

## PALAEOCLIMATIC ESTIMATES OF THE TRIASSIC-MIDDLE JURASSIC PERIOD IN ISPARTA AND GÜMÜŞHANE (S AND NE TURKIYE)

**Funda Akgün<sup>1</sup>, Mine Sezgül Kayseri-Özer<sup>1</sup>, İsmail Işintek<sup>1</sup>, Raif Kandemir<sup>2</sup> and Fuzuli Yağmurlu<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Jeoloji mühendisliği Bölümü, Dokuz Eylül Üniversitesi, 35160, Buca-İzmir, funda.akgun@deu.edu.tr,*

<sup>2</sup>*Gümüşhane Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Gümüşhane-Türkiye,*

<sup>3</sup>*Süleyman Demirel Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Isparta-Türkiye.*

Marine sediments of the Triassic-Middle Jurassic period are commonly observed in Turkey. However especially coal bearing terrestrial sediments are not widespread. In this study, microfloras and foraminifera faunas are defined from the coal, claystone samples and limestone samples which are collected from the coal bearing terrestrial and marine sediments of Çayır, Sorgun and Köklü plateaus in the Isparta region. According to these microflora and faunas, these coal bearing sediments are deposited during the Late Triassic (Rhaetian-Early Jurassic)-Middle Jurassic period. Presence of the coastal marine environment can be determinated, based on the defining spores and pollen of the Çayır, Sorgun and Köklü plateaus (Isparta). Abundance of the *Corallina* of the Chariolepidiaceae (Köklü 34%, Sorgun 60% and Çayır 80%) and existence of fern forest in the low palaeotopographic during the Rhaetian-Early Liassic period indicate the warm-subtropical and generally dry climatic condition.

Microflora of the Early Jurassic (?Sinemurian-Bathonian) age are defined from the samples collected in the coal bearing terrestrial sediments upper part of the Ammonitico Rosso facies in the Gümüşhane and surroundings. This microflora indicated the subtropical climatic condition.

Additionally, in this study based on the published microfloras data of the Triassic-Middle Jurassic time (Diyarbakır, Mardin-Nusaybin, Amasra-Cide and Bayburt), palaeoclimatic changes are obtained during this time interval. Commonly warm and humid climatic condition in the Early Triassic continues in the Middle Triassic. However, locally dry condition is observed in the Middle Triassic. This drought is dominant in the Late Triassic. This dry climatic condition in the Late Triassic follows the increasing of the short-term humidity beginning of the Liassic time. From the Late Triassic to Early Jurassic period, humidity increase and this event caused the warm and humid climatic condition in the Early Jurassic. During the Jurassic time, humidity decrease and winter wet, seasonally dry subtropical climatic condition is evident.

**Key Words:** Triassic, Jurassic, Isparta, Gümüşhane, Palaeoclimate.

## İNCESU MAĞARASI DİKİT KAYITLARINA GÖRE ORTA TOROSLarda SON 45000 YILLIK İKLİM DEĞİŞİMİ

**Mertcan Özbakır<sup>1</sup>, Gizem Erkan<sup>1</sup>, C. Serdar Bayarı<sup>1</sup>, Hai Cheng<sup>2</sup>, N. Nur Özyurt<sup>1</sup> ve Dominik Fleitmann<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Beytepe, TR-06800 Ankara, Türkiye,  
gizems@hacettepe.edu.tr,*

<sup>2</sup>*Department of Geology & Geophysics University of Minnesota 108 Pillsbury Hall, 310 Pillsbury Dr. SE  
Minneapolis, MN 55455-0219, ABD,*

<sup>3</sup>*University of Bern, Institute of Geological Sciences and Oeschger Centre for Climate Change Research,  
Baltzerstrasse 1+3, 3012 Bern, İsviçre.*

Mağara çökellerinin kararlı izotop içerikleri geçmiş iklim değişikliklerini yansıtan doğal arşiv kayıtları niteliğindedir. Bu çalışmada, İncesu Mağarası'ndan (Karaman-Taşkale) alınan 38 cm uzunluğunda, 15.2 cm çapında bir dikit örneğine ait yüksek çözünürlüklü kararlı izotop ( $^{18}\text{O}$  ve  $^{13}\text{C}$ ) verilerinden hareketle bölgede etkili paleoiklim ve paleoortam koşulları belirlenmiştir. 230Th yaşlarına göre örnek son 45000 yıllık zaman aralığında oluşmuştur. Örneğin içerdiği çökelim dönemleri günümüzden önce 2386-4527, 7868-13229, 29000-43822 yılları arasını içermekte olup, çökelimde günümüzden önce yaklaşık 29000-13229, 7868-4527 yılları arası ve günümüzden önce 2386 yılı ile günümüz arasını içeren 3 ayrı dönemde duraksama olmuştur.

Çökelimin gerçekleştiği dönemler boyunca  $^{18}\text{O}$  ve  $^{13}\text{C}$  izotoplari yağış, sıcaklık ve bitkisel aktivitenin bir göstergesi olarak incelenmiştir. Veriler Son Buzul Maksimumu öncesi Anadolu'daki iklimin günümüz'e oranla daha soğuk ve ortamın bitki örtüsü bakımından daha fakir olduğunu göstermektedir. Son Buzul Maksimumu sonrası ve Holosen başında ise, iklim günümüz'e oranla daha nemli ve ortam bitki örtüsü bakımından daha zengindir. Örneğin kararlı izotop kayıtları son 45000 yıl içerisinde oluşan Heinrich 3, Younger

Dryas, 8200 yıl ve 4200 yıl olayları gibi ani iklim değişikliklerinin Orta Toroslarda da etkili olduğunu göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Paleoiklim, dikit, izotop, İncesu Mağarası.

## LAST 45000 YEARS OF CLIMATE CHANGE IN THE MIDDLE TAURIDS BASED ON STALAGMITE RECORDS OF THE INCESU CAVE

**Mertcan Özbakır<sup>1</sup>, Gizem Erkan<sup>1</sup>, C. Serdar Bayarı<sup>1</sup>, Hai Cheng<sup>2</sup>,  
N. Nur Özyurt<sup>1</sup> and Dominik Fleitmann<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Hacettepe University, Department of Geological Engineering,, Beytepe, TR-06800 Ankara, Turkey,  
gizems@hacettepe.edu.tr,*

<sup>2</sup>*Department of Geology & Geophysics University of Minnesota 108 Pillsbury Hall, 310 Pillsbury Dr. SE  
Minneapolis, MN 55455-0219, USA,*

<sup>3</sup>*University of Bern, Institute of Geological Sciences and Oeschger Centre for Climate Change Research,  
Baltzerstrasse 1+3, 3012 Bern, Switzerland.*

The stable isotope contents of speleothems constitute reliable natural proxy records regarding the past climate changes. In this study, paleoclimate and paleoenvironment conditions dominated the region have been determined from the high resolution stable isotope data obtained from a 38 cm-long and 15,2 cm-wide columnar stalagmite sampled in the İncesu Cave (Karaman-Taşkale). Based on the 230Th dates, the sample formed during the last 45,000 years. The depositional periods of the sample include 2,386-4,527, 7,868-13,229 and 29,000-43,822 years before present. Hiatuses are observed in the periods between 29,000-13,229, 7,868-4,527 years before present and between 2,386 years to recent.

The stable isotope data ( $^{18}\text{O}$  and  $^{13}\text{C}$ ) have been evaluated as proxies of variations in paleoclimate and paleoenvironment conditions. Data reveal the dominance of cooler paleoclimate and weaker vegetation cover in the period prior to the Last Glacial Maximum (LGM). More humid and temperate paleoclimate conditions along with a more intense vegetation activity occurred during the early Holocene. Stable isotope records also indicate the occurrence of abrupt climate changes such as Heinrich Event 3, Younger Dryas, 8,200-years and 4,200-years events in the Middle Taurids.

**Key Words:** Paleoclimate, stalagmite, isotope, İncesu cave.

## GEÇMİŞTE VAN GÖLÜ SU SEVİYESİ DEĞİŞİMLERİ: JEOLOJİK ARŞİV, JEOMORFOLOJİK EVRİM VE PALEOCOĞRAFYA REKONSTRÜSYONU

**Catherine Kuzucuoğlu<sup>1</sup>, Damase Mouralis<sup>2,1</sup>, Ali-Fuat Doğu<sup>3</sup>, Aurelien Christol<sup>1,4</sup>,  
Ebru Akköprü<sup>3,5,1</sup>, Michel Fontugne<sup>4</sup>, Daniel Brunstein<sup>1</sup>, Halil Zorer<sup>3</sup>,  
Herve Guillou<sup>6</sup>, Michel Fontugne<sup>6</sup>, Mustafa Karabiyikoğlu<sup>7</sup>,**

**Jean-Louis Rey<sup>6</sup> ve Stephane Scaillet<sup>6</sup>**

<sup>1</sup>*CNRS, Laboratory of Physical Geography (UMR 8591), Meudon, France,*

<sup>2</sup>*Rouen University, IDEES Laboratory, Rouen France,*

<sup>3</sup>*Van University, Department of Geography, Van Türkiye,*

<sup>4</sup>*Paris 7 University, Laboratory PRODIG, Paris France,*

<sup>5</sup>*Istanbul University, Department of Geography, Istanbul Türkiye,*

<sup>6</sup>*CEA/CNRS, LSCE Laboratory, Gif-sur-Yvette France*

<sup>7</sup>*Van University, Department of Anthropology, Van, Türkiye.*

Doğu Anadolu, Kafkaslar, Yakın ve Orta Doğu ile ilgili geç buzul ve Holosen eski iklim çalışmaları için kullanılan, geçmişte Van Gölü su seviyesinde meydana gelen değişimlerin boyutlarının ve sebeplerinin tanımlanması, "anovan" projesinin amacıdır. Bu amaç doğrultusunda, geçmiş göl su seviyesindeki değişimlerin detaylı kayıt arşivleri proje kapsamında kullanılmıştır: a) gölün vadileri içinde (taraçalarla birlikte olan ve olmayan) ve yokuş üzerinde gelişmiş ırmağın, göl ve fulivyo-gölsel çökeller); b) lav akıntıları, piroklastik akıntılar ve tefra stratigrafisi gölün çevresinde en son gerçekleşen jeomorfolojik değişimlerle birlikte çalışılmıştır. Her türlü çökelleme fasıyes ve stratigrafi (uyumluluk ve uyumsuzluk), çökelleme sonrası deformasyon, çökelmin jeomorfolojik içeriği, erozyon ve korunma, fosil morfolojinin rekonstrüksiyonu kesitler boyunca çalışılmıştır.

Dört yıllık(2006-2009) arazi çalışması sonucunda süreçler, sebepler, göl seviyesi değişiminin göreceli kronolojisi üzerinde bir çok veri elde edilmiştir. Saha verilerinden elde edilen ve volkanik çökellerin olduğu yerlerde jeokimyasal verilerin ışığında gölün transgresyon ve regresyonun karakteristiklerini (örn. Zamanlama, büyülüklük, aşamalar..) tetikleyen olası sebepler tartışılmıştır: 1) İklim, 2) Volkanik patlamalar ve emisyon miktarı; 3) Tektonik; 4) Nehir şebekesi değişimleri ve bununla alakalı su boşalım havzasının artması veya azalması. Van gölünden olası Dicle Nehrine havzasına doğru çıkışyrica sunulmuş ve tartışılmıştır. Travertenlerin 234u/230th yaşlandırılması, piroklastiklerin 39ar/40ar yaşlandırılması, lav akıntılarının k/ar yaşlandırılması ve organik malzemenin 14c yaşlandırılması ile kronoloji oluşturulmuştur.

## LAKE VAN LEVEL CHANGES IN THE PAST: GEOLOGICAL ARCHIVES, GEOMORPHOLOGICAL EVOLUTION AND PALAEOGEOGRAPHY RECONSTRUCTION

**Catherine Kuzucuoğlu<sup>1</sup>, Damase Mouralis<sup>2,1</sup>, Ali-Fuat Doğu<sup>3</sup>, Aurelien Christol<sup>1,4</sup>,  
Ebru Akköprü<sup>3,5,1</sup>, Michel Fontugne<sup>4</sup>, Daniel Brunstein<sup>1</sup>, Halil Zorer<sup>3</sup>,  
Herve Guillou<sup>6</sup>, Michel Fontugne<sup>6</sup>, Mustafa Karabiyikoğlu<sup>7</sup>,  
Jean-Louis Rey<sup>6</sup> and Stephane Scaillet<sup>6</sup>**

<sup>1</sup> CNRS, Laboratory of Physical Geography (UMR 8591), Meudon, France,

<sup>2</sup> Rouen University, IDEES Laboratory, Rouen France,

<sup>3</sup> Van University, Department of Geography, Van Türkiye,

<sup>4</sup> Paris 7 University, Laboratory PRODIG, Paris France,

<sup>5</sup> Istanbul University, Department of Geography, İstanbul Türkiye,

<sup>6</sup> CEA/CNRS, LSCE Laboratory, Gif-sur-Yvette France

<sup>7</sup> Van University, Department of Anthropology, Van, Türkiye.

Identifying causes and magnitude of past lake van level changes, which are used as a late glacial and holocene palaeoclimate reference for eastern anatolia, the caucasus, the near and middle east, has been the main objective of the “anovan” project. For this purpose, the project used the detailed study of the main archives recording past lake level variations: a) river, lake and fluvio-lacustrine deposits identified over the slopes and in the floors of the main tributary valleys of the lake (whether or not associated with terraces); b) lava flows, pyroclastite flows and stratigraphy of tephras, studied in relation with the latest geomorphological changes in the area surrounding the lake. All types of deposits have been studied in open sections with specific data about altitudes (some of which measured by dgps), facies and stratigraphy (including conformity/unconformity), post-depositional deformation, geomorphological context of deposition vs erosion and preservation, reconstruction of fossilized morphologies. Four years of field studies (2006-2009) have allowed the collection of a huge amount of data, some of which being used here to discuss the processes, causes and relative chronology of lake level changes. The possible causes triggering the characteristics (i.e. timing, magnitudes, steps...) of lake transgressions and regressions are discussed on the basis of information delivered by field data, with the addition of geochemical analyses in the case of volcanic deposits: 1) climate; 2) volcanic eruptions and emissions impacts; 3) tectonics; 4) river network changes and related watershed retrievals or additions. Regarding the occurrence of the latter events, captures and possible outlet(s) of lake van towards the tigris watershed are also presented and discussed. A chronology has been developed using 234u/230th dating of travertines, 39ar/40ar dating of pyroclastites, k/ar dating of lava flows, and 14c dating of organic matter.

## TOROS DAĞLARINDA DÖKÜNTÜYLE ÖRTÜLU GÜNCEL BUZULLAR

**Onur Çalışkan<sup>1</sup>, Gürcan Gürgen<sup>1</sup>, Erkan Yılmaz<sup>2</sup> ve Serdar Yeşilyurt<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> İlköğretim Bölümü, Ankara Üniversitesi, 06590, Ankara, Türkiye, ocalis@education.ankara.edu.tr;

<sup>2</sup> Coğrafya Bölümü, Ankara Üniversitesi, 06100, Ankara, Türkiye,

<sup>3</sup> Coğrafya Bölümü, Çankırı Karatekin Üniversitesi, Çankırı, Türkiye.

Toros Dağları, Kuvaterner'deki son buzul döneminde buzulların yaygın olarak geliştiği alanlardandır. Bu dağ kuşağı üzerindeki morenler ve buzyalakları (sirk) sözkonusu buzullaşma döneminde Toros Dağ Kuşağı üzerinde Alpin tip buzullaşmanın gelişğini gösteren jeolojik ve jeomorfolojik kayıtlarıdır. Yapılan çalışmalar Orta Torosların en yüksek bölgelerini oluşturan (Bolkar Dağları ve Aladağlar üzerinde) küçük boyutlu güncel buzulların varlığını göstermektedir. Güncel buzullara, bu dağ kütlelerinin uygun topografiye ve baki koşullarına sahip 2900 m'den yüksek bölgelerinde, dik duvarlarla çevrili ve esas olarak Son Buzul Dönemi'nde şekillenmiş

buzyalaklarının tabanlarında rastlanılır. Sirk tipi buzullar niteliğindedirler. Güncel buzulların tamamı Holosen'deki periglasiyal süreçlerle gelişmiş yamaç döküntüsü ile kaplıdır. Buzullar dışında bölgede kaya buzulları yaygın olarak izlenen güncel periglasiyal oluşumlardır. Buzullar ile kaya buzullarının yüzey morfolojisi ilk bakışta birbirine benzer özellikler sergiler ve bu nedenle ayırmaları güçtür. Kaya buzullarının yüzeyinde donma-çözünme hareketleri ile gelişmiş akma yapıları belirgindir ve genelde Son Buzul Dönemi morfolojisi ve moren çökelleri üzerinde uyumsuz olarak izlenirler. Güncel buzullara ise Son Buzul Dönemi morfolojisini tanımlayan buzyalakları dışında rastlanmaz. Buzulüstü (supraglasyal) ve buzul ilişkili irili ufaklı göller güncel buzulları kaya buzullarından ayıran en önemli jeomorfolojik oluşumlardır. Bu göllerin bazıları mevsimsel, bazıları ise sürekli göllerdir. Güncel buzulların Kuvaterner'deki Son Buzul Dönemi'nden kalıntı buzullar mı veya Holosen'de gelişmiş yeni oluşumlar mı oldukları konusu tartışımalıdır. Bu konudaki belirsizlikler ileri aşama jeomorfolojik etüt ve paleoiklim çalışmalarıyla ortaya konabilecektir. Ancak, gerileyen morenlerin kök kısımlarında veya eski buzyalakları tabanlarında bulunmaları gibi sınırlı veriler bunların Son Buzul Dönemi'nden kalıntı (relikt) oluşumlar olduğuna yorumlanabilmektedir. Literatür bilgisi ve gözlemlerimiz Toros silsilesinin diğer yüksek bölgelerinde de güncel buzul oluşumlarının olabileceği işaret eder. Bu dağ kuşağındaki güncel buzullarının araştırılması Geç Kuvaterner-Günümüz arasında Türkiye dağlarındaki paleocoğrafik değişimlerin anlaşılmasında ve paleoiklim modellemeleri konusunda yapılabilecek olan bilimsel araştırmalara katkı sağlayacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Güncel buzullaşma, jeomorfoloji, İklim değişimleri, Orta Toros Dağları, Döküntü örtülü buzul, Enerji-kütle dengesi, Buzul jeomorfolojisi.

## DEBRIS-COVERED GLACIERS IN TAURUS MOUNTAINS

**Onur Çalışkan<sup>1</sup>, Gürcan Gürgen<sup>1</sup>, Erkan Yılmaz<sup>2</sup> and Serdar Yeşilyurt<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Elementary School Department, Ankara University, 06590, Ankara, Turkey,  
ocalis@education.ankara.edu.tr,

<sup>2</sup>Geography Department, Ankara University, 06100, Ankara, Turkey,

<sup>3</sup>Geography Department, Çankırı Karatekin University, Çankırı, Turkey.

Taurus Mountains is one of the region which is occupied by the glaciers during the Last Glaciation Maximum. The present climatic conditions of this mountain range extending the south part of Anatolia are not suitable for the formation of glaciers. However, in the recent researches actual glaciers were observed in some parts of the Middle Taurus Mountains (Aladağlar and Bolkar Mountains). The climatic conditions have an indirect effect in the presence of these glaciers. The debris cover has a critical effect on the the glaciers which is observed in the high (>2900 m) cirques that has relevant topographical and examinational conditions and surrounded by steep walls. In the formation of this debris layer the control of geological structure and climate is very important. The geomorphological features and structures of these debris-covered glaciers differ from the rock glaciers and alpine glaciers. The most specific feature of debris-covered glaciers is the supraglacial lakes that are formed over them. If the surface slope of the glacier is suitable relatively more permanent lakes can be formed. One of the elements which are used for distinguishing the debris covered glaciers is the supraglacial lakes. Unless the alpine glaciers are the origin of them, the debris covered glaciers are the formations which occur as a result of the recession of alpine glaciers. Once a glacier covered with a debris layer which has an enough thickness, its mass balance, motion style, energy transportation, hydrological and biological characteristics change and differentiated from the bare glacier ice. They are seemed as the transition stage from the alpine glaciers to rock glaciers.

There are signs of these features can be found all over the Taurus Range which has similar geological and climatological conditions. The research and the analysis of the debris covered glaciers have got immensely significance in order to identify environmental characteristic of the mountains of Turkey and application some recent approaches to paleoenvironmental studies and climate models.

**Key Words:** Paleoclimate, Taurus Mountains, Debris-covered glaciers, Energy-mass balance, Glacial Geomorphology.

## AĞAÇ HALKALARINDA ÖLÇÜLEN DURAYLI İZOTOP ORANLARI İLE KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE NEDEN OLAN FAKTÖRLERİN İNCELENMESİ: BATI ANADOLU'DAN ÖRNEK ÇALIŞMA

**Duru Aral<sup>1</sup>, Halim Mutlu<sup>1</sup>, Ünal Akkemik<sup>2</sup>, Nesibe Köse<sup>2</sup>, Ali Kaya<sup>2</sup>,  
Nüzhet Dalfes<sup>3</sup>, Sturt W. Manning<sup>4</sup> ve Charlotte Pearson<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Jeoloji Müh. Bölümü, Eskişehir, Türkiye, [daral@ogu.edu.tr](mailto:daral@ogu.edu.tr),

<sup>2</sup>İstanbul Üniversitesi, Orman Botanığı Anabilim Dalı, Bahçeköy, İstanbul, Türkiye,

<sup>3</sup>İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, Maslak, İstanbul, Türkiye,

<sup>4</sup>Malcolm and Carolyn Wiener Laboratory for Aegean and Near Eastern Dendrochronology,  
Cornell University, New York, ABD.

Okyanus, göl ve mağara çökelleri, buzul karotları ve ağaç halkaları geçmiş iklim değişimlerinin incelenmesi ve bu değişimlerin hangi etkenler tarafından denetlendiğinin ortaya konulmasında kullanılan başlıca malzemelerdir. Bu etkenlerden troposferik (endüstriyel kaynaklı) ve stratosferik (volkanizma kaynaklı) aerosoller ve solar radyasyondaki değişimler ile bölgelik ve/veya küresel ısı ve yağış verileri modern dönemlere yönelik iklim modelleme çalışmalarının en önemli girdilerini oluşturmaktadır.

Bu çalışmada, Batı Anadolu'nun üç farklı enlemindeki ormanların (Bolu, Kütahya ve Antalya) iki farklı yükseltisinden yaşları en az 200 yıl olan karaçam ağaçlarından halka örnekleri toplanmıştır. Halkaların yıllık yaşları ile genişlikleri hassas bir şekilde belirlenmiş ve 5-yıllık çözünürlükte karbon ve oksijen izotop oranları ölçülmüştür. Ağaç halkası duraylı izotop verileri Türkiye'nin değişik yörelerindeki göl (Nar Gölü) ve mağara (Sofular Mağarası) çökellerinden elde edilen eş yaşı duraylı izotop oranları ile karşılaştırılmış ve genellikle anlamlı korelasyonlar bulunmuştur. Tüm bu materyaller üzerinde modern dönemdeki iklimi denetleyen çeşitli parametrelerin izleri değerlendirilmiştir ve özellikle volkanik aerosoller ve solar radyasyonun Anadolu'daki son 200-yıllık iklim rejimini kısmen etkilediği belirlenmiştir. Solar radyasyon ve Antalya bölgesine ait oksijen izotop verileri arasındaki ilişki göreceli olarak büyük ve anlamlıdır. Aylık ortalama güneşlenme süresinin diğer bölgelere oranla Antalya'da daha uzun oluşu, bu büyük ve anlamlı korelasyonu açıklamaktadır. Son 200 yılda gerçekleşen önemli volkanik faaliyetlerin iklim üzerindeki etkilerinin araştırılması sonucunda, 1880-1885 yıllarına ait oksijen izotop kayıtlarında tespit edilen düşüşe muhtemelen 1883 yılında gerçekleşen Krakatau volkan patlaması neden olmuştur. Ayrıca, patlamayı takip eden yılda Avrupa ısı değerlerindeki ani düşüş bu tezi destekler niteliktedir.

**Anahtar Kelimeler:** Ağaç halkası, duraylı izotoplar, iklim.

## INVESTIGATION OF FACTORS CONTRIBUTING TO GLOBAL CLIMATE CHANGE BY STABLE ISOTOPE RATIOS MEASURED IN TREE-RINGS: WEST ANATOLIA CASE STUDY

**Duru Aral<sup>1</sup>, Halim Mutlu<sup>1</sup>, Ünal Akkemik<sup>2</sup>, Nesibe Köse<sup>2</sup>, Ali Kaya<sup>2</sup>,  
Nüzhet Dalfes<sup>3</sup>, Sturt W. Manning<sup>4</sup> and Charlotte Pearson<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Jeoloji Müh. Bölümü, Eskişehir, Turkey, [daral@ogu.edu.tr](mailto:daral@ogu.edu.tr),

<sup>2</sup>İstanbul Üniversitesi, Orman Botanığı Anabilim Dalı, Bahçeköy, İstanbul, Turkey,

<sup>3</sup>İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, Maslak, İstanbul, Turkey,

<sup>4</sup>Malcolm and Carolyn Wiener Laboratory for Aegean and Near Eastern Dendrochronology,  
Cornell University, New York, USA.

Ocean, lake and cave deposits, ice cores and tree rings are the main materials used to investigate paleoclimate changes and to determine the parameters which control such changes. Among these parameters, changes in tropospheric (derived from industrialization) and stratospheric (derived from volcanism) aerosols and solar irradiance and regional and/or global temperature and precipitation data comprise the basic inputs of recent-period climate modeling studies.

In this study, tree-ring samples were collected from 200-year old black pines in forests at two different elevations on three different latitudes in western Anatolia (Bolu, Kütahya and Antalya). Annual ages and widths of tree rings were precisely determined and their oxygen and carbon isotope compositions were analyzed in 5-year resolution. Tree-ring stable isotope data were compared with those of contemporaneous lacustrine (Nar Lake) and cave (Sofular Cave) deposits in various parts of Turkey and as a result generally significant correlations were obtained. On these materials, various parameters which exert a strong control on the recent

climate were traced and it was determined that particularly volcanic aerosols and solar irradiance have partly affected the climate regime in Anatolia for the last 200 years. The relation between solar irradiance and oxygen isotope data on the Antalya region is relatively high and significant which is attributed to the fact that monthly average sunshine period in Antalya is longer than that in other studied regions. Investigation of the impact of historical volcanic activities on the climate reveals that the decrease in oxygen isotope records of the 1880-1885 period is most probably due to the 1883 *eruption of Krakatau which is also supported by a sharp decrease in temperatures over Europe in the following year of explosion.*

**Key Words:** Tree ring, stable isotopes, climate.

## ÖREN HAVZASI'NIN ORTA MİYOSEN SÜRECİNDEKİ PALEOİKİLİMSEL VE PALEOVEJETASYONEL ÖZELLİKLERİ

**M. Sezgül Kayseri-Özer ve Funda Akgün**

Jeoloji mühendisliği Bölümü, Dokuz Eylül Üniversitesi, 35160,  
Buca-İzmir, Türkiye, [sezgul.kayseri@ogr.deu.edu.tr](mailto:sezgul.kayseri@ogr.deu.edu.tr).

