic succession, there is amorphous graphite containing different carbon ratios in thin and medium thickness, dark black color. In addition, graphitic and clayey layers were observed to have lateral and vertical transitions in the study area. The aim of this study was to determine the formation conditions and properties of graphite deposits by performing X-ray powder diffraction (XRD), Raman spectroscopy and geochemical analysis studies and scanning electron microscope (SEM/EDX) examinations of amorphous graphite deposits known to exist in Gökçeyayla (Eskişehir) region.

Keywords: Graphite, mineralogy, geochemistry, Eskişehir



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



**Arıklı İgnimbiritlerinde Alterasyon Jeokimyası Çalışmaları: Radyoaktif Element
Zenginleşmelerine Dair Bir Yaklaşım**

*Alteration Geochemistry Studies in Arıklı Ignimbrites: An Approach to Radioactive Element
Enrichments*

**Sercan Öztürk¹, Cihan Yalçın², Mustafa Kumral^{1*}, Ali Tuğcan Ünlüer¹, Zeynep Döner¹, Mustafa
Kaya¹, Beril Taç-Kaya¹**

¹*İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye*
²*Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Burdur İl Müdürlüğü, Burdur, Türkiye*

*kumral@itu.edu.tr

Özet

Bu çalışma, Arıklı bölgesindeki damar tipi Th-U mineralizasyonunun etrafındaki piroklastiklerdeki alterasyon zonlarına odaklanmaktadır. Bu alandaki piroklastikler fosfat nodülleri içeren ignimbiritler olarak tanımlanmış ve Oligo-Miyosen yaşlı Küçükkuuyu formasyonunun tuf üyesi olarak isimlendirilmiştir. Radyoaktif element zenginleşmeleri tüfler içerisindeki fay zonlarında oluşan manyezit bakımından zengin damarlarda bulunmaktadır. Bu çalışmada, radyoaktif element içerikleri ve ilgili alterasyon zonu mineralleri XRF ve XRD analizleri ile belirlenmiştir. XRD çalışmalarına göre, kuvars, plajiyoklaz, kaolinit ve smektit mineralleri tanımlanmış olup, bu da feldispatların hidrotermal alterasyon süreçlerine maruz kaldığını göstermektedir. U-Th açısından zengin kayaçların gözlendiği alanda gerçekleştirilen alterasyon jeokimyası çalışmaları, kimyasal alterasyon indeksi (CIA) değerlerinin 0,57 ile 53,8 arasında, klorit-karbonat-pirit indeksi (CCPI) değerlerinin 90,6-100 arasında ve alterasyon indeksi (AI) değerleri değerlerinin 36,1-92,9 arasında değiştiğini göstermiştir. Sonuç olarak, yüksek Mg-Ca değerlerine sahip zonların düşük CIA değerlerine ve orta-yüksek AI ve CCPI değerlerine sahip olduğu görülmüştür. Bu sonuçlar, yüksek Ca içeriğinin düşük CIA değerlerine neden olduğunu göstermektedir; bu nedenle, bu tip Th-U damarlarında CIA kullanmak uygun değildir. Yüksek CCPI ve orta AI değerleri, önemli miktarda Mg içeriğinden kaynaklanmıştır. Ayrıca, (Mg, Ca) ve Th-U içerikleri arasında pozitif bir korelasyon belirlenmiştir. Her ne kadar cevherleşme ortamları için bir gösterge olarak alterasyon indeksleri yararlı bir araç olarak görülse de Arıklı bölgesi gibi karbonat bakımından zengin Th-U damar tipi mineralizasyonlarda dikkatli kullanılmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Alterasyon jeokimyası, radyoaktif elementler, Arıklı tüfleri, Türkiye

Abstract

This study primarily focuses on alteration zones in pyroclastics around the vein type Th-U deposition in Arıklı area. The pyroclastics in this area were described as ignimbrites with phosphate nodules and known as the Oligo-Miocene aged Küçükkuuyu formation's tuff member. The radioactive element enrichments are found in magnesite-rich veins which formed in fault zones within tuff member. To

determine the major, radioactive element contents and related alteration zone minerals were conducted by XRF and XRD analyses. According to the XRD studies, quartz, plagioclase, kaolinite, and smectite minerals were identified, respectively, showing that a hydrothermal alteration process occurred within feldspars. The alteration geochemistry studies in the area where U-Th enriched rocks are observed, show that; chemical index of alteration (CIA) values range from 0.57 to 53.8; chlorite-carbonate-pyrite index (CCPI) values from 90.6-100 and the alteration index (AI) values from 36.1-92.9. Overall, it can be stated that the high Mg-Ca zones have low CIA values and moderate to high AI and CCPI values. These results indicate that high Ca content caused low CIA values; therefore, it is inappropriate to use CIA in this type of Th-U veins. The high CCPI and moderate AI values resulted from significant amounts of Mg content. In addition, a positive correlation between (Mg, Ca) and Th-U contents were determined. Although, alteration indexes as an indicator for ore deposition environments are considered to be a useful tool, in carbonate-rich Th-U vein deposits such as Arıklı area, it should be used carefully.

Keywords: Alteration geochemistry, radioactive elements, Arıklı tuffs, Türkiye



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



TEMATİK OTURUMLAR 02 / THEMATIC SESSIONS 02

MAGMATİK VE METAMORFİK PETROJENEZ

IGNEOUS AND METAMORPHIC PETROGENESIS

SÖZLÜ SUNUMLAR / ORAL PRESENTATIONS



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



Geology and Petrology of Gabbroic Rocks in Central Anatolia, Türkiye
Orta Anadolu'daki Gabroyik Kayaların Jeolojisi ve Petrolojisi, Türkiye

Yusuf Kağan Kadioğlu^{1*}, Kıymet Deniz¹, Tamer Koralay², Bahattin Güllü³, Musa Avni Akçe⁴

¹Ankara University, Department of Geological Engineering, Ankara, Türkiye

²Pamukkale University, Department of Geological Engineering, Denizli, Türkiye

³Aksaray University, Department of Geological Engineering, Aksaray, Türkiye

⁴Nevşehir Hacı Bektaş Veli University, Dept. of Geological Engineering, Nevşehir, Türkiye

*kadi@ankara.edu.tr

Abstract

Gabbroic rocks form one of the main magmatic lithology of the Late Cretaceous of Central Anatolia. They expose in areas with high topography within the granitic and/or near the felsic intrusive exposures in Central Anatolia. Three types of gabbros are observed: ophiolitic origin, directly intruded into continental crust (intrusive gabbro), and foid-bearing gabbro. The gabbroic rocks mostly coeval with the granitoids of Central Anatolia in the composition of pyroxene gabbro, hornblende gabbro and foid bearing gabbro. The geological outcrops of these gabbroic rocks mostly covered by alteration products of the wall rocks so the contact relations are quite difficult to understand. Field geology, petrography and geochemistry do not exhibit enough data to differentiate their nature from one another. This study concerns to understand the types and nature of the gabbroic rocks in central Anatolia using the detail petrography, Raman spectroscopy, geochemical features and U-Pb zircon age data from each type of the gabbro.

Degree of partial melting and nature of the gabbroic rocks are determined utilizing whole-rock trace element compositions and behavior of amphibole, pyroxene and feldspars minerals by Raman shift spectra within all three types of the gabbro. The Raman shift spectra of feldspar, amphibole and pyroxene reveal a discrete peak. The distinct Raman spectra peak can be used to classify and definition of the gabbro in Central Anatolia. The Central Anatolia gabbro enrich in large ion lithophile elements (e.g., Rb, Sr, and Ba) and depleted in high-field-strength elements (e.g., Nb, Y, and Yb) for both of the ophiolitic and intrusive gabbro. Foid bearing alkaline gabbro enrich in large ion lithophile elements and slightly depleted in high field strength elements. The zircon U-Pb dating yielded a Late Cretaceous crystallization age of 94.91±0.24 Ma, 83.22±0.23 Ma and 82.07-50.18 Ma for ophiolitic, intrusive and foid bearing gabbro respectively.

The intrusive and foid bearing gabbro originated from the partial melting of a depleted mantle wedge that had reacted with slab-derived fluids, and the ascending magmas underwent fractional crystallization without significant crustal contamination in Central Anatolia.

Keywords: Ophiolitic gabbro, foid gabbro, Central Anatolia

Özet

Orta Anadolu gabroyik kayalar, Geç Kretase oluşumlu ve bölgenin ana magmatik litolojilerinden birini oluşturur. Bu gabrolar, Orta Anadolu'da granitik ve/veya felsik intrüzif yakın civarlarında yüksek topografyada yüzlek verirler. Gabrolar ofiyolitik kökenli, doğrudan kıta kabuğuna sokulan ve foid içeren gabrolara olmak üzere üç tipte gözlenmektedir. Gabroyik kayalar, piroksen gabro, hornblend gabro ve foyid içeren gabro bileşiminde olup ve çoğunlukla Orta Anadolu granitiyodi ile birlikte yüzlek verir. Bölgedeki gabroyik kayaların jeolojik mostraları çoğunlukla yan kayaların altere ürünleri ile örtüldüğünden dokanak ilişkilerinin anlaşılması oldukça güçtür. Saha jeolojisi, petrografi ve jeokimya, oluşum koşullarını ve kökenlerini birbirinden ayırt etmek için yeterli veri sergilememektedir. Bu çalışma, ayrıntılı petrografi, Raman spektroskopisi, jeokimyasal bileşimler ve her bir gabro türünden U-Pb zirkon yaşı verileri elde ederek Orta Anadolu'daki gabroyik kayaların türlerini ve kökenini ortaya koymak üzere yapılmıştır.

Kısmi erime derecesi ve gabroyik kayaların kökeni, tüm kaya eser element bileşimlerini kullanarak irdelenmiştir. Gabronun her üç tipinde de Raman kayma spektrumu kullanılarak amfibol, piroksen ve feldispat minerallerinin davranışları belirlenmiştir. Feldispat, amfibol ve piroksenin Raman kayması spektrumu kullanılarak Orta Anadolu gabrolarının tanımlama ve sınıflandırmada kullanılmaya çalışılmıştır. Orta Anadolu gabroları, hem ofiyolitik hem de intrüzif gabrolarda büyük iyon yarıçaplı litofil elementleri (Rb, Sr ve Ba gibi) bakımından zengin ve kalıcılığı yüksek olan elementler (Nb, Y, and Yb gibi) açısından fakir olduğu belirlenmiştir.

Foyid içeren alkalin gabro, büyük iyon yarıçaplı litofil elementler bakımından zengin ve kalıcılığı yüksek olan elementler bakımından hafifçe fakirleştiği belirlenmiştir. U-Pb zirkon yaşlandırması, ofiyolitik, intrüzif ve foid içeren gabrolar sırasıyla 94.91 ± 0.24 My, 83.22 ± 0.23 My ve $82.07-50.18$ My olarak Geç Kretase Paleosen yaşı ölçülmüştür.

Intrüzif ve foyid içeren gabrolar, dalan levhadan türeyen akışkanlarla reaksiyona giren tükenmiş bir manto kamasının kısmi ergimesinden kaynaklanmış ve yükselen magmalar, önemli bir kabuk kirlenmesi olmadan fraksiyonel kristallenmeye uğrayarak Orta Anadolu Kristalen Kompleksine yerleştiği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Ofiyolitik gabro, foyid gabro, Orta Anadolu



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



**KB Anadolu'da (Türkiye) Geç Magmatik Evre Turmalinli Lökogranitlerin Evrimi:
Mineral Kimyası ve Petrolojik Önemleri**

*Late-Stage Magmatic Evolution of the Tourmaline Bearing Leucogranites in NW Anatolia
(Türkiye): Mineral Chemistry and Petrological Implications*

**Namık Aysal^{1*}, Sinan Öngen¹, Nurullah Hanilçı¹, Davut Laçın¹, Mehtap Şafak Boroğlu²,
Mehmet Yeşiltaş³, İsak Yılmaz¹, Cem Kasapçı¹, Direnç Azaz¹**

¹*İstanbul University – Cerrahpaşa, Engineering Faculty, Dept. of Geological Engineering, İstanbul, Türkiye*

²*İstanbul University – Cerrahpaşa, Engineering Faculty, Dept. of Chemical Engineering, İstanbul, Türkiye*

³*Kırklareli University, Faculty of Aeronautics and Space Sciences, Kırklareli, Türkiye*

*aysal@istanbul.edu.tr

Özet

Batı Anadolu Magmatik Kompleksi'nde (BAMK) turmalin içeren, Oligo-Miyosen lökogranitler ve granofirik damar kayalarına sıkça rastlanılmaktadır. Biga Yarımadasında dört ayrı yerde turmalin içeren magmatik etkinlik (ör. Namazgah, Karadağ, Soğucak ve Karadoru) saptanmıştır. Granitoid plütonlarının tavan bölgelerinde geç evre magmatik fazda oluşan nodüler yığışimli, saçılmış ve damar tipi turmalin minerallerinin petrografisi, tüm kayaç jeokimyası ve mineral kimyası çalışmaları yapılmıştır. BAMK ve kontak metamorfik zonlarda izlenen turmalin mineralleri, X-ışını kırınımı (XRD), Fourier dönüşümlü kızılötesi (FTIR) ve Raman spektroskopisi kullanılarak yapısal ve kimyasal olarak karakterize edilmiş ve plütonların soğuma aşamalarındaki magmatik evrimler açıklanmaya çalışılmıştır. Araştırmamızdaki üç turmalin tipinde Taramalı Elektron Mikroskopu - Enerji Dağılımlı X-ışını Floresan (SEM-EDX) ve lazer aşındırma indüktif olarak eşleştirilmiş plazma kütle spektrometresi (LA-ICP-MS) ile ana, eser ve nadir yer element analizleri gerçekleştirilmiştir. Bileşimlerine bakınca, bu turmalinler alkali grubunda ve şorl-oksi-şorl-dravit-oksi-dravit katı çözelti serisinde yer alırlar. Turmalinli lökogranit ve granofirik damar kayaları, magmanın evrimi sırasında AFC işlemleri ile yüksek oranda ayrılmış manto kökenli magmalara ve metapelitik kabuk bileşenlerine bağlanan sık yerleşimli bir magmatik sistemi temsil etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Geç magmatik evre, turmalin, mineral kimyası

Abstract

Tourmaline bearing, Oligo-Miocene leucogranites and granophyric vein rocks are frequently observed in Western Anatolian Magmatic Complex (WAMC). Four tourmaline different occurrences (i.e. Namazgah, Karadağ, Soğucak and Karadoru) were identified in the Biga Peninsula. Petrography, whole-rock geochemistry and mineral chemistry studies were performed in nodular swarm, disseminated and vein type tourmaline minerals formed in late-stage magmatic phase at the roof section of the granitoid plutons. Tourmaline minerals from the WAMC and its contact metamorphic aureole were structurally and chemically characterized by using X-ray diffraction (XRD), Fourier-transform infrared (FTIR) and Raman spectroscopy technics, to explain their origin and relationships with the magmatic evolution during the pluton cooling stages. In our study we performed major, trace and rare earth element analysis

on Scanning Electron Microscope - Energy Dispersive X-Ray Fluorescence (SEM-EDX) and laser ablation inductively coupled plasma mass spectrometry from three tourmaline types. In regarding the compositional range, these tourmalines fall into the alkali group and schorl-oxy-schorl-dravite-oxy-dravite solid solution series. Tourmaline bearing leucogranite and granophyric vein rocks represent a shallow seated magmatic system, linked via AFC processes to highly fractionated mantle-derived magmas and metapelitic crustal components during the evolution of the magmas.

Keywords: Late stage magmatic processes, tourmaline, mineral chemistry



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



**Origin of Euhedral K-feldspar Megacrysts in Early Miocene Çataldağ Pluton (NW
Anatolia): A Thermodynamic Approach**

*Erken Miyosen yaşlı Çataldağ Plutonu İçindeki Özşekilli K-feldspat Megakristallerinin
Kökeni Üzerine Termodinamik Yaklaşım*

Ömer Kamacı^{1*}, Şafak Altunkaynak

Istanbul Technical University, Faculty of Mines, Geological Engineering, Istanbul, Türkiye

**kamaciom@itu.edu.tr*

Abstract

K-feldspar megacrysts are remarkable petrographic phenomena found in calc-alkaline granitoids formed in various tectonic settings. The origin(s) of K-feldspar megacrysts are still unclear. The granodiorite and granite of the Çataldağ pluton, an Early Miocene epizonal pluton in NW Anatolia, contain K-feldspar megacrysts in euhedral-subhedral form (up to 8 cm in size). The inclusions of plagioclase and biotite in the megacrysts align along the zoning pattern. These petrographic data are consistent with the process occurring under magmatic conditions. The Rhyolite-MELTS algorithm was applied to approximate the magmatic processes initiating early K-feldspar crystallization, which facilitates megacryst formation, in both open (magma mixing/assimilation-AFC) and closed (fractional crystallization-FC) magmatic systems. We used two high-K calc-alkaline mafic end-members with enriched mantle signatures and three distinct felsic end-members with varied K₂O compositions (ranging from 2.4% to 5.4%) representing the Western Anatolian continental crust.

According to the models, high-K mafic end members cannot generate granodiorite and granite through fractional crystallization. Furthermore, K-feldspars formed in a closed system crystallize late, leaving insufficient space for the generation of megacryst. On the other hand, K-feldspar crystallization occurs earlier in open system models. According to these models, the presence of high-K mafic magma is more critical than high-K felsic magma for the early crystallization of K-feldspar. In addition, magma mixing yields more realistic models than assimilation fractional crystallization (AFC). It supports the two end-members hypothesis, which contends that the mantle and crustal melts developed under the influence of Aegean extensional system.

Keywords: K-feldspar megacryst, thermodynamics, modeling, NW Anatolia

Özet

K-feldspat megakristalleri, farklı tektonik ortamlarda gelişmiş kalk-alkalin granitoidlerde gözlenmekte olan önemli petrografik oluşumlardır. Megakristallerin kökenlerine yönelik tartışmalar ise sürmektedir. Erken Miyosen yaşlı epizonal bir pluton olan Çataldağ plutonunun granodiyorit ve granitik bileşimli kayaları içerisindeki k-feldspat megakristalleri plutonun büyük bölümüne yayılmıştır. Boyutları 8 cm'ye kadar ulaşan megakristaller özşekilli ve yarı özşekilli formlarda porfirik dokular oluşturmaktadır. Megakristallerin içindeki plajiyoklaz ve biyotit inklüzyonları, megakristallerin zonlarına paralel

konumlanmaktadır. Tüm petrografik veriler megakristal oluşturan sürecin magmatik koşullarda gerçekleştiğine işaret etmektedir. Bu çalışmada, megakristal oluşumuna yaklaşımda bulunmak üzere erken K-feldspat kristalizasyonunu tetikleyen magmatik süreçler Rhyolite-MELTS programı kullanılarak açık (magma karışması/asimilasyon-AFC) ve kapalı sistemde (fraksiyonel kristallenme-FC) modellenmiştir. Modellemelerde zenginleşmiş manto işaretli, yüksek potasyumlu kalk-alkalin niteliğindeki iki ayrı mafik üye, farklı K₂O bileşimleri (2.4%'ten 5.4%'e) sunan, Batı Anadolu kıtasal kabuğu temsilcisi, üç ayrı felsik uç üye seçilmiştir.

Model çıktılarına göre yüksek potasyumlu kalk-alkali mafik uç üyeler fraksiyonel kristallenme ile granodiyorit ve granit oluşturamıyor. Üstelik kapalı sistemde oluşan K-feldspatlar genellikle geç evrede kristalizasyona başlıyor ve megakristal oluşturmak için yeterli alan kalmıyor. Açık sistem modellerinde ise erken evrede K-feldspar kristalizasyonu mümkün hale geliyor. Açık sistem modellerine göre, K-feldspatın erken kristalizasyonu için yüksek potasyumlu mafik magmanın varlığı, yüksek potasyumlu felsik magmadan daha önemli. Ayrıca magma karışması, asimilasyona (AFC) oranla daha gerçekçi modeller ortaya koyuyor. Bu da Ege genişleme sistemi etkisinde hem manto ergiyikleri hem de kabuksal felsik magmaların oluştuğunu savunan bimodal magmatizma hipotezini desteklemektedir.

Anahtar Kelimeler: K-feldspar megakristalleri, termodinamik, modelleme, KB Anadolu



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



**Significance of Upper Triassic P-MORB- and Cretaceous IAT-type Volcanic Rocks
around Konya for the Delineation of the Northern & Southern Inner-Tauride Suture
Zones in Anatolia**

*Anadolu'daki Kuzey ve Güney İç-Toros Kenet Zonlarının Tanımlanmasında Konya
Dolayındaki Üst Triyas P-MORB- ve Kretase IAT-tipi Volkanik Kayaçların Önemi*

Ender Sarıfakıoğlu^{1*}, Yıldırım Dilek², Mustafa Sevin³, Tamara Bayanova⁴

¹*Cankiri Karatekin University, Engineering Faculty, 18100, Cankiri, Türkiye*

²*Department of Geology & Environmental Earth Science, Miami University, Oxford, OH 45056, USA*

³*MTA General Directorate, 06530, Ankara, Türkiye*

⁴*Geological Institute, Kola Science Centre RAS, 14 Fersman Street, Apatity, Russia*

*enders@karatekin.edu.tr

Abstract

Anatolia occurs at the intersection of Eurasia, Africa, and Arabia as part of the Alpine–Himalayan–Tibetan orogenic belt. Its crustal architecture consists mainly of a mosaic of several continental blocks, separated by suture zones with ophiolites and mélanges derived from different Neotethyan seaways. Ophiolites exposed in the Konya Region of south-central Anatolia play an important role in understanding the distribution of Neotethyan suture zones and paleogeography in the eastern Mediterranean region.

Volcanic–pyroclastic rocks of the Huğlu Unit to the south of Lake Beyşehir in SW Anatolia alternate with Middle–Upper Triassic limestones, radiolarites and mudstones, and display geochemical signatures (Th/Yb:3-4; Ta/Yb:0.15-0.18; Zr/Y:2.60-3.15) typical of P-MORB basalts. They represent the remnants of an Early Mesozoic oceanic crust. Volcanic rocks that are spatially associated with deep marine sedimentary rocks of the Huğlu Unit correlate with coeval extrusive rocks in the Mersin Mélange, whereas the upper mantle peridotites of the Dipsiz Göl Ophiolite in Huğlu correspond to the peridotites of the Mersin Ophiolite. Towards the east we can find the continuation of these ophiolite complexes in the Pozantı–Karsantı (= Aladağ) and Pınarbaşı ophiolites in the Central Tauride Belt, and to the west in the Marmaris Ophiolite in the Western Tauride Belt and in the Pindos (Greece) Zone in the Hellenic belt.

The Yunak Ophiolite of the Afyon Zone to the north is thrust over the Jurassic–Cretaceous marbles, and represents a relic of a Late Triassic seaway, which developed to the north of the Tauride platform. The Yunak mafic rocks show negative Nb and Ti anomalies, characteristic of IAT geochemistry.

Çeşmelisebil mafic and ultramafic rocks in the Tavşanlı Zone in NW Anatolia are tectonically juxtaposed against Jurassic–Cretaceous marbles (with aragonite horizons), which were deformed and metamorphosed in a subduction channel during the closure of the Inner-Tauride Ocean. ⁴⁰Ar/³⁹Ar whole-rock ages obtained from dolerite dikes in the Çeşmelisebil Ophiolite have revealed Albian ages (110.3±8.3 Ma). We posit that the Çeşmelisebil and Yunak ophiolites in the Western Taurides chronologically and tectonically correlate with the Alihoca and Divriği ophiolites in the Central Taurides to the east.

Based on our results we interpret the Dipsiz Göl and Mersin ophiolites as the remnants of a Neotethyan seaway developed between the Anatolide and Tauride belts (Southern Inner-Tauride Seaway), and the

Yunak and Çeşmesebil ophiolites as the remnants of a seaway (Northern Inner-Tauride Seaway) evolved between the Anatolide (Afyon and Tavşanlı zones) belt and the Central Anatolian Crystalline Massif.

Keywords: Anatolide–Tauride belts, Triassic oceanic crust, P-MORB and IAT volcanics, Inner-Tauride Ocean, Neotethyan ophiolites

Özet

Türkiye, Alp–Himalaya–Tibet dağ kuşağı üzerinde, Avrasya, Afrika ve Arap plakalarının kesişiminde bulunmaktadır. Bu nedenle, jeodinamik yapısını birçok kıtasal bloklar ve bunlar arasında yer alan ve farklı okyanus havzalarından kaynaklanan ofiyolit napları oluşturur. Konya bölgesindeki tektonik birliklerin içinde bulunan ofiyolitik istifler, Güney ve Orta Anadolu’daki orojenik kenet zonlarının irdelenmesinde önemlidir.

Beyşehir Gölünün güneyindeki Huğlu Birimi volkanik–piroklastik kayaları, Orta–Üst Triyas yaşlı kireçtaşları, radyolarit ve çamurtaşlarıyla ardalanmalı bir istif oluşturur. Huğlu volkanitleri Plume (sorguç)-MORB bazaltlarına ait jeokimyasal özellikler (Th/Yb:3-4; Ta/Yb:0.15-0.18; Zr/Y:2.60-3.15) sunmakta olup, Erken Mesozoyik’te açılan bir okyanusun volkanitlerini oluştururlar. Huğlu Biriminin volkanik–derin denizel sedimanter kayaçları Mersin Mélanji ile korele edilirken, üst manto bölümünü Mersin Ofiyoliti’nin peridotit eşlenikleri olan Dipsiz Göl ofiyoliti oluşturmaktadır. Bu ofiyolit komplekslerinin doğuya doğru devamını Orta Toroslardaki Pozantı-Karsantı (= Aladağ) ve Pınarbaşı ofiyolitlerinde, batıya doğru ise Batı Toroslardaki Marmaris Ofiyoliti ve Hellenik kuşağındaki Pindos (Yunanistan) Ofiyoliti’nde bulabiliriz.

Afyon Zonunda yüzlek veren Yunak Ofiyoliti, Jura–Kretase mermerlerinin üzerine bindirmiştir. Yunak Ofiyoliti, Afyon Zonu kuzeyinde Üst Triyas’da açılan bir okyanusal basenin ultramafik-mafik kayalarını temsil etmektedir. Mafik kayalar, negatif Nb ve Ti anomali deseni sunması ile IAT (ada-yayı toleyitleri)-karakterlidir.

Batı Anadolu’daki Tavşanlı Zonunda, Çeşmelisebil dolayındaki ultamafik-mafik kayaçlar, Jura–Kretase mermerleri ile tektonik ilişkilidir. Bu mermerlerin yer yer aragonit seviyeleri içermesi, İç-Toros Kenet Zonu’nda yitme zonu gömülme metamorfizması geçirdiklerini işaret eder. SSZ (dalma-batma zonu)-tipi ofiyolitik kayalarını temsil eden diyabaz dayklarından ⁴⁰Ar/³⁹Ar radyometrik yaş metodu ile 110.3±8.3 My tüm kaya yaşı elde edilmiştir. Çeşmelisebil ve Yunak ofiyolitleri, Orta Toroslardaki Alihoça ve Divriği ofiyolitleri ile korele edilebilir.

Sonuç olarak: Dipsiz Göl ve Mersin ofiyolitlerini, Anatolidlerle Toridler arasında açılan bir okyanusun kalıntıları olarak (Güney İç-Toros okyanusu), Yunak ve Çeşmesebil ofiyolitlerini de Anatolidler (Afyon ve Tavşanlı zonları) ile Orta Anadolu Kristalen Masifinin arasındaki bir okyanusal basenin (Kuzey İç-Toros okyanusu) kalıntıları olarak yorumlamak mümkündür.

Anahtar Kelimeler: Anatolid–Torid kuşakları, Triyas yaşlı okyanusal kabuk, P-MORB ve IAT volkanitleri, İç-Toros okyanusu, Neotetis ofiyolitleri



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



**Menderes Masifi'nin Bozdağ (Ödemiş) Bölgesinde Gözlenen ~630 my Yaşlı Asidik /
Bazik (meta)-Magmatiklerin Jeokimyası ve Jeokronolojisi**
*Geochemistry and Geochronology of ~630 Ma (meta)-Acidic / Basic Magmatics in the
Bozdağ (Ödemiş) Region of the Menderes Masif*

O. Ersin Koralay^{1*}, Osman Candan¹, Bora Uzel¹, Fukun Chen², Alan S. Collins³

¹Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Tınaztepe Yerleşkesi, 35160,
Buca – İzmir, Türkiye

²Key Laboratory of Crust-Mantle Materials and Environments, School of Earth and Space Sciences, University
of Science and Technology of China, Hefei, 230026, China

³Mawson Geoscience Centre and Department of Earth Sciences, University of Adelaide, Adelaide, SA 5005,
Australia

*ersin.koralay@deu.edu.tr

Abstract

The Menderes Massif (MM) forming a component of the Anatolide – Tauride Block which was drifted to the north during the Early Triassic has a Gondwana-derived crystalline basement. The metamorphic - magmatic history of this basement has been attributed to the Malagasy Orogeny (~600-500 Ma) resulted in the final amalgamation of Gondwana. In this study, we focus on the age and origin of amphibolites widely distributed in the Ödemiş-Bozdağ region. Schists known as Bozdağ schists start with quartzite – quartz schist – mica schist intercalation with rare marble lenses at the base and continue upward with thick and homogeneous schist unit. They pass gradually into black quartzite - schist - phyllite intercalation. Marbles form the uppermost unit of this coherent series. The key-mineral isogrades indicate that this sequence characterized by widespread occurrences of amphibolite sills and garnet-amphibole-plagioclase schist levels was overturned by Alpine deformation.

LA-ICP-MS zircon U–Pb data obtained from amphibolites occurring both in the homogeneous Bozdağ schists and black quartzite - schist - phyllite intercalation yielded similar ages of 611 ± 24 Ma and 629 ± 13 Ma interpreted as the crystallization ages of basic protolith, respectively. The Bozdağ schists also contain rare acidic veins with well-preserved primary holocrystalline texture yielding 632 Ma and 630 Ma LA-ICP-MS zircon U-Pb ages. These ages indicate that this coherent sequence forms the oldest rocks of the basement rocks of the MM.

These amphibolites are characterized by slight variations in SiO₂ (46–63 wt.%), MgO (5.7–8.3 wt.%), Nb (4.0–12.5 ppm) and Ta (0.1–0.8 ppm) and high Mg# values of 48-61. They have low La/Nb (0.76-1.75), Nb/Y (0.17-0.47), Zr/Y (3.04-4.30), Th/Ta (0.71-2.83) ratios suggesting a mantle source with slight crustal contamination for the primary rocks. Major and trace element compositions of these amphibolites indicate an overall sub-alkaline basalt with tholeiitic affinity. They are characterized by 5-45 times enrichment in large ion lithophile elements (LILE) and slightly enrichment in light rare earth

elements (LREEs) relative to heavy rare earth elements (HREEs). Geochemical features of the amphibolites suggest a precursor mafic magma derived from partially-melted enriched mid-ocean ridge basaltic (E-MORB) source in a continental within-plate tectonic setting. Based on the present data, we infer that Neoproterozoic basic magmatism occurred in an extensional setting during the East Africa Orogenic cycle (>600 Ma).

Keywords: Amphibolite, Geochemistry, Bozdağ, Menderes Masifi, East African Orogeny

Acknowledgement: This study was supported by TÜBİTAK Project No: 117Y346.

Özet

Anatolid – Torid Bloğu'nun bir bileşeni olan Menderes Masifi, erken Triyas'ta koparak kuzeye sürüklenen, Gondvana kökenli kristalen bir temele sahiptir. Geç Neoproterozoyik yaşlı bu temeli etkileyen tüm metamorfik ve magmatik olaylar Gondvana'nın nihai bütünleşmesini sonuçlayan Malagazi Orojenezi ile ilişkilendirilmektedir (~600-500 Ma). Bu çalışmada, Ödemiş-Bozdağ bölgesinde yaygın olarak gözlenen amfibolitlerin yaşına ve kökenine odaklanılmıştır. Bu bölgede geniş yayılım sunan şistler Bozdağ şistleri olarak bilinmektedir. Bozdağ şistleri tabanda seyrek mermerli kuvarsit – kuvars şist – mikaşist ardalanması ile başlar, kalın ve homojen şist birimiyle devam eder. Bunlar uyumlu ve geçişli bir dokanakla siyah kuvarsit – şist – fillit ardalanmasından yapıli birime geçer. İstif, bu birimi uyumlu olarak üzerleyen kalın karbonatlarla sonlanır. Anahtar minerallere ait izogradlar, yaygın amfibolit silleri ve granat-amfibol-plajiyoklaz şist düzeylerinin varlığı ile karakterize olan söz konusu istifin günümüzde devrik konumda olduğunu göstermektedir.

Homojen Bozdağ şistleri içerisindeki amfibolitlerden 611 ± 24 my, siyah kuvarsit – şist – fillit ardalanması içerisindeki amfibolitlerden ise 627 ± 12 my LA-ICP-MS zirkon U-Pb kristallenme yaşları elde edilmiştir. Ayrıca şistler içerisinde seyrek olarak gözlenen, ilksel holokristalen dokusu korunmuş asidik damar kayaları da benzer şekilde 632 ve 630 my LA-ICP-MS zirkon U-Pb kristalizasyon yaşları vermiştir. Bu yaşlar, Bozdağ şistlerini içeren istifin Menderes Masifi temel kayaçları içerisinde bugüne kadar saptanmış en yaşlı kayaçlar olduğuna işaret etmektedir.

Yüksek Mg# (46-63) değerleri sunan amfibolitler birbirine yakın SiO_2 (%46–50), MgO (%5,7–8,3), Nb (4,0–12,5 ppm) ve Ta (0,1–0,8 ppm) değerleri ile karakteristiktir. Amfibolitler düşük La/Nb (0,76-1,75), Nb/Y (0,17-0,47), Zr/Y (3,04-4,30) ve Th/Ta (0,71-2,83) oranlarına sahiptir. Bu oranlar, amfibolitlerin ilksel kayacı için kabuksal kirlenmenin fazla etkin olmadığı bir manto kaynağını düşündürmektedir. Ana ve eser element bileşimleri bunların tümünün toleyitik, sub-alkali bazaltlar olduğunu göstermektedir. Ağır nadir yer elementlerine (HREE) göre büyük iyon litofil elementleri (LILE) 5-45 kat, hafif nadir yer elementleri (LREE) ise hafif bir zenginleşme sunmaktadır. Jeokimyasal özellikler, amfibolitlerin ilksel mafik magmalarının, zenginleşmiş okyanus ortası sırtı bazaltı bileşimli (EMORB) bir kaynağın kısmi erimesi ile ilişkili, kıtasal levha içi magmatik aktiviteden türediğini göstermektedir. Bu verilere dayanarak, Geç Neoproterozoyik yaşlı bazik magmatizmanın Doğu Afrika Orojenezi (>600 my) ile ilişkili geç evre genişleme sürecine bağlı olarak geliştiğini söyleyebiliriz.

Anahtar Kelimeler: Amfibolit, Jeokimya, Bozdağ, Menderes Masifi, Doğu Afrika Orojenezi

Katkı Belirtme: Bu çalışma 117Y346 numaralı TÜBİTAK Projesi kapsamında desteklenmiştir.



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu

9th Geochemistry Symposium with International
Participation



Karıncalı (Kırşehir Kuzeybatısı) Metamorfitleerin petrolojisi ve Jeokimyası, Orta Anadolu, Türkiye

Karıncalı (Northwest of Kırşehir) metamorphic rocks petrology and geochemistry, Central Anatolia, Türkiye

Meral Gürel^{1*}, Yusuf Kağan Kadioğlu^{2,3}

¹Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara, Türkiye

²Ankara Üniversitesi Mühendislik Fak. Jeo. Müh. Böl. Ankara, Türkiye

³Ankara Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi (YEBİM), Ankara, Türkiye

*meral.gurel@mta.gov.tr

Özet

Karıncalı köyü yöresinin temelini Kırşehir Masifi'ne ait temel metamorfitleer oluşturmaktadır. Yeşilist fasiyeslerinde metamorfizmaya uğramış olan bu kayalar Kırşehir Masifi'ne ait kayalardır. Bu temel metamorfik istifi; temelden başlayarak, amfibolit, gnays, kuvarşist, mikaşist ve amfibolşist karmaşığından oluşan Kalkanlıdağ formasyonu, kuvars mikaşist, mikaşist, kuvarşist, kuvarsit, kalkşist, mermer aralanmasından oluşan Tamadağ formasyonu ve çeşitli özellikte mermer, metaçörtlü mermer topluluğundan oluşan Bozçaldağ formasyonu şeklindedir. Metamorfitleer üzerine bazı yerlerde bindirmeli dokanakla gelen gabro, diyabaz ve volkano-tortul birimler, Çiçekdağı napı olarak ayırtlanmıştır. Bu birimleri kesen felsik intruzifler iri, yer yer mega kristalli siyenitlerden oluşan kesimleri Çayağzı siyeniti; nefelin siyenitlerden oluşan kesimleri Buzlukdağı siyeniti; kuvras monzonit ve monzonitlerden oluşan kesimleri ise Baranadağ intruzifleri şeklinde ayırtlanmıştır. Bu birimler, genel olarak subvolkanik özellikler sunan trakit, trakiandezit, latit, riyolit, riyodasit türü kayalardan oluşan Geç Kretase yaşlı Kötüdağ volkanitleri tarafından kesilmektedir. Kırşehir masifi kökünde, psamitik, ortokuvarsitik, pelitik, yarıpelitik, kumlu, killi ve çörtlü karbonat çökellerinden oluşmuştur. Metamorfik fasiyes belirlemesinde granat, amfibol ve plajiyoklaz minerallerin türleri Konfokal Raman spektroskopisi sinde belirlenmiştir. Çalışma alanında yer alan kayalardaki ayrıntılı petrografi ve Raman analiz incelemelerinde yaygın mineral topluluğu Klinoamfibol + plajiyoklaz + titanit, klinoamfibol + klinozoizit + epidot + plajiyoklaz + titanit, Granat amfibolşist mineral topluluğu klinoamfibol + granat + klinozoizit + plajiyoklaz, Albit + kuvars + muskovit + biyotit ± granat, aktinolit + tremolit + klorit + kuvars, kalsit + kuvars + muskovit ayrıca serisit + kuvars + grafit mineral parajenezlerinden oluşmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Kırşehir Masifi, Karıncalı metamorfitleeri, Raman, jeokimya

Abstract

The main metamorphites of Kırşehir Massif constitute the basis of the Karıncalı village region. These rocks, which have been subjected to metamorphism in greenschist facies, belong to the Kırşehir Massif. This metamorphic sequence; bottom to the top, Kalkanlıdağ formation which is consist of amphibolite, gneiss, quartz schist, mica schist and amphibolchist complex, Tamadağ formation which is consist of quartz mica schist, mica schist, quartz schist, quartzite, calcschist, marble sequences, and Bozçaldağ formation which is consist of a variety of marbles, marble assemblages with metachortedformation. Gabro, diabase and volcano-sedimentary units that placed with overlapping contact on some of the metamorphites are distinguished as Çiçekdağı nappe. The felsic intrusives that cut these units consist of large, partly mega-crystalline syenites define as a Çayağzı syenite; the part of the section includes nepheline syenites define as a Buzlukdağı syenite; The sections consist of quartz monzonite and monzonite are distinguished as Baranadağ intrusives. These units have been cut by the Late Cretaceous aged Kötüdağ volcanics, which consist of trachite, trachyandesite, lattice, rhyolite, and ryodacite type rocks which have generally show subvolcanic properties. Kırşehir massive origin is composed of psamitic, ortho-quartzitic, pelitic, semipelitic, sandy, clayey and cherty carbonate deposits. In the north of the Karıncalı, Kırşehir massif firstly amphibolite facies metamorphism and then from the amphibolite facies to the greenschist facies metamorphism has been ocured. In determining metamorphic facies, the types of garnet, amphibole and plagioclase minerals were determined by Confocal Raman spectroscopy. In the detailed petrography and Raman analysis of the rocks in the study area, the common mineral group clinoamfibol + plagioclase + titanite, clinoamfibol + clinozoisite + epidote + plagioclase + titanite, garnet amphibol mineral assemblages consists of clinoamfibol + garnet + clinozoisite + plagioclase, greenschist mineral assemblages consists of albite + quartz + muscovite + biotite ± garnet, actinolite + tremolite + chlorite + quartz, calcite + quartz + muscovite, as well as sericite + quartz + graphite mineral paragenesis.

Key words: Kırşehir Massif, Karıncalı metamorphics, Raman, geochemistry



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



**Kristalizasyon Kinetiği: Kristal Morfolojisi ile Soğuma Hızı Arasındaki İlişki ve Farklı
Jeolojik Malzemede Dokusal Evrim**

*Crystallisation Kinetics: Relationships Between Crystal Morphology and Cooling Rate and
Textural Evolution of Different Geological Materials*

Namık Aysal^{1*}, Yiğit Kurt², Davut Laçın¹, Hüseyin Öztürk¹, Sinan Öngen¹

¹*Istanbul University – Cerrahpaşa, Engineering Faculty, Depth. of Geological Engineering, İstanbul, Türkiye*

²*Istanbul University – Cerrahpaşa, Graduate Education Institute, İstanbul, Türkiye*

*aysal@istanbul.edu.tr

Özet

Kristal morfolojisi; jeolojik süreçler boyunca bir dizi fiziko-kimyasal parametre tarafından kontrol edilmektedir. Sıcaklık, basınç, soğuma hızı, nüveleşme, difüzyon, uçucu bileşenler ve viskozite gibi pek çok parametre kristal morfolojisini doğrudan etkilemektedir. Mineraller kristalografik iç düzenlerinin bir yansıması olarak kendilerine özgü bir şekle sahiptirler. Ancak mineraller bu morfolojik özelliklerini sadece ideal koşullar altında kristallendiklerinde tam olarak yansıtabilirler. Kristallenme sürecini kontrol eden parametrelere bağlı olarak mineraller pulsu, prizmatik, iğnemsî, lifsi, radyal, orbiküler ve dendritik şekillerde kristallenirler. Bunun sonucu olarak kristallenme derecesine, kristal büyüklüğüne, kristallenme hızına ve şekline göre kayacın oluşum koşullarını yansıtan çeşitli dokular gelişir.

Birçok kayaç türünde soğuma hızının bir fonksiyonu olarak farklı kristal dokularının gelişimi izlenmektedir (camsı volkanik kayalar, yastık lavlar vb.). Kayaların bir ergiyikten itibaren kristallenmesine benzer bir mekanizma arkeometalürjik işlemlerde elde edilen cüruflarda ve döküm kayalarında da gözlenmektedir.

Bu çalışmada silisik volkanik kayalarda yaygın olarak gözlenen sferulit ve aksiyolit oluşumlarında, antik çağlarda işletilmiş maden cüruflarında ve döküm kayacı olarak üretilen bazaltlardaki farklı minerallerde (kuvars, sanidin, olivin, piroksen, plajiyoklas, manyetit vb.) gelişen kristal şekilleri (iskeletsi, dentritik, polihedral vb.) ve oluşum süreçlerindeki fizikokimyasal koşullar tanımlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kristalizasyon kinetiği, ani soğuma, kristal morfolojisi, arkeometalürji

Abstract

Crystal morphology is controlled by a series of physicochemical parameters throughout geological processes. Many parameters such as temperature, pressure, cooling rate, nucleation, diffusion, volatile components and viscosity directly affect crystal morphology. Minerals have a unique shape as a reflection of their crystallographic systems. However, minerals can fully reflect these morphological properties only when they crystallize under ideal conditions. Depending on the parameters controlling the crystallization process, minerals crystallize in lamellar, prismatic, acicular, fibrous, radial, orbicular

and dendritic shapes. As a result, various textures develop, reflecting the rock's formation conditions, depending on the degree of crystallization, crystal size, crystallization rate and crystal morphology. The development of different crystal morphologies is observed as a function of cooling rate in many different rock types (i.e. glassy volcanic rocks, pillow lavas). A mechanism similar to the crystallization of rocks from a melt is observed in slags obtained in archaeometallurgical processes and in cast rocks. In this study, crystal morphologies (skeleton, dendritic, polyhedral) in different minerals (quartz, sanidine, olivine, pyroxene, plagioclase, magnetit etc.) developed in the spherulitic and axiolitic formations commonly are observed in silicic volcanic rocks, in slags from ancient mining and in basaltic rocks produced as cast rocks and physicochemical conditions in the crystallization processes are defined.

Keywords: Crystallization kinetics, under cooling, crystal morphology, archaeometallurgy



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



**Erken Miyosen Yaşlı Türkali (Soma-Manisa) Plütönu ve İlişkili Sin-Plütönik Daykların
Petrografisi ve Petrolojisi: Çarpışma Sonrası Magmatizma (KB Türkiye) ve Polimetalik
Cevherleşmelerden Bir Örnek**

*Petrography and Petrology of The Early Miocene Türkali (Soma-Manisa) Pluton and Related
to Syn-Plutonic Dykes: An Example From Post-Collisional Magmatism (NW Türkiye) and
Polymetallic Mineralization*

M. Selman Aydoğan^{1*}, Zafer Aslan¹, Bin Chen²

¹Balıkesir Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü 10145 Balıkesir, Türkiye
²Peking University, Dept. of Geology, Beijing 100871, Peoples R, China

*aydogan@balikesir.edu.tr

Özet

Yeni keşfedilen Türkali plütönu Permo-Triyas yaşlı Karakaya Kompleksi içerisine sokulum yapmış olan küçük (~ 2 x 2 km) bir granitik küttedir. Türkali plütönu KD-gidişli sin-plütönik mafik dayk kümeleri ile karakteristiktir. Petrografik olarak, sin-plütönik dayklar hornblend, plajiyoklaz, biyotit ve Fe-Ti-oksitlerden meydana gelmektedir.

Plütönu ve sin-plütönik dayklar kalk-alkalen karakterli olup şoşonit seri özelliğini gösterirler. Granodiyorit ve tonalit bileşimindeki plütönu I-tipinde olup, metalumin karakterindedir. Kondrite göre normalize edilen RTE dağılımları konkav şekilli (plütönu: $La_N/Lu_N=9-15$; dayk: $La_N/Lu_N=12-15$) olup, zayıf derecede Eu anomalisi ($Eu/Eu^* = 0,51-1,03$) sunmaktadır.

Plütönu ve ilişkili sin-plütönik daykların yaşı SHRIMP U-Pb zirkon metodu ile tespit edilmiştir. Buna göre, plütönün yaşı $20,33\pm 0,39$ Ma ve $20,52\pm 0,57$ Ma arasında değişirken, sin-plütönik daykların yaşı ise $20,25\pm 0,49$ Ma ve $20,61\pm 0,89$ Ma (Erken Miyosen) arasında değişmektedir. Ayrıca, bu kayalar benzer Nd-Sr izotopik bileşimlere sahiptir ($^{143}Nd/^{144}Nd$, plütönu: 0,51231 ve 0,512375; dayk: 0,512307 ve 0,512388 ve $^{87}Sr/^{86}Sr$, plütönu: 0,708367 to 0,710552; dayk: 0,708360 to 0,708558).

Türkali plütönu Pb, Zn, Cu ve daha az Mo ve Au (0,02-0,03 g/t) cevherleşmelerine ev sahipliği yapmaktadır. Cu (%0,1-0,5) ve Mo (%0,004-0,01) daha çok plütönün çatı kesimindeki kırık zonlarında sıvama şeklinde gözlenirken, Pb ve Zn cevherleşmeleri dış zondaki tektonizma sonrası oluşmuş Miyosen yaşlı volkaniklerin KD-gidişli hidrotermal breş ve damar sistemlerinde gözlenmektedir.

Plütönu ve sin-plütönik mafik dayklar çarpışma sonrası ortamda oluşmuştur ve volkanik-yay granitleriyle ilişkilidirler. Her iki kayaç grubunun köken kayaları metabazik ve amfibolitlerdir ve bu kayaların kökeni hem metasomatik manto ve orta-alt kabukdan şekillenmiş olan hibrit bir magmadır.

Anahtar Kelimeler: I-tipi granit, sin-plütönik dayk, SHRIMP U-Pb zirkon, polimetalik cevherleşme, Kuzeybatı Türkiye

Abstract

The newly-discovered Türkali pluton is a small (ca. 2 x 2 km) granitic stock intruded into Permo-Triassic Karakaya Complex. The Türkali Pluton is characterized by NE-oriented syn-plutonic mafic dyke swarms. Petrographically, syn-plutonic dykes comprise hornblende, plagioclase, biotite and Fe-Ti-oxides.

The studied plutonic and syn-plutonic dykes are of calc-alkaline character, belongs to the shoshonite series. The pluton displays properties of I-type affinity. It is metaluminous, and classified as granodiorite and tonalite in composition. The REE patterns indicate that these rocks have slight negative Eu anomaly ($Eu/Eu^* = 0.51-1.03$), and chondrite-normalized patterns are concave-shapes (pluton: $La_N/Lu_N=9-15$; dyke: $La_N/Lu_N=12-15$).

The pluton and syn-plutonic dykes were dated by the SHRIMP U-Pb zircon method, and same ages yielded with 20.33 ± 0.39 Ma to 20.52 ± 0.57 Ma, 20.25 ± 0.49 Ma to 20.61 ± 0.89 Ma (Early Miocene), respectively. Also, they have same Nd-Sr isotopic compositions; $^{143}Nd/^{144}Nd$ (pluton: 0.51231 to 0.512375; dyke: 0.512307 to 0.512388) and $^{87}Sr/^{86}Sr$ (pluton: 0.708367 to 0.710552; dyke: 0.708360 to 0.708558).

The Türkali pluton is also hosted by polymetallic mineralization such as Pb, Zn, Cu, slight Mo and Au (0.02-0.03 g/t). Although Cu (0.1-0.5 wt%) and Mo (0.004-0.01 wt%) are mostly observed as coating through fractured zones in roof section of pluton, Pb and Zn are seen in NE-directed hydrothermal breccia zones and veins of post-tectonic volcanics of Miocene in outer zone.

These rocks formed in post-collisional setting, and have affinity of volcanic-arc granites. Source protoliths of both rocks are metabasic and amphibolite, and origin of these rocks is a hybrid magma derived from both metasomatic mantle and middle-lower crust.

Keywords: I-type granite, syn-plutonic dyke, SHRIMP U-Pb zircon, polymetallic mineralization, NW Türkiye



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



**Near Isothermal Decompression and Partial Melting of the Western Anatolian Orogenic
Crust: Constrains from Çataldağ Leucogranites**

İzotermik Basınç Serbestlenmesi ve Batı Anadolu Orojenik Kabuğunun Kısmi Ergimesi:

Çataldağ Lökogranitlerinden Bulgular

Ömer Kamacı*, Şafak Altunkaynak

Istanbul Technical University, Faculty of Mines, Geological Engineering, Istanbul, Türkiye

**kamaciom@itu.edu.tr*

Abstract

Çataldağ leucogranites are a representative example of the Eo-Oligocene magmatic activity in Western Anatolian orogenic crust and defined by garnet-bearing leucogranite and two-mica leucogranite with strongly peraluminous nature. Garnet bearing leucogranite is composed of quartz (30-35%), plagioclase (25-30%), K-feldspar (25-30%), muscovite (5%), garnet (2%) and biotite whereas two-mica leucogranite display quartz (30-35%) + plagioclase (25-30%) + K-feldspar (20-22%) + biotite (5-8%) + muscovite (3%) ± garnet mineral composition. Mineral chemistry studies suggest that feldspar compositions of Çataldağ leucogranites are oligoclase (An₁₀₋₂₉) and orthoclase (Or₈₃₋₉₃). Garnet crystals display almandine compositions of Fe₈₂₋₉₂Mn₁₀₋₂₇Ca+Mg₈₋₁₈ for garnet-bearing leucogranite and Fe₈₂₋₉₂Mn₁₀₋₂₇Ca+Mg₈₋₁₈ for two-mica leucogranite. Biotite compositions of leucogranites are Mg-siderophyllite (Fe-biotite), while the muscovite composition corresponds to lithium-muscovite.

The garnet-muscovite-plagioclase-quartz thermobarometry calculations on garnet-bearing leucogranite show that the temperature-pressure crystallization conditions are 459-540 °C and 2.5-4.6 kbar. On the other hand, thermobarometric calculations (garnet-biotite-plagioclase-quartz geothermobarometry) of two mica leucogranites indicate higher temperatures and pressure conditions of 621-707 °C and 4.7-9.8 kbar. In particular, the pressure conditions of the garnet crystals in two mica leucogranites decrease significantly from core to rim with a slight decrease in temperature conditions. These variations on the thermobarometric calculations of Çataldağ leucogranites combined with petrography and mineral chemistry studies collectively suggest that Çataldağ leucogranites were developed as a result of the near isothermal decompression and partial melting of Western Anatolian orogenic crust.

Keywords: Isothermal decompression, mineral chemistry, leucogranite, Eo-Oligocene, NW Anatolia

Özet

Batı Anadolu Orojenik Kabuğundaki Eo-Oligosen magmatik aktivitesinin temsili bir örneği olan Çataldağ lökogranitleri, yüksek peralüminyumlu özellikteki garnet-lökogranit ve iki mikalı lökogranit ile tanımlanmıştır. Garnet-lökogranit, kuvars (%30-35), plajiyoklaz (%25-30), K-feldispat (%25-30), muskovit (%5), garnet (%2) ve biyotitten oluşurken, iki mikalı lökogranit kuvars (%30-35) + plajiyoklaz (%25-30) + K-feldispat (%20-22) + biyotit (%5-8) + muskovit (%3) ± garnet mineral bileşimi sergiler.

Mineral kimyası çalışmaları, Çataldağ lökograditlerinin feldspat bileşimlerinin oligoklaz (An_{10-29}) ve ortoklaz (Or_{83-93}) olduğunu göstermektedir. Garnet kristalleri, garnet-lökogradit için $Fe_{82-92} Mn_{10-27} Ca+Mg_{8-18}$ bileşimindeyken iki mikalı lökogradit içinse $Fe_{82-92} Mn_{10-27} Ca+Mg_{8-18}$ bileşiminde olup, ikisi de almandin olarak sınıflanır. Lökograditlerin biyotit bileşimleri Mg-siderofillit (Fe-biyotit) iken, muskovit bileşimi ise lityum-muskovittir.

Garnet-lökograditin, garnet-muskovit-plajiyoklaz-kuvars termobarometrik hesaplamaları sonucunda sıcaklık-basınç kristalleşme koşullarının 459-540 °C ve 2.5-4.6 kbar olduğunu göstermektedir. Öte yandan, iki mikalı lökograditin termobarometrik hesaplamaları (Garnet-biyotit-plajiyoklaz-kuvars jeotermobarometrisi), 621-707 °C ve 4,7-9,8 kbar, yani garnet-lökograditten daha yüksek sıcaklık ve basınç koşulları gösterir. Özellikle, iki mikalı lökogradit içindeki garnet kristallerinin çekirdek zonlarından kenar zonlarına doğru, basınç koşulları önemli ölçüde, sıcaklık koşullarında ise hafif bir azalma görülür. Petrografi, mineral kimyası çalışmaları ve jeotermobarometre hesaplamaları birlikte ele alındığında, Çataldağ lökograditlerinin Batı Anadolu orojenik kabuğunun izotermik basınç serbestlenmesi ve kısmi ergimesi sonucu geliştiğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: İzotermik basınç ferahlaması, mineral kimyası, lökogradit, Eo-Oligosen, KB Anadolu

1. INTRODUCTION

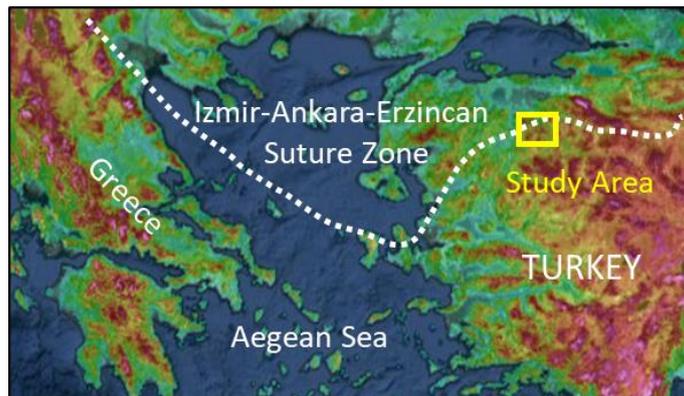
The intrusive magmatism in Western Anatolia has been alive from Eocene to Middle Miocene following the continental collision between Sakarya Continent and Anatolide-Taurid Platform [1]. Three essential stages are classified by researchers; Eocene magmatism [2], Eo-Oligocene magmatism [3 and references therein] and Early Miocene magmatism [4 and references therein].

Eo-Oligocene granitoids are represented by leucogranites and two-mica granites with a strongly peraluminous nature and S-type affinity [5,3]. Çataldağ leucogranites (CL) are included in the Çataldağ Metamorphic Core Complex [6] and representative examples of this Eo-Oligocene granitoids in NW Anatolia (Figure 1). CL is divided into two members with S-type characteristics: garnet-bearing leucogranite (GBL) and two-mica leucogranite (TML), which were derived from a metapelitic mica-schist of Western Anatolian orogenic crust [3].

There are very few published geological and petrographical data on Eo-Oligocene leucogranites [6,3,5] and no mineral chemistry studies on CL. This study aims to fill this gap by focusing on the petrography and mineral chemistry studies on plagioclase, K-feldspar, biotite, muscovite and garnet crystals of ÇL in order to estimate the crystallization temperature and pressure conditions. These data provide a better understanding of magmatic processes in the Western Anatolian orogenic crust and regional geology during Eo-Oligocene.

2. MATERIAL and METHODS

Mineral compositions of CL were determined with CAMECA-SX50 Electron Probe Micro Analyzers (EPMA) at the University of Kentucky. Thin sections of CL were made and carbon-coated prior to use in the EPMA. The analyses were run with a probe current of 10 nA, an acceleration voltage of 15 kV and a beam diameter of 0.5 µm.



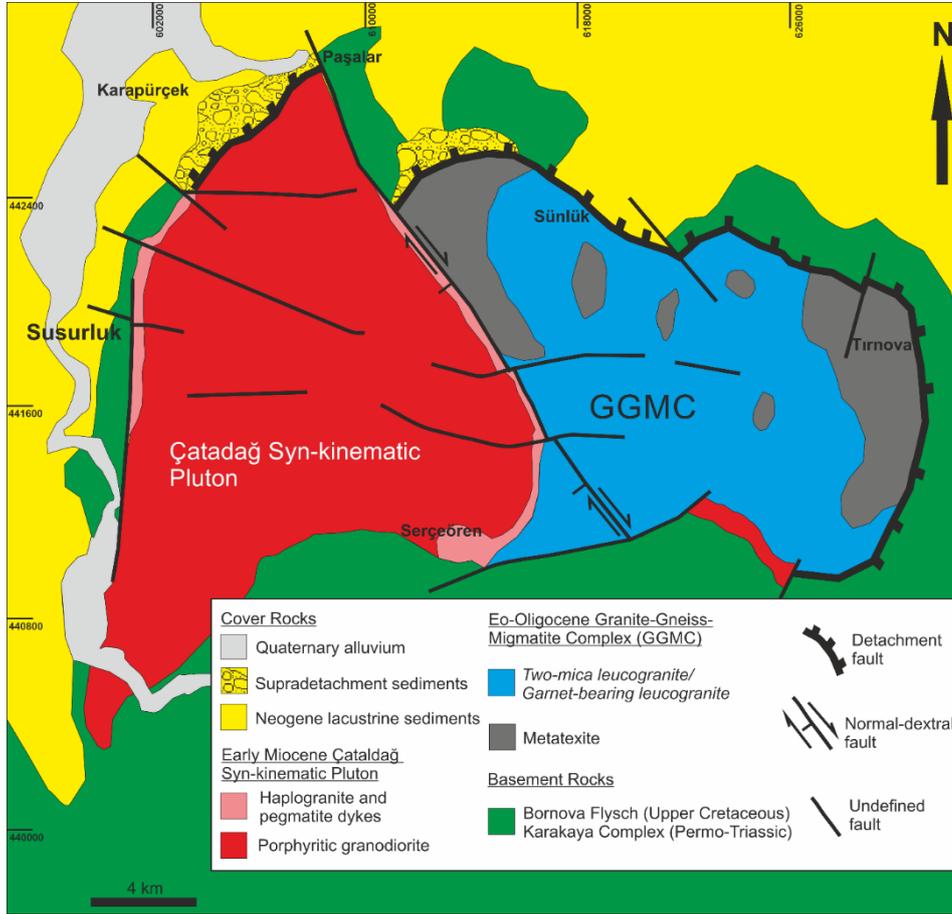


Figure 1. Study area and geological map of Çataldağ Core Complex.

3. RESULTS and DISCUSSION

3.1. Petrography and Mineral Chemistry

GBL is composed of quartz (30-35%) + plagioclase (25-30%) + K-feldspar (25-30%) + muscovite (5%) + garnet (2%) ± biotite. Zircon and monazite are also present as accessory minerals. The magmatic textures are rarely preserved as a result of the cataclastic deformation.

Similar to GBL, TML is also affected by cataclastic deformation but magmatic textures are preserved from place to place. TML is made up of quartz (30-35%) + plagioclase (25-30%) + K-feldspar (20-22%) + biotite (5-8%) + muscovite (3%) ± garnet. Accessory minerals are represented by apatite, titanite, zircon and monazite. It shows a holocrystalline granular texture.

Feldspars. Plagioclase is the main felsic mineral in both GBL and TML. Subhedral prismatic plagioclase crystals are common in TML, displaying polysynthetic twinning while they are represented by deformed anhedral crystals in GBL. Compositions of the plagioclase of TML and GBL range from An₁₀ to An₂₉ which represented by oligoclase (Figure 2). K-feldspar, similar to plagioclase, is represented by

subhedral and anhedral crystals in both TML and GBL. Compositions of K-feldspar of TML and GBL range from Or₈₃ to Or₉₃ which correspond to orthoclase (Figure 2).

Micas. Biotite is a common mafic mineral in TML whereas GBL does not contain biotite. They are dominantly idiomorphic, reddish-brown and represented by Mg-siderophyllite (Fe-biotite) in [7] mica classification (Figure 2). Muscovite is the common mica mineral in the Çataldağ leucogranites. They are idiomorphic in TML and flaky habitus in the GBL. The muscovite composition is lithium-muscovite in both TML and GBL (Figure 2).

Garnet. Garnet is present mostly in GBL and minor amounts in TML. Garnet is generally represented by shattered porphyroclasts in ÇL. Garnet composition in GBL range from Fe₈₂ Mn₁₀ Ca+Mg₈ to Fe₉₂ Mn₂₇ Ca+Mg₁₈, which is classified as almandine (Figure 3). Similar to GBL, garnets in TML are characterized by almandine but relatively higher Mn contents (Fe₇₂₋₉₂ Mn₂₅₋₄₀ Ca+Mg₈₋₂₈). Garnet cores show more CaO content than rims, 5% and 3%, respectively.

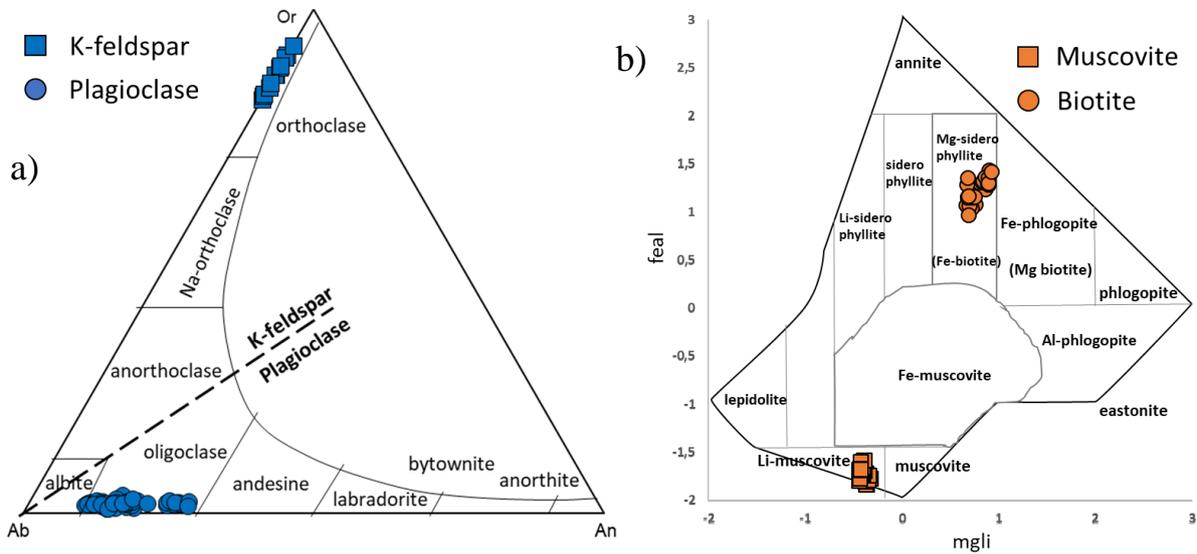


Figure 2. a) Feldspar classification of Çataldağ leucogranites and b) mica classification of Tischendorf et al. (1997).

3.2. Crystallization conditions

The application of garnet-biotite geothermometry to TML has yielded temperature estimates in the range of 621-707 °C, respectively [8]. Garnet-biotite-plagioclase-quartz barometry which is a useful method for peraluminous granites [9] displays a wide range of pressure, which is between 4.7 and 9.8 kbar [10, 11]. These P and T values correspond to the upper amphibolite facies conditions (Table 1). Garnet-muscovite geothermometry results from GBL show a range of 459-540 °C while garnet-muscovite-plagioclase-quartz geobarometry shows a pressure condition of 2.5-4.6 kbar. This condition corresponds to lower amphibolite-upper greenschist facies (Table 1).

The garnet-biotite-plagioclase-quartz thermobarometry of the TML shows that the pressure conditions of the garnet crystals decrease significantly from core to rim while the temperature conditions decrease slightly indicating to near isothermal decompression processes. High-Ca and low-Fe content (grossular) in the cores of garnet correspond to high-pressure conditions of 9.8 kbar, ~35 km, while the rims have low-Ca and high-Fe content (almandine), and present lower pressure conditions of ~6 kbar (Figure 3).