Milas-Ören bölgesinde gözlenen Orta Miyosen yaşılı kömür içerikli tortul istif oldukça kalındır. Çalışma alanında, erken Orta (Langiyen) ve geç Orta (orta-geç Serravaliyen) Miyosen dönemlerine ait palinofloralar tanımlanmıştır. Erken Orta Miyosen palinofloraları (Polypodiaceae, *Pinus* haploxylon, Cupressaceae, *Engelhardtia*, *Ulmus*, *Carya*, *Quercus*, *Castanea*, Cyrillaceae, Osmundaceae, Taxodiaceae, Cycadaceae, *Picea*, *Pinus-sylvesteris* tip, Poaceae, Pterocarya, Myricaceae, *Salix*, Simaraubaceae, Oleaceae, Schizaeaceae, *Abies*, *Calamus* (Calamoid palmiye) Sphagnaceae, *Sequoia*, Juglandaceae, Umbelliferae, Fagaceae, Sapotaceae ve *Avicennia*) Milas-Kultak, Milas-Karacaağacı ve Milas-Hüssamları bölgelerinden tanımlanmıştır. Bu dönemde, delta (yıllık ortalama ısı değeri (MAT) 15,7-18,8°C, en soğuk ayın ısı değeri (CMT) 9,6- 13,1°C, en sıcak ayın ısı değeri (WMT) 24,7- 27,7°C, yıllık ortalama yağış miktarı (MAP) 1122-1520mm) ve göl (Hüsamlar: MAT 17,0-21,3°C, CMT 6,2-13,3°C, WMT 27,3-28,1°C, MAP 1146-1322mm ve Ören-Karacaağacı: MAT 17,0-18,4°C, CMT 6,2-12,5°C, WMT 26,5-28,1°C, MAP 1146-1322mm) ortamlarına ait ısı değerleri hesaplanmıştır. Erken Orta Miyosen boyunca (Langiyen) hem delta hem de göl ortamında nemli ve yarıtropikal iklim koşulları belirlenmiştir. Geç Orta Miyosen (orta-geç Serravalliyen) dönemine ait palinofloralar Milas-Sek ve İkizler bölgelerinden tanımlanmıştır (Osmundaceae, *Pinus*, *Cathaya*, Taxodiaceae, *Quercus*, Cyrillaceae, *Castanea*, *Alnus*, Nymphaeaceae, Myricaceae, Oleaceae, *Carya*, Cupressaceae, Schizaceae, Sapotaceae, *Ulmus*, Chenopodiaceae, Compositae (*Tubulifloreae* tip ve *Ligulifloreae* tip). Göl ve akarsu kenarı ortamlarını yansitan palinomorflardan sayısal iklimsel değerler elde edilmiştir (İkizler: MAT 1,8-10,8°C ve 16,5-21,7°C, CMT -10,9-1,1°C ve 5,5-15,6°C, WMT 19,6-20,3°C ve 27,3-28,1°C, MAP 887-1574mm ve Sek: MAT 9,1-10,8°C ve 17,0-21,7°C, CMT (-2,7)-1,1°C ve 6,2-13,6°C, WMT 17-20,3°C ve 26,5-28,1°C ve MAP 1146-1322mm). Geç Orta Miyosen boyunca (Serravaliyen) iklim koşulları yarıtropikal'den ılıman'a doğru değiştiği gözlenmiştir.

Ören bölgesinde erken Orta Miyosen'den (Langiyen) geç Orta (orta-geç Serravalliyen) Miyosen'e MAT, CMT ve WMT değerlerinde azalma gözlenmiştir. Bu zaman boyunca gözlenen ısı değişimi Avrupa'da belirlenmiş olan iklimsel değişim ile karşılaştırılabilir (Orta Miyosen'de iklimsel maksimum ısı artış ve serinleme dönemleri).

**Anahtar Kelimeler:** Paleoiklim, Paleovejetasyon, Orta Miyosen, Ören Havzası.

## PALAEOClimATIC AND PALAEOVEGETATIONAL FEATURES IN ÖREN BASIN DURING THE MIDDLE Miocene

**M. Sezgül Kayseri-Özer and Funda Akgün**

Jeoloji mühendisliği Bölümü, Dokuz Eylül Üniversitesi, 35160,  
Buca-İzmir, Türkiye, [sezgul.kayseri@ogr.deu.edu.tr](mailto:sezgul.kayseri@ogr.deu.edu.tr)

Coal bearing sedimentary sequence of the Middle Miocene in the Milas-Ören region is fairly thick. In the study area, two palynofloras of the early Middle (Langhian) and late Middle (middle-late Serravallian) Miocene periods are defined. Palynofloras of the early Middle (Langhian) time (Polypodiaceae, *Pinus* haploxylon, Cupressaceae, *Engelhardtia*, *Ulmus*, *Carya*, *Quercus*, *Castanea*, Cyrillaceae, Osmundaceae, Taxodiaceae, Cycadaceae, *Picea*, *Pinus-sylvesteris* tip, Poaceae, Pterocarya, Myricaceae, *Salix*, Simaraubaceae, Oleaceae, Schizaeaceae, *Abies*, *Calamus* (Calamoid palmiye) Sphagnaceae, *Sequoia*, Juglandaceae,

*Umbelliferae, Fagaceae, Sapotaceae and Avicennia*) are recorded in the Milas-Kultak, Milas-Karacaşağ and Milas-Hüsamlar regions. In this period, temperature values of the delta environment (mean annual temperature (MAT) 15.7-18.8°C, the mean annual coldest month (CMT) 9.6- 13.1°C, the mean annual warmest month (WMT) 24.7- 27.7°C, the mean annual precipitation (MAP) 1122-1520mm) and lacustrine environment (Hüsamlar: MAT 17.0-21.3°C, CMT 6.2-13.3°C, WMT 27.3-28.1°C, MAP 1146-1322mm and Ören-Karacaşağ: MAT 17.0-18.4°C, CMT 6.2-12.5°C, WMT 26.5-28.1°C, MAP 1146-1322mm) are calculated. Both delta and lacustrine environments humid and subtropical climatic condition are observed during the early Middle Miocene (Langhian). Defining palynofloras of the Late Middle Miocene (middle-late Serravallian) are recorded in the Milas-Sek and İkizler regions (Osmundaceae, *Pinus*, *Cathaya*, Taxodiaceae, *Quercus*, Cyrillaceae, *Castaneae*, *Alnus*, Nymphaeaceae, Myricaceae, Oleaceae, *Carya*, Cupressaceae, Schizaceae, Sapotaceae, *Ulmus*, Chenopodiaceae, Compositae (*Tubulifloreae* and *Ligulifloreae* types). Numerical climatic variables are obtained from the plant associations of the lacustrine and river environments (İkizler: MAT 1.8-10.8°C and 16.5-21.7°C, CMT -10.9-1.1°C and 5.5-15.6°C, WMT 19.6-20.3°C ve 27.3-28.1°C, MAP 887-1574mm and Sek: MAT 9.1-10.8°C and 17.0-21.7°C, CMT -2.7-1.1°C and 6.2-13.6°C, WMT 17-20.3°C and 26.5-28.1°C and MAP 1146-1322mm). Changing of the climatic condition during the late Middle Miocene (Serravallian) from the subtropical to temperate is observed.

The values of the MAT, CMT and WMT are observed decreasing from early Middle (Langhian) to late Middle (middle-late Serravallian) Miocene. This temperature changing during time interval could be correlated with the climatic changing in Europe (Middle Miocene Climatic Optimum and cooling periods).

**Key Words:** Palaeoclimate, Palaeovegetation, Middle Miocene, Ören Basin.

## GÖNEN (BALIKESİR) GÜNEYİNDE YÜZLEK VEREN MİYOSEN YAŞLI LINYİT İÇERİKLİ TORTULLARIN PALİNOLOJİSİ VE PALEOİKLİMİ

Sariye Duygu Üçbaş<sup>1</sup>, Mehmet Serkan Akkiraz<sup>1</sup> ve Funda Akgün<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Dumlupınar Üniversitesi, 43270, Kütahya, Türkiye,

s.duyguucbas@dpu.edu.tr, jeodyg@hotmail.com,

<sup>2</sup>Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Dokuz Eylül Üniversitesi, 35160, Buca, İzmir, Türkiye.

Senozoyik yaşılı linyit içerikli ve volkanoklastik tortullar Gönen güneyinde Tütüncü, Küpcikti, Sebepli, Mancılık, Danişment, Bengiler köyleri ve çevresinde yüzlekler vermektedir. Miyosen öncesi temel kayalar, İzmir-Ankara ve Sakarya zonlarına ait kayalardan oluşmaktadır. Senozoyik yaşılı tortullar, temel kayaları uyumsuzlukla üstlemektedir ve alltan üstte Hallaçlar Volkanikleri, Soma Formasyonu, İlyasbaşı Formasyonu ve Bayramiç Formasyonlarından oluşmaktadır. Pleystosen-Holosen yaşılı alüvyal tortullar tüm birimleri uyumsuzlukla örtmektedir.

Çalışmanın konusunu oluşturan Miyosen yaşılı Soma Formasyonu, altta kalın linyit damarı ile başlamakta, üstte doğru ince kırıntılı tortullar ve piroklastiklere geçmektedir. Ayrıca Soma Formasyonu'nun üst bölgelerinde jipsli, kükürtlü linyit damarları ve ince kırıntılı tortullar ile volkanik düzeyler de yer almaktadır.

Bu çalışmada, adı geçen yörelerde toplam 9 stratigrafik kesit ölçülümuştur. Kesit hatları boyunca 192 palinolojik örnek derlenmiştir. Burada, Ünsa ve Bengiler kesiti olarak isimlendirilen 2 kesitin palinolojik sonuçları verilmektedir. Elde edilen palinolojik veriler, Batı Anadolu'daki linyit içerikli Miyosen yaşılı tortullardan elde edilen palinolojik sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

İncelenen iki keside ait palinolojik topluluklar, egemen olarak konifer ormanı ve ırmaç kenarı ortamlarına ait formlardan oluşmaktadır. Karışık orman topluluğu ve geniş yapraklı orman topluluğu düşük yüzdelerdir. Sucul, bataklık ve otsul bitkiler çok düşük yüzdelerle temsil edilmektedir.

Konifer ormanı baskın olarak Pinaceae ve Cupressaceae'den oluşmaktadır. Düşük yüzdelerle temsil edilen *Pinus*, *Pinus haploxyylon* tip, *Cedrus*, *Cathaya* ve *Podocarpus* konifer ormanına eşlik etmektedir. Irmak kenarı vejetasyonu, egemen olarak *Alnus* ve *Platanus/Salix*' ten oluşmaktadır. Bu ortamda *Zelkova*, *Carya*, *Pterocarya*, *Liquidambar* ve *Ulmus* formları da bulunmaktadır. Karışık orman topluluğu herdem yeşil *Quercus*, *Quercus* spp. ve *Fagus* formları ile ayırtedilmektedir. *Carpinus*, *Cycas*, *Acer*, *Corylus*, Oleaceae, *Betula*, *Tilia*, *Phillyrea*, *Ilex* ve Juglandaceae formları da bu ortamda gözlenmektedir. Geniş yapraklı orman topluluğu baskın olarak *Engelhardia*, Cyrillaceae-Clethraceae ve *Castanea*'dan meydana gelmektedir. Düşük yüzdelerle *Rhus* ve *Sequoia* formları da bulunmaktadır. Bataklık ortamı bitkileri Taxodiaceae, *Nyssa* ve *Myrica* formlarıyla temsil edilmektedir.

Her iki kesitten elde edilen palinolojik topluluklar birbirine benzemesine karşın, bazı temel farklar bulunmaktadır. Bengiler kesitinde, karışık orman topluluğu elemanları olan herdem yeşil *Quercus*, *Quercus* spp., *Fagus* ve *Carpinus*, geniş yapraklı orman topluluğu elemanları olan *Castanea*, *Engelhardia* ve Cyrillaceae-Clethraceae daha yüksek yüzdelerle temsil edilmektedir. Ayrıca, bataklık ormanın bir elemanı olan

Taxodiaceae de yüksek oranlarda gözlenmektedir. *Osmunda* ve Polypodiaceae gibi eğreltiler çok sıkılıkla bulunmaktadır. Irmak kenarı elemanı *Alnus* ise Ünsa kesitinde bol oranda bulunmaktadır. Her iki kesitteki farklılıklar paleovejetasyondaki değişimle ilgili olmalıdır.

Palinolojik topluluğa dayalı sayısal iklimsel sonuçlar, yıllık ortalama sıcaklığın 16,5-18,4 °C, kış sıcaklığının 5,5-12,5 °C ve yaz sıcaklığının 27,3-27,9 °C arasında olduğunu göstermektedir. Yıllık yağış miktarı yoğun yağış altında 1122 ve 1355 mm arasında değişmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Palinoloji, Paleoklim, Miyosen, Batı Anadolu, Gönen.

## PALYNOLOGY AND PALAEOCLIMATE OF LIGNITE-BEARING MIocene SEDIMENTS OUTCROPPING SOUTH OF THE GÖNEN (BALIKESİR)

Sariye Duygu Üçbaş<sup>1</sup>, Mehmet Serkan Akkiraz<sup>1</sup> and Funda Akgün<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Geological Engineering, Dumlupınar University, 43270, Kütahya, Turkey

s.duyguucbas@dpu.edu.tr; jeodyg@hotmail.com,

<sup>2</sup>Department of Geological Engineering, Dokuz Eylül University, 35160, Buca, İzmir, Turkey

Cenozoic lignite-bearing and volcanoclastic sediments crop out in villages of Tütüncü, Küpcüktü, Sebepli, Mancılık, Danişment, Bengiler, south of Gönen. Pre-Miocene basement rocks are made up of the rocks belonging to İzmir-Ankara and Sakarya zones. Cenozoic sediments unconformably overlie the basement rocks, and constitute from bottom to top as the Hallaçlar Volcanics, Soma Formation, İlyasbaşı Formation and Bayramiç Formation. Pleistocene-Holocene alluvial deposits unconformably overlie the whole units.

The Miocene aged Soma Formation, which is the main subject of this study, start with thick lignite seams at base, and continues upward with fine-grained sediments and pyroclastics. Also, lignite seams with gypsum and sulphur, fine-grained sediments and volcanic levels also occur in the upper parts of the Soma Formation.

In this study, above mentioned villages totally 9 stratigraphical sections were measured. 192 palynological samples were collected along the sections. The palynological results of two sections named here as the Ünsa and Bengiler sections have been given. Palynological assemblages from two sections have been compared with the palynological results of the lignite-bearing sediments in western Anatolia.

Palynological assemblage is mainly made up of the elements belonging to coniferous forest and riparian environment. Mixed mesophytic and broad-leaved forests are in low percentages. Water plants, swamp and herbaceous plants are represented by minor percentages.

Coniferous forest predominantly includes Pinaceae and Cupressaceae. *Pinus*, *Pinus haploxyylon* type, *Cedrus*, *Cathaya* and *Podocarpus* represented by low percentages accompany to the coniferous forest. Riparian vegetation is mainly made up of *Alnus* and *Platanus/Salix*. In this belt, *Zelkova*, *Carya*, *Pterocarya*, *Liquidambar* and *Ulmus* also occur. Mixed mesophytic forest is determined by evergreen *Quercus*, *Quercus* spp. and *Fagus*. Also *Carpinus*, *Cycas*, *Acer*, *Corylus*, *Oleaceae*, *Betula*, *Tilia*, *Phillyrea*, *Ilex* and *Juglandaceae* have been observed within this environment. Broad-leaved forest consists mainly of *Engelhardia*, *Cyrillaceae-Clethraceae* and *Castanea*. Also *Rhus* and *Sequoia* represented by low percentages take place in this environment. Swamp forest plants are chiefly represented by Taxodiaceae *Nyssa* and *Myrica*.

Although palynological assemblages obtained from these two sections are similar to each other, there are some discrepancies between them. In the Bengiler section, evergreen *Quercus*, *Quercus* spp., *Fagus* and *Carpinus* related to mixed mesophytic forest and *Castanea*, *Engelhardia*, *Cyrillaceae-Clethraceae* relevant to broad-leaved forest are represented by high percentages. Additionally, swamp forest element Taxodiaceae have been observed in high percentages. Ferns such as *Osmunda* and Polypodiaceae occur in high frequency. Riparian vegetation element *Alnus* take place abundantly in the Ünsa section. These discrepancies between the sections should be related to palaeovegetational changes.

Quantitative palaeoclimate results on the basis of palynological assemblage ranges from 16,5 to 18,4 °C for the mean annual temperature, 5,5 to 12,5 °C for the temperature of the coldest month, 27,3 to 27,9 °C for the temperature of the warmest month. Mean annual precipitation changes between 1122 and 1355 mm under high rainfall.

**Anahtar Kelimeler:** Palynology, Palaeoclimate, Miocene, Western Anatolia, Gönen.

**BÜYÜK MENDERES GRABENİ'NİN GÜNEY KESİMİNDEKİ  
MIYOSEN TORTULLARININ VEJETASYONU VE İKLİMİ,  
ŞAHİNALİ-2 KAROTU, GB TÜRKİYE**

**M. Serkan Akkiraz**

Dumlupınar Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Merkez Yerleşkesi, 43270, Kütahya, Türkiye,  
serkanakkiraz@dpu.edu.tr; sakkiraz73@gmail.com.

Şahinalı kömür havzası ( $37^{\circ} 46' 12''\text{K}$ ,  $27^{\circ} 55' 48''\text{D}$ ), Ege bölgesindeki Büyük Menderes Grabeni'nin güneydoğu (güneybatı Türkiye) bölümünde bulunur. Genellikle gölsel fasiyesi temsil eden tortullar kısıtlı olarak kaba taneli kirintılıları içeren, çamurtaşı–marn baskın bir istiften oluşmaktadır. Bu çalışmada mikroflora ve yayılanmış megaflora kayıtlarının sonuçları göz önünde bulundurulmuştur. Yaklaşık 105 m kalınlığı olan kesitten derlenen 130 örnek analiz edilmiştir. Ancak sayısal değerlendirmeler 55 verimli örneğe dayandırılmıştır. Edilen veriler paleoiklim ve palaeovejetasyondaki değişimlerle karşılaştırılmıştır. Temel bitki örtüsü tipleri, herdem yeşil *Quercus* baskın karışık orman topluluğu ve ayrılmamış Pinaceae, *Pinus* sp. ve Cupressaceae'den oluşan kozalaklı ormanıdır. Bu kuşakta, ırmak kenarı bitki örtüsü yüksek oranda *Alnus* ve daha düşük miktarlarda yaprak döken *Salix*, *Ulmus*, *Pterocarya*, *Carya*, *Platanus*, *Zelkova* ve *Liquidambar*' dan oluşmaktadır. Polen diyagramındaki otsul bitkilerin bileşenleri önesiz miktarlardadır ve Poaceae, Brassicaceae, Chenopodiaceae, *Ephedra*, Asteraceae ve Caryophyllaceae'den oluşmaktadır. Bir arada bulunma yaklaşımı yöntemi kullanılarak yıllık ortalama sıcaklığın  $14^{\circ}\text{C}$  ve yıllık yağış miktarının 1000 mm üzerinde olduğu tahmin edilmiştir. Diğer iklimsel parametrelerle birlikte (En sıcak ve en soğuk ayların ısısı, en nemli, en kurak ve en sıcak ayların yağış miktarları) veriler, yıl boyunca, değişimi az homojen bir iklimi belirtir. Paleoiklim verilerini elde etmek için yayılanmış megaflora kayıtları da bir arada bulunma yaklaşımı yöntemine uygulanmıştır ve göreceli olarak yüksek miktarda yıllık yağışlı sabit sıcak-iliman kuşağı belirtmektedir. Bir arada bulunma yaklaşımından elde edilen sonuçlar, hem sporomorflardan hem de yaprak verilerinden elde edilen paleoiklimsel parametrelerle bir bütün olarak uyumluluk sunmaktadır. Yöntemin kendi içinde tutarlı olduğunu belirtir. Günümüz iklim değerleri, Büyük Menderes Graben'i çevresinin benzer iklimsel koşullara sahip olduğunu, ancak Miyosen'de daha fazla yağış aldığı göstermektedir. Bu çalışma güneydoğu Akdeniz alanının Miyosen bitki örtüsü ve iklimsel evrimine yeni bir katkı sağlamaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Büyük Menderes Grabeni, Güneydoğu Akdeniz, Palinoloji, Paleoortam, Paleoiklim.

**VEGETATION AND CLIMATE IN THE MIocene SEDIMENTS OF  
SOUTHERN SIDE OF THE BÜYÜK MENDERES GRABEN,  
ŞAHİNALİ-2 CORE, SW TURKEY**

**M. Serkan Akkiraz**

Dumlupınar University, Department of Geological Engineering, Main Campus, 43270, Kütahya, Turkey,  
serkanakkiraz@dpu.edu.tr; sakkiraz73@gmail.com

The Şahinalı coalfield ( $37^{\circ} 46' 12''\text{N}$ ,  $27^{\circ} 55' 48''\text{E}$ ) is situated at the southeastern side of the Büyük Menderes Graben in Aegean State, southwestern of Turkey. The sediments mainly representing a lacustrine facies consist of a mudstone-marl dominated succession, including limited coarse-grained clastics. In this study results of both microfloral and published mega-floral records were considered. 130 samples taken from a profile which is about 105 m thick were analyzed, but quantitative estimations are based on 55 productive samples. The data obtained are compared with the changes in palaeovegetation and palaeoclimate. The palynological analysis carried out provides data about composition and structure of the fossil vegetation. The main vegetation types were mixed mesophytic forest dominated by evergreen *Quercus* and coniferous forest consisting mainly of indeterminate Pinaceae, *Pinus* sp. and Cupressaceae. In these belts riparian vegetation includes high proportion of *Alnus*, and lesser amounts of deciduous *Salix*, *Ulmus*, *Pterocarya*, *Carya*, *Platanus*, *Zelkova* and *Liquidambar*. Herbaceous components in the pollen spectra are in negligible amounts, and consist of Poaceae, Brassicaceae, Chenopodiaceae, *Ephedra*, Asteraceae and Caryophyllaceae. Mean annual temperatures using the Coexistence Approach are estimated to have been over  $14^{\circ}\text{C}$  and annual precipitation exceeds 1000 mm. In combination with other climate parameters (temperature of warmest and coldest months, precipitation of the wettest, driest and warmest months), the data indicate very homogenous climate with low annual variation. The published megafloral records have also been applied to the Coexistence Approach method to obtain the palaeoclimate that suggest a relatively stable warm-temperate with high annual rainfall. Results from the Coexistence Approach

suggest as a whole in agreement with the palaeoclimate parameters obtained using both sporomorph and leaf datasets implying internal consistency in the method. Modern climate records indicate that surroundings of the Büyük Menderes Graben have similar climate values which seem to be received more rainfall in the Miocene. This study provides a new contribution on the Miocene vegetation and climate evolution in southeastern Mediterranean area.

**Key Words:** Büyük Menderes Graben, Southeastern Mediterranean, Palynology, Palaeoenvironment, Palaeoclimate.

## TÜRKİYE'DE EOSEN'DEN MİYOSEN'E PALEOİKLİM VE MANGROV ORMANLARI

**M. Sezgül Kayseri-Özer**

*Jeoloji mühendisliği Bölümü, Dokuz Eylül Üniversitesi, 35160, Buca-İzmir, Türkiye,  
sezgul.kayseri@ogr.edu.tr*

Son yıllarda, Eosen'den Miyosen'e palaeoklimsel değişimler üzerine Türkiye ve Avrupa'da birçok çalışma yapılmıştır. Denizel istiflerden elde edilen oksijen ve karbon izotoplari analizlerine göre, Erken Eosen, Oligosen ve Orta Miyosen dönemlerinde belirgin ısı artışları belirlenmiştir. İklimdeki bu belirgin değişimlerin bitki örtüsünü değiştirdiği gözlenmiştir. Özellikle, Amerika ve Avrupa'da deniz kenarında ve nemli ve sıcak iklim koşullarında yayılım gösteren mangrov ve mangrov gerisi bitki topluluğuna ait taksalar bu dönemde geniş yayılım göstermiştir. Türkiye'de de bu sıcak iklim dönemleri boyunca (Orta-?Geç Eosen, Oligosen ve Orta Miyosen) mangrov ve manrov gerisi ormanına ait taksalar tanımlanmıştır (Akkiraz ve diğ., 2006, 2008, 2009, 2010; İslamoğlu ve diğ., 2008; Kayseri ve Akgün, 2010; Kayseri, 2010).

Türkiye'de, Orta-?Geç Eosen'de paleoiklim nemli tropikaldir. Yozgat-Sorgun, Çorum-Amasya ve Burdur bölgelerinde tanımlanan bu döneme ait, yıllık ortalama ısı değeri (MAT) 16,5–25°C, en soğuk ayın ısı değeri (CMT) 9,6–13,1°C ve 22,2–24,8°C, en sıcak ayın ısı değeri (WMT) 27,3–27,9°C ve yıllık ortalama yağış miktarı (MAP) 1003–1520mm olarak hesaplanmıştır. En fazla çeşitlilik gösteren mangrov ormanı Orta Eosen döneminde belirlenmiştir ve mangrov ormanı *Nypa*, *Avicennia*, *Pelliciera*, *D. iszkaxzentgyoergyi* ve mangrov gerisi oramanı (acisu koşulları) Ephedraceae, *Mauritia*, Araceae, Arecaceae, Restionaceae ve *Acrostichum aureum* ile temsil edilmektedir.

Oligosen'de palaeoklim nemli yarıtropikaldir. Milas-Ören, Denizli, Burdur, Uşak ve Trakya bölgelerine ait palinofloralardan MAT değeri 17,2–20,8°C, CMT değeri 7,7–13,3°C, WMT değeri 26,5–27,9°C ve MAP 1217–1520mm olarak elde edilmiştir. Oligosen döneminde mangrov ormanına ait bitki topluluğunun çeşitliliği Eosen dönemine göre azalmıştır ve Oligosen dönemine ait bu orman Ephedraceae, Arecaceae, *Acrostichum aureum*, *Avicennia* ve *Pelliciera* ile karakterize edilmektedir.

Bir mangrov varlığı Milas-Ören Orta Miyosen'in den *Avicennia* cinsi ile belirlenmiştir. Nemli yarıtropikal iklim ile temsil edilen bu döneme ait MAT değeri 15,7–18,8°C, CMT değeri 9,6–13,1°C, WMT değeri 24,7–27,7°C ve MAP 1122–1520mm olarak hesaplanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Paleoiklim, mangrov, Eosen, Oligosen, Miyosen, Türkiye.

## PALEOCLIMATE AND MANGROVE FORESTS IN TURKEY FROM EOCENE TO MIocene

**M. Sezgül Kayseri-Özer**

*Jeoloji mühendisliği Bölümü, Dokuz Eylül Üniversitesi, 35160, Buca-İzmir, Türkiye,  
sezgul.kayseri@ogr.edu.tr*

A lot of studies of the palaeoclimatic changes have been done in the Turkey and Europe recently. According to the oxygen and carbon isotope analyses of the marine sequences, distinctly increasing of temperature are defined for the Early Eocene, Oligocene and Middle Miocene periods. This markedly palaeoclimatic changes are effected on the vegetation. Especially, taxa of the mangrove and back-mangrove forests in Europe and America widespread in the coastal environment and under the humid and hot climatic conditions. In Turkey, taxa of the mangrove and back-mangrove forests are defined during these climatic

optimum periods (Middle-?Late Eocene, Oligocene and Middle Miocene). (Akkiraz et al., 2006, 2008, 2009, 2010; İslamoğlu et al., 2008; Kayseri and Akgün, 2010; Kayseri, 2010).

In Turkey, the palaeoclimate is humid tropical during the Middle-?Late Eocene. Mean annual temperature (MAT) 16.5-25°C, the mean annual coldest month (CMT) 9.6-13.1°C, the mean annual warmest month (WMT) 22.2-24.8°C and the mean annual precipitation (MAP) 1003-1520mm of the Yozgat-Sorgun, Çorum-Amasya and Burdur regions are calculated. The mangrove forest is various in the Middle Eocene period and mangrove and back mangrove (brackish conditions) forests are represented by the *Nypa*, *Avicennia*, *Pelliciera*, *D. iszkaxzentgyoergyi*, Ephdraceae, *Mauritia*, Araceae, Arecaceae, Restionaceae and *Acrostichum aureum*.

The palaeoclimate is humid subtropical in the Oligocene. The MAT values 17.2-20.8°C, the CMT values 7.7-13.3°C, the WMT values 26.5-27.9°C and the MAP values 1217-1520mm are obtained from the palynoflora of Milas-Ören, Denizli, Burdur, Uşak and Trakya regions. The variety of vegetation in the mangrove forest decreases from Eocene to Oligocene. This forest of the Oligocene time is characterized by the Ephdraceae, Arecaceae, *Acrostichum aureum*, *Bombaxidites*, *Avicennia* and *Pelliciera*.