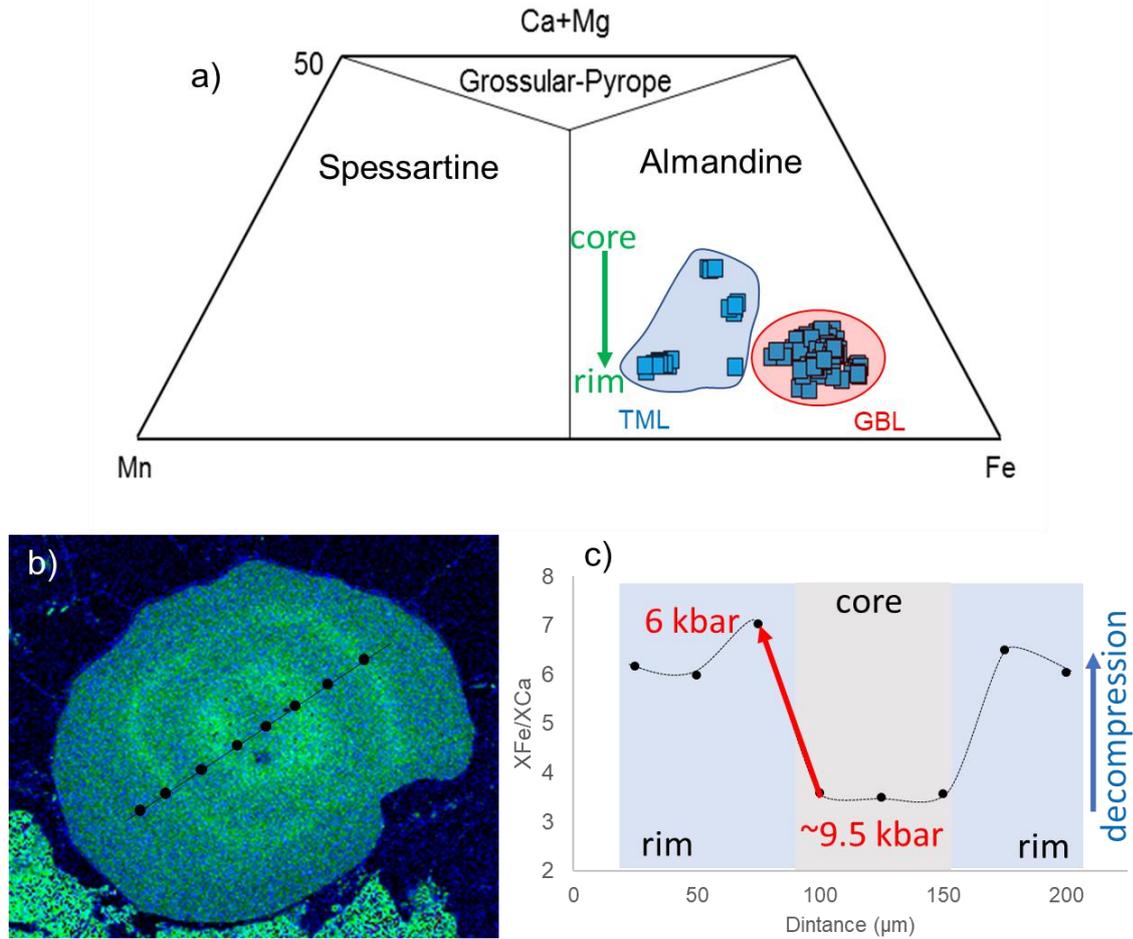


Figure 3. a) Classification of garnets in Çataldağ leucogranites; b) Backscattered electron (BSE) image of zoned-garnet crystal in TML and c) core-to-rim XFe/XCa ratios of TML garnet crystal (b) to interpret pressure changes in ÇL.

Table 1. Temperature and pressure conditions of Çataldağ leucogranites.

Methods	References	Thermometry (°C)	Barometry (kbar)	Average depth (km)	Thermobarometry (°C and kbar)		Average depth (km)
		Garnet-biotite	Garnet-biotite-plagioclase-quartz		Garnet-muscovite thermometer	Garnet-muscovite-plagioclase-quartz	
		Wu and Chang, 2006	Wu et al. 2004		Wu and Zhao, 2006		
Two-mica leucogranite	345-core	707 ± 7	9,8 ± 0,2	35			
	345-rim	678 ± 5	7,9 ± 0,4	28			
	353	665 ± 23	6,6 ± 0,7	23	550 ± 13	4,1 ± 0,6	14
	312-core	685 ± 10	6,3 ± 0,2	22	557 ± 2	4 ± 0,1	14
	312-rim	621 ± 12	4,7 ± 0,7	17	520 ± 12	3,3 ± 0,1	12
Garnet-bearing leucogranite	319				540 ± 25	3,7 ± 0,7	13
	322-core				487 ± 6	4,6 ± 0,7	16
	322-rim				459 ± 9	2,5 ± 0,5	9
	399core				532 ± 6	4,4 ± 0,1	15
	399rim				494 ± 7	2,8 ± 0,2	10

4. CONCLUSION

- Çataldağ leucogranites include garnet-bearing leucogranite and two-mica leucogranite.
- Garnets in Çataldağ two-mica leucogranites have Ca-rich cores which are represented by high-pressure conditions while the rims have Fe-rich composition corresponding to lower pressure conditions.
- The temperatures of the Çataldağ leucogranites do not change a lot (max. 80 °C) in uplift processes, which are represented by near isothermal decompression from ~9 to 6 kbar.
- Following the near isothermal decompression, garnet-bearing leucogranites show near isobaric cooling (from ~700 °C to ~450 °C at 5-3 kbar).

REFERENCES

- [1] Şengör, A. M. C., Yılmaz, Y., “Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach”, *Tectonophysics*, 1981.
- [2] Altunkaynak, Ş., Sunal, G., Aldanmaz, E., Genç, C. Ş., Dilek, Y., Furnes, H., Yıldız, M., “Eocene Granitic Magmatism in NW Anatolia (Turkey) revisited: New implications from comparative zircon SHRIMP U-Pb and⁴⁰Ar-³⁹Ar geochronology and isotope geochemistry on magma genesis and emplacement”, *Lithos*, 155, 289–309. 2012.
- [3] Kamacı, Ö., Altunkaynak, A., “The role of accreted continental crust in the formation of granites within the Alpine style continental collision zone: Geochemical and geochronological constraints from leucogranites in the Çataldağ Metamorphic Core Complex (NW Turkey)”, *Lithos*, 354–355, 2020.
- [4] Ünal, A., Altunkaynak, Ş., “Interplay between volcanic and plutonic systems: A case study of the early Miocene Solarya Volcano-plutonic Complex in NW Anatolia (Turkey)”, *J. Asian Earth Sci.* 179, 319–336, 2019.
- [5] Topuz, G., Okay, A. I., “Late Eocene–Early Oligocene two-mica granites in NW Turkey (the Uludağ Massif): Water-fluxed melting products of a mafic metagreywacke”, *Lithos*, 2017.
- [6] Kamacı, Ö., Ünal, A., Altunkaynak, S., Billor, M. Z., Georgiev, S. The Çataldag Plutonic Complex in Western Anatolia: Roles of Different Granites on the Crustal Buildup in Connection with the Core Complex Development. In *Active Global Seismology: Neotectonics and Earthquake Potential of the Eastern Mediterranean Region*, (p. 304), 2017.
- [7] Tischendorf, G., Gottesmann, B., Foerster, H. J., Trumbull, R. B., “On Li-bearing micas: estimating Li from electron microprobe analyses and an improved diagram for graphical representation”, *Mineralogical Magazine*, Vol. 61, pp. 809±834, 1997.
- [8] Wu, CM., Chang, B.H., “Valid garnet–biotite (GB) geothermometry and garnet–aluminum silicate–plagioclase–quartz (GASP) geobarometry in metapelitic rocks”, *Lithos*, 89, 1-23, 2006.
- [9] Anderson, J.L., Barth, A.P., Wooden, J.L., Mazdab, F., “Thermometers and thermobarometers in Granitic Systems”, *Reviews in Mineralogy & Geochemistry*, 69, pp. 121-142, 2008.
- [10] Wu, CM., Chang, B.H., Ren, LD., “Empirical Garnet–Biotite–Plagioclase–Quartz (GBPQ) Geobarometry in Medium- to High-Grade Metapelites”, *Journal of Petrology*, 45, 9, P. 1907–1921, 2004.
- [11] Wu, CM., Zhao, G., “Recalibration of the Garnet–Muscovite (GM) Geothermometer and the Garnet–Muscovite–Plagioclase–Quartz (GMPQ) Geobarometer for Metapelitic Assemblages”, *Journal of Petrology*, 47, 12, P. 2357–2368, 2006.



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



Orta Miyosen-Erken Kuvaterner Yaşlı Karayazı-Göksu Bazalt Platosunun (Doğu Anadolu) Petrolojisi

Petrology of the Middle Miocene-Early Quaternary Karayazı-Göksu Basalt Plateau (Eastern Anatolia)

Yavuz Özdemir^{1*}, Vural Oyan²

¹Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Van, Türkiye

²Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Van, Türkiye

*yozdemir@yyu.edu.tr

Özet

Karayazı-Göksu bazalt platosu Doğu Anadolu çarpışma sonrası volkanizmasının en önemli bazaltik püskürme merkezlerinden birini temsil etmektedir. Tüm kayaç ⁴⁰Ar/³⁹Ar yaş verileri platonun Orta Miyosen geçiş, Geç Miyosen toleyitik ve Erken Kuvaterner alkali bazaltlar ile temsil edildiğini ortaya koymaktadır. Bazaltik lavların tüm kayaç karakteristikleri evrimleşmelerinde olivin ve klinopiroksen fraksiyonlaşmasının önemine işaret etmektedir. Klinopiroksen jeotermobarometresi genel olarak geçiş ve toleyitik bazaltların alt kabuk (7.8-13.4 Kbar), alkali bazaltların ise alt-orta kabuk (5.6-10.7 Kbar) derinliklerinde kristallendiklerini ortaya koymaktadır. Bazaltların Sr-Nd-Hf izotop bileşimleri ve iz element içerikleri yiten sedimanların ergimesinden kaynaklanan yitim bileşiminin Orta Miyosen bazaltlarından Erken Kuvaterner bazaltlarına doğru azaldığını göstermektedir. Çeşitli major element jeokimyası temelli parametreler ve olivin jeokimyası Karayazı-Göksu bazaltlarının tamamen peridotitik manto kaynak alanından türemediğini, piroksenit/eklojit benzeri bileşenin genç alkali bazaltların manto kaynak alanına katkıda bulunmuş olabileceğine işaret etmektedir. Bazaltları oluşturan ergimelerin meydana geldiği derinlikler temelinde elde edilen veriler (geçiş bazaltları için 63-68 km, toleyitik bazaltlar için 67-71 km, alkali bazaltları için 78 km) bölgedeki litosfer kalınlığının Orta Miyosenden Erken Kuvaterner'e doğru büyük ölçekte değişmediğini ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Doğu Anadolu, jeokimya, bazalt

Abstract

The Karayazı-Göksu Plateau represents one of the major basaltic eruption centers of post-collisional volcanism in Eastern Anatolia. Whole rock ⁴⁰Ar/³⁹Ar age data show that it covers Middle Miocene transitional, Late Miocene tholeiitic, and Early Quaternary alkaline basaltic rocks. The whole rock geochemistry suggests that the fractional crystallization of olivine and clinopyroxene played a crucial role in their magmatic evolution. Clinopyroxene geothermometry indicates that the crystallization of transitional and tholeiitic basalts occurred at lower crust (7.8-13.4 Kbar), alkaline basalts at lower to mid-crustal (5.6-10.7 Kbar) depths. Sr-Nd-Hf isotopes and trace element contents of the plateau basalts show that the effect of the subduction component in the form of melts derived from subducted sediments decreases from Middle Miocene to Early Quaternary. Major elements-based parameters and olivine

mineral chemistry yield that Karayazı–Göksu basalts could not be derived from a sole peridotite mantle source; the pyroxenite/eclogite-like component would have contributed to the mantle source of young alkaline basalts. The data obtained on the basis of the depths at which basaltic melts occur (78 km, 67–71 km, and 63–68 km for alkaline, tholeiitic and transitional lavas, respectively), reveal that the lithospheric thickness in the region has not been changed on a large scale since the Middle Miocene to the Early Quaternary.

Keywords: Eastern Anatolia, geochemistry, basalt



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



**Yıldız Dağı Gabroik Sokulumunun Petrolojisi: Üst Kabuğa Yerleşmiş Mafik Bir
Magmatik Kompleks**

*Petrology of the Yıldız Dağı Gabbroic Intrusion: A Mafic Magma Complex Intruded into the
Upper Crust*

**Gönenç Göcmengil^{1*}, Othmar Müntener², Zekiye Karacık³, Ş. Can Genç³, Alexey Ulianov²,
Namık Aysal⁴**

¹*İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Jeokronoloji ve Jeokimya Laboratuvarı, 34320, Avcılar, İstanbul Türkiye*

²*Institute of Earth Sciences, University of Lausanne, Quartier UNIL-Mouline, Bâtiment Géopolis, 1015
Lausanne, Switzerland*

³*İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 34469, Maslak, İstanbul, Türkiye*

⁴*İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 34320, Avcılar,
İstanbul, Türkiye*

*gonencgocmengil@gmail.com

Özet

Yıldız Dağı Gabroik Sokulumu (YDGI) ve ilişkili dayklar, İzmir-Ankara-Erzincan kenet kuşağının orta kısmına sokulmuştur. İntrüzyon uzun bir şekle sahiptir ve 2 km²'lik bir alana yayılmıştır. Sokulum başlıca melagabbrolar, lökogabro küçük troktolit anklavları, hornblend gabroları ve pegmatitlerden oluşmaktadır. Melagabbrolar en yaygın kaya türleridir ve çapraz tabakalanma ve soluk tabakalaşma gibi karmaşık iç yapılar sergilerler. Tüm kayaç jeokimyasal verileri, Yıldız Dağı gabrolarının büyük ölçüde olivin-klinopiroksen ve manyetit gibi ferro-magnezyum minerallerinin fraksiyonlaşmasıyla kontrol edilen kümülatlar olduğunu göstermektedir.

Bütün örnekler, negatif Nb-Ta ve Hf-Zr anomalileri, LILE zenginleşmesi ve ana oksitlerde hafif zenginleşmiş potasyum içeriği sergiler. Lökogabro Zirkon U-Pb ve hornblend gabroya ait Ar-Ar yaşları Eosen kristalleşme zamanına işaret etmektedir. Tüm kaya Sr-Nd izotop verileri, manto alanı içinde kümelenmiştir ve kuzey Anadolu'da yer alan Eosen çarpışma sonrası magmatik kayalarına benzer veriler sunar. Olivin, klinopiroksen, yüksek-An plajiyoklaz ve manyetit erken kümülüs mineralleri iken, kahverengi hornblend, düşük-An plajiyoklaz, biyotit, ilmenit ve kuvars interkümülüs ergiyikten kristalize olmuştur. Hapsolmuş ergiyiği tespit etmek için yapılan hesaplamalar %10 – 12 arasında ergiyiğin varlığına işaret eder. Klinopiroksen çekirdeğinden klinopiroksen kenar zonlarına doğru ölçülen NTE içeriğinin on kat zenginleştiğini göstermektedir. Mineral kimyası verileri, olivin forsterit içeriğinin 78'e ulaştığı göstermekte olup, en primitif kayaların bile ilksel olarak evrimleşmiş kayalardan geliştiklerini göstermektedir. Yüksek anortit plajiyoklaz (90'a kadar) ve yaygın interstisyel amfibol ise, gabronun sulu bir kaynak alandan geldiğine işaret edebilir. Klinopiroksen-olivin-plajiyoklaz (COIP) dengesi, tekli klinopiroksen ve amfibol-plajiyoklaz çiftlerine dayalı basınç hesapları, orta ve üst kabuk yerleşim koşullarına karşılık gelen 500 ila 200 Mpa'ı göstermektedir.

Bu sonuçlar, YDGS'nin olasılıkla Eosen zaman aralığında kuzey Anadolu'nun çarpışma sonrası ortamında magma kanalı olarak hareket ettiğini göstermektedir. YDGS, küçük ölçekli sığ gabroik gövdelerde yerinde kristalleşme ve soluk tabakalaşmanın yaygın olabileceğine işaret edebilir.

Anahtar Kelimeler: Gabro, yerinde kristallenme, kümülatlar, sığ sokulum

Abstract

The Yıldız Dağı Gabbroic Intrusion (YDGI) and associated dykes intruded into the central portion of the İzmir-Ankara-Erzincan suture zone. The intrusion has an elongated shape and is exposed over 2 km² and consists of melagabbros, leucogabbros, small troctolitic enclaves, hornblende gabbros and pegmatites. Melagabbros are the most common rock types and display complex internal structures such as crossbedding and faint layering. Whole-rock geochemical data indicate that the Yıldız Dağı gabbros are cumulates largely controlled by the fractionation of ferro-magnesian minerals such as olivine-clinopyroxene and magnetite.

All rocks display negative Nb-Ta and Hf-Zr anomalies, LILE enrichment and slightly elevated potassium contents in major oxides. U-Pb data on zircon and Ar-Ar data on hornblende from the leucogabbro and hornblende gabbro Eocene crystallization ages. Whole rock Sr-Nd isotopic data are clustered within the mantle array and are like more evolved Eocene post-collisional igneous rocks of northern Anatolia. Olivine, clinopyroxene, high-An plagioclase, and magnetite are early cumulus minerals, while brown hornblende, low-An plagioclase, biotite, ilmenite and quartz crystallized from the intercumulus liquid. Calculations of trapped melt fractions range from 10 – 12 % and resulted in a tenfold increase of REE contents from clinopyroxene core to clinopyroxene rims. Mineral chemistry indicates that the most primitive gabbros are already evolved, with olivine forsterite contents reaching 78. High anorthite plagioclase (up to 90) and widespread interstitial amphibole indicate moderately hydrous source regions for the gabbros. Pressure calculations based on clinopyroxene-olivine-plagioclase (COIP) equilibrium, single clinopyroxene and amphibole- plagioclase pairs indicate 500 to 200 Mpa corresponding to middle to upper crustal emplacement conditions.

These results indicate that YDGI possibly acted as magma conduit in a post-collisional setting of the northern Anatolia in Eocene time interval. YDGI might also indicate that in-situ crystallization and faint layering may be common in small-scale shallow gabbroic bodies.

Keywords: Gabro, in-situ crystallization, cumulates, shallow intrusion



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



**Eş yaşlı Mafik ve Felsik İntrüzif Kütlelerin Kristalizasyon Süreçlerinin CRS ile
İncelenmesi: Hacımahmutuşağı Magmatik Birliği (Aksaray-Orta Anadolu) Örneği**
*Investigation of Crystallization Processes of Coeval Mafic and Felsic Intrusive Body with
CRS: Hacımahmutuşağı Magmatic Suite (Aksaray-Central Anatolia) Example*

Bahattin Güllü^{1*}, Kıymet Deniz², Tamer Koralay³, Yusuf Kağan Kadioğlu^{2,4}

¹Aksaray University Faculty of Engineering Department of Geological Engineering, Türkiye

²Ankara University, Faculty of Engineering, Department of Geological Engineering, Türkiye

³Pamukkale University Faculty of Engineering Department of Geological Engineering, Türkiye

⁴Ankara University Earth Sciences Application and Research Centre (YEBİM), Türkiye

*bgullu@aksaray.edu.tr

Özet

İç Anadolu Temel Birimleri (İATB) içindeki mafik ve felsik kayaların jeolojik konumları tartışmalı olarak literatür kaynaklarına girmektedir. Her iki kaya grubunun dokanak ilişkileri geniş toprak örtüsü ile gizlenmiş olduğundan, açık ve net jeolojik konum ilişkileri görülmemektedir. Ancak bölgede sınırlı lokasyonlarda mafik ve felsik bileşimli bu tür kayaların dokanak ilişkileri azda olsa gözlenebilmektedir. İATB'nin güney batı bölümündeki Hacımahmutuşağı magmatik birliği bu ilişkiyi yansıtan en güzel örnektir. Hacımahmutuşağı magmatik birliği gabro, diyorit ve granit bileşimindedir. Diyorit bileşimindeki kayalar ince kristalin dokulu olup granitler ile sinüzoidal dokanak ilişkisi sergileyerek başlıca andezin, amfibol, biyotit ve daha az oranda K-feldispat ve kuvars içermektedir. Diğer taraftan gabro bileşimindeki kayalar ile tedrici dokanak ilişkisi sergilemektedir. Gabrolar diyoritlere nazaran daha iri kristalin ve başlıca labrador, andezin, piroksen ve amfibolden oluşmaktadır. Granitler ise ince kristalli, başlıca kuvars, K-feldispat, oligoklaz, biyotit ve amfibollerden oluşmaktadır. Bu kayaların MORB'a göre normalize edilen element dağılım desenlerinde, geniş iyon yarıçaplı litofil (LILE) elementlerince zenginleşme gözlenirken, kalıcılığı yüksek (HFSE) elementler bakımından ise tüketilme göze çarpmaktadır. Her üç kaya grubunda gözlenen amfibol, plajiyoklaz ve biyotit mineralleri Konfokal Raman Spektrometresi (CRS) ile incelenerek kristalizasyon süreç ilişkileri belirlenmeye çalışılmıştır. Amfibol ve plajiyoklaz minerallerinden yapılan Konfokal Raman Spektroskopisi çalışması, amfibollerin aktinolit, plajiyoklazların ise andezin ve labrador bileşiminde olduğunu göstermektedir. Amfibollerin CRS analizlerinde 0-200cm⁻¹ aralığında kafes titreşim bağları, 200-400cm⁻¹ aralığında katyon (Mg, Fe) bağları, 400-650cm⁻¹ aralığında Si₄O₁₁ bükülme bağları ile OH salınım-dönüşüm modları yer almaktadır. 650-1200cm⁻¹ aralığındaki pikler ise O-Si-O ve Si-O-Si bağ yapılarını temsil etmektedir. Tektosilikatların raman spektrumları 450-515cm⁻¹ aralığında baskındır. Biyotitlerde ise 100-600cm⁻¹ aralığında farklı genliklere sahip Mg-Fe-O dönüşüm bağları karakteristiktir.

Sonuç olarak plajiyoklaz, biyotit ve amfibol gibi minerallerde gözlenen OH salınım-dönüşüm bağ genliklerindeki sistematik değişimler, gabro, diyorit ve granit kütlelerinin kökensel olarak birlikte kristalleştiğinin spektroskopik kanıtları olarak yorumlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Konfokal Raman Spektroskopisi, Eşyaşlı kristalizasyon, Hacımahmutuşağı-Aksaray

Katkı Belirtme: Bu çalışma Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından 116Y240 no'lu proje ile desteklenmiştir.

Abstract

The geological relations of mafic and felsic rocks within the Central Anatolia Basement Units (CABU) are controversially included in the literature. Because the contact relations of both rock groups are hidden by wide ground cover, geological relations are not observed clearly. However, contact relationships of such rocks mafic and felsic in composition can be observed in limited locations in the region. The Hacımahmutuşağı magmatic unit which are located in the southwestern part of the CABU is one of the best examples reflecting this relationship. Hacımahmutuşağı magmatic units are gabbro, diorite and granite in composition. The rocks in the diorite composition are fine crystalline textured and contain sinusoidal contact between granites and mainly contain andesine, amphibole, biotite and to a lesser amount K-feldspar and quartz. On the other hand, it has a gradual contact relationship with rocks in gabbro composition. While compared to diorites, gabbros have coarser crystalline and mainly consist of labrador, andesine, pyroxene and amphibole. Granites have fine crystals, mainly composed of quartz, K-feldspar, oligoclase, biotite and amphiboles. According to MORB normalized element patterns of these rocks reveal enrichment in large ion lithophile (LIL) elements and depletion in the high field strength (HFS) elements. Amphibole, plagioclase and biotite minerals which observed in all three rock groups, were examined with Confocal Raman Spectrometry and the relationships of the crystallization process were tried to be determined. The Confocal Raman Spectroscopy (CRS) study on the amphibole and plagioclase minerals reveals that while amphiboles are in the composition of actinolite, plagioclases are in the composition of andesine and labradorite. According to the CRS analysis of amphiboles, lattice vibration bonds are in the range of 0-200 cm^{-1} , cations (Mg, Fe) bonds are in the range of 200-400 cm^{-1} , Si_4O_{11} bending bonds and OH libration-translation are in the range of 400-600 cm^{-1} . Peaks in the range of 650-1200 cm^{-1} are represented by O-Si-O and Si-O-Si bond structures. The Raman spectra of tectosilicates are dominant in the range of 450-515 cm^{-1} .

As a result, systematic changes in OH libration-translation bond amplitudes observed in plagioclase, biotite and amphiboles are interpreted as spectroscopic evidence that the granite and gabbro masses are originally related.

Keywords: Confocal Raman Spectroscopy, coeval crystallization, Hacımahmutuşağı-Aksaray

Acknowledgments: This study was supported by The Scientific and Technological Research Council of Türkiye (TUBİTAK) under grant number 116Y240.



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



**Foid İçerikli Siyenitlerin Kristalleşme Koşulları: Özvatan (Kayseri), İç Anadolu-
Türkiye**

*Crystallization Conditions of Foid Bearing Syenites: Özvatan (Kayseri), Central Anatolia-
Türkiye*

Kiyemet Deniz^{1*}, Yusuf Kağan Kadioğlu^{1,2}, Tamer Koralay³, Bahattin Güllü⁴

¹Ankara University, Faculty of Engineering, Department of Geological Engineering, Türkiye

²Ankara University Earth Sciences Application and Research Centre (YEBİM), Türkiye

³Pamukkale University Faculty of Engineering Department of Geological Engineering, Türkiye

⁴Aksaray University Faculty of Engineering Department of Geological Engineering, Türkiye

*kdeniz@eng.ankara.edu.tr

Özet

İç Anadolu'nun en doğu kısmında bulunan Özvatan (Kayseri)'daki foid içerikli siyenitler paleozoyik metamorfik kayalarına sokulum yapmıştır. Foid içerikli siyenitler holokristalen hipidiyomorf dokulu olup nefelin, alkali feldispat, plajiyoklaz, mika, amfibol, klinopiroksen, granat, kankrinit, sodalit ile az oranda sfen, zirkon, apatit, fluorit ve opak minerallerden oluşmaktadır. Minerallerin kimyasal bileşimleri, alkali feldispat minerallerinin ortoklaz, plajiyoklazların bitovnit, piroksen minerallerinin çoğunlukla diyopsit, amfibollerin hastingsit, kankrinitlerin vişnevit, granat minerallerinin melanit (andradit) ve mika minerallerinin annit ve filogopit bileşiminde olduğunu göstermektedir. Foid siyenitler içerisindeki klinopiroksenlerin önce, mika minerallerinin ise daha sonra aynı sistem içerisinde kristalleştiği mineral kimyasal bileşimlerinden anlaşılmaktadır. Buna göre, klinopiroksen termobarometresi foid içerikli siyenitlerde erken kristalleşmelerinden 963-1218°C ve 5,1-15,6 kbar vermektedir. Mika termobarometresi daha geç kristalleşmelerinden 618-546°C ve 0-3,3 kbar için $10^{16.86} - 10^{19.35}$ olan yüksek oksijen fugasitesi göstermektedir.

Detaylı mineralojik, petrografik ve mineral kimyası çalışmalarına göre Özvatan siyenitlerinin türemiş olduğu ergiyiğin 60 km derinden gelmiş olabileceğini göstermektedir. Yapılan jeoloji, petrografi, tüm kaya jeokimyası ve özellikle mika minerallerinin mineral kimyasal bileşimlerine göre Özvatan siyenitlerinin kabuk-manto karışımından kaynaklanan bir magmadan oluştuklarını ve bölgede Pb-Zn-Mo-Cu-Fe-Sn-W mineralleşmesinin oluşumunda rolü olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Özvatan, termobarometre, derinlik, İç Anadolu, Türkiye

Abstract

Foid bearing syenites in the Özvatan (Kayseri) at the most eastern part of the Central Anatolia intruded into the Paleozoic metamorphic rocks. The foid bearing syenites have holocrystalline hipidiomorph texture and contain nepheline, alkali feldspar, plagioclase, mica, amphibole, clinopyroxene, garnet,

cancrinite, sodalite with rare amount of sphene, zircon, apatite, fluorite and opaque minerals. The mineral chemistry reveal that the alkali feldspars are orthoclase, plagioclase minerals are bytownite, the pyroxenes are mostly diopside, amphiboles are hastingsite, cancrinite are vishnevite, garnet minerals are melanite (andradite), mica minerals are annite and phlogopite in compositions. It is understood from the mineral chemical compositions that the clinopyroxenes within the foid syenites first crystallized, and the mica minerals later crystallized in the same system. According to this, the clinopyroxene thermobarometry yielded 963-1218°C and 5.1-15.6 kbar from early crystallization in foid bearing syenites. Mica thermobarometry shows elevated oxygen fugacity varying from $10^{-16.86}$ – $10^{-19.35}$ at 618–546°C and 0-3.3 kbar due to later crystallization.

The detail mineralogical, petrographical and the mineral chemistry studies reveal that the melt from which Özvatan syenites may derived from a depth over 60 km. According to the geology, petrography, whole rock geochemistry and especially the mineral chemical composition of the mica minerals, the Özvatan syenites are generated from the crust-mantle mixed source magma and acting in the formation of Pb-Zn-Mo-Cu-Fe-Sn-W mineralization within the study area.

Keywords: Özvatan, thermobarometry, depth, Central Anatolia, Türkiye



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



**Compositional Evolution and Crystallization conditions of Balıkesir Volcanic Province
(NW Anatolia)**

Balıkesir Volkanik Bölgesi'nin (KB Anadolu) Bileşimsel Evrimi ve Kristallenme Koşulları

Alp Ünal*, Şafak Altunkaynak

Department of Geological Engineering, Istanbul Technical University, Maslak 34469, Istanbul, Türkiye

**alp.unal@itu.edu.tr*

Abstract

In this study, the stratigraphy, petrography and mineral chemistry of the Balıkesir Volcanites are studied in order to construe the crystallization conditions and magma chamber processes. Balıkesir Volcanites are a representative example of the Early Miocene lavas of Balıkesir Volcanic Province (NW Anatolia) and formed from a variety of volcanic rocks including trachyandesite, andesite and dacite lavas, with associated pyroclastic rocks. The major phenocryst phases in the andesites are plagioclase (An₃₇₋₄₈), amphibole (edenitic hornblende), biotite, quartz and opaque minerals. The mineral composition of the trachyandesites is represented by plagioclase (An₃₈₋₅₇) + amphibole (pargasitic hornblende) + biotite + clinopyroxene (endiopside- augite) ± sanidine ± quartz ± opaque minerals. Dacite lavas, on the other hand, present plagioclase (An₃₉₋₅₃) + quartz + amphibole (magnesian hornblende) + biotite + sanidine ± opaque mineral assemblage. Balıkesir Volcanites display disequilibrium textures such as oscillatory zoning, sieve and honeycomb textures in plagioclase, reverse mantled biotite and hornblende crystals. Geothermobarometry calculations based on the plagioclase-amphibole crystals indicate that crystallization of andesite and dacite lavas occurred at av. 813°C / 2.17 kbar and 798°C and 1,98 kbar temperature and pressure conditions, respectively. Trachyandesites, on the other hand, display similar temperature but relatively higher-pressure conditions of 825°C and 3,72 kbar. This data combined with the variations in the mineral chemistry of different volcanic members may indicate that andesite and dacite lavas were originated from same magma chamber whereas trachyandesites were evolved in a different magma chamber with relatively deeper depths. Field, petrography and mineral chemistry data collectively suggest that open system magma chamber processes (such as mixing/mingling and/or AFC) were dominant during the evolution of the Balıkesir Volcanites.

Keywords: Balıkesir Volkanik Bölgesi, Balıkesir volcanites, mineral chemistry, geothermobarometry

Özet

Bu çalışmada, magma odası süreçlerini ve kristallenme koşullarını belirlemek amacı ile Balıkesir Volkanitlerinin stratigrafisi, petrografisi ve mineral kimyası çalışılmıştır. Balıkesir Volkanitleri, erken Miyosen yaşlı Balıkesir Volkanik Bölgesi'nin (KB Anadolu) temsilci örneklerinden bir tanesidir ve trakiandezit, andezit, dasit bileşimli lavlar ve ilişkili piroklastik kayalardan oluşmaktadır. Andezitlerdeki ana mineraller plajjoklaz (An₃₅₋₅₀), amfibol (edenitik hornblend), biyotit, kuvars ve opak minerallerdir.

Trakiandezitler ise plajioklaz (An₃₈₋₅₇) + amfibol (pargasitik hornblend) + biyotit + klinopiroksen (endiyoisid- oojit) ± sanidin ± kuvars ± opak mineral bileşiminden oluşmaktadır. Dasitler de mineral bileşimi olarak plajioklaz (An₃₉₋₅₃) + kuvars+ amfibol (magnezyo-hornblend) + biyotit + sanidine ± opak mineral birlikteliğini sergilemektedir. Balıkesir Volkanitleri osilasyonlu zonlanma, plajioklazlarda elek ve bal peteği dokuları, ters mantolanmış biyotit ve hornblend kristalleri gibi dengesiz kristallenme dokuları sergilemektedir. Plajioklaz-amfibol mineralleri üzerinde yapılan jeotermobarometre hesaplamaları andezit ve dasit lavlarının sırası ile 813°C / 2.17 kbar ve 798°C and 1,98 kbar sıcaklık - basınç koşulları sunduğunu göstermektedir. Trakiandezitler ise 825°C ve 3,72 kbar kristallenme koşulları sunmaktadır. Bu farklı kristallenme koşulları, mineral kimyasındaki değişimler de göz önüne alındığında andezit ve dasitlerin ortak bir magma odası paylaşırken trakiandezitlerin nispeten daha derin bir magma odasından türediğini işaret etmektedir. Bütün saha, petrografi ve mineral kimyası çalışmaları birlikte değerlendirildiğinde, Balıkesir Volkanitleri'nin evriminde açık sistem süreçlerinin (heterojen veya homojen karışma ve/veya asimilasyon fraksiyonel kristallenme gibi) etkili olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Balıkesir Volkanik Bölgesi, Balıkesir volkanitleri, mineral kimyası, jeotermobarometri

1. INTRODUCTION

The mineral chemistry studies of magmatic rocks provide comprehensive picture of the magma evolution and magma chamber processes. The chemical compositions of the minerals such as feldspar, biotite, amphibole and pyroxene are used to estimate the physicochemical conditions of the magma chamber. In the last decades, many different geothermobarometric models have used to calculate the P and T conditions of the magmatic systems by using the compositions of plagioclase and hornblende (e.g., Hollister et al., 1987; Johnson and Rutherford 1989; Schmidt 1992; Anderson and Smith 1995; Ridolfi et al., 2010; Mutch, 2016).

In Western Anatolia, intensive volcanism produced several volcanic associations during the late Oligocene- early Miocene time (e.g. Altunkaynak and Dilek, 2006; Kamacı and Altunkaynak, 2019; Ersoy et al., 2017). Balıkesir Volcanites, which corresponds to the Volcanic Association of Ünal and Altunkaynak, 2019, is located in western Anatolia and represented by trachyandesite, andesite and dacite lavas and associated pyroclastic rocks (Figure 1). Dacites and andesites are calc-alkaline in composition whereas trachyandesites are mid-alkaline. Their geochemical features show that they have a common magma source (Ünal and Altunkaynak, 2019).

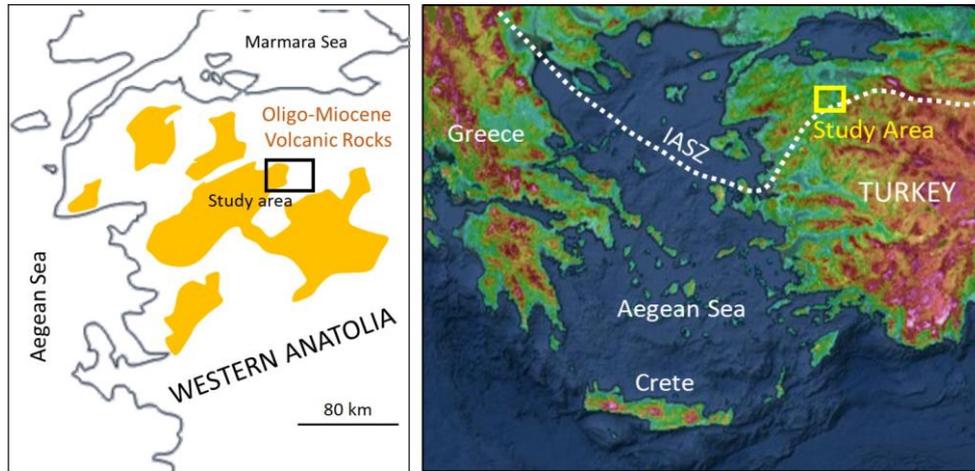


Figure 1. Location of the study area.

Even though there are few studies in the literature on the stratigraphy and whole rock/isotope geochemistry of the Balıkesir Volcanites (Aslan et al., 2017; Ünal and Altunkaynak, 2019), the mineral chemistry and the crystallization P-T conditions are missing, which are crucial to understand the magma chamber processes. In this study, the stratigraphy, petrography and mineral chemistry of the different lavas of the Balıkesir Volcanites have been studied in order to construe the crystallization conditions and magma chamber processes.

2. MATERIAL and METHODS

2.1. Mineral Chemistry and Petrography

Samples were analyzed at the University of Georgia Department of Geology with JEOL 8600 electron microprobe using a 15 KV accelerating voltage and 15 nA beam current. Minerals were qualitatively identified using a Bruker 5010 Silicon Drift Detector (SDD) energy dispersive X-ray (EDS) detector controlled by a Bruker Quantax energy dispersive analysis system. Petrographical studies were carried out in the Mehmet Kemal Dedeman Optical Mineralogy lab in Istanbul Technical University Department of Geological Engineering using the Leica DMLS microscope.

3. RESULTS

3.1. Stratigraphy and Petrography

Balıkesir Volcanites are located at the southern and eastern part of the Solarya Pluton (Ünal and Altunkaynak, 2019) and covers an area of approximately 240 km². Main lithologies are distinguished in three different groups; (1) Andesite lavas and associated pyroclastic rocks, (2) Dacite lavas and related pyroclastic rocks, and (3) Trachyandesite lavas. Pyroclastic rocks are represented by flow breccias, pyroclastic fall and flow units.

The volcanic sequence starts with the ash-block flow units with andesite blocks/pebbles in an ash matrix and ash fall units with clear beddings represented by the dip angles of 5–10°. Through the upper parts they give way to the andesitic flow breccias and lavas. Andesite lavas are pinkish to purple in color and they represent the most abundant volcanic rock type in the area. At the stratigraphically upper levels, trachyandesite lavas overlay andesitic lavas and pyroclastic units and they also cut same andesitic units as dikes. The uppermost part of the sequence is formed from dacitic pyroclastic units and lavas. Dacitic pyroclastic rocks are represented by ash-block flow and ash fall deposits. Ash-block flow units are defined by dacitic blocks of different sizes in an ash dominated matrix. Dacitic pyroclastic fall units are generally represented by lithic tuffs and re-worked tuffs which display clear beddings with dip angles of 5–10°.

The major phenocryst phases in the andesites are plagioclase (An_{35–50}) + amphibole (edenitic hornblende) + biotite ± quartz ± opaque minerals. The mineral composition of the trachyandesites are formed from plagioclase (An_{38–57}) + amphibole (pargasitic hornblende) + biotite + clinopyroxene (endiopside-augite) ± sanidine ± quartz ± opaque minerals. Dacite lavas, on the other hand, present plagioclase (An_{39–53}) + quartz + amphibole (magnesian hornblende) + biotite + sanidine ± opaque minerals assemblage.

Texturally, all the different lavas of the Balıkesir Volcanites show similar hemicrystalline- porphyritic texture. They present few specific textural relations, such as oscillatory zoning, sieve textures and corrosion in plagioclase crystals, clinopyroxene reaction rims around the hornblende crystals. These particular textures suggest that the major population of the phenocrysts is in disequilibrium with their host liquid. These types of textures may be considered as evidence for open system processes (Hatch and Leventhal, 1992; Streck, 2008).

3.2. Mineral Chemistry

3.2.1. Amphibole

Amphibole is the most common mafic mineral for all members of Balıkesir Volcanites. They commonly show euhedral and prismatic phenocryst and reach up to 5 mm in diameter. Amphibole crystals displaysimple twinning in few thin sections. However, the chemical properties of different members of the Balıkesir Volcanites are different from each other. In dacite lavas, amphiboles are mainly magnesio-hornblendes but in andesites, they are mainly represented by edenitic hornblendes (Figure 2a and b). In trachyandesites, majority of the amphibole crystals are pargasitic hornblendes (Figure 2b). These variations in the chemical properties of the amphiboles are mainly attributed to the different pressure and temperature conditions which may be a result of different magma chambers (Aldanmaz, 2006; Green et al., 2012).

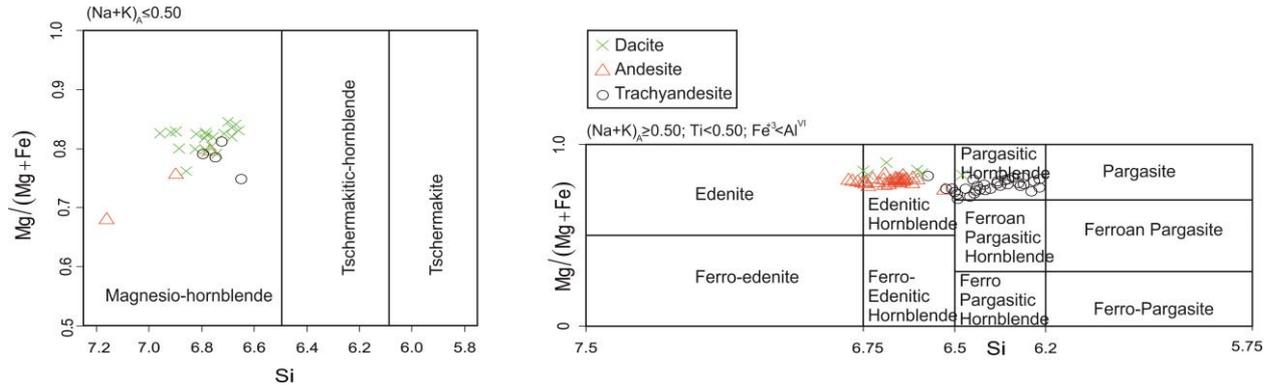


Figure 2. a and b) Amphibole phenocrysts plotted on the classification diagram (Hawthorne, 1981).

3.2.2. Plagioclase

Plagioclase is the main felsic mineral in Balıkesir Volcanites and represented by phenocrysts and microlites. Mineral chemistry studies were performed on only the plagioclase phenocrysts in order to better classify the An% content of the phenocryst phase. For andesites, the An% content varies from 37 to 48 and in dacitic lavas, An% contents range between 39 and 53. The An% contents of trachyandesitic lavas change between 38 and 57. These similar An% contents indicate that plagioclases are represented by andesine- labradorite (Figure 3a).

3.2.3. Pyroxene

Pyroxene is only found in trachyandesite lavas of the Balıkesir Volcanites as isolated phenocrysts and microphenocrysts. Both the phenocrysts and microphenocrysts are represented by euhedral- subhedral clinopyroxene crystals. Mineral chemistry of the clinopyroxene phenocrysts shows that they are mainly endiopside (Wo43-45 En47-50 Fs5-7) in composition with an exception of only one sample with augite (Wo40 En46 14) composition (Figure 3b).

3.3 Geothermobarometry

Several different geobarometry calculations were proposed to determine the crystallization temperature and pressure conditions of magmatic rocks (e.g. Otten, 1984; Hammarstrom and Zen, 1986; Johnson and Rutherford, 1989; Ridolfi et al., 2010; Putirka, 2016). In this study, total number of 53 spots were analyzed from plagioclase and 100 from amphiboles. The mean results calculated from different calculations are given in Table 1. These results are presented separately for three different lithologies. Geothermobarometry calculations indicate that crystallization of andesite and dacite lavas occurred at av. 813°C / 2.17 kbar and 798°C and 1,98 kbar temperature and pressure conditions, respectively. Trachyandesites, on the other hand, display similar temperature but relatively higher-pressure conditions

of 825°C and 3,72 kbar. These different pressure conditions possibly suggest that andesites and dacites share the same magma chamber but trachyandesites were probably evolved in a relatively deeper magma chamber.

4. CONCLUSIONS

Our field and petrography observations show that there are three major rocks groups in Balıkesir Volcanites; 1) Andesite lavas and associated pyroclastic rocks, 2) Trachyandesite lavas, 3) Dacite lavas and associated pyroclastic rocks. Petrographically, all volcanic rocks display disequilibrium textures suggesting that major population of the phenocrysts is in disequilibrium with their host liquid and develops as result of open system processes.

Reference	Unit	Andesite		Dacite		Trachy Andesite		
		AS35	AS35	AS50	AS50	AS135	AS135	
Otten 1984	T (°C)	788.38	747.84	739.58	724.34	717.69	743.08	781.28
Femenias et al 2006		789.08	747.78	738.95	722.23	714.74	742.71	782.06
Ridolfi et al 2010		868.25	858.05	867.88	854.94	877.57	906.74	931.42
Putirka 2016		846.67	840.93	833.92	828.24	874.63	890.40	906.20
Putirka 2016		828.32	809.12	821.09	808.63	807.08	836.26	858.65
Putirka 2016		830.72	811.44	824.31	812.79	805.79	834.31	854.89
Putirka 2016		825.24	802.53	804.29	791.86	799.58	825.58	852.42
Average	T (°C)	813.88		798.08			825.86	
Hammarstrom and Zen 1986	P (kbar)	2.71	2.61	2.46	2.31	3.99	4.42	4.95
Hollister et al 1987		2.67	2.57	2.40	2.23	4.11	4.59	5.18
Johnson and Rutherford 1989		2.11	2.03	1.91	1.78	3.20	3.55	4.00
Thomas and Ernst 1990		0.81	0.71	0.55	0.38	2.17	2.62	3.18
Schmidt 1992		3.26	3.17	3.03	2.89	4.48	4.88	5.38
Anderson and Smith, 1995		1.71	1.64	1.51	1.39	2.76	3.11	3.54
Larocque and Canil 2010		2.48	2.70	2.86	2.88	4.10	4.03	4.30
Ridolfi et al 2010		1.28	1.24	1.19	1.14	1.85	2.08	2.42
Mutch et al 2016		2.66	2.61	2.52	2.44	3.48	3.78	4.18
Mutch et al 2016		2.19	2.14	2.05	1.94	3.35	3.67	4.12
Average	P (kbar)	2.17		1.99			3.72	

Table 1. Geothermobarometry calculations of the Balıkesir Volcanites.

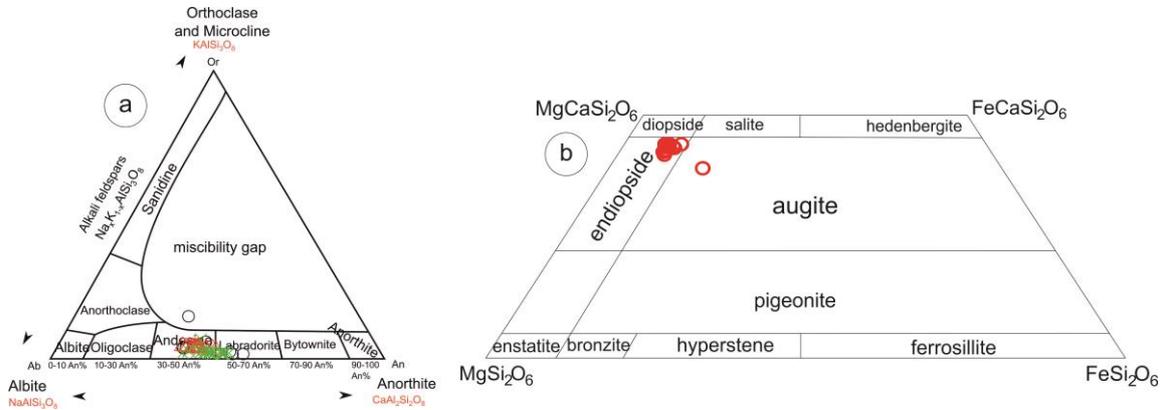


Figure 3. a) Or-Ab-An ternary diagram showing the plagioclase compositions of the Balıkesir Volcanites; b) pyroxene classification of the trachyandesites.

Mineral chemistry studies show that, the plagioclases in three volcanic members are represented by andesine and labradorite. The amphiboles are represented by edenitic hornblendes in the andesites and magnesio-hornblendes in dacites. In trachyandesites, the amphiboles are pargasitic hornblende. These variations in the chemical properties of the amphiboles possibly developed under different pressure and temperature conditions. The different pressure and temperature conditions are also evidenced by geothermobarometry studies. Dacites and andesites present similar crystallization temperature and pressure conditions whereas trachyandesites have higher pressure conditions suggesting to a deeper origin. Integrated field, petrography and mineral chemistry data indicate that calc-alkaline andesites and dacites were originated from the same magma chamber but mid-alkaline trachyandesites were evolved in a different relatively deeper magma chamber. In both magma

chambers, open system magma chamber processes such as mixing/mingling and/or AFC were dominant during the evolution of the Balıkesir Volcanites.

REFERENCES

- [1] Aldanmaz, E., ‘‘Mineral-chemical constraints on the Miocene calc-alkaline and shoshonitic volcanic rocks of western Turkey: disequilibrium phenocryst assemblages as indicators of magma storage and mixing conditions’’, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 15(1), 47-73, 2006.
- [2] Altunkaynak, S., & Dilek, Y., ‘‘Timing and nature of postcollisional volcanism in western Anatolia and geodynamic implications’’, *Special papers-geological society of America*, 409, 321, 2006.
- [3] Anderson, J. L., & Smith, D. R., ‘‘ The effects of temperature and f O₂ on the Al-in-hornblende barometer’’, *American Mineralogist*, 80(5-6), 549-559, 1995.
- [4] Aslan, Z., Erdem, D., Temizel, İ., & Arslan, M., ‘‘SHRIMP U–Pb zircon ages and whole-rock geochemistry for the Şapçı volcanic rocks, Biga Peninsula, Northwest Turkey: implications for pre-eruption crystallization conditions and source characteristics’’, *International Geology Review*, 59(14), 1764-1785, 2017.
- [5] Ersoy, E. Y., Akal, C., Genç, Ş. C., Candan, O., Palmer, M. R., Prelević, D., ... & Mertz-Kraus, R., ‘‘U–Pb zircon geochronology of the Paleogene–Neogene volcanism in the NW Anatolia: Its implications for the Late Mesozoic–Cenozoic geodynamic evolution of the Aegean’’, *Tectonophysics*, 717, 284-301, 2017.
- [6] Green, D.H., Hibberson, W.O., Kovacs, I., Rosenthal, A., ‘‘Water and its influence on the lithosphere-asthenosphere boundary’’. *Nature*, 2010.
- [7] Hawthorne, F. C., ‘‘Some systematics of the garnet structure’’, *Journal of Solid State Chemistry*, 37(2), 157-164, 1981.
- [8] Hammarstrom, J. M., & Zen, E. A., ‘‘Aluminum in hornblende: an empirical igneous geobarometer’’, *American Mineralogist*, 71(11-12), 1297-1313, 1986.
- [9] Hatch, J. R., & Leventhal, J. S., ‘‘Relationship between inferred redox potential of the depositional environment and geochemistry of the Upper Pennsylvanian (Missourian) Stark Shale Member of the Dennis Limestone, Wabaunsee County, Kansas, USA’’, *Chemical Geology*, 99(1-3), 65-82, 1992.
- [10] Hollister, L. S., Grissom, G. C., Peters, E. K., Stowell, H. H., & Sisson, V. B., ‘‘Confirmation of the empirical correlation of Al in hornblende with pressure of solidification of calc-alkaline plutons’’, *American mineralogist*, 72(3-4), 231-239, 1987.
- [11] Johnson, M. C., & Rutherford, M. J., ‘‘Experimental calibration of the aluminum-in-hornblende geobarometer with application to Long Valley caldera (California) volcanic rocks’’, *Geology*, 17(9), 837-841, 1989.
- [12] Kamacı, Ö., & Altunkaynak, Ş., ‘‘Magma chamber processes and dynamics beneath northwestern Anatolia: Insights from mineral chemistry and crystal size distributions (CSDs) of the Kepsut volcanic complex (NW Turkey)’’, *Journal of Asian Earth Sciences*, 181, 103889, 2019.
- [13] Larocque, J., & Canil, D., ‘‘The role of amphibole in the evolution of arc magmas and crust: the case from the Jurassic Bonanza arc section, Vancouver Island, Canada’’, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 159(4), 475-492, 2010.
- [14] Mutch, E. J. F., Blundy, J. D., Tattitch, B. C., Cooper, F. J., & Brooker, R. A., ‘‘An experimental study of amphibole stability in low-pressure granitic magmas and a revised Al-in-hornblende geobarometer’’, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 171(10), 85, 2016.

- [15] Putirka, K., ‘‘Amphibole thermometers and barometers for igneous systems and some implications for eruption mechanisms of felsic magmas at arc volcanoes’’, *American Mineralogist*, 101(4), 841-858, 2016.
- [16] Ridolfi, F., Renzulli, A., Cerredo, M. E., Oberti, R., Boiocchi, M., Bellatreccia, F., ... & Tassone, A., ‘‘Amphibole megacrysts of the cerro jeu-jepén pluton: 2-10 new constraints on magma source and evolution (Fuegian Andes, Argentina)’’, 2010.
- [17] Schmidt, M. W., ‘‘Amphibole composition in tonalite as a function of pressure: an experimental calibration of the Al-in-hornblende barometer’’, *Contributions to mineralogy and petrology*, 110(2-3), 304-310, 1992.
- [18] Streck, M. J., ‘‘Mineral textures and zoning as evidence for open system processes’’, *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, 69(1), 595-622, 2008.
- [19] Ünal, A., & Altunkaynak, Ş., ‘‘Interplay between volcanic and plutonic systems: A case study of the early Miocene Solarya Volcano-plutonic Complex in NW Anatolia (Turkey)’’, *Journal of Asian Earth Sciences*, 179, 319-336, 2019.



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



Güney Doğu Anadoludaki Bazaltik Volkanizmanın Evrimi Üzerine İlk Bulgular

*Preliminary Findings Related to the Evolution of Basaltic Volcanism in the Southeastern
Anatolia*

**Vural Oyan^{1*}, Andrey V. Chugaev², Yavuz Özdemir³, Vladimir A. Lebedev², Igor V.
Chernyshev², Elif Oyan³, Veysel Akkurt¹**

¹Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü, 65080, Van, Türkiye

²Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy and Geochemistry, Russian Academy of
Sciences, Moscow 119017, Russia

³Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 65080, Van,

*vuraloyan@yyu.edu.tr

Özet

Türkiye-İran Yüksek Platosu (TİYP) ve Arabistan plakası üzerindeki çarpışma ile ilişkili Geç Senozoik volkanizma, Türkiye'de kuzeydoğuda Erzurum-Kars Platosu'ndan güneyde Suriye ülke sınırlarına kadar geniş bir zonda yayılmıştır. Bölgedeki volkanizma etkinliği Geç Oligosen - Erken Miyosen'de Arabistan ve Avrasya plakaları arasındaki çarpışmayı takiben, TİYP ve Arabistan plakası üzerinde Erken-Orta Miyosen'de başlamış ve tarihsel dönemlere kadar devam etmiştir. Doğu Anadolu ve Arabistan plakası gibi farklı tektonik yerleşimler altındaki kıtasal çarpışma zonlarında gözlenen Geç Senozoyik volkanizmasının zamansal ve mekansal olarak değişimleri ile bazaltik volkanizmanın yaşını (K-Ar), izotopik bileşimini (Sr-Nd-Pb-Hf-Os) ve petrolojik evrimini ortaya koymak ve daha iyi anlamak amacıyla TÜBİTAK – RFBR uluslararası projesi (Proje No 220N062) kapsamında Arabistan Plakasının en kuzey ucundaki bazaltik volkanizma üzerine çalışmaya başlanmıştır. Proje kapsamında İlk olarak çalışılan Cizre-Alemdağ, Kurtalan ve Batman-Beşiri bölgelerindeki volkanizmanın alkali karakteristikler sundukları ve Cizre-Alemdağ ile Kurtalan bölgesi lavlarının bazaltik bileşimde bunun aksine Batman-Beşiri lavlarının hawaiiit bileşiminde oldukları belirlenmiştir. Batman – Beşiri bazaltik volkanizması Geç Miyosen-Erken Pliyosen'de 5.92-5.17 My arasında etkinliğini sonlandırırken, Kurtalan-Tulumtaş bazaltik volkanizması Pleistosen'de 1.54-1.29 My arasında aktif olmuştur. Cizre-Alemdağ bazaltik volkanizması, en büyüğü Alemdağ olmak üzere birden fazla çıkıştan püskürmüştür ve ayrıca Geç Pliyosen - Pleistosen'de yaklaşık 3.01 - 1.25 My arasında gelişen volkanik aktiviteye sahip lavlar püskürtmüştür. Eser element ve izotop verileri kullanılarak elde edilen petrolojik modeller, Batman-Beşiri ve Cizre-Alemdağ bazaltik volkanizmasının evrimleşmiş lavlarının kabuksal kirlenme ve fraksiyonel kristallenmeden etkilendiğini göstermektedir. Buna karşılık, Kurtalan-Tulumtaş ve Cizre-Alemdağ bazaltik volkanizmasının en az gelişmiş örnekleri, ihmal edilebilir bir kabuk kirliliği göstermiştir. En az evrimleşmiş örneklerin petrolojik modelleme sonuçları, Kurtalan bölgesindeki lavların piroksenit benzeri bir kaynaktan türemiş olabileceğini, Cizre-Alemdağ ve Batman-Besiri bölgelerinin lavlarının ise peridotit ve piroksenit kaynaklarından elde edilen ergiyiklerin bir karışımı ile üretilmiş olabileceğine işaret etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Kars Platosu, Melikler volkanitleri, litosfer, astenosfer, petrolojik model

Abstract

Collision-related Late Cenozoic volcanism in Türkiye-Iranian High Plateau (TIHP) and Arabian Plate spreads in a wide zone from the Erzurum-Kars Plateau in the northeast to the Syria border in the south. Volcanic activities in the region started in the Early-Middle Miocene and continued up to historical times, following the collision between Arabian and Eurasia plates in the Late Oligocene-Early Miocene. To better understand and reveal geochronological (K-Ar), petrologic and isotopic (Sr-Nd-Pb-Hf-Os) evolutions of the characteristics of mantle sources and their spatial and temporal variations within the northernmost of the Arabian Plate and Eastern Anatolia – the two most significant regions of late Cenozoic volcanism that appeared in the modern continental collision zone under different tectonic settings, we have started to study basaltic volcanism in the northernmost of the Arabian Plate within the framework of a TUBITAK-RFBR international joint project (project number:220N062). We determined that the Cizre-Alemdağ, Kurtalan, and Batman-Beşiri regions, which we first studied within the project's scope, presented alkaline characteristics and the lavas of the Cizre-Alemdağ and Kurtalan regions were basaltic; in contrast, the Batman-Beşiri lavas were Hawaiite. While the Batman – Beşiri basaltic volcanism terminated its activity in the Late Miocene-Early Pliocene between 5.92 and 5.17 Ma, the Kurtalan-Tulumtaş basaltic volcanism was active during the Pleistocene between 1.54 and 1.29 Ma. The Cizre-Alemdağ basaltic volcanism erupted from more than one outlet, the largest of which was Alemdağ, and it also erupted lavas with volcanic activities that developed in the Late Pliocene - Pleistocene, about 3.01 - 1.25 Ma. Petrological models obtained using trace element and isotopic data indicate that the evolved lavas of Batman-Beşiri and Cizre-Alemdağ basaltic volcanism are affected by crustal contamination and fractional crystallization. In contrast, the least evolved samples of Kurtalan-Tulumtaş and Cizre-Alemdağ basaltic volcanism showed negligible crustal contamination. In addition, the petrological modeling results of the least evolved samples indicated that the lavas in the Kurtalan region may have derived from a pyroxenite-like source, whereas the lavas of the Cizre-Alemdağ and Batman-Besiri regions may have been produced by a mix of melts derived from peridotite and pyroxenite sources.

Keywords: Kars plateau, Melikler volcanism, lithosphere, asthenosphere, petrological models



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



Kars Platosu Üzerindeki Melikler Volkanitlerinin Petrolojik Evrimi
Petrological Evolution of Melikler Volcanism on Kars Plateau, Türkiye

Elif Oyan¹, Vural Oyan^{2*}, Yavuz Özdemir¹, Nilgün Güleç³

¹Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü 65080 Van, Türkiye

²Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü 65080 Van, Türkiye

³Orta Doğu Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Ankara, Türkiye

*vuraloyan@yyu.edu.tr

Özet

Doğu Anadolu'nun önemli volkanik püskürme merkezlerinden biri olan Kars Platosu, ağırlıklı olarak ortaç-asidik volkanik ürünlerle temsil edilmektedir. Kars Platosu'nun volkanik bileşenlerinden biri olan ve yoğun mafik lav akıntıları ile temsil edilen Melikler volkanitleri, plato altındaki volkanizmanın manto kaynak alanlarının tartışılmasında ve ortaya çıkarılmasında büyük önem arz etmektedir. K-Ar yaş sonuçlarımız Melikler volkanizmasının 5.29-1.7 My arasında püskürdüğünü göstermekte ve erken ile geç olmak üzere iki farklı evreye ayırmamıza olanak sağlamaktadır. EC-RAFC ve MELTS modelleri erken evre lavların asimilasyon ve fraksiyonel kristallenme ile birlikte evrimleşmiş magma odasına primitif bazaltik ergiyiklerin enjekte olması ile meydana geldiklerine işaret etmektedir. Diğer taraftan, geç evre lavlar ise %5 ve %9 arasında değişen asimilasyon oranı ile magma odasında fraksiyonel kristallenme ve kıtasal kirlenmeye maruz kalmışlardır. Her iki evreninde en az evrimleşmiş örneklerinin Sr-Nd-Pb-Hf izotop konsantrasyonları ile birlikte iz element içerikleri akışkanlardan ziyade dalmış sedimentlerden türeyen erigiyiklerden kaynaklı olan dalma-batma bileşenlerinin katkısına işaret etmektedir. İz element ve izotopik modelleme sonuçları en az evrimleşmiş örneklerin, dalmış okyanusal litosferin erken evre ve geç evre lavlara sırasıyla %0,3 – 0,5 ve %0,6-0,8% oranlarında katkısı sonucunda metasomatize olmuş tüketilmiş okyanus ortası sırt bazaltı benzeri bir mantodan türemiş olabileceğini göstermektedir. Erken evrenin en az evrimleşmiş örnekleri yaklaşık 66-69 km derinlikte ve %1-5 arasındaki kısmi ergime dereceleri ile metasomatize olmuş amfibolce zengin granat lertzolit benzeri bir kaynaktan türemiş olabilirler. Bunun aksine, geç evrenin en az evrimleşmiş örnekleri yaklaşık 77-82 km derinlikteki litosfer-astenosfer sınırında ve %2-4 arasındaki kısmi ergime dereceleri ile metasomatize olmuş apatit-rutil taşıyan granat lertzolit benzeri bir kaynaktan üretilebilirler.

Anahtar Kelimeler: Kars Platosu, Melikler volkanitleri, Litosfer, Astenosfer, Petrolojik model

Abstract

Kars Plateau, one of the important volcanic eruption centers of Eastern Anatolia, is mainly represented by moderate to acidic volcanic products. The Melikler volcanism, which is one of the components of the Kars Plateau with intense mafic lava flows, is of great importance in discussing and revealing the mantle source region(s) of the volcanism under the plateau. Our K-Ar dating results show the Melikler volcanism erupted between 5.29-1.7 Ma and allows us to divide it into two different stages as early (5.29-2.53 Ma) and late (2.24-1.7 Ma). EC-RAFC and MELTS models indicate that the early stage lavas

are a result of the assimilation and fractional crystallization, as well as an injection into evolved magma chamber of primitive basaltic melts. The late-stage lavas, on the other hand, have been exposed to fractional crystallization and crustal contamination in the magma chamber with an assimilation rate between 5% and 9%. Trace element contents together with Sr-Nd-Pb-Hf isotope compositions of the least evolved samples of both stages indicate the contribution of the subduction component in the form of melts derived from subducted sediments rather than aqueous fluid. Combined trace elemental and isotopic modeling results suggest that the least evolved samples may have been derived from depleted MORB mantle metasomatized with contributions of 0.3 - 0.5% and 0.6-0.8% of the subducted slab in the early and late stages, respectively. The least evolved samples of the early stage were possibly derived from the partial melting of a metasomatized amphibole bearing garnet lherzolite mantle source at a depth of about 66-69 km, with partial melting degrees between 1% - 5%. In contrast, those of late stage might have been produced by melting an apatite-rutile bearing garnet lherzolite source at a depth of about 77-82 km in the lithosphere-asthenosphere boundary partial melting degrees varying between about 2% and 4%.

Keywords: Kars plateau, Melikler volcanism, lithosphere, asthenosphere, petrological models



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



Istranca Masifindeki Geç Kretase yaşlı H-tipi İnrüzif Seriler, Kırklareli, Türkiye
H-Type Late Cretaceous Intrusive Series of The Strandja Massif, Kırklareli-Türkiye

Ezgi Ulusoy^{1*}, Yusuf Kağan Kadioğlu^{2,3}

¹MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara, Türkiye

²Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye

³Ankara Üniversitesi, Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi (YEBİM), Ankara, Türkiye

*ezgi.ulusoy@mta.gov.tr

Özet

KB Türkiye’de yer alan Istranca Masifi, Tetis okyanusunun yitimi ve kapanmasıyla oluşan Apuseni-Banat-Timok-Srednogorie (ABTS) magmatik kuşağına ait geç Kretase yaşlı, farklı bileşimlerdeki intrüziflerle kesilmektedir. Geç Kretase yaşlı intrüzif kayalar başlıca: (I) granitik, (II) monzonitik, (III) siyenitik ve (IV) gabroyik kayalar olarak dört alt gruba ayrılmaktadır. Bölgede en geniş yüzeylenme alanına sahip Demirköy İnrüzif Kütlesi; felsikten mafığe değişen kaya kompozisyonuna sahiptir. Felsik kompozisyonlu kayalar; granitten diyorite değişen bileşimde olup benzer mineralleri farklı oranda içermektedir. Mikroskobik olarak; holokristalen dokulu kayaç başlıca, kuvars, ortoklaz, plajiyoklaz, biyotit, amfibolden oluşmaktadır. Mineral kimyası çalışmalarında; plajiyoklaz minerallerinin oligoklaz – andezin ($An_{19-48} Ab_{50-78} Or_{1,1-2,1}$); biyotitlerin Fe-biyotit, amfibollerin ise Mg-hornblend bileşimli olduğu belirlenmiştir. Demirköy intrüzif kütlesinin felsik kayaları; kalkalkalen, peralümina-metalümalı (peralümin bir kompozisyon manto kaynağı ile uyumlu değildir. Bu kayaların ORG normalizasyonu düşünülmemeli) ve orta K içeriklidir. ORG’ye göre normalize edilmiş iz element değişim modelleri LIL (Large Ion Lithophile) elementlerinde zenginleşme ve HFS (High Field Strength) elementlerinde fakirleşme olduğunu göstermektedir. Gabroyik kayalar; holokristalen dokulu olup başlıca plajiyoklaz, amfibol, piroksen, biyotit ve eser olarak olivin \pm kuvars içermektedir. Mineral kimyası çalışmaları sonucunda plajiyoklaz minerallerinin; labrador-bitovnit ($An_{75-25} Ab_{71-24} Or_{4,5-0,5}$), biyotitler Fe biyotit, amfiboller çermakit-pargasit ve piroksenlerin ojit ($Wo_{27-45} En_{36-46} Fs_{25-13}$) bileşimli olduğu belirlenmiştir. Jeokimyasal olarak gabroyik kayalar; toleyitiktan kalkalkaliye geçişli ve genel olarak LIL elementlerce kısmen zenginleşme ve HFS elementlerce ise tüketilme göstermektedir. Petrolojik veriler; Demirköy İnrüzif Kütlesine ait kayalar, H-tipi magmadan türediğine işaret etmektedir.

Anahtar Kelimeler: H-tipi, magma serisi, petroloji, Demirköy İnrüzif Kütlesi

Abstract

Strandja Massif, NW located in Türkiye, cut by intrusives with different composition of Apuseni-Banat-Timok-Srednogorie (ABTS) magmatic belt formed by subduction and closure of the Tethys ocean of during Late Cretaceous. These intrusive rocks are mainly divided into four subgroups: (I) granitic, (II) monzonitic, (III) syenitic and (IV) gabbroic rocks. Demirköy Intrusive Body (DIB) has the largest surface area in the region; with felsic to mafic nature in composition. Felsic rocks comprised of granite-granodiorite-diorite in composition with similar mineral composition and different proportion.

Microscopically; holocrystalline textured rocks are mainly consisting of quartz, orthoclase, plagioclase, biotite and amphibole. According to mineral chemistry studies; plagioclases are oligoclase - andesin ($An_{19-48} Ab_{50-78} Or_{1,1-2,1}$); biotites are Fe-biotite and amphiboles are Mg-hornblend in composition. Felsic rocks of Demirköy intrusive mass; calcalkaline, peralumina-metalised and medium K content in nature. ORG normalized trace element patterns shows enrichment in LIL (Large Ion Lithophile) elements and depletion in HFS (High Field Strength) elements. Mafic rocks are holocrystalline textured gabbroic rocks contains mainly plagioclase, amphibole, pyroxene, biotite \pm quartz and olivine as traces. As a result of mineral chemistry studies; plagioclase minerals are labrador-bitovnit ($An_{75-25} Ab_{71-24} Or_{4,5-0,5}$), biotites are Fe-biotite, amphiboles are tschermakite-pargasite, and pyroxenes are augite ($Wo_{27-45} En_{36-46} Fs_{25-13}$) in composition. Geochemically gabbroic rocks formed H-type mafic intrusives series with tholeiitic to calcalkaline and partial enrichment by LIL elements and depletion in HFS elements patterns in nature.

Keywords: H-type, magma series, petrology, Demirköy intrusive body



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



Eosen Maden Volkanizmasının (Doğu Anadolu) Jeolojik ve Jeokimyasal Evrimi

Geological and Geochemical Evolution Of Eocene Maden Volcanism (Eastern Anatolia)

**Çağrı Mercan¹, Yavuz Özdemir^{2*}, Vural Oyan³, Ayşe Atakul Özdemir⁴, Nilgün Güleç⁵, Sevinç
Özkan Altın⁵**

¹Mardin Artuklu Üniversitesi, Harita ve Kadastro Bölümü, Mardin, Türkiye

²Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Van, Türkiye

³Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Van, Türkiye

⁴Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Van, Türkiye

⁵Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye

*yozdemir@yyu.edu.tr

Özet

Maden Kompleksi Kahramanmaraş'ın kuzeyinden başlayıp Van'ın güneyine kadar devamlılığı takip edilebilen volkanosedimanter bir kayaç topluluğudur. Bu çalışma Maden Kompleksi'nin Çatak (Van)-Kozluk (Batman) arasında yüzeylenen volkanitlerinin jeolojik ve petrolojik özelliklerini konu almaktadır. Güneydoğu Anadolu Orojenik Kuşağı'nın nap zonunda yer alan kompleks, çalışma alanı içerisinde Bitlis Metamorfitleri ve Kretase yaşlı ofiyolitik birimler tarafından tektonik olarak üzerlenmektedir. Maden Kompleksi konglomeratik bir istif olan Ceffan Formasyonu, numulitli-alveolinli kireçtaşıdan oluşan Arbo Formasyonu, pembe-kırmızı renkli ve yer yer kumtaşı şeyl ardalımları içeren Melefan Formasyonu, çoğunlukla bazaltik volkanik kayaçlardan oluşan Karadere Formasyonu, Bitlis Masifi'ni kesen subvolkanik dayklar ve kumtaşı şeyl ardalımlarından oluşan Narlıdere Formasyonu ile karakterize edilmektedir. Denizel sedimanların planktonik foraminifer yaşları Erken-Orta Eosen'e, sedimanter birimlerden elde edilen en genç detritik zirkon yaşları Üst Eosen'e, magmatik birimlerin tüm kayaç ⁴⁰Ar/³⁹Ar plato yaşları ise Erken-Üst Eosen'e işaret etmekte olup havzada çökelişin ve magmatizmanın Erken Eosen'den-Üst Eosen'e kadar devam ettiğine işaret etmektedir. Başlıca plajiyoklas + klinopiroksen ± olivin ± amfibol fenokristallerinden oluşan volkanik/subvolkanik kayaçlar çoğunlukla subalkali-toleyitik bazaltlardan oluşmaktadır ve nadiren andezitik ve riyolitik türevleri de bulunmaktadır. Klinopiroksen kimyası kullanılarak hesaplanan sıcaklık ve basınçlar volkanitler ve dayklar için benzer kristallenme koşullarına işaret etmektedir. Elde edilen değerler volkanitler için sırasıyla 1125-1260°C ve 1,6-10,8 Kbar arasında, dayklar için 1076-1215°C ve 1,2-9,4 Kbar arasında değişmektedir. AFC modellemeleri volkanik/subvolkanik kayaçların, kabuksal litolojilerden kontaminasyona uğradığını göstermektedir. Elde edilen veriler Maden Havzası'nın Bitlis-Pütürge Masifi üzerinde açılan bir havza olduğuna işaret etmektedir. Kuzeye doğru Bitlis-Pütürge Masifi'nin altına dalan Arap levhasının okyanusal litosferinin Erken Eosen döneminde kopması, Erken-Geç Eosen aralığında yitim bileşeninden bağımsız astenosferik mantoyu karakterize eden lavların havzanın güneyine, yitim bileşeni içeren ergiyiklerin ise havzanın kuzeyine yerleşmelerine sebep olmuştur.

Anahtar Kelimeler: Eosen, jeokimya, Maden Kompleksi

Abstract

Maden Complex is a succession of volcano-sedimentary rocks exposed from the north of Kahramanmaraş to the south of Van. This study comprises geology and petrology of the volcanics of Maden Complex exposed between Çatak (Van)-Kozluk (Batman). Complex is a member of nappe zone of the Southeast Anatolian Orogenic Belt, and tectonically overlain by Bitlis Metamorphics and Cretaceous ophiolitic rocks within the study area. The succession is characterized by conglomeratic Ceffan Formation, nummulitid and alveolinid bearing carbonates of Arbo Formation, pink colored pelagic limestones alternating with sandstones and shales of Melefan Formation, basaltic volcanic rocks of Karadere Formation, the subvolcanic dykes cutting Bitlis Massive and sandstone and shale alternations of Narlıdere Formation. The planktonic foraminiferal assemblages of marine sediments yield the age of Early-Middle Eocene, the youngest detrital zircon ages of sandstones designate Late Eocene and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ plateau ages of the magmatics indicate Early-Late Eocene revealing that the magmatism and deposition continued from Early to Late Eocene. Volcanic/subvolcanic rocks are mainly composed of plagioclase + clinopyroxene \pm olivine \pm amphibole phenocrysts. The majority of the rocks are subalkalin-tholeiitic basalts however; a few andesitic and rhyolitic derivatives are also present. Calculated temperatures and pressures from clinopyroxene chemistry indicate similar crystallization conditions for volcanics and dykes. Obtained values vary between 1125-1260°C and 1.6-10.8 Kbar for volcanics, 1076-1215°C and 1.2-9.4 Kbar for dykes, respectively. AFC modellings indicate that volcanic/subvolcanic rocks are contaminated by crustal lithologies. The Maden Basin was formed on the Bitlis-Pütürge Massif. The Early Eocene rupture of the north dipping oceanic slab of the Arabian plate beneath the Bitlis Massif give rise to emplacement of the subduction free asthenospheric melts to the south and subduction modified melts to the north of the basin.

Keywords: Eocene, geochemistry, Maden Complex



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



**Petrography and Geochemistry of Fialé Volcano: Compositional and Mineralogical
Characteristics, Asal-Ghoubet Area, Republic of Djibouti**

*Fialé Volkanının Petroğrafisi ve Jeokimyası: Bileşimsel ve Mineralojik Özellikleri, Asal-
Ghoubet Bölgesi, Cibuti Cumhuriyeti*

Awaleh Djama Iltreh¹, Yusuf Kağan Kadioğlu^{1,2*}

¹Ankara University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Geological Engineering Department,
Ankara, Türkiye

²Ankara University, Earth Sciences Application and Research Center (YEBİM), Ankara, Türkiye

*kadi@ankara.edu.tr

Abstract

The Fialé volcano covered a large area in the form of “AA” basaltic lava and dark in color. The eruption of the crater of the volcano located to the south of the Fialé caldera flowed into the Fialé lava lake. The Fialé volcano has flowed south and west, and this flow is seen to be the same as Ghoubet lava. The Fialé volcano characterized by the presence of hyaloclastite rocks at the basement. Fialé states that the presence of the rounded coarse plagioclase crystals within the basalt lava may reflect from the deep source eruption. A phenocryst of the rounded plagioclases reaches up to 1.5 cm in length.

Basalt rocks belonging to Fialé lava have aphyric, vesicular and porphyritic texture. They mostly have plagioclase, pyroxene and rarely olivine compositions. In general, the rocks are porphyritic and show porphyritic-phaneritic texture. The plagioclases of this lava are bytownite and the size of the phenocrysts can reach up to 3-4 mm. It contains abundant inclusion of plagioclase microlith, clinopyroxene and opaque minerals in a poikilitic texture. Polysynthetic twinning is seen in every plagioclase phenocryst. Pyroxenes occur as coarse phenocrysts and micro-phenocrysts scattered in the matrix. Pyroxenes have euhedral to subhedral texture and contain abundant microlith plagioclase inclusions and Olivine inclusions as a poikilitic in texture. Olivine is generally present as a micro-phenocrystal and has a subhedral to anhedral texture.

The rocks from Fialé volcano have a composition that falls in the basalt field and it has a character of the subalkaline series. In the diagram of K_2O/SiO_2 , the rocks from Fialé belong slightly to the Arc tholeiitic series and for the most part to the calc-alkaline series. According to the P_2O_5/Zr discrimination diagram, the rocks from Fialé fall in the tholeiitic basalt range to slightly transitional to alkaline basalt while in the AFM diagram they have rather a tholeiitic character. thereby the rock from Fialé shows a continental arc characteristic in Zr/Y vs Zr . The major element variation diagrams of MgO and MnO exhibits fractional crystallization, especially due to the crystallization of olivine and pyroxene minerals. A negative correlation is observed between SiO_2 and CaO , as Ca will be removed from the magma environment with the formation of Ca-rich plagioclase and pyroxene during crystallization. The Sr value against SiO_2 shows both an increase and a constant trend. This Sr element is concentrated in mafic rocks exhibiting calcic and indicates the crystallization of plagioclases. The incompatible element patterns, enrichment is observed from Sc to Pb compared to N type MORB. This enrichment is more pronounced

in Sc, Ba, U, La and Pb. They are rich in LILE (Rb, Ba, K), compared to HFSE (Nb, Zr) and they have a slight depletion from Sr to Y.

Keywords: Fialé, Polysynthetic twinning, magma, calc-alkaline, tholeiitic

Özet

Fialé volkanı genel olarak koyu siyah renkli “AA” bazaltik lav şeklinde geniş bir alanı kaplamaktadır. Fialé kalderasının güneyinde yer alan Fiale lav gölü bu volkanın akması sonucu oluşmuştur. Fialé volkanı güneye ve batıya akarak ve bu akış Ghoubet lavı üzerine gelerek tek bir volkan akışı gibi gözlenmektedir. Fialé volkanın taban bölümü hyaloklastit kayalarının varlığı ile karakterize edilir. Fialé, bazalt lavı içindeki yuvarlak iri plajiyoklaz kristallerinin varlığı daha derin bir magma çıkışından geldiği söylenebilir. Bu volkanlar içerisindeki yuvarlaklaşmış iri plajiyoklaz feneokristallerinin boyutları 1,5 cm ‘ye kadar varabilmektedir.

Fialé lavlarına ait bazalt kayaçları afirik, vesiküller ve porfirik dokuya sahiptirler. Çoğunlukla plajiyoklaz, piroksen ve az oranda olivin içerirler. Genel olarak kayaçlar porfirik ve porfirik-afaneritik dokulu, hipokristalin doku özelliklerigöstermektedir. Bu lavın plajiyoklazları bitovnit bileşiminde olup ve fenokristallerin boyutları 1-2 cm'ye kadar ulaşabilmektedir. Poikilitik dokulu fazla oranda plajiyoklazlar, klinopiroksen ve opak mineraller içerirler. Plajiyoklazların önemli bölümü polisentetik ikizlenme gösterirler. Piroksenler, hamur içinde dağılmış iri fenokristaller ve mikro fenokristaller halinde bulunur. Piroksenler özşekilli ile yarı özşekilli dokuya sahip olup ve bol miktarda mikrolit plajiyoklaz kapanımları ve poikilitik olarak Olivin kapanımları içerir. Olivinler nadiren bir fenokristal olarak görülür, genellikle mikrtaneli olarak bulunur ve yarı özşekilli ile özşekilsiz bir dokuya sahiptir. Olivin mikro kristalleri plajiyoklaz kristali ile piroksenler arasındaki hamurda bulunur.

Fialé volkanik kayaları, bazalt bileşimine sahiptir ve subalkali dizi karakterine sahiptir. K_2O/SiO_2 diyagramında, Fialé bazaltları Yay toleyitik seriye ve çoğunlukla kalk-alkali alanına düşmektedir. P_2O_5/Zr ayırım diyagramına göre Fialé bazaltları toleyitik bazalt aralığında hafif alkali bazalta kadar geçişli iken, AFM diyagramında tamamen toleyitik bir karaktere sahiptirler. Dolayısıyla Fialé bazaltları Zr/Y'ye karşı Zr'de diyagramında kıtasal yay alanına düşmektedirler. MgO ve MnO'nun ana element değişim diyagramlarında ise özellikle olivin ve piroksen minerallerinin kristalleşmesi nedeniyle fraksiyonel kristalleşme özelliği göstermektedirler. SiO_2 ve CaO değişim diyagramında negatif bir korelasyon gözlenir, çünkü kristalizasyon sırasında Ca'ca zengin plajiyoklaz ve piroksen oluşumu ile magma ortamından Ca uzaklaşmıştır. SiO_2 'ye karşı Sr değişim diyagramında hem artış hem de sabit bir eğilim görülebilmektedir. Sr elementi, kalsik sergileyen mafik kayaçlarda yoğunlaşmıştır ve plajiyoklazların kristalleşmesini gösterebilmektedir. Uyumsuz eleman modellerinde, N tipi MORB'a kıyasla Sc'den Pb'ye zenginleştirme gözlenir. Bu zenginleşme Sc, Ba, U, La ve Pb'de daha belirgindir. HFSE'ye (Nb, Zr) kıyasla LILE (Rb, Ba, K) bakımından zenginleşme ve Sr'dan Y'e doğru hafif bir fakirleşme görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Fialé, polisentetik ikizlenme, magma, kalk-alkali, toleyitik



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



Karacadağ Volkanik Kompleksi'nin (Orta Anadolu, Konya) Jeokimyası ve Petrojenezi
Geochemistry and Petrogenesis of Karacadağ Volcanic Complex (Center Anatolia, Konya)

Fatma Şişman Tükel^{1*}, Mehmet Keskin², Ercan Aldanmaz³

¹*Istanbul Üniversitesi-Cerraphaşa, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 34500 Hadımköy, İstanbul, Türkiye*

²*İTÜ, Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 34469 Maslak, Sarıyer, İstanbul, Türkiye*

³*Kocaeli Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Umuttepe Kampüsü, 41380 İzmit, Kocaeli, Türkiye*

*fatma.sisman@istanbul.edu.tr

Özet

Karapınar kuzeyinde KD-GB doğrultusunda uzanan, yüksekliği 2100 m'ye, eni ~10-24 km'ye ulaşan, boyu ise ~37 km olan volkanik bir sırt vardır. Bu volkanik yapı, bazalttan riyalite kadar geniş bir bileşim aralığındaki lav ve piroklastik çökellerden oluşur; üç çıkış merkezi krater barındırır ve ~980 km²'lik alan kaplar. Bu volkanik yapı, bu çalışmada Karacadağ Volkanik Kompleksi (KVK) olarak adlandırılmıştır.

KVK, yaşları Pliyosen ile Kuvaterner arasında değişen 5 ayrı volkanik birimden oluşmaktadır. Volkanın ana gövdesini oluşturan ilk üç birim (alttan üste Oymalı, Yeşilyurt ve Beyören volkanitleri) porfirik dokulu bazaltik-andezit, andezit, dasit bileşimli lavlar ile bunların piroklastitlerinden oluşmaktadır. KVK'nın son evresi, çok sayıda küçük monojenetik skorya konisi, maar ve bunlardan türemiş bazalt ve piroklastitlerle (Kutören ve Meke volkanitleri) temsil edilir.

Bu çalışmada KVK'dan derlenmiş tümü belirgin yay bileşeni içeren 26 temsilci lav akıntısına ait örneklerin jeokimyası değerlendirilmektedir. SiO₂ %46 ile 62, toplam alkali değerleri %3,7-7,5, Mg# ise 26-61 arasında değişmektedir. LIL (Large-Ion Lithophile)- ve LRE (Light Rare Earth)-elementleri MORB'a nazaran zenginleşme gösterirken, HFS-elementleri fakirleşmiştir. ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr izotop oranları 0,704699-0,707285, ¹⁴³Nd-¹⁴⁴Nd izotop oranları ise 0,512386-0,512770 arasında değişir. ¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd ile ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr arasında negatif bir trend bulunmaktadır. Bu durum, KVK lavlarının kabuksal kirlenme ve asimilasyon etkisinin bir sonucudur.

Harker diyagramları üzerindeki trendleri, KVK lavlarının iki farklı manto kaynağından türemiş olduklarını göstermektedir. Bu iki primitif uç üye, Kutören ve Meke volkanitlerinin en primitif bazaltları ile temsil edilir. Primitif lavların bileşimi temel alınarak yapılan non modal batch kısmi ergime petrolojik modelleme sonuçlarımız, sözkonusu bazaltik lavlarıniki farklı metasomatik listosferik manto kaynağının kısmi erimesinden türediklerini göstermektedir: (1) spinel peridotit ve (2) flogopit+spinel peridotit. Bu iki farklı primitif magma, birbirleri ile farklı oranda karışarak ve daha sonra kristallenme ve AFC evrimi geçirerek volkanik serileri oluşturmuştur. FC-model sonuçlarına göre, ilk üç seriye ait lavlarda feldispat ve amfibol kristallenmesi baskınken, son iki seriye ait lavlarda olivin ve piroksen kristallenmesi baskın olmuştur.

Anahtar Kelimeler: Orta Anadolu, volkanizm, jeokimya, petrojenez, manto kaynak alanı

Abstract

There is a NE-SW-extending volcanic ridge in the North of Karapınar with a max height of 2100m, width of ~10-24km and length of ~37km, covering ~980 km² area. It contains a volcanic complex with three craters and lavas / pyroclastics showing a wide composition range from basalt to rhyolite. This volcanic edifice is named the Karacadağ Volcanic Complex (KVC).

KVC consists of 5 volcanic-series, ranging in age from Pliocene to Quaternary. The first three volcanic-series forming the main body of the volcano (i.e. Oymalı, Yeşilyurt and Beyören volcanics) are composed of porphyritic basaltic-andesites, andesites, dacites and their pyroclastics. The final phase of KVC is represented by innumerable small monogenetic scoria cones, maars and basaltic lavas & pyroclastics (i.e. Kutören and Meke volcanics).

We evaluated geochemistry of 26 representative lava samples from KVC, showing a clear subduction component. SiO₂ vary between 46 and 62%, total-alkali values between 3.7 and 7.5%, and Mg# between 26 and 61. They display enrichment in LILEs and LREEs, depletion in HFSEs relative to MORB. ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr and ¹⁴³Nd-¹⁴⁴Nd isotope ratios vary between 0.704699 and 0.707285, 0.512386 and 0.512770, respectively. There is a negative trend between ¹⁴³Nd-¹⁴⁴Nd and ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr. This situation is a result of crustal contamination and assimilation effect of KVC lavas.

Trends on Harker diagrams imply the derivation of KVC-lavas from two different mantle sources. These two sources are represented by the most primitive basalts of Kutören and Meke volcanics. Our non-modal batch partial melting model results indicate the derivation of lavas from two different metasomatic lithospheric mantle sources: (1) a spinel peridotite and (2) a phlogopite+spinel peridotite. These two primitive magmas seem to have mixed into each other in varying ratios then experienced FC and AFC evolution. FC model results indicate that fractionation was dominated by feldspars and amphiboles in the first three volcanic series, in contrast to last two series dominated by olivine and pyroxenes.

Keywords: Central Anatolia, volcanism, geochemistry, petrogenesis mantle source



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



**REE-Th-U Enrichments in Alkali-Potassic Rocks in Kestanbol Granitoid Complex
(Ezine-Çanakkale, Türkiye): Revealing the Factors that Cause Mineralizations**

*Kestanbol Granitoid Kompleksi'ndeki (Ezine-Çanakkale, Türkiye) Alkali-Potasik Kayaçlarda
NYE-Th-U Zenginleşmeleri: Cevherleşmeye Sebep Olan Faktörlerin Ortaya Konması*

Zeynep Döner*, **Ali Tuğcan Ünlüer**, **Şenel Özdamar**, **Oral Sarıkaya**, **Mustafa Kaya**, **Hüseyin
Kocatürk**, **Mustafa Kumral**, **Recep Fahri Esenli**

Department of Geological Engineering, Faculty of Mines, Istanbul Technical University, Istanbul, Türkiye

**donerz@itu.edu.tr*

Abstract

The rare earth elements (REE) as well as radioactive fuel elements (U and Th) are gaining more attention in terms of economic importance recently. For this reason, recently various types of rock units are widely investigated. These elements can be found in cut-off grade levels during various geological processes and environments. One of the most promising environments for U and Th is alkaline magmatism related rocks including alkaline pegmatites and syenite-carbonatite complexes. This study focuses on the northern Kestanbol rocks with their alkaline-potassic affinities in Ezine-Çanakkale (NW, Türkiye). These rocks are monzonitic-syenitic-monzogabbroic rocks with considerable amounts of monzonite, zircon, thorite and apatite as accessory minerals. These minerals host considerable amounts of incompatible elements in terms of large-ion lithophile elements (LILE) and REE due to late magmatic-metasomatic processes in entire magmatic evaluation. In addition, these rocks can be considered as an important source for elevated Th and U contents. In this study, the Σ REE values determined up to 635.8 ppm and mostly comprised by light rare earth elements (LREE) elements including La, Ce and Nd. The U (up to 54.2 ppm) and Th (up to 184.2 ppm) values are also on par with most of the LREE concentrations mainly caused by thorium-bearing monazites and uranium-bearing thorite minerals. It can be stated that northern Kestanbol alkaline rocks are the most likely source for the well-known Geyikli (Çanakkale, NW Türkiye) radioactive placer.

Keywords: Kestanbol Granitoid Complex, REE-Th-U enrichments, alkali-potassic rocks, petrogenetic factors, Ezine

Özet

Nadir yer elementleri (NYE) ile birlikte radyoaktif yakıt elementleri (U ve Th) son zamanlarda ekonomik önem açısından oldukça fazla ilgi görmektedir. Bu nedenle, çeşitli kayaç türleri bu açıdan yaygın olarak araştırılmaktadır. Bu elementler, çeşitli jeolojik süreçler ve ortamlar boyunca sınır tenör değerlerinde bulunabilmektedir. U ve Th için en umut verici ortamlardan biri, alkali pegmatitler ve siyenit-karbonatit komplekslerini içeren alkali magmatizma ile ilgili kayaçlardır. Bu çalışma, Ezine-

Çanakkale (KB, Türkiye) bölgesinin kuzeyindeki Kestanbol Granitoid Kompleksi'nde yer alan alkali-potasik özelliğe sahip kayalara odaklanmaktadır. Bu kayalar, tali mineral olarak önemli miktarda monzonit, zirkon, torit ve apatit içeren monzonitik-siyenitik-monzogabroik kayalardır. Bu mineraller, tüm magmatik evrimde geç magmatik-metasomatik süreçler nedeniyle büyük-iyon çaplı litofil elementler (LILE) ve NYE açısından önemli miktarda uyumsuz element barındırmaktadır. Ayrıca bu kayalar yüksek Th ve U içerikleri için önemli bir kaynak olarak değerlendirilebilmektedir. Bu çalışmada 635,8 ppm'e kadar belirlenen Σ NYE değerleri çoğunlukla La, Ce ve Nd olmak üzere hafif nadir yer elementleri (HNYE) elementlerinden oluşmaktadır. U (54,2 ppm'ye kadar) ve Th (184,2 ppm'ye kadar) değerleri de esas olarak toryum içeren monazitlerin ve uranyum içeren torit minerallerinin neden olduğu HNYE konsantrasyonlarının çoğuyla aynıdır. İyi bilinen Geyikli (Çanakkale, KB Türkiye) radyoaktif plaserinin en olası kaynağının bu Kestanbol kuzeyinde yer alan alkali kayalar olduğu söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: Kestanbol Granitoid Kompleksi, NYE-Th-U zenginleşmeleri, alkali-potasik kayalar, petrojenetik faktörler, Ezine

1. INTRODUCTION

Recently, various types of rock units are widely investigated for rare earth elements (REE), which have economic importance for many countries as a strategic raw material due to the increasing industrial demand. The radioactive fuel elements, Th and U, are also closely associated with the same geologic environments, are gaining more attention due to Paris climate agreements strict carbon emission reduction protocols. Therefore, the studies on the genesis of these elements are consistently arising for at least two decades. Most of these studies are restricted into the alkaline intrusive-carbonatite complexes with highly mineralized fenite zones; however, some of the alkaline rocks such as syenites and monzonites may host considerable amounts of REE-Th and U bearing minerals.

Miocene aged Kestanbol Granitoid Complex can be described as a post collisional, high K-calcalkaline granitoid, mostly dominated by monzonitic and granodioritic rocks. On contrary, less common alkaline-ultra alkaline rocks are widely observable in northern parts of the granite. In this context, the northern borders of the granitoid body which have significantly higher ionizing dose rates than remaining granitoid body was selected as the primary study area. The elder studies were generally based on the petrogenetic properties of more common high-K rocks, their isotopic composition and thermochronology. There are no studies investigating the amount of presence, mineralization and origin of strategic and radioactive elements. This study focuses on fairly radioactive parts of the Kestanbol Granitoid Complex which stands out as an important exploration target and source for high grade placer REE-Th-U depositions. The main objective of this work is to reveal the REE-Th-U potential and radioactivity of the Kestanbol Granitoid Complex and revealing the factors that cause mineralizations.

2. GEOLOGICAL BACKGROUND

The Kestanbol Granitoid is a product of a widespread, potassium-rich calc-alkaline magmatism occurred after the collision of the Sakarya zone and the Anatolide-Tauride block (Altunkaynak et al., 2012). In Northwest Anatolia, the first products of Eocene magmatism are defined as Middle-Eocene aged intrusives and andesitic volcanic rocks (Yılmaz,1990; Harris et al., 1994; Okay and Satır, 2006). Intrusive rocks which emplaced in the Oligocene-Early Miocene period after Eocene magmatism are frequently encountered in the region (Kozak, Evciler, Çataldağ, Kestanbol, Ilica-Şamlı, Eybek and Eğrigöz granitoids), there are detailed studies examining the petrological properties of these rocks (Genç and Yılmaz, 1997; Delaloye and Bingöl, 2000, Boztuğ et al., 2009; Altunkaynak et al., 2012; Özdamar et al 2021). These Oligo-Miocene aged granitoids show high K-calcalkaline I type magmatism features mainly derived from the mantle and developed as a result of contamination due to the relatively thick continental crust (Altunkaynak and Yılmaz, 1998; Genç, 1998; Karacık and Yılmaz, 1998; Şahin et al., 2010; Figure 1).

The rocks in the Kestanbol granitoid body in the study area are mainly composed of quartz-monzonites and granitic rocks (Karacık and Yılmaz, 1998; Şahin et al., 2010). The Kestanbol Granitoid is an elliptical intrusive body emplaced within the Paleozoic-Permian aged Çamlık Metamorphics (Karacık and Yılmaz, 1998). In other studies, on the Kestanbol Granitoid Complex, it was revealed that the intrusive body was cut by ultrapotassic dykes in the eastern parts (Akal, 2013). In addition, studies on the source of radioactivity of the southern Kestanbol Granitoid (Örgün et al., 2007; Şahin et al., 2010) were thought to be secondary minerals such as zircon, apatite, monazite, thorite and allanite, but no mineralization zone of economic importance was observed (Figure 1).

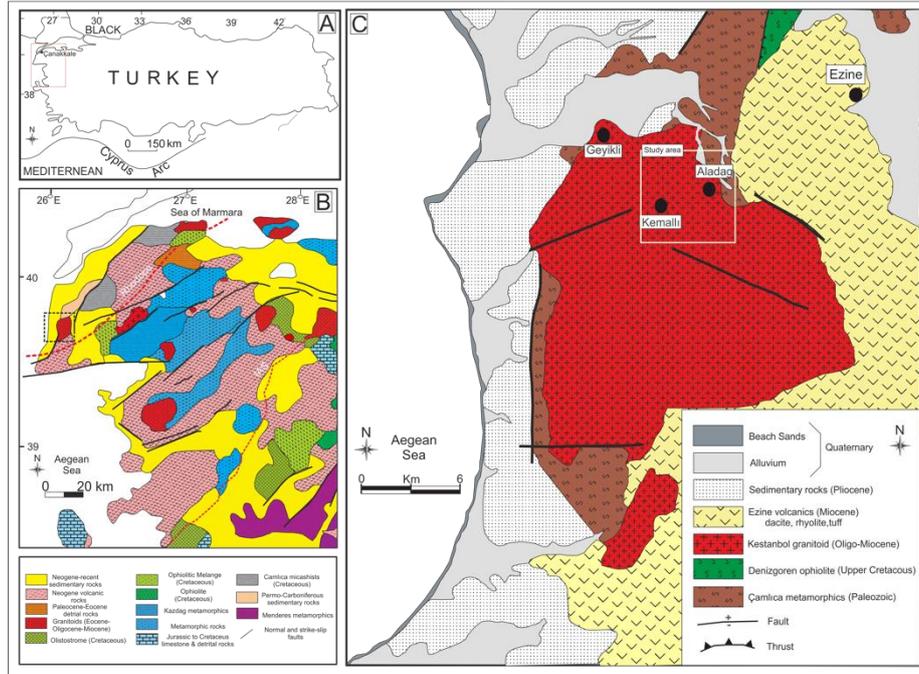


Figure 1. Geological map of the study area (modified from Örgün et al., 2007).

3. MATERIAL and METHODS

A total of 15 samples were collected for the analyses from alkaline-potassic rocks with high radioactive anomalies. Whole-rock (major, trace and rare earth elements) analyses were conducted on powders grounded using an agate mortar muller milling device in Geochemistry Research Laboratories of Istanbul Technical University (ITU/JAL), Türkiye. The oxides of major elements, including SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , K_2O , Na_2O , Fe_2O_3 , MnO , MgO , TiO_2 , and P_2O_5 were determined by a Bruker S8 Tiger X-ray fluorescence (XRF) spectrometer with wavelength ranges from 0.01 to 12 nm, the analytical uncertainty is usually 5%. Elan DRC-e Perkin Elmer Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS) was used for trace element analyses. A two-step digestion process used approximately 50 mg of powdered samples: (1) 6 ml of 37% HCl, 2 ml of 65% HNO_3 and 1 ml of 38–40% HF acid mixer put in a pressure- and temperature-controlled Teflon beaker using a Berghoff Microwave at 135 °C; (2) 6 ml of 5% boric acid solution was added to the step one mixer for ICP-MS analyses.

The rock-forming minerals were determined by Leica DM750P microscope and the heavy minerals (in %) determinations Nikon SMZ 800 N model binocular microscope was used in ITU/JAL. In addition, ionizing dose rate of studied rocks were determined using by BR6 model Geiger device.

4. RESULTS and DISCUSSION

4.1. Mineralogical and petrographical characteristics

Petrographic analyses point out that the studied samples of the Kestanbol Granitoid Complex are composed of quartzmonzonitic to monzogabbroic rocks. Of these, the essexite is medium to coarse-grained, holocrystalline intrusive rocks of the granitoid complex. Mineralogically, these rocks comprise pyroxene (30-32%), amphibole (18-20%), biotite (8-10%), plagioclase (20-22%), K-feldspar (20-25%) as main phases and zircon, apatite, monazite as accessory phases. Alteration minerals are epidote, chlorite, clay and calcite. The pyroxenes are mostly subhedral clinopyroxene and altered amphibolites and uralite and chlorite. Amphiboles are generally kaersutitic – subhedral grains. K-feldspars display poikilitic texture and plagioclase display zoned texture. Biotites are brownish colored-subhedral minerals (Figure 2).

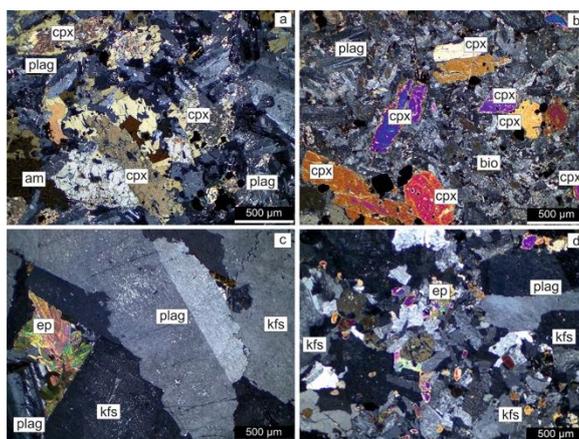


Figure 2. Photomicrographs of the mineral assemblages of Kestanbol alkaline rocks a-b) plagioclase and clinopyroxene subhedral crystals with minor amounts of biotite minerals, c) K-feldspar and plagioclase phenocrysts accompanied by epidote minerals in a pegmatitic sample, d) plagioclase and k-feldspar minerals with epidotization (abbreviations; cpx: clinopyroxene; ep: epidote; plag: plagioclase; kfs: K-feldspar; bio: biotite).

The mineralogical composition of heavy mineral fractions of Kestanbol Granitoid indicates that the non-silicate minerals are dominated by magnetite and titanite with lower amounts of apatite, monazite, thorite and zircon (Figure 3). This mineral assemblage points out that most of the REE and Th concentration are closely associated with monazite, thorite and apatite minerals. In addition, thorite minerals can also host a considerable concentration of U.



Figure 3. Binocular microscope photomicrographs of heavy mineral separates from non-magnetic (a-b-c) and magnetic (d) fractions of Kestanbol alkaline rocks.

4.2. Geochemical signatures

Kestanbol alkaline rocks can be summarized as a silica undersaturated potassic rocks with significant enrichments of incompatible elements in terms of both large-ion lithophile elements (LILE) and REE. The high concentrations of K₂O (up to 10.7%) and Na₂O (up to 5.28%) show that the rocks are sourced from an alkaline-basic mantle source (Table 1). Consistent with the alkaline-basic source the values of Fe₂O₃ (avg. 5.40%), CaO (avg. 4.78%) and MgO (avg. 2.33%) are mostly associated with ferromagnesian minerals including clinopyroxenes and amphiboles.

Table 1. Contents of major-element oxides of the Kestanbol alkaline rocks (in %).

Major Oxide	Kestanbol Alkaline Rocks											
	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8	E-9	E-10	E-11	E-12
SiO ₂	50.5	55.9	58.6	52.1	50.0	50.3	60.7	59.3	61.6	54.3	58.5	57.5
Al ₂ O ₃	16.8	15.4	15.6	17.7	17.7	17.8	17.9	17.2	17.2	17.1	17.9	17.4
Fe ₂ O ₃	7.56	5.56	5.88	6.88	7.65	7.43	2.36	4.49	2.38	5.80	4.05	4.79
MgO	3.21	2.96	2.89	2.77	3.80	3.71	0.26	0.50	0.79	3.13	1.74	2.23
CaO	7.54	4.94	4.12	6.65	6.82	6.75	2.10	2.14	3.80	4.41	3.80	4.26
Na ₂ O	3.47	2.42	3.30	3.31	2.71	3.05	3.95	4.19	4.49	5.28	4.06	4.29
K ₂ O	6.50	6.81	5.19	6.66	6.55	6.48	10.7	9.08	7.48	4.34	7.10	6.22
SrO	0.24	0.09	0.11	0.23	0.18	0.17	0.07	0.10	0.16	0.16	0.10	0.12
TiO ₂	0.90	0.72	0.73	0.82	0.80	0.79	0.28	0.38	0.37	0.67	0.56	0.60
P ₂ O ₅	0.75	0.39	0.44	0.78	0.88	0.84	0.09	0.33	0.35	0.56	0.32	0.45
MnO	0.17	0.11	0.12	0.16	0.16	0.15	0.07	0.08	0.06	0.10	0.12	0.10
Cr ₂ O ₃	0.48	0.52	0.53	0.38	0.54	0.48	0.50	0.48	<0.01	0.38	<0.01	0.27
LOI	1.32	3.79	2.12	0.98	1.68	1.57	0.57	1.12	0.83	3.36	1.38	1.28
TOTAL	99.82	99.89	99.89	99.80	99.82	99.81	99.82	99.85	99.90	99.79	99.75	99.76

The discrimination diagrams (Figure 4 a-b) indicate that the studied samples are A-type silica deficient monzonitic-syenitic rocks.

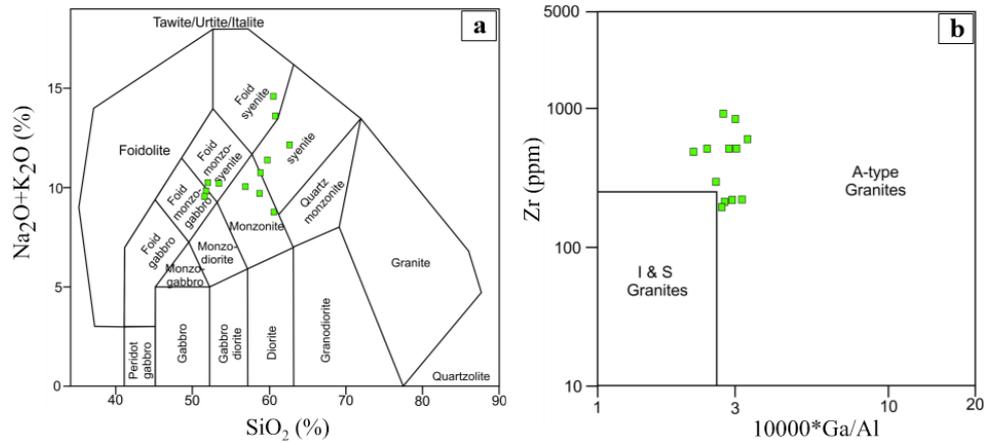


Figure 4. a) Total Alkali Silica diagram for studied samples (modified from Le Bas et al., 1986), b) A type granitoid discrimination diagram (modified from Whalen et al., 1987).

The studied rocks also have P anomalies which were likely to be caused by apatite and monazite group minerals. In addition, high LILE values alongside Pb and Zn suggest crustal contamination (Table 2; Figure 5b). U contents range from 6.8 to 54.9 ppm with an average of 26.0 ppm, while Th contents also have a wide range varying 29.1 to 184.2 ppm with an average of 92.2 ppm. These elevated values of U and Th (Figure 5b) are probably caused by metasomatic processes during magma evolution (Table 2).

Most of the Σ REE (varying 248.6 to 635.8 ppm with an average of 434.4 ppm) values are comprised by LREE including La (49.2-152.8 ppm), Ce (106.4-290.4 ppm) and Nd (47.0-107.6 ppm). The LREE values of studied alkaline rocks can be considered relatively low compared to other HFSE concentrations especially Th and U (Table 3).

Table 2. Trace element results for studied samples from the Kestanbol alkaline rocks (contents in ppm).

Element	Kestanbol Alkaline Rocks											
	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8	E-9	E-10	E-11	E-12
Th	50.6	48.1	49.5	111.1	82.7	88.4	184.2	58.7	29.8	135.1	165.6	102.6
U	17.3	9.0	10.9	39.7	20.5	27.7	29.5	16.2	6.77	31.7	54.9	47.5
Cd	0.64	0.25	0.41	0.06	0.56	0.29	0.56	0.53	0.34	0.36	0.54	0.68
Cs	30.2	3.56	2.19	24.6	13.3	23.3	39.1	14.1	7.50	18.9	21.6	30.5
Ga	19.3	22.6	24.2	28.5	22.6	27.0	24.9	28.7	24.4	30.0	28.5	25.3
Rb	248.5	247.0	189.9	242.3	209.0	211.3	447.1	306.9	226.6	231.7	353.8	329.0
Tl	1.75	2.71	2.08	1.55	1.34	1.08	3.92	3.61	3.19	2.86	3.36	3.62
Se	13.0	10.0	9.0	9.0	12.0	11.0	<1	4.00	4.00	8.00	6.00	7.00
V	103.0	66.0	65.0	84.0	84.0	89.0	17.0	37.0	45.0	76.0	44.0	52.0
Co	26.0	14.0	25.0	25.0	21.0	24.0	13.0	15.0	17.0	15.0	12.0	11.0
Ni	26.0	16.0	17.0	19.0	27.0	30.0	3.00	18.0	14.0	14.0	11.0	22.0
Cu	74.0	8.0	34.0	67.0	97.0	90.0	32.0	201.0	87.0	137.0	61.0	49.0
Zn	67.0	43.0	38.0	60.0	71.0	59.0	43.0	27.0	24.0	45.0	47.0	46.0
As	37.0	5.0	12.0	40.0	38.0	40.0	47.0	14.0	5.0	19.0	25.0	27.0
Zr	475.0	209.0	218.0	509.0	504.0	508.0	291.0	215.0	193.0	599.0	836.0	919.0
Nb	33.0	19.0	19.0	35.0	33.0	33.0	65.0	29.0	15.0	43.0	70.0	59.0
Mo	1.00	1.00	2.00	2.00	6.00	6.00	5.00	8.00	7.00	1.00	<1.0	4.00
Sn	<1.0	<1.0	1.00	<1.0	<1.0	<1.0	5.00	<1.0	<1.0	3.00	3.00	7.00
Sb	<1.0	<1.0	2.00	1.0	<1.0	1.00	4.00	1.00	<1.0	2.00	4.00	3.00
Pb	110.0	19.0	42.0	109.0	101.0	98.0	148.0	118.0	48.0	55.0	60.0	63.0

Table 3. The REE results for studied samples from the Kestanbol alkaline rocks (contents in ppm).

Element	Kestanbol Alkaline Rocks											
	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8	E-9	E-10	E-11	E-12
Y	26.0	19.9	21.3	28.7	26.2	28.3	20.8	24.2	20.0	28.2	36.0	30.2
La	109.4	66.0	73.6	119.2	97.7	104.0	100.9	69.2	49.2	148.0	152.8	133.4
Ce	207.0	123.7	137.5	226.4	190.2	204.5	192.4	144.0	106.4	256.6	290.4	250.1
Pr	23.4	13.7	15.0	24.6	21.7	22.5	18.9	16.5	12.8	26.7	30.2	26.2
Nd	84.7	47.0	53.3	91.3	75.7	84.6	58.5	59.3	47.3	87.9	107.6	87.8
Sm	17.7	9.45	10.4	16.4	14.5	16.5	9.7	12.1	10.3	14.6	16.5	15.4
Eu	4.80	2.38	2.42	4.67	4.13	4.49	1.51	3.48	3.37	3.00	3.14	2.94
Gd	14.7	7.45	8.72	14.5	13.1	14.2	9.12	9.73	8.16	13.36	15.6	13.6
Tb	1.80	0.96	1.18	1.84	1.62	1.67	1.15	1.15	1.09	1.72	2.04	1.83
Dy	6.94	4.65	4.52	7.20	6.43	7.12	4.36	5.88	4.78	6.50	8.08	6.79
Ho	0.96	0.76	0.91	1.03	1.07	1.03	0.79	0.86	0.73	0.93	1.27	1.10
Er	3.13	2.47	2.48	3.45	2.84	3.61	2.57	2.76	2.15	3.11	3.90	3.80
Tm	0.34	0.28	0.31	0.35	0.30	0.32	0.34	0.37	0.27	0.37	0.45	0.41
Yb	2.03	1.93	2.17	2.55	2.48	2.23	1.86	2.31	1.88	2.61	3.35	3.16
Lu	0.24	0.30	0.28	0.38	0.34	0.35	0.24	0.24	0.24	0.40	0.45	0.35
Eu/Eu*	0.91	0.87	0.78	0.93	0.92	0.90	0.49	0.98	1.12	0.66	0.60	0.62
ΣREE	477.1	281.0	312.8	514.0	432.1	467.2	402.4	327.9	248.6	565.9	635.8	546.9
ΣLREE	447.0	262.2	292.2	482.6	404.0	436.6	382.0	304.6	229.3	536.9	600.7	515.8
ΣHREE	30.1	18.8	20.6	31.3	28.2	30.6	20.4	23.3	19.3	29.0	35.1	31.0

The REE patterns of studied rocks show that the alkaline rocks of Kestanbol Granitoid Complex are products of an enriched mantle source, with fractional crystallization and metasomatism processes.

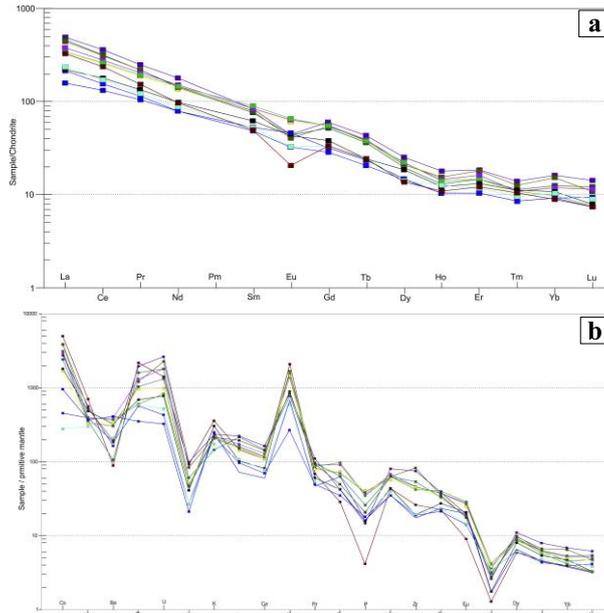


Figure 5. a) The chondrite-normalized (Boynnton 1984) REE patterns, b) the mantle normalized trace element (Sun and McDonough 1989) patterns of Kestanbol alkaline rocks.

HREE patterns are flat as expected due to the lack of garnet group minerals. Negative Eu anomalies are also observed in Kestanbol rocks; therefore, it can be concluded that the rocks are primarily originated from an Eu depleted residue (Figure 5a).

5. CONCLUSIONS

This very study was carried out to determine the mineralogical and geochemical features of the monazite-thorite bearing rocks which have high ionizing dose rates in the northern borders of the Kestanbol Granitoid Complex.

- The rocks predominantly consist of K-feldspar, plagioclase, clinopyroxene, and amphibole group minerals with minor amounts of zircon, apatite, and monazite.
- The northern borders of the Kestanbol Granitoid Complex have significantly higher ionizing dose rates (1.30 $\mu\text{S/h}$) than remaining granitoid (0.25 $\mu\text{S/h}$) body. The high ionizing radiation probably caused by thorite and monazite minerals. The magmatic evaluation of these minerals may be related to late magmatic, volatile rich fluids.
- The high incompatible element concentrations are primarily associated with the alkaline nature of the rocks. However, crustal contamination took a major role in the elevation of LILE and Pb-Zn elements.
- Widely known Geyikli heavy mineral placers in Çanakkale (Türkiye) are likely to be resourced from studied rocks due to the monazite and thorite mineralization.

REFERENCES

- Akal, C., “Coeval Shoshonitic-ultrapotassic dyke emplacements within the Kestanbol pluton, Ezine–Biga peninsula (NW Anatolia)”, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 22(2), 220-238, 2013.
- Altunkaynak, Ş., Dilek, Y., Genç, C.Ş., Sunal, G., Gertisser, R., Furnes, H., Yang, J. “Spatial, temporal and geochemical evolution of Oligo–Miocene granitoid magmatism in western Anatolia, Turkey. *Gondwana Research*”, 21(4), 961-986. 2012.
- Altunkaynak, Ş., and Yilmaz, Y., “The mount Kozak magmatic complex, western Anatolia. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*”, 85(1-4), 211-231, 1998.
- Boztuğ, D., Harlavan, Y., Jonckheere, R., Can, I., Sari, R., “Geochemistry and K–Ar cooling ages of the Ilıca, Cataldag (Balıkesir) and Kozak (Izmir) granitoids, west Anatolia, Turkey”, *Geological Journal*, 44, 79-103, 2009.
- Delaloye, M., and Bingöl, E., “Granitoids from western and northwestern Anatolia: geochemistry and modeling of geodynamic evolution”, *International Geology Review*, 42, 241–268, 2000.
- Genç, Ş.C. “Evolution of the Bayramiç magmatic complex, northwestern Anatolia”, *Journal of volcanology and geothermal research*, 85(1-4), 233-249, 1998.
- Genç, S.C., and YILMAZ, Y. “An example of post-collisional magmatism in northwestern Anatolia: the Kızderbent volcanics (Armutlu peninsula, Turkey)”, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 6(1), 33-42, 1997.
- Harris, N.B.W., Kelley, S., Okay, A.I., “Post-collisional magmatism and tectonics in northwest Anatolia”, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 117, 241–252, 1994.
- Karacik, Z., and Yilmaz, Y., “Geology of the ignimbrites and the associated volcano–plutonic complex of the Ezine area, northwestern Anatolia”, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 85(1-4), 251-264, 1998.

- Bas, M.L., Maitre, R.L., Streckeisen, A., Zanettin, B., and IUGS “Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks. A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram” *Journal of petrology*, 27(3), 745-750, 1986.
- Okay, A.I., and Satir, M. “Coeval plutonism and metamorphism in a latest Oligocene metamorphic core complex in northwest Turkey”, *Geological Magazine*, 137(5), 495-516, 2000.
- Örgün, Y., Altınsoy, N., Şahin, S.Y., Güngör, Y., Gültekin, A.H., Karahan, G., And Karacık, Z., “Natural and anthropogenic radionuclides in rocks and beach sands from Ezine region (Canakkale), Western Anatolia, Turkey”, *Applied Radiation and Isotopes*, 65(6), 739-747. 2007.
- Özdamar, Ş., Roden, M. F., Zou, H., Billor, M. Z., Hames, W., Georgiev, S., Dunkl, I., “Petrogenesis of Oligocene plutonic rocks in western Anatolia (NW Turkey): Insights from mineral and rock chemistry, Sr-Nd isotopes, and U-Pb, Ar-Ar and (U-Th)/He geochronology”, *Geochemistry*, 81(2), 125747, 2021.
- Sun, S.S., and McDonough, W.F., “Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes”, *Geological Society, London, Special Publications*, 42(1), 313-345, 1989.
- Şahin, S.Y., Örgün, Y., Güngör, Y. “Mineral and whole-rock geochemistry of the Kestanbol Granitoid (Ezine-Çanakkale) and its mafic microgranular enclaves in northwestern Anatolia: evidence of felsic and mafic magma interaction”, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 19(1), 101-122, 2010.
- Whalen, J.B., Currie, K.L., and Chappell, B.W., “A-type granites: geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis”, *Contributions to mineralogy and petrology*, 95(4), 407-419, 1987.
- Yılmaz, Y. “Comparision of young volcanic associations of western and eastern Anatolia under compressional regime; a review”, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 44, 69–87. 1990.



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



**Petrochemistry of Lavas and Intrusive Rocks in Admiralty Bay, King George Island,
Antarctica: Preliminary Results**

*Admiralty Körfezi Lav ve İntrüsif Kayalarının Petrokimyası, King George Adası, Antarktika:
Öncel Sonuçlar*

Işıl Nur Güraslan*, Şafak Altunkaynak

Department of Geological Engineering, Faculty of Mines, Istanbul Technical University, Istanbul, Türkiye

**guraslan@itu.edu.tr*

Abstract

The South Shetland Islands Archipelago is a part of a magmatic arc, which occurred as a result of the subduction of the Phoenix plate beneath the Antarctic Peninsula, creating widespread magmatism during the Early Cretaceous-Miocene. King George Island was formed from subvolcanic and volcanic products of this magmatic arc. Within the scope of the 4th Turkish Antarctic Expedition (TAE-IV) and Türkiye-Poland bilateral cooperation, field studies were carried out in Admiralty Bay, King George Island. Representative samples with different ages and compositions from lavas, stocks, volcanic plugs and dikes were collected during the field studies. The petrography and major-trace geochemistry of those samples were investigated to better understand the nature and evolution of magmatism.

The field, petrography and major-trace element geochemistry data gathered from the representative samples show that the magmatic rocks of Admiralty Bay have compositions ranging from basalt-basaltic andesite to dacite-rhyolite that originated from a MORB-like mantle-wedge enriched by subduction components. The magma generated from this mantle wedge was later differentiated by fractional crystallization, resulting in compositionally different magmatic products.

Keywords: NW Antarctica, magmatic arc, King George Island, Admiralty Bay, major-trace element geochemistry

Özet

Phoenix Levhası'nın Antarktika Yarımadası'nın altına dalması sonucunda oluşan Güney Shetland yayı, Erken Kratase-Miyosen arası yaygın magmatik aktivite üretmiş bir magmatik yay ortamını temsil etmektedir. Bu magmatik yay, King George Adası'nın da içinde bulunduğu Güney Shetland Adaları'nı oluşturmuştur. Güney Shetland magmatik yayının doğasını ve evrimini ortaya koymak amacı ile, Türkiye Antarktik Seferi (TAE-IV) kapsamında, Admiralty Körfezi'nde (King George Adası), saha çalışmaları gerçekleştirilmiş, farklı yaş ve bileşimdeki magmatik kayalardan temsilci örnekler derlenerek, temsilci örneklerin petrografik ve jeokimyasal özellikleri incelenmiştir.

Saha ve petrografi incelemeleri ile ana-iz element jeokimyası analizleri sonucu elde edilen veriler Admiralty Körfezi magmatik kayalarının bazalt-bazaltik andezit'ten dasit-riyolit'e değişen bileşimler

sergilediğini ve dalma-batma bileşenleri ile zenginleşmiş MORB-benzeri bir manto kamasından türediğini ortaya koymuştur. Bu magma, fraksiyonel kristallenme süreçleri ile farklılaşarak, bölgedeki farklı bileşimdeki magmatik kayaların oluşmasına sebep olmuştur.

Anahtar Kelimeler: KB Antarktika, magmatik yay, King George Adası, Admiralty Körfezi, ana-iz element jeokimyası

1. INTRODUCTION

Investigating the products of a magmatic arc creates an understanding of the modifications that happened throughout the arc's history; the chemical compositions and textures in the magmatic rocks are easily affected by any configurations in the subduction system. The Antarctic Peninsula arc, which was developed as a result of the subduction of the Pacific oceanic lithosphere (Phoenix Plate) beneath the Antarctic Peninsula, represents a continental margin arc that produced widespread magmatic activity. The South Shetland Islands, which were attached to Antarctic Peninsula until the Pliocene is a part of this magmatic arc. The subduction gradually ceased from south to north between the early Cretaceous and early Miocene [1-6]. However, it continues at a slow rate along the South Shetland Islands sector. The volcanic and sub-volcanic rocks that form King George Island are products of this magmatic arc.

King George Island is the largest of these islands, making it a representative site to investigate the arc magmatism in the area. To understand the nature and evolution of arc magmatism, field studies were taken out in the western part of Admiralty Bay on King George Island, which contains terrestrial volcanic and subvolcanic rocks of various compositions (Fig. 1).

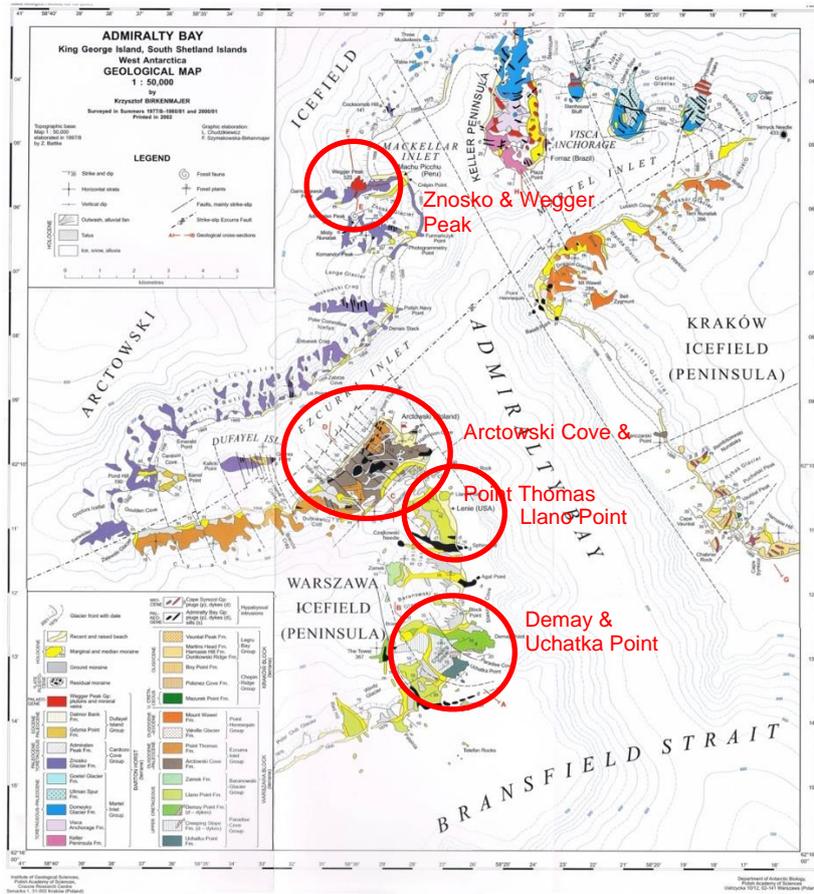


Figure 1. Geological map of Admiralty Bay (King George Island) [7]. The red circles indicate the sampling locations.

2. MATERIAL and METHODS

The field studies were carried out near the Henryk Arctowski Polish Antarctic Station in King George Island, Admiralty Bay, Antarctica. Thin sections were prepared at Istanbul Technical University, Faculty of Mines, Thin Section Laboratory for petrographical investigations. Major and trace element geochemistry analyzes were carried out in the ACME Laboratories (Canada). 16 representative samples from the subvolcanic and volcanic rocks in the study area were analyzed.

3. RESULTS and DISCUSSION

The volcanic rocks in the Admiralty Bay are represented by Uchatka Point, Demay Point, Llano Point, Arctowski Cove and Point Thomas formations, whereas the intrusive bodies are Wegger Peak stock, Jardine Peak plug and dykes (Jersak Hill, Half Moon Cove and Sphinx Hill dykes). The ages of these magmatic products range from Cretaceous to Miocene [7-11]. Uchatka Point Formation is represented by basalts and basaltic andesites. Demay Point Formation consists of andesitic and dacitic lavas, flow breccias and pyroclastic rocks. Llano Point Formation consists of basaltic and basaltic andesitic lavas and associated pyroclastic rocks. Different levels of lava and pyroclastic deposits are easily distinguishable in the field. The formation is also cut by the biggest dyke in the area, the Sphinx Hill dyke. Arctowski Cove Formation is represented by black/dark grey, glassy basalts with columnar joints in the field. The formation is cut by dykes and plugs in Jardine Peak, Jersak Hill and Halfmoon Cove areas. Point Thomas Formation is composed of lenticular lavas with predominantly basaltic and basaltic andesitic compositions intercalating with tuffs. Znosko Glacier formation is represented by terrestrial basaltic andesitic-andesitic lavas and pyroclastic rocks. Wegger Peak Stock is situated at the north of the study area and it is represented by microgabbro-quartz microdiorite. Jardine peak plug, Jersak Hill and Halfmoon Cove dykes with aphanitic texture has a basalt-basaltic andesite composition.

The lavas in the study area usually display hemicrystalline intersertal-hyalopilitic texture while some displays pilotaxitic textures. In basaltic-basaltic andesitic samples, plagioclase is accompanied by usually clinopyroxene, rarely orthopyroxene. They also display trachytic and glomeroporphyritic textures (Fig. 2a, c). The dykes and plugs differ from lavas by their microcrystalline and intergranular textures. In Wegger Peak stock, holocrystalline and microgranular/porphyritic textures can be observed, amphiboles and interstitial quartz minerals accompany abundant pyroxene and plagioclase minerals (Fig. 2f). Most of the volcanic and subvolcanic rocks in the area display at least two generations of plagioclases, plagioclases have sieve textures, polysynthetic and complex twinning as well as patchy and oscillatory zoning (Fig. 2d). In plugs, quartz xenocrysts can be seen with reaction textures and pyroxene microcrystals at the rims (Fig. 2e). Embayment textures can be observed both in plagioclase and pyroxene crystals (Fig 2b). These textures indicate a disequilibrium in the magma chamber.

Geochemically, the volcanic and subvolcanic rocks with different ages and locations display similar characteristics. The SiO₂ ratios of the samples range from 50.13% to 68.86%. The basic-intermediate lavas display basalt, basaltic andesite-andesite compositions whereas the acidic Demay Point lavas have rhyolite/dacite, dacite and trachy-andesite field in the total - alkali silica (TAS) classification diagram (Fig. 3a). The composition of the Wegger Peak stock is basaltic andesite-andesite, and the dykes in the study area display compositions ranging from andesite to dacite/rhyolite. All of the samples are subalkaline (Fig. 3a, b), basic-intermediate lavas display calc-alkaline affinity while the rocks with higher SiO₂ content are high-K calc-alkaline (Fig. 3b).

According to chondrite-normalized spider diagrams, all samples display enrichment in LREE (light rare earth elements) and depletion in HREE (heavy rare earth elements) (Fig. 4a). The basic-intermediate lavas are less enriched in REE compared to the more fractionated dykes and Demay Point lavas with higher SiO₂ ratios. In basic-intermediate lavas, Eu anomalies are either absent or slightly pronounced while felsic lavas and dykes display more pronounced negative Eu anomalies. The otherwise similar REE concentrations of the fractionated samples compared with the other samples point to evolution through fractional crystallization from basic magma.

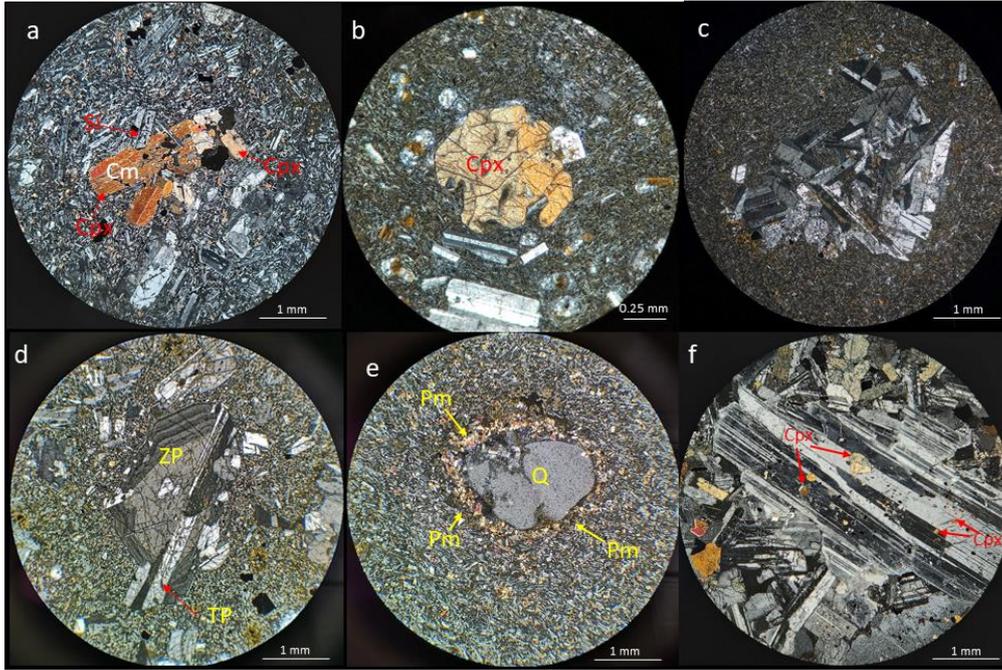


Figure 2. Photomicrographs of the samples from the study area a) Cumulophyric and sieve (Si) texture (Cm) from Uchatka Point Fm., b) Embayed clinopyroxene (Cpx) from Arctowski Cove basalts, c) Plagioclases displaying glomeroporphyritic texture from Demay Point Fm., d) Plagioclases showing zoning (ZP) and complex twinning (TP) from Arctowski Cove Formation, e) Quartz (Q) xenocrystal with surrounding pyroxene microcrystals (Pm) from Jardine Peak Plug, f) Holocrystalline porphyritic texture of Wegger Peak stock.

N-MORB normalized spider diagrams show that the samples display an enrichment in large-ion lithophile elements (LILE) such as Cs, Ba, Th, U, K, Sr, and a depletion in high field strength elements (HFSE) such as Nb, Ta, P and Ti for all samples (Fig. 4b). LILE/HFSE ratios do not display a distinct difference, however, SiO₂-rich dykes and Demay Point lavas have higher immobile element concentrations than basic-intermediate lavas. The most mafic lavas have closer HFSE concentrations to MORB. The Nb/Yb vs. Th/Yb ratios show that Admiralty Bay rocks have higher Th/Yb ratios than N-MORB, and display a relative Th enrichment indicating that these magmatic rocks have formed in a volcanic arc setting enriched by subduction components (Fig. 5).

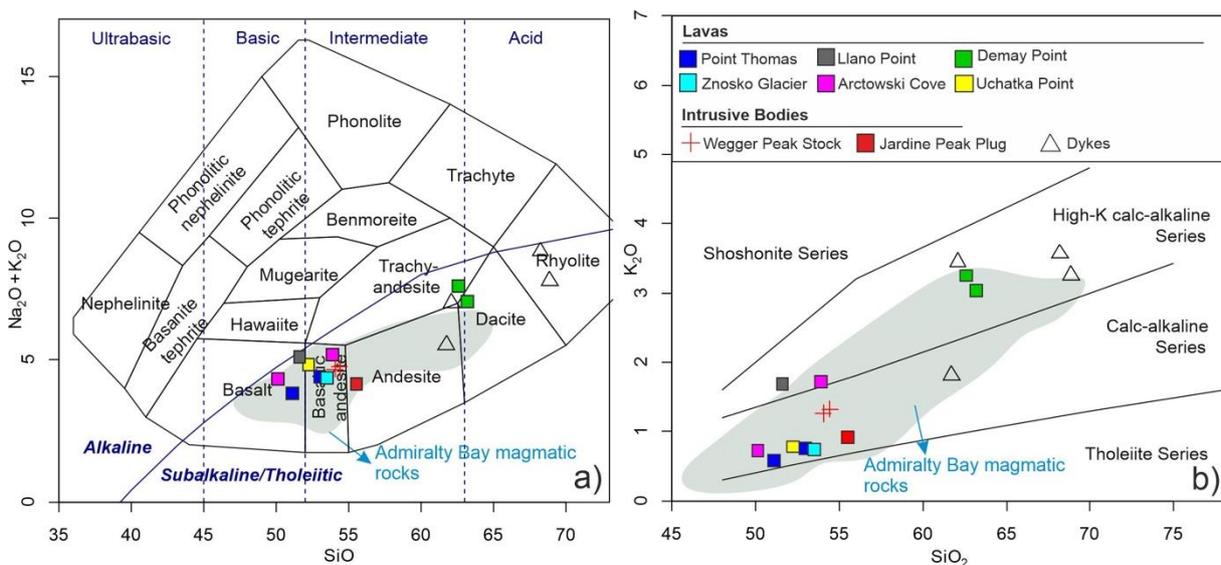


Figure 3. Samples from Admiralty Bay lavas and intrusive bodies in a) Total Alkali-Silica [12] and b) K₂O vs SiO₂ [13] diagrams. Admiralty bay magmatic rocks field is compiled from previous studies [8, 15-16].