Presence of the mangrove in the Middle Miocene from the Milas-Ören is determinated with *Avicennia*. This period is characterized by humid subtropical climatic condition and the MAT values 15.7-18.8°C, CMT values 9.6-13.1°C, WMT values 24.7-27.7°C and MAP 1122-1520mm of the Middle Miocene time are calculated.

**Key Words:** Palaeoclimate, mangrove, Eocene, Oligocene, Miocene, Turkey.

## BATI ANADOLU'DA (MUĞLA-ESKİHİSAR) ERKEN-ORTA MİYOSEN DÖNEMİNE AİT PALEOİKLİMSEL VE PALEOVEJETASYONEL BULGULAR

Nurdan Yavuz-Işık<sup>1</sup>, Pınar Tokmakkaya<sup>2</sup> ve Torsten Utescher<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Ondokuz Mayıs Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 55139 Kırılpınar-Samsun,  
nurdany@omu.edu.tr

<sup>2</sup> Orta Doğu Teknik Üniversitesi, AR-GE Eğitim ve Ölçme Merkezi, 06531 Ankara,  
<sup>3</sup> Steinmann-Institut, D - Nußallee 8, 53115 Bonn.

Güneybatı Anadolunun büyük ve iyi-çalışılmış linyit havzalarından biri olan Muğla havzası, içerisinde pek çok işletilmekte olan kömür sahası bulunan Milas ve Yatağan ast-havzalarından oluşur (Querol et al., 1999). Eskihisar, Yatağan ast-havzasının önemli açık linyit işletme sahalarından biridir. Bu çalışmada, Eskihisar açık linyit işletmesi sahasından alınan örnekler paleoiklim ve paleovejetasyonu ortaya koymak için palinolojik olarak incelenmiştir. İncelenen örnekler, memeli fosillerine dayanarak Erken-Orta Miyosen (MN 4-6) olarak yaşlandırılmıştır. Özellikle karasal alanlarda, kıl mineralleri paleoiklim koşullarının belirlenmesinde kullanılan göstergeler olabildiklerinden, örneklerin kıl minerali içerikleri de belirlenmiştir.

Eskihisar palinoforası baskın olarak Polypodiaceae (*Leavigatosporites haardti*), Osmundaceae, *Alnus*, *Cedrus*, *Pinus*, yaprak döken *Quercus* ve *Pterocarya* içermektedir. *Carpinus*, *Carya*, *Castanea-Castanopsis*, *Fagus*, *Salix*, *Ulmus*, *Zelkova* ve *Hedera* daha düşük yüzdeler ile temsil edilmektedir. Otsul bitkiler çok az miktarda Amaranthaceae/Chenopodiaceae, Asteraceae/Asteroideae, Apiaceae ve Caryophyllaceae ile temsil edilmektedir. Eskihisar palinoforası Osmundaceae, *Myrica*, Cyrillaceae ve *Alnus* içeren bir kömür oluşum bataklığının varlığını göstermektedir. Bu bataklığa eşlik eden akarsu kenarı bitki topluluğu (*Alnus* ve *Salix*) ve *Pterocarya*, *Carpinus*, *Carya*, *Quercus*, *Ulmus* ve *Zelkova* içeren bir karışık orman topluluğu bulunmaktadır. Eskihisar palinoforası nemli-ılıman iklim koşullarının varlığını yansıtmaktadır.

Nicel paleoiklim parametreleri elde etmek için, palinolojik veriler Birarada Olma Yaklaşımı (CoA) yöntemi (Mosbrugger and Utescher, 1997) ile de incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre Erken-Orta Miyosen döneminde Eskihisar'da ortalama yıllık yağış (MAP) 997 ve 1097 mm arasında ve ortalama yıllık sıcaklık (MAT) 14.6 ve 16.6 °C arasındadır. Palinolojik veriler istif boyunca bir soğuma eğilimini ve buna eşlik eden en nemli ayın yağış değerlerinde bir azalmayı göstermektedir.

İncelenen örnekler içerisindeki kıl mineralleri kaolinit ve illit'dir. İstif boyunca kıl minerallerinin içeriğinde, miktarında ve kristalleşme derecelerinde sistematik bir değişim gözlenmemiştir. Bu, kıl minerallerinin oluşumunda iklimsel değişikliklerden ziyade çevre koşullarının (asidik kömür-olmuş ortamı, yoğun yılanma) etkin olduğunu göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Palinoloji, paleoiklim, paleovejetasyon, Erken-Orta Miyosen, Muğla, Batı Anadolu.

**Değerlendirmeler**

Querol, X., Alastuey, A., Plana, F., Lopez-Soler, A., Tuncalı, E., Toprak, S., Ocakoğlu, F., Köker, A., 1999. Coal geology and coal quality of the Miocene Muğla basin, southwestern Anatolia, Turkey. International Journal of Coal Geology 41, 311-332.

## PALAEOCLIMATIC AND PALAEOVEGETATIONAL DATA FROM THE EARLY-MIDDLE MIocene OF WESTERN ANATOLIA (MUĞLA-ESKİHİSAR)

**Nurdan Yavuz-Işık<sup>1</sup>, Pınar Tokmakkaya<sup>2</sup> and Torsten Utescher<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Ondokuz Mayıs University, Civil Engineering Department, 55139 Kurupelit-Samsun*

<sup>2</sup>*Middle East Technical University, Central Laboratory, R&D Training and Measure Center, 06531 Ankara*

<sup>3</sup>*Steinmann-Institut, D - Nußallee 8, 53115 Bonn*

The Muğla basin is one of the biggest and well-documented lignite basins in Southwestern Anatolia and contains several productive coal fields in two sub-basins, namely Milas and Yatağan (Querol et al., 1999). Eskihisar is an important open pit lignite field of the Yatağan sub-basin. In this study samples collected from Eskihisar lignite mine are palynologically investigated to reconstruct the palaeovegetation and palaeoclimatic conditions. Based on the mammal data, samples are dated as Early-Middle Miocene (MN 4-6). Clay mineralogy of the samples are also presented since they can be useful indicators of palaeoclimatic conditions when the sedimentary basins are marked by continental episodes.

The Eskihisar palynoflora is characterized by the dominance of Polypodiaceae (*Leavigatosporites haardti*), Osmundaceae, *Alnus*, *Cedrus*, *Pinus*, deciduous *Quercus* and *Pterocarya*. *Carpinus*, *Carya*, *Castanea-Castanopsis*, *Fagus*, *Salix*, *Ulmus*, *Zelkova* and *Hedera* are represented by lower percentages. Herbs are represented by minor amounts of Amaranthaceae/Chenopodiaceae, Asteraceae/Asteroideae, Apiaceae and Caryophyllaceae. The Eskihisar palynoflora reflects a coal forming swamp with Osmundaceae, *Myrica*, *Cyrillaceae* and *Alnus* associated with riparian vegetation (*Alnus* and *Salix*) and a mixed forest with *Pterocarya*, *Carpinus*, *Carya*, *Quercus*, *Ulmus* and *Zelkova*. The Eskihisar palynoflora, being rich in mesothermic elements, reflects a warm-temperate climate.

The palynological data are also analysed by the Coexistence Approach (CoA) method (Mosbrugger and Utescher, 1997) to get quantitative palaeoclimate parameters. The mean annual precipitation (MAP) is between 997 and 1097 mm and the mean annual temperature (MAT) is between 14.6 and 16.6 °C in the Early-Middle Miocene in Eskihisar. The pollen record reveals a cooling trend along the section combined with decreasing precipitation rates of the wettest month.

The kaolinite and illite are the clay minerals in the studied samples. The composition, amount and crystallinity of the clay minerals do not show a systematic change through the section. This shows that formation of clay minerals were controlled by palaeoenvironmental conditions (acidic coal-forming environment and abundant leaching) rather than climatic changes.

**Key Words:** Palynology, palaeoclimate, palaeovegetation, Early-Middle Miocene, Muğla, Western Anatolia.

### **Reference**

Querol, X., Alastuey, A., Plana, F., Lopez-Soler, A., Tuncalı, E., Toprak, S., Ocakoğlu, F., Köker, A., 1999. Coal geology and coal quality of the Miocene Muğla basin, southwestern Anatolia, Turkey. International Journal of Coal Geology 41, 311-332.

**MAGMATİZMA VE MAGMATİK SÜREÇLER/  
*MAGMATISM & MAGMATIC PROCESSES***

**Oturum Yürütecüleri / *Conveners:***  
**Abidin Temel, Ercan Aldanmaz**

## TAVŞANLI ZONU (GÜNYÜZÜ, SİVRİHİSAR, KAYMAZ) GRANİTOYİDLERİNİN MİNERALOJİK VE JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

**Mehmet Demirbilek ve Halim Mutlu**

*Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, 26480  
Meşelik, Eskişehir, Türkiye, demirbilek@ogu.edu.tr*

Anatolid-Torid Bloğunun kuzey ucunda yer alan Tavşanlı zonu, kuzeyde İzmir-Ankara kenedi ve güneyde Afyon zonu kayaçları tarafından sınırlanan farklı yapı ve dokuda granitoyidik küteler içermektedir (Kadıncık granodiyoriti/kuvars monzodiyoriti, Karacaören granodiyoriti, Dinek granodiyoriti/Kuvars monzoniti, Tekören granodiyoriti, Sivrihisar monzoniti ve Kaymaz graniti). Günyüzü ve Sivrihisar intrüzif küteleri aplistik, andezitik, pegmatitik ve diyabazik olmak üzere çeşitli bileşime sahip dayklar tarafından kesilmektedir. Bununla birlikte, yine Günyüzü ve Sivrihisar bölgelerinde ana kaya ile keskin dokanaklı, elips şekilli ve boyutları birkaç santimetreden birkaç metreye kadar değişen ince taneli mafik magmatik anklavlар tespit edilmiştir. Anklavlарın bileşimi kuvars monzodiyorit ve diyorit olarak saptanmıştır.

Günyüzü, Sivrihisar ve Kaymaz intrüzif kütelerinin kondrite göre normalize edilmiş iz element dağılımlarında benzer desenler göze çarpmaktadır. Büyük iyon yarıçaplı litofil elementlerde (LILE, örneğin Rb, K, Sr) zenginleşme gözlenirken, kalıcılığı yüksek elementlerde (HFSE, örneğin Nb, Ti, Hf) ise fakirleşme söz konusudur. Ba, Nb, P ve Ti elementlerinin tüketilmesi yitim zonu ile ilişkili magmaların varlığına işaret etmektedir. Nadir toprak element dağılım desenlerinde hafif nadir toprak elementleri (LREE) ağır nadir toprak elementlerine (HREE) göre zenginleşme göstermektedir.

Tüm kayaç jeokimyasal analiz sonuçlarına göre, Günyüzü ve Sivrihisar intrüzif küteleri metalüminyumu kalk-alkalen karakterli I-Tipi, Kaymaz intrüzif kütlesi ise metalüminyumu alkalen karakterli I-Tipi kayaçlarından oluşmaktadır. Sivrihisar ve Günyüzü mafik magmatik anklavları metalüminyumu kalk-alkalen karakterlidirler. Tektonik yerleşim diyagramlarında ( $Rb-(Y+Nb)$  ve  $Ta-Yb$ ) Tavşanlı zonu intrüzif kütelerinin çarpışma sonrası granitoyidler için karakteristik olan üçlü sınırın Volkanik Yay Granitleri (VAG) alanında yer aldığı görülmektedir. Magmaların kökenini gösteren  $Al_2O_3/(FeO+MgO+TiO_2)$ - $Al_2O_3+FeO+MgO+TiO_2$ ,  $(Na_2O+K_2O)/(FeO+MgO+TiO_2)-Na_2O+K_2O+FeO+MgO+TiO_2$  diyagramına göre, Kaymaz granitoyidi metagrovaklardan, Sivrihisar ve Günyüzü granitoyidleri ise amfibolitlerden türemiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Tavşanlı Zonu granitoyidleri, iz element, anklav, jeokimya.

## MINERALOGICAL AND GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE TAVŞANLI ZONE (GÜNYÜZÜ, SİVRİHİSAR, KAYMAZ) GRANITOIDS

**Mehmet Demirbilek and Halim Mutlu**

*Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, 26480  
Meşelik, Eskişehir, Türkiye, demirbilek@ogu.edu.tr*

The Tavşanlı Zone on northern part of the Anatolide-Tauride Block hosts several granitoidic masses of different structure and texture (Kadıncık granodiorite/quartz monzodiorite, Karacaören granodiorite, Dinek granodiorite/Kuvars monzonite, Tekören granodiorite, Sivrihisar monzonite and Kaymaz granite) which are bordered by the İzmir-Ankara suture at north and Afyon zone to the south. The Günyüzü and Sivrihisar intrusives are cut by dykes in aplitic, andesitic, pegmatitic and diabasic compositions. In Günyüzü and Sivrihisar regions, ellipsoidal-shaped, fine grained, mafic magmatic enclaves of a few cm to one meter in size with sharp contacts along the host rock were also determined. The composition of enclaves changes from quartz monzodiorite, monzodiorite to diorite.

Chondrite-normalized trace element distributions of Günyüzü, Sivrihisar and Kaymaz intrusive show similar patterns. Large ion lithophile elements (LILE, e.g. Rb, K, Sr) are enriched whilst high field strength elements (HFSE, e.g. Nb, Ti, Hf) are represented by depletion trends. Depletion of Ba, Nb, P and Ti elements is the evidence of subduction-related magmas. In rare earth element patterns, light rare earth elements (LREE) are found to be more enriched than heavy rare earth elements (HREE).

According to results of whole rock geochemical analysis, Günyüzü and Sivrihisar intrusives yield strong metaluminous melt composition and I-type calc-alkaline affinity while the Kaymaz granite is represented by metaluminous melt composition and I-type alkaline affinity. Günyüzü and Sivrihisar mafic magmatic enclaves are of metaluminous character and calc-alkaline composition. In tectonic setting diagrams ( $Rb-(Y+Nb)$  and  $Ta-Yb$ ) Tavşanlı zone intrusives plot into the Volcanic Arc Granites (VAG) indicating development of post-

collisional magmatic activity. According to  $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{FeO}+\text{MgO}+\text{TiO}_2)$ - $\text{Al}_2\text{O}_3+\text{FeO}+\text{MgO}+\text{TiO}_2$  and  $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})/(\text{FeO}+\text{MgO}+\text{TiO}_2)$ - $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}+\text{FeO}+\text{MgO}+\text{TiO}_2$  diagrams Kaymaz granite is derived from metagraywackes whilst Günyüzü and Sivrihisar intrusive are originated from amphibolites.

**Key Words:** Tavşanlı Zone granitoids, trace element, enclave, geochemistry.

## KB ANADOLU ÇAN YÖRESİNDEKİ ÇAMYAYLA PLÜTONUNUN JEOLOJİK VE PETROLOJİK İNCELENMESİ

**Seray Özgür<sup>1</sup>, Yücel Yılmaz<sup>2</sup> ve Sinan Öngen<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Niğde Üniversitesi, 51245, Niğde, Türkiye,*

*ssöylemezoglu@nigde.edu.tr,*

<sup>2</sup>*Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kadir Has Üniversitesi, 34083, Cibali, İstanbul, Türkiye,*

<sup>3</sup>*Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul Üniversitesi, 34322, Avcılar, İstanbul, Türkiye,*

KB Anadolu'da Eosen-Miyosen döneminde yaygın magmatik etkinlikler gelişmiştir. Bu etkinlik süresince, kıtasal kabukta sıçan derinliklere ulaşan granitik stok ve plütonlar ve bunların üzerinde ve çevresinde felsik - andezitik bir volkanizma gelişmiştir. Çan yöresinde yüzeyleyen Çamyayla plütonu da bu topluluklardan biridir. Çamyayla plütonu, bitişliğindeki Dedetaş vulkanik topluluğu ile eş zamanlı olmuştur ve yaşı 28 my olarak tespit edilmiştir. Bu süreç içinde gelişen ürünler arasında hem birbirini kesen hem de biri diğerine geçen ilişkiler tanınmaktadır. Ortaya konulan özellikleri plüton ve çevresindeki vulkanik kayaçların (Dedetaş formasyonu) birlikte bir kaldera kompleksi niteligidir. Çamyayla plütonu granit, granodiorit, kuvars diyorit bileşimlidir. Plütonun çevresinde aktinolit hornfels ve kuvars-alkali feldspat hornfels fasyesinde kontak metamorfizma zonu gelişmiştir. Plütonik kayaçlar kalkalkalen nitelikte olup, ana ve iz elementlerin değerlendirilmesi sonucunda Çamyayla plütonunun yitim zonu bileşeni içerdikleri belirlenmiştir. Bu yitim halen süregelmekte olan Doğu Akdeniz okyanus litosferinin dalma batmasının bir öncülü olarak düşünülebilir.

Bu bildiride pluton ve çevre kayaçlarının jeolojik ilişkileri ve petrolojik nitelikleri tanıtlacak ve eldeki verilerin işliğinde oluşumları konusuna bir yaklaşım yapılacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Kuzeybatı Anadolu, Çamyayla Plütonu, Kaldera, Petroloji.

## GEOLOGICAL AND PETROLOGICAL STUDY OF THE CAMYAYLA PLUTON OF THE CAN REGION, NW ANATOLIA

**Seray Özgür<sup>1</sup>, Yücel Yılmaz<sup>2</sup> ve Sinan Öngen<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Geological Engineering Department, Nigde University, 51245, Nigde, Turkey,*

*ssöylemezoglu@nigde.edu.tr,*

<sup>2</sup>*Geological Engineering Department, Kadir Has University, 34083, Cibali, İstanbul, Turkey,*

<sup>3</sup>*Geological Engineering Department, İstanbul University, 34322, Avcılar, İstanbul, Turkey.*

An extensive magmatic activity developed in NW Anatolia during the Eocene-Miocene period. During this activity some granitic plutons formed and reached shallow levels in the continental crust, and above which were developed felsic-andesitic volcanic associations. The Çamyayla pluton of the Can region is one of the representatives of this activity. The pluton is temporally and spatially closely associated with the Dedetaş volcanic suite, and is dated to be 28 my old. Their close genetic relations are revealed by the lateral transitions of some members as well as intricately developed cross cutting relationships. With all the field relationships the pluton and its volcanic associates collectively represent a caldera collapse environment. The pluton is mainly granodioritic and dioritic composition, and when emplaced into the regionally metamorphic country rocks were generated a thin metamorphic aureole reaching to the Actinolite hornfels facies along the immediate contact. The major and trace elements of this plutonic-volcanic association display calc-alkaline characteristics and affinity to subduction zone magmatic associations. Such subduction related nature may be regarded as the earlier product of the ongoing subduction along the Hellenic trench of the Eastern Mediterranean oceanic lithosphere.

In this presentation the geological and petrological data derived from these rocks will be outlined and then an attempt will be made to their possible mechanism of generation.

**Key Words:** Northwest Anatolia, Çamyayla Pluton, Caldera, Petrology.

**HAKKARI-YÜKSEKOVA KROMİTİTLERİNDEKİ PLATİN GRUBU  
MİNERALLERİNİN (PGM) HİDROSEPARATÖR (HS) -EPD  
(ELEKTRİK AKIMLI ÖĞÜTÜCÜ) TEKNİĞİ İLE JEOKİMYASAL-  
MİNERALOJİK İNCELEMESİ**

**Hatice Kozlu<sup>1</sup>, Vladimir Rudashevsky<sup>2</sup> ve Nikolay Rudashevsky<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Mineraloji –Petrografi Araştırmaları Koordinatörlüğü 06520, Ankara, Türkiye,  
haticekozlu@mta.gov.tr,*

<sup>2</sup>*CNT Labs, 1 Roentgena Str. 197101, St. Petersburg, Rusya.*

Yüksekova kromititleri Türkiye'nin güneydoğusunda, Hakkari'de yüzeyleyen üst Kretase yaşı ofiyolitlerin dunit birimleri içerisinde bulunmaktadır. Yüksekova'da sınırlı sayıdaki bir kaç adet lokasyonda varolan Al'ce zengin (ortalama  $\text{Al}_2\text{O}_3$  27 % ağ.) kromitit örnekleri (ortalama  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  % 38 ağ.) içindeki platin grubu mineraller hidroseparatör (HS)-EPD (Elektrik Akımlı Öğütücü) teknigi kullanımı ile serbestleştirilmişlerdir. Ağır mineral konsantrasyonları elde edilen bu tanelerin parlak kesitlerinin mikroprob incelemelerine göre Yüksekova kromititleri içindeki belirlenmiş olan kıymetli mineral parajenezi başlıca 1-laurit ( $\text{Ru},\text{Os},\text{Ir}\text{S}_2 + (\text{Cu},\text{Ru})$ ) alaşımları, 2- ( $\text{Cu},\text{Ru}$ ) alaşımaları ( $\text{Cu},\text{Ru},\text{Ni}$ ), 3- ( $\text{Pd},\text{Pt}$ ) alaşımaları (nabit Pd), ve sobolevskit  $\text{Pd}(\text{Bi},\text{Te})$  minerallerinden oluşmaktadır. Altın mineralleri nabit altın ( $\text{Au},\text{Ag}$ ) ve ( $\text{Au},\text{Cu},\text{Ni},\text{Zn}$ ) alaşımlarından oluşmaktadır. Platin minerallerinin tane büyülüğu 8 - 26 m arasındadır. Altın tanelerinin tane büyülüğu 20 - 64 m arasındadır.

Hakkari-Yüksekova kromititlerinde çok sayıda baz metal sülfit mineralleri ve nabit metal ve alaşımalar da saptanmış olup bunlar; baskın olarak avaruit daha az heslevodit, pentlandit, pirotin, pirit, kalkosin, dijenit, nabit bakır, Cu-Ni alaşımaları, ilmenit, çok nadir olarak titanit, galenit, ve selenidlerdir [(klaushalit,  $\text{PbSe}$ ); penrosit ( $\text{Ni}, \text{Cu}, \text{Co}$ )  $\text{Se}_2$  ve krutayit ( $\text{Cu}, \text{Ni}, \text{Co}$ )  $\text{Se}_2$ ]. Baz metal sülfit minerallerinin kromititlerin serpantinleşme sürecinde oluşturukları düşünülmektedir. HS konsantrelerinden isimlendirilmemiş yeni bir mineral olarak Cu-Ru ( $\text{Cu},\text{Ru},\text{Ni}$ ) alaşımaları tesbit edilmiş olup bu minerallerin diğer Cu'lu benzerleri olan hekzaferum ( $\text{Fe},\text{Ru},\text{Os},\text{Ir}$ ) ve garutit ( $\text{Ni},\text{Ir}$ ) alaşımalarıdır.

$\text{Cu}, \text{Bi}, \text{Se}, \text{Au}, \text{Ag}, \text{Ti}$  yanında  $\text{Pd}$  ve  $\text{Pt}$ 'nin kendisinin belirlenmiş aksesuar mineral parajenezi kompozisyonları ile birlikteki podiform tip kromititler için karakteristik bir özellik olmayıp ilgili kayaçlar içeresine bazik kompozisyonundaki sıvı fazlar tarafından taşınmış olabilecekleri düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Hakkari, Yüksekova, Kromitit, PGM, Jeokimya.

**GEOCHEMICAL-MINERALOGICAL INVESTIGATION OF PLATINUM GROUP MINERALS (PGM) IN THE CHROMITITES FROM HAKKARI-YÜKSEKOVA IN SE TURKEY BY USING HYDROSEPARATOR(HS) -EPD (ELECTRICAL PULSE DISSAGREGATOR) TECHNIQUES**

**Hatice Kozlu<sup>1</sup>, Vladimir Rudashevsky<sup>2</sup> and Nikolay Rudashevsky<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Department of Mineralogy –Petrography Research 06520, Ankara, Turkey,*

*haticekozlu@mta.gov.tr,*

<sup>2</sup>*CNT Labs, 1 Roentgena Str. 197101, St. Petersburg, Russia.*

Yüksekova chromitites are hosted by dunite lithology of the late Cretaceous aged ophiolites, which exposure in Hakkari in the southeastern of Turkey. PGMs are liberated by using hydroseparator (HS) –EPD (Electrical Pulse Dissegregator) techniques from the high-Al (average  $\text{Al}_2\text{O}_3$  27 % wt.) chromitite patterns (average  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  % 38 wt.) in which exist in the a few of the location in Yüksekova region within a limited number.

The precious metal paragenesis are mainly encountered as 1) laurite ( $\text{Ru},\text{Os},\text{Ir}\text{S}_2 + (\text{Cu},\text{Ru})$  alloy, 2) ( $\text{Cu},\text{Ru}$ ) alloy ( $\text{Cu},\text{Ru},\text{Ni}$ ), 3) ( $\text{Pd},\text{Pt}$ ) alloy (native Pd), and sobolevskite  $\text{Pd}(\text{Bi},\text{Te})$  as a result of microprobe investigations of these heavy mineral HS concentrate in the polished sections. Gold minerals are native gold ( $\text{Au},\text{Ag}$ ) and ( $\text{Au},\text{Cu},\text{Ni},\text{Zn}$ ) alloys. Grain size of platinum group minerals are from 8 m to 26 m. Grain size of gold minerals are from 20 m to 64 m.

Numerous base metal sulphides as well as native metals and alloys are determined in the Hakkari-Yüksekova chromitite samples and these are documented dominantly awaruite, less common heazlewoodite, pentlandite, pyrrhotite, pyrite, chalcosine, digenite, native copper, Cu-Ni alloy and ilmenite, very rare titanite, galena, and selenides [claushalite  $\text{PbSe}$ , penroisite ( $\text{Ni},\text{Cu},\text{Co}\text{Se}_2$  and krutaite ( $\text{Cu},\text{Ni},\text{Co}\text{Se}_2$ )]. It has been suggested to occur all these base metal grains during serpentinisation of the chromitites. The unnamed new Cu-

Ru alloy (Cu,Ru,Ni) which was recovered in the HS concentrates, is obviously Cu-analogue of the hexaferrum (Fe,Ru,Os,Ir) and garutite (Ni,Ir).

The association of minor elements such as Cu, Bi, Se, Au, Ag, Ti as well as Pd and Pt itself determined in the composition of accessory minerals is not characteristic for a podiform chromitites. These metals has been suggested to brought into chromitites by fluid phase associated with rocks, which in basic composition.

**Key Words:** Hakkari, Yüksekova, Cromitite, PGM, Geochemistry.

## BATI PONTİDLERDE ADAKİTİK MAGMATİZMA: ÜST KRETASE YAŞLI ÇAVUŞBAŞI GRANODİYORİTİ, İSTANBUL ZONU, KB TÜRKİYE

**Sabah Yılmaz Şahin<sup>1</sup>, Namık Aysal<sup>2</sup> ve Yıldırım Güngör<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Müh. Bölümü, 34320-Avcılar-İstanbul,  
sabahys@istanbul.edu.tr,*

<sup>2</sup>*İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Müh. Bölümü, 34320-Avcılar-İstanbul.*

Adakitik kayaçlar ortaç ve asidik bileşimli magmatik yüzey ve derinlik kayaçlarından oluşur. Adakitler,  $\geq \% 56 \text{ SiO}_2$ ,  $\geq \% 15 \text{ Al}_2\text{O}_3$ ,  $< \% 3 \text{ MgO}$  ve yüksek Sr/Y ve La/Yb, gibi bazı jeokimyasal özellikleri ile diğer magmatik kayaçlardan ayırlırlar. Pontid kuşağı boyunca adakitik özelliklere sahip bazı kayaçların varlığı, güncel çalışmalarda saptanmıştır. Batı Pontidlerde, İstanbul Zonu içerisinde adakitik özelliklere sahip Çavuşbaşı granodiyoriti ilk kez bu çalışmada tanımlanmıştır. Çavuşbaşı granodiyoriti, İstanbul Zonu'nun (KB Türkiye) batısında yer alır ve Ordovisen yaşlı sedimanter kayaçlar içerisinde sokulum yapar. Sokulum, başlıca, granodiyorit, seyrek olarak da tonalit ve kuvars diyorit bileşimindedir. Granitik kayaçlar genellikle taneli dokuludur ve antirapakivi, bıçağımsı biyotit, iğnemsi apatit ve plajiyoklazlarda süngerimsi hücreli çözünme/erime dokuları gibi bazı özel magma karışım (magma mixing) dokuları da gösterirler. Ana koyu renkli mineraller hornblend ve biyotittir. Birime ait iki örneğin zirkon minerallerinde yapılan SHRIMP U-Pb yaşlandırmasında ortalama  $67.75 \pm 0.56 \text{ My}$ . yaşı elde edilmiş olup, plütonun Üst Kretase döneminde sokulum yaptığı göstergesidir.