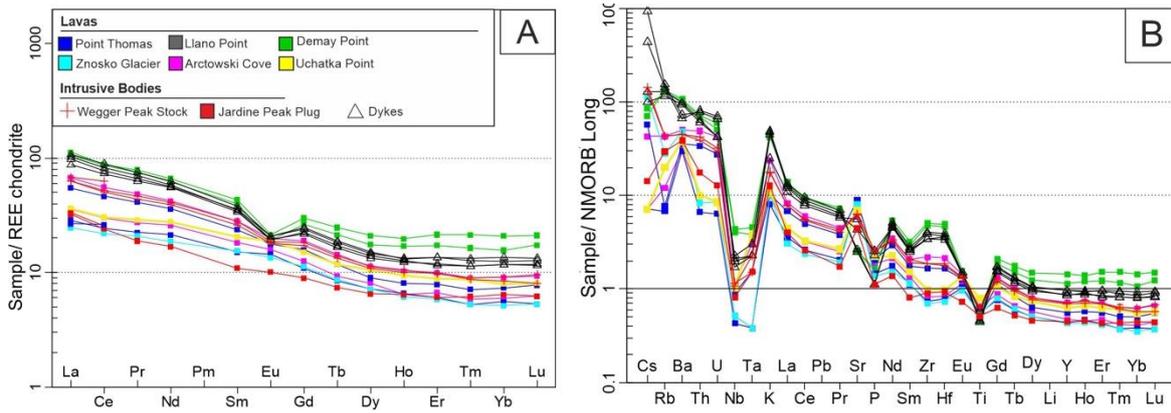


Figure 4. a) Chondrite-normalized REE patterns [17], b) N-MORB normalized spider diagram of lavas and intrusive bodies in Admiralty Bay [18].

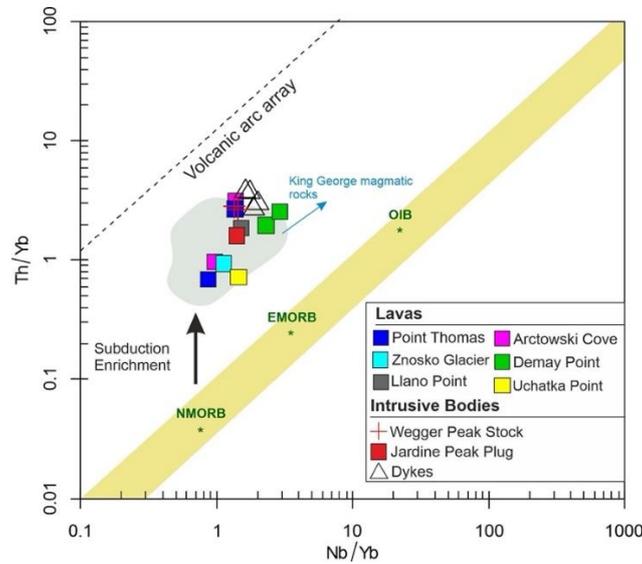


Figure 5. Admiralty bay lavas and intrusive bodies in Th/Yb-Nb/Yb [14] diagram. King George magmatic rocks field is compiled from previous studies [8, 15-16].

4. CONCLUSIONS

The volcanic and subvolcanic rocks with different ages and locations display similar petrographical and geochemical characteristics and were all associated with subduction-related arc volcanism. Field, petrography and geochemistry data gathered from the Admiralty Bay, King George Island lavas and intrusive bodies show that the Admiralty Bay magmatic rocks have originated from a MORB-like mantle-wedge enriched by subduction components. Fractional crystallization played an important role in the formation of compositionally different magmatic products.

ACKNOWLEDGEMENTS: This study is supported by TÜBİTAK-UPAG Project No: 119N208. Field studies were conducted under the auspices of the President of the Republic of Türkiye, with the support and financing of the Ministry of Industry and Technology and under the coordination of TÜBİTAK MAM Polar Research Institute. We are also grateful to the Henryk Arctowski Polish Antarctic Station for being a host and giving logistic support during the field studies, especially the expedition leader Joanna Plenzler and field-buddy Katarzyna Komarowska. Finally, we thank Dr. Alp Ünal and Dr. Ömer Kamacı for their help during the laboratory work.

REFERENCES

[1] Storey, B. C., Alabaster, T. 1991. "Tectonomagmatic controls on Gondwana break-up models: evidence from the proto-Pacific margin of Antarctica". *Tectonics*, 10(6), 1274-1288.

- [2] Fretzdorff, S., Worthington, T. J., Haase, K. M., Hékinian, R., Franz, L., Keller, R. A., Stoffers, P. 2004. "Magmatism in the Bransfield basin: rifting of the South Shetland Arc?". *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 109(B12).
- [3] Willan, R. C., Kelley, S. P. 1999. "Mafic dike swarms in the South Shetland Islands volcanic arc: unravelling multiepisodic magmatism related to subduction and continental rifting". *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 104(B10), 23051-23068.
- [4] Haase, K. M., Beier, C., Fretzdorff, S., Smellie, J. L., Garbe-Schönberg, D. 2012. "Magmatic evolution of the South Shetland Islands, Antarctica, and implications for continental crust formation". *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 163(6), 1103-1119.
- [5] Riley, T. R., Flowerdew, M. J., Pankhurst, R. J., Leat, P. T., Millar, I. L., Fanning, C. M., Whitehouse, M. J. 2017. "A revised geochronology of Thurston Island, West Antarctica, and correlations along the proto-Pacific margin of Gondwana". *Antarctic Science*, 29(1), 47-60.
- [6] Smellie, J. L., Martin, A. P., Panter, K. S., Kyle, P. R., Geyer, A. 2020. "Magmatism in Antarctica and its relation to Zealandia". *New Zealand Journal of Geology and Geophysics*, 63(4), 578-588.
- [7] Birkenmajer, K. 2002. "Admiralty Bay, King George Island, South Shetland Islands, West Antarctica – Geological Map 1:50,000". Institute of Geological Sciences, Polish Academy of Sciences, Cracow Research Centre.
- [8] Kraus, S. 2005. Magmatic dyke systems of the South Shetland Islands volcanic arc (West Antarctica): reflections of the geodynamic history (Doctoral dissertation, Verlag nicht ermittelbar).
- [9] Nawrocki, J., Pańczyk, M., Williams, I. S. 2010. "Isotopic ages and palaeomagnetism of selected magmatic rocks from King George Island (Antarctic Peninsula)". *Journal of the Geological Society*, 167(5), 1063-1079.
- [10] Nawrocki, J., Pańczyk, M., Williams, I., 2011. "Isotopic ages of selected magmatic rocks from King George Island (West Antarctica) controlled by magnetostratigraphy". *Geological Quarterly*, 55(4), pp.301-322.
- [11] Mozer, A., 2012. "Pre-glacial sedimentary facies of the Point Thomas Formation (Eocene) at Cytadela, Admiralty Bay, King George Island, West Antarctica". *Polish polar research*, pp.41-62.
- [12] Cox, K. G., Bell, J. D, Pankhurst, R.J. 1979. "The interpretation of Igneous Rocks". George, Allen and Unwin, London.
- [13] Peccerillo, A., Taylor, S. R. 1976. "Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, northern Turkey". *Contributions to mineralogy and petrology*, 58(1), 63-81.
- [14] Pearce, J. A. 2008. "Geochemical fingerprinting of oceanic basalts with applications to ophiolite classification and the search for Archean oceanic crust". *Lithos* 100, 14-48.
- [15] Birkenmajer, K. 1991. "Tertiary glaciation in the South Shetland Islands, West Antarctica: evaluation of data". *Geological Evolution of Antarctica*. Cambridge University Press, Cambridge, 629-632.
- [16] Machado, A., Lima, E. F., Chemale, F., Morata, D., Oteiza, O., Almeida, D. P. M., Figueiredo, A.M.G., Alexandre F.M., Urrutia, J. L. 2005a. "Geochemistry constraints of Mesozoic–Cenozoic calc-alkaline magmatism in the South Shetland arc, Antarctica". *Journal of South American Earth Sciences*, 18(3), 407-425.
- [17] Boynton W.V. 1984. "Cosmochemistry of the rare earth elements: meteorite studies". In: *Rare Earth Element Geochemistry*, P. Henderson P (ed.). Elsevier, Amsterdam, 63-114.
- [18] Sun, S. S., McDonough, W. F. 1989. "Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes". *Geological Society, London, Special Publications*, 42(1), 313-345.



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



**Karaorgan (Sarıkamış) Gabro Pegmatitlerinin Mineraloji ve Petrolojisi, Doğu Anadolu
Türkiye**

*Mineralogy and Petrology of Karaorgan (Sarıkamış) Gabbro Pegmatites, Eastern Anatolia,
Turkiye)*

Esin Yalçın, Hasan Kolaylı*

Karademir Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fak., Jeoloji Müh. Böl., 61080, Trabzon, Türkiye

**haskolayli@gmail.com*

Özet

Karaorgan (Sarıkamış) Gabro Pegmatitleri dünit-metagabro kontağı boyunca genellikle serpantinleşmiş dünit ve metagabrolar içinde küçük stoklar (2-30 m²) şeklinde yer alırlar. Hem serpantin ve hem de metagabrolar içinde mostra veren pegmatitlerde hem dokusal ve hem de mineralojik zonlanmalar mevcuttur. Gabro pegmatit stoklarındaki mega kristal boyu (3-10 cm) stok sınırlarına doğru orta-ince taneli (0,1-3 cm) gabroya geçiş gösterir. Mineralojik olarak gabro ve pegmatitik gabrolar başlıca labrador, enstatit, diyopsit, ikincil olarak de albit, pargazit, kaolinit ve klinoklardan oluşmaktadır. Gabro pegmatitlere ait plajiyoklazlar ile (an₉₁₋₉₄) gabrolara ait plajiyoklazların bileşimleri (an_{92-93,5}) benzerdir. Gabro pegmatitlere ait piroksenler (enstatit; %wo:2-4; %en: 83-85; %fs: 14-16; diyopsit; %wo: 44-47; %en: 45-48; %fs: 4-6) ile gabrolara ait piroksenler (enstatit; %wo: 1-4; %en: 70-75; %fs: 23-26, diyopsit; %wo: 40-47; %en: 42-48; %fs: 3-8) tıpkı plajiyoklazlarda olduğu gibi benzer bileşim sergilerler. Metagabro, gabro ve gabro pegmatitlere ait nadir yer element (NYE) içeriklerinin kondrite normalize edilmiş değerleri hafif NYE (LREE) bakımından tüketilmiş, orta ve ağır NYE bakımından (HREE) hafifçe zenginleşmiştir. Eu/Eu* dağılımları gabro pegmatitlerde, ince kristalli gabrolarda ve metagabrolarda sırasıyla 1,79-3,10; 1,49-1,79 ve 5,03-23,91 aralığındadır. Benzer şekilde La/Sm_{CN} dağılımları gabro pegmatitlerde, ince kristalli gabrolarda ve meta gabrolarda sırasıyla 5,03-23,91; 2,51-7,55; 2,51-11,33 aralığındadır. Gabro pegmatit ve gabrolara ait klinopiroksenlerde yapılan sıcaklık hesaplamalarında oluşum sıcaklıklarının sırasıyla 1186-1243°C ve 1136-1208°C olduğu hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Gabro pegmatit, Eu/Eu*, La/Sm_{CN}, Sarıkamış

Abstract

Karaorgan (Sarıkamış) Gabbro Pegmatites outcrop in the serpentinized dunites and metagabbros as small stocks (2-30 m²) along the dunite-metagabbro contact. Both textural and mineralogical zoning are present in pegmatites outcropping in both serpentinite and metagabbros. Crystal grain sizes (3-10 cm) in gabbro pegmatite stocks passes to medium-fine grained (0,1-3 cm) gabbro towards stock boundaries. Mineralogically, gabbro pegmatites and gabbros consist mainly of labrador, enstatite, diopside, and secondary albite, pargasite, kaolinite and clinocllore. The composition of the plagioclases in the gabbro pegmatite (an₉₁₋₉₄) and in the gabbros (an_{92-93,5}) are similar. Pyroxenes of gabbro pegmatites (enstatite; wo%: 2-4; en%: 83-85; fs%: 14-16; diopside; wo%: 44-47; en%: 45-48; fs%: 4-6) and pyroxenes of gabbro (enstatite; wo%: 1-4; en%: 70-75; fs%: 23-26, diopside; wo%: 40-47; en%: 42-48; fs%: 3-8) exhibit similar composition, just as those in plagioclases. The chondrite normalized values of rare earth element (REE) contents of metagabbro, gabbro and gabbro pegmatites are consumed in light

REE (LREE) and slightly enriched in medium and heavy REE (HREE). The Eu / Eu* distributions in gabbro pegmatites, fine grained gabbros and metagabbros are 1.79-3.10; 1.49-1.79 and 5.03-23.91 respectively. Similarly, La / Sm_{CN} distributions in gabbro pegmatites, fine grained gabbros and metagabbros 5.03-23.91; 2.51- 7.55; 2.51-11.33, respectively. Calculated crystallization temperature of clinopyroxenes in pegmatitic gabbros is 1186-1243°C and in the fine grained gabbros is 1136-1208 °C.

Keywords: Gabbro pegmatite, Eu/Eu*, La/Sm_{CN}, Sarıkamış.



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



**Ankara Güneybatısı Hisarlıkaya Yöresindeki Trakitik Volkanizmin Yaşı, Kökeni ve
Evrimi**

*Age, Origin and Geodynamic Evolution of Trachyitic Volcanism at Hisarlıkaya District,
Southwest Ankara*

Aslıhan Korkmaz^{1*}, Elif Varol Muratçay², G. Deniz Külahcı³, Sibel Tatar Erkül⁴, Chris Harris⁵

¹Ankara Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye

^{2,3}Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye

⁴Akdeniz Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Antalya, Türkiye

⁵University of Cape Town, Geological Sciences, Rondebosch, South Africa

*aslikorkmaz@ankara.edu.tr

Özet

Bu çalışma Ankara-Temelli Hisarlıkaya mevkiinde yüzeyleyen trakitik kayalar kapsamak ve incelenen kayaların ana-eser element ve izotop jeokimyası analizleri ile kökeninin ortaya konulmasını amaçlamaktadır. Elde edilen kayaç jeokimyası verileri, mineral kimyası çalışmalarıyla desteklenerek söz konusu kayaların oluşum koşulları, etkili olan magmatik süreçler ve ⁴⁰Ar/³⁹Ar jeokronolojik analizlerle ise yaşı ortaya konulmuştur.

Tüm kayaçtan gerçekleştirilmiş ⁴⁰Ar/³⁹Ar yaş analizi ile yaşının 20,25±0,1 My (Alt Miyosen) olduğu belirlenen Hisarlıkaya volkanik kayaları (HVK), % 61-64 arasında değişen SiO₂ değerlerine sahip olup, trakit-trakiandezitik bileşimli ve kalk-alkali karakterlidirler. Harker diyagramları fraksiyonel kristalleşmenin bölgede gözlenen volkanik kayalar üzerinde etkili bir süreç olduğunu; bunun yanında olası magma karışımı ve/veya kabuksal kirlenme gibi farklı süreçlerin de etkili olabileceğini göstermektedir. Bu kayalardaki dengeli koşullarda kristalleşen mineral birlikliklerinden (Amfibol-Plajiyoklaz) yapılan tahmini sıcaklık-basınç hesaplamalarına göre, kayaç içinde gözlenen minerallerin yaklaşık 6-8,5±0,5 kbar ve 852-911°C sıcaklık aralığında oluşum koşullarına sahip olduğu belirlenmiştir.

HVK örnekleri üzerinde gerçekleştirilen Sr-Nd izotop analizlerinden elde edilen ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr izotop oranları 0,70537-0,70542; ¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd izotop oranları ise 0,512627-0,512710 değerleri arasında değişmektedir. İzotop verileri, Hisarlıkaya volkanik kayaları için zenginleşmiş bir manto kaynağını işaret etmektedir. Kayaların, MORB'a oranla daha yüksek Sr ve daha düşük Nd değerlerine sahip, OIB benzeri bir kaynağa yakın değerler sunduğu ve trakitik bileşimdeki kayalardan elde edilen ‰¹⁸O izotop değerlerine (‰8,60-9,20) bakıldığında ise, kayaların MORB ve OIB değerlerinden daha yüksek değerlere sahip olduğu görülmektedir. Bunun yanında Hisarlıkaya volkanizmasına ait jeokimyasal veriler ve Sr, Nd ve oksijen izotop değerleri yitim sürecinin etkilerinin gözlemlendiğini ortaya koymaktadır. Kaynağa dair modelleme çalışmaları, HVK'nın yitim süreciyle metasomatize olmuş, göreceli olarak sığ derinliklerde bulunan spinel peridotit kaynağının düşük dereceli (%3-6) yığın ergimesi sonucunda oluşan ergiyiklerden itibaren kristalleştiğini ortaya koymaktadır. Hisarlıkaya volkanik kayaları aynı

zamanda içerdikleri yüksek Sr/Y (70-90) ve La/Yb (43-55) gibi değerler ile adakitik özellik de sergilemektedir.

Sonuç olarak, elde edilen bütün bu veriler ışığında, trakitik karakterdeki Hisarlıkaya volkanizmasının yitim bileşenleriyle metasomatize olmuş litosferik manto kaynağından oluşan ergiyiğin, alt kabuk ergimesiyle oluşan bir başka ergiyikle karıştığı ve bu ergiyiğin yukarı çıkışı sırasında etkin bir kabuksal kirlenmeye maruz kalmadığı ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Hisarlıkaya, trakitik volkanizm, OIB-benzer, adakit, yitim

Abstract

This study includes the volcanic rocks cropped out at Ankara-Temelli Hisarlıkaya district and aims to reveal the origin of these rocks by major-trace element and isotope geochemistry. The geochemistry data of these rocks that were supported with mineral chemistry studies reveal that the formation conditions of the rocks, the effective magmatic processes and their ages determined by ⁴⁰Ar-³⁹Ar geochronological dating method.

Hisarlıkaya volcanic rocks (HVK) that yielded an ⁴⁰Ar/³⁹Ar dating age of 20.25±0.10, have trachyte-trachyandesitic composition with SiO₂ values varying between 61-64%, and carry calc-alkaline features. Harker diagrams show that besides the different processes such as magma mixing and/or crustal contamination processes, fractional crystallization is an effective process. According to the estimated temperature-pressure calculations made from mineral associations (Amphibole-Plagioclase) crystallized in equilibrium conditions in these rocks, it was determined that the minerals crystallized at about 6-8.5±0,5 pressure and 852-911°C temperature.

⁸⁷Sr/⁸⁶Sr and ¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd isotope values of HVK samples vary between 0.70537-0.70542 and 0.512627-0.512710, respectively. Isotopic investigations point to an enriched mantle source for the origin of HVK. It is seen that the rocks have higher Sr and lower Nd values compared to MORB, close to an OIB-like source and the δ¹⁸O‰ isotope values (8.60-9.20‰) obtained from trachytic rocks consider that the rocks have higher values than MORB and OIB. Geochemical data and Sr, Nd and oxygen isotopic values of the rocks reveal that subduction is also an effective process during the formation of HVK. Partial melting modeling studies reveal that the HVK is crystallized from the melts arised from small degree (3-6%) of batch melting of spinel peridotite source located at relatively shallow depths and metasomatized by the effect of subduction process. HVK also exhibit adakitic characteristics with their high Sr/Y (70-90) and La/Yb (43-55) ratios.

As a result, it was revealed that the melt formed from the lithospheric mantle source metasomatized by the subduction process and mixed with a different melt formed by melting of the lower crust and was not exposed to an active crustal contamination during their ascending to the surface.

Keywords: Hisarlıkaya, Trachytic volcanism, OIB-like, adakite, subduction

TEMATİK OTURUMLAR 02 / THEMATIC SESSIONS 02

MAGMATİK VE METAMORFİK PETROJENEZ

IGNEOUS AND METAMORPHIC PETROGENESIS

POSTER SUNUMLAR / POSTER PRESENTATIONS



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



Investigation of K-Feldspar Potential in Ilgın (Konya, Türkiye) Metavolcanics
Ilgın (Konya, Türkiye) Metavolkanitlerinin K-Feldspat Potansiyelinin Araştırılması

Oral Sarıkaya*, Şenel Özdamar

Istanbul Technical University, Department of Geological Engineering, İstanbul, 34469, Türkiye

**sarikaya15@itu.edu.tr*

Abstract

For our rapidly developing and industrializing country, the best use and processing of our raw material resources is great importance in point of the country's economy. Among them, feldspars are one of the indispensable raw materials of the ceramic, porcelain and glass industries. Increasing industrialization in our country brings the need for K-feldspar to the agenda and brings along production and quality problems, especially in the ceramic industry. In this context, within the scope of activities to meet increasing demand for ceramic raw materials, feldspar enrichment in metavolcanic rocks located in the north of Ilgın (Konya, Türkiye) draws attention. In this study, it was aimed to determine the origin of the metavolcanic rocks in the study area by revealing their mineralogical, petrographic and geochemical properties and to investigate their potential to be used as a feldspar source in ceramic production. There are two metamorphic groups, structurally different, Paleozoic and Mesozoic aged in the region, and the Mesozoic aged group includes metaconglomerate, metasedimentary and metavolcanic rocks. Metavolcanic rocks are rhyolite and trachyte composition, sub-alkaline chemistry and in-plate products, and are gray, beige and green in color. They are generally in form of massive metallavas and show foliation in some regions. They consists of an average of 75-80% matrix and 20-25% quartz, K-feldspar, albite and muscovite phenocrysts, exhibiting hemocrystalline porphyritic texture. Metavolcanics exhibit high potassium acidic rock chemistry with an average content of 68.79% SiO₂, 8.21% K₂O and 2.01% Fe₂O₃. As a result, although Ilgın (Konya, Türkiye) metavolcanic rocks are suitable for industrial use in terms of K₂O content, they are below the quality limits in terms of Fe₂O₃ content. Production of high quality feldspar from these rocks and bringing them to the economy will be possible with the application of flotation, magnetic/electrostatic separation, and various ore enrichment methods based on density.

Keywords: Feldspar, metavolcanic rocks, raw material, ceramic industry, Ilgın, Konya, Türkiye

Özet

Hızla gelişmekte ve sanayileşmekte olan ülkemiz için hammadde kaynaklarımızın en iyi şekilde değerlendirilmesi ve işlenmesi ülke ekonomisi bakımından büyük önem taşımaktadır. Bunların içinde feldspatlar özellikle seramik, porselen ve cam endüstrisinin vazgeçilmez hammaddelerinden biridir. Ülkemizde giderek artan sanayileşme, K-feldspat ihtiyacını da gündeme getirmekte, özellikle seramik sanayinde üretim ve kalite sorunlarını da beraberinde getirmektedir. Bu bağlamda her geçen gün artan

seramik hammadde talebinin karşılanması yönündeki faaliyetler kapsamında, Ilgın (Konya, Türkiye) kuzeyinde yer alan metavolkanik kayalarındaki feldspat zenginleşmeleri dikkat çekmektedir. Bu çalışmada, çalışma alanındaki metavolkanik kayaların mineralojik, petrografik ve jeokimyasal özelliklerini ortaya koyarak kökeninin tespit edilmesi ve bunların seramik üretiminde feldspat kaynağı olarak kullanılabilme potansiyelinin araştırılması amaçlanmıştır. Bölgede yapısal olarak farklı Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı olmak üzere iki ayrı metamorfik grup bulunmakta ve Mesozoyik yaşlı grup metakonglomera, metasedimanter ve metavolkanik kayaları içermektedir. Metavolkanikler riyolit ve trakit bileşimli, sub-alkalin kimyasına sahip ve levha içi ürünleri olan kayalar olup gri, bej ve yeşil renklidir. Genellikle masif metalavlar halindedirler ve bazı bölgelerde yapraklanma göstermektedirler. Ortalama %75-80 oranında matriks ve %20-25 oranında kuvars, K-feldspat, albit ve muskovit fenokristallerinden oluşmakta, hemikristalen porfirik doku sergilemektedir. Metavolkanikler kimyasal olarak ortalama %68,79 SiO₂, %8,21 K₂O ve %2,01 Fe₂O₃ içeriğine sahip yüksek potasyumlu asidik kayaç kimyası sergilemektedir. Sonuç olarak, Ilgın (Konya, Türkiye) metavolkanik kayaları, K₂O içeriği açısından endüstride kullanılmaya uygun olsa da Fe₂O₃ içeriği açısından kalite sınırlarının altındadır. Bu kayalardan yüksek kalite feldspat üretimi ve ekonomiye kazandırılması flotasyon, manyetik/elektrostatik ayırma, yoğunluğa dayalı çeşitli cevher zenginleştirme yöntemlerinin uygulanması ile mümkün olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Feldspat, metavolkanik kayalar, hammadde, seramik sanayi, Ilgın, Konya, Türkiye



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



**Geochemistry of Suture Zone Granitoids Around Uludağ (NW Türkiye):
Insights into Cenozoic Tectono-Magmatic Evolution of Western Anatolia**
*Uludağ Çevresindeki Kenet Zonu Granitoidlerinin Jeokimyası (KB Türkiye):
Batı Anadolu'nun Senozoyik Tektono-Magmatik Evrimine İlişkin Görüşler*

Huseyin Kocaturk^{1,2*}, Mustafa Kumral¹, Pilar Lecumberri-Sanchez², Huseyin Sendir³

Mustafa Kaya¹, Beril Taç-Kaya¹, Ali Tugcan Unluer¹, Zeynep Doner¹, Amr Abdelnasser⁴

¹Istanbul Technical University, Faculty of Mines, Department of Geological Engineering, İstanbul, Türkiye

²University of Alberta, Faculty of Science, Department of Earth and Atmospheric Sciences, Canada

³Eskisehir Osmangazi University, Department of Geological Engineering, Eskişehir, Türkiye

⁴Benha University, Faculty of Science, Department of Geology, Egypt

*kocaturkhu@itu.edu.tr

Abstract

Uludağ and its surrounding Topuk, Tepeldağ and Uludağ granodiorites (USZG) located in the İzmir Ankara Suture Zone. They formed after the collision of the Anatolide-Tauride Block and Sakarya Composite Units and have an importance in the Cenozoic tectono-magmatic evolution of Western Anatolia. The discovery of K-rich crustal adakite magmas and leucogranites with new samplings from intrusive bodies that represent the USZG spatially brought up the question of how these formations should be evaluated within the current tectono-magmatic evolution. When USZG is evaluated in terms of age relations, including the Orhaneli Granodiorite, it shows a rejuvenation trend in the opposite direction to the post-collisional granitoids that rejuvenated under the current north-south extensional tectonics of Western Anatolia. It is possible to classify this trend with two main tectono-magmatic processes: Eocene and Post-Oligocene. While the Eocene intrusives show orogenic compressional tectonic regime trace element chemistry and structural components, post-Oligocene intrusives indicate escape tectonics with a transition to post-compressional extension. These granodiorites can cause different illusions as they are affected by the chemistry of the source they are derived from, which is a problem encountered in many post-collisional environments. However, they can be evaluated similarly in two distinct classes as presented Eocene and Post-Oligocene, when examined in terms of their petrogenesis. It is observed that the highly-fractionated crustal adakite magmas, leucogranites and strong peraluminous calc-alkaline granites formed after the Oligocene, which are observed in Uludağ Granite and its tectonically related structures, were formed by the melting of a previously formed tonalite-trondjemite-granodiorite (TTG) like a suite. This Eocene-aged TTG-like suite is thought to have been formed by the partial melting and fractional crystallization of the thickened lower crust in the post-collisional orogeny. All the components refer to mantle-crust decoupling developed during the continental collision and continued until the Eocene which led to the thinning of the lithospheric mantle and thus the melting of the lower continental crust, resulting in Eocene magmatism. Furthermore, by trace element chemistry it is possible to say that the post-orogenic transition tectonics observed in Oligo-Miocene granodiorites completely transformed into extensional tectonics since Miocene.

Keywords: Post-collision granodiorites, İzmir-Ankara Suture Zone, Western Anatolian magmatism Neo-Tethys, orogen

Özet

İzmir Ankara Sütur Zonunda yer alan Uludağ ve çevresindeki Topuk, Tepeldağ ve Uludağ granodioritleri (USZG) Anatolid-Torid Bloğu ve Sakarya Kompozit Birliklerinin çarpışması sonrasında oluşmuş Batı Anadolu'nun senozoyik tektono-magmatik evriminde önemli yer tutan granodioritlerdir. USZG'yi mekânsal olarak temsil eden intrüzif kütlelerden yapılan yeni örneklemler ile K-Zengin kabuksal adakit magmaların ve lökograditlerin keşfedilmesi mevcut tektono-magmatik evrim içerisinde bu oluşumları nasıl değerlendirilmesi gerektiği sorusunu da beraberinde getirmiştir. Zaten USZG Orhaneli Granodioriti de dahil olmak üzere yaş ilişkileri bakımından değerlendirildiğinde Batı Anadolu'nun mevcut kuzeyden güneye doğru gerilme tektoniği altında gençleşen çarpışma sonrası granitoidlerine zıt yönde gençleşme trendi göstermektedir. Bu trendi Eosen ve Oligosen sonrası olmak üzere iki ana tektono-magmatik süreç ile sınıflamak mümkündür. USZG'ye ait Eosen intrüzifler orojenik bir sıkışma tektoniğine Oligosen sonrası intrüzifler ise sıkışma sonrası açılmaya doğru geçiş gözlenen bir kaçış tektoniğine işaret eden iz element kimyasına ve yapısal bileşenlerine sahiptir. Çarpışma sonrası ortamların pek çoğunda karşılaşılan bir problem olarak türediği kaynağın kimyasından etkilendiği için farklı yanılsamalara yol açabilecek bu granodioritler kökenleri bakımından incelendiğinde ise benzer şekilde Eosen ve Oligosen sonrası olmak üzere iki belirgin sınıfta değerlendirilebilirler. Uludağ Graniti ve tektonik olarak bağlantılı olduğu yapılarda gözlenen Oligosen sonrasında oluşmuş aşırı fraksiyonlaşmış kabuksal adakit magmaları, lökograditler ve güçlü peralümine karakterdeki kalk-alkali granitlerin daha önce oluşmuş tonalit-trondjemite-granodiorite (TTG) benzeri bir süitin ergimesiyle oluştuğu görülmektedir. Bu Eosen yaşlı TTG benzeri süitin ise çarpışma sonrası orojeninde kalınlaşmış alt kıta kabuğunun ergimesi ve fraksiyonel kristalleşmesiyle oluştuğu düşünülmektedir. Bütün bileşenler göz önüne alındığında Eosene kadar devam etmekte olan kıta kıta çarpışması sırasında gelişen levha-kabuk ayrışması sütur zonu ve çevresinde üst kıta kabuğunun sıkışarak kalınlaştığı orojenik bir evreyle eş zamanlı olarak litosferik mantonun incelmeye ve bu sayede alt kıta kabuğunun ergimesine olanak sağlayarak Eosen magmatizmasına yol açmıştır. İz element kimyasına göre Oligo-Miyosen granodioritlerinde gözlenen post-orojenik geçiş tektoniğinin ise Miyosenden itibaren tamamen gerilme tektoniğine dönüştüğünü söylemek mümkündür.

Anahtar Kelimeler: Çarpışma sonrası granodioritler, İzmir-Ankara Sütur Zonu, Neo-Tethys, orojen Batı Anadolu magmatizmi



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



TEMATİK OTURUMLAR 03 / THEMATIC SESSIONS 03

İZOTOP JEOKİMYASI VE JEOKRONOLOJİ

ISOTOPE GEOCHEMISTRY AND GEOCHRONOLOGY

SÖZLÜ SUNUMLAR / ORAL PRESENTATIONS



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



**Meydan Melanji içerisindeki Metamorfik Dilimin ve Mafik Daykların Uranyum-Kurşun
(U-Pb) Jeokronolojisi ve Jeokimyası, Helete, Adıyaman, Türkiye**

*Uranium-Lead (U-Pb) Geochronology and Geochemistry of Metamorphic Sole Rocks and
Mafic Dikes from Meydan Mélange, Helete, City of Adıyaman, Türkiye*

Nusret Nurlu

Çukurova Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, TR-01330 Balcalı, Adana, Türkiye

nusretnurlu@gmail.com

Özet

Meydan ofiyolitinin manto tektonitlerinin tabanındaki metamorfik dilim kayaları, serpantinitle birlikte gözlenmekte ve metamorfizma gözlenmeyen mafik dayklar tarafından kesilmektedirler. Metamorfik dilim kayaları biyotit amfibol şist (Bt + Hbl + Act + Plg + Rt ± Zrn), prehnit-pumpellyite-amfibol şist (Prh + Pmp + Act + Plg ± Rt ± Ttn), amfibol şist (Fe₂-Act + Qtz + Plg ± Anl ± Zrn) ve amfibolit (Mg-Hbl + Plg ± Zrn ± Rt) türü kayalarla temsil edilmektedirler. Ana-iz, NYE tüm kaya jeokimyası ve mineral kimyası analizleri bu kayaların ada yayı toleyiteri karakterinde olduklarını ortaya koymaktadır. Metamorfik taban kayaçlarına ve manto tektonitlerini kesen mafik dayklar da toleitik karakter sunmaktadırlar (Nb/Y = 0.03-0.13) ve jeokimyasal olarak ada-yayı bazaltlarına benzemektedirler. Çoklu element diyagramları, nadir tyer element trendleri ve ilişkili diyagramlar mafik daykların dalma-batma zonu ortamında oluştuklarını ortaya koymaktadırlar. Amfibolitler içerisindeki magnesyohornblend kimyasından elde edilen veriler dayanan jeotermobarometrik hesaplamalar, bu kayaların yaklaşık olarak 2.4 kbar basınç (9 km derinlik) ve 630 °C’de oluştuklarını ortaya koymaktadır. Metamorfik dilim kayaları ile Meydan ofiyoliti arasındaki zamansal ve oluşum ilişkilerinin anlaşılabilmesi amacıyla, bu çalışma metamorfik dilimden iki adet örneğe ait yeni U-Pb jeokronoloji verileri sunmaktadır ve bu yaşlar sırasıyla 81.4 ± 0.69 My ve 85.4 ± 0.93 Ma (Santoniyen-Kampaniyen) olarak ortaya konulmuştur. Bu çalışmada elde edilen jeokimyasal, jeokronolojik, petrolojik kanıtlar ve arazi gözlemleri, Meydan ofiyolit ve mafik dayklarının dalma-batma zonu ortamında meydana geldiğini ve metamorfik dilimin Güneydoğu Anadolu Orojenik Kuşağında Geç Kretase döneminde okyanus içi yitim başlaması sırasında oluştuğunu önermektedir.

Anahtar Kelimeler: Metamorfik dilim, Meydan melanji, GD Anadolu, U-Pb jeokronolojisi, zirkon

Katkı Belirtme: Bu çalışma Çukurova Bilimsel Araştırma Fonu (FBA-2018-10777) tarafından desteklenmiştir.

Abstract

Metamorphic sole rocks at the base of the mantle tectonites of the Meydan ophiolite are directly overlain by sheared serpentinites and cut by un-metamorphosed mafic dikes. Metamorphic sole rocks are described as biotite amphibole schist (Bt+Hbl+Act+Plg+Rt±Zrn), prehnite-pumpellyite-amphibole schist (Prh+Pmp+Act+Plg±Rt±Ttn), amphibole schist (Fe²⁺-Act+Qtz+Plg±Anl±Zrn), and amphibolite (Mg-Hbl+Plg±Zrn±Rt). These rocks are identified as island arc tholeiites because of their major- and trace-element whole-rock chemistry and mineral composition. The mafic dikes intruding into the metamorphic sole rocks and mantle tectonites show tholeiitic affinity (Nb/Y = 0.03–0.13) and are geochemically similar to island-arc basalts. The multi-element, rare earth element trends and related diagrams suggest that the mafic dikes are generated in a supra-subduction setting. Geothermobarometric examinations based on chemical compositions of magnesio-hornblende in the amphibolites suggest that the pressure was approximately 2.4 kbar (at depths of roughly 9 km) and the temperature during metamorphism was approximately 630 °C. To help understand the relationship and timing between the formation of the Meydan ophiolite and that of the metamorphic sole rocks, this paper presents new zircon U-Pb geochronological data from two samples of metamorphic sole rocks give ages between 81.4 ± 0.69 Ma and 85.4 ± 0.93 Ma (Santonian–Campanian). It is herein proposed that the geochemical, geochronological, petrological, and field evidence show that the Meydan ophiolite and mafic dikes occurred in a supra-subduction environment and that the metamorphic sole rocks were formed as a result of intra-oceanic thrusting during supra-subduction events in the basin throughout the closing of the South-eastern Anatolian Orogenic Belt (SAOB) in the Late Cretaceous.

Keywords: Metamorphic sole, Meydan mélangé, SE Anatolia, U-Pb geochronology, zircon

Acknowledgement: Financial support from the Çukurova University Research Foundation (Project No: FBA-2018-10777).



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



**Sultandağı Birliği (Akşehir-Konya, Orta Toroslar) Erken Karbonifer Yaşlı K-Bentonit
Oluşumlarının Sıvı Kapanım Mikrotermometresi ve İzotop Jeokimyası**
*Fluid Inclusion Microthermometry and Isotope Geochemistry of Early Carboniferous K-
Bentonites Occurrences of the Sultandağı Unit (Akşehir-Konya, Central Taurides)*

Ömer Bozkaya^{1*}, Asuman Günal Türkmenoğlu², M. Cemal Göncüoğlu², Gülcan Bozkaya¹

¹Pamukkale Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Denizli, Türkiye

²Orta Doğu Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye

*obozkaya@pau.edu.tr

Özet

Akşehir (Konya) güneyinde Sultandağı Birliğine ait Geç Devoniyen-Erken Karbonifer yaşlı dolomit-dolomitik kireçtaşı aralanması içerisinde tefra (K-bentonit) tabakaları yüzeylenmektedir. K-bentonitler tipik porfiritik dokulu olup, vitrofirik porfirik dokulu matris içerisinde serizit ve dolomitlerce ornatılmış özşekilli feldispat psödomorfları içermektedir. K-bentonitlerin ana bileşenini illit oluşturmakta, bu minerallere az miktarda dolomit, kalsit ve kuvars eşlik etmektedir. $2M_1+1M+1M_d$ politipi birlikteliğiyle temsil edilen illitler yüksek dereceli diyajenez ve ankizonu temsil eden Kübler indeksi değerleri (KI, $\Delta^{\circ}2\theta$) sunmaktadır. K-bentonitlerin ayrıntılı mineralojik ve jeokimyasal özellikleri daha önce incelenmiş olup, bu çalışmada, illitleşmeyle ilişkili kuvarslarda sıvı kapanım incelemeleriyle sıcaklık verileri elde edilmesi ve illitlerin duraylı ve radyojenik izotop jeokimyası ($\delta^{18}O$, δD , ^{40}K - ^{39}Ar) özellikleri yardımıyla köken ve diyajenez yaşlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Sıvı kapanımların homojenleşme sıcaklıkları ($Th=145-240$ °C, ortalama 190 °C) mineralojik verilerle benzer sıcaklık koşullarını işaret etmektedir. Duraylı izotop bileşimlerine göre illitler, hipojen-süperjen sınırına yakın süperjen koşullarda oluşmuştur. İllitlerle dengedeki suyun izotopik bileşimi ($\delta^{18}O_{H_2O}$ ve δD_{H_2O}) illitleri oluşturan çözeltilerin magmatik su bakımından baskın olduğunu göstermiştir. Bu durum, meteorik suyun ısınarak magmatik kökenli tefralarla etkileşimi sonucu magmatik su karakterine sahip olduğunu düşündürmektedir. İllitleri oluşturan suyun sıcaklığa bağlı ayrışması için önerilen eşitliklerden itibaren sıvı kapanım verilerine benzer sıcaklık verileri (150-175 °C) elde edilmiştir. K-bentonitlerden elde edilen farklı tane boyutundaki illitlerden 90,0-68,1 My ve 58,6-50,2 My şeklinde geniş aralık sunan K/Ar yaş verileri elde edilmiştir. Politip oranları ve yaş verileri birlikte değerlendirildiğinde, $1M_d$ illitler için ~ 80 My, $2M_1$ illitler için ~ 50 My illitleşme yaşları hesaplanmıştır. Bu verilere göre; ilk aşamada $1M_d$ illitler, daha sonra artan diyajenez / metamorfizm derecesiyle sırasıyla $1M$ ve $2M_1$ illitler oluşmuştur. İllitleşme yaşları Toros kuşağının jeodinamik evriminde ofiyolit yerleşimi (Geç Kretase) ve Toros birliklerinin naplaşması (Erken-Orta Eosen) dönemlerine karşılık gelmektedir. Elde edilen veriler K-bentonitlerin içerisinde bulunduğu birimin jeolojik kayıtların ortaya çıkarılmasında önemli bir litoloji olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Orta Toroslar, K-bentonit, illitleşme, sıvı kapanım, izotop jeokimyası

Katkı belirtme: Bu çalışma Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) 114Y651 nolu proje ile desteklenmiştir.

Abstract

Tephra (K-bentonite) layers are exposed within the Late Devonian-Early Carboniferous dolomite-dolomitic limestone alternations of the Sultandağı Unit in the south of Akşehir (Konya) in the Central Taurides. K-bentonites have typical porphyric textures and contain euhedral feldspar pseudomorphs that are replaced by sericite and dolomites within the vitrophyric porphyritic matrix. The main component of the K-bentonites is illite, with a small amount of dolomite, calcite, and quartz. Illites, represented by the coexistence of $2M_1+1M+1M_d$ polytypes, exhibit Kübler index values (KI, $\Delta^{\circ}2\theta$) representing high-grade diagenesis-anchizone. The detailed mineralogical and geochemical properties of K-bentonites have been studied before, in this study, it is aimed to the determination of temperature data from fluid inclusion studies within the illitization-related quartz veins and the age and origin of diagenesis through the stable and radiogenic isotope geochemistry ($\delta^{18}O$, δD , ^{40}K - ^{39}Ar) of illites. Homogenization temperatures of the fluid inclusions (Th=145-240 °C, average 190 °C) indicate similar temperature conditions as mineralogical data. According to stable isotope compositions, illites were formed under supergene conditions close to the hypogene-supergene boundary. The isotopic composition of the water in equilibrium with illites ($\delta^{18}O_{H_2O}$ ve δD_{H_2O}) showed that the illite-forming fluids predominate in terms of magmatic water. This suggests that meteoric water has gained magmatic water character as a result of its interaction with magmatic originated tephra layers. The temperature data (150-175 °C) were obtained from the suggested equations for the isotopic fractionation of the illite-forming water that similar to those of fluid inclusion data. The wide ranges of K/Ar age data, 90.0-68.1 Ma and 58.6-50.2 Ma, were obtained from the different grain sizes of illites extracted from K-bentonites. When polytype ratios and age data were evaluated together, ~ 80 Ma for $1M_d$ illites and ~ 50 Ma for $2M_1$ illites were calculated. According to these data; $1M_d$ illites were formed in the first stage, then $1M$ and $2M_1$ illites, respectively, together with increasing grade of diagenesis/metamorphism. The illitization ages correspond to the ophiolite emplacement (Late Cretaceous) and napping (Early-Middle Eocene) periods of the Taurus units during the geodynamic evolution of the Taurus Belt. The data obtained showed that the unit in which K-bentonites are found is an important lithology in revealing the geological records.

Keywords: Central Taurides, K-bentonite, illitization, fluid inclusion, isotope geochemistry

Acknowledgement: This work was granted by the Scientific and Technical Research Council of Türkiye (TÜBİTAK 114Y651).



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



Significance of baddeleyite (ZrO₂) for U-Pb dating on multimetal (Cu-Ni, PGE, Ti-Cr-V) Paleoproterozoic deposits on continental (plume) and oceanic (subduction) crust (Fennoscandian shield, Arctic region)

Tamara Bayanova^{1,2*}, Salih Bayraktutan³, Ekaterina Steshenko¹, Ender Sarifakioglu⁴, Yury Neradovsky¹, Evgeniy Kunakkuzin¹, Elena Borisenko¹

¹Geological Institute, Kola Science Centre, Russian Academy of Sciences, Apatity, 184209 Russia

²Institute of Geosphere Dynamics, Russian Academy of Sciences, Moscow, 119344 Russia

³Ataturk University. Freelancer. Erzurum, Türkiye

⁴Cankiri Karatekin University, Engineering Faculty, 18100, Çankırı, Türkiye

*tamara@geoksc.apatity.ru

Abstract

Baddeleyite (ZrO₂) is very important mineral for U-Pb isotope geochronology while less commonly used. Geochemical features of baddeleyite are still poorly studied, though first data on REE concentrations was published (Reishmann et al., 1995) and as distributions used as a geochronometer for precise U-Pb dating of basic and alkaline rocks (Balashov et al., 1993; Rubatto et al., 2003; Bayanova, 2014).

The Paleoproterozoic PGE-bearing province is a LIP (N-E Fennoscandian shield) and the second-biggest PGE-bearing province in Russia after the Norilsk. It is commercially important, containing Co-Cu-Ni (Monchegorsk ore area) and low-sulfide Pt-Pd ores with Au+Ag (Fedorovo-Pansky ore complex and Imandra Cr ore deposits) which are origin on continental crust (Mitrofanov et al., 2013).

Isotope methodic for precise U-Pb dating on baddeleyite from the deposits with artificial ²⁰⁵Pb spikewere published (Bayanova et al., 2014). All isotopic determinations for zircons and baddeleyites were made on a seven-collectors Finnigan MAT-262 (RPQ) mass spectrometer (Thermo scientific, USA) in static mode.

New precise U-Pb ages provides of baddeleyite and zircon for the Paleoproterozoic PGE layered intrusions – Monchegorsk ore region and Cr-reefs (Imandra Lopolith) in the north-eastern Fennoscandian Shield, Arctic region (Figure 1).

Isotope U-Pb data for baddeleyite and zircon from Cu-Ni reefs of Mt. Nud and Pt-Pd reefs of Mt. Vurechuayvench in the Monchegorsk ore area yielded an age of 2500±5 Ma and a more precise age on single grains of 2498±6.7 Ma, respectively. Baddeleyite points on U-Pb diagrams are more concordant compared with zircon ones. All layered PGE intrusions with Cu-Ni and Pt-Pd reefs were originated on continental crust (Bayanova et al., 2009, Mitrofanov et al., 2019).

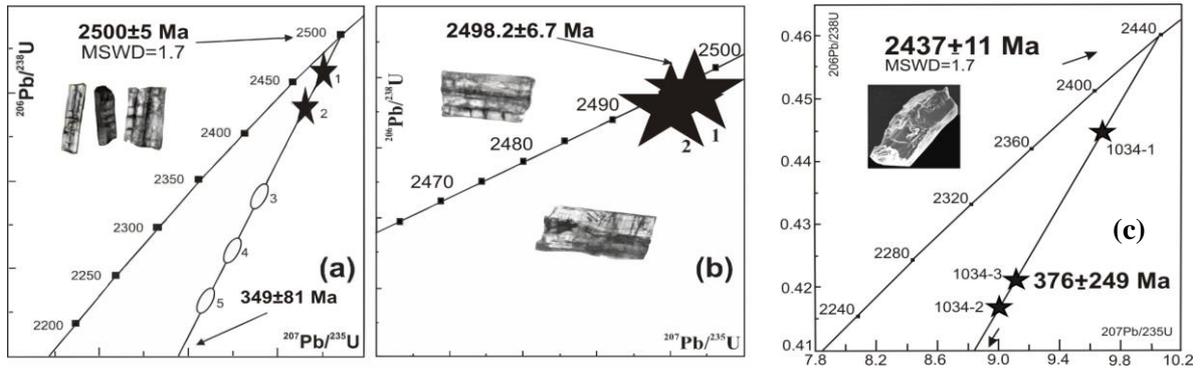


Figure 1. Isotope U-Pb diagram for baddeleyite (1-2) and zircon from (a) “Critical horizon” gabbronorite, Mt. Nyud (Co-Cu-Ni ores); (b) coarse-grained metagabbronorite, Vurechuyvench foothills (Pt-Pd reef) – Monchegorsk pluton. Sizes of zircon – baddeleyite grains vary within 100-150 μm (c). For baddeleyite crystals from metagabbro of the upper layered zone of the Khibiny area, Imandra Lopolith. Sizes of baddeleyite crystals are about 100-120 μm .

Commercial Cu-Ni, PGE and Ti-Cr-V deposits – Pados, Pechenga and Kolvitsa were formed on oceanic crust in subduction substance (Mints et al., 2015; Barkov et al., 2021) with Paleoproterozoic ages. All new isotope U-Pb dating on baddeleyite and zircon are shown in (Figure 2) and zircon grains have shown discordances and xenocryst nature compared with baddeleyite.

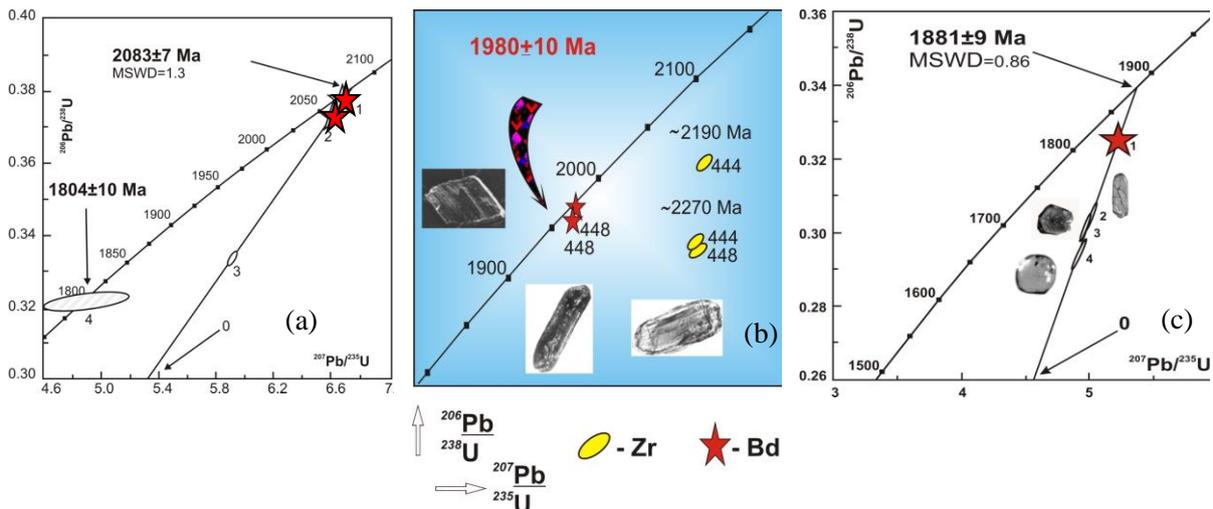


Figure 2. Isotope U-Pb diagrams for baddeleyite and zircon from (a) Pados-Tundra Cr-deposit gabbronorite; (b) Pechenga gabbro from Cu-Ni Zdanovskoe deposit. Sizes of zircon – baddeleyite grains vary within 100-150 μm , and (c) for single grain baddeleyite (1) and zircons (2-4) from clinopyroxenite Ti-Mag ores from the Kolvitsa deposit. Sizes of zircon-baddeleyite grains are 130-150 μm .

As to conclusions isotope precise U-Pb dating on baddeleyite from multimetal Paleoproterozoic deposits are most important mineral compared with zircon, due to mostly magmatic genesis.

First occurrences of baddeleyite grains inside on orthomagmatic orthopyroxene crystals were found in thin section in Kivakka layered PGE intrusion in Karelia region and reflected primary origin (Balashov et al., 1993).

In the framework of this study, baddeleyite was sampled from important Paleoproterozoic Cu-Ni and Pt-Pd layered intrusions in the East Scandinavian LIP. Analyses of the sampled minerals indicated their primary magmatic genesis.

In terms of the U-Pb geochronology, baddeleyite is important in indicating the formation time and duration of the magmatic activity. It is also crucial for the reconstruction of the supercontinents.

According to new precise U-Pb data on baddeleyite, was assumed that the Paleoproterozoic multimetal deposits formed in periods of the plume activity 2.5 – 2.4 Ga on continental crust. They, in turn, correlate with supercontinental cycles.

Keywords: U-Pb dating, baddeleyite, paleoproterozoic, geochronology

Acknowledgement: This research was funded by Scientific Research Contracts No. 0226-2019-0053, Russian Science Foundation 21-17-00161.

REFERENCES

Balashov, Y.A., Bayanova, T.B., Mitrofanov, F.P. Isotope data on the age and genesis of layered basic-ultrabasic intrusions in the Kola Peninsula and Northern Karelia, Northeastern Baltic Shield // *Precambrian Research*, V. 64, № 1-4. – P. 197-205, 1993.

Barkov, A.Y., Nikiforov, A.A., Barkova, L.P., Korolyuk, V.N., Martin, R.F. Zones of PGE–chromite mineralization in relation to crystallization of the Pados-Tundra ultramafic complex, Serpentine Belt, Kola Peninsula, Russia // *Minerals*, Vol. 11(1). 68, 2021.

Bayanova, T., Ludden, J., Mitrofanov, F. Timing and duration of Palaeoproterozoic events producing ore-bearing layered intrusions of the Baltic Shield: metallogenic, petrological and geodynamic implications. In *Palaeoproterozoic Supercontinents and Global Evolution*; Reddy, S.M.; Mazumder, R.; Evans, D.A.D.; Collins, A.S., Eds. Special Publications, Volume 323, pp. 165-198, 2009.

Bayanova, T., Mitrofanov F., Serov, P., Nerovich, L., Yekimova, N., Nitkina, E., Kamensky, I., Layered PGE Paleoproterozoic (LIP) intrusions in the NE part of the Fennoscandian Shield – isotope Nd-Sr and ³He/⁴He data summarizing U-Pb ages (on baddeleyite and zircon), Sm-Nd data (on rock-forming and sulfide minerals), duration and mineralization. In *Geochronology – methods and case studies* / Ed. N.-A. Mörrer: INTECH, P. 143-193, 2014.

Mints, M.V., Dokukina, K.A., Konilov, A.N., Philippova, I.B., Zlobin, V.L., Babayants, P.S., Belousova, E.A., Blokh, Yui., Bogina, M.M., Bush, W.A., Dokukin, P.A., Kaulina, T.V., Natapov, L.M., Piip, V.B., Stupak, V.M., Suleimanov, A.K., Trusov, A.A., Van, K.V., Zamozhniaya, N.G. East European Craton: Early Precambrian history and 3D models of deep crustal structure. *The. Geol. Soc. Am. Spec. Pap.* 510, 433 p, 2015.

Mitrofanov, F., Bayanova, T., Korchagin, A. East Scandinavian and Noril'sk plume mafic large igneous provinces of Pd-Pt ores: geological and metallogenic comparison, *Geol. Ore Dep.*, 55, 5, 305-319, 2013.

Mitrofanov, F.P., Bayanova, T.B., Ludden, J. N., Korchagin, A.U., Chashchin, V.V., Nerovich, L.I., Serov, P.A., Mitrofanov, A.F., Zhirov, D.V. Origin and Exploration of the Kola PGE-bearing Province: New Constraints from Geochronology / *Ore Deposits: Origin, Exploration, and Exploitation* / Edited by Sophie Decree and Laurence Robb // *Geophysical Monograph Series*. Wiley, P. 3-36, 2019.

Reishmann, T., Brüggmann, G.E., Jochum, K.P., Todt, W.A. Trace element and isotopic composition of baddeleyite. *Mineral Petrol* 53:155-164, 1995.

Rubatto, D., Scambelluri, M. U-Pb dating of magmatic zircon and metamorphic baddeleyite in the Ligurian eclogites (Voltri Massif, Western Alps). *Contrib Min Petrol* 146:341-355, 2003.



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



**Stronsiyum İzotop ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) Yöntemi ile Eosen-Miyosen Karbonat Birimleri Üzerinde
Jeokronoloji Uygulamaları (G-GD Anadolu, Türkiye)**

*Geochronology Applications on Eocene-Miocene Carbonate Units with the Strontium Isotope
($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) Method (S-SE Anatolia, Türkiye)*

Hande Sonsun*, Nusret Nurlu, Ümit Şafak

Çukurova Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, TR-01330 Balcalı, Adana, Türkiye

**sonsunhande@gmail.com*

Özet

Bu çalışma Mersin, Karaman, Adıyaman ve Malatya bölgelerinden alınan karbonat birimleri üzerinde $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ analizlerinin gerçekleştirilmesiyle oluşmuştur. Elde edilen verilerin, kabul görmüş küresel deniz suyu $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ değerleri ile karşılaştırılıp, paleontolojik veriler ile desteklenmesi sonucunda jeokronoloji uygulamalarının ortaya konulması amaçlanmıştır. Mersin bölgesinde gözlenen resifal kireçtaşları üzerinde 3 adet stronsiyum analizi gerçekleştirilmiş ve sonuçlar 0,708849- 0,708902 ve 0,708868- 0,708902 değerlerini vermiştir. Bu değerler ostrakod verileri ile desteklendiğinde, 9,7 ile 11,4 my arası yaşlara ulaşılmıştır. Karaman bölgesinde (Ayrancı baseni) ise kireçtaşları-killi kireçtaşlarından alınan 3 numune üzerinde yapılan analizlerden 0,708399-0,708951 verileri elde edilmiştir. Bu veriler çalışılan karbonat birimlerinden (Divlek-Mazı Form.) bulunan planktonik foraminifer ve ostracod yaşları ile korele edilerek 7,1-20,9 my yaşlarını vermiştir. Malatya-Adıyaman bölgelerinde ofiyolitik birimler üzerinde gözlenen Nummulitik kireçtaşlarından alınan 4 adet örnekten stronsiyum analizleri yapılmıştır. Bu analizler planktonik foraminifer verileri ile desteklenmiştir ve elde edilen analiz sonuçlarına dayanılarak (0,707663- 0,707784) incelenen birimlere 45,1-51,9 my yaşları verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Stronsiyum izotop, karbonat kayalar, Miyosen, Eosen, G/GD Anadolu

Abstract

In this study, it is aimed to reveal geochronological applications by coinciding the $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ analyzes carried out on carbonate units in Mersin, Karaman, Adıyaman and Malatya regions with the accepted global seawater $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ values and supported by paleontological data. Three strontium analyzes performed on reefal limestones observed in Mersin region yielded values of 0.708849-0.708902 and 0.708868-0.708902, and these values were supported by ostracod data and gave ages between 9.7 and 11.4 Ma. In the Karaman region (Ayrancı basin), the data of 0.708399-0.708951 were obtained from the analyzes made on 3 samples of limestones-clay limestones. These data were confirmed by the planktonic foraminiferal and ostracod ages from the studied carbonate units (Divlek-Mazı Form.), giving ages of 7.1-20.9 Ma. Strontium analyzes were made from 4 samples on Nummulitic limestones observed on ophiolitic units in Malatya-Adıyaman regions. These analyzes were supported by planktonic foraminifer data and based on the analysis results obtained (0.707663- 0.707784), the ages of 45.1-51.9 Ma were given to the units examined.

Keywords: Strontium isotope, carbonate rocks, Miocene, Eocene, S/SE Anatolia



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



**A Geochemical, Isotopic and Geochronological Investigation of the Magnet Cove
Carbonatite Complex, Arkansas, USA**

Ömer Faruk Özkaya^{1*}, Antonio Simonetti²

¹MTA Genel Müdürlüğü, 06530 Çankaya, Ankara, Türkiye
²University of Notre Dame, 46556 Notre Dame, Indiana, USA

*omerfaruk.ozkaya@mta.gov.tr

Abstract

The Magnet Cove alkaline igneous complex, which was emplaced ~95 to 99 million years ago, is located within the northeastern region of Hot Spring County (Arkansas), and consists of alkaline silicate rocks such as nepheline syenite, ijolite, and jacupirangite along with associated carbonatite. This study presents new geochemical, radiogenic (Sr, Nd, Pb) and stable (C, O) isotope data, and first-time reported stable B isotope compositions ($\delta^{11}\text{B}$ values) for carbonatites and associated silicate rocks from the Magnet Cove complex. The $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ (~ -5 ‰) and $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ (~8 to ~12‰) values for most of the carbonatites plot within or proximal to the primary igneous carbonatite (PIC) field and are therefore indicative of pristine mantle values. The radiogenic Nd, Sr, and Pb isotope compositions for both the carbonatites and alkaline silicate rocks are relatively constant, and contrast with the highly variable $\delta^{11}\text{B}$ values, in particular for the alkaline silicate rocks which range from -5.7 to ~ +26 ‰. The combined results indicate that the petrogenetic history of the Magnet Cove complex does not reflect melt differentiation in a closed-system involving a unique parental magma, and several of the alkaline silicate rocks and one carbonatite sample experienced low-temperature alteration and/or crustal contamination. The $\delta^{11}\text{B}$ values and radiogenic isotope data from the non-contaminated carbonatites and silicate samples indicate derivation from a mantle source characterized by a mixed HIMU-EMI signature, which is consistent with relatively young (<200 Ma old) carbonatite occurrences worldwide. The $\delta^{11}\text{B}$ values for pristine samples indicate that the mantle source region for the Magnet Cove complex contains recycled (subducted) crustal material, and prove their greater effectiveness in detecting open-system processes compared to their radiogenic and stable isotope counterparts.

Keywords: Magnet Cove, carbonatite, boron isotopes, alkaline complex, crustal contamination

Özet

~95 ila 99 milyon yıl önce sokulum yapan Magnet Cove alkali magmatik kompleksi, Hot Spring County'nin (Arkansas) kuzeydoğu bölgesinde yer almaktadır. Kompleks, nefelin syenit, ijolit ve jakupirangit gibi alkali silikat kayalar ile bunlarla ilişkili karbonatitler içermektedir. Bu çalışma, Magnet Cove kompleksindeki karbonatitler ve ilişkili silikat kayaları için yeni jeokimyasal, radyojenik (Sr, Nd, Pb) ve duraylı (C, O) izotop verileri ile sahadaki kayalar üzerinde ilk kez uygulanan duraylı B izotop değerlerini ($\delta^{11}\text{B}$ değerleri) sunmaktadır. Çalışma alanındaki karbonatitlerden alınan $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ (~ -5 ‰) ve $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ (~8 ila ~12‰) değerlerinin çoğu birincil magmatik karbonatitlerle (PIC) uyumluluk göstermektedir. Bu nedenle tüketilmemiş bir manto kaynağına işaret etmektedirler. Hem karbonatitler

hem de alkalin silikat kayalar için radyojenik Nd, Sr ve Pb izotop bileşimleri nispeten sabittir fakat özellikle alkali silikat kayalarından elde edilen ve -5,7 ila ~ +26 ‰ arasında oldukça değişken değerler sunan $\delta^{11}\text{B}$ verileriyle uyumsuzdur. Kombine sonuçlar, Magnet Cove kompleksinin petrojenetik geçişinin, tek bir ana magma içeren kapalı bir sistemdeki eriyik farklılaşmasını yansıtmadığını, sahadaki bazı alkalin silikat kayalar ile bir karbonatit numunesinin düşük sıcaklıkta alterasyona ve/veya kabuksal kontaminasyona maruz kaldığını göstermektedir. Kontaminasyona uğramamış karbonatitler ve silikat örneklerinden elde edilen $\delta^{11}\text{B}$ değerleri ve radyojenik izotop verileri, dünya genelindeki nispeten genç (<200 Ma) karbonatit oluşumları ile tutarlı olan ve HIMU-EMI karışımı karakterize edilen bir manto kaynağınca türetildiğini göstermektedir. Alterasyona ve kabuksal kontaminasyona maruz kalmayan numunelere ait $\delta^{11}\text{B}$ değerleri, Magnet Cove kompleksini oluşturan manto kaynağının dalma-batma ile ilişkili kabuksal malzeme içerdiğini açıkça göstermektedir. Veriler bu yönü ile bor izotoplarının, radyojenik ve diğer kararlı izotoplara kıyasla açık sistem süreçlerini tespit etmek açısından çok daha avantajlı olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Magnet Cove, karbonatite, bor izotopları, alkali kompleks, kabuksal kirlenme



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



**Güneydoğu Anadolu Orojenik Kuşağında, Kale (Malatya, GD Türkiye) Bölgesindeki
Geç Kretase Volkanik Yay Magmatizmi: U-Pb Zirkon Yaş, Tüm Kaya ve Sr-Nd İzotop
Jeokimya Kanıtları**

*Late Cretaceous Volcanic Arc Magmatism in the Kale (Malatya, SE Türkiye) Region of the
Southeast Anatolian Orogenic Belt: Evidence from U-Pb Zircon Age, Whole-rock and Sr-Nd
Isotope Geochemistry*

Nusret Nurlu^{1*}, Serhat Köksal², Milan Kohút³

¹Çukurova Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, TR-01330 Balcalı, Adana, Türkiye

²Middle East Technical University, Central Laboratory, R&D Research and Training Center, Radiogenic Isotope
Laboratory, Üniversiteler Mah, Ankara, Türkiye

³Slovak Academy of Sciences, Earth Science Institute, Bratislava, Slovakia

*nusretnurlu@gmail.com

Özet

Güneydoğu Anadolu Orojenik Kuşağı'nın (GAOK) Elazığ-Malatya Bölgesi'nde, kıtasal çarpışma ve/veya yakınsak orojenez sonucunda yoğun intruzif ve volkanik magmatizma oluşmuştur. GAOK, Elazığ-Malatya bölgesinde, Üst Kretase dönemi boyunca Güneydoğu Anadolu'nun jeodinamik konumunun daha iyi anlaşılması açısından önemli olan çok sayıda stratigrafik, metamorfik ve tektonomagmatik birime sahiptir. Baskil İntruzif Kompleksi (BİK), temel olarak tonalitik/granodiyoritik ve diyoritik/gabroik plütonik kayalardan oluşurken, yarı derinlik fazı granofir, apilit ve mikrogabro ile temsil edilir. Bu kayalar ülkemizin güneydoğusunda Üst Kretase yaşlı, dalma-batma zonunda oluşmuş İspendere ofiyolitini kesmektedir. Yeni U-Pb LA-ICP-MS zirkon verileri, Baskil İntruzif Kompleksi kayaları için 84,3 ila 81,5 My arasında değişen kristalleşme yaşları sağlamıştır. Baskil İntruzif Kompleksine ait mafik ve felsik kayaları düşük ila orta potasyumlu, kalk-alkali, I tipi metalümin karaktere sahipken, bu kompleksin aşırı evrimleşmiş felsik kayaları peralüminli bir bileşim gösterir. Baskil intruzif kayalarındaki magnezyo-hornblendlerin hornblend içinde alüminyum barometresi (yaklaşık 196 ila 299 MPa), minimum 7,3 km ila maksimum 11,1 km derinlikte sıg-orta plütonik seviyelerinde yerleştiklerini gösterir. Baskil intruzif kayaları, ilkel mantoya göre Ti, Nb, Ta ve hafif REE bakımından tüketilme ve büyük iyon yarıçaplı litofil elementlerinde (Rb, Ba, Sr, Th) nispi zenginleşme sunarlar, bu nedenle belirgin bir yitim imzası ortaya koymaktadırlar. Hem mafik hem de felsik intruzifler düşük başlangıç ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr oranları (0,70357-0,70561) ile birlikte yüksek bir başlangıç ¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd oranları (0,51279-0,51289) ve yüksek εNd(T) değerleri (5,0-7,0) vermektedirler ve nispeten genç Nd kabuksal model yaşları sunmaktadırlar (T_{DM}=0.31-0.48 milyar yıl). Arazi gözlemleri, mineralojik ve jeokimyasal bulgulara dayanarak, BİK'nin dalma-batma zonu içindeki dalan okyanusal levhadan türemiş magmalar ile etkileşime giren amfibolitik bir kaynaktan türemiş oldukları ve Toros platformunun kenar kesiminde gelişen kısa ömürlü volkanik yay magmatizmasının erken aşamalarında sıvılar tarafından değiştirildiğini önermekteyiz.

Anahtar Kelimeler: Baskil intruzif kompleksi, Güneydoğu Anadolu, Sr-Nd izotopları, Türkiye, U-Pb jeokronolojisi, volkanik yay

Katkı belirtme: Bu çalışma Çukurova Bilimsel Araştırma Fonu (FBA-2018-10777) tarafından desteklenmiştir.

Abstract

The voluminous intrusive and extrusive magmatism was formed in the Elazığ-Malatya region of the Southeast Anatolian Orogenic Belt (SAOB) as a consequence of the continental collision and/or convergent orogeny. The SAOB holds a great number of stratigraphic, metamorphic and tectonomagmatic units in the Elazığ-Malatya region that are crucial for recognition of the geodynamic setting of southeast Anatolia during the Upper Cretaceous. The Baskil Intrusive Complex (BIC) is composed of mainly tonalitic/granodioritic and dioritic/gabbroic plutonic rocks, while its sub-volcanic phase is represented by granophyre, aplite and microgabbro, which were intruded into the Upper Cretaceous supra-subduction zone (SSZ)-type İspendere ophiolites (SE Türkiye). New U–Pb laser ablation-inductively coupled plasma-mass spectrometry (LA-ICP-MS) zircon data provided crystallization ages ranging from 84.3 to 81.5 Ma for the BIC. Mafic and felsic rocks of the BIC have a low- to medium-K calc-alkaline, I-type, metaluminous character, whereas extremely evolved felsic rocks of this complex show a peraluminous composition. The aluminium-in-hornblende barometry (~196 to 299 MPa) of magnesio-hornblendes in the Baskil intrusive rocks indicates their emplacement in the shallow- to moderate crustal plutonic levels at a minimum of 7.3 km to a maximum of 11.1 km depth. The Baskil intrusive rocks present depletion in Ti, Nb, Ta, light REE with respect to primitive mantle, and relative enrichment in large-ion lithophile element (Rb, Ba, Pb, Sr, Th), thus infer a pronounced subduction signature. Both mafic and felsic intrusives show low initial $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratios (0.70357–0.70561) together with a high initial $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ ratios (0.51279–0.51289), and high $\epsilon\text{Nd}_{(T)}$ values (5.0–7.0) and relatively young Nd crustal residence model ages ($T_{\text{DM}}=0.31\text{--}0.48$ Ga). Based on our field, mineralogical and geochemical findings, we suggest that the BIC was originated from an amphibolitic source that interacted with melts derived from a subducted oceanic plate within SSZ and was changed by fluids during the early stages of the short-lived volcanic arc magmatism that evolved at the fringe of the Tauride Platform.

Keywords: Baskil intrusive complex, southeast Anatolia, Sr–Nd isotopes, Türkiye, U–Pb geochronology, volcanic arc.

Acknowledgement: Financial supports from the Çukurova University Research Foundation (Project No: FBA-2018-10777).



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



**Kurtoğlu Masifi Kayalarının U-Pb Zirkon Jeokronolojisi ve Radyojenik İzotop
Oranları, Sakarya Zonu Doğusu, Türkiye**

*U-Pb Zircon Geochronology and Radiogenic Isotope Ratios of the Kurtoğlu Massif Rocks
from the Eastern Sakarya Zone, Türkiye*

Abdurrahman Dokuz^{1*}, Mehmet Ali Gücer¹, Orhan Karlı², Keewook Yi³, Cengiz Uzun⁴

¹Gümüşhane Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Bağlarbaşı, 29000 Gümüşhane, Türkiye

²Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 61100 Trabzon, Türkiye

³Korea Basic Science Institute, Chungbuk, 28119 South Korea

⁴Devlet Su İşleri, 3. Bölge Müdürlüğü, Odunpazarı, 26020, Eskişehir

*dokuz@gumushane.edu.tr

Özet

Variskan metamorfik temele ait kütlelerden biri olan Kurtoğlu Masifi, Sakarya Zonu doğusunda 0.3-3 km genişliğe ve 28 km uzunluğa sahip bir alanda yüzeylenmektedir. Masif, Variskan metamorfizması-öncesi bir bindirme fayı ile bir araya gelen iki tektonik dilimden oluşur. Altta yer alan tektonik dilim Variskan-öncesi granitik magmalar tarafından kesilen çeşitli şistlerden meydana gelmektedir. Fillit ve kalkışistler ise üzerleyen tektonik birimin temel bileşenleridir.

Alt tektonik birime ait şist örneğinden elde edilen kırıntı zirkon U-Pb yaşları 2760 ila 553 my arasında değişmektedir. Sadece iki adet zirkon Mesoproterozoik yaşı (1544±16 ve 1484±11 my) vermiştir. En büyük zirkon topluluğu geç Neoproterozoyik yaşı olup 747±5 ila 553±4 my arasında değişen bir yaş aralığına sahiptir. Yoğunlaşma ise 610 ila 570 my arasındadır. Granitik gnays örneğine ait 42 adet zirkon üzerinde bazıları kenar ve merkez olmak üzere toplam 47 adet yaşlandırma yapılmıştır. En yaşlı kalıntı zirkonun yaşı Neoproterozoyiktir (688±4 my). En genç popülasyonun yaş aralığı 511±4 ila 452±3 my (41 adet zirkon) arasında değişmekte ve 481,5±5,7 my'a karşılık gelen ağırlıklı ortalama yaş üretmektedir (MSWD=0.27). Diğer bir magmatik kütle olan muskovit metagranitin intrüzyon yaşı ise 388.3±3.6 my olarak ölçülmüştür (MSWD=1.6).

Granitik kayalar oldukça yüksek radyojenik Sr_(t) izotop oranlarına (0,712–0,745) ve negatif ε_{Nd(t)} değerlerine (-5,13 – -8,55) sahiptirler. Benzer şekilde Pb izotop oranları da kıtasal kabuk içinde yer alan bir kaynak alana işaret etmektedir. CaO/Na₂O, Al₂O₃/TiO₂, Rb/Sr and Rb/Ba oranları granitik kayaların kilce-fakir ve -zengin kaynaklardan itibaren kısmi ergime yolu ile oluştuklarını öngörmektedir. Negatif Nb, Ta, Ti ve pozitif Pb anomalileri granitik magmanın oluşumu sırasında yitim ilişkili bir ortamı ima etmektedir. Elde edilen veriler ışığında, erken Ordovisiyen yaşlı granitik magmatizmanın Reyik Okyanusu'nun açılması sırasında, Devoniyen yaşlı granitik magmatizmanın ise kapanması sırasında oluştuğu ve geç Ediyakara yaşlı kırıntılı istif içerisine yerleştikleri değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Kurtoğlu Masifi, Variskan temel, Ordovisiyen ve Devoniyen magmatizmaları, U-Pb zirkon yaşları, Sr–Nd–Pb izotopları

Abstract

Kurtoğlu Massif, one of the metamorphic bodies of the Variscan basement in the eastern Sakarya Zone, Türkiye, crops out in an area of ~0.3-3 km wide and ~ 28 km long. The massif consists of two tectonic slices juxtaposed by a thrust fault prior to the Variscan metamorphic events. The lower tectonic slice is formed by various schists, intruded by granitic magmas before the Variscan metamorphism. Phyllites and calcschists are the main constituents of the overlying tectonic unit.

The detrital zircon U-Pb ages, obtained from a metapsammite sample of the lower tectonic slice, range from 2760 to 553 Ma. Only two grains with ages of 1544 ± 16 Ma and 1484 ± 11 Ma are Mesoproterozoic. The largest zircon population is late Neoproterozoic (Ediacaran) falling in the range between 747 ± 5 and 553 ± 4 Ma, however, is dominated in the range of 610 to 570 Ma. A total of 47 spots were analysed on 42 grains from the granitic gneiss sample. The oldest residual grain is 688 ± 4 Ma old (Neoproterozoic). Forty-one zircon grains form the youngest population in the age range of 511 ± 4 Ma to 452 ± 3 Ma and have yielded a weighted mean age of 481.5 ± 5.7 Ma (MSWD=0.27). The muscovite metagranite, which is the other igneous body within the massif, has yielded an intrusion age of 388.3 ± 3.6 Ma with a MSWD value of 1.6.

The granitic samples have highly radiogenic Sr isotope ratios (0.712–0.745), negative $\epsilon_{Nd(t)}$ values (-5.13 – -8.55) and Pb isotope ratios, referring precisely to a source located in the continental crust. CaO/Na₂O, Al₂O₃/TiO₂, Rb/Sr and Rb/Ba ratios suggest that granitic rocks were derived by partial melting of clay-poor and -rich sedimentary sources. Negative Nb, Ta, Ti and positive Pb anomalies imply a subduction-related tectonic setting during their formation. In the light of the data obtained, the early Ordovician and Devonian aged granitic bodies are regarded to have been occurred during the opening and closure of the Rheic Ocean, respectively, and emplaced into a sedimentary pile deposited in the late Ediacaran already before the Cadomian Orogeny.

Keywords: Kurtoğlu Massif, Variscan basement, Provenance, Ordovician and Devonian magmatisms, U-Pb zircon ages, Sr–Nd–Pb isotopes

Abstract

In this study, it is aimed to obtain data on the origin and temperature conditions of geothermal waters and the age of geothermal activity by isotope geochemistry investigations of hydrothermal carbonate and sulfate formations in the Kızıldere geothermal field located between Sarayköy (Denizli) and Buharkent (Aydın) to the east of the Büyük Menderes Graben. In this context, isotope geochemistry ($\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ (‰), $\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ (‰), $\delta^{34}\text{S}_{\text{CDT}}$ and $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$, U/Th and U/Pb) analyzes of pure carbonate (calcite, dolomite) and sulfate (gypsum, anhydrite) minerals separated from the surface and drilling samples under the microscope were carried out. The $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ (‰) and $\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ (‰) data for carbonate minerals present a narrow range for the carbon isotope and a wider range for the oxygen isotope. Calcite and dolomite samples are different from each other and have compositions between limestone and marble compositions. There is an increasing $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ (‰) distribution in the direction of surface calcite – drilling calcite – drilling dolomite – surface dolomite. The isotopic fractionation curves calculated for calcite- CO_2 and dolomite- CO_2 for the 0-300 °C temperature range from the $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ data of calcite and dolomites reflect a higher isotope value of the isotope composition of CO_2 , which forms the pre-modern carbonate minerals, than the composition of current CO_2 , and lower temperature conditions. According to the $\delta^{34}\text{S}_{\text{CDT}}$ and $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ compositions of gypsum and anhydrites and the H_2S compositions calculated from the gypsum- H_2S and anhydrite- H_2S isotope fractionation equations; anhydrites has a composition similar to the geothermal water composition of the Kızıldere geothermal field. The $\delta^{34}\text{S}_{\text{CDT}}$ and $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ trends of gypsum and anhydrites indicate that, in the first stage, hot waters dissolved sulfate from terrestrial evaporites and formed the Kızıldere geothermal water composition, and gypsum and anhydrite precipitation from these waters. According to the results of U/Th and U/Pb age analysis; geothermal carbonate minerals were deposited in three successive periods, 10,000-20,000 years (Upper Pleistocene-Lower Holocene), 200,000-500,000 years (Middle Pleistocene) and older than 500,000 years (Middle Pleistocene-Upper Miocene). When the age, fluid inclusion and isotope data of calcite and dolomites are evaluated together, there is a gradual increase in temperature from the Lower Pleistocene to the present in the Kızıldere geothermal field. The temperature data determined from the isotope compositions for the carbonate minerals in the boreholes vary between 200-230 °C and present values close to today's reservoir temperature data.

Keywords: Geothermal, hydrothermal alteration, carbon and sulfur isotope geochemistry

Acknowledgement: This work was granted by the Scientific and Technical Research Council of Türkiye (TÜBİTAK 117Y353)



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



**Gümüşhane Yöresi K-bentonitlerinin Tüm Kayaç Jeokimyası, Duraylı İzotop Özellikleri
ve K-Ar Yaşlandırmaları, KD Türkiye**

*Whole Rock Geochemistry, Stable Isotope Properties and K-Ar Dating of K-bentonites from
Gümüşhane Region, NE Türkiye*

İrem Baş*, Emel Abdioğlu Yazar, Mehmet Arslan, İrfan Temizel

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 61080 Trabzon, Türkiye

**irembas@ktu.edu.tr*

Özet

Doğu Pontidler'de Jura volkanik ve volkanoklastik kayaçları özellikle güney zonda yaygın olarak yüzeyleme vermektedir. Gümüşhane civarında Şenköy Formasyonu olarak tanımlanan Erken-Orta Jura yaşlı volkano-sedimanter kayaçlar çalışma sahasında tabanda kiltası-marn-kireçtaşı ve silttaşlarının aralanmasından oluşmakta, volkanik kayaçlar ile devam etmekte ve yer yer kumtaşı ara seviyeleri içermektedir. İstifin devamı volkanoklastik kumtaşları ile aralanmalı tüfler ve Ammonitico Rosso fasiyesine ait kireçtaşlarından oluşur. Şenköy Formasyonu içerisinde yer alan, K-bentonitlerin mineralojileri, jeokimyası ile oluşum ortam/koşulları marn/kiltası ile karşılaştırmalı olarak; X-ışınları difraktometresi çalışmaları, tüm-kayaç jeokimyası, duraylı izotop verileri ve K-Ar yaşlandırması ile irdelenmiştir. K-bentonitlerdeki kil mineralleri; illit/simektit, klorit/simektit, kaolinit ve volkanik katkıyı işaret eden imogolittir. Marn/kiltaslarındaki kil mineralleri; illit, klorit, illit/simektit, simektit ve klorit/simektittir. K-bentonitler ve marn/kiltaslarındaki kil dışı mineraller ise kuvars, kalsit, plajiyoklas ve az miktarda pirittir. Nb/Y'a karşı $Zr/TiO_2 \cdot 0.0001$ sınıflama diyagramına göre K-bentonitler riyolit/dasit ve marn-kiltası ise andezit/bazaltik andezit, bazalt bileşimlidir. K-bentonit ve marn/kiltası örnekleri toleyitik-geçiş, kalkalkalen karakterli olup; K-bentonitlerin tüketilmiş okyanus ortası sırtı bazaltına (NMORB) normalize edilen çoklu element örümcek diyagramlarında büyük iyon yarıçaplı litofil elementler (LILE; K, Rb) bakımından zenginleşme, Sr ve Ti bakımından ise tüketilme belirlenmiştir. K-bentonitlerin kondrite normalize nadir yer element (NYE) dağılımlarında hafif nadir yer elementlerinde zenginleşme ($La_N/Lu_N=1,69-9,44$) ile negatif Eu ($Eu_N/Eu^* = 0,35-0,73$) anomalisi belirgindir. İllit/simektitlerin $\delta^{18}O$ ve δD değerleri K-bentonitlerde ‰14,8-15,6 ve ‰-70 ve -99, marn/kiltaslarında ise ‰11,6-13,9 ve δD ‰-55 ile -126 arasında değişmektedir. I/S'lerin K-Ar yaşlandırması 103-125 My'lık simektit transformasyon yaşını vermektedir.

Anahtar Kelimeler: K-bentonit, jeokimya, illit/simektit

Abstract

Jurassic volcanic and volcanoclastic rocks are widely exposed especially in the southern zone of the Eastern Pontides. In the study area Early-Middle Jurassic volcano-sedimentary rocks, defined as Şenköy Formation near the Gümüşhane area consist of intercalations of claystone-marl-limestone and siltstone, volcanic rocks and sandstone levels in some places, respectively. The sequence continues with

volcaniclastic sandstones with alternations of tuffs and Ammonitico Rosso-type limestones. In the Şenköy Formation, mineralogical and geochemical features, formation environments/conditions of K-bentonites with respect to marl/claystone were investigated by means of X-ray diffraction studies, whole-rock geochemistry and stable isotope data, and K-Ar dating. K-bentonite consists of illite/smectite, chlorite/smectite, and kaolinite as clay minerals and imogolite indicating volcanic contribution. Clay minerals in marl/claystone are illite, chlorite, illite/smectite, smectite and chlorite/smectite. Non-clay minerals were determined as quartz, calcite, plagioclase, and rare pyrite. Based on Nb/Y vs Zr/TiO₂*0.0001 classification diagram; K-bentonites are generally in rhyolite/dacite composition while the marl/claystone are in andesite/basaltic andesite, andesite-basalt in composition. K-bentonite and marl/claystone have tholeiitic-transitional, calc-alkaline in character. N-MORB normalized multi-element spider diagrams of the K-bentonites characterized by enrichment of large ion radius lithophile elements (LILE; K, Rb) and depletion of Sr and Ti. Chondrite normalized rare earth element (REE) patterns of K-bentonites show a relative enrichment in light REE (La_N/Lu_N=1.69-9.44) with negative Eu (Eu_N/Eu* = 0.35-0.73) anomaly. δ¹⁸O and δD values of illite/smectites are from ‰14.8 to 15.6 and from ‰-70 to -99 in K-bentonites and from ‰11.6 to 13.9 and from ‰-55 to -126 in marl/claystone, respectively. K-Ar dating of illite/smectites indicate 103-125 Ma transformation age of smectites

Keywords: K-bentonite, geochemistry, illite/smectite



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



**Samsun Yöresi Eosen Yaşlı Bazik Volkanitlerin Tüm-Kaya Oldukça Siderofil Element
ve Osmiyum İzotop Jeokimyası**

*The Whole-Rock Highly Siderophile Element and Osmium Isotope Geochemistry of
Eosene aged Basic Volcanics from Samsun Area*

**Bahrican Ar^{1*}, İrfan Temizel¹, Mehmet Arslan¹, Emel Abdioğlu Yazar¹, Cem Yücel²,
Necati TÜYSÜZ¹**

¹Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Trabzon, Türkiye

²Gümüşhane Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Gümüşhane, Türkiye

*bahricanar@ktu.edu.tr

Özet

Bu çalışmada, Samsun yöresi ve yakın çevresinde yüzeyleyen Orta Eosen yaşlı bazik volkanitlerin tüm-kaya oldukça siderofil element (OSE: Os, Ir, Ru, Pd, Pt, Re) ve Os izotop jeokimyasal özellikleri ortaya konularak gelişimlerinde etkili olan petrolojik süreçlerin (kısmi ergime, fraksiyonel kristallenme ve kabuk asimilasyonu) irdelenmesi amaçlanmıştır. İnceleme alanında yüzeyleyen bazik volkanitler, Tekkeköy, Kulacadağ ve Bafra volkanitleri olmak üzere üç grupta incelenmiş ve bazaltik- tefritik lav/sil/dayk örneklerinden oluşmaktadır. Bazaltik lav/dayk örnekleri genellikle olivin, klinopiroksen, plajiyoklaz ve Fe-Ti oksit mineralleri içerirken, tefritik lav/sil/dayk örnekleri ise klinopiroksen, plajiyoklaz analsim, flogopit ve Fe-Ti oksit mineralleri içermektedir. Ayrıca örneklerin cevher mikroskobu incelemelerinde olivin ve/veya klinopiroksen mineralleri içerisinde kapanım halinde ve hamur içerisinde sülfid mineralleri gözlenmektedir. İncelenen volkanitlerin OSE bollukları dikkate alındığında, toplam platin grubu element (PGE) içerikleri (0.13 – 14.26 ppb) genel olarak düşük olup, ¹⁸⁷Os/¹⁸⁸Os izotop oranları ise 0.15–1.20 arasında değişmektedir. İncelenen bazik volkanitlerin toplam paladyum grubu-PGE içerikleri 0.06-14.17 ppb arasında değişirken, toplam iridyum grubu-PGE içerikleri 0.03-0.87 ppb arasında değişmektedir. Ayrıca, incelenen bazik volkanitlerin düşük toplam PGE içerikleri ve Cu/Zr oranları ile yüksek Cu/Pd oranlarına sahip olmaları, volkanitlerin kükürtçe doygun bir magmadan itibaren gelişimleri sırasında silikat fraksiyonlaşmasının yanında sülfid fraksiyonlaşmasının da etkili olduğunu işaret etmektedir. İncelenen bazik volkanitlerin asimilasyon-fraksiyonel kristallenme (AFC) modelleri ile OSE ve Os izotop sistematiği birlikte değerlendirildiğinde, ana magmaların gelişiminde fraksiyonel kristallenmenin yanında az miktarda kabuk asimilasyonunun etkili olduğu ileri sürülebilir.

Anahtar Kelimeler: Oldukça siderofil element, Os izotopları, jeokimya, Samsun, Türkiye

Katkı Belirtme: Bu çalışma, TÜBİTAK tarafından 117Y075 nolu proje ve KTÜ BAP tarafından FBA 2018-7747 nolu proje kapsamında desteklenmiştir.

Abstract

In this study, it is aimed to determine the whole-rock highly siderophile element (HSE: Os, Ir, Ru, Pd, Pt, Re) and Os isotope geochemical characteristics of Middle Eocene aged basic volcanics outcropping in the Samsun and surrounding areas, and to examine petrological processes (partial melting, fractional crystallization and crustal assimilation), which are effective in their evolution. The basic volcanics in the study area are examined in three groups; Tekkeköy, Kulacadağ and Bafra areas and composed of basaltic and tephritic lava/sill/dykes. Basaltic lava/dyke samples generally contain olivine, clinopyroxene, plagioclase and Fe-Ti oxide, while tephritic lava/sill/dyke samples contain clinopyroxene, plagioclase, analcime, phlogopite and Fe-Ti oxide. Moreover, sulfide minerals are observed as inclusions within olivine and/or clinopyroxene phenocrystals, and in the groundmass. Based on the OSE abundances of the studied volcanics, total platinum group element (PGE; Os, Ir, Ru, Pd, Pt) contents (0.13 – 14.26 ppb) are generally low, and $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ isotope ratios range from 0.15 to 1.20. The total palladium group-PGE contents of the studied volcanics are between 0.06 and 14.17 ppb while total iridium group-PGE contents are between 0.03 and 0.87 ppb. Besides, the low total PGE contents and Cu/Zr ratios, and high Cu/Pd ratios of the studied basic volcanics represent that sulfide fractionation as well as silicate fractionation is also effective during their evolution from a sulfur saturated magma(s). Assimilation-fractional crystallization (AFC) modeling together with OSE and Os isotope systematics of the studied basic volcanics suggests that fractional crystallization and lesser crustal assimilation are effective in the evolution of parental magma(s).

Keywords: Highly siderophile element, Os isotopes, geochemistry, Samsun, Türkiye

Acknowledgement: This study was supported by TÜBİTAK (project number: 117Y075) and KTU BAP (project number: FBA-2018-7747).



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



TEMATİK OTURUMLAR 03 / THEMATIC SESSIONS 03

İZOTOP JEOKİMYASI VE JEOKRONOLOJİ

ISOTOPE GEOCHEMISTRY AND GEOCHRONOLOGY

POSTER SUNUMLAR / POSTER PRESENTATIONS



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



Investigation of the Role of Submarine Volcanism in the Formation of Zn-Pb-Ba-Fe-F(\pm Ag \pm Cu \pm Mn) Deposits in the Malayer-Esfahan Metallogenic Belt, West-Central Iran

Mohammad Javad Fadaei^{1*}, Saeed Alirezaei¹, Qing Zhou², Gülcan Bozkaya³

¹Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Evin, PO Box: 1983969411, Tehran, Iran

²Department of Economic Geology, Chengdu Centre, China Geol. Survey, Chengdu 610081, China

³Department of Geological Engineering, Pamukkale University, Denizli. TR-20020, Türkiye

*Fadaei.mj@gmail.com

Abstract

The Malayer-Esfahan metallogenic belt (MEMB) in central Sanandaj-Sirjan metamorphic belt, west-central Iran, contains more than 200 Zn-Pb-Ba-Fe-F(\pm Cu \pm Ag \pm Mn) deposits hosted mainly in Early Cretaceous carbonates, clastic rocks, and volcanic materials in a transgressive sequence. The Cretaceous series unconformably overlie a thick sequence (>2500m) of Triassic-Jurassic terrigenous rocks. Most deposits occur as discordant to concordant ore bodies with massive to brecciated and laminated textures, and display features comparable to those known as MVT and sub-seafloor replacement deposits. These deposits are locally and regionally controlled by the extensional and normal faults. The volcanic rocks, dominated by trachyte, latite, and rhyolite, exceed 700m in Golpayegan district in central MEMB, but pinch out towards southeast and northwest. Our geochemical study indicates that these rocks should be developed in a 'within-plate' setting. We suggest a back arc setting for the early Cretaceous sediments and volcanic materials. Fe-Mn deposits in the northwestern MEMB represented by Ahangaran and Sarchal, are partly hosted in tuffaceous siltstones. The deposits in the Golpaygan district are Pb-Ag-Cu rich, and ore bodies mostly occur in volcanic rocks. They show lower Pb isotope ratios ($^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ of 15.640-15.661 vs 15.652-15.868 respectively) than those in limestones. No significant difference can be distinguished in S-isotope ratios, implying a common fluid and sulfur source. No direct role for submarine volcanism in ore genesis in MEMB can be established. The volcanic materials might have provided certain metals to circulating fluids. Studies are in progress to better understand the geological setting of the deposits and the timing of ore formation.

Keywords: Malayer-Esfahan metallogenic belt, Zn-Pb-Ba-Fe-F(\pm Cu \pm Ag \pm Mn) deposits, MVT and sub-seafloor replacement, submarine volcanism



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu

9th Geochemistry Symposium with International
Participation



Isotope-geochemical (LA-ICP-MS) *in situ* Study of Accessory and Ore Minerals from Paleoproterozoic PGE, Cr and Cu-Ni Deposits in the North-Eastern Fennoscandian Shield, Arctic region, Russia

Svetlana Drogobuzhskaya¹, Tamara Bayanova^{2,3}, Ekaterina Steshenko²

¹Tananaev Institute of Chemistry and Technology of Rare Elements and Mineral Raw Materials KSC RAS;
Apatity, 184209 Russia

²Geological Institute, Kola Science Centre, Russian Academy of Sciences; Apatity, 184209 Russia

³Institute of Geosphere Dynamics, Russian Academy of Sciences. Moscow 119344 Russia

*tamara@geoksc.apatity.ru

Abstract

The Paleoproterozoic PGE-bearing province in the north-eastern Fennoscandian Shield is the second-biggest PGE-bearing province in Russia after the Norilsk one. It is commercially important, containing Co-Cu-Ni (Monchegorsk ore area) and low-sulfide Pt-Pd ores with Au+Ag (Fedorovo-Pansky ore complex) (Mitrofanov et al. 2013). Distribution of rare-earth elements (REE) in zircon, baddeleyite and sulfides minerals from rocks of complex Paleoproterozoic Cu-Ni deposits in the north-eastern Fennoscandian Shield, the second-biggest PGE-bearing province after Norilsk (Mitrofanov et al., 2019) are presented in Fig 1-2. Zircon and baddeleyite were sampled from deposits in the north-eastern Fennoscandian Shield and separated from a 50-100 kg reference specimen using the technique, all isotopic U-Pb determinations for zircons and baddeleyites with ²⁰⁵Pb spike were made on a seven-channel Finnigan MAT-262 (RPQ) mass spectrometer (Thermo scientific, USA) in static mode (Bayanova et al. 2009, 2014).

Laser ablation inductively-coupled plasma mass spectrometry (LA-ICP-MS, ELAN-9000,) techniques applied for *in situ* measurement of concentrations and distribution of rare-earth elements (REE), Hf, U, Th, Y and Ti in mineral grains of zircon and baddeleyite were published (Steshenko et al. 2017, 2018). Geochemical analysis REE and platinum- group elements (PGE) in sulfides were done using LA-ICP-MS techniques ELAN 9000 DRC-e (Perkin Elmer) quadrupole mass spectrometer equipped with a 266 nm UP-266 MACRO laser (New Wave Research) were applied to provide *in situ* measurements of noble metals (PGE, Au, Ag), as well as siderophilic and chalcophilic elements, in sulfide minerals in order to study their distributions in chalcopyrite, pentlandite and pyrite from the Pechenga and Allarechka Cu-Ni deposits, Fedorova Tundra and Severny Kamennik PGE deposits of Paleoproterozoic ages. For the first time, REE concentrations in sulfide minerals have been estimated *in situ* using the LA-ICP-MS technique (Nikolaev et al. 2016).

The above methods had been formerly put into practice recently (e.g. Zhu et al. 2016). In the Fennoscandian Shield, this technique had been used to estimate PGE, U, Th, Ti and Hf in zircon extracted from basic and acidic granulites and garnet-amphibole gneisses of the Lapland belt, pegmatites in granites of the Keivy area, gabbro-anorthosites of the Kandalaksha and Kolvitsa area, as well as vein pegmatites of the gabbro-norite composition from the Cu-Ni deposit (Terrace, Mt. Nyud). Concentrations

of Ti in zircon grains were used to estimate the temperature of accessory minerals crystallization and the temperature of the U-Pb-system closure, using the technique by (Watson et al. 2006).

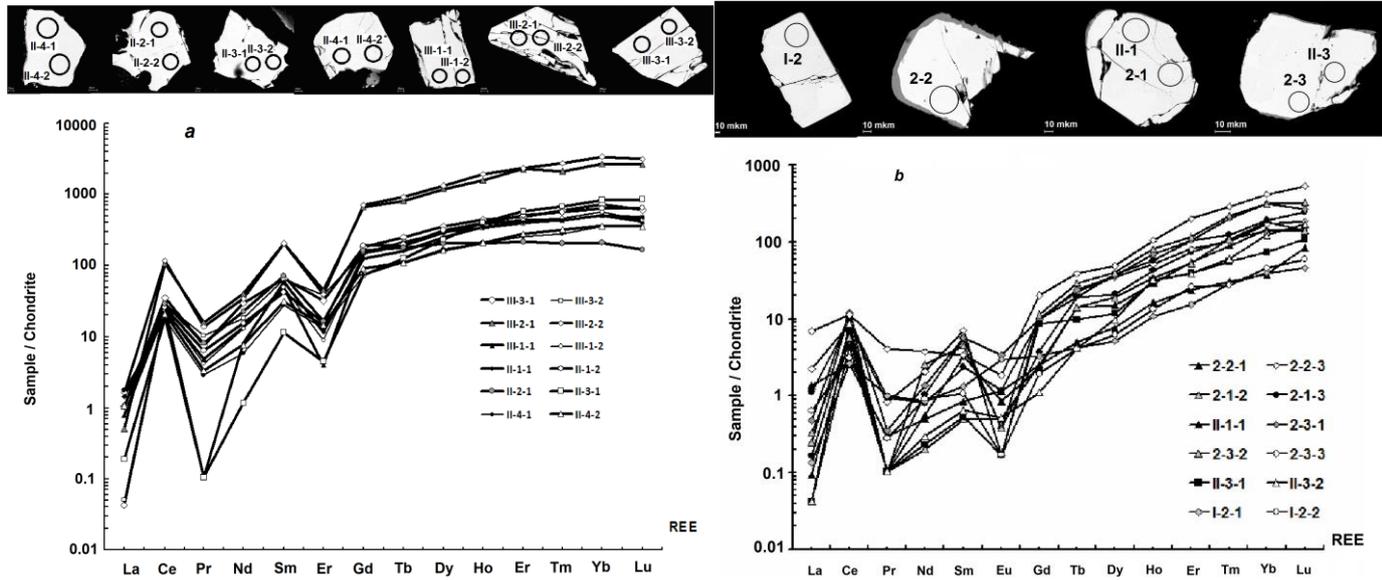


Figure 1. Chondrite-normalized distribution of REE on zircon (a) and baddeleyite (b) from pegmatites vein of gabbronorite composition, Cu-Ni Terrace deposit, Nyud Mt., Monchegorsk pluton (Sun et al 1989).

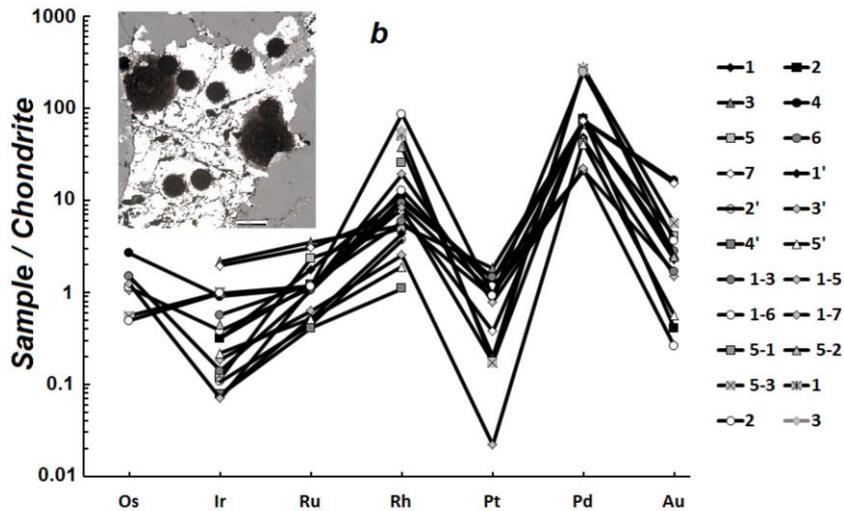


Figure 2. Chondrite-normalized distributions of PGE, Au, Cu and Ni in pentlandite Allarechka, Pechenga Cu-Ni deposit (McDonough et al 1995).

REFERENCES

- Bayanova T, Ludden J, Mitrofanov F. Timing and duration of Palaeoproterozoic events producing ore-bearing layered intrusions of the Baltic Shield: metallogenic, petrological and geodynamic implications, in: Reddy SM,
 Bayanova T, Mitrofanov F, Serov P, Nerovich L, Yekimova N, Nitkina E, Kamensky I. Layered PGE Paleoproterozoic (LIP) intrusions in the NE part of the Fennoscandian Shield – isotope Nd-Sr and ³He/⁴He data summarizing U-Pb ages (on baddeleyite and zircon), Sm-Nd data (on rock-forming and sulfide minerals), duration and mineralization, in: Mörrner N-A, Geochronology – methods and case studies, INTECH:143-193, 2014.

- Mazumder R, Evans DAD, Collins AS (eds), Palaeoproterozoic Supercontinents and Global Evolution. Special Publications 323:165-198, 2009.
- McDonough W.F., Sun S.S. The composition of the Earth. *Chem Geol* 120:223-253, 1995. doi: 10.1016/0009-2541(94)00140-4
- Mitrofanov, F.; Bayanova, T.; Korchagin, A. East Scandinavian and Noril'sk plume mafic large igneous provinces of Pd-Pt ores: geological and metallogenic comparison, *Geol. Ore Dep.* 55, 5, 305-319, 2013.
- Mitrofanov, F.P., Bayanova, T.B., Ludden, J. N., Korchagin, A.U., Chashchin, V.V., Nerovich, L.I., Serov, P.A., Mitrofanov, A.F., Zhirov, D.V. Origin and Exploration of the Kola PGE-bearing Province: New Constraints from Geochronology /Ore Deposits: Origin, Exploration, and Exploitation / Edited by Sophie Decree and Laurence Robb // Geophysical Monograph Series. Wiley, P. 3-36, 2019.
- Nikolaev A, Drogobuzhskaya S, Bayanova T, Lyalina L, Novikov A. REE Distribution in Zircon from Reference Rocks of the Arctic Region: Evidence from Study by the LA-ICP-MS Method. *Dokl Earth Sci*, 470, 2:1037-1041, 2016.
- Steshenko E, Nikolaev A, Bayanova T, Drogobuzhskaya S, Chashchin V, Serov P, Lyalina L, Novikov A. The Paleoproterozoic Kandalaksha Anorthosite Massif: New U–Pb (ID–TIMS) Data and Geochemical Features of Zircon. *Dokl Earth Sci* 477, 2:1454-1457, 2017. doi: 10.1134/S1028334X17120194.
- Steshenko E. N., Nikolaev A. I., Bayanova T. B., Drogobuzhskaya S. V., Chashchin V. V., Serov P. A, Lyalina L. M., Novikov A. I., Elizarov D. V. The Paleoproterozoic Kolva Anorthosite Block: New Data on the U–Pb Age (ID TIMS) and Geochemical Features of Zircon. *Doklady Earth Sciences*, 2018, Vol. 479, Part 1, pp. 366–370.
- Sun S.S., McDonough W.F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts, Geological Society of London, Special Publications 42:313-345, 1989. doi: 10.1144/GSL.SP.1989.042.01.19.
- Watson E.B., Wark D.A., Thomas J.B. Crystallization Thermometers for Zircon and Rutile. *Contrib Min Petrol* 151:413-433, 2006. doi.org/10.1007/s00410-006-0068-5.
- Zhu Zy, Cook Nj, Yang T, Chiobanu Chl, Zhao Kd, Jiang Shy. Mapping of Sulfur Isotopes and Trace Elements in Sulfides by LA-(MC)-ICP-MS: Potential Analytical Problems, Improvements and Implications. *Min* 6(4), 2016. doi.org/10.3390/min6040110.

Acknowledgement: This research was funded by Scientific Research Contracts No. 0226-2019-0053, Russian Science Foundation 21-17-00161



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



TEMATİK OTURUMLAR 04 / THEMATIC SESSIONS 04
ENERJİ HAMMADDELERİ VE JEOKİMYASI
ENERGY RAW MATERIALS AND THEIR GEOCHEMISTRY
SÖZLÜ SUNUMLAR / ORAL PRESENTATIONS



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



**Sakarya (Adapazarı, Türkiye) Çek-Ayr Havzasındaki Sıcak ve Mineralli Suların
Jeokimyasal ve İzotopik Özellikleri**

*Geochemical and Isotopic Characteristics of Thermal and Mineral Waters in the Sakarya
(Adapazarı, Türkiye) Pull-Apart Basin*

Hafize Akıllı^{1*}, Önder Kayadibi², Şule Gürboğa³, Halim Mutlu⁴, Macit Karadağlar¹, Serap Arıkan², Sevilay Tan²

¹MTA, Enerji Hammadde Etüt ve Arama Dairesi Başkanlığı, Ankara, Türkiye

²MTA, Jeoloji Etütleri Dairesi Başkanlığı, Uzaktan Algılama ve CBS Koordinatörlüğü, Ankara, Türkiye

³MTA, Deniz Araştırmaları Dairesi Başkanlığı, Ankara, Türkiye

⁴Ankara Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Gölbaşı, Ankara, Türkiye

* hafize.akilli@mta.gov.tr

Özet

Bu çalışma, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) bünyesinde yürütülmekte olan “Kuzey Anadolu Fay Sistemi (KAFS) ve Doğu Anadolu Fay Sistemi (DAFS) Boyunca Gelişmiş Havzaların Ekonomik Potansiyellerinin Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Yöntemleri ile İncelenmesi” başlıklı projeye dayanmaktadır. Sakarya Havzası (SH) Ülkemizin en aktif tektonik yapılarından biri olan sağ yanal doğrultu atımlı KAFS tarafından kontrol edilmektedir. KAFS boyunca oluşmuş diğer çek ayır havzalarından farklı bir gelişim süreci gösteren SH, kuzeyde Karadeniz’e doğru Sakarya Nehri’nin sedimantasyon süreçleri ve bunun yanı sıra güneyde tamamıyla diri fayların kontrolündedir. Bu nedenle hem jeotermal hem de deformasyon bakımından incelendiğinde SH’nin jeolojik önemi tamamen güney sınırı etrafında yoğunlaşmaktadır. İnceleme alanındaki Paleosen ve Eosen yaşlı kireçtaşları bol kırıklı, çatlaklı ve erime boşlukludur. Rezervuar karakteri gösteren kireçtaşlarının üzerinde Pliyo-Kuvaterner yaşlı çökellerin killi-siltli seviyeleri de örtü kaya özelliğindedir. SH’da açılan kuyulardan üretilen sıcak akışkanlardan ve çeşitli soğuk su kaynaklarından örneklemeler yapılarak kimyasal ve izotopik özellikler belirlenmiştir. Örneklenen soğuk ve sıcak suların sıcaklıkları 24-80°C ve özgül elektriksel iletkenlikleri 199-7250 µS/cm arasında değişmiştir. Uluslararası Hidrojeologlar Birliği (IAH) standartlarına göre Sakarya sıcak suları bor içeren sodyumlu, klorürlü, bikarbonatlı sıcak ve mineralli sular olup derin dolaşımıdır. Sapanca-Uzunkum ve Akyazı sularının olgunlaşma indeksi 2’den büyüktür. Bu sulara silis jeotermometresinin yanı sıra katyon jeotermometreleri de uygulanmıştır. Bu suların silis ve katyon jeotermometreleri ile hesaplanan rezervuar sıcaklıkları sırasıyla 44-109°C ve 34-99°C’dir. İncelenen örneklerin δ¹⁸O içerikleri -3,71‰ ile -13,53‰, δ²H değerleri ise -62,27‰ ila -90,4‰ arasındadır. Bu sonuçlar, Akyazı ve Sapanca-Uzunkum sularındaki oksijen izotopu bakımından zenginleşme, bunların derin dolaşımı ve rezervuar kayalarıyla daha uzun süre etkileşimli olmalarına bağlanabilir.

Anahtar Kelimeler: Sakarya (Adapazarı) Havzası, sıcak su, jeokimya, duraylı izotop, jeotermometre

Abstract

This study based on the project titled "Examination of the Economic Potentials of the developed Basins Along the North Anatolian Fault System (NAFS) and East Anatolian Fault System (EAFS) with Remote Sensing and Geographic Information Systems (GIS) Methods" carried out by the General Directorate of Mineral Research and Exploration (MTA). The Sakarya (Adapazarı) Basin is controlled by the right lateral strike-slip North Anatolian Fault Zone (NAFS) which is one of the most active structures in Türkiye. The Basin showing a different evolution mechanism from the pull-apart basins along the NAFS is represented by the sedimentation by the Sakarya River in the northern site towards the Black Sea. Moreover, the southern margin of the basin is shaped by the active faults. On the accounts of these factors, the geological significance of the basin for both geothermal and deformation features entirely focuses around the southern margin of the basin. In the study area, the Paleocene and Eocene aged limestones have abundantly broken, cracked and karstic cavity. The clayey-silty levels of the Plio-Quaternary sediments on the limestones showing the reservoir character are also cover rock. Chemical and isotopic compositions were determined by sampling from hot fluids produced from wells drilled in the Sakarya Basin and various cold-water sources. The electrical conductivity of cold and hot waters varies between 199 and 7250 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Temperatures of fluids taken from wells and springs are between 24 and 80° C. According to the classification of International Association of Hydrogeologists (IAH), Sakarya hot waters are classified as boron-containing sodium, chlorinated, bicarbonate hot and mineral waters and are deeply circulating fluids. The maturation index of Sapanca-Uzunkum and Akyazı waters is greater than 2. The cation geothermometers have been applied to these waters as well as silica geothermometers. The reservoir temperatures of these waters calculated by silica and cation geothermometers are 44-109°C and 34-99°C, respectively. These results can be attributed to the enrichment of oxygen isotopes in Akyazı and Sapanca-Uzunkum waters, their deep circulation and longer interaction with reservoir rocks.

Keywords: Sakarya (Adapazarı) Basin, thermal water, geochemistry, stable isotope, geothermometry



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



Jeolojik Terimlerin Doğru Kullanımı: Tercümenin İhtişamı ve Sefaleti
Correct Use of Geological Terms: Glory and Misery of Translation

Emin ÇİFTÇİ

İTÜ Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Maslak, 34469 Sarıyer, İstanbul, Türkiye

eciftci@itu.edu.tr

Özet

Yerbilimleri İngilizce literatürüne bakıldığında önceleri yaklaşık 14 bin terim (1957; American Geological Institute in cooperation with the National Academy of Sciences) varken 1960 larda buna yaklaşık 4 bin ilave terim daha eklenmiştir. Zaman içerisinde bu sayı önce 33 bin (1972; AGI'nın tek ciltlik *Glossary of Geology* 1. edisyon) daha sonra 36 bin terime (1979; AGI'nın tek ciltlik *Glossary of Geology* 2. Edisyon) ulaşmıştır.

Yerbilimleri Türkçe literatürüne bakıldığında İ. Enver Altınlı'nın "*Yerbilimleri Sözlüğü*" (1989)'nde 25 bin terim (1989) içerirken, Emin Çiftçi'nin "*Yerbilimleri Teknik Terimler Sözlüğü*" (2003)'nde yeni alt disiplinlere bağlı eklemeler ile bu sayının 30 bine yaklaşmıştır. Bu ortalama bir yetişkinin kelime dağarcığına neredeyse eşittir.

Jeolojik terimler çoğunlukla İngilizce, Latince, Almanca, Fransızca kaynaklıdır. Bu terimlerin yerbilimlerinin Türkçe literatürüne kazandırılması çeviri ve Türkçeleştirme olmak üzere iki temel yöntemle olagelmıştır. Çeviri yöntemi zaman içerisinde dilin gelişmesi ve zenginleşmesi ile farklılıklar sunmakla birlikte asıl karmaşık durum Türkçeleştirmelerde görülmektedir. Bunun başlıca nedenleri, üstünkörülük, önemsememe, eğitim kaynaklı ön yargı ve ekol saplantıları (Alman ekolü, Fransız ekolü gibi) ile anadil ve/veya kaynak dile yeterince vakıf olmamaktır.

Yanlış veya eksik çeviri kaynaklı terimlere örnekler aşağıda sıralanmıştır: *Fluid inclusion* (akışkan kapanımı olması gerekirken sıvı kapanım), *polished section* (parlatılmış kesit olması gerekirken parlak kesit), *Rare Earth Elements* (Nadir Yer Elementleri (NYE) olması gerekirken Nadir Toprak Elementleri (NTE)), *subduction* (yitim olması gerekirken dalma-batma) ve *coal seam* (kömür tabakası olması gerekirken kömür damarı).

Türkçeleştirmelerdeki hatalara ya da tutarsızlıklara en önemli örnekler dilimizde kullanılmakta olan oturmuş sözcüklerle aynı sözcük yapısına sahip terimlerde görülmektedir. Örneğin "tectonism, magmatism, volcanism" gibi -sm ile sonlanan sözcüklerin -izma (tektonizma, magmatizma, volkanizma gibi) şeklinde Türkçeleştirilmesidir ki bu durum "egoizm, turizm, dinamizm, sosyalizm" gibi bir oturmuş Türkçeleştirme ile çelişmektedir.

Diğer hatalar ise Türkçe olmayan, 2 veya daha fazla sesli veya sessiz harf içeren terimlerin Türkçeleştirmelerinde rastlanılmaktadır. Bunlar: au → o (autochthonous → otokton), uo → o (buoyant → boyant), oe, ue, eu → ö (loess → löss, europium → öropiyum, coesite → sözit (sıklıkla koezit olarak kullanılmaktadır), eo → eo (Eocene → Eosen; geology → jeoloji; Paleozoic → Paleozoyik).

Sözcüklerdeki ön ve son eklerin tutarsız Türkçeleştirmesi de sık rastlanılan hatalardandır: Syn- → sin- (syntetic → sentetik, synthesis → sentez iken synergy → sinerji olarak kullanılmaktadır). – cite → – sit (calcite → kalsit; sericite → serisit (sıklıkla serizit olarak kullanılmaktadır); brucite → brusit); -site → - zit (diopside → diyopzit (sıklıkla diyopsit olarak kullanılmaktadır); gibbsite → gibzit (sıklıkla gibsit olarak kullanılmaktadır), cerussite → serüzit (sıklıkla serüsit olarak kullanılmaktadır), -sonite → -zonit (-sonit olarak kullanılmamalıdır örneğin smitsonit değil smitzonit olarak kullanılması tercih edilmelidir).

Mineral adlandırmalarında farklı motivasyon kaynaklı tercihlerde çok önemli karışıklıklara neden olmaktadır. Mineral adlandırmalarında otorite IMA (International Mineralogical Association-Uluslararası Mineraloji Birliği)'dir. Dolayısı ile esas alınması gereken IMA'nın adlandırması olmalıyken literatürümüzde ısrarlı yanlış kullanımlar oldukça yaygındır. Başlıcaları garnet yerine granat veya gröna, galen yerine galenit, selestit yerine sölestin, kalkosit yerine kalkozin, feldispar yerine feldispat, pirotit yerine pirrotin'dir. Plajiyoklaz yerine plajiolklas kullanımı da sözcük ortasında bulunan –io- nun Türkçede birçok örnekteki –iyo olarak telaffüz edilmesine aykırıdır (örnek ion → iyon, cation → katyon gibi).

Sülfür, sülfat ve sülfür terimlerinin tutarsız kullanımları da ayrı bir önem arz etmektedir. Kimyasal adlandırmalarda – ide → -id veya –ür şeklindedir (chloride → klorür, bromide → bromür, sulfide → sülfür, lanthanide → lantanür gibi). Aksi kullanımlar örneğin sülfür yerine sülfür (ki sülfür SO_3^{2-} anyon grubu içeren herhangi bir bileşik) ve klorür yerine klorit kullanımı (ki klorit bir fillosilikat mineral grubu) tercih edilmemelidir. Dolayısı ile SO_4^{2-} bileşikleri için sülfat, SO_3^{2-} bileşikleri için sülfür ve S^{-1} bileşikleri için sülfür terimleri kullanılmalıdır.

İçerisinde -gn- bulduran yabancı terimlerin hatalı Türkçeleştirilmesi de oldukça dikkat çekicidir: Magnetite → magnetit yerine manyetit, magnetism → manyetizm, magnesite → magnezit yerine manyezit (oysa magnezyum asla manyezum olarak kullanılmamaktadır ve magnezit bir magnezyum mineralidir), lignite → lignit yerine linyit (oysa lignin asla linyin olarak kullanılmamaktadır). Ayrıca; province → provins (provens değil), syncline → senklin (senklinal sıfat hal – senklinal yapı gibi), anticline → antiklin (antiklinal sıfat hal – antiklinal yapı gibi), sediment → sediment (sediman değil), sedimentology → sedimentoloji (sedimantoloji değil), fluorite → florit (flüorit değil zira flor elementi asla flüor olarak kullanılmamaktadır).

Geleneksel olarak fosil adlarının Türkçeleştirilmesi öğretilmemektedir. Fosil adları özel isim olduğundan olduğu gibi yazılmalı ancak okunurken yukarıda muhtelif örneklere uygun olarak Türkçe okunmalıdır (Cnideria → Sniderya; Conodont → Konodont; Echinoidea → Ekinoyitler, Coelenterate → Sölenteratlar gibi).

Dilimizdeki tüm bu kural dışlıklar bazen düzeltilmesi zor hatta imkânsız kanıksanmış hatalı kullanımlara da neden olmuştur (örneğin jeografi yerine coğrafya; kuartz yerine kuvars, tektonomorfoloji yerine morfotektonik gibi).

Anahtar kelimeler: Jeolojik terimler, çeviri, Türkçeleştirme



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



Tuzlu Göllerde Lityum Potansiyeli: Seyfe Gölü, Türkiye
Lithium Potential in Salt Lakes: Seyfe Lake, Türkiye

Emine Sernur Gök^{1*}, Kıymet Deniz¹, Yusuf Kağan Kadioğlu^{1,2}

¹Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06830 Gölbaşı, Ankara, Türkiye

²Ankara Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi (YEBİM), 06830 Gölbaşı, Ankara, Türkiye

*sernurdursun38@gmail.com

Özet

Günümüzde lityum (Li) elementi kullanım alanları açısından oldukça önemli bir yere sahip muadili bulunmayan nadir bir elementtir. Li elementi elektronik cihazların iyon bataryalarının yapımında, uçak parçalarının üretiminde, nükleer faaliyet alanlarında, yapı sektörü malzemelerin hammadde katkılarında, cam-seramik-ilaç endüstrilerinde, araç üretiminde ve rüzgâr panelleri yapımında kullanım alanı olan önemli bir elementtir. Türkiye’de şu anda bilinen bir Li üretimi bulunmamakla birlikte, bu durum hiç potansiyel olmadığı anlamına gelmemektedir. Ülkemizde Li varlığı konusundaki ayrıntılı çalışmalar oldukça azdır. Bu da lityumun dünya üzerindeki kullanım alanları dikkate alındığında ülkemizde Li konusunda bir çalışma boşluğu olduğunu ve üzerinde çalışılması gerektiğini göstermektedir. Dünyada Li’un %50’sinden fazlası daha ucuz maliyetli olması nedeniyle tuzlu göllerden alınan çözeltilerden üretilmektedir. Üretim oranının gelecek yıllarda göl suyu yönünde daha da artacağı tahmin edilmektedir. Göl sularının lityum içeriği nispeten düşük olmasına karşın bu sulardan lityum kazanımı kolay ve ekonomiktir [1]. Bu çalışma kapsamında Kırşehir’e 30 km mesafede bulunan Seyfe Gölü’nde Li varlığının ve oranının tespit edilmesi ayrıca Seyfe Gölü’nün lityum içeriği açısından ekonomik potansiyelinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Bu kapsamda Seyfe Gölü kenarlarından alınan sediman ve su örneklerinin XRD, XRF, ICP ve LIBS yöntemlerine göre Li içerik analiz sonuçları sırasıyla 30-150 ve 25-30 ppm arasında olduğu belirlenmiştir. Bölgedeki Li element kaynakları çevredeki foid siyenit porfir felsik bileşimli alkali intruzif kayaların ayrışması ile Seyfe gölünde zenginleşmiş olabilir.

Anahtar Kelimeler: Kırşehir, lityum, LIBS, Seyfe Gölü

Abstract

Recently, lithium (Li) is a rare element that has a very important place in terms of usage areas. Li element is an important element with its use in the production of ion batteries of electronic devices, in the production of aircraft parts, in nuclear fields of activity, in the raw material additives of the building sector materials, in the glass-ceramic-pharmaceutical industries, in vehicle production and in the production of wind panels. Although currently there is no known a Li production in Türkiye, this does not mean that there is no potential for the Li exploration. Many studies on the presence of Li in Türkiye have been carried out in a very limited number of the exploration. This reveals the importance of Li in Türkiye considering the usage areas of Li in the world and the importance of working on lithium. More than 50% of Li in the world is produced from the salt lakes since it has low cost during the production. It is estimated that the production rate will increase further in the direction of lake water in the near

future. Although the lithium content of the lake waters is relatively low, Li recovery from these waters is easy and more economical than the others [1]. Within the scope of this study, it is aimed to determine the presence and rate of Li in Seyfe Lake, which is 30 km away from Kırşehir, and to reveal the economic potential of Seyfe Lake in terms of lithium content. In this context, XRD, XRF ICP and LIBS analyzes of the sediment and water samples taken from the edges of Seyfe Lake were made. As a result of this investigations, it has been determined that the Li content ratios of the sediments and water are between 30-150 and 25-30 ppm respectively. Li element sources in the region may have been enriched in Seyfe Lake due to the decomposition of foid syenite felsic alkaline intrusive rocks from the surrounding environment.

Keywords: Kırşehir, Lithium, LIBS, Seyfe Lake



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



**Gas-Shale Geological and Geochemical Characteristics of Central Tauride Belt,
Türkiye: A Comparison with Shale Basins in North America**

*Orta Toros Kuşağı (Türkiye) Gaz-Şeyllerinin Jeolojik ve Jeokimyasal Karakteristikleri: Kuzey
Amerika Şeyl Havzaları ile Karşılaştırılması*

Zeynep Döner^{1*}, Mustafa Kumral¹, Qinhong Hu²

¹*Department of Geological Engineering, Faculty of Mines, Istanbul Technical University, Istanbul, Türkiye*

²*Department of Earth and Environmental Sciences, The University of Texas at Arlington, Arlington, Texas,
United States*

**donerz@itu.edu.tr*

Abstract

The increasing global demand for energy has made it imperative to explore and exploit unconventional oil and gas resources. Silurian shale formations in Tauride Belt in Türkiye can be considered as the counterpart of well-known Silurian-aged source rock in the Middle East and North Africa. Working with outcrop samples, this work evaluates the geological and geochemical characteristics of Silurian gas-shales in central Taurides, and makes a comparison with world shale basins. Central Taurides mudstones were originally a Type II oil/gas prone marine shale. The present-day total organic carbon (TOC_{pd}) contents range from 0.56 to 4.06 wt. %. These mudstones have lost 97.4% of their original hydrocarbon potentials as a spent hydrocarbon source rock. However, these mudstones originally may have good to very good source rock potential, according to calculated potential yields (S_{1o}+S_{2o} values ranging from 7.89 to 55.1 mg HC/g TOC). In addition, the targeted zone is in the over-mature stage/dry gas window and has a significant silica content (with an average of 53%) and calcite minerals. Clay minerals are mainly illite and chlorite, and have <30% contents. The permeabilities of studied mudstones are low (less than 1000 nD) and the porosities are typically between 4 to 7%. Although the characteristics of central Taurides mudstones seems to be nearly compatible with data of Utica Shale that can be commercially exploited, considering the paleogeographical location and geological evolution of the study area. it is possible that the source rock could be very deep and deformed from the past to the present day. Considering the low TOC and S₂ values & high T_{max} values of the studied outcrop samples which could have been degraded under atmospheric conditions during the long geological time on the surface, and the having been decomposed or reworked organic matter should also be considered. Core samples from are needed to produce better and more accurate results for central Taurides mudstones for further evaluation of unconventional gas potential.

Keywords: Silurian gas-shales, source rock, geochemical characteristics, reservoir properties, Central Taurides

Özet

Artan küresel enerji talebi, geleneksel olmayan petrol ve gaz kaynaklarını araştırmayı ve kullanmayı zorunlu kılmıştır. Toros Kuşağı'ndaki Siluriyen yaşlı formasyonlar, Orta Doğu ve Kuzey Afrika'da iyi bilinen bir kaynak kaya olan Siluriyen şeyllerinin Türkiye'deki karşılığı olarak göz önünde bulundurulabilmektedir. Bu çalışma, Orta Toroslar'da yer alan Siluriyen gaz şeyllerinin jeolojik ve jeokimyasal karakteristiklerinin değerlendirilmesini ve dünya şeyl havzaları ile karşılaştırılmasını kapsamaktadır. Orta Toroslar'daki çamurtaşları başlangıçta Tip II petrol / gaz eğilimli denizel kökenli olup, bugünkü toplam organik karbon (TOC_{pd}) içeriği de % 0,56 ile 4,06 arasında değişmektedir. Bu çamurtaşları orijinal hidrokarbon potansiyelinin % 97,4'ünü kaybetmiştir, bu da harcanmış hidrokarbon kaynak kayası olduğuna ve gaz için iyi derecede riske işaret etmektedir. Bununla birlikte, hesaplanan potansiyel verim değerlerine göre bu çamurtaşlarının başlangıçta iyi-çok iyi kaynak kaya potansiyeline sahip olduğu söylenebilir ($S1_o + S2_o$ değerleri 7,89-55,1 mg HC / g TOC arasındadır). Ek olarak, hedef bölge aşırı olgun / kuru gaz penceresindedir ve önemli miktarda silika içeriğine (ortalama% 53) sahiptir. Kil mineralleri ise çoğunlukla şişmeyen killere olan illite ve klorit olup içeriği < % 30'dur. İncelenen çamurtaşlarının permeabilitesi düşük (1000 nD'den az), porozitesi ise tipik olarak % 4 ile 7 arasındadır. Her ne kadar Orta Toroslar çamurtaşları ticari olarak üretim yapılan Utica şeyllerinin verileriyle neredeyse uyumlu gibi görünse de (sistemler içerisindeki bazı farklılıklar ile birlikte), çalışma alanının paleocoğrafik konumu ve jeolojik evrimi göz önünde bulundurulduğunda, kaynak kayaların oldukça derinde bulunduğu ve geçmişten günümüze kadar deforme olduğu muhtemeldir. Buna ek olarak, incelenen yüzey örneklerinin neredeyse düşük TOC ve $S2$ değerlerine ve yüksek T_{max} değerlerine sahip olmasının yanı sıra yüzeyde geçen uzun jeolojik zaman boyunca atmosferik koşullarda bozunmuş olabileceği ve organik maddenin parçalanmış veya tekrar işlenmiş olabileceği de göz önünde bulundurulmalıdır. Daha ileriye yönelik değerlendirmek, daha iyi ve daha doğru sonuçlar elde etmek adına sondaj karot örneklerine ihtiyaç vardır.

Anahtar Kelimeler: Siluriyen gaz-şeylleri, kaynak kaya, jeokimyasal karakteristikler, rezervuar özellikleri, Orta Toroslar

1. INTRODUCTION

An investigation of new and unconventional energy resources has become mandatory for countries like Türkiye with very limited supplies of conventional oil and natural gas, considering an increasing global energy demand, depletion of readily available and accessible resources, rapid decline in production in existing production areas, extreme rise in oil prices, population growth and industrialization, along with the latest development of advanced and environment-friendly production techniques. As a natural gas, shale gas is one of several forms of unconventional gas, being trapped within shale formations with ultra-low permeability. Shale (or mudstone) is defined as an organic-rich and fine-grained reservoir in which gas is self-sourced, with some of them stored in the sorbed state (Bustin et al., 2009). Silurian-aged formations in Tauride Belt in Türkiye are the counterparts of Silurian shale which is a well-known rock in the Middle East and North Africa. In this context, Silurian mudstones in central Taurides, located in the southern part of Türkiye between Aydıncık, Gülnar and Silifke districts of Mersin province covering an area of approximately 550 km², can be considered as an unconventional shale gas resource. The aim of this study is to evaluate the geologic and geochemical properties of Silurian gas-shales in central Taurides, in terms of mineralogical constituents & lithofacies, organic geochemical characteristics, reconstruction of original hydrocarbon generative potential and petrophysical properties for shale play evaluation. For this purpose, we will present these properties and then make a comparison with world shale basins.

2. GEOLOGICAL BACKGROUND

The Silurian mudstones belong to the Karayar and Puşçütepe Formations in the Ovacık tectonic slice of Geyik Dağı Unit (Doner et al., 2019). The accumulation of the studied mudstones was in the Upper Silurian-Lower Devonian time (Doner et al., 2019). Silurian anoxic–oxic cycles are well known globally (Jeppsson, 1990). North Africa, Arabia (including most of Türkiye), and central and northwest Iran were part of the long and wide northern passive margin of Gondwana from the Late Proterozoic to the Late Palaeozoic (Beydoun, 1991). During the early Silurian, a North Gondwana shelf anoxic event occurred over a short period. The main reason for this anoxic event is the short-lived (<0.5 Myr) Hirnantian glaciation in the Late Ordovician. By Lower Silurian time, the retreat and melting of the glaciers resulted in an abrupt sea-level rise and the deposition of the upward-coarsening Puşçütepe Formation in the Central Taurides (Husseini, 1990). During this ice-melting period, marine and nutrient-rich environments were generated due to coastal upwelling of shelf seas over the craton margins (e.g., Lüning et al., 2000a; Le Heron et al., 2009). Subsequently Karayar Formation, comprising of an alternated shale (thickness of 20–30 cm) and limestone (10–15 cm), was deposited during a regressive cycle.

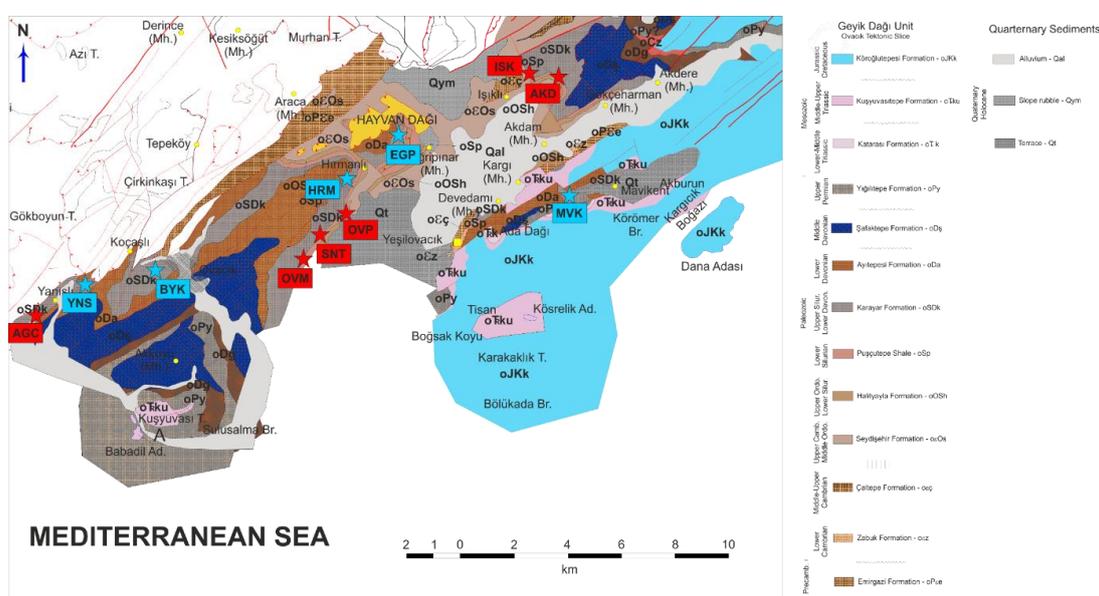


Figure 1. Geological map of the study area in Taurides (modified from Alan et al., 2014). Red box and text mark the location and sample ID of organic-rich samples and blue ones of organic-lean samples. The white areas in the map do not show geological units.

3. MATERIALS and METHODS

This work uses outcrop samples with different lithotypes of mudstones with both organic-rich and -lean samples (Fig. 1). Pyrolysis analyses were performed using Rock-Eval VI according to IFP 160000 (Institut Français du Pétrole) standard in Turkish Petroleum Research and Development Center. Rock-Eval VI analyzer shows the presence of free oil and the remaining generation potential for the calculation of kerogen transformation, provides an indication of thermal maturity and the present-day kerogen type (oil or gas prone). The X-Ray Diffraction (XRD) analyses were performed to qualitatively and quantitatively investigate the mineral composition of the rock samples using Shimadzu Center for Environmental, Forensics and Material Science (CEFMS) Laboratory located at University of Texas at Arlington (UTA). To evaluate the reservoir quality, the fluid immersion porosimetry (FIP), and mercury intrusion porosimetry (MIP) were conducted using a custom-designed vacuum saturation apparatus (a ref) and Micromeritics 9520, respectively. Three fluids with different hydrophilicity and hydrophobicity

were used in this work, and they included DI water, 2DT (n-decane: toluene, v/v of 2:1) and THF (tetrahydrofuran, (CH₂)₄O) to understand the fluid-mudrock interactions.

4. RESULTS and DISCUSSION

4.1. Mineralogical Constituents and Lithofacies

Although industry parlance commonly describes studied rocks as shale plays, these are truly mudstones (Jarvie, 2012). The Silurian mudstones of central Taurides can be considered as a hybrid system where organic-rich and organic-lean intervals, for example silts, carbonates or sands were juxtaposed (overlying, underlying, or interbedded), that could be grouped into three rock types: siliceous, carbonate-dominated, and mixed mudstones (Fig. 2). In addition, clay minerals in mudstones of central Taurides are mainly illite, with some kaolinite and chlorite, which are non-swelling clays (Table 1).

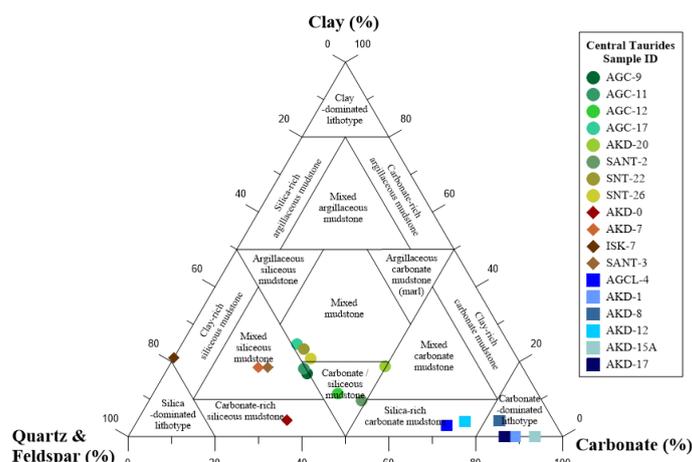


Figure 2. XRD-based lithofacies diagram for central Taurides mudstones according to Diaz et al. (2013).

Table 1. Mineralogical compositions of the central Taurides samples from XRD measurements.