Çavuşbaşı granodiyoriti jeokimyasal olarak, yüksek Sr/Y ve La/Yb oranları ile düşük Y, HREE ve Eu anomalisinin olmaması ile adakitik kayaçlara benzemektedir. Plüton % 63.4  $>\text{SiO}_2$  içeren, I-tipi, metalüminolu, orta – K’lu - kalk-alkalin özelliklere sahiptir. Bu adakitik kayaçlar yüksek MgO (% 0.77-2.56 ağırlık), Mg# (45.3-59.3), LIL (Rb, K, Ba, Sr, vb.) element oranlarını içerir. İlkSEL eNd ve  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  oranları sırasıyla 3.2 - 3.7 ve 0.7035 - 0.7036’dır. Neo-tetis okyanusunun kuzey kolonun kapanmasıyla ilgili İzmir-Ankara-Erzincan ve İntra-Pondit süttürleri boyunca var olan dalma-batma olayının varlığı temel alındığında, adakitik magmaların dalan okyanusal dilimin amfibol-eklojite fasiyesi koşulları altında kısmi erimesi ile oluşmuş olabileceği ileri sürülebilir.

**Anahtar Kelimeler:** İstanbul Zonu, adakit, SHRIMP yaşlandırma, Sr-Nd izotopları, yayla ilgili, ergyen dilim, Neo-Tetis Okyanusu.

## ADAKITIC MAGMATISM IN THE WESTERN PONTIDES: UPPER CRETACEOUS ÇAVUŞBAŞI GRANODIORITE, ISTANBUL ZONE, NW TURKEY

**Sabah Yılmaz Şahin<sup>1</sup>, Namık Aysal<sup>2</sup> and Yıldırım Güngör<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*İstanbul University, Engineering Faculty, Department of Geophysical Engineering,  
TR 34320-Avcılar, İstanbul, sabahys@istanbul.edu.tr,*

<sup>2</sup>*İstanbul University, Engineering Faculty, Department of Geological Engineering,  
TR 34320-Avcılar, İstanbul.*

Adakitic rocks are acidic and intermediate magmatic rocks. They are distinguished from the other magmatic rocks with their  $\geq 56 \% \text{ SiO}_2$ ,  $\geq 15 \% \text{ Al}_2\text{O}_3$ ,  $< 3 \% \text{ MgO}$  and high Sr/Y and La/Yb values. The existence of adakitic rocks in the Eastern Pontide Belt has been determined by current studies. The adakitic Çavuşbaşı granodiorite in the Western Pontides, on the other hand, is described in this work. The Çavuşbaşı granodiorite is exposed in the western part of the İstanbul Zone (NW Turkey), intruding Ordovician sedimentary rocks. The intrusion is made up mainly of granodiorite, and subordinately tonalite and quartz diorite, and shows granular texture with some special magma mixing textures such as antirapakivi, blade-shaped biotite, acicular

apatite, spongy cellular dissolution/melting plagioclase textures. Main mafic minerals are hornblende and biotite. U-Pb in-situ dating of zircons from two samples via SHRIMP yielded weighted age values of  $67.75 \pm 0.56$  Ma, suggesting emplacement during Upper Cretaceous.

Geochemically the Çavuşbaşı granodiorite resembles adakites with its high Sr/Y and La/Yb ratios coupled with low Y, and HREE contents and the absence of Eu anomaly. It is I-type, metaluminous, middle- K calc-alkaline pluton with 63.4 (wt %)  $>\text{SiO}_2$ . This adakitic pluton includes high values of MgO (0.77-2.56 wt %), Mg# (45.3-59.3), LIL (e.g. Rb, K, Ba, Sr) elements. Initial eNd and  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  values are 3.2 - 3.7 and 0.7035 - 0.7036, respectively. Based on the presence of on-going subduction along the Izmir-Ankara and Intra-Pontide Neo-Tethyan oceanic domains and depleted Sr-Nd isotopic signatures, we suggest that the adakitic magmas may be derived from the partial melting of oceanic slab under amphibole-eclogite facies conditions.

**Key Words:** İstanbul Zone, adakite, SHRIMP dating, Sr-Nd isotops, arc-related, slab melting, Neo-Tethyan Ocean.

## BOZÜYÜK CİVARI (KB TÜRKİYE) ADAKİT BENZERİ İNTRÜZİF KAYALARININ PETROLOJİSİ VE TEKTÖNİK KONUMLARI

Ş. Can Genç<sup>1</sup> ve Kağan Kayacı<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Istanbul Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 34469 Maslak-Istanbul, Türkiye,  
scangenc@itu.edu.tr,

<sup>2</sup> Termal Seramik San. Ltd., 11600 Söğüt-Bilecik, Türkiye.

KB Anadolu'da Bozüyüklü kuzeyinde Sakarya zonunun Triyas yaşılı metamorfik kayaları içine küçük stok ve dayklar halinde yerleşmiş olan Alt Kretase ( $125 \pm 4.2$  My) yaşılı felsik intrüzif kayalar (Karaköy graniti) ilk kez tarafımızdan keşfedilmiştir. Bu intrüzif kayalar löko granit, granodiorit, tonalitler ve bunların porfiritik eşdeğerlerinden oluşur. Karaköy graniti peralüminyumlu olup düşük potasyumlu özelliktedir. Yüksek miktarlarda  $\text{SiO}_2$  (~ 72 %),  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (> 15 %, %),  $\text{Na}_2\text{O}$  (~6 %) ile düşük miktarlarda MgO (0.32 - 0.43 %),  $\text{K}_2\text{O}$ , Yb ve Y (2.8 – 3.3 ppm) içermektedir. Bu intrüzif kayalar yitim ile ilişkili magmalar gibi negative Nb-Ta anomalisi gösterirler. Onların aksine önemli negative Eu anomalisi sergilemezler [ $(\text{Eu}/\text{Eu}^*)_N = 0.82 - 1.08$ ]. Yüksek Sr/Y (110 – 210) ve düşük  $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$  (~0.15) oranları bakımından adakit ve Arkeen TTG'lerine benzerler. Bu çalışmadan elde edilen petrolojik bulgular ışığında, Alt Kretase döneminde NeoTetis Okyanusu içinde kuzeye doğru aktif bir yitimin olduğunu ve adakit benzeri intrüzif kayalarımızın yitmeyecek olan okyanus kabuğunun en üst bazaltik katmanının ergimesinden türemiş olduğu sonucuna ulaşmaktayız.

**Anahtar Kelimeler:** Adakit, Granit, Alt Kretase, Bozüyüklü, Petroloji, Dilim Ergimesi.

## ADAKITE-LIKE INTRUSIVE ROCKS FROM THE BOZÜYÜK AREA, NW TURKEY: ITS PETROLOGY AND TECTONIC SETTING

Ş. Can Genç<sup>1</sup> and Kağan Kayacı<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Istanbul Technical University, Dept. of Geological Engineering, 34469

Maslak-Istanbul, Turkey, scangenc@itu.edu.tr,

<sup>2</sup> Termal Seramik San. Ltd., 11600 Söğüt-Bilecik, Turkey.

We have discovered a felsic intrusive unit (the Karaköy granite;  $125 \pm 4.2$  M.A.), which was emplaced into the Triassic metamorphic rocks of the Sakarya Zone as small stocks and dikes in the north of the Bozüyüklü Town of NW Turkey. The Karaköy granitic rocks are composed of equigranular leuco granites, granodiorites, tonalites and their hypayssal equivalents. They are represented by peraluminous and low-K rocks, displaying high  $\text{SiO}_2$  (~ 72 %),  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (> 15 %),  $\text{Na}_2\text{O}$  (~6 %), Sr (380-634 ppm), and low  $\text{K}_2\text{O}$ , MgO (0.32 - 0.43 %), Yb and Y (2.8-3.3 ppm). They exhibit negative Nb-Ta anomalies similar to the subduction related magmas. By contrast, lack of significant negative Eu anomaly [ $(\text{Eu}/\text{Eu}^*)_N = 0.82 - 1.08$ ] and presence of high Sr/Y (110 – 210) and low  $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$  (~0.15) ratios are similar to the adakite-like magmas and/or Archean TTG's. In the light of the petrologic data obtained from this study, we conclude that there was an active north-dipping subduction zone within the northern Neo-Tethys Ocean during the Early Cretaceous, and adakite-like intrusive rocks derived possibly from the melting of basaltic topmost layer of the subducted slab.

**Key Words:** Adakite, Granite, Lower Cretaceous, Bozüyüklü, Petrology, Slab-melting.

## AĞVANİS MASİFİ'NDE ADAKİTİK MAGMATİZMA VE DOĞU PONTİDLERDE EOSEN MAGMATİZMASININ GELİŞİMİ

**Gültekin Topuz<sup>1</sup>, Aral Okay<sup>1</sup>, Rainer Altherr<sup>2</sup>, Winfried Schwarz<sup>2</sup>, Wolfgang  
Siebel<sup>3</sup>, Thomas Zack<sup>4</sup>, Muharrem Satur<sup>3</sup> ve Cüneyt Şen<sup>5</sup>**

<sup>1</sup> İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü, Ayazaga 80626, İstanbul, Türkiye,

<sup>2</sup> Heidelberg Üniversitesi, Yerbilimleri Enstitüsü, Im Neuenheimer Feld 234-236, 69120 Heidelberg, Almanya,

<sup>3</sup> Tübingen Üniversitesi, Yerbilimleri Enstitüsü, Wilhelmstr. 56, 72074 Tübingen, Almanya,

<sup>4</sup> Manız Üniversitesi, Yerbilimleri Enstitüsü, Johann-Joachim-Becher Weg 21, 55099 Mainz, Almanya,

<sup>5</sup> Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 61080 Trabzon, Türkiye.

Eosen yaşlı magmatik kayalar Türkiye, Kafkaslar ve KB Iran'da çok geniş alanları kaplamaktadır. Bu magmatizmanın zamansal ve mekansal gelişimi pek bilinmemektedir. Bu bildiride, Ağvanis Masifi'nde (Doğu Pontidler) Permo-Triyas yaşlı düşük dereceli metamorfik kayaçları kesen Erken Eosen yaşlı bir dizi sokulum kayasına ilişkin saha jeolojik, jeokimyasal ve jeokronolojik veriler sunup, bu verileri bölgesel tektonik çerçevede tartışmaktadır.

Ağvanis Masifindeki sokulum kayaları başlıca kuvars diyorit, lökogranodiyorit ve göreceli olarak daha geç dönemde gelişmiş dasit porfirler tarafından temsil edilmektedir. Bunlar yersel olarak iyi derecede gelişmiş yapraklanma sunmaktadır. Radyometrik yaşı tayinleri (Ar-Ar biyotit ve hornblend & U-Pb zirkon) bileşimsel ve dokusal olarak farklı olan sokulumların Erken Eosen'de (~51 My) yerleşmiş olduklarına işaret etmektedir. Buna karşılık, dokanak başkalaşım halesindeki mineral toplulukları ve magmatik dokular kuvars diyoritlerin ve dasit porfirlerin sırasıyla 14-16 km ise  $\leq$  7 km'lik derinliklere yerleşiklerine işaret etmektedir. Kuvars diyorit, lökogranodiyorit ve dasit porfirler genel itibarıyla yüksek  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , Sr, Ba, LREE ve düşük Y, Sc ve HREE içerikleri göstermekte ve bu jeokimyasal niteliklerle adakitik kayaçlara benzemektedir. Ayrıca, bütün kaya türleri birbirlerine oldukça benzer ilksel  $\text{Nd}_{\text{D}}$  (1.0 - -1.1) and  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  (0.70421 to 0.70494) değerlerine sahiptirler. Bu kayaçların jeokimyasal nitelikleri benzer bir kaynaktan farklı derecelerde bölgümsel ergime ve kesirlenme ile oluşma ile uyum içindedir.

Bu ve literatürdeki verilerin değerlendirilmesi, adakitik imzanın İzmir-Ankara-Erzincan Kenedinin hem kuzey hemde güneyinde Paleosen-Erken Eosen magmatic kayalarında yaygın olduğunu, ancak Orta Eosen'de kaybolduğunu göstermektedir. Bölgesel jeolojik sınırlamalar ise, Pontidlerle Anatolid-Torid bloku arasında kıtasal çarpışmanın Paleosen'de gerçekleşmiş olduğuna ve Orta Eosen'de ise sıkıştırılmış rejimden genişlemeli rejime geçildigine ima etmektedir. Bu gerekçelerden ötürü, Kuzey Türkiye'deki Erken Eosen yaşlı adakitik magmatizma İzmir-Ankara-Erzincan keneti boyunca olan çarpışma sonrası kalınlaşmış bir kabuk varlığı ile ve Orta Eosen magmatizmasının ise kalınlaşmış dağ kuşağıının genişlemeli olarak çökmesiyle ilişkili olmalıdır.

**Anahtar Kelimeler:** Adakit, çarpışma-sonrası, genişlemeli çökme, Ağvanis (Gölova), Doğu Pontidler, KD Türkiye

## ADAKITE-LIKE MAGMATISM IN THE AĞVANIS MASSIF AND IMPLICATIONS FOR THE EVOLUTION OF THE EOCENE MAGMATISM IN THE EASTERN PONTIDES

**Gültekin Topuz<sup>1</sup>, Aral Okay<sup>1</sup>, Rainer Altherr<sup>2</sup>, Winfried Schwarz<sup>2</sup>, Wolfgang  
Siebel<sup>3</sup>, Thomas Zack<sup>4</sup>, Muharrem Satur<sup>3</sup> and Cüneyt Şen<sup>5</sup>**

<sup>1</sup> İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü, Ayazaga 80626, İstanbul, Türkiye,

<sup>2</sup> Heidelberg Üniversitesi, Yerbilimleri Enstitüsü, Im Neuenheimer Feld 234-236, 69120 Heidelberg, Almanya,

<sup>3</sup> Tübingen Üniversitesi, Yerbilimleri Enstitüsü, Wilhelmstr. 56, 72074 Tübingen, Almanya,

<sup>4</sup> Manız Üniversitesi, Yerbilimleri Enstitüsü, Johann-Joachim-Becher Weg 21, 55099 Mainz, Almanya,

<sup>5</sup> Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 61080 Trabzon, Türkiye.

The Eocene igneous rocks cover extensive areas in Turkey, Caucasus and northwest Iran. The temporal and spatial evolution and origin of this Eocene magmatism are poorly understood. Here, we present geochronological and geochemical data on a suite of Early Eocene intrusions from northeast Turkey and discuss their origin within a regional tectonic framework.

The intrusive rocks in the Ağvanis Massif are represented by quartz diorite, leucogranodiorite and relatively late dacite porphyries, and locally display well-developed subsolidus foliations, indicating on-going penetrative deformation during and shortly after emplacement. Radiometric dating (Ar-Ar biotite and

hornblende, and U-Pb on zircon) indicate that the texturally and compositionally distinct intrusive rocks were emplaced during the Early Eocene (~51 Ma). In addition, different emplacement depths were inferred based on the contact metamorphic mineral assemblages and igneous textures (quartz diorite ~14–16 km vs dacitic porphyries ≤ 7 km). The intrusive rocks display high abundances of  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , Sr, Ba, LREEs and low abundances of Y, Sc and HREEs, resembling the high-silica adakites. All rock types display similar Sr-Nd isotopic characteristics with initial  $\square_{\text{Nd}}$  and  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  values ranging from 1.0 to -1.1 and from 0.70421 to 0.70494, respectively. These three coeval rock groups (quartz-diorite, leucogranodiorite and dacite porphyries) were generated from a similar source by variable degrees of partial melting and fractionation.

These data together with those from the literature clearly reveal that the adakitic signature is common in Paleocene to Early Eocene igneous rocks in northern Turkey on both sides of the İzmir-Ankara-Erzincan suture, but disappears towards the Middle Eocene. Regional geological constraints indicate that the continental collision between the Pontides and the Anatolide-Tauride block occurred in the Paleocene and that the Middle Eocene represents a period of major extension. On the basis of these arguments, we suggest that the Paleocene-Early Eocene adakitic magmatism in northern Turkey resulted from the presence of a thickened continental crust following the continental collision along the Neo-Tethyan İzmir-Ankara-Erzincan suture whereas the voluminous Middle Eocene magmatism was related to extensional collapse of a thickened orogen.

**Key Words:** Adakite, post-collisional, extensional collapse, Ağvanis (Gölova), Eastern Pontides, NE Turkey.

## PINARBAŞI GRANİTİNİN MİNERAL KİMYASI: GEDİZ HAVZASI (KÜTAHYA-BATI ANADOLU)

**Barış Semiz<sup>1</sup>, Yahya Özpinar<sup>1</sup> ve Zeki Billor<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Pamukkale Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kınıklı, TR-20070

Denizli, Türkiye, bsemiz@pau.edu.tr,

<sup>2</sup>Auburn University, Department of Geology and Geography, Auburn, Alabama 36849-5305, ABD.

Çalışma alanı, Menderes masifinin kuzey sınırı boyunca kuzeybatı-güneydoğu uzantılı olarak gözlenen geç Senozoyik çarpışma sonrası granitik plutonlar (Alaçam, Koyunoba, Eğrigöz, Pınarbaşı ve Baklan) arasında yer almaktadır. Pınarbaşı graniti başlıca plajiyoklaz, kuvars, amfibol, K-feldispat, biyotit fenokristalleri ile apatit, zirkon, sfen, magnetit ve muskovit gibi aksesuar minerallerinden oluşan granit ve granodiorit bileşimli kayaçlardan meydana gelmektedir. Bu kayaçların jeokimyasal analizleri sonucunda kalkalkalen, yüksek potasik, I tipi ve çarpışma sonrası karakterli granitler oldukları belirlenmiştir.

Pınarbaşı granitini oluşturan amfibol, biyotit, plajiyoklaz ve oksit mineralerinin elektron mikropırop ile kimyasal bileşimleri belirlenmiştir. En önemli mafik mineralerden olan amfibollerin sodik bileşimli olup magnezyumlu hornblend karakteri gösterdikleri belirlenmiştir. Mikalar Mg'ca zengin biotitler olup yüksek  $\text{Fe}^{3+}/(\text{Fe}^{2+}+\text{Fe}^{3+})$  oranlarına sahiptir. Abdel-Rahman (1994) ayırm diyagramında, biyotitlerin kalkalkalin orojenik kayaçlardaki biyotit bileşiminde olduğu gözlenmektedir. Amfibol ve biyotit mineralerinin magmatik kökenli oldukları belirlenmiştir. Plajiyoklazlar başlıca oligoklaz ve andezin ( $\text{Ab}_{58.6-66.4}$ ) bileşimindedir. K-Feldispat (ortoklaz) örneklerinin ise  $\text{Or}_{73.33-89.71}$ ,  $\text{Ab}_{12.18-25.79}$  aralığında bir bileşimi olup yoğun bir şekilde pertitleşme gösterdikleri tespit edilmiştir.

Mineral kimyası çalışmalarında elde edilen veriler kullanılarak granitlerde amfibol-feldispat, iki feldispat ve biyotit jeotermometreleri hesaplamaları gerçekleştirilmiştir. Örneklerin oluşum sıcaklıkları, amfibol-feldispat jeotermometresine göre yaklaşık olarak 609–734 °C, iki feldispat jeotermometresine göre 635–726 °C ve biyotit jeotermometresine göre ise 710–755 °C olduğu tespit edilmiştir. Al-hornblend jeobarometre hesaplamalarında yaklaşık 0.8–2.8 kbar arasında değişen basınç değerleri tespit edilmiştir. Biyotit bileşimleri tarafından hesaplanan oksijen fugasite değerleri ise  $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-Fe}_3\text{O}_4$  (MH) tampon (buffer) alanında yer aldığı gözlenmiştir. Tüm verilerin değerlendirilmesi sonucunda, Pınarbaşı granitinin ortalama kristalleme sıcaklığı (673.3°C), basıncı (1.7 kbar), oksijen fugasitesi (-14.3) ve basınçla bağlı olarak yerleşim derinliği ise (5.4 km) olarak hesaplanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Pınarbaşı Graniti, Mineral Kimyası, jeotermometre, Batı Anadolu.

## MINERAL CHEMISTRY OF THE PINARBAŞI GRANITE: GEDIZ BASIN (KUTAHYA-WESTERN ANATOLIA)

**Başar Semiz<sup>1</sup>, Yahya Özpinar<sup>1</sup> and Zeki Billor<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Pamukkale Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kınıklı, TR-20070*

*Denizli, Türkiye bsemiz@pau.edu.tr*

<sup>2</sup>*Auburn University, Department of Geology and Geography, Auburn, Alabama 36849-5305, USA.*

The study area takes place in NW-SE trending magmatic belt along the northern border of the Menderes Massif and between Late Cenozoic post-collisional granitic plutons (e.g. Alacam, Koyunoba, Egrigoz, Pınarbaşı and Baklan). Pınarbaşı granite is composed of granite and granodiorite rocks, which consist of mainly plagioclase, quartz, hornblende, K-feldspar, biotite and apatite, zircon, sphene, magnetite and muscovite as accessory minerals. The geochemical data indicate that granites have calc-alkaline, high-K, I-type and post-collisional character.

The chemical compositions of amphibole, biotite, plagioclase and oxide minerals in the Pınarbaşı granite have been determined by electron microprobe analysis. Amphibole, one of the most mafic minerals, is sodic composition and magnesiohornblende character. Micas are Mg – rich biotite and have high  $\text{Fe}^{3+}/(\text{Fe}^{2+}+\text{Fe}^{3+})$  ratio. On the discrimination diagram of Abdel-Rahman 1994, the biotites clearly plot in the calc-alkaline orogenic field. Amphibole and biotite minerals are magmatic origin. Plagioclase is mainly oligoclase and andesine ( $\text{Ab}_{58.6-66.4}$ ) composition. K-feldspar samples (orthoclase) with a chemical range  $\text{Or}_{73.33-89.71}$ ,  $\text{Ab}_{12.18-25.79}$  widely show perthitic texture.

Using the data from mineral chemistry studies, amphibole-feldspar, two-feldspar and biotite geothermometer calculations were performed for Pınarbaşı granite. Formation temperatures of the granite were calculated by amphibole-feldspar, two feldspar and biotite geothermometers which were 609-734 °C, 635-726 °C and 710-755 °C, respectively. A pressure was determined between 0.8-2.8 kbar based on Al hornblende geobarometer calculations. Oxygen fugacity values calculated by biotite composition have been observed within the  $\text{Fe}_2\text{O}_3-\text{Fe}_3\text{O}_4$  (MH) buffer field. As a result of evaluation of the data, crystallization temperature (673.3°C), pressure (1.7 kbar), oxygen fugacity (-14.3) depth related pressure (5.4 km) of the Pınarbaşı granite have been calculated.

**Key Words:** Pınarbaşı Granite, Mineral chemistry, geothermometer, Western Anatolia.

## DOĞU ANADOLU YÜKSEK PLATOSU'NUN MAGMATİK VE JEODİNAMİK EVRİMİ KONUSUNDAKİ YENİ BULGULAR

**Mehmet Keskin<sup>1</sup>, Vladimir A. Lebedev<sup>2</sup>, Evgeni V. Sharkov<sup>2</sup>,  
Vural Oyan<sup>3</sup> ve Esin Ünal<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,  
34320 Avcılar, İstanbul, keskin@istanbul.edu.tr,*

<sup>2</sup>*Rus Bilimler Akademisi, Maden Yatakları, Mineraloji ve Jeokimya Enstitüsü, Staromonetny  
per., 35, Moskova 119017, Rusya,*

<sup>3</sup>*Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi,  
Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Zeve Kampüsü, Van.*

Doğu Anadolu yüksek platosu, aktif olarak halen deform olmaya devam eden bir kıtasal çarpışma kuşağının dünyada en iyi çalışılabilceği alanlardan biri olup, Orta Miyosen'den neredeyse günümüz'e kadar uzanan zaman aralığında gelişmiş çarpışma ile ilişkili bir volkanizma içermektedir. Doğu Anadolu Çarpışma Kuşağında magma oluşumu ve jeodinamik evrimi için önerilmiş olan hipotezler arasında dalan bir okyanusal litosferin dikenleşerek kopması (Keskin, 2003, 2007; Şengör vd., 2003, 2008) eldeki verilere en uygun model olarak kabul edilmektedir.

Keskin (2003), 2003'e kadar yayınlanmış jeokronolojik ve jeokimyasal verileri kullanarak bölgedeki volkanizmanın kuzeyde başlayıp zaman içinde güneye göç ettiğini, kuzeydeki lavların belirgin bir yitim bileşeni içerdiklerini, bu bileşenin güneye doğru azaldığını ve böylece levha-içi lavlara geçildiğini ileri sürmüştür. Keskin (2003) bu değişim, kıtasal çarpışma sonrasında büyük bir yükseliş prizması altında giderek dikenleşen kuzeye eğimli bir okyanusal litosferin (slab) etkilerine bağlı olduğunu savunmuştur. Bu olay zaman içinde güneye doğru giderek genişleyen bir manto kamasının ortayamasına ve ardından slab'in kopup ayrılmasına neden olmuştur. Bir zamanlar slab'in altında (Arap kıtası) bulunan sıcak astenosfer, oluşan slab-pencesinden

kuzeye doğru hareket ederek manto kamasına ait yitim bileşenli astenosfer ile karışmıştır. Bölgedeki farklı kimyasal karakterdeki lavların varlığı, zaman içinde farklı kaynak alanları arasındaki bu karışım ve magma odası işlemlerinin ortak etkilerine bağlı olmalıdır.

Önceki çalışmalarında volkanik provensin güney kesimleri yeterince ayrıntılı çalışılmadığı için, 2007 yılından beri bölgenin güneyinden başlayarak bir dizi proje kapsamında volkano-stratigrafiyi dikkatlice çözümleyerek çok sayıda radyometrik yaş ve jeokimya analizi gerçekleştirdik. Yeni bulgularımız volkanizmanın ~15 My önce güneyde Van Gölü'nün kuzeyindeki alanlarda, çarpışma zonuna yaklaşık paralel bir kuşak boyunca tipik yitim bileşeni içeren kalk-alkali lavların püskürmesiyle başladığını (Lebedev vd., 2010) ortaya koymaktadır. Volkanizmanın jeokimyasal karakteri zaman ve mekân (Kuzeyden Güneye) içinde kalk-alkaliden alkaliye doğru değişmektedir. Yeni bulgularımız daha önce önermiş olduğumuz slab-dikleşmesi ve kırılması modeli ile çelişmemektedir ancak slab dikleşmesinin önceden düşündüğümüzden çok daha hızlı gerçekleşmiş olması gerektiğini ortaya koymaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Doğu Anadolu, çarpışma volkanizması, dalan okyanusal litosferin dikleşmesi ve kopması.

### Değinilen Belgeler

- Keskin, M., 2003, Magma generation by slab steepening and breakoff beneath a subduction-accretion complex: An alternative model for collision-related volcanism in Eastern Anatolia, Turkey. *Geophysical Research Letters* 30 (24), 8046, doi:10.1029/2003GL018019.
- Keskin, M., 2007, Eastern Anatolia: A hotspot in a collision zone without a mantle plume. In: Foulger, G.R., and Jurdy, D.M., (Eds.), Plates, plumes, and planetary processes. Geological Society of America Special Paper 430, p. 693–722, doi: 10.1130/2007.2430(32).
- Lebedev, V.A., Sharkov, E.V., Keskin, M., Oyan, V., 2010, Geochronology of the Late Cenozoic volcanism in the area of Van Lake (Turkey): an example of the developmental dynamics for magmatic processes. ISSN 1028-334X, Doklady Earth Sciences, 2010, Vol. 433, Part 2, pp. 1031–1037. © Pleiades Publishing, Ltd., 2010. Original Russian Text © V.A. Lebedev, E.V. Sharkov, M. Keskin, V. Oyan, 2010, published in Doklady Akademii Nauk, 2010, Vol. 433, No. 4, pp. 512–518. DOI: 10.1134/S1028334X1008009X.
- Şengör, A.M.C., Özeren, S., Zor, E., and Genç, T., 2003, East Anatolian high plateau as a mantle-supported, N-S shortened domal structure: *Geophysical Research Letters*, v. 30, no. 24, p. 8045, doi: 10.1029/2003GL017858
- Şengör, A.M.C., Özeren, M.S., Keskin, M., Sakınç, M., Özbaşır, A.D. and Kayan, I., 2008, Eastern Turkish high plateau as a small Turkic-type orogen: implications for post-collisional crust-forming processes in Turkic-type orogens, *Earth Science Reviews*, 90(1-2), 1-48. doi: 10.1016/j.earscirev.2008.05.002.

## NEW FINDINGS ON THE MAGMATIC AND GEODYNAMIC EVOLUTION OF THE EASTERN ANATOLIA HIGH PLATEAU, TURKEY

**Mehmet Keskin<sup>1</sup>, Vladimir A. Lebedev<sup>2</sup>, Evgeni V. Sharkov<sup>2</sup>,  
Vural Oyan<sup>3</sup> and Esin Ünal<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*İstanbul University, Faculty of Engineering, Department of Geological Engineering,  
34320 Avcılar, İstanbul – Turkey, keskin@istanbul.edu.tr,*

<sup>2</sup>*Russian Academy of Sciences, Institute of the Ore Deposits Geology, Petrology,  
Mineralogy and Geochemistry, Staromonetny per., 35, Moscow 119017, Russia,*

<sup>3</sup>*Van Yuzuncu Yıl University, Faculty of Engineering and Architecture,  
Department of Geological Engineering, Zeve Campus, Van, Turkey.*

The Eastern Anatolia High Plateau is one of the best places in the world to study an actively-deforming continental collision zone with a long-lasting active volcanism from the end of Middle Miocene to almost recent times. Among the hypotheses proposed for magma genesis and geodynamics of the Eastern Anatolian Collision Zone, the “slab-steepening & breakoff model” (Keskin, 2003, 2007; Şengör et al., 2003, 2008) has been regarded as the most viable one.

On the basis of available geochronological data compiled from the literature before 2003, Keskin (2003) argued that the volcanism had tended to initiate earlier in the north and then migrated to the south, while lavas in the north contained a distinct subduction signature which decreased to the south turning into within-plate signature. This was linked to the gradual steepening of a north-dipping slab beneath a large accretionary complex after a major continental collision. This event resulted in the opening out an asthenospheric mantle wedge gradually widening to the south in time followed by a major slab breakoff event that created a “slab window” through which the hotter asthenosphere once located beneath the slab (i.e. Arabia) flowed to the north and mixed with the wedge asthenosphere containing a subduction component.

We have been conducting a series of projects in the whole region since 2007, carefully constructing the volcano-stratigraphy and conducting many radiometric datings and geochemical analyses because the southern part of the volcanic province has not been studied in detail. Our new findings revealed that the volcanism initiated in the south of E Anatolian collision zone around the N of Lake Van at around 15 Ma (Lebedev et al., 2010) with the eruption of calc-alkaline lavas with a distinct subduction signature along a volcanic belt which is sub parallel to the collision zone. The geochemical character of the volcanism changed from calc-alkaline to alkaline both in time and space (from N to S). Our new findings do not contradict with the slab-steepening & breakout model but imply that steepening of the slab was a much faster event than we previously anticipated.

**Key Words:** Eastern Anatolia, collision volcanism, slab steepening and breakoff.

## References

- Keskin, M., 2003, Magma generation by slab steepening and breakoff beneath a subduction-accretion complex: An alternative model for collision-related volcanism in Eastern Anatolia, Turkey. *Geophysical Research Letters* 30 (24), 8046, doi:10.1029/2003GL018019.
- Keskin, M., 2007, Eastern Anatolia: A hotspot in a collision zone without a mantle plume. In: Foulger, G.R., and Jurdy, D.M., (Eds.), *Plates, plumes, and planetary processes*. Geological Society of America Special Paper 430, p. 693–722, doi: 10.1130/2007.2430(32).
- Lebedev, V.A., Sharkov, E.V., Keskin, M., Oyan, V., 2010, Geochronology of the Late Cenozoic volcanism in the area of Van Lake (Turkey): an example of the developmental dynamics for magmatic processes. ISSN 1028-334X, Doklady Earth Sciences, 2010, Vol. 433, Part 2, pp. 1031–1037. © Pleiades Publishing, Ltd., 2010. Original Russian Text © V.A. Lebedev, E.V. Sharkov, M. Keskin, V. Oyan, 2010, published in Doklady Akademii Nauk, 2010, Vol. 433, No. 4, pp. 512–518. DOI: 10.1134/S1028334X1008009X.
- Şengör, A.M.C., Özeren, S., Zor, E., and Genç, T., 2003, East Anatolian high plateau as a mantle-supported, N-S shortened domal structure: *Geophysical Research Letters*, v. 30, no. 24, p. 8045, doi: 10.1029/2003GL017858

## AŞIRI TÜKETİLMİŞ YİTİM ZONU DÜNİTLERİNİN (ORHANELİ, BURSA, KB TÜRKİYE) ERGİYİK-KAYAÇ ETKİLEŞİMİ SÜREÇLERİ İLE OLUŞUMU

**İbrahim Uysal<sup>1</sup>, Abdurrahman Dokuz<sup>2</sup>, Necla Köprübaşı<sup>3</sup>,  
Melanie Kaliwoda<sup>4</sup>, Chris J. Ottley<sup>5</sup> ve Thomas Meisel<sup>6</sup>**

<sup>1</sup>*Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, 61080*

*Trabzon, Türkiye, iuysal@ktu.edu.tr,*

<sup>2</sup>*Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Gümüşhane Üniversitesi, 29000 Gümüşhane, Türkiye,*

<sup>3</sup>*Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kocaeli Üniversitesi, 41380 Kocaeli, Türkiye,*

<sup>4</sup>*Münih Mineral Müzesi, Theresienstrasse 41, 80333 Münih, Almanya,*

<sup>5</sup>*NCIET, Yerbilimleri Bölümü, Durham Üniversitesi, DH1 3LE Durham, İngiltere,*

<sup>6</sup>*Genel ve Analitik Kimya Bölümü, Leoben Üniversitesi, A-8700 Leoben, Avusturya,*

Alpin-tip orojenik ofiyolitik masif olan Orhaneli ofiyolitik kompleksi Sakarya Zonu'nun batı kesiminde yer almaktadır. Çoğunlukla dünit ve çok az oranlarda harzburjitten oluşan birim, genişliği santimetreden onlarca santimetreye kadar değişen klinopiroksenit damar/dayıkları tarafından kesilmiştir. Bu çalışma kapsamında, dünit ve klinopiroksenitler, oluşumlarından sorumlu petrojenetik olayların ve oluştuğuları tektonik ortamın belirlenmesi amacıyla tüm-kayaç ana, iz ve siderofil element (HSE) içerikleri yanı sıra mineral bileşimleri açısından da analiz edilmişlerdir.

Dünitlerin oldukça tüketilmiş modal bileşimleri ve tüm-kayaç ana ve iz element içerikleri, çoğunlukla spinelin duraylılık alanı içerisinde kalan, oldukça yüksek dereceli kısmi ergime (35–40%) kalıntısı oldukça işaret etmektedir. Bazı dünit örneklerinin beklenmedik oranda yüksek Ir-grup HSE (Os, Ir, Ru) içerikleri ve yüksek çekim alanlı elementler (HFSE) ile hafif nadir toprak elementler (HNTE) bakımından zenginleşmeleri daha sonra sisteme dahil olan ergiyiklerle etkileşimlerinden kaynaklanmaktadır. Bu ergiyiklerin olası bileşimleri dünitlerin spinel ve klinopiroksen kimyasından çıkarılabilirler. Bu kapsamda dünitlerde başlıca iki tür spinel tanımlanabilmektedir. 1) Kısmi ergime kalıntısı olarak oluşan ilksel spineller. Bunlar düşük Cr# yanı sıra düşük TiO<sub>2</sub> ve Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içerikleri ile karakteristik olup spinel ayırım diyagramlarında SSZ peridotit alanına düşmektedirler. 2) Peridotit-ergiyik etkileşimi sırasında ergiyikten ayrılarak oluşan spineller. Bunlar yukarıda dephinilen element içerikleri ve Cr# bakımından ilksel spinellerden oldukça farklıdır. Buların Cr# ve TiO<sub>2</sub> içerikleri, boninit ve ada yayı toleyitleri gibi yitimin başlangıç safhalarında oluşan ergiyiklerin spinel değerlerine çok benzemektedir. Benzer bir sonuç clinopiroksenitlerdeki spinellerin bileşimlerinden de çıkarılabilmektedir. Hesaplanan denge sıcaklıkları ve oksijen fugasiteleri (fO<sub>2</sub>; Ballhaus ve diğ., 1991) sırasıyla 703–763 °C ve 0.17–

1.67 ( $\square \log \text{FMQ}$ ) dir. Yüksek  $f\text{O}_2$ , örneklerin sulu akışkanlar ile metasomatizması ilgili olup, dünitlerin yüksek  $f\text{O}_2$  koşullarında yoğun bir peridotit ve ergiyik etkileşim ürünü olduklarını göstermektedir.

Peridotit örneklerinin düşük denge sıcaklıklarını, yüksek  $f\text{O}_2$  ve oldukça tüketilmiş karakterleri yanı sıra oldukça zenginleşmiş HNTE dağılımları, sulu ergiyiklerin harzburgitlerin bulunduğu bir ortama enjeksiyon şeklinde bir oluşumu öngörmektedir. Su, peridotitin katılma sıcaklığının düşürülmesi için gerekli olduğundan, yitim zonu üzerindeki manto kamasi sulu ergiyiklerin gelebileceği en uygun tektonik ortam durumundadır. İlksel Orhaneli peridotitlerinin bu şekildeki bir ergiyikle etkileşimi, oldukça tüketilmiş ürünler olan dünit örneklerinde gözlenen HNTE zenginleşmelerini kolaylıkla açıklayabilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Yitim peridotitleri, dunit, mineral kimyası, jeokimya, ergiyik-peridotit etkileşimi, Orhaneli ofiyoliti, KB Türkiye.

### Değinilen Belgeler

Ballhaus C, Berry RF, Green DH (1991) High pressure experimental calibration of the olivine-orthopyroxene-spinel oxygen barometer: implications for the oxidation of the Mantle. Contrib Mineral Petr 107:27–40

## FORMATION OF HIGHLY DEPLETED SSZ DUNITES OF THE ORHANELI (BURSA, NW TURKEY) BY MELT-PERIDOTITE INTERACTION

**İbrahim Uysal<sup>1</sup>, Abdurrahman Dokuz<sup>2</sup>, Necla Köprübaşı<sup>3</sup>,  
Melanie Kaliwoda<sup>4</sup>, Chris J. Ottley<sup>5</sup> and Thomas Meisel<sup>6</sup>**

<sup>1</sup>Department of Geological Engineering, Karadeniz Technical University, 61080 Trabzon, Turkey,

*iuyusal@ktu.edu.tr*

<sup>2</sup>Department of Geological Engineering, Gümüşhane University, 29000 Gümüşhane, Turkey,

<sup>3</sup>Department of Geological Engineering, Kocaeli University, 41380 Kocaeli, Turkey,

<sup>4</sup>Mineralogical State Collection Munich, Theresienstrasse 41, 80333 Munich, Germany,

<sup>5</sup>NCIET, Department of Earth Sciences, University of Durham, DH1 3LE Durham, U.K.,

<sup>6</sup>Department of General and Analytical Chemistry, University of Leoben, A-8700 Leoben, Austria.

The mantle section of the Orhaneli ophiolitic complex is an Alpine-type orogenic peridotite massif that crop out in the western region of the Sakarya Zone of Turkey. It is dominated by dunite and subordinate harzburgite cut by veins/dykes of the clinopyroxenite ranging from centimetre to tens of centimetre in width. Within the context of this study, whole-rock major, trace and highly siderophile element (HSE) concentrations as well as mineral compositions of the dunites and clinopyroxenites were measured in order to determine the petrogenetic processes account for their final whole-rock and mineralogical compositions and tectonic environment in which they formed.

Highly depleted modal and bulk-rock major and trace element compositions indicate that dunites are residues after very high degrees (35–40%) of partial melting mostly in the spinel stability field. Unexpectedly high Ir-group HSE (Os, Ir, Ru) concentrations of some of dunites and relative enrichments in HFSE and LREE are due to interaction with later percolating melts. The likely compositions of these melts can be deduced from the spinel and clinopyroxene compositions of dunites. Basically two types of spinel can be identified in dunites. 1) Primary spinels that formed as residue of partial melting are characterized by low  $Ti\text{O}_2$  and  $Cr_2\text{O}_3$  concentrations and low Cr#, and plot in the field of SSZ peridotite in the discrimination diagrams. 2) Secondary spinels that precipitated from percolating melts during the peridotite-melt interaction are differed significantly from those of the primary spinels in terms of above stated element contents and Cr#. They display Cr# and  $Ti\text{O}_2$  contents very close to those of melts formed during the early stages of subduction such as boninites and island arc tholeiites. A similar conclusion on the composition of percolating melt can also be drawn from the compositions of spinels from the clinopyroxenites. Calculated equilibrium temperatures and oxygen fugacities (Ballhaus et al., 1991) are 703–763 °C, and 0.17–1.67 ( $\square \log \text{FMQ}$ ), respectively. The high  $f\text{O}_2$  seems to be associated with aqueous-fluid related metasomatism in peridotite samples indicating that dunites are the product of intense interaction between peridotite and melt under high oxygen fugacity condition.

Low equilibration temperature, high  $f\text{O}_2$  calculated values and highly depleted character of the peridotite samples, as well as LREE-enriched chondrite-normalized REE patterns, suggest the occurrence by injection of hydrous melt into the host harzburgite. The presence of water would have been necessary to lower the solidus of the peridotite and melting of orthopyroxene, therefore, the mantle wedge above the subduction zone is the most likely tectonic setting where hydrous melt can be formed and percolate. Reaction of the Orhaneli peridotites with such a melt could easily explain the observed LREE enrichment in the peridotite samples.

**Key Words:** SSZ peridotite, dunite, mineral chemistry, geochemistry, melt-peridotite interaction, Orhaneli ophiolite, NW Turkey.

#### Reference

Ballhaus C, Berry RF, Green DH (1991) High pressure experimental calibration of the olivine-orthopyroxene-spinel oxygen barometer: implications for the oxidation of the Mantle. *Contrib Mineral Petr* 107:27–40.

## VITOSHA PLÜTONU PLAJİYOKLAZ ZONLANMASINDA TESPİT EDİLEN MAĞMA ETKİLEŞİMİ, BATI SREDNAGORA, BULGARİSTAN

Iskra Piroeva<sup>1</sup> ve Stela Atanasova-Vladimirova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Bulgar Bilimler Akademisi, Mineraloji ve Kristalografi Enstitüsü, piroeva@abv.bg

<sup>2</sup>Bulgar Bilimler Akademisi, Fizikokimya Enstitüsü.

Vitosha plütonu Srednagora yapısal bölgesinin batı kesiminde yüzlek verir. Alınan gabro ve anorthosit, monzonit, siyenit ve granosyenitik bileşimdeki geç damarlara ait örnekler %45 ile %79 arasında değişen orandan  $\text{SiO}_2$  içerirler. Temel mineralojik ve kimyasal özellikleri göz önüne alınarak Vitosha plütonu kayaçları metalümiline ve I-tipi granitoid kategorisine sokulmuştur. Alüminyum doygunluk indeksi [ASI=moleküler  $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{CaO}+\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O})$ ]  $\text{SiO}_2$  ile beraber 0,62'den 1,05'e artmaktadır.

Kayaç oluşturan ana mineral fazları plajiyoklaz, K-feldspat, amfibol ve klinoprotsendir. Yaygın akseuar mineraller ise epidot, turmalin, klorit, aktinolit, adularia ve kil mineralleridir.

Plajiyoklazlar plütonun tüm kayaç tiplerinde varlık gösterirler ve idiomorfik, polilamel ikiz kristaller oluştururlar. Normal, salınımlı ve ters olmak üzere üç farklı zonlanma tipi ayırtlanmıştır. Bunlar asimilasyon, mağma karışımı ve fraksiyonlaşma süreçleri ile açıklanabilirler. Mağma fraksiyonlaşmasının artması ile anortit bileşimi azalmaktadır. Plejioglas feldspatlar gabroda babrador, monzonitde oligoklas – andezin ve siyenitte andezin – albit olmak üzere değişik bileşimdedirler.

Plajiyoklazlar için kondrit – normalize REE diyagramları yüksek LREE/HREE oranları gösterirler. Bu ilişkiler plejioglas içinde iz elementlerin fraksiyonlaşması ve mağma kökenlerindeki gerçek konsantrasyonlarına bağlı birincil bolluklarını ayırtetmeye yardımcı olur. Kalsiyumca en fakir plejioglas en yüksek REE bollugunu gösterir ki bu da ergiyikde fraksiyonlaşma ile uyumsuz zenginleşme ile tutarlıdır. Tüm analizlerde belirgin şekilde pozitif Eu anomalileri gözlenmiştir. Bunlar gabroda  $\text{Eu/Eu}^* = 2,41 - 6,63$ ; monzogabroda  $\text{Eu/Eu}^* = 1,84 - 4,93$ ; monzonitde  $\text{Eu/Eu}^* = 1,92 - 5,43$ ; siyenitde  $\text{Eu/Eu}^* = 1,43 - 7,37$ 'dir.

Tahmini kristalizasyon sıcaklıkları Blundy ve Holland (1990) jeotermometresine dayandırılarak  $834^\circ$  ve  $579^\circ\text{C}$  arasında değişmektedir. Vitosha plütonunun bu detaylı plejioglas zonlanma incelemesinden yola çıkarık, fraksiyonel kristalizasyon yoluyla oluştuğu ortaya konmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Plajiyoklaz, Vitosha plütonu, gabro, monzonit, siyenit, Srednogorie bölgesi.

## MAGMA INTERACTION RECORDED IN PLAGIOCLASE ZONING IN VITOSHA PLUTON, WESTERN SREDNOGORIE, BULGARIA

Iskra Piroeva<sup>1</sup> and Stela Atanasova-Vladimirova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Bulgarian Academy of Sciences, Institute of Mineralogy and Crystallography, piroeva@abv.bg

<sup>2</sup>Bulgarian Academy of Sciences, Institute of Physical Chemistry, Bulgaria.

The Vitosha pluton crops out in the western part of the Srednogorie structural zone. The samples span a range of  $\text{SiO}_2$  from about 45 to 79 wt% namely gabbros and anorthosites, monzonites, syenites and late veins of granosyenitic composition. The rocks from the Vitosha pluton are assigned to the metaluminous and I-type granitoid categories because of their essential mineralogical and chemical properties. The aluminum saturation index [ASI = molecular  $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{CaO}+\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O})$ ] increases with  $\text{SiO}_2$  from about 0.62 to 1.05.

The major rock-forming mineral phases are plagioclase, K-feldspar, amphibole and clinopyroxene. Common accessory minerals include apatite, titanite, magnetite, ilmenite and zircon. Secondary minerals are epidote, tourmaline, chlorite, actinolite, adularia and clay minerals.

Plagioclases occurs in all rock varieties of the pluton. They form idiomorphic, polylamellae twinned crystals. Different zonation types have been recognized: normal, oscillatory and reverse. They could be explained

by assimilation, magma mixing and fractionation processes. The anorthite composition decreases with increasing fractionation of the magmas. Plagioclase feldspars have different composition: in gabbro – babbrador – bytownite; in monzonite – oligoclase – andesine; in syenite – andesine – albite.

Chondrite-normalized REE diagram for plagioclase show higher LREE/HREE ratio is inherent to plagioclase. These relationships help to distinguish the effects of fractionation of trace elements in plagioclase and their primary abundances due to intrinsic concentrations in their magma sources. The most Ca-poor plagioclase shows the highest REE abundance. Na-rich plagioclase tends to show higher REE abundance, consistent with enrichment of incompatible elements in the melt by fractionation. All analyses have significant positive Eu anomalies. In gabbro  $\text{Eu/Eu}^* = 2.41 - 6.63$ , in monzogabbro  $\text{Eu/Eu}^* = 1.84 - 4.93$ , in monzonite  $\text{Eu/Eu}^* = 1.92 - 5.43$ , in syenite  $\text{Eu/Eu}^* = 1.43 - 7.37$ .

Estimated temperatures of crystallization are between  $834^\circ$  and  $579^\circ\text{C}$ , based on the Blundy and Holland (1990) geothermometer.

The Vitosha pluton formed by fractional crystallization as revealed by this detailed investigation of plagioclase zonation.

**Key Words:** Plagioclase, Vitosha pluton, gabbro, monzonite, syenite, Srednogorie area.

## NİĞDE VOLKANİK KOMPLEKSİNDEKİ (ORTA ANADOLU) GEÇ TERSİYER VOLKANİTLERİNİN PETROJENEZİ: PETROGRAFİK, JEOKİMYASAL VE SR-ND-PB İZOTOPİK DELİLLER

**Faruk Aydın<sup>1</sup>, Mustafa Sönmez<sup>1</sup>, R. Kadir Dirik<sup>2</sup> ve Wolfgang Siebel<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Niğde Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 51200 Niğde, Türkiye, faydin@nigde.edu.tr,*

<sup>2</sup>*Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06800, Beytepe, Ankara, Türkiye,*

<sup>3</sup>*Department of Geosciences, University of Tübingen, 72074 Tübingen, Almanya.*

Bu çalışmada Niğde Volkanik Kompleksi (NVK)'ndeki Geç Tersiyer yaşı volkanik kayaçların ana magma kaynağını ve gelişim sürecini belirlemek için petrografik, jeokimyasal ve Sr-Nd-Pb izotop veriler rapor edilmiştir.

Jeolojik ve volkanostratigrafik çalışmalara göre, NVK içinde dört farklı volkanik takım belirlenmiştir. Bunlar: (i) piroklastik akma ve yayılma çökelleri ile piroksen-andezit, bazaltikandezit ve bazatlardan oluşan Tepeköy volkanik takımı; (ii) piroklastik akma çökelleri ile piroksen-andezit ve bazaltikandezitlerden oluşan Çınarlı volkanik takımı; (iii) piroklastik akma çökelleri, cam ve kristalce-zengin tüfler ile piroksen-andezit, bazaltikandezit ve olivin-bazatlardan oluşan Melendiz volkanik takımı; (iv) amfibolce-zengin andezit ve piroklastik akma çökelleri ile piroksence-zengin andezit, bazaltikandezit ve olivince-zengin bazatlardan oluşan Keçiboydurak volkanik takımıdır.

Farklı volkanik takımların andezitik kayaçları genellikle benzer dokusal ve petrografik özelliklere sahiptirler. Andezitler özellikle glomeroporfiritik, porfiritik, reaksiyon ve seri dokusu sunarlar ve yüksek fenokristal içeriğine sahip ( $>30\%$ ) iki çeşit mineral birlikteliği gösterirler. Tepeköy ve Çınarlı andezitik kayaçları yaygın olarak plajiyoklas ve piroksen ile birlikte daha az oranda biyotit içerirken, Melendiz ve Keçiboydurak örnekleri plajiyoklas, piroksen, amfibol ile birlikte daha az miktarda biyotit, Fe-Ti oksit ve kemirilmiş kuvars ksenokristalleri içermektedir. Bu andezitlerdeki minerallerin çoğu dengeli dokusal özellikler yanında, magma karışımını işaret eden dengesizlik dokuları da gösterirler. Diğer taraftan, Tepeköy, Melendiz ve Keçiboydurak bazaltik kayaçlarının fenokristal içeriği andezitlerin fenokristal içeriğinden daha düşüktür ( $<20\%$ ). Bu bazaltik kayaçlar genellikle mikrolitik ve traktitik dokular gösterirler ve olivin, plajiyoklas, klinopiroksen ve Fe-Ti oksit gibi minerallerce baskındırlar.

NVK içindeki volkanik kayaçlar başlıca kalk-alkalen andezit-bazaltikandezit-trakiandezit ve orta derecede alkenal bazalt-trakibazalt ile karakterize edilirler. Bu andezitik ve bazaltik kayaçlar arasında küçük farklılıklar gözlenmesine rağmen, yüksek LILE ve düşük HFSE içerikleriyle ve belirgin negatif Nb, Ta, P ve Ti anomalileriyle tipik bir jeokimyasal özellik gösterirler. Bu özellikler muhtemelen incelenen volkanitlerin ortak bir magma kaynağından geldiklerine işaret eder. NVK içindeki volkanitlerin mafik örneklerinin orta-düşük Mg-numarasına, düşük Cr ve Ni içeriklerine sahip olması, bunların mantodan türeyen ergiyiklerden itibaren önemli oranda fraksiyonel kristalleşmeye maruz kaldıklarını gösterir. Ana oksit ve iz element değişimleri baskın mafik, felsik ve oksit fazlarının farklılaşmasıyla açıklanabilir.

İncelenen volkanik kayaçların  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  ( $0.7036-0.7054$ ),  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  ( $0.5126-0.5129$ ) ve Pb izotop oranlarının ( $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ :  $18.75-18.92$ ,  $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ :  $15.62-15.71$ ,  $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ :  $38.66-39.09$ ) dar bir aralıktaki değişim göstermesi, volkanik kayaç takımları için homojen ortak bir kaynağı işaret eder. Tüm jeokimyasal veriler jeolojik ve petrografik verilerle birlikte değerlendirildiğinde, Geç Tersiyer yaşı Niğde volkanitlerinin

kaynağının hibrid bir kaynak olduğu söylenebilir (yani zenginleşen yarı kitasal bir litosferik manto kaynağı ile alt kabuktan türeyen magmaların karışmasıyla meydana gelen melez bir magma kaynağı). Sonuç olarak, etkileşim proseslerinin baskın olduğu çarpışma sonrası jeodinamik bir ortamda oluşan bu volkanitlerin ana magmasının daha sonra büyük oranda farklılaşma±kabuksal kırlenme olaylarına maruz kaldığı anlaşılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Orta Anadolu, Niğde, volkanik kayaç, jeokimya, Sr-Nd-Pb izotoplari.

## PETROGENESIS OF LATE TERTIARY VOLCANITES IN THE NİĞDE VOLCANIC COMPLEX (CENTRAL ANATOLIA): PETROGRAPHICAL, GEOCHEMICAL AND SR-ND-PB ISOTOPIC EVIDENCES

**Faruk Aydin<sup>1</sup>, Mustafa Sönmez<sup>1</sup>, R. Kadir Dirik<sup>2</sup> and Wolfgang Siebel<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Niğde Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 51200 Niğde, Türkiye, faydin@nigde.edu.tr;

<sup>2</sup>Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06800, Beytepe, Ankara, Türkiye,

<sup>3</sup>Department of Geosciences, University of Tübingen, 72074 Tübingen, Almanya.

In order to investigate the petrogenesis and evolution process, the petrographical, geochemical and isotopical data for Late Tertiary volcanic rocks from Niğde Volcanic Complex (NVC) in the south of Central Anatolia have been reported.

Based on the geological and volcanostratigraphical studies, four distinct volcanic units are found in the NVC. (i) the Tepeköy volcanic unit composed of pyroclastic flow and surge deposits followed by dominantly pyroxene-andesite and lesser basaltic andesite to basaltic lavas; (ii) the Çınarlı volcanic unit composed of pyroclastic flow deposits followed by pyroxene-andesite and minor basaltic andesitic lavas; (iii) the Melendiz volcanic unit composed of pyroclastic flow deposits, vitreous and crystal-rich tuffs followed by dominantly pyroxene-andesite and lesser basaltic andesite to olivine-basaltic lavas; (iv) the Keciboyduran volcanic unit composed of amphibole-rich andesite and pyroclastic flow deposits followed by pyroxene-rich andesite, basaltic andesite, olivine-rich basaltic/trachybasaltic lavas, and minor rhyolitic lavas and pyroclastic fall deposits.