Location	Sample ID	Lithotype	Quartz	Feldspar	Calcite	Total Clay	Illite	Kaolinite	Chlorite	TOC
Central Taurides	AGC-9	mixed mudstone	46.8±5.5	4.60±0.5	31.4±1.4	17.2±0.5	11.1±0.9	0.80±0.1		4.06
	AGC-11		45.4±4.6	5.50±0.5	31.6±1.6	18.3±0.7	16.4±1.2			2.72
	AGC-12		39.0±3.0	7.00±0.5	42.5±1.4	11.5±0.6	11.3±0.5			2.84
	AGC-17		27.2±1.6	21.8±1.0	26.6±1.0	24.8±0.4	6.00±0.5	7.70±0.6	2.20±0.2	2.13
	AKD-20		26.8±1.6	5.40±0.2	50.9±1.6	17.2±0.6	14.8±1.0			0.75
	SANT-2		38.2±2.3	3.20±0.2	48.8±2.9	9.60±1.0	6.30±0.6		0.80±0.1	0.50
	SNT-22		41.2±2.4	5.30±0.4	27.9±1.6	22.7±0.4	18.0±1.0		1.00±0.1	0.96
	SNT-26	39.1±2.2	7.70±0.5	31.1±1.8	20.5±0.4	13.0±0.6	5.00±0.4	0.60±0.1	0.70	
	AKD-0	siliceous mudstone	58.1±3.5	3.10±0.3	34.3±2.1	4.40±0.2	2.30±0.2			0.40
	AKD-7		53.9±3.2	6.90±0.5	20.7±1.3	18.5±0.7	17.7±1.2		0.80±0.1	0.23
	ISK-7		63.1±3.9	15.3±1.0		20.9±0.5	13.3±1.1		1.00±0.1	0.28
	SANT-3		53.5±2.0	5.10±0.4	22.9±2.5	18.5±0.3	7.90±0.6	4.80±0.4	1.70±0.1	0.25
	AGCL-4	carbonate-dominated mudstone	17.2±1.2	8.00±0.4	71.8±2.3	3.00±0.2	2.30±0.3		0.70±0.1	0.37
	AKD-1		7.70±0.6	3.30±0.4	89.0±6.1					0.17
	AKD-8		11.2±0.8	1.30±0.1	83.3±5.5	4.20±0.5	4.20±0.5			0.32
	AKD-12		18.7±1.2	1.80±0.2	75.5±2.4	4.00±0.5	4.00±0.5			0.32
	AKD-15A		5.40±0.4	1.00±0.1	93.7±6.5					0.17
AKD-17	7.00±0.5		6.40±0.5	86.6±3.0					0.16	

4.2. Organic Geochemical Characteristics

4.2.1. Organic matter type

The Silurian mudstones in central Taurides were originally a Type II oil/gas prone marine shale and were not originally a Type IV no potential or limited gas prone kerogen, based on hydrogen indices [present-day HI_{pd}: 0.32-42.7 and original HI_o: 434-461 mg HC/g TOC (Jarvie, 2001)]. The hydrocarbon type indices (S₂/S₃: 0.02-5.50; Peters and Cassa, 1994), and HI vs. OI plots (Fig. 3) of studied mudstones also support this assessment. For shale gas exploration, the current targets are heavily dominated by type II kerogen, like Barnett, Marcellus, and Haynesville shale plays in the United States and Western Canadian Basin (Tan, 2014). With an increased thermal maturation, these mudstones were

essentially converted from a Type II into a Type IV source rock. The decrease in HI values follows a trend of increasing thermal maturity.

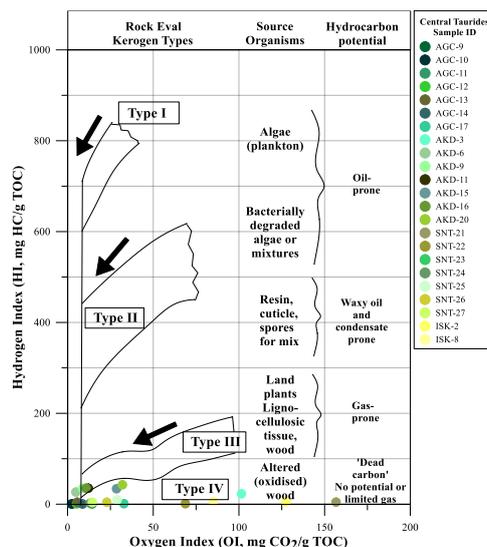


Figure 3. The current kerogen types, its origins, and producible hydrocarbon types (Glennie, 2009).

4.2.2. Organic matter quantity

It's commonly accepted that a minimum present-day TOC_{pd} of 1 wt.% is required for shale gas accumulation (Zhang et al., 2008; Jarvie, 2012; Liang et al., 2014). The central Taurides mudstones have a moderate amount of present-day TOC_{pd} contents ranging from 0.56 to 4.06 wt.%. The original content ($TOC_o = TOC_{pd} / 0.64$) of the mudstones range from 0.88 to 6.34 wt.% (average of 2.35 wt.%), and these values indicate good potential for oil and gas (Jarvie et al., 2004).

Table 2. Rock-Eval data and calculated geochemical parameters of central Taurides mudstones.

Central Taurides																											
Sample ID	TOC (wt. %)	S1 (mg HC/g TOC)	S2 (mg HC/g TOC)	S3 (mg HC/g TOC)	Tmax (°C)	HI (mg HC/g TOC)	OI (mg CO ₂ /g TOC)	PI	RC (%)	PC (%)	MINC (%)	S2/S3	GOC (wt. %)	NGOC (wt. %)	TOC _o	S1 _o (mg HC/g TOC)	S2 _o (mg HC/g TOC)	H1 _o (mg HC/g TOC)	TR (%)	Plo	S1 _o (bb/acre-ft)	S2 _o (bb/acre-ft)	S1 _o +S2 _o (mg HC/g TOC)	HCG	GR _o	Eq/R _o -1	
AGC-9	4.06	0.01	0.02	0.09	501	0.49	2.22	0.33	4.05	0.01	0.07	0.22	0.37	5.97	6.34	27.5	434	434	99.9	0.500	552.8	553.0	55.06	7.9E+13	4.70	3.58	
AGC-10	3.08	0.01	0.01	0.08	502	0.32	2.60	0.50	3.07	0.01	0.04	0.13	0.37	4.44	4.81	20.9	434	434	99.9	0.500	419.4	419.4	41.77	6E+13			
AGC-11	2.72	0.01	0.01	0.39	498	0.37	14.3	0.50	2.70	0.02	0.07	0.03	0.37	3.88	4.25	18.4	18.4	434	99.9	0.500	370.4	370.4	36.89	5.3E+13	4.91	3.63	
AGC-12	2.84	0.01	0.02	0.15	442	0.70	5.28	0.33	2.83	0.01	0.01	0.13	0.37	4.07	4.44	19.3	19.3	434	99.8	0.500	386.7	386.9	38.52	5.5E+13	4.79	3.60	
AGC-13	2.86	0.01	0.12	0.16	443	4.20	5.59	0.08	2.84	0.02	0.07	0.75	0.37	4.10	4.47	19.4	19.5	436	99.0	0.499	389.4	391.6	38.90	5.5E+13	4.54	3.55	
AGC-14	2.75	0.01	0.01	0.24	499	0.36	8.73	0.50	2.74	0.01	0.12	0.04	0.37	3.93	4.30	18.6	18.6	434	99.9	0.500	374.5	374.5	37.29	5.3E+13			
AGC-17	2.13	0.02	0.02	0.70	316	0.94	32.9	0.50	2.11	0.02	1.54	0.03	0.37	2.96	3.33	14.5	14.5	434	99.8	0.500	290.3	290.3	28.91	4.1E+13			
AKD-3	0.66	0.03	0.15	0.67	501	22.7	101.5	0.17	0.62	0.04	2.79	0.22	0.38	0.65	1.03	4.50	4.62	448	94.9	0.493	90.4	92.8	9.13	1.3E+13			
AKD-6	1.66	0.08	0.44	0.08	481	26.5	4.82	0.15	1.61	0.05	0.23	5.50	0.38	2.21	2.59	11.3	11.7	451	94.1	0.492	227.5	234.8	23.02	3.1E+13	1.53	1.46	
AKD-9	0.69	0.11	0.24	0.06	484	34.8	8.70	0.31	0.66	0.03	1.74	4.00	0.39	0.69	1.08	4.79	4.92	456	92.4	0.493	96.1	98.7	9.70	1.3E+13			
AKD-11	0.91	0.32	0.11	0.11	480	35.2	12.1	0.50	0.85	0.06	1.69	2.91	0.39	1.03	1.42	6.49	6.49	456	92.3	0.500	130.3	130.3	12.97	1.7E+13	1.52	1.45	
AKD-15	0.56	0.11	0.19	0.16	515	33.9	28.6	0.37	0.53	0.03	1.61	1.19	0.39	0.49	0.88	3.91	3.99	455	92.6	0.495	78.4	80.0	7.89	1.1E+13			
AKD-16	0.74	0.09	0.26	0.08	488	35.1	10.8	0.26	0.71	0.03	1.88	3.25	0.39	0.77	1.16	5.11	5.28	456	92.3	0.492	102.5	105.9	10.38	1.4E+13			
AKD-20	0.75	0.35	0.32	0.24	476	42.7	32.0	0.52	0.68	0.07	2.95	1.33	0.39	0.78	1.17	5.43	5.40	461	90.7	0.501	109.1	108.5	10.84	1.4E+13	1.78	1.70	
SNT-21	0.67	0.01	0.03	1.05	441	4.48	156.7	0.25	0.63	0.04	2.66	0.03	0.37	0.68	1.05	4.55	4.57	437	99.0	0.499	91.4	91.8	9.12	1.3E+13			
SNT-22	0.96	0.01	0.01	0.66	607	1.04	68.8	0.50	0.94	0.02	1.76	0.02	0.37	1.13	1.50	6.52	6.52	434	99.8	0.500	130.9	130.9	13.03	1.9E+13	2.83	2.55	
SNT-23	1.26	0.01	0.02	0.17	608	1.59	13.5	0.33	1.25	0.01	2.88	0.12	0.37	1.60	1.97	8.55	8.56	435	99.6	0.500	171.7	171.9	17.11	2.4E+13	2.74	2.46	
SNT-24	0.98	0.02	0.02	0.13	344	2.04	13.3	0.50	0.97	0.01	2.81	0.15	0.37	1.16	1.53	6.66	6.66	435	99.5	0.500	133.8	133.8	13.32	1.9E+13	2.68	2.40	
SNT-25	0.76	0.02	0.07	431	9.21	28.9	0.22	0.74	0.02	2.83	0.32	0.37	0.81	1.19	5.17	5.22	440	97.9	0.498	103.8	104.8	10.39	1.5E+13				
SNT-26	0.70	0.01	0.03	0.16	345	4.29	22.9	0.25	0.69	0.01	2.19	0.19	0.37	0.72	1.09	4.75	4.77	436	99.0	0.499	95.5	95.9	9.53	1.4E+13	2.97	2.68	
SNT-27	0.76	0.01	0.03	0.11	608	3.95	14.5	0.25	0.75	0.01	2.50	0.27	0.37	0.82	1.19	5.16	5.18	436	99.1	0.499	103.6	104.0	10.34	1.5E+13	2.80	2.52	
ISK-2	0.62	0.01	0.03	0.79	529	4.84	127.4	0.25	0.59	0.03	0.63	0.04	0.37	0.60	0.97	4.21	4.23	437	98.9	0.499	84.6	85.0	8.44	1.2E+13			
ISK-8	1.48	0.12	0.09	1.26	519	6.08	85.1	0.57	1.42	0.06	0.09	0.07	0.37	1.94	2.31	10.2	10.1	438	98.6	0.501	203.8	203.2	20.27	2.9E+13	1.49	1.42	

Clearly, the calculated original TOC_o values are greater than the measured TOC_{pd} values, because TOC_{pd} decreases with an increase of thermal maturity and amount of hydrocarbons generated. In addition, in the gas window, TOC may be reduced by 30-50% (Jarvie et al., 2004).

4.2.3. Thermal maturation

The decrease in HI values follows a trend of increasing thermal maturity. Studied mudstones are in overmature stage and dry gas window, based on graptolite reflectance (GR_o : 1.49-4.91), equivalent

vitrinite reflectance (EqVR_{o-1} of 1.42-3.63) (Wang et al., 2019), and S2/S3 ratios (from 0.02 to 5.50 as shown in Table 2) (Clementz, 1979; Peters, 1986).

4.2.4. Hydrocarbon resource potential and risk prospects based on geochemical data

Carbon and hydrogen loss are due to hydrocarbon generation, thereby reducing the original source potential of the rock. These mudstones seem to be a spent hydrocarbon source rock. The central Taurides mudstones have lost 97.4% for their original hydrocarbon potentials, according to calculated TR_{HI} (Transformation ratio based on hydrogen index) rates of 90.7-99.9 %, indicating good risk for gas (Jarvie et al., 2004). Gas was derived from both thermogenic cracking of kerogen and from cracking of any retained oil in the shale. The original amount of hydrocarbons that can be produced by the system in potential area (Jarvie et al., 2004) was calculated as 2.90×10^{13} kg HC (assumptions for calculation are; 5.5×10^{12} cm² areal extent, 3000 cm average thick, density 2.6 g/cm³, with approximate depth of 3500-5500m). The potential yield of central Taurides was calculated as 207 (bbl/ac-ft). In addition, the original S1_o+S2_o values (ranging from 7.89 to 55.1 mg HC/g TOC) indicate that central Taurides mudstones originally may have good to very good source rock potential. Moreover, these mudstones, with average values of generative organic carbon (GOC) at 0.38 and non-generative organic carbon (NGOC) at 1.98) (Table 2) can be said to nearly resemble Ordovician Utica shales (Jarvie, 2010) in terms of the shale gas systems.

4.2.5. Petrophysical characteristics

Our experimental results of reservoir properties for outcrop samples indicate that the mixed and siliceous zones of central Taurides are a suitable interval for hydraulic stimulation. The brittleness [expressed as BI = (Qtz+Dol)/(Qtz+Dol+Cal+Clay+TOC); Wang and Gale, 2009] of mixed and siliceous mudstones are 0.48 and 0.52 for these two lithofacies, that are between expected brittleness values according to Jarvie et al. (2007). These zones for central Taurides have significant silica content (average of 53%) with calcite minerals (Table 2). The porosities are moderate to high; for 1 cm-sided cubic samples, they are 1.3-7.4% (as obtained by FIP and 0.4-6.1% from MIP; Table 3). Tortuosity values of mixed and siliceous mudstones are moderate [effective tortuosity: 8.78-88.3; geometrical tortuosity L_e/L (as defined in Hu et al., 2015): 0.213-2.01], meaning that there are complex passageways for fluid movement. Due to the low permeability (an average of 1.03×10^5 nD) of siliceous and mixed mudstones, the hydrofracturing would be needed for viable hydrocarbon production for central Taurides mudstones.

Table 3. Pore structure properties from MIP and FIP analyses for 1 cm cubed samples.

Sample ID	Lithotype	MIP			FIP	
		Porosity (%)	Permeability k (nD)	Effective tortuosity D _e /D _g	Geometrical tortuosity L _e /L	Porosity (%)
AKD-20	mixed mudstone	0.418	3.330E+05	10.9	0.21	1.261±0.199
ISK-9		6.131	3.934E+04	29.3	1.34	5.496±2.332
SNT-22		0.480	1.034E+04	29.8	0.38	2.107±0.771
ISK-7	siliceous mudstone	5.250	1.280E+05	8.78	0.68	6.629±1.483
SANT-2		4.588	2.823E+03	88.3	2.01	7.432±0.604
AGCL-4	carbonate-dominated mudstone	1.150	1.050E+04	33.0	0.62	1.178±0.601
AKD-1		0.184	5.166E+04	11.6	0.15	0.547±0.021
AKD-8		0.202	6.319E+05	4.78	0.10	1.089±0.243
AKD-15A		0.116	3.335E+05	5.08	0.08	0.396±0.118
AKD-17		0.588	1.566E+07	2.74	0.13	0.170±0.018

4.2.6. Comparison with world shale-gas resource systems

Central Taurides mixed mudstones can be considered as targeted zone for shale gas. These mudstones were originally a Type II oil/gas prone marine shale. The present-day TOC_{pd} values are moderate. These mudstones originally may have good to very good source rock potential, according to calculated potential yields. In addition, this targeted zone is in the overly mature stage / dry gas window and has significant silica content (average of 48%) with calcite minerals, is generally >40%. Clay minerals are non-swelling clays and have <30% contents. The permeabilities of studied mudstones are low (less than 1000 nD) and the porosities are typically between 4 to 7% (less than 15%).

All these properties of central Taurides mixed mudstones are compared with 10 shale basins in North America, and seems to be a nearly compatible with data of Utica shales in terms of the hydrocarbon generative potential (based on the GOC, TOC_{pd} and S2_o values), as shown from the polar shale-gas risk plot (Fig. 4) that have been commercially exploited (Table 4).

Table 4. Data on shale gas systems of important shale gas basins in the world and shale characteristics of central Taurides (Jarvie et al., 2001; Bowker, 2003a; Jarvie et al., 2004; EIA, 2011; Jarvie, 2012).

Shale	Montney	Eagle Ford	Haynesville	Bossier	Barnett	Fayetteville	Muskwa	Woodford	Marcellus	Utica	Central Taurides
Basin/Area	British Columbia, Alberta, West Canada	Eagle Ford (Austin Chalk trend), Texas, USA	Sab Basin (East Texas-North Louisiana), USA	Sab Basin (East Texas-North Louisiana), USA	Fort Worth Basin (Texas, USA)	Arkoma Basin (Arkansas, USA)	Horn River Basin (British Columbia, Canada)	Arkoma Basin (Oklahoma, USA)	Appalachian Basin (New York, Ohio, Pennsylvania, West Virginia, USA)	St. Lawrence (Lowland, Quebec, USA)	Tauride Bek, Turkey
Age	Triassic	Cretaceous	Late Jurassic	Late Jurassic	Mississippian	Mississippian	Devonian	Devonian	Devonian	Ordovician	Silurian
Estimated basin area (km ²)	64750	19425	23310	23310	12950	23310	38850	28490	246050	6475	550
Depth (m)	1097 - 2743	1219 - 3048	3200 - 4115	3551	1981 - 2591	1736	2134 - 2743	1829 - 3962	1219 - 2591	701 - 1829	~ 3500 - 5500
Thickness (m)	274 - 457	31 - 90	69	85	61 - 305	15 - 99	110 - 152	31 - 274	58	91 - 305	30
Gas Type	Thermogenic	Thermogenic	Thermogenic	Thermogenic	Thermogenic	Thermogenic	Thermogenic	Thermogenic	Thermogenic	Thermogenic	Thermogenic
Porosity (%) (range, average)	4 - 6	6 - 14	4 - 14 (8.1)	7.5	4 - 6 (5)	2 - 8 (6)	1 - 9 (4)	3 - 9 (5)	4 - 12 (6.12)	7.0	0.4 - 6.1 (3.4)
Permeability (mD) (range, average)	5 - 75 (30)	700 - 3000 (1000)	0 - 5000 (350)	0 - 100 (10)	0 - 100 (50)	0 - 100 (50)	0 - 200 (20)	0 - 700 (25)	0 - 70 (20)	0 - 50 (10)	1.3-10 ¹⁸
Silica content (%)	40	15	30	25 - 30	45	35	60	55	37	12 - 51	53
Clay content (%)	15	15	30	35 - 50	25	38	20	20	35	15-26	16
Carbonate content (%)	30	60	20	5-25	15	12	10	5	25		36
Thermal maturity (Ro%) (range, average)	0.9 - 2.5 (1.6)	0.8 - 1.6 (1.2)	1.2 - 2.4 (1.5)	1.1 - 2.4 (1.5)	0.9-2.1 (1.6)	2.0 - 4.5 (2.5)	1.4 - 2.2 (2.0)	0.7 - 4.0 (1.5)	0.9 - 5.0 (1.5)	0.8 - 3.0 (2.0)	1.5 - 3.6 (3.2)
HI present-day (mg HC/g TOC)	17	80	14	15	45	15	10	60	20	27	12
HI original (mg HC/g TOC)	354	411	722	419	434	404	532	503	507	379	441
TR (%)	95	79	98	96	90	96	98	85	96	93	97
TOC present-day (range, average in wt. %)	0.2 - 11.0 (1.95)	2.0 - 8.5 (2.76)	0.5 - 4.0 (3.01)	0.5 - 4.2 (1.64)	3.0 - 12.0 (3.74)	2.0 - 10.0 (3.77)	1.0 - 10.0 (2.16)	3.0 - 12.0 (5.34)	2.0 - 13.0 (4.01)	0.8 - 5.0 (1.33)	0.56 - 4.06 (1.50)
TOC original (average in wt. %)	2.79	4.24	7.79	2.55	5.92	5.74	3.94	9.33	8.20	1.96	2.35
GOC original (average in wt. %)	0.84	1.48	4.78	0.91	2.18	1.97	1.78	3.99	3.53	0.63	0.38
S1 present-day + S2 present-day (mg HC/g TOC)	0.67	3.76	0.71	0.40	1.95	0.35	0.62	4.05	1.23	2.25	0.17
S2 original (mg HC/g TOC)	9.87	17.42	55.51	10.67	25.65	23.18	20.95	46.91	40.33	7.43	10.3

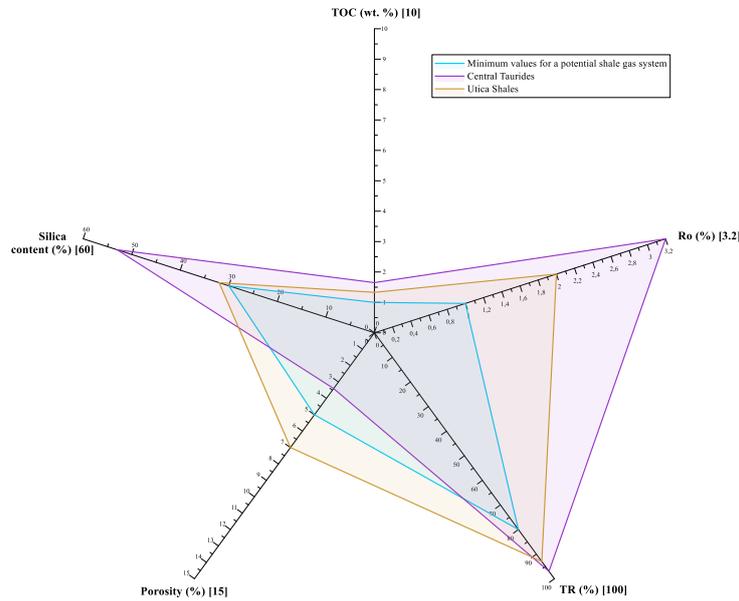


Figure 4. Polar shale-gas risk plot, showing minimum values for potential shale gas systems, the values of Utica Shales and central Taurides (Jarvie et al., 2007; Jarvie, 2012)

5. CONCLUSION

Although the characteristics of central Taurides mudstones seem to be a nearly compatible with these of Utica Shale that can be commercially exploited, it is possible that the source rock is very deep and

deformed from the past to the present day, considering the paleogeographical location and geological evolution of the study area. Considering the low TOC and S₂ values & high T_{max} values of the studied outcrop samples which could have been degraded under atmospheric conditions during the long geological time on the surface, and the having been decomposed or reworked organic matter should also be considered. As a result, it is seen that during the organic matter thermal evolution, a series of physical and chemical reactions occur, including the conversion of organic carbon, the decomposition of organic matter and the generation of hydrocarbon. Contemporaneously, a large amount of nano-pores could be generated, which may act as storage space for shale gas in the source rocks.

For further prospect evaluation, such as the determination of GIP (gas in place), depth (to top and base of shale interval), organic-rich gross & net shale thickness, burial depth, net areal extent, pressure, first-year decline rates, principal stress fields, revealing the continuous mappable systems, risked shale gas & shale oil in-place, and calculating the technically recoverable shale gas & shale oil resource, core samples from wells are needed to provide better and more accurate results for central Taurides.

REFERENCES

- Alan, İ., Balci, V., Elibol, H., “Türkiye Jeoloji Haritaları, Silifke P31 ve P32 Paftaları”, Maden Tetkik Arama Jeoloji Etüdüleri Dairesi yayınları, Rapor No: 222, Ankara, Turkey, 2014.
- Beydoun, Z.R., “Arabian Plate hydrocarbon geology and potential-A plate tectonic approach”, Am. Assoc. Pet. Geol. Memoir No. 77, 1991.
- Bowker, K.A., “Recent development of the Barnett Shale play, Fort Worth Basin, West Texas”, Geological Society Bulletin, 42, 6, 1-11, 2003a.
- Bustin, R.M., Bustin, A., Ross, D., Chalmers, G., Murthy, V., Laxmi, C., Cui, X., “Shale gas opportunities and challenges. Search and Discovery Articles”, 40382, 20-23, 2009.
- Diaz, H.G., Fuentes, C.C., Calvin, C., Yang, Y., Macphail, K., Lewis, R., “Evaluating the impact of mineralogy on reservoir quality and completion quality of organic shale plays”, In AAPG Rocky Mountain Section Meeting, Salt Lake City, Utah, 2013.
- Clementz, D.M., Demaison, G.J., Daly, A.R., “Well site geochemistry by programmed pyrolysis”, Proceedings of the 11th Annual Offshore Technology Conference, Houston, OTC 3410, 1, 465-470, 1979.
- Doner, Z., Kumral, M., Demirel, I.H., Hu, Q.H., “Geochemical characteristics of the Silurian shales from the central Taurides, southern Turkey: Organic matter accumulation, preservation and depositional environment modeling”, Mar. Petrol. Geol. 102, 155-175, 2019.
- Glennie, K.W. (Ed.), “Petroleum Geology of the North Sea: Basic concepts and recent advances”, John Wiley & Sons, 2009.
- Hu, Q.H., Ewing, R.P., Rowe, H.D., “Low nanopore connectivity limits gas production in Barnett formation”, J. Geophys. Res.: Solid Earth 120 (12), 8073–8087, 2015.
- Husseini, M.I., “The Cambro-Ordovician Arabian and Adjoining Plates: A Glacio-Eustatic model”, J. Petrol. Geol. 13 (3), 267-288, 1990.
- Jarvie, D.M., “Shale resource systems for oil and gas: Part 2—Shale-oil resource systems”, 2012.
- Jarvie, D.M. “Worldwide Shale Resource Plays and Potential”, The American Association of Petroleum Geologists European Region ICE, Kiev, Ukraine, 2010.
- Jarvie, D.M., Claxton, B., Henk, B., Breyer, J.T., “Oil and Shale Gas From the Barnett Shale, Fort Worth Basin, Texas”, The American Association of Petroleum Geologists Annual Meeting Program, Denver, CO, June 3-6, 10, A100, 2001.
- Jarvie, D.M., Hill, R.J., Ruble, T.E., Pollastro, R.M., “Unconventional shale-gas systems: The Mississippian Barnett Shale of north-central Texas as one model for thermogenic shale-gas assessment”, AAPG Bull., 91(4), 475-499, 2007.
- Jarvie, D.M., Pollastro, R.M., Hill, R.J., Bowker, K., Claxton, B., Burgess, J., “Evaluation of hydrocarbon generation and storage in the Barnett shale, Ft. Worth basin, Texas”, In Ellison Miles Memorial Symposium, Farmers Branch, Texas, USA, 22-23, 2004.

- Le Heron, D.P., Craig, J., Etienne, J.L., “Ancient glaciations and hydrocarbon accumulations in North Africa and the Middle East.”, *Earth-Sci. Rev.* 93 (3-4), 47-76, 2009.
- Liang, C., Jiang, Z., Zhang, C., Guo, L., Yang, Y., Li, J., “The shale characteristics and shale gas exploration prospects of the Lower Silurian Longmaxi shale, Sichuan Basin, South China”, *J. Nat. Gas Sci. Eng.*, 21, 636-648., 2014.
- Lüning, S., Craig, J., Loydell, D.K., Štorch, P., Fitches, B., “Lower Silurian hot shales' in North Africa and Arabia: regional distribution and depositional model”, *Earth-Sci. Rev.* 49 (1-4), 121-200, 2000.
- Peters, K.E., “Guidelines for evaluating petroleum source rock using programmed pyrolysis”, *AAPG Bull.*, 70, 329., 1986.
- Tan, J., “Shale Gas Potential of the Major Marine Shale Formations in the Upper Yangtze Platform, South China”, PhD Thesis, Central South University, Berlin, 2014.
- EIA (United States the Energy Information Administration Report), “World Shale Gas Resources; An initial Assessment of 14 Regions Outside the United States”, 365, 2011.
- Wang, F.P., Gale, J.F., “Screening criteria for shale-gas systems”, 2009.
- Zhang, J., Nie, H., Xu, B., Jiang, S., Zhang, P., Wang, Z., “Geological condition of shale gas accumulation in Sichuan Basin”, *Natural Gas Industry*, 28(2): 151-156, 2008a.



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



TEMATİK OTURUMLAR 04 / THEMATIC SESSIONS 04

ENERJİ HAMMADDELERİ VE JEOKİMYASI

ENERGY RAW MATERIALS AND THEIR GEOCHEMISTRY

POSTER SUNUMLARI / POSTER PRESENTATIONS



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



**Assessment of Unconventional Fossil Fuel Systems (Oil Shale vs. Shale Gas) based on
Organic Geochemical Methods: An Example from the Eocene (Central Anatolia of
Türkiye) and Silurian (Western Pontides of Türkiye) Source Rocks**

*Geleneksel Olmayan Fosil Yakıt Sistemlerinin (Petrol Şeyli ve Şeyl Gazı) Organik
Jeokimyasal Yöntemlere Dayanarak Değerlendirilmesi: Eosen (Orta Anadolu, Türkiye) ve
Silüriyen (Batı Pontidler, Türkiye) Kaynak Kayalarından Bir Örnek*

Zeynep Döner*, Berat Genç, **Kaya Erbil**, Ali Tuğcan Ünlüer, and Mustafa Kumral

Department of Geological Engineering, Faculty of Mines, Istanbul Technical University, Istanbul, Türkiye

**donerz@itu.edu.tr*

Abstract

Hydrocarbons (HCs) in the forms of oil and gas phases are the primary energy sources which mankind depends on to provide fuel for the advanced technologies that we rely on to make our lives easier. Considering the geological periods, more than 90% of the world's original recoverable HC reserves were obtained from the source rocks of six anoxic stratigraphic ranges. Eocene black shales in Çamalan Formation in Ankara area (central Anatolia of Türkiye) and Silurian black shales in Ereğli-Zirze Formation in Karabük-Kastamonu area (western part of Türkiye) are of the alternative unconventional resources. Unconventional sources are HC sources, but they are a set of energy sources separated from other conventional deposits due to differences in formation, occurrence or production. The Total Organic Carbon (TOC) values of Eocene black shales range from 2.37 to 5.69 wt.%. T_{max} values of these shales (from 434 to 439°C) indicate the immature-early mature stage of maturity. Hydrogen Index (HI) values range from 643 to 801 mg HC/g TOC and the organic matter type is Type I kerogen that can yield oil products. The HC generative potential (S1+S2) of 1.88-4.30 mg HC/g rock show a good source rock potential. Silurian black shales' TOC contents at the present time vary from 0.68 to 1.57 wt.%. Abnormal T_{max} values (<400°C and >550°C) and low HI values (1-27 mg HC/g TOC) indicate that these black shales are thermally over-mature. The remaining HC generative potential of 0.04-0.22 mg HC/g rock also supports this assessment. The recent organic matter type is Type IV kerogen that can yield limited gas products. According to the interpretation of shale gas potential parameters based on Jarvie's equation reconstructed average original value of TOC_o is 1.68 wt. %, HI_o is 442 mg HC/g TOC and TR_{HI} is 97 % indicating a primarily dry gas window. The original kerogen type of Silurian gas shales is oil/gas prone Type II kerogen, which is compatible with current targets for shale gas exploration. Overall, these results point out that they have different system characteristics and accordingly production mechanisms, although both HC resources are unconventional sources. While Eocene black shales can be considered as an oil shale system that generated oil by retorting source rocks (in situ or ex situ processing), Silurian black shales are an example of the shale gas system that horizontal drilling and hydraulic fracturing are the primary enabling technologies for production. As a result, it is clear that extracting unconventional HCs will be much costlier, compared to conventional oil and gas.

Keywords: Eocene oil-shales, Silurian gas-shales, unconventional sources, Central Anatolia, Western Pontides

Öz

Petrol ve gaz fazları şeklindeki hidrokarbonlar (HCs), hayatımızı kolaylaştırmak için güvendiğimiz ileri teknolojiler için yakıt sağlamak amacıyla insanlığın bağımlı olduğu birincil enerji kaynaklarıdır. Jeolojik dönemler dikkate alındığında, dünyadaki orijinal geri kazanılabilir HC rezervlerinin %90'ından fazlası altı anoksik stratigrafik aralığın kaynak kayalarından elde edilmiştir. Ankara (İç Anadolu, Türkiye) civarında yüzlek veren Çamalan Formasyonu'ndaki Eosen siyah şeyller ve Karabük-Kastamonu bölgesindeki (Batı Pontidler, Türkiye) Ereğli-Zirze Formasyonu'ndaki Silüriyen siyah şeylleri alternatif geleneksel olmayan kaynaklardır. Geleneksel olmayan kaynaklar yine HC kaynakları olmasına rağmen oluşum, oluşum veya üretim farklılıkları nedeniyle diğer geleneksel yataklardan ayrılan bir dizi enerji kaynaklarıdır. Eosen siyah şeyllerinin Toplam Organik Karbon (TOC) değerleri % wt. 2,37-5,69 aralığındadır. Bu şeyllerin T_{max} değerleri (434-439°C) olgunlaşmamış-erken olgun aşamasını göstermektedir. Hidrojen İndeksi (HI) değerleri 643-801 mg HC/g TOC arasında değişmekte olup organik madde türü, çoğunlukla petrol türeten Tip I kerojendir. 1,88-4,30 mg HC/g arasında değişen HC üretim potansiyeli (S1+S2), iyi bir kaynak kaya potansiyelini göstermektedir. Silüriyen siyah şeyllerin günümüz TOC içerikleri % wt. 0.68-1.57 arasında değişmektedir. Anormal T_{max} değerleri (<400°C ve >550°C) ve düşük HI değerleri (1-27 mg HC/g TOC), bu siyah şeyllerin termal olarak aşırı olgun olduğunu göstermektedir. 0.04-0.22 mg HC/g kaya hidrokarbon üretim potansiyeli de bu değerlendirmeyi desteklemektedir. Son organik madde türü, sınırlı gaz ürünleri üretebilen Tip IV kerojendir. Jarvie denklemine dayanan şeyl gaz potansiyeli parametrelerinin yorumlanmasına göre, orijinal TOC_o değerleri ort. % ağı.1,68, HI_o değeri ort. 442 mg HC/g TOC ve TR_{HI} %97'dir ve şeyllerin kuru gaz penceresinde olduğunu göstermektedir. Silüriyen gaz şeyllerinin original kerojen tipi ise petrol/gaz eğilimli Tip II kerojen olup şeyl gazı araştırmaları için mevcut hedeflerle uyumlu kerojen tipine sahiptir. Genel olarak, bu sonuçlar her iki HC kaynağının geleneksel olmayan kaynaklar olmasına rağmen farklı sistem özelliklerine ve buna bağlı olarak üretim mekanizmalarına sahip olduğuna işaret etmektedir. Eosen siyah şeylleri kaynak kayaların retortlanmasıyla (in-situ veya ex-situ) petrol üreten bir petrol şeyl sistemi olarak kabul edilebilirken, Silüriyen siyah şeylleri yatay sondaj ve hidrolik kırılmanın üretim için birincil etkinleştirme teknolojiler olduğu şeyl gaz sistemine bir örnektir. Sonuç olarak, geleneksel petrol ve gaza kıyasla geleneksel olmayan hidrokarbonları çıkarılmasının çok daha maliyetli olacağı aşikardır.

Anahtar Kelimeler: Eosen petrol-şeylleri, Silüriyen gaz-şeylleri, geleneksel olmayan kaynaklar, Orta Anadolu, Batı Pontidler



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



TEMATİK OTURUMLAR 05 / THEMATIC SESSIONS 05

DİĞER JEOKİMYASAL KONULAR

OTHER GEOCHEMICAL TOPICS

SÖZLÜ SUNUMLAR / ORAL PRESENTATIONS



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



**Çağrışımların Karşılaştırılması ile Bilimsel Yorumlamalara Ulaşım Jeokimyadan
Örnekler ve Müze Kültürümüz**

*Examples from Geochemistry in Accessing Scientific Interpretations by Comparing
Connotations and Our Museum Culture*

M. Yılmaz Savaşçın

Munzur Üniversitesi (emekli), Tunceli, Türkiye

**yilmaz.savascin@deu.edu.tr*

Özet

Kimyacıların henüz atomları bilmedikleri dönemlerde, yaygın olan mineral ve kristal koleksiyonculuğunda, kristallerin düzenli yüzey şekilleri, konuyu inceleyenler için önemli bir sorun idi. Oysa yürüyüş sırasındaki askerlerin düzenli diziliminden veya inşaatçıların tuğlaları düzenli istiflemelerinden kaynaklanan geometrik çağrışımlar sonucu, bu kristal yapıların içinde de düzenli bir dizilimin olması gerektiği yorumunu daha o günlerde yapabilmışlerdir. Jeokimyanın kurucularından olan, kimya kökenli Goldschmidt, önce elementlerin jeolojik dağılımından hareketle, kalkofil, litofil gibi sınıflandırmalar yapmış ise de bunun yetersizliğini görerek, kimyasal gerçeklerden hareketle, iyon potansiyeli (Z/r) diyagramını önermiştir. Ancak o günlerde jeokimyasal verilerin yetersizliğinden dolayı yeterli örnek veremez. Oysa günümüz jeokimyasında bu diyagram element sınıflandırmalarında en sağlıklı başvuru kaynağıdır. Tüm bu konular ile uğraşırken, çelik fabrikalarındaki demir eritme potasındaki katmanlaşmalar ile göktaşlarının, taş ve Fe-Ni göktaşları gibi farklılıklarını karşılaştırarak Goldschmidt' in ulaştığı çağrışım, yeryuvarının da katmanlardan oluşması gerektiğidir. Kuvars kristalinin dilinimli veya dilinimsiz sorunu, altmışlı yıllarda hala tartışma konusudur. Tübingen Üniversitesi, Mineraloji Enstitüsü başkanı olan Prof. Dr. W. von Engelhardt, ileri optik mineraloji dersinde, universal tablo konusunda öğrencilere ne ödev vereceğini düşünürken, ine kesit yerine, lam-lamel arasına, immersiyon sıvısına yerleştirilmiş, öğütülmüş kuvars kristallerinin örnekteki yüzey dağılım oranlarının hesaplanmasını uygulatır. Sonuç; kötü de olsa kuvars kristalinin dilinimli olduğudur. Tüm bu çağrışımlar, sorunu sorgulamaların karmaşıklaşmadığı, kafa karıştırmayan, sade ve basit yaratıcı düşüncelerin eserleridirler. Jeokimyasal çağrışımları en yoğun yaşayabileceğimiz yerler ise doğa tarihi müzeleri olup bu müzeler, hayal gücüne bağlı yaratıcılığın çok daha yoğun olduğu gençler için daha da önemli mekanlardır.

Anahtar Kelimeler: Çağrışımlar, yaratıcı düşünce, yorumlamalar

Abstract

The regular surface shapes of crystals were an important problem for those who study the subject, in the mineral and crystal collecting common in the times when chemists did not know about atoms yet. However, as a result of the geometric associations arising from the regular arrangement of the soldiers on the marching column or the regular stacking of the bricks by the builders, they were able to interpret that there must be a regular arrangement within these crystal structures as well. Goldschmidt, one of the founders of geochemistry, with chemistry background, first made classifications such as chalcophile and lithophile based on the geological distribution of the elements, but seeing the inadequacy of this, he proposes the ion potential (Z/r) diagram based on chemical facts. However, he cannot give enough examples due to the inadequacy of geochemical data in those days. However, in today's geochemistry, this diagram is the healthiest application for element classification. While dealing with all these issues, Goldschmidt's connotation by comparing the stratifications in the iron-melting crucible in steel factories and the differences of meteorites, such as stony and Fe-Ni meteorites is the need for the earth to be composed of layers as well. The question of whether the quartz crystal is sliced or not is still a matter of debate in the sixties. Head of the Mineralogy Institute, University of Tübingen, Prof. Dr. W. von Engelhardt, in his advanced optical mineralogy course, was thinking about what homework he would give to the students in the universal table box. He applied the calculation of the surface distribution ratios of the ground quartz crystals in the sample, placed in the immersion liquid, between the lamella instead of the cross section. Conclusion: The quartz crystal is cleaved, albeit badly. All these associations are the works of plain and simple creative thoughts, where the questioning of the problem is not complicated and not confusing. The place where we can experience the geochemical connotations most intensely is the natural history museums, and these museums are even more important for the young people whose imagination-based creativity is much more intense.

Keywords: Associations, creative thinking, interpretations



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



Çavuşçugöl (Ilgın-Konya) Killerinin Mineralojisi ve Jeokimyası-İlk Bulgular
Mineralogy and Geochemistry of Çavuşçugöl (Ilgın-Konya) Clays-Initial Findings

Hakan Fidan^{1*}, Gürsel Yanık², Ahmet Yıldız³, Cafer Özkul⁴

¹Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği ABD, Kütahya, Türkiye

²Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kütahya, Türkiye

³Afyon Kocatepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar, Türkiye

⁴Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kütahya, Türkiye

*hakan.fidan.one@gmail.com

Özet

Bu çalışmada; Çavuşçugöl bölgesindeki kil oluşumlarının jeolojisi ortaya konulmuş, mineralojik ve jeokimyasal özellikleri incelenmiştir. Çavuşçugöl killeri Miyosen yaşlı Harmanyazı formasyonu içerisinde bulunmaktadır. Formasyon en altta linyit kömürlü seviyeleri barındıran kıltaşı, marn ve kireçtaşlarından meydana gelmektedir. Birimlerin stratigrafik ve sedimentolojik özellikleri formasyonun göl ve bataklık ortamında meydana geldiğini göstermektedir. Bölgedeki killer linyit seviyeleriyle stratigrafik ilişkilerine göre kömür üstü ve altı killeri olarak 2 grupta toplanmıştır. Bu çalışmada kömür üstü killerinin mineralojik ve jeokimyasal özelliklerinin belirlenmesi için çalışma alanının farklı bölgelerinden kil örnekleri alınmış ve alınan örnekler x-ışını kırınımı (XRD), taramalı elektron mikroskop (SEM) ve majör element analizleri yapılmıştır. Yapılan XRD incelemelerinde kil örneklerinin kuvars, illit, kaolinit, pirofillit minerallerinden oluştuğu belirlenmiştir. Bazı örneklerde be minerallere simektit ve klorit eşlik etmiştir. Çavuşçugöl killerinin majör element analizlerinde, örneklerdeki SiO₂'in %55-66 aralığında, Al₂O₃'in %17-26 aralığında, Fe₂O₃'in %3,40-5,50 aralığında, TiO₂'in %1,10-1,80 aralığında, K₂O'ın %2,70-5,50 aralığında ve MgO'ın ise %0,50-1,30 aralığında değiştiği görülmüştür. Na₂O'ın ve SO₃'ün ise eser miktarda olduğu görülmüştür. SEM incelemelerinde kil minerallerinin morfolojik özellikleriyle mikrokimyasal bileşimine dair veriler üretilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kil, mineraloji, jeokimya, seramik, teknoloji, Çavuşçugöl, Konya

Abstract

In this study; the geology of the clay formations and their mineralogical and geochemical properties in the Çavuşçugöl region was examined. The Çavuşçugöl clays were found within the Miocene-aged Harmanyazı formation. This formation consists of claystone, marl, and limestones with lignite coal layers at the bottom. The stratigraphic and sedimentological features of these units indicate that the formation occurred in a lake and swamp environment. Clays in the region were outcropped into 2 groups; named as upper and under coal clays according to their stratigraphic relations with lignite levels. The clay samples were taken from different parts of the study area in order to determine the mineralogical and geochemical properties of clays associated with coal using X-ray diffraction (XRD), Scanning Electron Microscope (SEM) and major element analyses methods. The XRD analyses show

that the clay samples consist of quartz, illite, kaolinite and pyrophyllite minerals. Rarely associated with smectite and chlorite. The major element analyses of Çavuşçugöl clays, composed of SiO₂ (range of 55-66%), Al₂O₃ (range 17-26%), Fe₂O₃ (range 3.40-5.50%), TiO₂ (range 1.10-1.80%), K₂O (range 2.70-5.50%) and MgO (range 0.50-1.30%) and Na₂O and SO₃ values showing trace amounts. In SEM studies, data on the morphological properties and microchemical composition of clay minerals were produced.

Keywords: Clay, mineralogy, geochemistry, ceramic, technology, Çavuşçugöl, Konya



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



**Türkiye'nin Havza ve Su Yönetimi Politikalarında Jeotermal Enerji Faaliyetlerine
Yönelik Hidrojeokimyasal Verilerin Yanlış Değerlendirmeleri**

*Wrong Assessments of Hydrogeochemical Data for Geothermal Energy Activities in Basin
and Water Management Policies of Türkiye*

Onur Köse

Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kampüs, Bardakçı, 65040, Van, Türkiye

**onurkose@yyu.edu.tr*

Özet

Enerji açığını kapatmak için yapılan ithalat, Türkiye'nin en büyük dış harcamasını oluşturmaktadır. Türkiye, 2015 verileri itibarıyla %75 olmak üzere, enerjisinin çok büyük bir kısmını ithal etmektedir ve bu konuda dışa bağımlıdır. Enerji açığının giderilmesine ek tedbir olarak 5346, 5686 ve 6094 sayılı kanunlar sırasıyla 18.05.2005, 13.06.2007 ve 08.01.2011 tarihlerinde yürürlüğe sokulmuş ve özel kuruluşların elektrik enerjisi üreterek ülke ekonomisine katkı sağlamalarına yol verilmiştir. Bu çerçevede, diğer yenilenebilir kaynak türlerinde olduğu gibi elektrik enerjisi üretmeye yönelik jeotermal kaynak arama ve işletme faaliyetleri Türkiye genelinde 2008 - 2011 yılları arasında ivme kazanmış ve sonrasında yaygınlaşmıştır. Buna karşın, Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından, Gediz havzasında jeotermal işletmecilik faaliyetlerinin artmasının yeraltısularının kalitesi üzerinde olumsuz bir baskı unsuru oluşturduğu, yeraltısularındaki arsenik (As) kirliliğinin jeotermal ve madencilik faaliyetlerinin yoğunluğundan kaynaklandığı öne sürülmektedir. Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, sadece 2,5 yıl içerisinde toplam 3 dönem (2015-2016-2017) boyunca yaptığı gözlemleri esas alarak, jeotermal ve madencilik faaliyetlerine yeni izin ve ruhsatların verilmemesi gerektiğini 14.08.2017 tarihinde Manisa ve İzmir Valiliklerine tebliğ edilmiştir. Oysa, içme ve kullanma suyu üretiminin yapıldığı sığ ve orta derinliklerdeki akiferler, fay düzlemleri boyunca yüzeye doğru yükselen jeotermal sular tarafından doğal süreçlerle hızlı bir şekilde kirlenirken, jeotermal enerji kuruluşları bu suyu derin döngüye sokarak kirlenmenin önüne geçilmesinde önemli bir rol üstlenmektedir. Batı Anadolu grabenlerinde jeotermal enerji üretim faaliyetlerinin yaygınlaşması öncesindeki 50 yıla kadar uzanan ve yeraltısuyu kalitesi üzerine gerçekleştirilen çok sayıda bilimsel çalışma, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü'nün değerlendirmesine aykırı yönde veriler sunmaktadır. Bu önceki çalışmaların birçoğunda, Batı Anadolu'da içme ve kullanma sularında yüksek düzeylerde rastlanan As içeriğinin akiferlerde doğal süreçlerle zenginleşmesine açıklık getirilmektedir. Gediz havzasında jeotermal enerji üretim faaliyetleri başlamadan önce, analizleri 2005-2009 yılları arasında yapılan ve Alaşehir – Salihli arasında yürütülmüş olan önceki bir çalışmada çok sayıda toprak (56 adet) ve su (125 adet) örneği incelenmiştir. Söz konusu çalışma, As, gümüş (Ag), potasyum (K), selenyum (Se), nikel (Ni), antimon (Sb) ve bizmut (Bi) derişimlerinin toprak örneklerinin yaklaşık tamamında, bor (B), kükürt (S), bakır (Cu) ve lityum (Li) derişimlerinin ise toprak örneklerinin büyük bir kısmında referans sınır değerlerinin üzerinde olduğunu ortaya koymuştur. Su örneklerinde, sulama suyu niteliğine yönelik oluşturulan Wilcox diyagramına göre “şüpheli – kullanılabilir” iki örnek bulunmakta, diğer tüm örnekler ise “şüpheli – kullanılamaz” veya “kullanılamaz” özelliklidir. Diğer taraftan, Ege Bölgesinin jeotermal kaynaklarından 1969-1974 yılları arasında yapılmış olan erken dönem hidrojeokimyasal analiz

çalışmaları, As ve B derişim değerlerinin yaklaşık 50 yıl önce de referans sınır değerlerinin (As için 10 µg/L ve B için 1 mg/L) çok üzerinde olan varlığını vurgulamaktadır. Bu erken dönem analiz çalışmalarında, Gediz havzasında yaklaşık 220 µg/L'ye çıkan As değerleri Büyük Menderes havzasında 1016 µg/L'ye ulaşırken, B değerlerinin Gediz havzasında yaklaşık 70 mg/L'ye ve Büyük Menderes havzasında da 50 mg/L'ye ulaştığı görülmektedir. Gediz havzasındaki yeraltısularında ve ova topraklarında başta As ve B olmak üzere element zenginleşmesine bağlı kirlenmenin jeotermal enerji üreten işletmeler öncesindeki varlığı ve kökenleri, bir kısmının sonuçlarına yukarıda da değinildiği üzere, birçok önceki çalışmada ele alınmıştır. Bu veriler çerçevesinde Batı Anadolu grabenlerinde yeraltısularındaki As zenginleşmesinin, yüzbinlerce hatta milyonlarca yıldır devam etmekte olan jeolojik süreçlere ilişkin doğal aktivitelerle meydana geldiği söylenebilir. Jeotermal enerji üreten işletmeler bir yandan fay düzlemlerini kesen derin kuyularla üretim yapırlarken diğer taraftan kullanıyor oldukları rezervuardaki kaynağın tükenmesini engellemeye yönelik mecburiyet ile kullanılan sıcak suyu yaklaşık aynı derinliklere tekrar geri basarlar. Bu nedenle jeotermal enerji kuruluşları, özellikle üretim ve geri basma kuyularının yaygın olduğu alanlarda, derinlerden fay düzlemini doğal yollarla takip ederek sığ akiferleri kirlenmeye element ve bileşenlerle zenginleştirecek olan sıcak suyun miktarının ve dolayısıyla kirlenmeye etkisinin azalmasına önemli katkı sağlamaktadırlar. Tüm bu veriler ışığında, kuyu delme çalışmaları sırasındaki kısa süreli ihmal edilebilir kirlenmeler ve olası nadir işletme kazaları haricinde, jeotermal enerji üretim santrallerini Gediz Havzası yeraltısularındaki mevcut As kirliliği ile ilişkilendirmenin uygun olmayacağı söylenebilir. Su Yönetimi Genel Müdürlüğü'nün, günümüze yakın ve oldukça kısa bir periyoda sığdırdığı gözlemlerini eksik ve/veya yanlış değerlendirdiği ve buna paralel olarak havza su kalitesinin iyileştirilmesi ve korunmasına yönelik yanlış ve aceleci kararlar almış olduğu düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Arsenik, jeotermal enerji, yeraltısuyu kirlenmesi, su ve havza yönetimi, Gediz

Abstract

Imports to meet the energy deficit constitute the biggest foreign expense of Türkiye. Türkiye imports a very large part of its energy, 75% as of 2015 data, and is dependent on abroad in this regard. As an additional measure to eliminate the energy deficit, laws numbered 5346, 5686 and 6094 allowing private companies to generate electricity were put into effect on 18.05.2005, 13.06.2007 and 08.01.2011, respectively. In this framework, geothermal resource exploration and operation activities for electricity generation, as in other types of renewable resources, accelerated between 2008 and 2011 throughout Türkiye and became widespread afterward. Despite that, it is argued by the General Directorate of Water Management of the Ministry of Agriculture and Forestry (Türkiye) that the increase in geothermal operations in the Gediz basin creates a negative pressure on the quality of groundwater, and that arsenic (As) pollution in groundwater is caused by the intensity of geothermal and mining activities. In this context, it was notified to Manisa and İzmir Governorships that new permits and licenses should not be given to geothermal and mining activities. The General Directorate of Water Management has notified the Governorships of Manisa and İzmir on 14.08.2017 that new permits and licenses should not be granted to geothermal and mining activities, based on the observations made during only 2.5 years covering 3 periods (2015-2016-2017) in total. In fact, while the aquifers at shallow and medium depths used in the production of drinking and utility water are quickly polluted by the hot waters rising towards the surface along the fault planes by natural processes, geothermal energy enterprises play an important role in preventing pollution by putting this hot water into the deep cycle in wells before it reaches the shallow aquifers. Numerous scientific studies on groundwater quality dating back to 50 years before the spread of geothermal energy production activities in the Western Anatolian grabens provide data contrary to the assessment of the General Directorate of Water Management. In many of these previous studies, it is clarified that the As content, which is found at high levels in drinking and utility waters in Western Anatolia, is enriched by natural processes in aquifers. A large number of soil (56) and water (125) samples were examined in a previous study conducted between Alaşehir and Salihli, the analyzes of which were carried out between 2005-2009, before starting geothermal energy production activities in the Gediz basin. The aforesaid study revealed that the concentrations of As, Silver (Ag), Potassium (K), Selenium (Se), Nickel (Ni), Antimony (Sb) and Bismuth (Bi) in nearly all of the soil samples and

the concentrations of Boron (B), Sulfur (S), Copper (Cu) and Lithium (L) in great majority of soil samples are above reference values. In the water samples, there are two “permissible to doubtful” samples according to the Wilcox diagram using for irrigation water quality, while all other samples are “doubtful to unsuitable” or “unsuitable”. On the other hand, the early period hydrogeochemical analysis studies carried out from the geothermal resources of the Aegean Region between 1969 and 1974 emphasize the presence of concentration values for As and B that about 50 years ago were also well above the reference limit values (10 µg/L for As and 1 mg/L for B). It was determined that As concentrations reached approximately 220 µg/L in Gediz basin and 1016 µg/L in Büyük Menderes basin. B values were found to reach approximately 70 mg/L in Gediz basin and 50 mg/L in Büyük Menderes basin. The existence and origins of contamination due to element enrichment, mainly As and B, in the groundwater and plain soils of the Gediz basin, before the activities of the enterprises producing geothermal energy, has been discussed in many previous studies that the results of some of them have been mentioned above. Within the framework of these data, it can be said that the As enrichment in the groundwater of the Western Anatolian grabens occurred due to natural activities related to the geological processes that have been going on for hundreds of thousands or even millions of years. Enterprises producing geothermal energy, on the one hand, take the thermal water to the manufacturing plants from the depths through the wells that cut the fault planes, on the other hand, they re-inject the treated hot water to approximately the same depths with the obligation to prevent the depletion of the source in the reservoir they are using. For this reason, geothermal energy enterprises, especially in regions close to areas where production and reinjection wells are spread, make a significant contribution to reducing the amount of geothermal waters and their polluting effects, which would normally enrich shallow aquifers with polluting elements and components by naturally rising from the depths via the paths on fault planes. On all these data, it can be said that it would not be appropriate to associate the geothermal power generation plants with the current As pollution in the groundwater of the Gediz Basin, except for the short-term negligible contaminations during the well drilling works and possible rare operational accidents. It is thought that the General Directorate of Water Management has misjudged their observations, which were only compressed into a relatively short period close to the present day, and accordingly, it has taken wrong and hasty decisions to improve and protect the quality of groundwater in the basin.

Keywords: Arsenic, geothermal, energy, groundwater pollution, water and basin management, Gediz



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



**Boron Removal from Geothermal Waters by Vacuum Assisted Air Gap Membrane
Distillation Process Using PTFE Added PVDF Membranes**

PTFE İlaveli PVDF Membranı Kullanarak Vakum Destekli Hava Boşluklu Membran

Distilasyonu Prosesi İle Jeotermal Sulardan Bor Giderimi

Öykü Mutlu Salmanlı^{1,2}, Ayşe Yuksekdag^{1,2}, Bahriye Eryıldız^{1,2}, İsmail Koyuncu^{1,2*}

¹*Istanbul Technical University, Faculty of Civil Engineering, Department of Environmental Engineering,
Maslak, 34469 Istanbul, Türkiye*

²*National Research Center on Membrane Technologies (MEM-TEK), Istanbul Technical University, Maslak,
34469 Istanbul, Türkiye*

**koyuncu@itu.edu.tr*

Abstract

Boron is an important element while could be harmful in large quantities. For the drinking, industrial and irrigation waters the boron concentration must comply the standards. There are many different methods in the literature for boron removal from water, membrane processes are one of them. Membrane distillation separates the contaminants from the water based on vapor pressure difference. The low flux and temperature requirements create negative effects on the use of the process. In this study, in order to solve the low flux problem, to improve the membrane properties, hydrophobic membranes were developed and vacuum assisted air gap membrane distillation configuration was tested. Since the geothermal water is a hot spring water, it eliminates the need for heating in the membrane distillation process so it can be attributed as a very suitable energy source for the process. The used vacuum support and the increasing vacuum pressures enhanced fluxes as expected. Both the produced membranes and the membrane distillation configuration that used and the applied pressures were resulted with very successfully in terms of treatment performance. Boron concentrations in all permeate waters remained below 0.5 mg / L limit value accepted by the World Health Organization.

Keywords: Vacuum assisted air gap membrane distillation, boron removal, geothermal water, nanofiber membranes, electrospinning

Özet

Bor oldukça önemli ancak fazla miktarlarda zararlı olabilen bir elementtir. İçme, endüstriyel kullanım ve sulama suyu olarak kullanılacak sularda belirlenen limit değerlere uyulması gerekmektedir. Literatürde sulardan bor giderimi için farklı birçok yöntem bulunmaktadır, membran prosesler bunlardan biridir. Membran distilasyonu buhar basıncı farkından yararlanarak kirleticileri sulardan ayırmaktadır. Düşük akı ve sıcaklık ihtiyacı prosesin kullanımında olumsuz etkiler yaratmaktadır. Bu çalışma kapsamında düşük akı problemini çözmek bununla birlikte membran özelliklerini geliştirmek amacı ile hidrofobik membran üretimi yapılmış ve vakum destekli membran distilasyon konfigürasyonu denenmiştir. Arıtım çalışmaları yapılan jeotermal su ise sıcak bir kaynak suyu olması sebebi ile membran distilasyon prosesindeki ısıtma ihtiyacını ortadan kaldırması ile proses için oldukça uygun bir

enerji kaynağı olmaktadır. Kullanılan vakum desteği ve artan vakum basınçları akılarda beklendiği gibi artışa sebep olmuştur. Gerek üretilen membranlar gerek kullanılan membran distilasyon konfigürasyonu ve uygulanan basınçlar arıtım performansları bakımından oldukça başarılı sonuçlara ulaşmıştır. Tüm süzüntü sularında ulaşılan bor konsantrasyonları Dünya Sağlık Örgütü tarafından kabul edilen 0,5 mg/L değerinin altında kalmıştır.

Anahtar Kelimeler: Vakum destekli hava boşluklu membran distilasyonu, bor giderimi, jeotermal su, nanofiber membran, electrospinning

1. INTRODUCTION

Boron can be found in water, rocks and soil but only in low concentrations. The geochemical nature of drainage area can increase the boron concentration of water resources Boron is one of the most important elements for humans and plants. It is necessary element for human metabolism and for plants it plays an important role for growth. Beside its benefits it could be harmful in excessive amounts which can cause health problems for human and toxic effects for plants. Boron has also wide range of usage in industrial fields as glass, cosmetic, cleaning, nuclear etc. [1–5].

Geothermal waters also contain boron in high concentrations. Boron could be generate complexes with some heavy metals which are very harmful [6]. Water resources are getting scarce day by day. Because of these reasons treatment of geothermal waters gaining importance. There are a lot of study about geothermal water and also boron removal in the literature. Membrane processes are one of the options for treatment of geothermal waters. Geothermal waters are hot springs. Membrane distillation is the thermally driven membrane process. It separates water via vaporizing from contaminants so it needs hot feed water on operation. MD can be a good alternative especially in terms of energy efficiency for geothermal water treatment. There are studies for geothermal water treatment by using MD in the literature [6]–[9]. Beside the advantage's MD has some disadvantages. Low permeate flux is one of these disadvantages To overcome this handicap different configurations were tested as sweeping gas MD, vacuum MD etc. [10, 11]. Vacuum enhanced air gap membrane distillation (VAGMD) was used in this study which can be also named as vacuum membrane distillation but in the literature it is possible to see this configuration as VAGMD. There are few studies of VAGMD in the literature. Abu-Zeid et.al. used vacuum pump for improving the performance of AGMD. They changed operation conditions to observe their effect and compared also the AGMD and VAGMD. They obtained higher flux values for VAGMD [12].

Membrane type is also very important for MD process. It needs hydrophobic membranes due to the based on a vapor pressure difference. There are a lot of study for developing hydrophobic membranes for MD in the literature [13–18] Wide range of polymers can be used for electrospinning process to produce hydrophobic membranes. PVDF was selected as main polymer for this study and PTFE was used to enhance hydrophobicity of membranes. Both membranes tested with synthetic boron solution and real geothermal water by VAGMD system.

2. MATERIAL and METHODS

2.1. Material and Experimental Method

Synthetic geothermal water solution was prepared with 10 mg B/L of boron concentration. 0.05 M NaHCO₃ which was purchased from Merck company was added to synthetic solution for ion balance. pH was adjusted to 8.5 using NaOH supplied from Sigma Aldrich. The real geothermal water was obtained from one of the power plants of Aydın, Türkiye. The geothermal water characterization was given in Table 1.

3. MATERIAL and METHODS

3.1. Material and Experimental Method

Synthetic geothermal water solution was prepared with 10 mg B/L of boron concentration. 0.05 M NaHCO₃ which was purchased from Merck company was added to synthetic solution for ion balance. pH was adjusted to 8.5 using NaOH supplied from Sigma Aldrich. The real geothermal water was obtained from one of the power plants of Aydın, Türkiye. The geothermal water characterization was given in Table 1.

Table 1. Geothermal water composition.

Parameter	Value
pH	7.67
Conductivity	5.6 mS/cm
Na ⁺	3622.20 mg/L
K ⁺	335.95 mg/L
Ca ²⁺	41.22 mg/L
Mg ²⁺	8.32 mg/L
Li ⁺	6.46 mg/L
NH ₄ ⁺	117.85 mg/L
Cl ⁻	3297.19 mg/L
PO ₄ ³⁻	41.60 mg/L
SO ₄ ²⁻	514.13 mg/L
F ⁻	9.17 mg/L
NO ₃ ⁻	108.45 mg/L
B	60.84 mg/L
Si	113.7 mg/L
Fe	0.096 mg/L
Mn	-
As	0.237 mg/L

Membranes were fabricated by electrospinning method in lab scale. The device has energy source, polymer feeding syringe and collector. Polymer feeding rate was 1.6 mL/h, 15 cm syringe-collector distance, 29 kV of voltage and 2 hours working period during production experiments. Two types of polymer were selected for membranes. PVDF was selected as base polymer for each membrane and PTFE was selected as a second polymer. 15% PVDF ratio was selected for the PVDF polymer and 7.5% ratio was selected for PTFE polymer. Then these membranes were tested with synthetic and geothermal water in lab scale VAGMD system at 70°C. Conductivity of feed water and permeate water was monitored during experiments. And the fluxes were recorded. The boron concentrations were analyzed via ICP-OES (Perkin Elmer Optima 7000 DV).

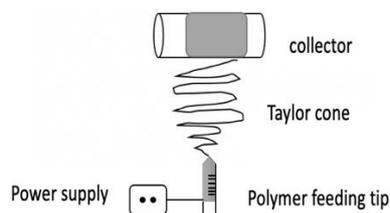


Figure 1. Typical electrospinning device.

4. RESULTS and DISCUSSION

Synthetic boron solution was used to determine the efficiency of boron removal of fabricated MD membranes before testing with the real geothermal water. Flux vs. vacuum pressures graph was given in Figure 2.

With the increasing vacuum pressures flux values were increased. It is also possible to see the positive effect of PTFE addition in terms of flux enhancement.

Conductivity values for both feed and permeate water was measured and then the removal efficiencies were calculated. Boron concentration of feed and permeate water also analyzed and boron removal efficiencies were determined and given in Figure 2. All salt removal efficiencies were higher than 94%. In accordance to the flux results the removal efficiencies were decreased with the increasing pressures and also PTFE addition. Boron removal efficiencies were obtained higher than 99.8%. The permeate boron concentrations were given in Table 2.

All permeate water boron concentrations were below 0.5 mg/L which is the limit value for drinking water accepted by World Health Organization.

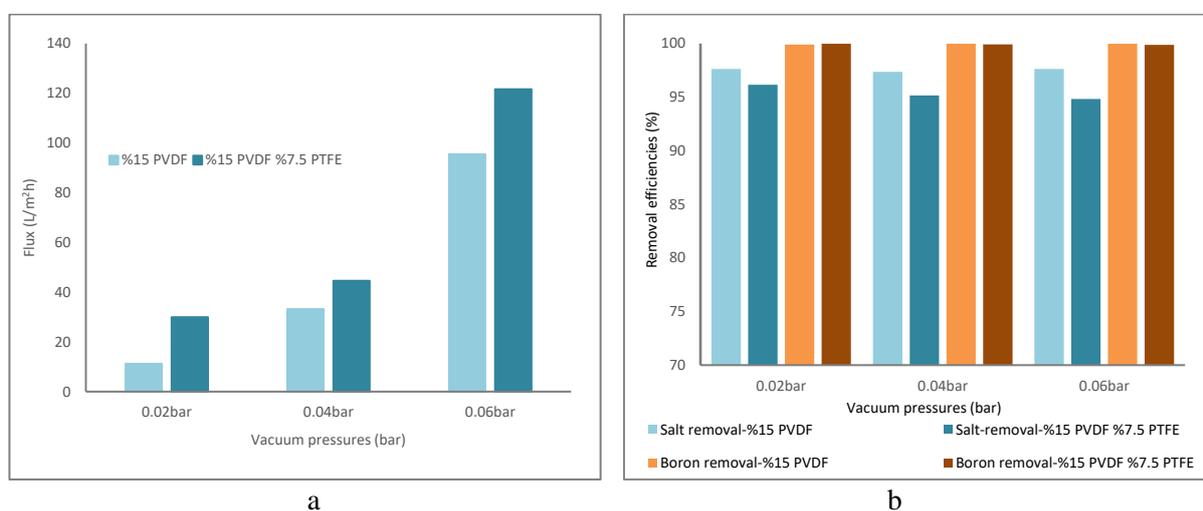


Figure 2. a) Flux vs. vacuum pressures, b) Removal efficiencies vs. vacuum pressures for synthetic boron solution.

Table 2. Permeate boron concentrations for synthetic boron solution, mg/L.

Pressures(bar)	15% PVDF	15% PVDF + 7.5% PTFE
0.02	0.019	0.029
0.04	0.020	0.096
0.06	0.022	0.136

After synthetic boron solution experiments, real geothermal water also tested in the same operation conditions. Flux graph was given in Figure 3. Same trend with synthetic boron solution was observed for real geothermal water. With the increasing vacuum pressures fluxes also increased. For the 0.06 bar vacuum pressure 220 L/m²h flux value was obtained which means very high flux for MD process. Chen et.al. and Jia et.al. reported that flux values increase with the increasing vacuum pressures in their studies [19, 20].