Andesitic members of the different volcanic units have generally similar textural and petrographical characteristics. The andesites show particularly glomeroporphyric, porphyritic, reaction and seriate texture, and have two distinctive mineral assemblages with high phenocryst contents (>30%). Tepeköy and Çınarlı andesitic rocks contain dominantly plagioclase and pyroxene with lesser biotite whereas Melendiz and Keçiboyduran samples show phenocrysts of plagioclase, pyroxene, amphibole, and lesser biotite, Fe-Ti oxides and resorbed crystals of quartz. Most phases in these andesites have disequilibrium textures coexisting with crystals in equilibrium, indicating magma mixing/mingling process. On the other hand, the phenocryst content of the Tepeköy, Melendiz and Keciboyduran basaltic rocks is lower than that of the andesitic rocks (< 20%). The basaltic rocks exhibit generally microlitic and trachytic textures and have mineral assemblages dominated by olivine, plagioclase, clinopyroxene, and Fe-Ti-oxides.

The volcanic rocks in NVC are mainly characterized by calc-alkaline andesite-basaltic andesite-trachyandesite and mildly alkaline basalt-trachybasalt. Although small differences between these andesitic and basaltic rocks are observed, they also show a geochemistry characterized by high LILE and low HFSE concentrations with negative Nb, Ta, P and Ti anomalies, which are likely to represent a common magma source. Mafic samples of the NVC have moderate to low Mg-number, and low Cr and Ni contents, indicating that they have undergone significant fractional crystallization from mantle-derived melts. The variations of major oxides and trace elements can be explained by fractionation of common mafic, felsic and oxide phases.

The initial  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  (ranging from 0.7036-0.7054),  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  (0.5126-0.5129) and Pb isotopic ratios ( $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ : 18.75-18.92,  $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ : 15.62-15.71,  $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ : 38.66-39.09) of the studied andesitic and basaltic rocks vary a narrow and similar range, indicating a common homogeneous source for the distinct volcanic units. All the geochemical data, in conjunction with the geological and petrographical evidences, suggest that the Late Tertiary Nigde volcanites were probably derived from a hybrid source (i.e. a basic magma derived from an enriched subcontinental lithospheric mantle interacted with a lower crustal melt that originated from the dehydration melting of the mafic lower crust at deep crustal levels). Consequently, the interaction process played an important role in the genesis of the studied volcanics, which subsequently underwent a fractional crystallization±crustal assimilation processes in a post-collisional geodynamic setting.

**Key Words:** Central Anatolia, Niğde, volkanic rock, geochemistry, Sr-Nd-Pb isotopes.

## ÇAMARDI BÖLGESİNEDEKİ VOLKANİK KAYAÇLARIN JEOKİMYASAL, SR-Nd-Pb İZOTOPİK ÖZELLİKLERİ VE KÖKENİ, NİĞDE, ORTA ANADOLU

**Faruk Aydin<sup>1</sup>, Mustafa Sönmez<sup>1</sup>, Abdurrahman Lermi<sup>1</sup> ve Orhan Karşılı<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Niğde Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 51245 Niğde, Türkiye, faydin@nigde.edu.tr,*

<sup>2</sup>*Gümüşhane Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 29000, Bağlarbaşı, Gümüşhane, Türkiye.*

Bu çalışmada Çamardı bölgesindeki volkanik kayaçların ana magma kaynağını ve gelişim sürecini belirlemek için jeokimyasal ve Sr-Nd-Pb izotop veriler rapor edilmiştir. Kayaç kimyası sınıflama diyagramlarına göre, volkanik kayaçlar bazalt-bazaltikandezit serisi (Grup A), trakiandezit serisi (Grup B) ve trakit-trakidasit serisi (Grup C) olmak üzere başlıca üç farklı kayaç serisine ayrılabilirler. Sedimanter kıırıntılı ve karbonatlı kayaçlarla ara katkılı olan Grup A serisi volkanitleri inceleme alanında geniş alanları kaplayan masif lav akıntılarından, yastık lavlardan ve bunların piroklastitlerden meydana gelir. Buna karşın, Grup B serisi kayaçları arazide çoğunlukla sil ve dayklar şeklinde lokal alanlarda gözlenir. Diğer taraftan Grup C serisine ait volkanik kayaçlar ise genel olarak küçük ölçekli lav domları ve dayklar ile karakterize edilir ve Grup A serisine ait kayaçları keserler.

Çamardı volkanitleri genellikle hipokristalen veya mikrolitik bir hamur içeren porfiritik, trakitik veya amigdaloidal bir dokuya sahiptir ve fenokristal olarak plajiyoklas±sanidin±ojit±olivin± amfibol±biyotit içermektedirler. Bu volkanik kayaçlar hem orta/yüksek-K kalk-alkalen ve şoşonitik geçişli bir özellik sunarken (Grup A ve B örnekleri) hem de potasik (Grup C kayaçları) bir karakter gösterirler. Bu volkanitlerin mafik örnekleri orta-düşük Mg-numarasına (0.58-0.30), Cr (< 340 ppm) ve Ni (< 100 ppm) içeriklerine sahiptir. Bu özellikler incelenen volkanitlerin mantodan-türeyen ergiyiklerden itibaren önemli oranda farklılaşmaya maruz kaldıklarını işaret etmektedir. Ana oksit ve iz element değişimleri, klinopiroksen±olivin±amfibol+Fe-Ti oksit gibi yaygın mafik mineral ve oksit fazlarının farklılaşmada önemli rol oynadığını gösterir.

İlkSEL mantoya göre normalleştirilmiş iz element değişim grafikleri, tüm kayaç gruplarının LILE'ce zenginliğini, bununla birlikte Nb, Ta, P ve Ti elementlerce tüketildiğini göstermiştir. Ayrıca bu gruplara ait kayaçlar orta derecede LREE/HREE oranlarına ve orta-yüksek Th/Yb oranlarına sahiptirler. Tüm bu veriler yaklaşan plaka kenarlarıyla ilişkili volkanitlerin tipik özellikleridir ve incelenen volkanitlerin ana magmasının, muhtemelen daha önceleri yitim bileşenleriyle bileşimi değiştirilmiş olan zenginleşmiş bir manto kaynağından türediğini gösterir. Kondrite göre normalleştirilmiş NTE değişim grafikleri, tüm kayaç serileri için benzer bir manto kaynağı işaret eden düşük-orta zenginleşme derecesini konkav bir şekele sahiptir.

İncelenen volkanik kayaçların yüksek  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  (0.707-0.709) ve düşük  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  (0.5123-0.5125) oranları yarı kitasal bir litosferik manto kaynağı ile uyumludur. Pb izotop oranları  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ : 18.77-18.98,  $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ : 15.65-15.67,  $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ : 38.77-39.13 dar bir aralıktır değişim gösterir. Yüksek Pb ve Sr izotop oranları belirgin bir biçimde EMII-tip protoliti (manto kökenini) işaret etmektedir. 55-60 milyon yıla göre hesaplanan ilksel epsilon Nd değerleri -2.7 ila -5.9 arasında değişir; bu değerler incelenen volkanitlerin kaynak bölgesinin zenginleşmiş doğasını gösterir. Tüketilmiş mantoya göre hesaplanan Nd model yaşları ise 0.81 ile 1.06 milyar yıl arasında değişir ki, bu muhtemelen manto kaynak bölgesinin yaşına karşılık gelir.

Bu izotopik veriler ile jeolojik ve jeokimyasal veriler birlikte değerlendirildiğinde, Çamardı volkanitlerinin kaynağının, muhtemelen önceki bir yitim prosesiyle bileşimi değişen, zenginleşen yarı kitasal bir litosferik manto kaynağı olduğu (muhtemelen EMII-tip zenginleşmiş mantoya benzer) ve Geç Kretase-Erken Tersiyer dönemindeki çarpışma sonrası açılmalı bir jeodinamik ortamda bu volkanitlerin ana magmasının büyük oranda farklılaşma±kabuksal kirlenme proseslerine maruz kaldığı anlaşılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Orta Anadolu, Çamardı-Niğde, volkanik kayaç, jeokimya, kalk-alkali, alkali.

## GEOCHEMICAL AND SR-ND-PB ISOTOPIC CONSTRAINTS ON THE ORIGIN OF VOLCANICS FROM THE ÇAMARDI REGION, NİĞDE, CENTRAL ANATOLIA

**Faruk Aydin<sup>1</sup>, Mustafa Sönmez<sup>1</sup>, Abdurrahman Lermi<sup>1</sup> and Orhan Karşılı<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Niğde Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 51245 Niğde, Türkiye, faydin@nigde.edu.tr,*

<sup>2</sup>*Gümüşhane Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 29000, Bağlarbaşı, Gümüşhane, Türkiye.*

This study presents geochemical and Sr-Nd-Pb isotopic data for volcanic rocks of the Çamardı region in order to investigate their parental magma source and evolution process. Based on the chemical rock classification diagrams, the volcanic rocks can be mainly divided into three different rock series comprising of

basalt-basalticandesite (Group A), trachyandesite (Group B), and trachyte-trachydacite (Group C) series. The Group A series alternating with sedimentary clastic rocks and carbonates consists of massive lava flows, pillow lavas, and their pyroclastics whereas the Group B series is locally observed as sills and dykes in the field. On the other hand, the Group C series is generally characterized by lava domes and dykes, and this series cuts the rocks of the Group A series.

The Çamardı volcanites have generally porphyritic, amygdaloidal, and trachytic textures with a hypocrystalline or microlitic groundmass and contain plagioclase±sanidine+augite±olivine± amphibole±biotite. They show a transitional character between moderate/high-K calc-alkaline to shoshonites (the samples of Groups A and B) and alkaline potassic rocks (the Group C rocks). Mafic samples of the volcanites have moderate to low Mg-number (0.58-0.30), and low Cr (< 340 ppm), and Ni (< 100 ppm) contents, indicating that they have undergone significant fractional crystallization from mantle-derived melts. The variations of major oxides and trace elements can be explained by fractionation of common mafic mineral phases such as augite, olivine and amphibole±biotite, and Fe-Ti oxides.

Primitive mantle-normalized trace element patterns show that all rock groups are enriched in LILE but depleted in Nb, Ta, P and Ti. Besides, the rocks have moderate LREE/HREE ratios and moderate to high Th/Yb ratios, all of which are typical characteristics of active margin magmas (or subduction-related magmas) and indicate that parental magma(s) probably derived from an enriched lithospheric mantle, which was previously modified by subduction components. The chondrite-normalized REE patterns are concave shapes with low to medium enrichment, indicating similar mantle source for all the rock series.

The high initial  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  (ranging from 0.707-0.709) and low  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  (0.5123-0.5125) isotopic ratios of the studied volcanic rocks are consistent with a subcontinental lithospheric source. Pb isotopic ratios vary a narrow range with  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ : 18.77-18.98,  $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ : 15.65-15.67,  $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ : 38.77-39.13. The high Pb and Sr isotopic ratios indicate the presence of an EMII-like protolith (mantle source region). Initial epsilon Nd values (calculated at 55-60Ma) range from -2.7 to -5.9, clearly indicating the enriched nature of the source of the studied volcanites. Nd model ages (calculated for depleted mantle) range from 0.81 to 1.06Ga, probably representing of the age of the mantle source from which the volcanic rocks were derived.

Geological and geochemical data, combined with isotopic data, suggest that the Çamardı volcanites were probably derived from an enriched subcontinental lithospheric mantle source (EMII-type enriched mantle source) modified by an earlier subduction event, and then parent magma of the volcanics were largely experienced fractional crystallization±crustal contamination processes in a post-collisional extension-related geodynamic setting during the Late Cretaceous-Early Tertiary period.

**Key Words:** Central Anatolia, Çamardı-Niğde, volkanic rock, geochemistry, calc-alkaline, alkaline.

## SİNOP VE ÇEVRESİNDEKİ VOLKANİK KAYAÇLARIN PETROGRAFİSİ VE JEOKİMYASI: İLK BULGULAR

E. Aydin Çakır<sup>1</sup> ve Cüneyt Şen<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Gümüşhane Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, TR-29000 Gümüşhane, Türkiye,  
emre@gumushane.edu.tr, aydincakir61@gmail.com

<sup>2</sup>Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, TR-61080, Trabzon, Türkiye.

Orta Pontid Orojenik Kuşağında yer alan Sinop ve çevresi volkanizmanın en yaygın olduğu bölgelerden biridir. Sinop ve çevresindeki volkanitler, Doğu Pontid Alkalen Volkanik Provensi olarak adlandırılan Trabzon ve çevresindeki volkanitlerle benzer özellikler gösterir.

Volkanitleri başlıca bazalt, andezit ve bunlarla ilişkili piroklastik kayaçlar (volkanik breş, vitrik ve kristal tüf) oluşturmaktadır. Bazaltik ve andezitik bileşimli bu volkanik kayaçlarda başlıca piroksen, horblend, biyotit, olivin, plajiyoklas, opak mineral ve feldispatoïd (lösit) mineralleri yer alır. İkincil mineral olarak klorit, kalsit ve zeolit bulunmaktadır. Bu volkanik kayaçlar genellikle mikrolitik-porfirik, porfirik, hyalo-mikrolitik porfirik, yer yer de glomeroporfirik ve poyikilitik doku göstermektedir. Bunun yanı sıra, plajiyoklas fenokristallerinde halkalı zonlanma, elek dokusu, kemirilme; hornblenlerde opaklaşma ve bozunma ve klinopiroksenlerde de kemirilme yapıları gibi dokular gözlenir.

Sinop volkanitleri, toleyitik ve kalk-alkali karakterli olup, orta-yüksek K içeriğine sahiptirler. Volkanitler, ilksel manto ve kondrite göre normalize edilmiş iz element değişim diyagramlarında, büyük iyon yarıçaplı litofil elementler (LILE) ve hafif nadir toprak elementler (LREE) bakımından zenginleşmiş, yüksek alan enerjili elementlerce (HFSE) tüketilmişlerdir. Negatif Nb, Ta, Zr, Hf ve Ti anomalileri yitim ilişkili yay magması özelliği göstermektedir. Kondrite normalize edilmiş nadir toprak element dağılımları, düşük-orta

derecede zenginleşmeyle konkav şekilli olup ( $\text{La}_{\text{N}}/\text{Lu}_{\text{N}} = 4.6-15.99$ ), volkanitleri oluşturan kayaçların benzer kaynaklarından itibaren oluştuğunu düşündürmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Pontid Orogenik Kuşak, kalk-alkalen, Sinop volkanitleri, petrografi, jeokimya.

## THE PRELIMINARY EVALUATION ON THE PETROGRAPHICAL AND GEOCHEMICAL OF VOLCANIC ROCKS IN THE SINOP AREA

E. Aydin Çakır<sup>1</sup> and Cüneyt Şen<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Gümüşhane University, Department of Geological Engineering, TR-29000 Gümüşhane, Turkey,  
emre@gumushane.edu.tr, aydincakir61@gmail.com,

<sup>2</sup>Karadeniz Technical University, Department of Geological Engineering, TR-61080 Trabzon, Turkey.

Sinop and surrounding area situated in the Middle Pontide Orogenic Belt are one of the regions which have widespread volcanic rocks. Sinop and the surrounding volcanic rocks show similar characteristics Trabzon and surrounding volcanics which known as the Eastern Pontian Alkaline Volcanic Province.

The rocks consist mainly of basalt, andesite and associated pyroclastics (volcanic breccia, vitric and crystal tuff). Volcanic rocks have basaltic and andesitic composition and mainly made up of clinopyroxene, hornblende, biotite, olivine, plagioclase, opaque mineral and feldspathoid (leucite). Chlorite, calcite and zeolite are found as secondary minerals. These volcanic rocks show generally microlitic-porphyritic, porphyric, hyalomicrolitic porphyritic, rarely glomeroporphyric and poikilitic textures. In addition, they show textures such as oscillatory zoning, sieve textured and resorbed plagioclase phenocrysts, breakdown and opaqued hornblendes, dissolution in clinopyroxene.

The volcanic rocks are generally tholeiitic to calc-alkaline transitional in character, and have medium to high K contents. They are enriched in large ion lithophile elements (LILE), light rare earth elements (LREE), depleted in high field strength elements (HFSE) with respect to primitive mantle and chondrite. Negative Nb, Ta, Zr, Hf and Ti anomalies are typical of these subduction-related arc magmas. The chondrite-normalized REE patterns ( $\text{La}_{\text{cn}}/\text{Lu}_{\text{cn}} = 4.6-15.99$ ) show low to medium enrichment, indicating similar sources for the rock suite.

**Key Words:** Pontide Orogenic Belt, calc-alkaline, Sinop volcanites, petrography, geochemistry.

## PLİYOSEN YAŞLI ETRÜSK STRATO-VOLKANININ MAGMATİK EVRİMİNDE KABUKSAL KİRLENME-AYIRIMLAŞMA (AFC) VE MAGMA KARIŞIMI İŞLEMLERİNİN ÖNEMİ, VAN GÖLÜ KUZEYDOĞUSU

Vural Oyan<sup>1</sup>, Mehmet Keskin<sup>2</sup>, Vladimir Lebedev<sup>3</sup>,  
Andrey Chugaev<sup>3</sup> ve Evgenii Sharkov<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Zeve Kampüsü, Van, Türkiye,  
vuraloyan@yyu.edu.tr,

<sup>2</sup>İstanbul Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 34320 Avcılar, İstanbul, Türkiye,

<sup>3</sup>Russian Academy of Sciences, Institute of the Ore Deposits Geology, Petrology,  
Mineralogy and Geochemistry, Staromonetny per., 35, Moscow 119017, Rusya.

Van Gölü'nün kuzeydoğusunda yer alan Pliyosen yaşlı Etrüsk stratovolkani, at nali şekilli kalderası, 3100 m yüksekliği ve ~170 km<sup>2</sup> taban alanı ile Doğu Anadolu'da çarpışmayla ilişkili önemli volkanik çıkış merkezlerinden biridir. Yeni K-Ar jeokronolojik yaş verilerimiz, Pliyosen'de Etrüsk volkanını ortaya çıkarılan püskürmeler öncesinde plato oluşturan yaygın bir alkali bazaltik / hawaiitik volkanizmanın bölgede geniş alanlarda hüküm sürmüş olduğunu göstermektedir. 4.9 - 4.5 My arasındaki dönemde gerçekleşmiş olan bu volkanizma, Van Gölü sahilinden Tendürek volkanı tabanına kadar geniş bir alan kaplamıştır ve başlıca olivin+plajioliklas+klinopiroksen-frik lavların püskürmesine sahne olmuştur. Püskürmelerin 4.3 My önce lokalize olması sonucunda Etrüsk'ün volkanik gövdesi bu plato üzerinde belirmeye başlamış ve etkinliği 3.6 My öncesine kadar devam etmiştir. Etrüsk volkanının ilk ürünleri trakitik ve latitik lavlar, kaya çığı birimleri ve bu birimleri radyal olarak kesen bir dayk sistemidir. Etrüsk volkanında ~4 My önce bir kaldera çökmesi gerçekleşmiştir. Kaldera oluşumunu izleyen evrede ise volkanın yamaclarından trakidasitik ve riyolitik lavlar püskürmüştür. Etrüsk volkanı lavları porfirik dokuludurlar ve başlıca plajioliklas, klinopiroksen, amfibol, biyotit,

K-feldspat ve nadiren de olivin fenokirstalleri içerirler. Traktik lavlar alkalen karakterlidirler. Latitik, trakidasitik ve riyolitik lavlar ise alkali-kalkalkali arasında geçiş karakteristikleri sunarlar.

Plajiyoklaz fenokristallerinde cam kapanımları ve elek dokusu, biyotit fenokristallerinde bıçağımsı yapı gibi petrografik bulgular, magma karışımı işleminin önemine işaret eder. İleri derecede uyumlu ve uyumsuz element çiftlerinin birbirine karşı iz düşüldüğü değişim diyagramları üzerinde örnek noktalarının bir kısmının primitif bazik uç üye ile evrimleşmiş lavlar arasında doğrusal trendler izlemesi, Etrük altındaki magma odasında evrimleşmiş magmanın periyodik olarak primitif magma ile tazelenmiş (replenished) olduğuna işaret etmektedir. Magma karışımı/tazelemesi işleminin geçerli olup olmadığını ortaya koymak amacıyla en primitif bazik lavlar ile Etrük'e ait evrimleşmiş lavların majör element konsantrasyonları kullanılarak magma karışımı süreci **least square** metodу ile test edilmiştir. Modelleme sonuçları Etrük'e ait ortaç latitik lavların, bazaltik ve asidik uç üye magnaların karışımı sonucunda oluşabileceğine işaret etmektedir.  $\Sigma r^2$  değerinin 0.4 ile 0.6 arasında değişmesi, bu prosesin istatistiksel açıdan geçerliliğini doğrulamaktadır. Jeokimyasal ve izotopik veriler, Etrük volkanına ait lavların türediği magma odasında asimilasyon ile birlikte fraksiyonel kristalleşme (AFC) sürecinin önemli olduğunu gösterir. Özellikle  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  – MgO arasındaki negatif ve  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_i$  –  $\text{SiO}_2$  arasındaki pozitif korelasyon AFC işleminin göstergesidir. De Paolo (1981) ve Aitcheson ve Forrest'in (1994) eşitliklerini kullanılarak yaptığım AFC modellemelerinin sonuçları, Etrük volkanının en evrimleşmiş lavlarında kitasal materyalin önemli miktarda asimile edildiğini ve latitik - trakidasitik lavların oluşumunda magma tazelenmesi ve AFC süreçlerinin etkili olduğunu göstermiştir. Bohrson ve Spera'nın (2001) eşitlikleri ile gerçekleştirdiğimiz EC-AFC modellemesi sonuçları ise, magma oluşumunda yine önemli oranda kabuksal katkı vermiş ve ayrıca asimile edilmiş kitasal materyalin en uygun başlangıç sıcaklığının 400°C olduğunu göstermiştir. Asimilasyonun yan kayaçtaki başlangıç sıcaklığını veren bu bulgu, Etrük volkanının altında AFC süreçlerinin hüküm sürmüş olduğu magma odasının olası derinliğinin 10-12 km arasında olabileceği göstermektedir (termal gradyan 32°C olarak hesaplanmıştır). Bu bulgular, Pliyosen'de Etrük volkanının altında olasılıkla 10-12 km derinde yer almış olan magma odasında AFC, periyodik magma-karışımı ve/veya magma tazelenme süreçlerinin önemli olduğuna işaret eder.

**Anahtar Kelimeler:** Doğu Anadolu, Etrük volkanı, AFC, Magma karışımı/tazelenmesi.

#### Değerlendirmeler

- Aitcheson, S.J., and Forrest, A.H., 1994. Quantification of crustal contamination in open magmatic systems. *Journal of Petrology* 35, 461–488.
- Bohrson, W.A., and Spera, F.J., 2001. Energy-constrained open-system magmatic processes II: application of energy-constrained assimilation–fractional crystallization (EC-AFC) model to magmatic systems. *Journal of Petrology* 42, 1019–1041.
- De Paolo, D.J., 1981. Trace element and isotopic effects of combined wall-rock assimilation and fractional crystallization. *Earth and Planetary Science Letters* 53, 189–202.

## IMPORTANCE OF ASSIMILATION COMBINED WITH FRACTIONAL CRYSTALLIZATION (AFC) AND MAGMA MIXING PROCESSES IN THE MAGMATIC EVOLUTION OF THE PLIOCENE ETRUSK VOLCANO, NORTHEAST OF LAKE VAN, E TURKEY

**Vural Oyan<sup>1</sup>, Mehmet Keskin<sup>2</sup>, Vladimir Lebedev<sup>3</sup>,  
Andrey Chugaev<sup>3</sup> and Evgenii Sharkov<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Van Yuzuncu Yıl University, Department of Geological Engineering, Van, Turkey(vuraloyan@yyu.edu.tr)

<sup>2</sup> İstanbul University, Department of Geological Engineering, Avcılar, İstanbul, Turkey,

<sup>3</sup> Russian Academy of Sciences, Institute of the Ore Deposits Geology, Petrology, Mineralogy and Geochemistry, Staromonetny per., 35, Moscow Russia.

Pliocene Etrük stratovolcano, located in the northeast of Lake Van, is one of the most important collision-related volcanic centers in Eastern Anatolia with an elevation of 3100 m, a base area of  $\sim 170 \text{ km}^2$  and a horseshoe-shaped caldera. Our new K/Ar age determinations indicate that alkaline basaltic and hawaiitic lavas were erupted before the eruptions that formed the Etrük volcano during the Pliocene, forming a widespread plateau extending from the northern shore of Lake Van to the base of the Tendurek volcano. This plateau-forming basic volcanism occurred in a period between 4.9 and 4.5 Ma and generated olivine + plagioclase + clinopyroxene-phyric lavas. After the localization of eruptions around 4.3 Ma, the Etrük volcanic system started to be emerged on this plateau and where volcanic activity continued up to 3.6 Ma. Initial products of the Etrük volcano are the trachytic, latitic lava flows, debris avalanche deposits and a set of radial dykes cutting these

units. A major caldera collapse event was occurred ~4 Ma at the Etrusk volcano. After the caldera collapse, rhyolitic and trachydacitic lavas erupted from flanks of the volcano. Lavas of the Etrusk volcano are porphyritic in texture and composed of plagioclase, clinopyroxene, amphibole, biotite, K-feldspar, and rarely olivine phenocrysts. Trachitic lavas are alkaline in character whereas latitic and trachydacites/rhyolites lavas are transitional between subalkaline and alkaline. Presence of glass inclusions and sieve texture in plagioclase minerals and knife-like structures in biotite suggest magma mixing processes.

On normal-normal variation diagrams on which highly incompatible and compatible element pairs are plotted against each other, some of the data points align along the straight trends between primitive basic end member composition and evolved samples. This observation suggests that evolved magmas in the magma chamber beneath the Etrusk volcano were possibly periodically replenished with primitive magma. To test the viability of the mixing/replenishment process, we conduct a least square mass balance calculation using the major element concentrations of most primitive basaltic sample and a number of evolved samples from Mt. Etrusk. Results of our mixing models revealed that latitic lavas of Mt. Etrusk might have been formed as a result of mixing between primitive basaltic and evolved acidic lavas. We argue that this interpretation is statistically important because  $\Sigma r^2$  values vary between 0.4 and 0.6. Geochemical and isotopic data imply that assimilation with combined fractional crystallization (AFC) might have been an important process in the magma chamber beneath Mt. Etrusk. Especially negative and positive correlations between  $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i$  and MgO and  $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i$  and SiO<sub>2</sub> respectively indicate AFC processes. Results of our AFC models conducted on the basis of the equations of De Paolo (1981) and Aitcheson and Forrest (1994) show that the most evolved lavas of the Etrusk volcano might have assimilated remarkable amount of crustal material. On the other hand, latitic and trachydacitic lavas were influenced by both replenishment and AFC processes. Results of our EC-AFC models (equations by Bohrson and Spera, 2001) also support the importance of AFC process in magma genesis and further indicate that the initial temperature of crustal material might have been ~400°C. All these findings collectively indicate that the AFC and magma mixing and/or periodic replenishment processes were operational during evaluation of the Etrusk magmas and the magma chamber was possibly located around 10–12 km depth beneath the Etrusk volcano (Thermal gradient was calculated to be 32 °C).

**Key Words:** East Anatolia, Etrusk volcano, AFC, Magma mixing/replenishment.

## References

- Aitcheson, S.J., and Forrest, A.H., 1994. Quantification of crustal contamination in open magmatic systems. *Journal of Petrology* 35, 461–488.
- Bohrson, W.A., and Spera, F.J., 2001. Energy-constrained open-system magmatic processes II: application of energy-constrained assimilation–fractional crystallization (EC-AFC) model to magmatic systems. *Journal of Petrology* 42, 1019–1041.
- De Paolo, D.J., 1981. Trace element and isotopic effects of combined wall-rock assimilation and fractional crystallization. *Earth and Planetary Science Letters* 53, 189–202.

## ORTA ANADOLU VOLKANİK BÖLGESİ’NDE MAAR VOLKANİZMASI, TÜRKİYE

**Gonca Gençalioğlu-Kuşcu<sup>1</sup>, Karoly Nemeth<sup>2</sup> ve R. Bob Stewart<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Muğla Üniversitesi, Kötekli, 48000*

*Muğla, Türkiye, gkuscu@mu.edu.tr,*

<sup>2</sup>*Volcanic Risk Solutions Centre, Massey University, Palmerston North, Yeni Zelanda.*

Neojen-Kuvaterner yaşı Orta Anadolu Volkanik Bölgesi (OAVB) yaklaşık 800 civarında monojenetik volkan barındırmaktadır. Bu küçük hacimli volkanlar başlıca Karapınar, Karacadağ-Hasandağ, Keçiboyduran-Melendiz, Göllüdağ-Acığöl ve Erciyes bölgelerinde yoğunlaşmışlardır. Skorya konileri ve ilişkili lav akıntıları küçük hacimli volkanların çoğunu oluşturan maar volkanları ve domlar sayıca azınlıktadır.

OAVB’de 1970’lerin başından bu yana ondan fazla sayıda maar volkanı tanımlanmıştır. Ancak bu volkanların oluşum ve erüpsiyon şekli ile ilgili detaylı bilgi genellikle sınırlıdır. Bu çalışma, Orta Anadolu’daki bu geniş monojenetik alana ait bazı saha gözlemlerini aktarmayı amaçlamaktadır. Bu çalışmada OAVB maar volkanızması ile ilgili devam eden bir araştırmanın öncel sonuçları sunulmaktadır.

Karapınar bölgesi’nde yer alan maarralar Mekgölü, Acığöl, Mekeobruk, ve Yılanobruğu maarralarıdır ve mafik bileşimlidirler. Acığöl bir göle sahip büyük bir maarken, Mekgölü içinde skorya konisi gelişmiş olan kompleks bir maardır. Önceki çalışmalara göre her iki maarrın piroklastik istifleri gölgesel bir ortamda depolanmış olarak kabul edilmektedir. Öte yandan bu istiflerin tesadüfi (accidental) litikçe zengin olma özellikleri subaerial piroklastik yoğunluk akıntıları tarafından depolandığını göstermektedir. Yığın akıntısı (debris flow) çökelleri ile

arakatkılı olarak gözlenen ilksel freatomagmatik tefra erüpsiyon sırasında duraksamalara, ve dolayısıyla Mekegölü Maası'nın "polijenetik" özelliğine işaret etmektedir. Mekeobruk ve Yılanobruğu maarrları ise dik krater duvarlarına ve ince bir tefra çerçevesine sahip olan küçük patlama kraterleridir. Bu gözlemler bu küçük maarrların tek bir patlamalı erüpsiyon ve krater tabanı çökme evresi geçirdiğini göstermektedir.

Karapınar bölgesi maarrları dik ve duraylı krater duvarları oluşmasına imkan veren lav akıntılarını keserek oluşmuşlardır. Erciyes Volkanik Kompleksi'nde mafik bileşimli Cora Maası ve Göllüdağ-Acığöl bölgesinde yer alan Narköy Maası aynı şekilde dik krater duvarlarına sahip derin maar volkanlarıdır. Ayrıca Orta Anadolu Volkanik Bölgesi'nde yumuşak bir kayaç katmanı boyunca erüpsiyon gösteren maarralar da bulunmaktadır. Karacadağ-Hasandağ bölgesinde mafik bileşimli Kutören Maası ve Göllüdağ-Acığöl bölgesindeki silisik bileşimli Acığöl Maası bu şekilde gelişmiş yayvan ve sığ maarlardır.

Son yıllarda maar volkanizması konusunda yapılan çalışmaların sayısı hızla artmaktadır. Bu çalışmalar volkanik risk analiziyle ilgili olanlardan kimberlit diyatremeleri ile ilişkili olanlara kadar geniş bir spektrum sunmaktadır. OAVB'de maar oluşturan erüpsiyonların morfolojik çeşitliliği ve değişik magma bileşimleri, monojenetik volkanizma için küresel bir model geliştirme konusunda katkı sağlayabilir. Bu nedenle OAVB'deki maar volkanlarının detaylı olarak çalışılması önemlidir.

**Anahtar Kelimeler:** Kuvaterner, OAVB, Küçük hacimli volkanlar, Maar, Erüpsiyon ortamı, Morfolojik çeşitlilik.

## MAAR VOLCANISM IN THE CENTRAL ANATOLIAN VOLCANIC PROVINCE, TÜRKİYE

**Gonca Gençalioğlu-Kuşcu<sup>1</sup>, Karoly Nemeth<sup>2</sup> and R. Bob Stewart<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Department of Geological Engineering, Muğla University, Kötekli, 48000*

*Muğla, Türkiye, gkuscu@mu.edu.tr,*

<sup>2</sup>*Volcanic Risk Solutions Centre, Massey University, Palmerston North, New Zealand*

Neogene-Quaternary Central Anatolian Volcanic Province (CAVP) hosts around 800 monogenetic volcanoes. These small-volume volcanoes are mainly clustered around Karapınar, Karacadağ-Hasandağ, Keçiboyduran-Melendiz, Göllüdağ-Acığöl, and Erciyes regions. Scoria cones and related lava flows constitute the majority of these volcanoes, while maar volcanoes and domes are subordinate in number.

More than ten maar volcanoes have been described within the CAVP since the early 1970s. However, there is generally a lack of detailed information on their formation and eruption style. This study aims to report some field observations from this extensive monogenetic field in central Anatolia. We present preliminary results of an ongoing research on CAVP maar volcanism.

Maars in Karapınar region are Mekegölü, Acığöl, Mekeobruk, and Yılanobruğu, and they are mafic in composition. Acığöl is a large, water-filled maar, while Mekegölü is a complex maar with a scoria cone. Basal pyroclastic sequences of these maars were previously inferred to be deposited in a lacustrine environment. Accidental lithic-rich nature of the deposits, on the other hand, indicates deposition by subaerial pyroclastic density currents. Primary phreatomagmatic tephra intercalated with debris flow deposits indicate time breaks during the eruptions and the "polygenetic" nature of the Mekegölü maar. Mekeobruk and Yılanobruğu are small maars comprising steep-walled, low aspect ratio explosion pits with thin tephra rims. These observations suggest a single explosive eruption and crater floor subsidence for these maars.

The Karapınar maars cut through solidified lava that provided steep and stable crater walls. Mafic Cora Maar in Erciyes Volcanic Complex and Narköy Maar in the Göllüdağ-Acığöl cluster are also such steep-sided, deep maars. There are also examples of maars erupting through a soft substrate. Mafic Kutören Maar in the Karacadağ-Hasandağ cluster and silicic Acığöl Maar in the Göllüdağ-Acığöl cluster are such broad and shallow maars.

The number of studies on maar volcanism has been growing rapidly in the past years. These studies include a wide spectrum from those related to assessment of volcanic risk to those related to kimberlite diatremes. The morphological diversity and variety of magma compositions involved in maar-forming eruptions in CAVP may help developing a global model for monogenetic volcanism. Therefore it is crucial to study the maar volcanoes in CAVP in detail.

**Key Words:** Quaternary, CAVP, Small-volume volcanoes, Maar, Eruptive environment, Morphological diversity.

## BATI ANADOLU ERKEN-ORTA MİYOSEN MAFİK VOLKANİZMASININ MANTO KAYNAĞI ÖZELLİKLERİ VE ERGİME MODELLERİ

**E. Yalçın Ersoy ve Cahit Helvacı**

*Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Dokuz Eylül Üniversitesi, 35160,  
Buca-İzmir, Türkiye, yalcin.ersoy@deu.edu.tr*

Batı Anadolu'da erken-orta Miyosen yaşlı çarışma sonrası volkanizma, kalk-alkali, yüksek-potasumlu (yüksek-K) kalk-alkali, şoşonitik ve ultrapotassik (UK) ürünlerden oluşan potasyumca zengin volkanik kayalar ile simgelenir. Batı Anadolu'da düşük  $\text{SiO}_2$  ve yüksek MgO bileşimli mafik volkanik kayalar, İzmir-Balıkesir transfer zonuna bağlı olarak gelişen doğrultu atımlı fayların etkin olduğu batı kesimlerde yüksek-K volkanik kayalardan (YKVK); Menderes Massifi'nin orojenik çöküş sırasında siyrlıma fayları boyunca yüzeylediği doğu kesimlerde ise şoşonitik ve ultrapotassik volkanik kayalardan (ŞVK ve UPVK) oluşur. Tüm bu kaya grupları benzer Sr-Nd izotop içeriklerine sahip olmasına karşın ŞVK ve UPVK'lar, YKVK grubuna göre uyumsuz elementler bakımından daha fazla zenginleşmiştir. İlkSEL bileşimli (*primitive*) lavların ( $\text{SiO}_2 < 55 \text{ wt\%}$ ,  $\text{Mg\#} > 65$  ve  $\text{MgO} > 6 \text{ wt\%}$ ) jeokimyasal karşılaşması, çarışma sonrası bölgelerdeki potasik magmatik aktivitenin kökemi hakkında önemli ipuçları verir.

Her üç kaya grubunun da jeokimyasal özellikleri bunların ilkel manto (*primitive mantle*) benzeri iz element içeriğine sahip bir manto kaynağından türediklerini; Sr-Nd izotop karışım modelleri ise bu manto kaynağının dalma-batma olayları sırasında % 7-15 sediman bileşeni (hem sediman akışkanı hem de sediman ergiyigi) kapsadığına işaret eder. Bu modifiye manto kaynağının düşük dereceli ergimesi ile YKVK'ların iz element bileşimini elde edilebilir. Ancak, ŞVK ve UPVK'ların iz element bileşimlerini açıklayabilmek için ek bir iz element zenginleşme işlevi gereklidir. Sayısal modellemeler bu zenginleşmenin, YKVK'ların kaynağından daha kalın metasomatik bir manto litosferi içinde gelişebilecek olan "çok evreli ergime ve ergiyik süzülme ve etkileşimi" işlevleri ile gelişebileceğini gösterir. Bu petrojenetik model, Batı Anadolu'da litosfer kalınlığının, doğrultu atımlı faylanmaların olduğu batı kesimlerden bölgesel yükselme ve çöküğün meydana geldiği doğu kesimlere doğru artışı ile uyumludur. Böylece, tüm kaya grupları için manto kaynağının ilk zenginleşme evresinin güneye göç eden Ege yitim zonu (ve/veya daha eski yitim olayları) ile meydana geldiği, ikinci zenginleşmenin (ŞVK ve UPVK için) litosferik genişleme sırasında manto litosferi içinde geliştiği yorumlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Batı Anadolu, Neojen volkanizması, şoşonitik volkanizma, ultrapotassik volkanizma, yitim zonu zenginleşmesi.

## MANTLE SOURCE CHARACTERISTICS AND MELTING MODELS FOR THE EARLY-MIDDLE MIocene MAFIC VOLCANISM IN WESTERN ANATOLIA

**E. Yalçın Ersoy and Cahit Helvacı**

*Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Dokuz Eylül Üniversitesi, 35160,  
Buca-İzmir, Türkiye, yalcin.ersoy@deu.edu.tr*

In Western Anatolia, early-middle Miocene post-collisional volcanism is represented by K-rich volcanic rocks; including calc-alkaline, high-K calc-alkaline, shoshonitic and ultrapotassic products. Low- $\text{SiO}_2$  and relatively high-MgO mafic volcanic rocks in the region are represented by high-K volcanic rocks (HKVR) in the west, where strike-slip tectonics related to the İzmir-Balıkesir Transfer Zone dominates, while shoshonitic and ultrapotassic volcanic rocks (SHVR and UKVR) occur in the eastern part of the region, where Menderes Massif were exhumed along detachment faults during orogenic collapse. All three rock groups have nearly identical Sr-Nd isotope ratios, but the SHVR and UKVR are more enriched in incompatible trace elements relative to the HKVR. Comparison of the geochemical characteristics of the most primitive lavas ( $\text{SiO}_2 < 55 \text{ wt\%}$ ,  $\text{Mg\#} > 65$  and  $\text{MgO} > 6 \text{ wt\%}$ ) provides an important tool in discussing the origin and evolution of the K-rich magmatic activity in this post-orogenic setting.

Geochemical features of the three rock groups require they were all derived from a primitive mantle-like source that, on the basis of Sr-Nd isotope mixing models, was supplemented by addition of 7-15% sediment components during subduction events, including both sediment-fluid and sediment-melt. Low-degree partial melting of this modified mantle source can account for the incompatible trace element budgets of the HKVR, but an additional trace element enrichment process is required to explain the compositions of the SHVR and UKVR. Numerical modeling suggests that this enrichment developed by multi-stage melting and melt percolation processes in a thicker metasomatized mantle lithosphere than that which produced the HKVR. This petrogenetic

model accords with tectonic observations of lithospheric thickening from west to east in the area (where strike-slip deformation occurred to the west and regional uplift and collapse occurred to the east). Hence, the first enrichment stage of the mantle source (HKVR plus SHVR and UKVR) is interpreted to be the result of subduction-related processes during southward retreat of the Aegean subduction system (and/or older subductions), with the second-stage of enrichment (SHVR and UKVR) developing in the mantle lithosphere during lithospheric extension.

**Key Words:** Western Anatolia, Neogene volcanism, Shoshonitic volcanism, Ultrapotassic volcanism, Subduction enrichment.

## ELAZIĞ'D VE GD'SUNDA YÜZEYLEYEN BAZİK VOLKANİK VE SUBVOLKANİK KAYAÇLARIN (YÜKSEKOVA KARMAŞIĞI) PETROLOJİLERİNE DAİR ÖN BULGULAR, GD ANADOLU, TÜRKİYE

**Melek Ural<sup>1</sup>, Sevcan Kürüm<sup>1</sup>, Mehmet Arslan<sup>2</sup>  
ve Mehmet Cemal Göncüoğlu<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Fırat Üniversitesi, MF, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 23119,  
Elazığ, Türkiye, melekural@gmail.com,

<sup>2</sup> Karadeniz Teknik Üniv. MF, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 61100, Trabzon, Türkiye,

<sup>3</sup> Orta Doğu Teknik Üniv. MF, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06532, Ankara, Türkiye.

Elazığ ili Keban Baraj gölü güneyi ile Hazar gölü B-KD'su arasında yer alan bazik volkanik ve subvolkanik kayaçlar, Yüksekova Karmaşığı'na ait yastık yapıları ve masif volkanitler ile bu volkanitleri besleyen dayklardan oluşur. Yüksekova Karmaşığı bu alanda Geç Maastrichtyen-Orta Eosen yaşı olarak kabul edilen Hazar Grubu sedimanları ve Geç Jura-Alt Kretase yaşı olarak kabul edilen Guleman Ofiyolitleri üzerinde tektonik dokanaklı olarak yer almaktadır.

Bütün volkanik ve subvolkanik kayaçların modal mineralojileri benzerlik arz etmektedir. Başlıca plajiyoklas, daha az oranda piroksen, yer yer de psödomorf kristaller halinde olivin mikrolit ve fenokristalleri ile Fe-Ti oksit (manyetit, ilmenit ve hematit) gibi birincil mineraller yanında kayaçlarda ikincil kalsit, klorit, kuvars, demir oksit damar ve gözenek dolguları mevcuttur. Kayaçlar, variolitik, intergranüler, intersertal, subofitik, kümülofistik, hyalomikrolitik, mikrolitik porfirik, amigdaloidal dokular göstermektedirler. Kayaçlarda karbonatlaşma, kloritleşme, opaklaşma ve epidotlaşma başlıca alterasyon ürünleri olarak bulunmaktadır.

Kayaçlar, hareketsiz iz elementlere dayalı petrokimyasal sınıflamalara göre bazalt ve alkali bazalt olmak üzere iki tür kompozisyonu sahiptirler ve genel olarak toleyitik (grup 2 ve 3) ve alkalen (grup 1) karakter sergilemektedirler. Kayaçların Mg numaraları 84 ila 32 arasında değişmektedir. Tüm kayaç petrokimyasal değişim diyagramlarında hareketsiz ve indeks element olarak Zr; TiO<sub>2</sub>, ΣFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Y, Nb, Hf ve Ta ile pozitif korelasyon, CaO, MgO ve Sc ile ise negatif korelasyon göstermektedir. Bu ilişkiler volkanitlerin gelişiminde etkin olan fenokristal fazlarının fraksiyonel kristalleşmesiyle açıklanabilir.

Kayaçların N-tipi Okyanus Ortası Sırtı Bazaltına (MORB) normalize edilmiş iz element dağılımları genel olarak, 3 grup patern göstermektedir. 1.Grup: LIL elementler (Sr, K, Rb, Ba ve Th) HFS elementlere (Ta, Nb, Hf, Zr, Y, Ti) göre; LREE ler HREE lere göre zenginleşme gösterirken (La<sub>N</sub>/Lu<sub>N</sub>: 7.10-3.42, La<sub>N</sub>/Sm<sub>N</sub>: 3.41-1.95), Bu ruptaki tüm örnekler Nb bakımından MORB a oranla zenginleşme göstermektedirler. 2.Grup: LILE bakımından zenginleşen ve fakirleşen iki farklı örümcek grubunun HFSE leri, MORB çizgisinin biraz altında ancak bütün örnekler belirgin negatif Nb anomalisi göstermektedir. Kayaçların kondrite normalize nadir toprak element dağılımları ise yaklaşık yataydır (La<sub>N</sub>/Lu<sub>N</sub>: 1.46-0.54, La<sub>N</sub>/Sm<sub>N</sub>: 1.19-0.54). 3.Grup: LILE bakımından zenginleşen ve fakirleşen iki farklı örümcek grubunun HFSE leri, MORB çizgisinin üzerindedir. Kayaçların, kondrite normalize nadir toprak element dağılımları ise, ya yaklaşık yataydır (La<sub>N</sub>/Lu<sub>N</sub>: 1.20-0.85, La<sub>N</sub>/Sm<sub>N</sub>: 0.91-0.73) yada hafif yukarı konkavdır (La<sub>N</sub>/Lu<sub>N</sub>: 3.38-1.85, La<sub>N</sub>/Sm<sub>N</sub>: 2.14-1.42).

Genel olarak örnek gruplarının (1.grup haricindeki) hareketsiz iz elementlere dayalı ikili ve üçlü magma-tektonik ayırtmanı diyagramları, bu örneklerin büyük çoğunuğunun bir yay içi yada yay gerisi ortamla ilişkili gerilmeli tektonik rejimde oluşabileceklerine işaret etmektedir. Diğer taraftan grup 1 kayaçlarının ise yitimin daha olgun sahalarında gelişen bir magma kaynağı ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir. Kayaçların tüm kayaç petrokimyasal karakteristikleri göz önüne alındığında temelde Normal MORB ile zenginleşmiş MORB kaynağı arasında geçiş gösteren heterojen bir magma kaynağı düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Örümcek diyagram, Hareketsiz element, Elazığ, Yüksekova Karmaşığı.

**PRELIMINARY RESULTS ABOUT PETROLOGIES OF THE BASIC VOLCANIC AND SUBVOLCANIC ROCKS (YÜKSEKOVA COMPLEX) IN THE EAST AND SOUTHEAST OF ELAZIĞ, SE ANATOLIA, TURKEY**

**Melek Ural<sup>1</sup>, Sevcan Kürüm<sup>1</sup>, Mehmet Arslan<sup>2</sup>  
and Mehmet Cemal Göncüoğlu<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Firat Univ. Eng.Fac. Dept of Geological Eng., 23119,  
Elazığ, Turkey, melekural@gmail.com*

<sup>2</sup>*Karadeniz Technical Univ. Eng.Fac. Dept of Geological Eng., 61100, Trabzon, Turkey,*

<sup>3</sup>*Middle East Technical Univ. Eng.Fac. Dept of Geological Eng., 06532, Ankara, Turkey.*

The basic volcanic and subvolcanic rocks located between south of Keban Dam Lake and northeast-west of Hazar Lake in Elazığ city consist of pillow lava, massive volcanic rocks and dykes feeding these volcanites. Yuksekova Complex placed in this area overlap tectonically the Hazar Group sediments assumed as Late Maastrichtien-Middle Eosen age and the Guleman Ophiolites assumed Late Jurassic-Lower Cretaceous age.

Modal mineralogies of the all volcanic and subvolcanic rocks show similarity. Primarily modal mineralogy of the volcanites are represented by mainly plagioclase, lesser pyroxene, rarely olivine crystals, as well as calcite, chlorite, quartz, Fe-Ti oxide (magnetite, ilmenite and hematite) fillings and veinings. The rocks show variolitic, intergranular, intersertal, subophitic, kumulophytic, hyalomicrolitic, microlitic porphyric and amigdaloidal textures. Carbonatization, chloritization, epidotization are found as main alteration products in these rocks.

The rocks have two types of composition as basalt and alkali basalt according to petrochemical classifications based on immobile trace elements. Generally, they exhibit tholeiitic (groups 2 and 3) and alkalic (group 1) characters. Magnesium numbers of the rocks change between 84 and 32. In the whole-rock petrochemical variation diagrams; Zr as an immobile and index element indicates positive correlation with  $TiO_2$ ,  $\Sigma Fe_2O_3$ ,  $P_2O_5$ , Y, Nb, Hf and Ta whereas it shows negative correlation with CaO, MgO and Sc. These relationships may be explained by fractional crystallization process of the observed phenocrystal phases in the evolution of the volcanites.

N type MORB normalized trace element scatterings of the rocks illustrates mainly three group patterns: Group 1: LILE elements (Sr, K, Rb, Ba, Th) and LREEs show enrichment relative to HFSEs (Ta, Nb, Hf, Zr and Th) and HREEs, respectively ( $La_N/Lu_N$ : 7.10-3.42,  $La_N/Sm_N$ : 3.41-1.95). All the samples show enrichment with respect to Nb relative to MORB. Group 2: HFSEs of two different groups of the spiders enriched and depleted with respect to LILE are just below the MORB line. However, all the samples show clearly negative Nb anomalies. The chondrite normalized patterns of the rocks are approximately horizontal ( $La_N/Lu_N$ : 1.46-0.54,  $La_N/Sm_N$ : 1.19-0.54). Group 3: HFSEs of two different groups of the spiders enriched and depleted with respect to LILE are over the MORB line. The chondrite normalized patterns of the rocks are either approximately horizontal or slightly over the concave ( $La_N/Lu_N$ : 3.38-1.85,  $La_N/Sm_N$ : 2.14-1.42).

Generally, binary and triangular magma-tectonic discrimination diagrams based on immobile trace element of the sample groups (except of Group 1) indicate that most of them might be formed at an extentional arc setting, possibly a back arc or inner arc extentional environment. On the other hand, the rocks in Group 1 are considered to be related to the magma source developed during the mature phase of the subduction zone. Considering petrochemical characteristics of the rocks, basically it is considered to be that there is a heterogeneous magma source implying a transition between N-MORB and E-MORB.

**Key Words:** Spider diagram, Immobile element, Elazığ, Yuksekova Complex.

**KARAKAYA KARMAŞIĞI BİRİMLERİNİN (KB VE ORTA-KD ANADOLU)  
TEKTONİK KONUMUNA META-MAGMATİK KAYAÇLARIN MİNERALOJİ-  
PETROGRAFİSİ VE JEOKİMYASI İLE BİR YAKLAŞIM**

**Sema Tetiker<sup>1</sup> ve Hüseyin Yalçın<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Batman Üniversitesi, 72060,  
Batman, Türkiye, sema.tetiker@batman.edu.tr*

<sup>2</sup>*Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Cumhuriyet Üniversitesi, 58140, Sivas, Türkiye*

Sakarya Kompozit Birliği (Göncüoğlu vd., 1997) içerisinde yer alan Paleotetis ile ilişkili Permo-Triyas yaşı Karakaya Karmaşığı, Alt ve Üst Karakaya olmak üzere iki bölüme ayrılmaktadır (Okay ve Göncüoğlu, 2004). Bu çalışmada KB (Biga Yarımadası) ve Orta-KD (Tokat yöresi) Anadolu'da yüzeyleyen Karakaya

Karmaşıklığı birimlerindeki (meta-)magmatik kayaçların mineralojik-petrografik (ince-kesit ve XRD) ile jeokimyasal (ana ve iz elementler) özellikleri incelenerek, kökeni ve tektonomagmatik konumlarının aydınlatılması amaçlanmıştır.

Alt (Nilüfer Birimi ve Turhal Metamorfitleri) ve Üst (Çal Birimi ve Devecidağ Karışığı) Karakaya birimlerine ait metamagmatik kayaçlar (metatüf, spilitik metabazalt, andezitik metabazalt, metadiyabaz, metagabbro) magmatik (vitrofırıksız porfirik, vitrofırıksız-mikrolitik porfirik, hipokristalin porfirik, holokristalin tanesel, hipokristalin-mikrolitik porfirik, intersertal, glomeroporfirik ve amigdaloidal) ve metamorfik (blastoporfirik, blastosubofitik ve kataklastik) dokuya sahiptir. Kalıntı magmatik fazları plajiyoklaz, klinopiroksen (ojit, Ti-ojit), amfibol (kersutit) ve Fe-oksit (hematit, kromit); metamorfik mineralleri ise tremolit/actinolit, antofillit, stilpnometan, epidot, biyotit, klorit, serizit, natrolit ve prehnit temsil etmektedir.

Magmatiklerin yanı sıra, metaklastik kayaçlardan elde edilen mineralojik-petrografik (dokusal ilişkiler, tipik indeks mineraller ve mineral birlilikleri) verilerine göre (Tetiker vd., 2009a ve 2009b); Alt Karakaya birimleri yüksek basınç-düşük sıcaklık ile temsil edilen sıkışmalı, Üst Karakaya birimleri ise ısı akışının etkili olduğu genişlemeli baseni yansitan ileri diyajenetic/çok düşük dereceli metamorfik özellikler sunmaktadır.

Jeokimyasal verilere göre; çoğunlukla alkali ve bazik karakterli olan bazaltik kayaçlar manto kökenli olup; Alt Karakaya birimleri E-MORB, Üst Karakaya birimleri ise OIB-benzeri bileşimler vermektedir. Bu ve öncel çalışmalar (Pickett vd., 1995; Pickett ve Robertson, 1996; Göncüoğlu vd., 2000; Okay, 2000; Sayit ve Göncüoğlu, 2009a ve 2009b) birlikte değerlendirildiğinde; Alt Karakaya birimlerindeki magmatik kayaçların okyanus-ortası sırtı, buna karşın Üst Karakaya birimlerindekilerin ise levha-içi jeotektonik ortamlarda geliştiği ileri sürülebilir.

**Anahtar Kelimeler:** Paleotetis, volkanikler, iz elementler, köken, jeotektonik ortam.

## AN APPROACH TO TECTONIC SETTING OF THE KARAKAYA COMPLEX UNITS (NW AND CENTRAL-NE ANATOLIA) BY MEANS OF MINERALOGY-PETROGRAPHY AND GEOCHEMISTRY OF METAMAGMATIC ROCKS

**Sema Tetiker<sup>1</sup> and Hüseyin Yalçın<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Department of Geological Engineering, University of Batman, 72060, Batman, Turkey,  
sema.tetiker@batman.edu.tr*

<sup>2</sup>*Department of Geological Engineering, University of Cumhuriyet, 58140, Sivas, Turkey.*

The Permo-Triassic Karakaya Complex related to the Paleotethys is located within the Sakarya Composite Terrane (Göncüoğlu et al., 1997), that is subdivided into two parts as Lower and Upper Karakaya (Okay and Göncüoğlu, 2004). In this study, the origin and tectonomagmatic settings of (meta-)magmatic rocks within the units of Karakaya Complex outcropped in the NW (Biga Peninsula) and Central-NE (Tokat area) Anatolia have been aimed to clarify by revealing their mineralogic-petrographic (thin-section and XRD) and geochemical (major and trace elements) properties.

Metamagmatic rocks (metatuff, metabasalt, spilitic metabasalt, andesitic metabasalt, metadiabase, metagabbro) from the Lower Karakaya units (Nilüfer unit and Turhal Metamorphites) the Upper Karakaya units (Çal unit and Devecidağ Melange) have magmatic (vitrophyric porphyric, vitrophyric-microlitic porphyric, hypocrystalline porphyric, holocrystalline granular, hypocrystalline-microlitic porphyric, interstitial, glomeroporphyric and amygdaloidal) and metamorphic (blastoporphyric, blastosubophitic and cataclastic) textures. The relict igneous phases are plagioclase, clinopyroxene (augite, Ti-augite), amphibole (kaersutite) and Fe-oxides (hematite, chromite), whereas tremolite/actinolite, anthophyllite, stilpnometane, epidote, biotite, chlorite, sericite, natrolite and prehnite represent metamorphic minerals.