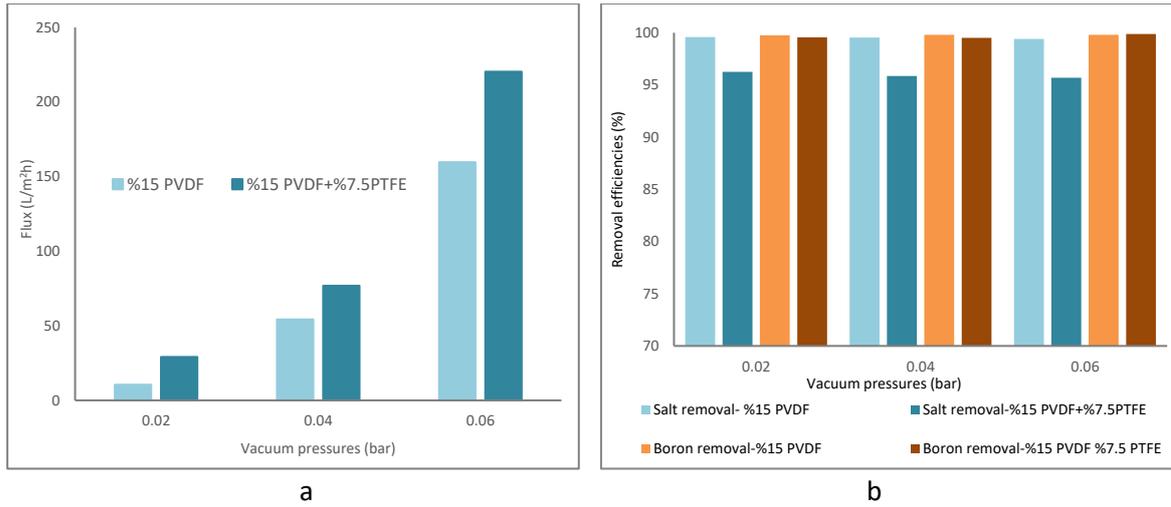


Figure 3. a) Flux vs. vacuum pressures b) Removal efficiencies vs. vacuum pressures for geothermal water.

Salt and boron removal efficiencies were given in Figure 3. Salt removal efficiencies of all membranes and pressures were higher than 95%. With the increasing pressure and increasing flux the removal efficiencies decreased very slightly. Boron removal efficiencies also very high which were higher than 99.5%. Permeate boron concentrations were analyzed via ICP-OES and the results were given in Table 3. While the feed water has 60.84 mg/L boron concentration all permeate boron concentrations were lower than 0.5 mg / l the limit set by the World Health Organization for the boron concentration

Table 3. Permeate boron concentrations for geothermal water, mg/L.

Pressures(bar)	15% PVDF	15% PVDF + 7.5% PTFE
0.02	0.13	0.39
0.04	0.12	0.43
0.06	0.11	0.49

5. CONCLUSIONS

The results obtained from this study can be concluded as;

- Vacuum pressure has the positive effect on water fluxes
- Beside that removal efficiencies of salt and boron were also very high. The permeate boron concentration conform to standards, too.
- With this outputs, VAGMD system could be reported as an appropriate and effective technology for boron removal and geothermal water treatment
- PTFE addition enhanced water fluxes. With the increasing vacuum pressures the fluxes also increased but the removal efficiencies were decreased slightly.

Acknowledgements: This study was supported by the TUBITAK, the Scientific and Technological Research Council of Türkiye (Project No: 115Y610).

REFERENCES

- [1] Bouguecha, S. and Dhahbi, M., 'Fluidised bed crystalliser and air gap membrane distillation as a solution to geothermal water desalination', *Desalination*, vol. 152, no. 1–3, pp. 237–244, doi: 10.1016/S0011-9164(02)01069-X, 2003.
- [2] Bunani, S., Arda, M., Kabay, N., Yoshizuka, K. And Nishihama, S., 'Effect of process conditions on recovery of lithium and boron from water using bipolar membrane electro dialysis (BMED)', *Desalination*, vol. 416, pp. 10–15, doi: 10.1016/j.desal.2017.04.017, 2017.
- [3] Chen, X. *et al.*, 'Tubular hydrophobic ceramic membrane with asymmetric structure for water desalination via vacuum membrane distillation process', *Desalination*, vol. 443, pp. 212–220, doi: 10.1016/j.desal.2018.05.027, 2018.
- [4] Duong, H.C., Chuai, D., Woo, Y.C., Shon, H.K., Nghiem, L.D. and Sencadas, V., 'A novel electrospun, hydrophobic, and elastomeric styrene-butadiene-styrene membrane for membrane distillation applications', *J. Membr. Sci.*, vol. 549, pp. 420–427, doi: 10.1016/j.memsci.2017.12.024, 2018.
- [5] El Amali, A., Bouguecha, S. and Maalej, M., 'Experimental study of air gap and direct contact membrane distillation configurations: application to geothermal and seawater desalination', *Desalination*, vol. 168, p. 35, doi: 10.1016/j.desal.2004.07.020, 2004.
- [6] González, D., Amigo, J. and Suárez, F., 'Membrane distillation: Perspectives for sustainable and improved desalination', *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 80, pp. 238–259, doi: 10.1016/j.rser.2017.05.078, 2017.
- [7] Hilal, N., Kim, G.J. and Somerfield, C., 'Boron removal from saline water: A comprehensive review', *Desalination*, vol. 273, no. 1, pp., doi: 10.1016/j.desal.2010.05.012, 2011.
- [8] İpekçi, D., Altiok, E., Bunani, S., Yoshizuka, K., Arda, M. and Kabay, N., 'Effect of acid-base solutions used in acid-base compartments for simultaneous recovery of lithium and boron from aqueous solution using bipolar membrane electro dialysis (BMED)', *Desalination*, vol. 448, pp. 69–75, doi: 10.1016/j.desal.2018.10.001, 2018.
- [9] Jia, F., Li, J. and Wang, J., 'Recovery of boric acid from the simulated radioactive wastewater by vacuum membrane distillation crystallization', *Ann. Nucl. Energy*, vol. 110, pp. 1148–1155, doi: 10.1016/j.anucene.2017.07.024, 2017.
- [10] Khayet, M. And Matsuura, T., 'Vacuum Membrane Distillation', in *Membrane Distillation*, Elsevier, 2011, pp. 323–359.
- [11] Li, K., Hou, D., Fu, C., Wang, K. and Wang, J., 'Fabrication of PVDF nanofibrous hydrophobic composite membranes reinforced with fabric substrates via electrospinning for membrane distillation desalination', *J. Environ. Sci.*, vol. 75, pp. 277–288, doi: 10.1016/j.jes.2018.04.002, 2019.
- [12] Li, H., Shi, W., Zeng, X., Huang, S., Zhang, H. and Qin, X., 'Improved desalination properties of hydrophobic GO-incorporated PVDF electrospun nanofibrous composites for vacuum membrane distillation', *Sep. Purif. Technol.*, vol. 230, p. 115889, doi: 10.1016/j.seppur.2019.115889, 2020.
- [13] M. A. E.-R. Abu-Zeid *et al.*, 'Improving the performance of the air gap membrane distillation process by using a supplementary vacuum pump', *Desalination*, vol. 384, pp. 31–42, doi: 10.1016/j.desal.2016.01.020, 2016.

- [14] Ozbey-Unal, B., Imer, D.Y., Keskinler, B. and Koyuncu, I., ‘Boron removal from geothermal water by air gap membrane distillation’, *Desalination*, vol. 433, pp. 141–150, doi: 10.1016/j.desal.2018.01.033., 2018.
- [15] Sadeghzadeh, A., Bazgir, S. and Shirazi, M.M.A., ‘Fabrication and characterization of a novel hydrophobic polystyrene membrane using electroblowing technique for desalination by direct contact membrane distillation’, *Sep. Purif. Technol.*, vol. 239, p. 116498, doi: 10.1016/j.seppur.2019.116498, 2020.
- [16] Sarbatly, R. and Chiam, C.K., ‘Evaluation of geothermal energy in desalination by vacuum membrane distillation’, *Appl. Energy*, vol. 112, pp. 737–746, doi: 10.1016/j.apenergy.2012.12.028, 2013.
- [17] Tagliabue, M., Reverberi A.P. and Bagatin, R., ‘Boron removal from water: needs, challenges and perspectives’, *J. Clean. Prod.*, vol. 77, pp. 56–64, doi: 10.1016/j.jclepro.2013.11.040, 2014.
- [18] Wolska, J. and Bryjak, M., ‘Methods for boron removal from aqueous solutions — A review’, *Desalination*, vol. 310, pp. 18–24, doi: 10.1016/j.desal.2012.08.003, 2013.
- [19] Xu, Z., Liu, Z., Song, P. and Xiao, C., ‘Fabrication of super-hydrophobic polypropylene hollow fiber membrane and its application in membrane distillation’, *Desalination*, vol. 414, pp. 10–17, doi: 10.1016/j.desal.2017.03.029, 2017.
- [20] Yang, M-Y., Wang, J-W., Li, L., Dong, B-B., Xin, X. and Agathopoulos, S., ‘Fabrication of low thermal conductivity yttrium silicate ceramic flat membrane for membrane distillation’, *J. Eur. Ceram. Soc.*, vol. 39, no. 2–3, pp. 442–448, doi: 10.1016/j.jeurceramsoc.2018.09.028, 2019.



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



**Menderes Masifi'ndeki Hacıaliler – Çine (Aydın) Garnet (Lal Taşı) Oluşumlarının,
Mineralojik-Jeokimyasal ve Gemolojik İncelenmesi**

*Mineralogical-Geochemical and Gemological Investigations Garnets (Lal Stones) in
Menderes Massif from Hacıaliler – Çine (Aydın)*

Ufuk Ören^{1*}, Tamer Koralay²

¹Öğr. Gör. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Karacasu Memnune İnci MYO, El Sanatları Bölümü, Karacasu
Aydın, Türkiye

²Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kınıklı, Denizli, Türkiye

*ufukoren@adu.edu.tr

Özet

Antik dönem doğa bilimcisi Plinius, Hellenistik ve Roma döneminde yaygın olarak kullanılan almandin bileşimli lal taşlarının (garnet) Anadolu'da Karia' da Alabanda (Çine) ve Orthosia' da (Yenipazar) çıkarıldığından bahsetmektedir. Çalışmaya konu edilen garnet örnekleri Hacıaliler (Çine-Aydın) bölgesinde Menderes Masifi'ne ait orta-yüksek dereceli, gnays ve mikaşist bileşimli metamorfik kayalar içerisinde bulunmaktadır. Boyutları 0,5-2 cm arasında değişen, morumsu-kahverengi renkli ve mat parlaklık gösteren garnet porfiroblastları dodekahedron formda kristalleşmişlerdir. Mikroskopik incelemelerinde poikiloblast doku gösteren garnet mineralleri oldukça kırıklı bir yapıda olup, bol miktarda kuvars, muskovit ve opak mineral kapanımları içermektedir. Tahribatsız bir analiz tekniği olan Konfokal Raman Spektroskopisi çalışmalarına göre garnetlerin 910-912, 349 ve 553-555 cm⁻¹ güçlü olmak üzere toplam 11 farklı Raman titreşimi gösterdikleri ve tipik olarak almandin bileşiminde oldukları tespit edilmiştir. Mineral kimyası sonuçlarına göre granatlar Alm_{0.72-0.87} Grs_{0.07-0.19} Pyr_{0.02-0.13} Sps_{0.00-0.02} kimyasal formülüne sahiptirler. Granat – Biyotit jeotermometre hesaplamalarına göre garnetlerin ortalama 565,3 ± 20,8°C sıcaklıkta, 6,6 kbar basınç altında oluştukları belirlenmiştir. Hacıaliler garnetleri Ortalama kıtasal kabuk çoklu element değişim diyagramında LIL elementleri (Cs, Rb, Ba, K, Sr, Pb) bakımından fakirleşme gösterdiği belirlenmiştir. Kondrit'e (CHONDRITE) göre normalize edilmiş NYE çoklu element değişim diyagramında garnet örneklerinin NYE bakımından zenginleşme gösterdikleri (ΣNYE: 192,2-212,1), (La/Sm)_N oranı 2,62-2,89, (Sm/Yb)_N oranı 0,31-0,8 ve (Eu/Eu^{*})_N oranı 0,41-0,44 arasında değiştiği belirlenmiştir. Tahribatsız olarak yapılan gemolojik testlere göre de garnet kristallerinin özgül ağırlıkları 3,33 ile 3,64 arasında değiştiği, kırılma indis değerlerinin 1,81-1,95 civarında olduğu görülmüştür. L*a*b* renk sistemine göre garnet kristallerinin renk ortalaması L*: 46,25, a*: 6,55, b*: 6,60 (morumsu kahverengi) olarak belirlenmiştir. Mineralojik, jeokimyasal ve gemolojik değerlendirmeler sonucunda Hacıaliler garnetlerinin çok evreli metamorfizme uğramış olması ve sonrasında gelişen jeolojik süreçlerle (ayırışma, alterasyon vb.) parlak ve şeffaf olan kristal formlarını kaybettikleri bu nedenle süstaşı özelliği göstermedikleri değerlendirilmiştir. Ayrıca garnet örneklerinin NYE içerikleri bakımından önemli bir potansiyele sahip olabilecekleri düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Garnet, süstaşı, ICP-MS, Konfokal Raman Spektrometrisi, Hacıaliler, Çine

Abstract

Ancient period naturalist Plinius referred that almandine composition Lal Stones (Garnet) which had been widely used in the Hellenistic and Roman periods, were extracted from Alabanda (Çine) and Orthosia (Yenipazar) in Karia in Anatolia. The garnet samples, which are the subject of this study, are found in the middle-high grade, gneiss, and mica-schist in the Menderes Massif in Hacıaliler (Çine-Aydın) region. Purplish-brown and matt garnet porphyroblasts, varying between 0.5-2 cm in size, have crystallized in dodecahedron form. Garnet minerals, display poikiloblastic texture in microscopic examinations, are in a highly fractured structure and contain plenty of quartz, muscovite, and opaque mineral inclusions. In line with a non-destructive analysis technique, Confocal Raman Spectroscopy studies, it has been determined that garnets present a total of 11 different Raman vibrations, 910-912, 349 and 553-555 cm^{-1} strong, and are typically in almandine composition. According to the results of mineral chemistry, garnets have the chemical formula of $\text{Alm}_{0.72-0.87} \text{Gr}_{\text{S}0.07-0.19} \text{Pyr}_{0.02-0.13} \text{Sps}_{0.00-0.02}$. In accordance with garnet - biotite geothermometer calculations, it was determined that garnets are formed at an average temperature of $565.3 \pm 20.8^\circ\text{C}$ and under the pressure of 6.6 kbar. It was concluded that Hacıaliler garnets demonstrated depletion in terms of LIL elements (Cs, Rb, Ba, K, Sr, Pb) in the average continental crust (MCC) multi-element variation diagram. It was discovered that garnet samples demonstrated enrichment in terms of REE ($\sum\text{REE}$: 192.2-212.1), $(\text{La}/\text{Sm})_{\text{N}}$ ratio 2.62-2.89, $(\text{Sm}/\text{Yb})_{\text{N}}$ ratio 0.31-0.38 and $(\text{Eu})/(\text{Eu}^*)_{\text{N}}$ ratio vary between 0.41-0.44 in REE multi-element variation diagram normalized to chondrite. According to the non-destructive gemological tests, the specific gravity of garnet crystals varies between 3.33 and 3.64, and the refractive index values were found to be around 1.80-1.81. According to the $L^*a^*b^*$ color system, the color average of garnet crystals was determined to be as L^* : 46.25 a^* : 6.55 b^* : 6.60 (purplish brown). As a result of mineralogical, geochemical and gemological evaluations, it has been concluded that Hacıaliler garnet samples have undergone multi-stage metamorphism and have lost their bright and transparent crystal forms through the subsequent geological processes (weathering, alteration, etc.); therefore, they do not present the characteristics of gemstones. In addition, it is thought that garnet samples may have an important potential in terms of their REE contents.

Keywords: Garnet, gemstone, ICP-MS, Confocal Raman Spectroscopy, Hacıaliler, Çine



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



**Su-Kaya Etkileşiminin Hidrojeokimyasal Verilerle Değerlendirmesi: Ekecik Beslenme
Alanı, Ortaköy, Aksaray, Orta Anadolu**

*Evaluation of Water-Rock Interaction with Hydrogeochemical Data: Ekecik Recharge Area,
Ortaköy, Aksaray, Central Anatolia*

Mustafa Afşin*, Mustafa Yıldız, Zeynel Ceylan, **Murat Kalkan**, İsmail Said Küre

Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 68100, Aksaray

*mustafaafsin@aksaray.edu.tr

Özet

Bu çalışmanın amacı, Aksaray'ın kuzeybatısındaki Ekecik beslenme alanı (EBA)'nda seçilmiş su kaynaklarını hidrojeokimyasal verilerle su-kaya etkileşimi açısından incelemektir. EBA'da, Paleozoyik yaşlı metapelit, kalsilikat ve mermer türü metamorfik kayalar ile Üst Kretase yaşlı gabro, diyorit, granodiyorit, granit ve alkali feldspat granit türü magmatik kayalar yüzeylenmiştir. EBA'daki kayalar kırıklı, çatlaklı ve yer yer bozmuş oldukları için heterojen ve anizotrop niteliğinde sınırlı serbest akiferdir. Tektonik kontrollü ve genelde dokanak türü olan bu kaynakların başlarında yapılan ölçümlerde suların debi, pH, sıcaklık ve özgül elektriksel iletkenlik (ÖEI) değerleri sırasıyla 0.1-0.42 L/s, 6.52-7.99, 11.8-16°C, 95-269 µS/cm arasında değişmiştir. EBA'daki sularında Ca⁺² ve HCO₃⁻ iyonları baskındır. İzotopik (δ¹⁸O ve δ²H) açıdan meteorik kökenli olan bu sular, sık ve hızlı dolaşımli ve kısmen karışım özelliklidir. Sularla kayaların majör ve iz element içerikleri karşılaştırıldığında, Si, Mg, Ca, Na, K, Cr, Co, Ni, Cu, Zn değerleri kaya-su etkileşimini yansıtır biçimde kayalarla uyumlu artış göstermiştir. CAI (Chloro alkaline indice) -I için tüm sular negatif; CAI-II için ZC4, ZC5, ZC7 ve ZC8 pozitif; diğer sular ise negatif değerlere sahiptir. Negatif CAI değerleri tüm sularla ters iyon değişimine, pozitif CAI-II değerleri ise bu sularla doğrudan iyon değişimine işaret eder. Ca-montmorillonit, illit, kaolinit, K-mika ve kuvarsa doymun sular silikat/plajiyoklas ayrışmasına; kalsit, aragonit ve dolomite doymun sular ise karbonat minerallerinin ayrışmasına işaret eder. Bu sular akış yolu boyunca doymun olduğu mineralleri çökeltebilme; doymun olmadığı mineralleri ise çözebilme özelliğine sahiptir. İçme suyu standartlarına göre sular genelde içmeye uygundur.

Anahtar kelimeler: İçme suyu kaynağı, Kaya-su etkileşimi, EBA, Ortaköy, Aksaray

Katkı Belirtme: ASÜ BAP tarafından FEB-034 No'lu proje ile desteklenmiş bu çalışmada, 5. Ulusal Hidrolojide İzotop Teknikleri Sempozyumu Bildiriler Kitabı'ndaki Afşin vd. (2019) yayınından büyük ölçüde yararlanılmıştır.

Abstract

The aim of this study is to investigate the water springs selected in the Ekecik recharge area (ERA) in the northwest of Aksaray in terms of water-rock interaction with hydrogeochemical data. In the ERA, Paleozoic aged metapelite, calc-silicate and marble type metamorphic rocks and Upper Cretaceous gabbro, diorite, granodiorite, granite and alkali feldspar granite type magmatic rocks were exposed. Due to their fractured, cracked and altered structures, the rocks in the ERA have the characteristics of a heterogeneous and anisotropic limited unconfined aquifer. In-situ measurements at the discharge points of these springs, which are tectonically controlled and generally contact type, the discharge, pH, temperature and specific electrical conductivity (SEC) values of the waters are ranged between 0.1-0.42 L/s, 6.52-7.99, 11.8-16 °C, 95-269 µS/cm, respectively. Ca⁺² and HCO₃⁻ ions predominate in the waters in the ERA. These waters are of meteoric origin in terms of isotopic ((δ¹⁸O and δ²H), shallow and fast-circulating and partially mixed. When comparing the major and trace element contents of the rocks with the waters, Si, Mg, Ca, Na, K, Cr, Co, Ni, Cu, Zn values showed an increase consistent with the rocks reflecting the rock-water interaction. For CAI (Chloro alkaline indice) -I, all waters are negative; ZC4, ZC5, ZC7 and ZC8 positive for CAI-II; other waters have negative values. Negative CAI values indicate reverse ion exchange in all waters, and positive CAI-II values indicate direct ion exchange in these waters. Ca-montmorillonite, illite, kaolinite, K-mica and quartz saturated waters indicate decomposition of silicate/plagioclase while calcite, aragonite and dolomite saturated waters point out carbonate mineral dissolution. These waters can precipitate minerals that are saturated along the groundwater flow path; it has also the ability to dissolve minerals that are not saturated. According to drinking water standards, waters are generally suitable for drinking.

Keywords: Drinking water spring, rock-water interaction, ERA, Ortaköy, Aksaray

Acknowledgement: For this study, which was supported by ASU BAP with the project numbered FEB-034, Afşin et al. (2019) in the Proceedings Book of the 5th National Isotope Techniques in Hydrology Symposium publication has been greatly benefited.



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



Doğu ve Orta Pontidlerin Jeotektonik Ayırımına Karşılaştırmalı Analitik Bir Yaklaşım

A Comparative Analytical Approach to the Geotectonic Discrimination of Eastern and Middle Pontides

Yaşar Çakır^{1*}, Hasan Kolaylı²

*Trabzon Valiliği, İl Planlama ve Koordinasyon Müdürlüğü, Trabzon, Türkiye
KTÜ, Müh. Fak. Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Trabzon, Türkiye*

*dryasarcakir@gmail.com

Özet

Doğu ve Orta Pontidlerde bugüne kadar jeolojik amaçlı birçok çalışma yapılmıştır. Pontidlerin jeotektonik sınırları üzerinde genellikle fikir birliği mevcuttur. Ancak Doğu ve Orta Pontidleri ayıran tektonik sınır üzerinde detaylı olarak durulmamıştır. Bu çalışmada iki alt tektonik birimi birbirinden ayıran kriterler üzerinde durulmuştur. İki kuşağı birbirinden ayıran tektonik sınırın her iki tarafında yer alan litolojik birimler petrolojik, jeokimyasal ve jeokronolojik açıdan karşılaştırılmıştır. Doğu Pontidlerdeki magmatik çeşitlilik, Orta Pontidlerde çok daha az oranda görülmektedir. Doğu Pontidlerdeki Paleozoyik, Kretase ve Eosen yaşlı granitoidler I-tipi karaktere sahiptir. Buna karşın, Orta Pontidlerdeki Paleozoyik yaşlı granitoidler S-tipi, Jura yaşlı olanlar da I-tipi karaktere sahiptirler. Paleozoyikte bu tektonik alt birimler birbirleriyle iki zıt jeotektonik ortamı yansıtır. Ancak, Juradan itibaren benzer ortamları karakterize ederler. Ayrıca Orta Pontidlerde Kretase ve Eosen granitoidlerinin olmayışı farklılığın bir başka sebebi sayılabilir. Volkanitler açısından değerlendirildiğinde durum biraz daha farklıdır. Eosen ve Üst Kretase volkanitleri Doğu Pontidlerde yaygın olarak bulunmaktadır. Orta Pontidlerde ise sadece Sinop kuzeyinde dar bir alanda Üst Kretase volkanitleri mevcuttur. Hem granitoid ve hem de volkanitlerin petrolojik, jeokronolojik özellikleri ve yayılımları dikkate alındığında, bunların var-yok sınırları her iki tektonik alt birliğin ayırtman sınırı olarak kabul edilebilir.

Anahtar kelimeler: Doğu ve Orta Pontid, karşılaştırma, jeotektonik ayırım

Abstract

Many studies as geological purposes have been carried out in Eastern and Central Pontides. There is generally consensus on the geotectonic boundaries of the Pontides. However, tectonic discrimination of between the two has not been elaborated in detail. In this study, the criteria that distinguish two sub-tectonic units are emphasized. The lithological units on both sides of the tectonic boundary that separates the two belts are compared petrologically, geochemically and geochronologically. Magmatic diversity in the East Pontides is much less common in the Middle Pontides. The Paleozoic, Cretaceous and Eocene granitoids in the Eastern Pontides have an I-type character. On the other hand, Paleozoic granitoids in the Middle Pontides are S-type and Jurassic ones have I-type character. During Paleozoic, these tectonic subunits reflect two opposite geotectonic environments with each other. However, they have characterized similar environments since the Jurassic. In addition, the absence of Cretaceous and Eocene

granitoids in the Middle Pontides can be considered as another reason for the difference. The situation is slightly different when it is evaluated in terms of volcanics. Eocene and Upper Cretaceous volcanics are commonly found in Eastern Pontides. In the Middle Pontides, Upper Cretaceous volcanics are found only in a narrow area in the north of Sinop. Considering the petrological, geochronological properties and distribution of both granitoids and volcanics, their absence-boundaries can be regarded as the distinction boundary of both tectonic sub-units.

Keywords: East and Central Pontide, comparison, geotectonic discrimination



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



**Study Some Physical and Chemical Properties of Mollisols on Catena in Duhok
Governorate, Iraq**

Mohammed A. Fayyadh*, Azeddin A. M. Sindi

Soil and Water Sciences Dept., College of Agricultural Engineering Sciences, University of Duhok, Iraq

**Mohammed.fayyadh@uod.ac*

Abstract

The study area is located at Zawita location in Duhok province, Iraq. Twelve surface soil samples were collected on catena. Soil's physical and chemical properties were determined according to the standard methods. Total carbonate was decreased in soil samples at the back slope for both aspects. Active carbonate content corresponds with the summation of clay and silt particles for studied soil samples. Exchangeable cations are higher concentration in the north aspect when compared with the south aspect, and the cation exchange capacity values were low for all soil samples and ranged from (10.29- 21.53) Cmolec.kg⁻¹. The highest value of organic matter was found in the surface soil sample (8) between the summit and back slope in the south aspect, (47) g.kg⁻¹. The studied soils were slightly alkaline and non-saline. The soil texture varied from clay loam to sandy loam. The highest bulk density value was found at the north aspect in the surface soil sample (7) between summit and back slope (1.92) Mg.m⁻³. There are no considerable differences in soil samples values concerning particle density, and porosity. The study conclusions include, that the total and active carbonate content in surface soil samples in the north aspect was less than in the south aspect. The cations are higher concentration in the north aspect when compared with the south aspect. The humification process was more dominant in north aspect than in south aspect, and there is a loamy texture of soil along the catena.

Keywords: Mollisols, Catena, aspects, carbonate, cations, texture, organic matter



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



Akarçay Nehri (Afyonkarahisar) Su Kirliliği
Water Pollution of Akarçay River

Enes Gençer¹, Can Başaran^{2*}

¹Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar, Türkiye

²Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Afyonkarahisar, Türkiye

*cbasaran@aku.edu.tr

Özet

Su kaynaklarının azaldığı ve önemlerinin gittikçe arttığı günümüzde su kirliliği, önemli bir çevre ve sağlık sorunu olarak gündemde yer almaktadır. Buna bağlı olarak Afyonkarahisar ilindeki jeotermal suların, evsel-hayvansal-tarımsal ve sanayi atıklarının bölgenin en önemli yüzeysel su yapısı olan Akarçay nehrine olası etkilerinin belirlenmesi oldukça önemlidir. Akarçay Havzasının en önemli su kaynağı olan Akarçay Nehri 144 km boyunca havzayı batı-doğu yönünde kat ederek Eber Gölü'ne boşalır. Farklı kirlilik parametrelerinden etkileneceği düşünülen 12 noktadan alınan su örneklerinin analiz sonuçlarına göre; akarsu giriş noktalarından alınan örneklerin CaHCO₃ bileşimli olduğu buna rağmen, akış yolu boyunca örneklerin kimyasal bileşiminin değişerek NaHCO₃-NaCl bileşimlerine sahip olduğu belirlenmiştir. Örneklerin sahip oldukları yüksek EC (ort. 2619 µs/cm), Cl (ort. 552,1 mg/l), SO₄ (ort. 116 mg/l), F (ort. 2,3 mg/l), B (ort. 3,59 mg/l) ve As (ort. 0,8 mg/l) değerleri, içme ve sulama suyu olma açısından uygunsuz olduklarını göstermektedir. Su kirliliği kontrol yönetmeliği'ne göre örneklerin III ve IV. sınıf su kalitesine sahip olduğu belirlenmiştir. Örneklerde tespit edilen koliform bakteri ve *E.coli* varlığı evsel-hayvansal organik atıkların nehri doğrudan kirlettiğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Su kirliliği, su kalitesi, hidrojeokimya, Akarçay nehri

Abstract

Water pollution is an important environmental and health problem, where water resources are decreasing and their importance is increasing. It is crucial to determine the possible effects of geothermal waters, domestic-livestock-agricultural and industrial wastes in Afyonkarahisar province on the Akarçay river, which is the most important surface water of the region. The Akarçay River is the most important water resource of the Akarçay Basin. It crosses the basin along the west-east direction for 144 km and discharges to Eber Lake. The analysis results of the water samples taken from 12 points thought to be affected by different pollution sources were evaluated. The upstream samples are of the CaHCO₃ type, whereas the downstream samples have NaHCO₃-NaCl type. The high EC (mean. 2619 µs/cm), Cl (mean. 552.1 mg/l), SO₄ (mean 116 mg/l), F (mean 2.3 mg/l), B (mean 3.59 mg/l) ve As (mean 0.8 mg/l) concentrations of the samples show that they are unsuitable for drinking and irrigation. Water pollution control regulation showed that the water quality classes are III and IV. The presence of coliform bacteria and *E.coli* detected in samples indicates that domestic-animal organic wastes directly pollute the river.

Keywords: Water pollution, water quality, hydrogeochemistry, Akarçay river



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



**Diyadin (Ağrı, Doğu Türkiye) Kuzeyinde Yeni Bir Potansiyel Jeotermal Sahanın
Hidrojeokimyasal İncelemesi**

*Hydrogeochemical Properties of a New Potential Geothermal Field in the North of Diyadin
(Ağrı, E Türkiye)*

Onur Köse^{1*}, Sara Kardaş¹, Harun Aydın², Mustafa Açlan¹

¹Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kampüs, Bardakçı, 65040, Tuşba, Van, Türkiye

²Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06800, Beytepe, Ankara, Türkiye

*onurkose@yyu.edu.tr

Özet

Diyadin'de (Ağrı, Doğu Türkiye) bilinen mevcut jeotermal saha, Diyadin ilçe merkezinin yaklaşık 6 km güneybatısındadır. Diyadin'in yakın kuzeyinde herhangi bir jeotermal saha ve sıcak su kaynağının varlığı literatürde daha önce bildirilmemiştir. Bu çalışmada, Diyadin'in 15 km kuzeybatısında, Karapazar köyü yakınlarında Murat Nehri yatağını da içine alan küçük bir tektonik çökme sahası çevresindeki kaynaklardan toplanan 14 adet su örneğinin hidrojeokimyasal analizleri değerlendirilmiştir. Örneklerin sıcaklık, pH ve 25 °C'deki özgül elektriksel iletkenlik (EC25) değerleri sırasıyla 8,92 – 21,39 °C, 6,9 – 8,4 ve 132 - 7101 µS/cm arasında değişmektedir. Piper diyagramında, 11 örneğin Ca-HCO₃, bir örneğin Na-HCO₃ ve iki örneğin ise Ca-SO₄ tipi sular sınıfında yer aldığı belirlenmiştir. Bu çerçevede su örneklerinin baskın anyonu 12 örnekte HCO₃ ve iki örnekte SO₄ ile, baskın katyonu ise bir örnekte Na ve 13 örnekte Ca ile temsil edilmektedir. Bu durum, bir örnek haricinde inceleme alanındaki tüm suların karbonatlı akiferlerden boşaldıklarını göstermektedir. Suların kalsedon ve kuvars gibi silika minerallerinin yanı sıra aragonit ve kalsit gibi karbonat minerallerine ve dolomite doygun olması da yine bu suların karbonatlı kayalar ile temas ettiğine ve/veya karbonatlı akiferlerden boşaldıklarına işaret etmektedir. 5 su örneğinin diğer örneklerle göreceyle yüksek Cl, SO₄ ve toplam çözünmüş katı madde içeriği, bu suların yeraltında kalış süresinin ve dolayısıyla su-kayaç etkileşim süresinin daha fazla olduğuna ve/veya bu suların derin dolaşımına olduklarına işaret etmektedir. 1328-7101 µS/cm arasındaki EC25 değerleri itibarıyla termal kökenli olduğu düşünülen 5 su örneğinin kaynakları, tektonik çökme sahasının güney kenarına yakın ve Murat nehrine paralel olarak dizilmişlerdir. Bu kaynakların çökme sahasının güneyindeki fay düzleminden termal akışkanlarla beslendiği düşünülmektedir. Su örnekleri Cl – B ve Cl – Li grafiklerinde tek bir karışım doğrusu üzerinde yer almaktadır. Bu grafiklerde, Murat Nehrine yakın 5 kaynağın örneklerinde soğuk su karışım etkisinin baskın olduğu anlaşılmaktadır. Bu kaynakların Cl, B ve Li derişimleri, çok yüksek değerleri olan sadece bir örneğe (Cl: 412,7 mg/L, B: 113,4 mg/L, Li: 5,8 mg/L) göreceyle daha düşük ve birbirine yakın değerlere (Cl: 49,6 – 86,0 mg/L, B: 0,1 – 8,3 mg/L, Li: 0,1 – 0,4 mg/L) sahiptir. Düşük ve birbirine yakın değerler kapsamında, bu diyagramlar ile karışım sürecinin aydınlatılması oldukça güçtür. Bu nedenle, karışım süreçleri için yaygın olarak kullanılan Cl-Entalpi diyagramı kullanılmıştır. Bu diyagramda soğuk sulardan itibaren biri artış gösteren Cl derişimleri (0,6 – 412,7 mg/L) yönünde ve diğeri artış gösteren entalpi değerleri (38 - 101 kJ/kg) yönünde olmak üzere iki farklı karışım doğrusu ortaya çıkmıştır. Bunlardan birincisi, Murat Nehrine daha yakın olan 4 su noktasını, ikincisi ise birincidekilerin sıcaklıklarına (T: 11,05-14,42 °C) göreceyle daha yüksek sıcaklıklarda örneklenen 2 su noktasını (T: 19,79-21,39 °C) kapsamaktadır. Bu durum inceleme alanında, su kaynakları Murat

Nehrinden uzaklaştıkça soğuksu karışım süreçlerinin etkisini yitirdiğini göstermektedir. Cl – Entalpi ilişkisi, 14 su noktasından 6 su örneğinin sıcak bir rezervuardan yükseldiklerini ve/veya magmatik aktiviteye bağlı yüksek jeotermal gradyan ile ısıtılmış sular olabileceklerini önermektedir. İnceleme alanındaki su örnekleri için kuvars ve kalsedon jeotermometreleri ile sırasıyla 90,8 – 128,3 °C ve 61,6 – 99,7 °C arasında rezervuar sıcaklıkları hesaplanmıştır. Bu değerlendirmeler Karapazar çöküntü havzasının jeotermal potansiyel arz ettiğine işaret etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Diyadin, Karapazar, tektonik çökme havzası, jeotermal, hidro-jeokimya

Abstract

The geothermal field known in Diyadin (Ağrı, E Türkiye) is roughly 6 km southwest of the district center of Diyadin. The presence of any geothermal field and hot water source in the near-northern part of Diyadin has not been reported in the literature before. In this study, the hydrogeochemical analyzes of 14 water samples collected from the sources around a small tectonic subsidence area including also the Murat River bed in the vicinity of Karapazar village, 15 km northwest of Diyadin, were evaluated. The temperature, pH and specific electrical conductivity (EC25) values of the samples varies between 8.92 - 21.39 °C, 6.9 - 8.4, and 132 - 7101 μ S/cm, respectively. It is determined in the Piper diagram that 11 samples are in the Ca-HCO₃, one sample Na-HCO₃ and two samples in the Ca-SO₄ type water class. In this context, the dominant anion of water samples is represented by HCO₃ in 12 samples and SO₄ in two samples, while the dominant cation is represented by Na in one sample and Ca in 13 samples. This shows that, except one of the samples, all the waters in the study area are discharged from carbonate aquifers. The fact that the waters are saturated to silica minerals such as chalcedony and quartz, as well as to carbonate minerals such as aragonite and calcite, and to dolomite, also indicates that these waters come into contact with carbonate rocks and/or are discharged from carbonate aquifers. The high Cl, SO₄ and total dissolved solids content of the 5 water samples relative to the other samples indicate that the underground residence time of these waters is longer and therefore the water-rock interaction time is longer and/or that these waters are deeply circulated. The sources of the 5 water samples which are thought to be of thermal origin in terms of EC25 values changing between 1328-7101 μ S/cm are lined up the southern edge of the tectonic subsidence area and parallel to the Murat river. These springs are thought to be fed by thermal fluids from the fault plane in the south of the tectonic subsidence area. Water samples are located on a single mixing line in the Cl – B and Cl – Li graphs. In these graphs, it is seen that the cold-water mixing effect is dominant in the samples of 5 springs close to the Murat River. The Cl, B and Li concentrations of these sources have lower and close values (Cl: 49.6 - 86.0 mg/L, B: 0.1 - 8.3 mg/L, Li: 0.1 - 0.4 mg/L) compared to only one sample with very high values (Cl: 412.7 mg/L, B: 113.4 mg/L, Li: 5.8 mg/L). It is quite difficult to elucidate the mixing process with these diagrams in the context of values low and close to each other. For this reason, the Cl-Enthalpy diagram, which is also widely used for mixing processes, was additionally used. In this diagram, starting from cold waters, two different mixing lines emerged, one in the direction of increasing Cl concentrations (0.6 - 412.7 mg/L) and the other in the direction of increasing enthalpy values (38 - 101 kJ/kg). The first of these includes 4 water points that are closer to the Murat River, and the second includes 2 water points sampled at relatively higher temperatures (T: 19.79-21.39 °C) than those in the first (T: 11.05-14.42 °C). This indicates that the cold-water mixing processes lose their effectiveness as the water springs are located further away from the Murat River in the study area. The Cl – Enthalpy relationship suggests that 6 water samples from 14 water points rise from a hot reservoir and/or may be waters heated by a high geothermal gradient due to magmatic activity. Using quartz and chalcedony geothermometers for the water samples in the study area, the reservoir temperatures were calculated as 90.8 – 128.3 °C and 61.6 – 99.7 °C, respectively. These evaluations indicate that the Karapazar tectonic subsidence basin has a geothermal potential.

Keywords: Diyadin, Karapazar, tectonic subsidence basin, geothermal, hydro-geochemistry



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



Sürdürülebilir Tarım ve Peyzaj Yönetiminde Silisyumun Önemi

The Importance of Silicon in Sustainable Agriculture and Landscape Management

Safak Köseoğlu^{1*}, Alpaslan Ünal²

¹*Alba Crop Science Tarımsal Ürünler Tic.Ltd. Şti. Atakent 3 Etap Kamelya Sok. A12 D38 Küçükçekmece,
İstanbul, Türkiye*

²*Ünal Tohumculuk Üretim ve Pazarlama Ltd. Şti. Akçağlan Mah.Meriç Nehri Sok.No 4B Odunpazarı, Eskişehir,
Türkiye*

**info@albacropscience.com.tr*

Özet

21. yüzyılın stratejik sektörleri arasında gösterilen tarım ve gıda sektörü, 2050'de 9 milyara ulaşacağı hesaplanan Dünya nüfusunun beslenmesinde yetersiz kalma riskini taşıyor. Bilimsel raporlarda iklim değişikliğinin etkisiyle Dünyada su kıtlığının ve kuraklığın artacağı, tarımsal verimliliğin düşeceği, gıda fiyatlarında Dünya genelinde yüzde 85'e varan artışların gerçekleşebileceği belirtiliyor. Tarımın en önemli konularından bitki besleme ve entegre zararlı yönetiminde kullanılan elementlerin ana kaynağı olan yerkabuğu, sürdürülebilir tarımın büyümesi ve gıda üretimini artırmanın yanı sıra artan küresel ısınmanın etkileri nedeniyle çeşitli abiyotik ve biyotik streslere maruz kalan bitkiler üzerinde olumlu etkiler yaratabilecek çok sayıda temel minerale donatılmıştır. Son yıllarda bitki popülasyonlarında farklı mikro elementlerin büyüme ve gelişme üzerindeki etkilerinin araştırılmasına artan bir ilgi vardır. Bu elementlerden biri olan Silisyum, yerkabuğunda oksijenden sonra en bol bulunan ikinci elementtir. Silisyumun bitki büyümesi üzerindeki faydalı etkileri, genellikle karbon ve besinlerin biyojeokimyasal döngülerindeki önemli rolleri nedeniyle. Silisyumun bitkiler üzerinde olan etkilerine yönelik çalışmalar sonucunda, farklı bitkilerin sağlıklı büyümesini ve gelişimini arttırdığı ve çeşitli bitki fizyolojik süreçlerini teşvik ederek bitkilerin biyotik ve abiyotik streslere karşı direncinde önemli bir katkı sağlaması nedeniyle verimliliği artıran değerli bir element olduğu bildirilmiştir. Bu olumlu etkilere sahip olması nedeniyle tarımsal pestisit kullanımını azaltma potansiyeli de bulunmaktadır. Bugüne kadar yapılan araştırmalar, Si ve birçok toprak bileşeni arasındaki kimyasal dinamiklerin, toprak çözeltisinde bitkiye yararlı Si miktarını etkilediğini ortaya koymaktadır. Bununla birlikte farklı silisyum içeren malzemelerin gübre olarak kullanılması konusunda da tartışılmalı sonuçlar elde edilmiştir. Stres yönetimi gibi bitki yaşam süreçlerinde silisyumun alımı, taşınması ve rolü hakkında açıklığa kavuşturulması gereken birçok soru bulunmaktadır. Bu sorunları ele almak için gelecekteki araştırmalara ihtiyaç vardır. Bu derleme, biyotik ve abiyotik stresleri düzenlemek için silisyumun bitkilerdeki rolünü ve faydalı etkilerini tartışmaktadır. Amacımız, sürdürülebilir tarımda ve peyzaj uygulamalarında silisyumun rolü ve önemi hakkında son araştırmalara genel bir bakış sağlamak ve daha fazla araştırma için olası yönleri vurgulamaktır.

Anahtar Kelimeler: Silisyum, sürdürülebilir tarım, bitki besleme, sürdürülebilir peyzaj

Abstract

The agriculture and food sector, which is shown as one of the strategic sectors of the 21st century, carries the risk of being insufficient to feed the world population, which is calculated to reach 9 billion in 2050. In scientific reports, it is stated that with the effect of climate change, water scarcity and drought will increase in the world, agricultural productivity will decrease, and food prices may increase up to 85% worldwide. The earth's crust, which is the main source of elements used in plant nutrition and integrated pest management, which is one of the most important issues of agriculture, is equipped with many essential minerals that can have positive effects on plants that are exposed to various abiotic and biotic stresses because of increasing global warming, as well as increasing sustainable agriculture and food production. In recent years, there has been an increasing interest in investigating the effects of different microelements on growth and development in plant populations. Silicon, one of these elements, is the second most abundant element in the earth's crust after oxygen. The beneficial effects of silicon on plant growth are often due to their important role in the biogeochemical cycles of carbon and nutrients. As a result of studies on the effects of silicon on plants, it has been reported that it is a valuable fertilizer that increases productivity because it increases the healthy growth and development of different plants and makes a significant contribution to the resistance of plants against biotic and abiotic stresses by promoting various plant physiological processes. Due to these positive effects, it also has the potential to reduce the use of agricultural pesticides. Research to date reveals that the chemical dynamics between Si and many soil components affect the amount of plant available Si in the soil solution. However, controversial results have been obtained on the use of different silicon-containing materials as fertilizer. There are many questions to be clarified about the uptake, transport, and role of silicon in plant life processes such as stress management. Future research is needed to address these issues. This review discusses the role and beneficial effects of silicon in plants to regulate biological and abiotic stresses. Our aim is to provide an overview of recent research on the role and importance of silicon in sustainable agriculture and landscape practices and highlight possible directions for further research.

Keywords: Silicon, sustainable agriculture, plant nutrition, sustainable landscape

1. GİRİŞ

21. yüzyılın stratejik sektörleri arasında gösterilen tarım ve gıda sektörü, 2050'de 9 milyara ulaşacağı hesaplanan Dünya nüfusunun beslenmesinde yetersiz kalma riskini taşıyor. Araştırmalar, 2050 yılında dünya nüfusunu beslemek için, tarım ve gıda üretiminin, bugünkü düzeyinden en az yüzde 50 oranında daha fazla olması gerektiğini öngörüyor. Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli'nin (IPCC) değerlendirme raporlarında da iklim değişikliğinin etkisiyle Dünyada su kıtlığının ve kuraklığın artacağı, tarımsal verimliliğin düşeceği, gıda fiyatlarında Dünya genelinde yüzde 85'e varan artışların gerçekleşebileceği belirtiliyor. Küresel gıda güvenliği ve arzının bir dönüm noktasında olduğu günümüzde demografik değişiklikler, yenilenebilir kaynaklar üzerindeki rekabet, iklim değişikliklerinin giderek artan ciddi sonuçları ve biyoçeşitlilik kaybı karşısında tüm ilgili alanlarda derin bir dönüşüme ihtiyaç duyulmaktadır. Tarımın en önemli konularından bitki besleme ve entegre zararlı yönetiminde kullanılan elementlerin ana kaynağı olan yer kabuğu, sürdürülebilir tarımın büyümesi ve gıda üretimini artırmanın yanı sıra artan küresel ısınmanın etkileri nedeniyle çeşitli abiyotik ve biyotik streslere maruz kalan bitkiler üzerinde olumlu etkiler yaratabilecek çok sayıda temel minerale donatılmıştır. Son yıllarda makro besinlerin (N, P, K) uygulanmasına ek olarak bitki popülasyonlarında farklı mikro elementlerin büyüme ve gelişme üzerindeki etkilerinin araştırılmasına artan bir ilgi vardır. Bu elementlerden biri olan Silisyum (Si), yer kabuğunda oksijenden sonra en bol bulunan ikinci elementtir ve bitkilerin mineral beslenmesinde bir dizi önemli rol oynar. Silisyumun bitki büyümesi üzerindeki faydalı etkileri, genellikle karbon ve besinlerin biyojeokimyasal döngülerindeki önemli rolleri nedeniyle. Bitki büyümesi için gerekli bir element olmamasına rağmen, silisyumun bitkiler üzerinde olan etkilerine yönelik çalışmalar sonucunda, farklı bitkilerin sağlıklı büyümesini ve gelişimini arttırdığı ve çeşitli bitki fizyolojik süreçlerini teşvik ederek bitkilerin biyotik (*bitki hastalık ve zararlıları*) ve abiyotik (*UV-B radyasyon, osmotik stres, metal ve ağır metal stresi, ekstrem sıcaklık stresi, oksidatif*

stres ve tuzluluk stresi vb.) streslere karşı direncinde önemli bir katkı sağlaması nedeniyle silisyumun verimliliği artıran değerli bir element olduğu bildirilmiştir. Bu olumlu etkilere sahip olması nedeniyle tarımsal pestisit kullanımını azaltma potansiyeli de bulunmaktadır. Bununla birlikte bitkilerin kullanabileceği toprakların silisyum içeriği, toprak tipine bağlı olarak büyük ölçüde değişebildiğinden, birçok olumlu sonuç, son on yılda sürdürülebilir tarımda bir besin maddesi olarak silisyuma olan ilginin artmasına neden olmuştur. Fitolitlerin oluşumu ve bitkilerdeki rolü hakkında da birçok yeni araştırma sonucu bulunmaktadır. Ayrıca topraklardaki silisyum kimyasal dinamikleri yakın zamana kadar yeterince çalışılmamıştır. Şimdiye kadar yapılan araştırmalar, Si ve birçok toprak bileşeni arasındaki kimyasal dinamiklerin, toprak çözeltilisinde bitkiye yararlı Si miktarını etkilediğini ortaya koymaktadır. Farklı silisyum içeren malzemelerin gübre olarak kullanılması konusunda da tartışmalı sonuçlar elde edilmiştir. Stres yönetimi gibi bitki yaşam süreçlerinde silisyumun alımı, taşınması ve rolü hakkında açıklığa kavuşturulması gereken birçok soru bulunmaktadır. Bu sorunları ele almak için gelecekteki araştırmalara ihtiyaç vardır. Bu derleme, biyotik ve abiyotik stresleri düzenlemek için değerli bir element olarak silisyumun bitkilerdeki rolünü ve faydalı etkilerini tartışmaktadır. Amacımız, sürdürülebilir tarımda ve peyzaj uygulamalarında silisyumun rolü ve önemi hakkında son araştırmalara genel bir bakış sağlamak ve daha fazla araştırma için olası yönleri vurgulamaktır.

2. TARIMDA SİLİSYUMUN KULLANIMI

Oksijenden sonra yer kabuğunda en bol bulunan ikinci element olan silisyum, bitkilerin çeşitli abiyotik ve biyotik streslerin üstesinden gelmesine yardımcı olur (Debona ve ark., 2017). Ne yazık ki, kısmen silisyumun doğadaki bolluğu ve eksiklik veya toksisitesinin görünür semptomlarının olmaması nedeniyle, silisyumun faydaları 20. yüzyılın başına kadar çoğunlukla göz ardı edilmiş ve bitki fizyologları bu elementi bilimsel denemelerde büyük ölçüde değerlendirmeye almamışlardır. Son yıllarda yürütülen araştırmalar, tarla ve sera ortamlarında bitkilerin özellikle çözünür silisyumun düşük veya sınırlı olduğu kabul edilen topraklarda, düzenli olarak farklı streslere maruz kaldığını göstermektedir. Geline nokta, topraklardaki Si eksikliklerinin farkındalığı sonucunda genel bitki gelişimi, üretimi ve sağlığı üzerinde sınırlayıcı bir faktör olduğu kabul edilmiştir. Bu gelişmelerin ardından tarımda Si üzerine, bilim adamları, tarımda çalışan profesyoneller ve Si malzemeleri üreten şirketlerin katıldığı yedi uluslararası konferans (Birleşik Devletler 1999, Japonya 2002, Brezilya 2005, Güney Afrika 2008, Çin 2011, İsveç 2014 ve Hindistan 2017), silisyumun faydalarının tartışıldığı ortak bir forum sağlama ana temasıyla yapılmıştır. Uluslararası Tarımda Silisyum Derneği de 2015 yılında kurulmuştur. (<http://www.issag.org/home.html>). Bu sonuçlara rağmen silisyumun birçok ülkede yetiştiriciler tarafından bir bitki koruyucu veya tarımsal üretimde gübre olarak kullanılmasının gerçekleştirilmesi yavaş olmuştur.

2.1. Toprakta Silisyumun Formları

Dünyanın yüzeyi oksijenden sonra %28,8 (kuru ağırlık esas) silisyum ile kaplıdır, ancak Si'nin saf haliyle varlığı son derece nadirdir. Silisyum yer kabuğunda kuvars, feldspat, mika ve kil mineralleri içerisinde bulunur (Song ve ark., 2021). Topraklarda silikon genellikle üç farklı fraksiyona ayrılır: 1-sıvı faz, 2-adsorbe edilen faz ve 3-katı faz. Katı fazdaki silisyum formları üç ana gruba ayrılır: amorf formlar, zayıf kristalli ve mikro kristalli formlar ve kristal formlar. Toprak çözeltilisinde farklı formlarda bulunan silisyum esas olarak monomerik (H_4SiO_4 , bitki için biyoyararlı formu), oligomerik veya polisilik asit olarak oluşur. Toprak çözeltilisindeki bazı çözülmüş silisik asit, organik ve inorganik bileşiklerle kompleksler oluşturur. Monosilik asit formu bitki emilimi ve beslenmesi ile ilgiliyken, polisilik asit toprak agregasyonunu etkiler. Norton'a (1984) göre, polisilik asit, özellikle hafif dokulu topraklarda, sonunda toprak agregasyonunu, su tutma kapasitesini ve tamponlama kapasitesini geliştiren silika köprülerinin oluşturulması yoluyla toprak parçacıklarını birbirine bağlar. Toprak çözeltileri 2,8 ile 17,1 mg Si/litre⁻¹ arasında Si konsantrasyonları içerir, ancak daha düşük ve daha yüksek değerlerle karşılaşılabilmektedir (Epstein., 1994). Bununla birlikte, silisyumun toprak minerallerinden çözünmesi yavaştır ve tekrarlanan ekimler ile birlikte toprak tarafından adsorpsiyon veya absorpsiyon, seviyelerini

maksimum mahsul verimi için takviyenin gerekli olduğu noktaya kadar azaltabilir (Zellner ve ark., 2021).

2.2. Bitkilerde Silisyumun Alınımı, Taşınması ve Depolaması

Bitkiler, çoğu tarım toprağında bulunan pH seviyelerinde 0,1 ila 0,6 mM arasında değişen konsantrasyonlarda yaygın olarak bulunan H_4SiO_4 formunda toprak çözeltisinden silisyum alırlar (Knight ve Kinrade, 2001). Ma ve ark. (2001), çeltiğin sekonder köklerinin silisyum alımında rol oynadığını, Cornelis ve ark., (2011) ise silisyumun bitkiler tarafından absorbe edildiği aktif, pasif ve reddedici mekanizmaları tanımlamıştır. Aktif mekanizma tarafından silisyum alımının miktarı, kütle akışına bağlı olarak tahmin edilenden daha fazladır ve bu durum kök hücrelerinin zarları boyunca absorpsiyon sürecini kolaylaştıran kökler ve sürgünlerdeki silisyum taşıyıcıların yoğunluğuna atfedilir. Ayrıca, bu taşıyıcılar yakın zamanda tanımlanan ve köklerde Lsi1 ve Lsi2 ve sürgünlerde Lsi6 gibi düşük silisyumlu genler tarafından kodlanmıştır. Emilen H_4SiO_4 , ksilem yoluyla taşınır ve fitolit olarak da bilinen sert, polimerize bir silika jel ($SiO_2 \cdot nH_2O$) halinde yoğunlaşarak yaprak epidermal yüzeylerinde biriktirilir (Yoshida ve ark. 1962). Absorbe edilen H_4SiO_4 , tercihen abaxial epidermiste biriktirilir ve yine yaprak büyüdükçe epidermiste birikme meydana gelir (Hodson ve Sangster, 1988). Biriken silika hareketsizdir ve aktif olarak büyüyen dokulara veya meristematik dokulara aktarılmaz.

2.3. Silisyumun Bitki Büyümesi Üzerine Etkileri

Silisyumun çeşitli tarla ve bahçe bitkilerinin büyümesi üzerindeki faydalarını belgeleyen literatür çok geniştir ve artmaya devam etmektedir. Silisyumun yararlı etkileri, bitkiler stresli (biyotik veya abiyotik stres) ortamlarda iken, optimal koşullar altında büyüyenlere göre daha belirgin hale gelmektedir. Bitki büyümesi ve gelişimi üzerindeki faydalı etkileri; silika tortularından oluşan koruyucu bir dış tabakanın oluşumu, absorbe edilen silisyumun ağır metal iyonları ve bitkideki diğer bileşiklerle etkileşimi ve stresli bitkilerde silisyumun metabolik fonksiyonlarını içeren çeşitli mekanizmalara dayanır (Tubana ve Heckman, 2015). Silisyum, bitkilerin büyümesini ve verimini artırır, dik büyümeyi teşvik eder (daha güçlü ve daha kalın gövdeler, daha kısa internodlar), yatmayı önler, yaprakların fotosentetik aktif radyasyonu en uygun şekilde almasına neden olur, bakteri ve fungal hastalıklarına karşı direnç sağlar ve aşırı sıcaklık, tuzluluk, ağır metal ve alüminyum toksisitesi gibi bazı abiyotik stresleri azaltır.

2.4. Bitki Stres Mekanizmaları Üzerine Etkileri

Olumsuz çevre koşulları, sürdürülebilir tarımın en kritik düşmanıdır. Bitkileri biyotik ve abiyotik stres tehditlerinden korumak için son yıllarda tasarlanmış çeşitli yeni stratejiler arasında, mineral elementlerin 'stres azaltıcı' olarak kullanılması en önemli ve ilginç yön olarak ortaya çıkmıştır (Khan ve ark., 2021).

2.4.1. Abiyotik Stresler

İklim değişikliğinde gözlenen artış, bitki ürün veriminde önemli kayıplara neden olan tarımsal üretkenliği tehdit eden çoklu abiyotik streslere neden olmaktadır (Vaughan ve ark., 2018). Kuraklık, tuzluluk, aşırı sıcak ve soğuk, ağır metaller ve oksidatif stres gibi abiyotik stresler tüm Dünyada yaygındır ve bitkilerin büyümesini, üretkenliğini olumsuz yönde etkileyerek gıda güvenliği konusunda ciddi endişeler oluşturan tarımsal bitkilerin yaklaşık %70 oranında verim kaybına neden olurlar. (Tigchelaar ve ark., 2018; Vaughan ve ark., 2018). Bitkilerin abiyotik strese maruz kalması, tohum çimlenmesinden generatif evreye kadar çok sayıda biyokimyasal reaksiyonda değişikliklere neden olur ve bu da bitkilerin büyümesinde ve üretkenliğinde ciddi kayıplara yol açabilir. Genel olarak, abiyotik stres; membran bütünlüğünün kaybı, enzim aktivitesinde bozukluk, fotosentetik etkinlik, besin alımı ve asimilasyonu, suyun fonksiyonları, ozmotik dengesizlik ve hormonal dengesizliği içeren bitkilerin sayısız fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler dengesini değiştirir (Moradtalab ve ark., 2018; Ahanger ve ark., 2019). Homeostatik yolları (örneğin, su ve besin dengesi, sıcaklık, ışık ve gaz değişimi) değiştiren ve biyolojik olmayan abiyotik stres (Meena ve ark. 2017) bitkiler bu değişikliklere uyum sağlayamadığında, büyüme, canlılık ve verimde azalmanın yanı sıra patojen enfeksiyonlarına ve zararlılara karşı artan duyarlılık da meydana getirebilir. Son zamanlarda, abiyotik stres tepkilerini

yönetmede silikonun (Si) rolüne odaklanılmakta ve diğer uyarıcı faktörlerle etkileşimi araştırılmaktadır. Son on yılda bildirilen son çalışmalar, Si'nin tarım ve peyzaj bitkilerinde çeşitli kuraklık, tuzluluk, aşırı sıcak ve soğuk, ağır metal toksisitesi, ultraviyole-B (UV-B) radyasyonu ve mekanik strese karşı koyma kabiliyetini ortaya koymuştur (Deshmukh ve ark., 2017). Yürütülen araştırmalarda Si'nin sinyal iletimi yoluyla, özellikle jasmonik asit (JA) düzenleyici yol sistemi ile çoklu savunma yanıtlarını geliştirdiğini bildirilmiştir (Hall ve ark. 2019). Si'nin bitki büyümesini iyileştirmedeki olası bir rolü de, çeşitli abiyotik stres koşulları altında hücrel ve biyokimyasal mekanizmalarda yarattığı değişikliğin yanı sıra sağladığı gelişmiş membran bütünlüğü ve antioksidan savunma sistemine atfedilir (Farooq ve Deitz, 2015). Ek olarak, bitkilerdeki Si aracılı savunma mekanizmaları, (a) fiziksel ve mekanik direnç sağlamak için Si'nin birikmesini (b) bitki-stres etkileşimi sırasında karmaşık sinyal yolları ağının ve biyokimyasal direncin düzenlenmesini ve (c) defans cevabında gen ifadesinin düzenlenmesini içerir (Wang ve ark., 2017).

2.4.2. Biyotik Stresler

Bitki hastalıkları ve zararlıları biyotik stresler grubuna girmektedir. Ekonomik açıdan önemli birçok bitki türünde, Si gübrelenmesinin olumlu etkileri nedeni ile patojenlerin neden olduğu hastalıkların yoğunluğunda önemli bir azalma tespit edilmiştir (Debona ve ark. 2017). Sonuç olarak, bakteriyel yanıklık, kahverengi leke, tane renginin değişmesi, yaprak yanıklığı, yaprak ve salkım yanıklığı ve gövde çürümesi gibi hastalıkların yoğunluğu önemli ölçüde baskılanmıştır (Debona ve ark. 2017). Bitkilere Si verilmesi, bitki direncinin bazı önemli bileşenlerini (örneğin, patojenin kuluçka dönemi, koloni veya lezyon boyutu, yaprak alanı başına lezyon sayısı, lezyon genişlemesi ve enfeksiyon bölgesi başına üretilen inokulum) önemli ölçüde etkilemiş bu durum daha düşük seviyede hastalık gelişmesine katkıda bulunmuştur. (Debona ve ark. 2017). Hem yapraktan hem de kökten uygulanan Si'nin birçok yaprak hastalığını azaltmada etkili olduğu kanıtlanmış olsa da elementin bitkinin savunma tepkilerini güçlendirmeye yardımcı olduğu için kök uygulamasının daha verimli olduğu gösterilmiştir. Silisyum ile gübrelenmenin ayrıca belirli hastalıkları fungusitlerle aynı yoğunluk düzeyine indirdiği de elde edilen bulgular arasındadır (Brecht ve ark., 2004; Seebold ve ark., 2004). Bu ve diğer bulgulara dayanarak, silisyum önemli bitki hastalıklarının ve salgınlarının oluşumunu yönetmek için uygun bir araç olma potansiyeline sahiptir. Silisyum ayrıca hayvanların, özellikle böceklerin bitkilere verdiği zararı da sınırlar. Si ile gübrelenmiş otların otlayan hayvanlar tarafından yenmesi daha az olasıdır. Si'nin faydalı etkileri, emgi yapan böcekler, akarlar ve yaprak biti saldırılarını içeren diğer birçok türün saldırıları üzerinde kanıtlanmıştır. Si, böcek zararlıları veya yabani tavşanlar gibi otçul hayvanların neden olduğu zararları azaltabilir, ayrıca otlayan hayvanlar Si uygulanmış otları tercih etmez. Araştırmalar Si biriktiren ve biriktirmeyenlerin yanı sıra monokotiledonlar ve dikotiledonların hepsinin böceklere karşı benzer Si savunma mekanizmalarına sahip olduğunu göstermektedir. Direnç mekanizmasının, bitkilerde lignin, fenolik bileşikler ve fitoaleksinlerin birikmesi dahil olmak üzere mekanik bariyerler oluşturan amorf silika olduğu düşünülmektedir. (Kovaks ve ar., 2022).

3. SONUÇLAR

Silisyum uygulamasının faydalı etkileri arasında toprak yapısını iyileştirmek, gübre verimliliğini arttırmak, stresli koşullar altında bitkilerin daha fazla korunmasını sağlamak, değişen fotosentez hızı, daha iyi su kullanım verimliliği, stoma iletkenliğindeki değişiklikler, artan su potansiyeli gibi farklı biyolojik mekanizmalarla, yapısal güçlendirme, mineral alımında ve birikiminde değişiklik kuraklık, sıcak, soğuk, ağır metaller, radyasyon, tuzluluk gibi abiyotik stres faktörlerinin olumsuz etkilerinin hafifletilmesi sayılabilir. Silisyum, biyotik stresleri kontrol eden etkili bir araç olabileceğinden, pozitif çevresel etkiler sağlarken pestisitlerin sayı ve oranlarını azaltmaya ve uygulamaya maliyetlerinden tasarruf etmeye yardımcı olabilir. Son yıllarda yapılan araştırmalar, bu konuda daha detaylı araştırmalar yapılmasına ihtiyaç duyulduğunu belirtmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Ahanger, M.A., Qin, C., Maodong, Q., Dong, X.X., Ahmad, P., Abdallah, E.F., Zhang, L., Spermine Application Alleviates Salinity Induced Growth and Photosynthetic Inhibition in Solanum Lyco., by Modulating Osmolyte and Secondary Metabolite Accumulation and Differentially Regulating Antioxidant Metabolism, *Plant Physiol., Biochem.*, 144, 1–13, 2019.
- [2] Cornelis, J.T., Titeux H., Ranger, J., Identification, and Distribution of the Readily Soluble Silicon Pool in a Temperate Forest Soil Below Three Distinct Tree Species. *Plant Soil*, 342:369–378, 2011.
- [3] Debona, D., Rodrigues, F. A., And Datnoff, L. E., Silicon's role in abiotic and biotic plant stresses. *Annu. Rev. Phytopathol.* 55:85-107, 2017.
- [4] Deshmukh, R.K., Ma, J.F., B'Elanger, R.R., Role of Silicon in Plants. *Front Plant Sci.*, 8, 1858, 2017.
- [5] Epstein, E., The anomaly of silicon in plant biology, *Proc.Natl.Acad.,Sci.* 91:1733-2049, 1994.
- [6] Farooq, M.A., Dietz, K.J., Silicon as Versatile Player in Plant and Human Biology: Overlooked and Poorly Understood. *Front. Plant Sci.*, 6, 994, 2015.
- [7] Hall, C.R., Waterman, J.M., Vandeger, R.K., Hartley, S.E., Johnson, S.N., The Role of Silicon in Antiherbivore Phytohormonal Signaling. *Front., Plant Sci.*, 18, 1132, 2019.
- [8] Hodson M.J., Sangster A.G., Observations on the distribution of mineral elements in the leaf of wheat (*Triticum aestivum* L.) with particular reference to silicon. *Ann Bot* 62:463–471. 1988.
- [9] Khan, M.I.R., Ashfaq, F.B., Chhillar, H.A., Irfan, M.C., Khan, N.A., The Intricacy of Silicon, Plant Growth Regulators and Other Signaling Molecules for Abiotic Stress Tolerance: An Entrancing Crosstalk Between Stress Alleviators, *Plant Physiology and Biochemistry*, 162: 36-47, 2021.
- [10] Knight, C.T.G., Kinrade, S.D., A Primer on the Aqueous Chemistry of Silicon. In: Datnoff LE, Snyder GH, Korndörfer GH (eds) *Silicon in agriculture*. Elsevier, Amsterdam, pp 57–84, 2001.
- [11] Kovács, S.; Kutasy, E.; Csajbók, J. The Multiple Role of Silicon Nutrition in Alleviating Environmental Stresses in Sustainable Crop Production. *Plants*, 11, 1223, 2022.
- [12] Ma, J.F., Goto, S., Tamai, K., et al. Role of root hairs and lateral roots in silicon uptake by rice. *Plant Physiol* 127:1773–1780, 2001.
- [13] Meena, K. K., Sorty, A. M., Bitla, U. M., Choudhary, K., Gupta, P., Pareek, A., Singh, D. P., Prabha, R., Sahu, P. K., Gupta, J. K., Sing, H. B., Krishanani, K. K., And Minhas, P. S., Abiotic Stress Responses and Microbe-mediated Mitigation in Plants: The Omics Strategies. *Front. Plant Sci.* 8:172, 2017. Mitani, N., and Ma, J.F., Uptake system of silicon in different plant species. *J. Exp. Bot.*, 56 (414):1255–1261, 2005.
- [14] Moradtalab, N., Weinmann, M., Walker, F., Hoglinger, " B., Ludewig, U., Neumann, G., Silicon Improves Chilling Tolerance During Early Growth of Maize by Effects on Micronutrient Homeostasis and Hormonal Balances. *Front. Plant Sci.* 9, 420, 2018.
- [15] Tigchelaar M., Battisti D.S., Naylor R.L., Ray D.K., Future Warming Increases Probability of Globally Synchronized Maize Production Shocks. *Proc. Natl. Acad. Sci. Unit. States., Am.*, 115:6644–9, 2018.
- [16] Tubana, B.S., Heckman, J.R., Silicon in Soils and Plants. In F.A. RODRIQUEZ, L.E. DATNOFF (Eds.), *Silicon and Plant Diseases* (pp.7-52), Springer International Publishing, Switzerland, 2015.
- [17] Vaughan, M.M., Block, A., Christensen, S.A., Allen, L.H., Schmelz, E.A., The Effects of Climate Change Associated Abiotic Stresses on Maize Phytochemical Defenses. *Phytochemistry Rev.* 17, 37–49, 2018.
- [18] Wang, M., Gao, L., Dong, S., Sun, Y., Shen, Q., Guo, S., Role of Silicon on Plant–Pathogen Interactions, *Front. Plant Sci.*, 8, 701, 2017.
- [19] Yoshida S, Ohnishi, Y., Kitagishi, K., Chemical forms, mobility, and deposition of silicon in the rice plant. *Soil Sci Plant Nutr* 8:107–111.1962.
- [20] Zellner, W., Tubaña, B., Rodrigues, F. A. And Datnoff, L. E., Silicon's Role in Plant Stress Reduction and Why This Element Is Not Used Routinely for Managing Plant Health. *Plant Disease.* 105:20, 2021.



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



**Granitik Kayaların Dalgaboyu Dağılımlı X-Ray Floresans (WD-XRF) ile Ana Element
Oksit Analizlerinde Partikül Boyutunun Etkisi**

*The Effect of Particle Size on the Major Element Oxide Analysis of Granitic Rocks with
Wavelength Dispersive X-Ray Fluorescence (WD-XRF)*

Bahattin Güllü*, Erkan Yılmaz

Aksaray University Faculty of Engineering Department of Geological Engineering, Aksaray, Türkiye

**bgullu@aksaray.edu.tr*

Özet

Granitik kayaların Dalgaboyu Dağılımlı X-Ray Floresans (WD-XRF) ile ana element oksit analizlerinde, analiz sonucunu etkileyen en önemli etkenlerden birisi de partikül boyu etkisidir. Analiz sonuçlarının doğrulukları konusunda birçok düzeltme faktörleri kullanılsa da elementlerin şiddet dağılımlarını doğrudan etkileyen partikül boyu dağılımları genellikle göz ardı edilmektedir. Granitik kayaların ana oksit element ölçümlerinde partikül boyu etkisinin araştırıldığı bu çalışmada, ağırlıklı partikül boyu dağılımı 260 ile 55 mikron arasında öğütülmüş granit numuneleri kullanılmıştır. Doğrulukları sertifikalı referans metaryal (CRM) ile kontrol edilen ölçümlerde, değişen partikül boyuna bağlı olarak kayalardaki en önemli ana element oksit değişkeninin SiO₂ olduğu ortaya çıkmaktadır. Partikül boyu küçüldükçe Si şiddetinde artış gözlenmektedir, bu da SiO₂ analiz sonucunda yaklaşık % 23,5'lere varan bir değişim oranını ortaya koymaktadır. Partikül boyunun büyümesine bağlı olarak Al₂O₃, Na₂O ve K₂O konsantrasyonlarında artış ve sırasıyla %19,11, %35,02, %3,41 oranında farklar ortaya çıkmaktadır. Fe₂O₃, CaO, MgO ve MnO analizlerinde partikül boyunun küçülmesi ile doğru orantılı olarak pik şiddetlerinde düşüş gözlenmektedir. P₂O₅'de ise partikül boyutunun düşmesiyle konsantrasyonda önce hızlı bir düşüş daha sonra kısmen bir yükselme ile sabit kalmaktadır. WD-XRF için hazırlanan press-pellet numunelerde en uygun partikül boyutunun ortaya konulmasını amaçlayan bu çalışma 60 mikrondan küçük partikül boyundan sonra ölçüm sonuçlarının <%0,1 hata payı ile benzer sonuçlar verdiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Partikül boyutu etkisi, Dalgaboyu dağılımlı X-Ray Floresans Analizi, ana element oksit analizi

Abstract

In the major element oxide analysis of granitic rocks with Wavelength Dispersive X-Ray Fluorescence (WD-XRF), one of the most important factors affecting the analysis result is the particle size effect. Although many correction factors are used for the accuracy of the analysis results, the particle size that directly affects the intensity distribution of the elements is often ignored. In this study where the particle size effect was investigated during the major element oxides measurements of granitic rocks, the particle size distribution between 260 and 55 microns was used. In the measurements, the accuracy of which is controlled by certified reference materials (CRM), it is revealed that the most important main element

oxide variable in the rocks is SiO₂, depending on the varying grain size. As the grain size gets smaller, an increase in Si intensity is observed, resulting in differences of up to 23.5% in the total SiO₂. Depending on the increase in particle size, Al₂O₃, Na₂O and K₂O concentrations with the differences of 19.14%, 35.02%, 3.41% and 0.53% go up, respectively. Fe₂O₃, CaO, MgO and MnO analyses, there are a decrease in peak intensities concordant with the particle size reduction. In P₂O₅, on the other hand, the concentration first decreases rapidly with the decrease in particle size and then remains constant with a negligible increase. This study, which aims to reveal the most suitable particle size of the press-pellet samples prepared for WD-XRF, has shown that the particle size less than 60 microns gives results with a difference less than <0.1%.

Keywords: Particle size effect, Wavelength Dispersive X-Ray Fluorescence analysis, Major element oxide analysis



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



**Determination of Chromium, Zinc and Cadmium Heavy Metal Concentrations in the
Agricultural Soils of Uşak**

*Uşak İli Merkez İlçesi Tarım Topraklarında Krom, Çinko ve Kadmiyum Ağır Metal
Derişimlerinin Belirlenmesi*

Ümit Yıldız^{1*}, Cafer Özkul²

¹South Dakota School of Mines, 501 East St. Joseph Street, Rapid City, SD, United States

²Dumlupınar Üniversitesi, Evliya Çelebi Yerleşkesi Tavşanlı Yolu 10. km Kütahya, Türkiye

*Umut.Yildiz@sdsmt.edu

Abstract

Uşak is a city in western Türkiye. Although its population is only about 370,000, it has had a large share of rapid industrialization, with a variety of negative effects on the environment, including heavy metals contamination. It is well known that contamination of urban soils by the accumulation of heavy metals can pose serious effects on soil ecosystems and can threaten the well-being of humans and animals. Thus, 48 agricultural soil samples were collected from 0-20 cm and analyzed with ICP-MS as a preliminary study. Heavy metal concentrations are then used to identify potential pollution, ecological risk, and locations of potential pollutants. To achieve these goals; pollution assessment methods such as enrichment factor (EF), geoaccumulation index (Igeo), pollution degree (Cdeg), potential ecological risk index (RI), and pollution load index (PLI) were calculated, and maps were created for further investigation. The concentrations of Chromium, Zinc, and Cadmium heavy metals in the agricultural soils collected from Uşak and its vicinity were between 25.6 and 459,1 mg/kg for Cr; 21.9 and 83,3 mg/kg for Zn, and 0.03 and 0,51 mg/kg for Cd. Also, Cdeg values ranged from 4.41 to 38.78; PLI values ranged from 0.34 to 1.97 and RI values ranged from 42.04 to 384.84. These values were compared to those of the World's average, Earth crusts, and the standardized limits for Türkiye. Similar results of different assessment methods confirm the presence of anthropogenic heavy metal pollution in the agricultural soils of Uşak, especially in the eastern and western, northeastern, and southeastern parts of the study area. The presence of textile manufacturing, automotive industry sites, a civil airport in the east, a leather tanning industrial site in the southeast, and the largest industrial campus of the city in the west confirm that the source of heavy metal pollution in these regions is anthropogenic.

Keywords: Agricultural soils, heavy metal contamination, degree of contamination, pollution load index, potential ecological risk

Özet

Uşak, Türkiye'nin Ege bölgesinde yer alan, nüfusu sadece 370,000 civarında olmasına rağmen sanayii ve tarımsal üretimin yoğun olarak yapıldığı bir şehirdir. Tarımsal topraklarda ağır metallerin birikmesiyle oluşacak kirlenmenin toprak ekosistemleri için ciddi etkiler oluşturabileceği ve insan ve hayvanların sağlığını tehdit edebileceği bilinmektedir. Bu sebeple, Uşak ilinde daha önce yapılmamış olması itibarıyla bir öncel çalışma olarak 48 adet tarımsal toprak numunesi 0-20 cm'den toplanarak ICP-MS ile analizleri sağlanmıştır. Öncel bir çalışma olması sebebiyle krom, çinko ve kadmiyum ağır metal konsantrasyonlarının potansiyel kirlilik, ekolojik risk ve kirlilik kaynaklarının tespit edilmesi için zenginleşme faktörü (EF), jeobirikim indeksi (Igeo), kirlilik derecesi (Cdeg), potansiyel ekolojik risk indeksi (RI) ve kirlilik yük indeksi (PLI) gibi değerleri hesaplanıp haritaları yapılarak yakından incelenmiştir. Uşak ve civarından örneklenen tarım topraklarındaki krom, çinko ve kadmiyum ağır metallerin konsantrasyonları sırasıyla Cr için 25,6 ila 459,1 mg/kg, Zn için 21,9 ila 83,3 mg/kg ve Cd için 0,03 ila 0,51 mg/kg arasında değişmiştir. Ayrıca, Cdeg değerleri 4,41 ila 38,78; PLI değerleri 0,34 ila 1,97 ve RI değerleri 42,04 ila 384,84 arasında değişmiştir. Bu değerler dünyadaki toprak ağır metal derişim ortalamaları, yerkabuğu ortalamaları ve Türkiye'deki benzer çalışmalar ile karşılaştırılmıştır. Farklı değerlendirme yöntemlerinin benzer sonuçları, özellikle çalışma alanının doğu, batı, kuzeydoğu ve güneydoğu kesimlerinde Uşak'ın tarımsal topraklarında antropojenik ağır metal kirliliğinin varlığını doğrulamaktadır. Uşak'ın doğusunda tekstil imalatı, otomotiv sanayi siteleri, sivil havaalanı; güneydoğusunda deri tabaklama sanayi sitesinin varlığı, batısında ise Uşak'ın en büyük sanayi yerleşkesinin bulunması bu bölgelerde ağır metal kirliliğinin kaynağının antropojenik olduğunu doğrulamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Tarım toprakları, ağır metal kirliliği, kirlilik derecesi, kirlilik yük indeksi, ekolojik risk indeksi



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



**Kızıldere Jeotermal Sahası (Sarayköy-Denizli, Buharkent-Aydın) Hidrotermal
Oluşumlarının Mineralojisi ve Jeokimyası**

*Mineralogy and Geochemistry of Hydrothermal Formations from Kızıldere Geothermal Field
(Sarayköy-Denizli, Buharkent-Aydın)*

Halil Atan^{2*}, Gülcan Bozkaya¹, Ömer Bozkaya¹, Taylan Akın¹

¹Pamukkale Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Denizli, Türkiye

²Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli, Türkiye

*halilatan20@gmail.com

Özet

Bu çalışmada, Büyük Menderes grabeninin doğusunda Sarayköy (Denizli) ve Buharkent (Aydın) arasında yer alan Kızıldere jeotermal sahasında, günümüz-öncesi jeotermal aktiviteyle ilişkili hidrotermal oluşumların mineralojik ve jeokimyasal özelliklerinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Bu kapsamda yüzeyden ve farklı derinlikleri temsil eden sondaj numunelerinden alınan jeotermal sistemle ilişkili kayaç ve/veya minerallerin dokusal-petrografik (optik ve elektron mikroskop), mineralojik (X-ışını kırınımı) ve jeokimyasal (katyon ve anyon kimyası) incelemeleri yapılmıştır. K-G yönlü açılma ürünü jeolojik oluşumlara ev sahipliği yapan sahada günümüz ve günümüz-öncesi fümerol çıkış noktaları ve alterasyon zonları tektonik hatlar ile doğrudan ilişkilidir. Neojen-Kuvaterner yaşlı kırıntılı-karbonatlı kayaçlardaki boşluk veya çatlak dolgusu biçiminde çökelmiş karbonat (kalsit, dolomit, stronsiyanit), silis (kuvars, kalsedonik kuvars), sülfat (jips, anhidrit, sölestin), kil (kaolinit, illit-smektit ve smektit) ve demir oksit-hidroksit mineralleri (böhmite, götit/limonit) saptanmıştır. Stronsiyanit, sölestin, anhidrit ve böhmite ilk kez bu çalışmada belirlenmiştir. Mineral birliktelikleri günümüz jeotermal kuyularda ölçülen sıcaklıklara benzer 100-250 °C sıcaklık koşullarını temsil etmektedir. Dokusal-petrografik veriler jeotermal kökenli mineraller için kalsit-jips-anhidrit-kuvars yönünde bir oluşum sırasını işaret etmektedir. Kırıntılı ve karbonatlı yan kayaçlardaki silisli-karbonatlı damarlarda kaynamayı işaret eden bıçaksı/prizmatik rombohedral kalsit ve bunları ornatan kuvars oluşumları da gözlenmiştir. Sondaj örneklerindeki hidrotermal alterasyon ürünü oluşumlar başlıca kalsit, dolomit ve anhidrit olup, düşey yönde anhidrit, dolomit ve kalsit mineral zonlanması belirlenmiştir. Bu dağılım jeotermal suların derinlerde metakarbonat kayalardan, yüzeye yakın kesimlerde ise evaporitik kayaçlardan etkilenmesiyle ilişkilidir. Jeotermal kökenli karbonat ve sülfat minerallerinin kation analiz verilerine göre; Si, Al, Mg, K ve Na elementleri pozitif korelasyon ilişkisi sunmakta olup metapelitlerdeki (şist, gnays) silikat minerallerinden, bu elementlerle negatif ilişkili Ca ise metakarbonat (mermer, kalkşist) ve/veya Neojen yaşlı kireçtaşlarındaki karbonat minerallerinden türemiştir. Güncel jeotermal su bileşimine göre havzanın derin kesimlerinde Ca, havza kenarına yakın sığ derinliklerde Mg ve B zenginleşmesi belirlenmiştir. Jeotermal kökenli karbonat ve sülfat minerallerinin kation bileşimlerinin düşey ve yanal yöndeki dağılımları jeotermal suların fizikokimyası ve yan kayaç bileşimleri tarafından denetlenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Jeotermal, hidrotermal alterasyon, mineraloji, jeokimya

Katkı Belirtme: Bu çalışma Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) 117Y353 nolu proje ile desteklenmiştir.

Abstract

In this study, it is aimed to reveal the mineralogical and geochemical properties of hydrothermal formations associated with pre-recent geothermal activity in the Kızıldere geothermal field located between Sarayköy (Denizli) and Buharkent (Aydın) to the east of the Büyük Menderes graben. In this context, textural-petrographic (optical and electron microscopy), mineralogical (X-ray diffraction) and geochemical (cation and anion chemistry) investigations of rocks and/or minerals related to the geothermal system taken from the surface and from drilling samples representing different depths were carried out. Active and fossil fumarole points and alteration zones are directly related to the tectonic zones in the area, which hosts geological formations that are the product of N-S directional extension. Carbonate (calcite, dolomite, strontianite), silica (quartz, chalcedonic quartz), sulfate (gypsum, anhydrite, celestine), clay (kaolinite, illite-smectite, and smectite) and iron oxide-hydroxide minerals (boehmite, goethite/limonite) precipitated in the form of void or crack fill in Neogene-Quaternary clastic-carbonate rocks were determined. Strontianite, celestine, anhydrite and boehmite were determined for the first time in this study. Mineral associations represent temperature conditions of 100-250 °C, similar to the temperatures measured in geothermal wells today. The textural-petrographic data indicate an order of occurrence for minerals of geothermal origin in the calcite-gypsum-anhydrite-quartz direction. In the siliceous-carbonate veins of the clastic and carbonate host rocks, blade-like/prismatic rhombohedral calcite and replacement of quartz occurrences, which indicates boiling, were also observed. Hydrothermal alteration related occurrences in the drilling samples are mainly calcite, dolomite and anhydrite, and mineral zoning of anhydrite-dolomite-calcite has been determined in the vertical direction. This distribution is related to the fact that geothermal waters are affected by metacarbonate rocks at deeper parts and by evaporitic rocks near the surface. According to the cation analysis data of geothermal origin carbonate and sulfate minerals; Si, Al, Mg, K and Na elements show a positive correlation relationship and are derived from silicate minerals in metapelites (schist, gneiss), and Ca, negatively related to these elements, is derived from carbonate minerals in metacarbonate (marble, calcschist) and/or Neogene aged limestones. According to the current geothermal water composition, Ca enrichment in the deep parts of the basin, Mg and B enrichment in shallow depths near the basin edge were determined. The vertical and lateral distributions of cation compositions of geothermally originated carbonate and sulfate minerals are controlled by the physico-chemistry of geothermal waters and the country rock compositions.

Keywords: Geothermal, hydrothermal alteration, mineralogy, geochemistry

Acknowledgement: This work was granted by the Scientific and Technical Research Council of Türkiye (TÜBİTAK 117Y353).



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



Meteorit Tanımlamalarında Petrografik ve Spektroskopik Karakteristikler
Petrographic and Spectroscopic Characteristics in Meteorite Identification

Fatma Nur Ercan¹, Yusuf Kağan Kadioğlu¹, Mehmet Yeşiltaş^{2*}

¹Ankara Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi, YEBİM, Ankara, Türkiye

²Kırklareli Üniversitesi, Lüleburgaz Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Kırklareli, Türkiye

*myesiltas@klu.edu.tr

Özet

Meteoritler, uzayda bulunan gezegen ve asteroit gibi cisimlerin çarpışmaları sonucu etrafa saçılarak yeryüzüne düşmüş parçalarıdır. Bu nedenle meteoritler, uzaydaki bu cisimler hakkında somut fiziksel ve analitik veri sunan önemli kaynaklardır. Meteoritler hem dünyamızdakinden farklı kimyasal bileşim sergiledikleri için hem de geldikleri cisimlerin geçmişi hakkında bilgiler sunabildikleri için oldukça önemli numunelerdir. Mineralojik ve petrografik özelliklerine göre meteoritleri kabaca taş (kondrit), taşı demir ve demir olmak üzere üç ana grupta sınıflandırılırlar. Ancak içerdikleri mineral bileşimi, mineral türü, kristal yapı, kimyasal bileşim ve diğer bazı özelliklere bağlı olarak daha detaylı ve spesifik alt sınıf ve gruplara ayrılmaktadır. Dünyanın her yerinde olduğu gibi Türkiye’de de meteorit örnekleri bulunabilmekte ve bu örneklerin kimyasal karakterizasyonunun yapılması gerekmektedir. Bu çalışmada, hem meteoritlerin genel olarak karakteristik özellikleri hem de ülkemizde bulunan bazı numunelerin analitik ilksel verileri sunulacaktır. Numuneler üzerinde kimyasal kompozisyonunu belirlemek için X-ışını Floresan Spektroskopisi (XRF), kristal yapısı ve mineral bileşiklerini belirlemek için Konfokal Raman Spektroskopisi (CRS), içindeki minerallerin kimyasal bileşimini belirlemek için ise Elektron-Mikroprob analizi (EPMA) ve optik mikroskop çalışmaları ile ayrıntılı mineralojik ve petrografik incelemeler yapılmıştır. Yapılan araştırmaların ilksel sonuçları, örneklerin kondrit bileşiminde olduğu ve başlıca forsterit, fayalit ve daha az oranda magnetit içerdiğine işaret etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Meteorit, kondrit, Raman, XRF, EPMA

Abstract

Meteorites are the fragments that have fallen to the earth after scattering as a result of the collisions of objects such as planets and asteroids. Therefore, meteorites are important sources that provide concrete physical and analytical data about these objects in space. Meteorites are very important samples because they exhibit different chemical composition than those on our world and provide information about the history of the objects from which they originate. According to their mineralogical and petrographic properties, meteorites are mainly classified into three groups: stony (chondrite), stony-iron and iron. However, they are divided into more detailed and specific subclasses and subgroups depending on the mineral composition, mineral type, crystal structure, chemical composition and other properties. Meteorite samples can be found in Türkiye as well as anywhere in the world, and chemical

characterization of these samples is required. In this study, both the general characteristics of meteorites and the preliminary analytical data of some samples found in Türkiye will be presented. X-ray Fluorescence Spectroscopy (XRF) was conducted to determine the chemical composition of the samples, Confocal Raman Spectroscopy (CRS) was conducted to determine the crystal structure and mineral compounds, Electron-Microprobe (EPMA) analysis and optical microscope studies were conducted to determine the chemical composition of the minerals in the samples. The preliminary results of our investigation indicate that the samples are in chondrite composition and contain mainly forsterite, fayalite, and to a lesser extent magnetite.

Keywords: Meteorite, chondrite, Raman, XRF, EPMA



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



TEMATİK OTURUMLAR 05 / THEMATIC SESSIONS 05

DİĞER JEOKİMYASAL KONULAR

OTHER GEOCHEMICAL TOPICS

POSTER SUNUMLARI / POSTER PRESENTATIONS



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



**Kışlaköy (Afşin-Elbistan) Kömür Sahası Yeraltı Sularının Hidrojeokimyasal
Karakterizasyonu**

Hydrogeochemical Characterization of Groundwaters in Kışlaköy (Afşin-Elbistan) Coal Field

Özlem Güllü^{1*}, Sefa Çelik²

¹Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Aksaray, Türkiye

²Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği ABD, Aksaray, Türkiye

*ogullu@aksaray.edu.tr

Özet

Bu çalışmada Afşin-Elbistan Kışlaköy sektörü susuzlaştırma sisteminde mevcut 10 adet kuyudan drene edilen suların hidrojeokimyasal özellikleri belirlenmiştir. Karstik akiferde açılmış olan drenaj kuyularından bazıları çevre yerleşim alanlarına içme-sulama suyu kaynağı olarak kullanılmaktadır. Bu bağlamda jeokimyasal özelliklere dayanılarak bölgedeki yeraltı sularının hidrojeokimyasal değerlendirmesi yapılmıştır. Çalışma kapsamında, kurak ve yağışlı dönemlerde alınan su örneklerinin kimyasal karakterine bakıldığında yeraltı sularının Ca/HCO₃+CO₃ tipinde oldukları belirlenmiştir. Havzanın baskın litolojisinin kireçtaşı olması su tipinin Ca-HCO₃ olmasında temel etkidir. Drenaj kuyularındaki anyon değişimleri ise HCO₃⁻>SO₄⁻²>Cl⁻ şeklindedir. Kurak ve yağışlı dönemlerde alınan örneklerde fasiyesin dönemsel olarak değişimi gözlemlenmemiştir. Wilcox diyagramına göre çok iyi-iyi sular sınıfında yer alan yeraltı suları SAR değerlerine göre de çok iyi özellikte sulama suları özelliğindedir. Orta tuzlu-az sodyumlu sular sınıfında yer alan yeraltı sularının analiz sonuçları değerlendirildiğinde dönemsel olarak artış gözlenen NO₂ konsantrasyonu 0.007-0,499 ppm (ort 0.05 ppm) arasında iken Cr konsantrasyonu 0.024-0.077 ppm (ort 0.048 ppm) arasında değişmektedir. Dönemsel NO₂ konsantrasyonundaki artışın bölgedeki tarımsal faaliyetlerle ilişkili olabileceği; Cr konsantrasyonundaki artışların ise jeojenik kökenli olup madencilik faaliyetleri ile değişim gösterebileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yeraltı suları, kömür sahası, Afşin, hidrojeokimya

Abstract

In this study, the hydrogeochemical properties of the waters drained from 10 existing wells in the dewatering system of Afşin-Elbistan Kışlaköy sector were determined. Some of the drainage wells drilled in the karst aquifer are used for drinking-irrigation water sources for the surrounding residential areas. In this context, a hydrogeochemical evaluation of groundwater in the region was made based on geochemical features. In the scope of the study, when the chemical character of the water samples taken during the dry and wet periods was examined, it was determined that the groundwaters were of Ca/HCO₃+CO₃ type. The predominant lithology of the basin is limestone, which is the main factor in the water type being Ca - HCO₃. The anion changes in the drainage wells are in the form of HCO₃⁻> SO₄⁻²>Cl⁻. Periodic changes of facies were not observed in the samples taken during dry and wet periods.

Groundwaters, which are classified as very good-good waters according to Wilcox diagram, are also very good irrigation waters according to their SAR values. When the analysis results of the groundwaters in the middle salty-less sodium water class are evaluated, the NO₂ concentration, which is observed to increase periodically, is between 0.007-0.499 ppm (avg. 0.05 ppm), while the Cr concentration ranges between 0.024-0.077 ppm (avg. 0.048 ppm). The increase in seasonal NO₂ concentration may be related to agricultural activities in the region; It is thought that the increases in Cr concentration are of geogenic origin and may change with mining activities.

Keywords: Groundwaters, coal field, Afşin, hydrogeochemistry



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



Ortaköy (Aksaray) Civarındaki YüzeY Sularında Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması
Investigation of Heavy Metal Pollution in Surface Waters Around Ortaköy (Aksaray)

Özlem Güllü^{1*}, Mehmet Özdöşemeci²

¹Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Aksaray, Türkiye

²Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği ABD, Aksaray, Türkiye

*ogullu@aksaray.edu.tr

Özet

Bu çalışmada, Aksaray İli kuzeyinde yer alan Ortaköy ilçesi civarındaki yüzeY sularının ağır metal kirliliği bakımından değerlendirilmesi amaçlanmaktadır. Başlıca Al, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn elementleri bakımından kirliliğın ele alındığı çalışmada Nisan 2022 tarihinde Kültepe Baraj Gölü, Çatin, Balcı1, Balcı2, Balcı3, Balcı4 ve Bozkır Göletleri olmak üzere toplam 7 lokasyondan yüzeY suyu örnekleri alınmıştır. Alınan numunelerden ağır metal parametrelerinin ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Çalışmada elde edilen analiz sonuçları ilk dönem örnekleme sonuçlarının öncel değerlendirilmesini kapsamaktadır. Elde edilen sonuçlar Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği (YSKY)'nde yer alan nehirler/göller için izin verilebilir maksimum değerlere normalize edildiğinde Al, Fe ve Cu bakımından bir kirlilik göze çarparken, Mn, Ni, Pb ve Zn bakımından önemli bir kirliliğın olmadığı ifade edilebilmektedir. Analizi yapılan ağır metallerden özellikle Al ve Fe yer kabuğunda ana element bileşeni olarak yer almaktadır. Bu da yüzeysel sularda litoloji kaynaklı bir kirlenmenin varlığını düşündürmektedir. Cu içeriğindeki artışın ise evsel ve deşarjlar, tarımsal faaliyetler ve/veya jeokimyasal süreçlerle ilişkili olduğu ifade edilebilir.

Anahtar Kelimeler: Ortaköy, yüzeY suları, ağır metal, su kirliliği, su kalitesi

Abstract

In this study, it is aimed to evaluate the surface waters around Ortaköy district, located in the north of Aksaray Province, in terms of heavy metal pollution. Surface water samples were taken from a total of 7 locations, namely Kültepe Dam Lake, Çatin, Balcı1, Balcı2, Balcı3, Balcı4 and Bozkır Ponds in April 2022, in which the pollution was handled mainly in terms of Al, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb and Zn elements. Measurements of heavy metal parameters were carried out from the samples taken. The analysis results obtained in the study include the preliminary evaluation of the first period sampling results. When the results are normalized to the maximum allowable values for rivers/lakes in the Surface Water Quality Regulation (YSKY), it can be stated that while there is a pollution in terms of Al, Fe and Cu, there is no significant pollution in terms of Mn, Ni, Pb and Zn. Among the heavy metals analyzed, especially Al and Fe are the main element components in the earth's crust. This suggests the presence of lithological pollution in surface waters. It can be stated that the increase in Cu content is related to domestic and discharges, agricultural activities and/or geochemical processes.

Keywords: Ortaköy, surface waters, heavy metal, water pollution, water quality



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu

9th Geochemistry Symposium with International
Participation



Microbially Induced Basalt Dissolution under Extreme Conditions: Implication for Biological Signature

Aşırı Ortamlarda Mikrobiyal Bazalt Ayrışması: Biyolojik İzlerin Tayini için Önergeleri

Yağmur Güneş*, Fatih Şekerci, Nurgül Balcı

Istanbul Technical University, Department of Geological Engineering

*gunesya@itu.edu.tr

Abstract

How and what extend microbes contribute to basalt weathering and more importantly what are the end product of these interactions gained increasing attention over the years. In order to understand these processes experimental studies including basaltic rocks and selected extremophiles (*A. ferrooxidans* and *V. marismortui*), resistant to acidic and hypersaline conditions, were performed. For these experiments, basalt samples with different Fe content obtained from Deception Island, Antarctica and Kızılcahamam, Ankara were used in the biotic experiments carried out under nutrient limited condition and compared to abiotic experiments conducted without the bacteria. Elemental concentrations in the reactive fluids along with changes in pH were monitored throughout the entire experimental time (22 and 147 days). Preliminary results revealed that elemental concentrations (Si, Mg, Ca, Fe and Fe) were significantly higher in the biotic experiments than those in the abiotic conditions suggesting that microbial processes may significantly contribute to weathering of volcanic rocks even under extreme conditions and may have been active in the early earth conditions.

Keywords: Weathering, extreme environment, *Virgibacillus marismortui*, *Acidithiobacillus ferrooxidans*

Özet

Bazaltik ayrışmanın hangi nihai ürünlerinin mikrobiyal aktivitenin sonuçları olduğunu anlamak yıllar içinde popülerite kazanan bir konu haline gelmiştir. Bu çalışmada asidik ve hipersalin koşullara dirençli eksteremofiller (*A. ferrooxidans* ve *V. marismortui*) ile bazaltik kayalar bir araya getirilmiş ve ayrışma mekanizmaları irdelenmiştir. Deception Adası, Antarktika ve Kızılcahamam, Ankara'dan alınan numuneler ile, kısıtlı besin içeren ortamda kimyasal ve biyolojik ayrışma mekanizmaları karşılaştırılmak üzere deney setleri hazırlandı. Deney süresi boyunca pH değişimi kaydedildi ve kayalardan ortama salınan major iyonların anlaşılması için periyodik örnekler alındı. Salın ortam deneyinden elde edilen ilksel sonuçlara göre mikrobiyal aktivite ayrışmayı artırıcı etki göstermiştir. Si, Fe, Ca ve Mg biyolojik sette daha büyük miktarlarda bulunmaktadır. Silikat minerallerinin ayrışmasının bir sonucu olarak her iki deney için pH değerinin başlangıca göre yükseldiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Ayrışma, ekstrem ortamlar, *Virgibacillus marismortui*, *Acidithiobacillus ferrooxidans*

1. INTRODUCTION

Due to their low silica content and glassy nature, as a result of rapid cooling, basaltic rocks are more prone to weathering processes compared to more evolved rocks. Therefore, they are more affected by environmental conditions such as water interaction and temperature [1]. Corrosion and alteration traces seen on rocks with basaltic composition was excessively investigated in the previous studies but the role of microbial activity on the alteration of basaltic rocks gained popularity in the last couple decade as geomicrobiology became more widespread along with planetary science studies focusing on habitability and biosignatures [2,3]. Bacteria may cause the release of metals such as Fe, Mn, Co, and Zn and utilize them for their metabolic activities [4]. This direct bacteria-rock surface contact or organic acids emergence as a result of lysis reactions may enhance the dissolution rate of the rocks and minerals [5]. Therefore, interaction between rocks with basaltic composition and the water holds potential to create habitable environments. It has been conducted two sets of in vitro experiment to monitor the dissolution of basaltic rocks under two extreme (acidic, salty) environments and tested the effect of microbial activity compared to chemical weathering using; *V.marismortui* is a gram positive, aerobic, moderately halophilic rod shape bacterium originally isolated from Dead Sea in 1999 [6] and *Acidithiobacillus ferrooxidans*, which is a gram-negative, acidophilic, and iron and sulfur-oxidizing bacteria. In this study, we will present preliminary experimental results obtained from biotic and abiotic basalt experiments and further discuss their biosignature potentials.

2. MATERIAL and METHODS

Chemical and biotic experiments were conducted under two different extreme conditions: (1) Acidic environment + acidophilic bacteria, (2) Saline environment + halophilic bacteria.

2.1. Basaltic rock samples

Rock samples from Deception Island, Antarctica (sample name BD) and Kizilcahamam, Ankara (sample name K25) were used for these experiments. Their major oxides content is presented in Table 1. Pulverization was conducted to create high water/rock ratio to favor high dissolution rate in short period for BD basalt sample while K25 was prepared as rock chips to investigate surface morphology as well as possible secondary phases on the rocks' surfaces.

Table 4. Initial major oxide compositions of rock samples.

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	MnO
Sample	%	%	%	%	%	%	%	%
BD	53,2	16,76	9,56	9,35	3,9	4,57	0,64	0,18
K25	48,6	15,9	9,01	8,76	9,44	3,61	1,97	0,14

2.2. Bacteria and medium

2.2.1. Saline Experiments

Virgibacillus marismortui strain TPA3-3 was used as microbial agent. Subculture of the bacteria transferred to nutrient limited medium where peptone, yeast and glucose provided in restricted amounts (2.5/L, 1/L, 1/L respectively). Experimental flasks containing a. pulp and bacteria, b. only pulp and c. control group with only sterilized medium were kept at incubator shaker at 25 °C for 22 days. Flasks are kept in both non-agitated and agitated (130 rpm) conditions. Aliquots were taken in days 0, 4, 8, 11, 15, 18 and 22 and were filtered through 0.22-micron syringe filters and pH was immediately measurement.

Approximately 15 ml of aliquot was taken for each sampling, filtered and acidified until further elemental analysis. After 22 days, pulps removed from medium and stored for further analysis.

2.2.2. Acidic Experiments

Acidithiobacillus ferrooxidans (ATCC 23270) was used in these experiments. DSMZ 888. *Leptospirillum ferro* was used to cultivate the bacteria. Minimal *A. ferrooxidans* medium was used for the basalt experiments. Minimal medium was prepared by excluding iron solution from the medium. Basalt chips were prepared and were carefully placed to the bottom of the flasks. 100 ml of minimal medium was added to the flasks. Samples were incubated at 28 °C with 130 rpm shaking. Experiment was applied for 147 days with the sampling by 5 days intervals for the first 35 days, and 7 days intervals for the days 35-91, and 14 days interval until 147 days. 15 ml aliquot was taken at each sampling interval. Total iron, ferrous iron, silica, calcium, and magnesium concentration were determined by the spectrophotometric measurements, and pH of the solution was measured for each sampling. Samples were kept at 4 °C for the future analyses.

3. RESULTS and DISCUSSION

3.1. pH

Changes in pH versus time are presented in Figure 1. Rapid increase in pH was measured for all the experiments within first 4 days. However, the final pH was higher in the biotic experiments reaching 8.4 at the end of the experiments. Values are distinctive between the groups but agitation or non-agitation did not affect pH values in the abiotic experiments.

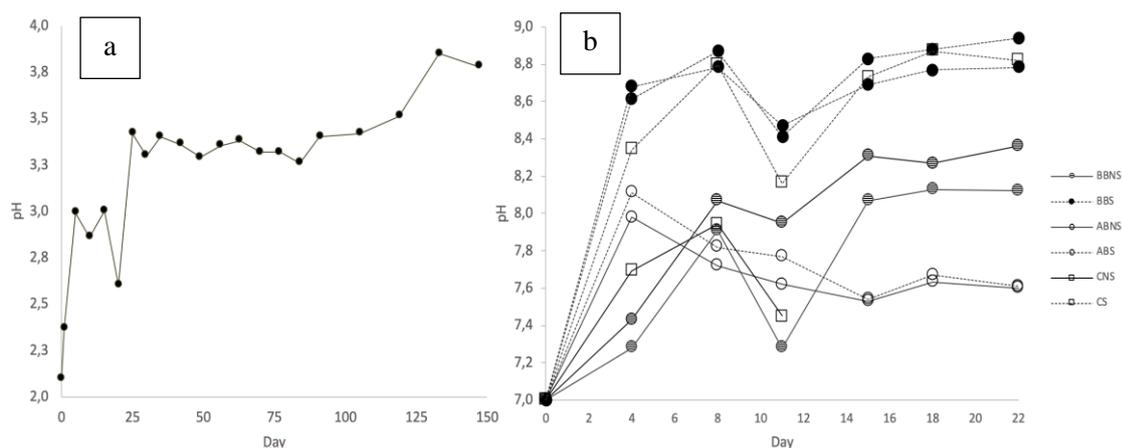


Figure 4. a. pH change in acidic abiotic experiment; b. pH change in saline experiment. BBNS: incubated bacteria and rock pulp in non shake condition, BBS: incubated bacteria and rock pulp in shake condition, ABNS: sterile medium and pulp in non shake condition, ABS: sterile medium and pulp in shake condition, CNS: sterile medium in non shake condition, CS: sterile medium in shake condition.

In acidic abiotic experiments, samples were started with the 2.1 pH value. At day 25, pH of the sample reached to 3.42. Then, pH value increased more slowly until day 147 then reached to 3.78 at the end of the experiments. The majority of the dissolution occurred between 4 and 8 days (Table 2). Rapid increase and nearly constant Si dissolution behavior was attributed to easily soluble nature of glassy material and the finer grained particles of the rock pulp. Ca and Mg were well correlated with Si concentration but total iron (Fe_T) reaches its highest concentrations in the reactive fluid at day 8. Composition increase in water at day 8 is also applies for Mg. This common trend may be linked to olivine dissolution. Difference between biotic and abiotic dissolution is more pronounced for Mg for all stages of the experiment where change Ca becomes inseparable among the groups after day 11.

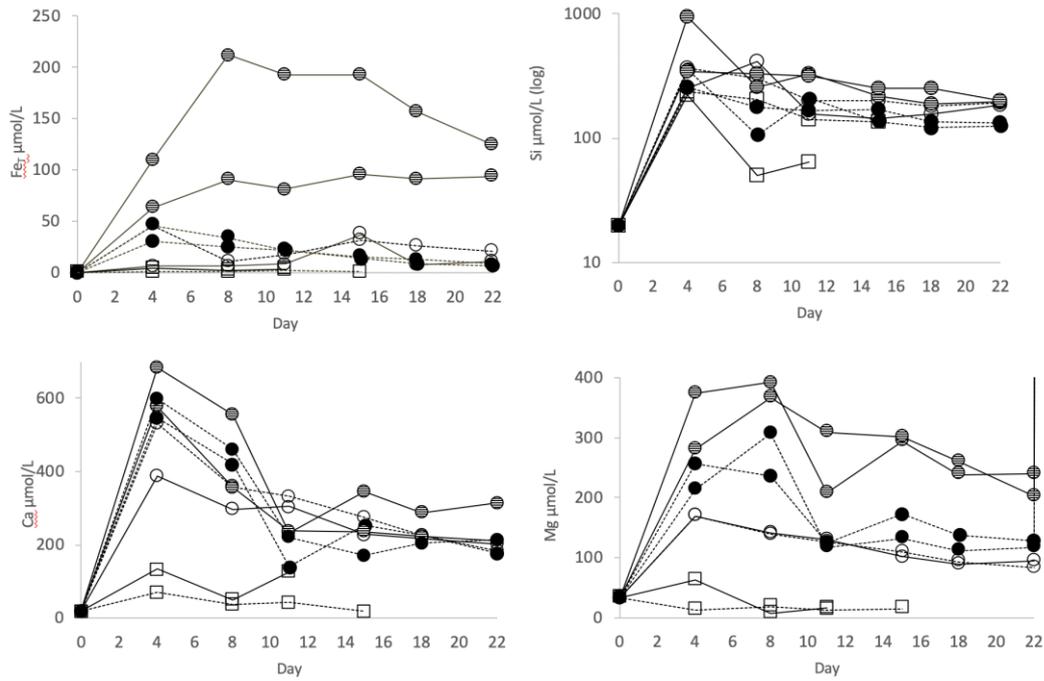


Figure 5. Changes in the solution chemistry during saline experiments.

This is also the case for Fe but based on this experiment, Fe dissolves in larger amounts in stable conditions when the bacteria present in the system. It was demonstrated that the concentration of Fe, Fe (II), Fe (III), Si, Mg and Ca increased with the dissolution of basalt rock chips in acidic solutions. Fe concentration in the solution kept increasing until day 119 following a decreasing trend. Si concentration in the solution increased rapidly until day 25 and then followed a decreasing trend. Compared to Si concentration Ca and Mg concentrations increased until day 147 was much lower. The effects of the *Acidithiobacillus ferrooxidans* on the acidic weathering of basalt and dissolution of these elements will be investigated with following studies.

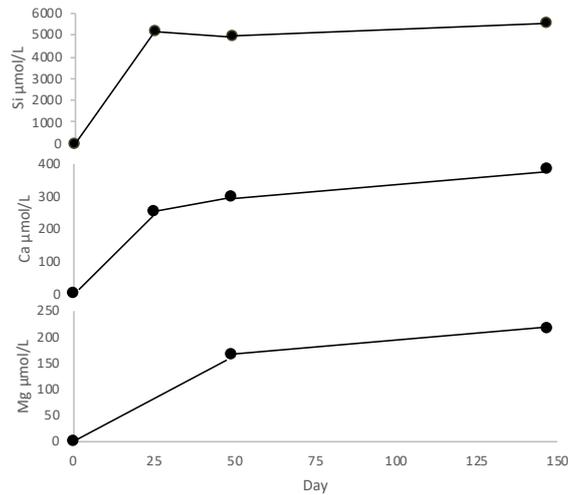


Figure 6. Changes in solution chemistry during acidic experiments.

4. CONCLUSION

Our preliminary results demonstrated that *Virgibacillus marismortui* and *Acidithiobacillus ferrooxidans* could survive and grow even in nutrition-depleted environment and basaltic rocks may provide bio essential elements required for biomass synthesis [7,8]. Also, our results suggest that these processes may have been active in microbial consortium throughout the earth history.

REFERENCES

- [1] Arahall, D. R. Marquez, M. C. Volcani, B. E. Schleifer, K. H. Ventosa, A., “Bacillus marismortui sp. nov., a new moderately halophilic species from the Dead Sea”, *International Journal of Systematic Bacteriology*, 49, 521-530, 1999.
- [2] Balci, N., Shanks III, W. C., Mayer, B., & Mandernack, K. W., “Oxygen and sulfur isotope systematics of sulfate produced by bacterial and abiotic oxidation of pyrite”, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 71(15), 3796-3811, doi: 10.1016/j.gca.2007.04.017, 2007.
- [3] Balci, N., & Demirel, C., “Formation of carbonate nanoglobules by a mixed natural culture under hypersaline conditions”, *Minerals*, 6(4), 122, doi: 10.3390/min6040122, 2016.
- [4] Fisk, M. R. Giovannoni, S. J. Thoreseth, I. H., “Alterations of oceanic volcanic glass, textural evidence of microbial activity”, *Science* 281, 978-979, doi: 10.1126/science.281.5379.978, 1998.
- [5] Olsson-Francis, K. Pearson, V. K. Steer, E. D. Schwenzer, S. P., “Determination of geochemical bio-signatures in Mars-like basaltic environments”, *Frontiers in Microbiology* 8, 1-17, doi: 10.3389/fmicb.2017.01668, 2017.
- [6] Schumann, G. Manz, W. Reitner, J. Lustrino, M., “Ancient fungal life in north pacific oceanic crust”, *Geomicrobiol. J.*, 21, 241-246, doi: 10.1080/01490450490438748, 2004.
- [7] Templeton, A. S. Staudigel, H. Tebo, B. M., “Diverse Mn (II)oxidizing bacteria isolated from submarine basalts at Loihi Seamount”, *Geomicrobiol. J.* 22(3-4), 127-139, doi: 10.1080/01490450590945951, 2005.
- [8] Wolff-Boenisch, D. Gislason, S. R. Oelkers, E. H. Putnis, C. V., “The dissolution rates of natural glasses as a function of their composition at pH 4 and 10.6, and temperatures from 25 and 74 °C”, *Geochim. Cosmochim. Acta* 68(23), 4843-4858, doi: 10.1016/j.gca.2004.05.027, 2004.



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



A New Approach for Li Recovery from Brines: Lake Acıgöl, SW, Türkiye

Aşırı Tuzlu Sulardan Lityum Kazanımına Yeni bir Yaklaşım: Acıgöl, GB, Türkiye

Nalan Şimşek¹, Yağmur Güneş^{1*}, Nurgül Balcı¹, N. Dilara Erdoğan², M. Şeref Sönmez³

¹Department of Geological Engineering, Istanbul Technical University, Istanbul, Türkiye

²Department of Molecular Biology and Genetics, Istanbul Technical University, Istanbul, Türkiye

³Department of Metallurgical and Materials Engineering, Istanbul Technical University, Türkiye

*gunesya@itu.edu.tr

Abstract

A new recovery technique based on microbial catalysis for lithium (Li) was proposed. To test the efficiency of the proposed technique, a series of laboratory studies was conducted with a model microorganism *Virgibacillus marismortui* strain: TPA3-3. In these experiments, we aimed enhancing the extraction and separation of Li from hypersaline Lake Acıgöl, a close playa lake in the southwestern of Türkiye. *Virgibacillus marismortui* is a moderately halophilic, gram positive, strictly aerobic bacterium requiring 5 – 25 % salinity and 8 % salinity for optimum growth. Two growth media were prepared for preliminary Li extraction experiments; biotic and abiotic. We will present preliminary data to evaluate influence of *Virgibacillus marismortui* on Li recovery from Li contain brines and discuss possible economical application.

Keywords: Lake Acıgöl, lithium recovery, biogeochemistry, brines

Özet

Bu çalışmada Lityum (Li) geri kazanımı için mikrobiyal katalize dayalı yeni bir geri kazanım tekniği önerilmiştir. Önerilen tekniğin etkinliğini test etmek için, *Virgibacillus marismortui*: TPA3-3 mikroorganizması ile bir dizi laboratuvar çalışması yapılmıştır. Bu deneylerde, Türkiye'nin güneybatısında bulunan ve hipersalin bir playa gölü olan Acıgöl'den, lityumun ekstraksiyonunu ve ayrıştırılmasını hedeflemekteyiz. *Virgibacillus marismortui*, %5-25 arasında tuzluluk içeren ortamlarda büyüebilen, optimum %8 tuzluluk isteyen, orta derecede halofilik, gram pozitif ve aerobik bir bakteridir. *V.marismortui* kullanılarak biyotik ve abiyotik olmak üzere iki ayrı büyüme ortamı, Li ekstraksiyon deneyleri için hazırlandı. *V.marismortui* 'nun lityum içeren tuzlu sulardan Li geri kazanımı üzerindeki etkisini değerlendirmek için ön verileri sunacağız ve olası ekonomik uygulamaları tartışacağız.

Anahtar Kelimeler: Acıgöl, lityum eldesi, biyojeokimya, aşırı tuzlu sular

1. INTRODUCTION

Lithium plays an important role in many sectors, particularly in high technology applications for the batteries of hybrid cars and electronic devices [1]. Lithium finds an application in rechargeable ion batteries as well as it finds an use in ceramics, lightweight alloys, nuclear energy applications, military, specialized glasses, polymer productions, lubricated greases and medicine [2,3]. Estimated usage of lithium has shown at Figure 1 according to the global market needs [4]. Due to high demand of lithium around the world, it's very important to recover of lithium from Li-rich brines which are the most economically recoverable sources on earth. The main sources for the commercial production of lithium metal and lithium compounds which are rapidly progressing to be an indispensable raw material in the future are salt lake brines, pegmatites and sedimentary rocks. Due to their more useable reservoirs and lower production cost, recovery of lithium from continental brine has been on the rise in the industry of lithium and is foreknown to continue to increase [2].

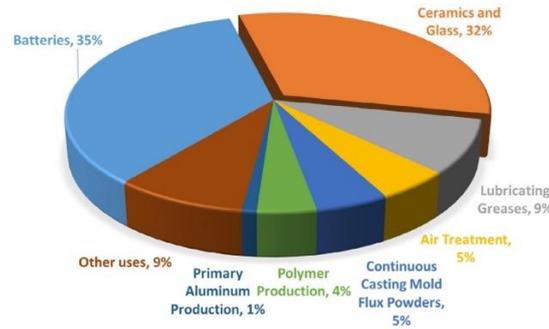


Figure 1. Global Lithium consumption in various sectors [4].

Lithium is 25th the most abundant element in the earth's crust [5]. Whereas lithium concentration is 20 ppm in the sea water, lithium concentration on earth is 0.007% [4]. Although there are other lithium reservoirs for lithium production, saltwater resources contain 80% of world's available lithium supply. There are more than 150 lithium minerals are known on the planet, only a few of them could be evaluated commercially. These minerals are spodumene ($\text{LiAl}(\text{SiO}_3)_2$), lepidolite ($\text{KLi}_2\text{Al}(\text{Al}, \text{Si})_3\text{O}_{10}(\text{F}, \text{OH})_2$), petalite ($\text{LiAlSi}_4\text{O}_{10}$) and amblygonite ($\text{Li}, \text{Na} \text{Al}(\text{PO}_4)(\text{F}, \text{OH})$) [3].

The focus of this paper is Lake Acıgöl containing Li. Lake Acıgöl is located in endorheic basin which contain Na-Cl-SO_4^- (Table 1). The lake at the junction between Denizli, Afyonkarahisar and Burdur Provinces. The surface area of the lake varies greatly through seasons, with 100 km² in spring and 35 km² (14 sq mi) in late summer, with a maximum depth of 1.63 m. The lake has significantly large sodium sulfate servers which are extensively used in the industry. The production of sodium sulfate from the lake is 400.000 tons annually which represents 85% of Türkiye's sodium sulfate industry [6]. Lake water contains high concentration of cations and anions, particularly sulfate, sodium and magnesium which is considered to have inhibition effect on Li recovery [7].

Table 1. Physico-chemical characteristics of the lake water and the saltern ponds water [6,7].

Sample	LW1	LW2	SP1	SP2
pH	8.2	8.6	8.3	8.7
T (oC)	22	26	24	26
EC (μ S/cm)	62100	85200	95230	123532
Li	15	14	15	17
Cl (mg/L)	39600	42500	142500	55250
SO ₄ (mg/L)	9600	12500	78815	85600
Mg (mg/L)	3325	2960	2890	3250
Na (mg/L)	21200	25630	29962	18500
K (mg/L)	865	960	450	890
Ca (mg/L)	690	1200	530	750
Salinity (g/L)	110	75	n.d	n.d

2. METHODS

Water samples from the lake Acıgöl were used for all the experiments as well as the growth for *Virgibacillus marismortui*. As presented in Table 2, Protease peptone, yeast extract, and glucose were added to the lake waters to supply organic matter required for *Virgibacillus marismortui* growth.

Table 2. Organic matter concentration for optima growth media for VBM.

Organic added	Percentage from ATCC 2101
Protease peptone	5% (g/L)
Yeast extract	10% (g/L)
Glucose	1% (g/L)

After autoclaving for sterilization at 121 °C for 15 minutes, the growth media were leaved overnight for cooling and precipitation. The next day supernatants carefully obtained without collecting precipitation from the medium bottles were placed into the experimental containers which was previously acid washed and sterilized. The medium was further filtered with sterile 125 mm filter paper to facilitate the following measurements. *Virgibacillus marismortui* grown in the optimum media was collected and rinsed several times in distilled water and centrifuged. 1 mL of bacteria was inoculated in 100 mL of the mediums. One control set for each lake sample was prepared as 100 mL medium without addition of bacteria. Both biotic and control flasks were placed in an incubator at 37 °C with 130 rpm shaking. Sampling was conducted at days 1, 3, 6, 8 and 10 to monitor changes in Li concentrations.

3. RESULTS AND DISCUSSION

According to our preliminary results, all the biotic experimental flasks contain precipitation appeared to be related to the microbial growth and were observed within the bacterial colonies (Figure 2). Consequently, mineralogical and chemical identification of these precipitation seem to be the first vital step to evaluate Li recovery from the lake water as well as capacity of the bacteria. As in the current experiments, bacteria can control mineralization by playing both an active and a passive role by increasing alkalinity in the microenvironments as indicated pH profile of the experiments and by providing abundant reactive sites in the EPS (extra cellular polymeric substance), cell walls and external

sheaths of bacterial cells that bind dissolved mineral-forming elements. Therefore, there may be two main processes to influence Li recovery from the experimental solution, thus lake water: 1-Li may be co-precipitated with the precipitation in the flask and/or 2- Li is related to the EPS matrix representing an extension for the microbial cell and functions as a chelator for cations.

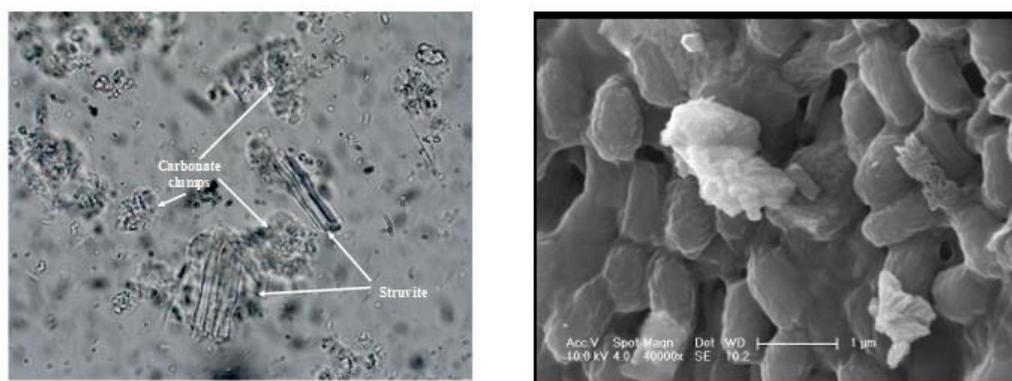


Figure 2. An example for precipitation under the experimental conditions.

Bacterially induced precipitation may occur as a consequence of by-product of microbial metabolic processes the particular case of *Virgibacillus marismortui* strain used in the experiments cultivated by MM medium containing amino acids and peptides (as source of carbon, nitrogen, and energy), amino acid metabolism resulted in a release of ammonia and CO₂, increasing pH and, therefore, causing precipitation of Li (Figure 3) [7].

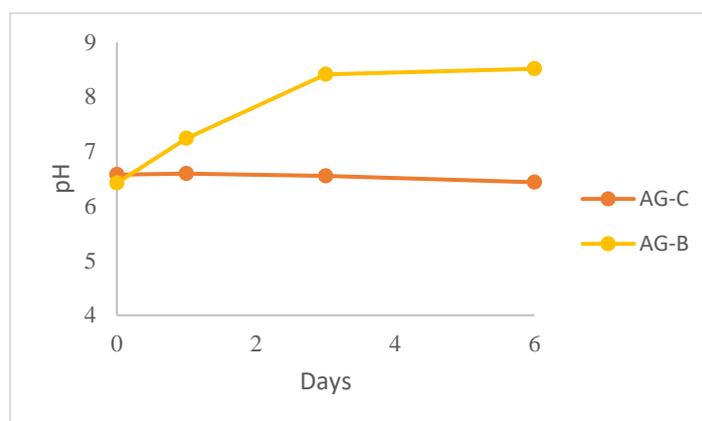


Figure 3. pH trends of the experiments throughout the entire experimental time. AG-C (abiotic control Acıgöl Lake), AG-B (biotic Acıgöl Lake).

Lake Acıgöl has defined as hypersaline continental and evaporite depositional environment and presents playa lake characteristics [8,9]. Lake Acıgöl deposit also considerable number of lithium contains which is between 0.3-16.0 mg/l due to seasonal variations [8]. Because of the continental brines are the most economical recoverable forms of Lithium, the experiments that we are performing with a microorganism which developed in the laboratory may hold a framework for future studies and explorations in the field of biogeochemistry.

REFERENCES

[1] Balci, N., Demirel, C., Kurt, M.A., Gultekin, A.H., On Akcer, S., “Biogeochemical C and S Cycles in Lake Acıgöl and Implications for Carbonate Formation” Geochemistry Symposium, 109, 16-18 May, Antalya, Turkey, 2016.

- [2] Balci, N., Demirel, C., “Formation of Carbonate Nanoglobules by a Mixed Natural Culture Under Hypersaline Conditions, Minerals, Istanbul, Turkey, 2016; 2017.
- [3] Helvacı, C., Mordogan, H., Colak, M., Gundogan, I., “Presence and Distribution of Lithium in Borate Deposits and Some Recent Lake Waters of West-Central Turkey”, *International Geology Review*, Vol 45, 2003.
- [4] Ling, L., Deshmane, V. G., Paranthaman, M.P., Bhave, R., Moyer, B., A., Harrison, S., “Lithium Recovery from Aqueous Resources and Batteries: A Brief Review”, *Johnson Matthey Technology Review*, 62, (2), 161-176, 2018, Tennessee, USA
- [5] Mesram, F., Pandey, B.D., Mankhand, T.R., “Extraction of Lithium from Primary and Secondary Sources by Pre-Treatment, Leaching and Separation: A Comprehensive Review”, *Hydrometallurgy* (150), 192-208, 2014, India.
- [6] Munk, L.A., Hynek, S.A., Bradley, D.C., Boutt, D., Labay, K., Jochens, H., “Lithium Brines: A Global Perspective”, *Society of Economic Geology Inc., Reviews in Economic Geology*, Chapter 14, v. 18, pp. 339-365, 2016.
- [7] Mutlu, H., Kadir, S., “Mineralogy and Water Chemistry of Lake Acıgöl (Denizli), Turkey, Carbonates and Evaporites, Ankara, Türkiye, 1999.
- [8] Swain, B., *Separation and Purification Technology, Recovery and Recycling of Lithium: A Review*, Republic of Korea, 2016.
- [9] Ünal, I., H., “Lityum Metali, Kullanım Alanları ve Geleceği”, *Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü*, Ekim, 2015.



Uluslararası Katılımlı 9. Jeokimya Sempozyumu
*9th Geochemistry Symposium with International
Participation*



**Structural Analysis of Oil Seepage in Sheikh Ibrahim and
Mohallabiyah Anticlines**

Salim Ahmed K. Fannoosh

Department of oil Reservoir, College of Petroleum & Mining Engineering, University of Mosul, Iraq

dr.salimfannoosh@gmail.com

Abstract

Salt tolerance is a multigenetic complex trait. Considering the great complexity of the mechanism and magnitude of variation in this trait at intra-specific and inter-specific levels, it is difficult to identify one single criterion for screening large population and correspondingly, led to the quest for rapid screening techniques for salinity tolerance. Screening in the field is difficult, due to spatial heterogeneity of soil physico-chemical properties and seasonal fluctuations in rainfall. Assessment of salinity tolerance of halophytes is more complicated than in agronomic and horticultural plants and no consistent criterion has been used as are used for glycophytes. Keeping in view this idea, pot experiment was conducted for screening four Atriplex species (*A. halimus*, *A. nummularia*, *A. canescens* and *A. lecolada*) under effect of different levels of salinity (0, 1000, 3000, 6000 and 12000 mg l⁻¹) of NaCl grown in soils collected from AL-Jazeera northern Irrigation project / Nineveh Governorate / Iraq using simple indirect selection criteria such as dry weight, water content, net NaCl transport, ability for accumulation of Na⁺ and Cl⁻ and selectivity for Na⁺ over K⁺. Based on results of this study, *A. halimus* was more efficient with respect to the above selection criteria and showed best salt tolerance performance on overall basis.

Keywords: Salt tolerance, atriplex, screening, sodium chloride, Selecti

AUTHOR INDEX

A

Abdürrahim Keskin 46
Abdurrahman Dokuz 232
Ahmet Yıldız 46, 143, 267
Alan S. Collins 155
Alexey Ulianov 171
Ali Koray Özdoğan 56, 68
Ali Tuğcan Ünlüer 60, 80, 112, 128, 144, 196, 217, 262
Ali Uçurum 70
Alp Ünal 80, 177
Alpaslan Ünal 298
Amer W. Abdul-Kareem 318
Amr Abdelnasser 130,140, 217
Andrey V. Chugaev 184
Antonio Simonetti 228
Aral I. Okay 13
Aslıhan Korkmaz 212
Astrid Holzheid 14
Asuman Günal
Türkmenoğlu 222
Asuman Kahya 43
Awaleh Djama İltireh 181
Ayşe Atakul Özdemir 190
Ayşe Orhan 65
Ayşe Yüksekdağ 89, 272
Azeddin A. M. Sindi 285

B

Bahattin Güllü 147, 173, 175, 294
Bahrıcan Ar 238
Bahriye Eryıldız 272
Behzat Gökçen Demir 42, 56, 68
Berat Genç 262

Beril Tanç-Kaya 89, 144, 217
Bin Chen 161
Biray Korkmaz 74
Bora Uzel 155
Börte Köse-Mutlu 89
Buğra Çavdar 58
Burçin Oğuz 74
Burhan Yunus Çakır 119

C

Cafer Özkul 267, 297
Cahit Dönmez 110
Can Başaran 286
Cem Kasapçı 29, 78, 149
Cem Yücel 227
Cengiz Uzun 221
Chris Harris 212
Cihan Yalçın 124, 128, 130, 138, 141, 144
Çağrı Mercan 190

D

David A. Banks 17, 34
Davut Laçın 149, 159
Demet Kıran Yıldırım 72, 119
Direnç Azaz 149

E

Eimear Deady 29
Ekaterina Steshenko 224, 242
Elena Borisenko 224
Elif Oyan 184, 186
Elif Dilek Bayrakçioğlu 110
Elif Varol Muratçay 212

Emel Abdioğlu Yazar 236, 238
Emin Çiftçi 48, 58, 97, 104, 112, 248
Emine Sernur Gök 250
Emre Çavuş 74
Ender Sarıfakıoğlu 126, 153, 224
Enes Gençer 286
Eray Çakın 143
Ercan Aldanmaz 183
Ercan Sanğu 104
Erkan Yılmaz 295
Esin Yalçın 210
Esra Ateş-Genceli 89
Evgeniy Kunakkuzin 224
Ezgi Ulusoy 188

F

Farhad Javid 97
Fatih Bademler 110,119
Fatih Özbaş 87
Fatih Şekerci 296
Fatma Nur Ercan 301
Fatma Şişman Tükel 194
Fukun Chen 155

G

G. Deniz Külahcı 212
Garip Nas 119
Gönenç Göçmengil 171
Gülcan Bozkaya 34, 74, 95, 110, 131, 132, 139, 222, 234, 241, 299
Güldane Akıllı 44
Gürsel Yanık 267

H

Hafize Akıllı 246

Haibo Zou 29

Hakan Fidan 267

Halil Atan 34, 234, 299

Halim Mutlu 58, 76, 246

Hande Sonsun 227

Harun Aydın 287

Hasan Baştuğ 110

Hasan Kolaylı 210, 283

Hayrullah Yıldız 122

Hossein Kouhestani 67

Huseyin Sendir 217

Hüseyin Kocatürk 196, 217

Hüseyin Öztürk 29, 31, 40,
78, 159

I

Igor V. Chernyshev 184

Işıl Nur Güraslan 204

İ

İ. Tonguç Uysal 70

İbrahim Akpınar 48

İrem Baş 236

İrfan Temizel 236, 238

İsak Yılmaz 149

İsmail Koyuncu 89, 272

İsmail Said Küre 282

K

Kalilou Adama Diarra 104

Kathryn M. Goodenough
29

Kaya Erbil 262

Keewook Yi 232

Khalid E.N. AL-Hadeidi
318

Kıymet Deniz 76, 147, 173,
175, 250

Kurtuluş Günay 32, 58

L

Lokman Gümüş 128

M

M. Cemal Göncüoğlu 222

M. Şeref Sönmez 312

M. Yılmaz Savaşçın 22,
265

M.Selman Aydoğan 36,
161

Macit Karadağlar 246

Majid Ghasemi Siani 142

Martin Yates 48

Mehmet Ali Gücer 232

Mehmet Arslan 238

Mehmet Keskin 194

Mehmet Özdöşemeci 306

Mehmet Yeşiltaş 149, 301

Mehtap Şafak Boroğlu 149

Meral Gürel 157

Metin Bağcı 46, 143

Milan Kohút 230

Mir Ali Asghar Mokhtari
67

Mohammad Javad Fadaei
131, 132, 139, 241

Mohammed A. Fayyadh
285

Muhittin Karaman 128, 130

Murat Budakoğlu 60

Murat Çiflikli 38

Murat Kalkan 281

Murat Tokçaer 22

Musa Avni Akçe 147

Mustafa Açlan 287

Mustafa Afşin 281

Mustafa Kaya 80, 124, 128,
130, 141, 144, 196, 217

Mustafa Kumral 80, 89,
124, 128, 130, 138, 140,

142, 144, 196, 217, 252,
262

Mustafa Sevin 153

Mustafa Yıldız 281

N

N. Dilara Erdoğan 312

Nalan Şimşek 312

Namık Aysal 142, 149,
159, 171

Naşide Merve Sütçü 112

Necati Tüysüz 238

Nilgün Güleç 16, 186, 190

Nurgül Balcı 307, 312

Nurullah Hanılçı 29, 31,
34, 78, 87, 124, 149

Nusret Güngör 56, 68

Nusret Nurlu 220, 227, 230

O

O. Ersin Koralay 155

Onur Köse 269, 287

Oral Sarıkaya 196, 215

Orhan Karlı 232

Osman Candan 155

Othmar Müntener 171

Oya Cengiz 70

Ö

Ömer Bozkaya 34, 38, 74,
95, 222, 234, 299

Ömer Faruk Özkaya 228

Ömer Kamacı 80, 151, 163

Önder Kayadibi 246

Öykü Mutlu Salmanlı 272

Özlem Güllü 304, 306

P

Pilar Lecumberri-Sanchez
217

Q

Qing Zhou 139, 241

Qinhong Hu 15, 252

R

Rabia Ecem 119

Ramazan Sarı 110, 119

Recep Fahri Esenli 196

S

Saeed Alirezai 139, 241

Salih Bayraktutan 224

Salim Ahmed K. Fannoosh
317

Sara Kardaş 287

Sefa Arslan 110, 119

Sefa Çelik 304

Selçuk Bostancı 56, 68

Serap Arıkan 246

Sercan Öztürk 80, 128,
138, 144

Serhat Köksal 230

Serkan Özkümüş 110

Sevilay Tan 246

Sibel Tatar Erkül 212

Sinan Altuncu 38

Sinan Öngen 149,159

Somayyeh Ghasemian 40

Svetlana Drogobuzhskaya
242

Ş

Ş. Can Genç 171

Şafak Altunkaynak 151,
163, 177, 204

Şafak Köseoğlu 289

Şemsettin Caran 42

Şenel Özdamar 196, 216

Şule Gürboğa 246

T

Tamara Bayanova 153,
224, 242

Tamer Koralay 147, 173,
175, 279

Taylan Akın 234, 299

Tuğçe Tenlik 95

U

Ufuk Ören 279

Ü

Ümit Şafak 227

Ümit Yıldız 297

V

Veysel Akkurt 184

Vladimir A. Lebedev 184

Vural Oyan 169,184,186,
190

Y

Yağmur Güneş 307, 312

Yaşar Çakır 283

Yavuz Özdemir 169, 184,
186, 190

Yıldırım Dilek 153

Yılmaz Demir 48

Yiğit Kurt 159

Yury Neradovsky 224

Yusuf Kağan Kadioğlu 44,
147, 156, 173, 175, 188,
192, 250, 301

Yusuf Yagci 20

Yücel Yılmaz 12

Z

Zafer Aslan 161

Zahra Alipour 131, 132

Zehra Deveci Aral 110,
119

Zekiye Karacık 171

Zeynel Ceylan 281

Zeynep Cansu 29, 40

Zeynep Döner 80, 145,
196, 217, 252, 262



Organizasyon:
İ.T.Ü. Maslak Kampüsü 34469 Sarıyer/İstanbul

Sempozyum Yeri:
Laur Hotels, Didim/Aydın
Çamlık, Aytepe Cad. No:21 09270 Didim/Aydın

İletişim:
Prof. Dr. Mustafa KUMRAL (0 532 775 54 85)
Prof. Dr. Emin ÇİFTÇİ (0 532 487 08 96)
9thgeochemistry@itu.edu.tr



İTÜ
YAYINEVİ