According to mineralogic-petrographic data (textural relationships, typical index minerals and mineral associations) obtained from metaclastic rocks as well as magmatics (Tetiker et al., 2009a and 2009b); Lower Karakaya units represent a high pressure-low temperature metamorphism in a compressional basin, whereas Upper Karakaya units reflect heat flow conditions in an extensional basin that offer the high diagenetic/very low-grade metamorphic features.

Basaltic rocks with mostly alkaline and basic characteristics have a mantle origin and the Lower and Upper Karakaya units give E-MORB and OIB-like compositions, respectively. When evaluated together with this and previous studies (Pickett et al., 1995; Pickett and Robertson, 1996; Okay, 2000; Sayit and Göncüoğlu, 2009a and 2009b), it could be suggested that magmatic rocks were developed in the mid-ocean ridge for the Lower Karakaya units, whereas within-plate geotectonic environments for the Upper Karakaya units.

**Key Words:** Paleotethys, volcanics, trace elements, origin, geotectonic environment.

## ADAKİTİK PORFİRİLERİN PETROLOJİSİ, JEOKRONOLOJİSİ VE BÖLGE JEODİNAMİĞİNDEKİ YERİ (KB ANADOLU, TÜRKİYE)

### Şafak Altunkaynak ve Merve Yıldız

*Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, 34469,  
Maslak, İstanbul, Türkiye, merwe\_jeo@hotmail.com.*

Adakit ve adakitik kayaçların petrojenezinin araştırılması kabuğun evriminin anlaşılmasıında önemli bir rol oynamaktadır. Bununla birlikte dünyadaki önemli bakır ve altın yataklarının çoğulüğünün Adakit oluşumları ile ilişkili olduğu bilinmektedir. Bu nedenle, adakitlerin zaman ve mekandaki yayılımlarının belirlenmesi, petrojenezinin araştırılması yeni maden yataklarının saptanmasında da büyük önem taşımaktadır ve dünyada ve ülkemizde yerbilimcilerin ilgisini çeken popüler bir konu olmuştur. Türkiye'de bulunan adakitik kayaçlar üzerinde yapılan çalışmaların sayısı azdır. Az sayıdaki bu çalışmalar da genellikle Orta Anadolu ve Pontidlerdeki adakitik kayaçları konu almaktadır (Topuz vd., 2005; Varol vd., 2007; Karslı vd., 2010; Kadioğlu ve Dilek, 2010; Eyüpoglu et al., 2010). Bu çalışmada TUBİTAK 110Y351 No'lu projenin ön bulguları sunulacak ve KB Anadolu'da Büyükorhan (Bursa) civarında mostra veren adakitik porfirilerin petrolojisi, yerleşim zamanı ve bölge jeodinamигindeki yerine yaklaşımda bulunmaya çalışılacaktır.

İnceleme alanı İzmir-Ankara sütur zonu (Şengör ve Yılmaz, 1981) olarak tanımlanan tektonik birel içinde yer alan Bursa iline bağlı Büyükorhan ilçesi ve çevresini kapsamaktadır. Bu alanda farklı magmatik evrelerde ait ürünler ve adakitik porfiri kayaçları bir arada bulunmaktadır. Bu magmatik ürünler Orta Eosen yaşlı granitoidler ve Alt Miyosen yaşlı volkanik kayalardır (Altunkaynak 2007). Eosen yaşlı granitoidler (SZG; Altunkaynak 2007) genellikle granodiorit, kuvars diyorit ve siyenitlerle temsil edilirler. Tüm kaya jeokimya analizleri ve izotop verileri bunları oluşturan kayaların zenginleşmiş litosferik manto kaynağından türemiş, kita kabuğundan kırılmış melez bir bileşime sahip olduğunu ortaya koymuştur. İnceleme alanındaki Eosen granitoidleri dilim kopmasına (Slab break-off) bağlı magmatizmayı temsil etmektedir (Altunkaynak, 2007).

Petrografik incelemeler, inceleme alanında saptanın adakitik kayaçların dasit, riyodasit bileşimindeki porfiri sokumları ile temsil edildiğini göstermiştir. Adakitik porfiriler yüksek  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{Sr}/\text{Y}$  ve  $\text{La}/\text{Yb}$ , düşük  $\text{Y}$ ,  $\text{Yb}$  içerikleri ve  $\text{Eu}$  anomalisi göstermemeleri ile karakteristiklerdir ve "normal" kalk-alkalik özellikler sergileyen Orhaneli plütonu ve volkanik kayalardan bu özellikler ile ayrırlar. Adakitik porfirilerde bulunan biyotitlerden elde edilen Ar/Ar radyometrik yaş verileri, bunların 53.7-54 My yaşında olduğunu ortaya koymuştur. Bu veri, adakitik porfirilerin Eosen granitoidleri (54-48 My; Harris vd., 1994., Okay ve Satır, 2006) ile hem mekan hem de zamanda ortaklıklar sergilediğini ispatlamaktadır. Adakitik kayaçların petrolojisi ve jeokronolojisi bölge jeolojisi ile birlikte değerlendirildiğinde bu kayaçların Orta Eosen'de dilim kopması (Slab break-off) sonucunda manto-alt kabuk ergiyiklerinin etkileşimi sonucu türediklerini ortaya koymaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Adakitik porfiri, KB Anadolu, Büyükorhan, Petroloji, Eosen, Dilim kopması

### Değerlendirmeler

- Altunkaynak, Ş., 2007. Collision-driven slab breakoff magmatism in northwestern Anatolia, Turkey. *Journal of Geology*, 115, 63-82
- Eyuboğlu, Y., Chung, S.L., Santosh, M., Dudas, F. O., Akaryalı, E., 2010. Transition from shoshonitic to adakitic magmatism in the eastern Pontides, NE Turkey: Implications for slab window melting, *Gondwana Research*, impress
- Harris, N.B.W., Kelley, S., and Okay, A.I., 1994, Post-collisional magmatism and tectonics in northwest Anatolia: Contributions to Mineralogy and Petrology, vol. 117, p. 241-252.
- Kadioğlu Y. K., Dilek Y., 2010 Structure and geochemistry of the adakitic Horoz granitoid, Bolkar Mountains, south-central Turkey, and its tectonomagmatic evolution, *International Geology Review*, Vol. 52, No. 4-6, 505-535
- Karslı, O., Dokuz, A., Uysal, İ., Aydin, F., Kandemir, R., Wijbrans, R.J., 2010. Generation of the early Cenozoic adakitic volcanism by partial melting of mafic lower crust, Eastern Turkey: implications for crustal thickening to delamination. *Lithos* 114, 109-120.
- Okay, A.I., Satır, M., 2006. Geochronology of Eocene plutonism and metamorphism in northeast Turkey: evidence for a possible magmatic arc. *Geodinamica Acta* 19/5, 251-266
- Şengör, A.M.C. ve Yılmaz, Y., 1981, Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach; *Tectonophysics*, 75, 181-241.
- Topuz, G., Altherr, R., Schwarz, W.H., Siebel, W., Satır, M., Dokuz, A., 2005, Post-collisional plutonism with adakite-like signatures: the Eocene Saraycık granodiorite (Eastern Pontides, Turkey) *Contrib Mineral Petrol.*, 150: 441-455
- Varol, E., Temel, A., Gourgaud A., Bellon H., 2007. Early Miocene adakite-like volcanism in the Balkuyumcu region, central Anatolia, Turkey: Petrology and geochemistry. *Journal of Asian Earth Sciences*, 30, 613-628.

## PETROLOGY, GEOCHRONOLOGY AND GEODYNAMICS OF ADAKITE-LIKE PORPHYRIES (NW ANATOLIA, TURKEY)

**Şafak Altunkaynak and Merve Yıldız**

*Department of Geology, İstanbul Technical University, 34469, Maslak, İstanbul, Turkey,  
merwe\_jeo@hotmail.com.*

Investigation of petrogenesis of adakite and adakitic rocks plays an important role to understand crustal evolutionary processes and determination of economic mineralizations. Many studies have shown that these rocks have been genetically linked to the majority of known Cu-Au mineralization world-wide. Therefore, there has been a growing interest on adakites and adakitic rocks and their spatial-temporal distribution that has great economic importance. The studies on adakitic rocks of Turkey are exceedingly rare (Topuz et al., 2005; Varol et al., 2007; Karslı et al., 2010; Kadioğlu ve Dilek, 2010; Eyüpoglu et al., 2010). Here, we present the preliminary results obtained from TUBITAK (No: 110Y351) project. This study focuses on the petrology, geochronology and geodynamics of Adakite-like porphyries exposed in Büyükorhan (Bursa, NW Anatolia) area situated within the İzmir-Ankara suture zone (Şengör and Yılmaz 1981).

In the study area, adakitic porphyries are spatially associated with both Eocene granitoids and volcanic rocks of Early Miocene (Altunkaynak, 2007). Eocene Granitoids (SZG; Altunkaynak, 2007) have ages around 54-48 Ma (Harris et al., 1994; Okay and Satır, 2006), and are composed of granodiorite, quartz diorite and syenite. Major-trace element compositions and Nd-Sr isotope systematics of these granitoids suggest an enriched lithospheric mantle source modified by crustal contamination. The localized Eocene plutonism in NW Anatolia was a result of slab breakoff-induced magmatism (Altunkaynak, 2007).

Petrographic investigations suggest that adakite-like rocks in the study area are represented by dacite and rhyodacite porphyries. Adakite-like porphyries have higher  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  contents,  $\text{Sr/Y}$  and  $\text{La/Yb}$  ratios, and lower  $\text{Y}$ ,  $\text{Yb}$  contents than calc-alkaline Orhaneli pluton and volcanic rocks. They differ from other groups with lack of Eu anomalies, geochemically.  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  ages of biotites from adakite-like porphyries suggest that their age is 53.7 to 54 Ma. This data indicate that there is close relationship between adakite-like porphyries and Middle Eocene granitoids in time and space. In the light of geological, petrological and geochronological data, we suggest that adakite-like porphyries were produced by partial melting of mantle lithosphere and its interaction with lower crustal melts. This was facilitated by asthenospheric upwelling and associated thermal perturbation in response to a slab breakoff, experienced by the Tethyan oceanic lithosphere subducted beneath the Sakarya Continent.

**Key Words:** Adakitic porphyries, NW Anatolia, Büyükorhan, Petrology, Eocene Slab break-off.

### References

- Altunkaynak, Ş., 2007. Collision-driven slab breakoff magmatism in northwestern Anatolia, Turkey. *Journal of Geology*, 115, 63-82
- Eyuboğlu, Y., Chung, S.L., Santosh, M., Dudas, F. O., Akaryalı, E., 2010. Transition from shoshonitic to adakitic magmatism in the eastern Pontides, NE Turkey: Implications for slab window melting, *Gondwana Research*, in press
- Harris, N.B.W., Kelley, S., and Okay, A.I., 1994, Post-collisional magmatism and tectonics in northwest Anatolia: Contributions to Mineralogy and Petrology, vol. 117, p. 241-252.
- Kadioğlu Y. K., Dilek Y., 2010 Structure and geochemistry of the adakitic Horoz granitoid, Bolkar Mountains, south-central Turkey, and its tectonomagmatic evolution, *International Geology Review*, Vol. 52, Nos. 4–6, 505–535
- Karslı, O., Dokuz, A., Uysal, İ., Aydin, F., Kandemir, R., Wijbrans, R.J., 2010. Generation of the early Cenozoic adakitic volcanism by partial melting of mafic lower crust, Eastern Turkey: implications for crustal thickening to delamination. *Lithos* 114, 109–120.
- Okay, A.I., Satır, M., 2006. Geochronology of Eocene plutonism and metamorphism in northeast Turkey: evidence for a possible magmatic arc. *Geodinamica Acta* 19/5, 251-266
- Şengör, A.M.C. ve Yılmaz, Y., 1981, Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach; *Tectonophysics*, 75, 181-241.
- Topuz, G., Altherr, R., Schwarz, W.H., Siebel, W., Satır, M., Dokuz, A., 2005, Post-collisional plutonism with adakite-like signatures: the Eocene Saraycık granodiorite (Eastern Pontides, Turkey) *Contrib Mineral Petrol.*, 150: 441–455
- Varol, E., Temel, A., Gourgaud A., Bellon H., 2007. Early Miocene adakite-like volcanism in the Balkuyumcu region, central Anatolia, Turkey: Petrology and geochemistry. *Journal of Asian Earth Sciences*, 30, 613–628.

## KAFKASYA'DAN ARAP ÖN-ÜLKESİNE UZANAN BİR JEOTRAVERS BOYUNCA ÇARPIŞMA KÖKENLİ SENOZOİK VOLCANİTLERİNİN JEOLOJİK, PETROLOJİK, JEOKİMYASAL VE JEOKRONOLOJİK İNCELEMESİNE AİT İLK BULGULAR

**Mehmet Keskin<sup>1</sup>, Vladimir A. Lebedev<sup>2</sup>, Evgenii V. Sharkov<sup>2</sup>,  
Andrey V. Chugaev<sup>2</sup>, Vural Oyan<sup>3</sup>, Esin Ünal<sup>3</sup>, Şükrü Can Genç<sup>4</sup>,  
Namık Aysal<sup>1</sup>, Yavuz Özdemir<sup>5</sup>, Özgür Karaoglu<sup>6</sup> ve M. Sinan Özeren<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>*İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,*

*34320 Avcılar, İstanbul, Türkiye, keskin@istanbul.edu.tr,*

<sup>2</sup>*Rus Bilimler Akademisi, Maden Yatakları, Mineraloji ve Jeokimya Enstitüsü,  
Staromonetny per., 35, Moskova 119017, Rusya,*

<sup>3</sup>*Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi,  
Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Zeve Kampüsü, Van, Türkiye,*

<sup>4</sup>*İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,  
34469 Maslak, İstanbul, Türkiye,*

<sup>5</sup>*Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,  
06531 Ankara, Türkiye,*

<sup>6</sup>*Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,  
Tınaztepe Kampüsü, Buca, 35160 İzmir, Türkiye.*

Doğu Anadolu ve İran Yüksek Platosunu da içeren bölge, aktif bir çarpışma zonunun dünyadaki en iyi örneklerinden biridir. Bu alan, denizden 2 km yüksekliği ile Alp-Himalaya dağ kuşağındaki yüksek platolardan birini oluşturur. Büyük Kafkaslar ise 5 km yüksekliğe erişen bir dağ kuşağı görülür. Doğu Anadolu-İran yüksek platosu ve Kafkasların dikkat çeken en belirgin özelliklerinden biri, Neojen ile Kuvaterner zaman aralığında püskürmüştür volkanik ürünlerin büyük alanlar/hacimler kaplaması ve geniş bir bileşimsel değişim sergilemeleridir.

Çarşıma-kökenli volkanik aktivite, bölgenin 15 My önce blok şeklinde yükselmesinden hemen sonra başlamış ve çok farklı püskürme stilleri (Hawaii türünden Pliniyen'e değişen) ve bileşimlere (kalk-alkaliden alkaliye; bazanitlerden yüksek silika riyolitlere kadar değişen) sahip lav ve piroklastik ürünlerin püskürmesi ile sürdürmüştür. Bu aktivite, bazıları halen aktif olarak kabul edilen, bir kısmı ise sönülmemiş büyük volkanik yapıların, çatlak püskürmelerinin ve çok geniş alanlara yayılmış ignimbrit yaygıları üretmiş patlamalı püskürmelerin oluşmasına yol açmıştır. Söz konusu volkanik istif, Türkiye, Rusya, Gürcistan, Azerbaycan, Ermenistan ve İran'ı içine alan neredeyse bir ülke boyutundaki bir alanda yüzeylenir. GD Anadolu'da Arap ön ülkesinden GD Rusya'da yer alan Kafkaslara kadar volkanik provensi içine alan en yaklaşık 1000 km kadardır. Doğu Anadolu – Kafkasya jeotaversi boyunca bir kısmı halen aktif bir kısmı ise birkaç milyon yıl önce aktivite göstermiş çok sayıda büyük volkanik çıkış merkezi bulunmaktadır. GD'dan KB'ya bunlar: Arap ön ülkesindeki Karacadağ, çarpışma zonunda yer alan Nemrut, Süphan, Girekol, Meydandağ, Etrük, Tendürek, Ağrı ve Bingöl volkanları, Kuzeyde Erzurum-Kars Platosu; Ermenistan'da Erushet-Arsian ve Tsakhkunyats Sırı civarında Aragats, Vayotsdzor, Geghan, Arailer and Syunik volkanları; Gürcistan'da Geghama ve Dzhavakheti yaylaları, Kabargin Oth ve Kazbek; Rusya'da ise Elbrus volkanı ile Mineraln'ye Vody civarındaki felsik domlardır. Özellikle Büyük Kafkas kuşağı, 5642 m yüksekliği ile Avrupa kıtasının en yüksek zirvesini oluşturan göz kamaştırıcı Kuvaterner Elbrus volkanını, 15 km çapıyla Pliyosen Chegem kalderasını, olasılıkla dünyadaki en genç (3.8 My) granit sokulumu olan Eldzhurtu (Türkçesi: El Yurdu) granitodini içermesi ile harika bir alan özelliği taşımaktadır.

Magma bileşiminde zaman ve mekâna bağlı değişimler ve bunların bölgenin jeodinamik evrimi hakkında sağladıkları bilgileri araştırmak amacıyla Rus Bilimler Akademisi'nden araştırmacılar ile uluslararası bir proje kapsamında (TÜBİTAK-RFBR proje # 108Y222) ortak bir araştırmaya başladık. Bu proje kapsamında GD Anadolu'dan Rusya'da Mineraln'ye Vody bölgesine kadar uzanan yaklaşık 1000 km uzunluğunda bir jeotaversin geçtiği alanları stratigrafilerini ayrıntılı olarak çözümlemek suretiyle örnekledik. Bazı kilit alanları ve volkanları ise haritaladık. Modern analitik yöntemler ile bölgedeki lavlardan güvenilir jeokronolojik yaşalar saptadık ve yüksek kalitede bir jeokimya –izotop veri tabanı oluşturduk. Bu poster Doğu Anadolu'dan Rusya'nın Mineraln'ye Vody bölgesine kadar uzanan bir bölgeye ait ilk bulgularımızın bir özétini içermektedir. Söz konusu uluslararası proje, çarpışma kökenli volkanizmayı bögesel anlamda ele alması nedeniyle boyutları ve kapsamı açısından en büyük araştırmalardan biridir.

**Anahtar Kelimeler:** Doğu Anadolu, Kafkas Kuşağı, çarpışma-kökenli volkanizma, magma evrimi, jeodinamik.

**PRELIMINARY RESULTS OF AN INTEGRATED GEOLOGICAL,  
PETROLOGICAL, GEOCHEMICAL AND GEOCHRONOLOGICAL STUDY OF  
THE POST-COLLISIONAL CENOZOIC VOLCANISM ACROSS A GEOTRAVERSE  
FROM CAUCASUS TO ARABIAN FORELAND**

**Mehmet Keskin<sup>1</sup>, Vladimir A. Lebedev<sup>2</sup>, Evgenii V. Sharkov<sup>2</sup>,  
Andrey V. Chugaev<sup>2</sup>, Vural Oyan<sup>3</sup>, Esin Ünal<sup>3</sup>, Şükrü Can Genç<sup>4</sup>,  
Namık Aysal<sup>1</sup>, Yavuz Özdemir<sup>5</sup>, Özgür Karaoglu<sup>6</sup> and M. Sinan Özeren<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>*Istanbul University, Faculty of Engineering, Department of Geological Engineering,  
34320 Avcılar, İstanbul – Turkey, keskin@istanbul.edu.tr,*

<sup>2</sup>*Russian Academy of Sciences, Institute of the Ore Deposits Geology, Petrology,  
Mineralogy and Geochemistry, Staromonetny per., 35, Moscow 119017, Russia*

<sup>3</sup>*Van Yuzuncu Yıl University, Faculty of Engineering and Architecture,  
Department of Geological Engineering, Zeve Campus, Van, Turkey*

<sup>4</sup>*Istanbul Technical University, Faculty of Mines, Department of  
Geological Engineering, 34469 Maslak, İstanbul, Turkey*

<sup>5</sup>*Middle East Technical University, Faculty of Engineering, Department  
of Geological Engineering, 06531 Ankara, Turkey*

<sup>6</sup>*Dokuz Eylül University, Faculty of Engineering, Department of Geological  
Engineering, Tinaztepe Campus, Buca, 35160 Izmir, Turkey.*

The region including the Eastern Anatolian - Iranian High Plateau and Caucasus is one of the best examples of an active continental collision zone in the world. It comprises one of the high plateaus of the Alpine-Himalaya mountain belt, with an average elevation of ~2 km above sea level. The Greater Caucasus range on the other hand forms a mountain belt reaching up to 5 km in altitude. Perhaps the most striking aspect of Eastern Anatolian - Iranian High Plateau and Caucasus is the volume and compositional variability of collision-related volcanic products erupted during the Neogene and Quaternary time.

Collision-related volcanic activity initiated immediately after the block uplift of the region at around 15 Ma, giving rise to the eruption of subaerial lava flows and pyroclastic products that are very variable in their composition (i.e., from calc-alkaline to alkaline, from basanites to high silica rhyolites) and eruptive style (i.e., from Hawaiian to Plinian). This volcanic activity gave way to the formation of large volcanic edifices, many still visible and active or dormant, fissure eruptions and explosive eruptions that produced extensive ignimbrite sheets. The aforementioned volcanic sequence is exposed in a number of neighboring countries including Turkey, Russia, Georgia, Azerbaijan, Armenia and Iran. The distance from Arabian Foreland (SE Anatolia) to Caucasus of Southern Russia is almost 1000 km. There are a number of large volcanic edifices and associated volcanic fields across the Eastern Anatolia – Caucasus transect, which are presently active or were active within the past million years. From SE to NE, these are Karacadag on the Arabian foreland, Nemrut, Suphan, Girekol, Meydandag, Etrusk, Tendurek, Ararat and Bingol volcanoes overlying the collision zone, and the Erzurum-Kars Plateau in Turkey; Aragats, Vayotsdzor, Geghan, Arailer and Syunik volcanoes, and Geghama and Dzhavakheti highlands, volcanic areas around Tsakhkunyats Ridge and Erushet-Arsian in Armenia; Kabargin Oth and Kazbek in Georgia; and Elbrus-Mineraln'ye Vody in Russian Federation. Especially, the Greater Caucasus range is of a special importance with the great Elbrus volcano (5642 m) which is Quaternary in age and the highest peak in Europe, a huge Pliocene caldera (Chegem caldera with a diameter of 15 km) and possibly the youngest (~3.8 Ma) granitoid intrusion (Eldzhurtu granitoid) in the world.

In order to better understand the spatial and temporal variations in magma genesis and its causal link with the geodynamic evolution of the region, we have been conducting a joint research with the scientists from Russian Academy of Science in the framework a major Turkish-Russian joint project (i.e. TUBITAK-RFBR project # 108Y222). We have almost completed sampling programs of the volcanic province with special emphasis on the volcano-stratigraphic relationships along a ~1000 km long geotraverse across an area from Arabian foreland in Turkey in the SW to Caucasian Mineral Water region in Russia in the NE. We mapped key areas and volcanoes the region and utilized modern analytical techniques to compile a consistent and high-quality isotope and element database together with reliable radiometric dates on the rocks from the region. This poster presents a summary of our preliminary results from Eastern Anatolia and Greater Caucasus range up to the Mineral Waters region in Russia. This international joint research project is possibly the first detailed region-wide investigation of the collision-related volcanic units and their compositional variations (in space and time) in such a great scale and detail.

**Key Words:** Eastern Anatolia, Caucasus range, collision-related volcanism, magma evolution, geodynamics.

## **ORHANELİ-DURSUNBEY VOLKANİKLERİNİN JEOLOJİSİ, PETROLOJİSİ VE JEOKRONOLOJİSİ, KB ANADOLU**

**Serhat Yarar, Ömer Kamacı ve Şafak Altunkaynak**

*Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, 34469,  
Maslak, İstanbul, Türkiye, serhatyarar1@hotmail.com.*

İnceleme alanı KB Anadolu'da, Orhaneli (Bursa) ve Dursunbey (Balıkesir) ilçeleri arasında yer almaktadır. Bu alanda Alt Miyosenden itibaren yaygın bir felsik volkanizma gelişmiştir. Volkanizma önce felsik piroklastikler ve riyolit-riyodasitik lavlarla başlamıştır. Piroklastik kayalar, piroklastik yağış birimleri (küllü yağmuru, küllü-blok yağmuru, pumis yağmuru birikimleri) ve piroklastik akma birimleri (küllü-blok akıntısı ve ignimbrit) ile temsil edilir. Piroklastik kayaların lavlarla ilişkileri ve yöresel dağılımları, volkanik kayaların KKD-GGB yönlü kırık zonları boyunca dizilmiş küçük çıkış merkezlerinden pliniyen, sub-pliniyen türü püskürmelerle olduğunu göstermektedir.

Jeokimyasal özellikleri ve Sr-Nd izotop içerikleri bunların çarpışma sonrası (post-collisional) magmatik topluluklarına benzediğine ve melez nitelikli bir magmadan türediğine işaret etmektedir. Riyolitlerdeki biyotitlerden elde edilen K/Ar radyometrik yaşları bunların 19.4 My. yaşında (Alt Miyosen) olduğunu göstermiştir. Bazalt-bazaltik trakiandezitik lavlar bölgedeki volkanik aktivitenin en son ürünleridir. Bu kayalarda yapılan tüm kaya K/Ar radyometrik yaşları 18.7-17.5 My yani Alt Miyosen yaşı vermiştir.

**Anahtar Kelimeler :** Orhaneli-Dursunbey volkanikleri, çarpışma sonrası, felsik volkanizma, K/Ar yaşları.

### **GEOLOGY, PETROLOGY AND GEOCHRONOLOGY OF ORHANELİ- DURSUNBEY VOLCANIC ROCKS**

**Serhat Yarar, Ömer Kamacı and Şafak Altunkaynak**

*Department of Geology, İstanbul Technical University, 34469,  
Maslak, İstanbul, Turkey, serhatyarar1@hotmail.com.*

Study area is located between the towns of Orhaneli (Bursa) and Dursunbey (Balıkesir). An extensive felsic volcanism developed during the Early Miocene. This volcanism began with felsic pyroclastic rocks and rhyolitic-rhyodacitic lavas. One of the essential components of the volcanic association is pyroclastic rocks. These may be divided into two groups according to their mode of occurrences; the pyroclastic fall deposits and the pyroclastic flow deposits. The pyroclastic fall deposits are represented by pumice fall, pumice-ash, ash and ash-block fall deposits. The pyroclastic flow deposits may also be divided into two subgroups; ash-block deposit and ignimbrites. The areal distributions and relationship of the volcanic rocks with each other indicate that the volcanic rocks were formed from a number of small vents which set along approximately NNE-SSE trending fault zones by the plinian/sub-plinian eruptions.

Geochemically, the volcanic association is high-K, sub-alkaline in nature. The trace element concentrations and isotope data suggest that the volcanic association originated from hybrid magma and they show similar characteristics to post-collisional volcanic rocks. K/Ar radiometric age data obtained from rhyolite lavas indicates that their age varies from 19.4 to 19.0 Ma corresponding to the Early Miocene. They are followed by transitional basalts, basaltic andesite lavas with the age of 18.7 to 17.5 Ma as the last products of volcanism in the Orhaneli-Dursunbey volcanic field.

**Key Words:** Orhaneli-Dursunbey volcanics, post collisional, felsic volcanism, K/Ar ages.

### **ÇATALDAĞ PLÜTONİK KOMPLEKSİ: SIYRILMA FAYLARI VE İLİŞKİSİ MAKASLAMA ZONLARININ GRANİT YERLEŞİMİ ÜZERİNDEKİ ROLÜ**

**Ömer Kamacı ve Şafak Altunkaynak**

*Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, 34469, Maslak, İstanbul, Türkiye,  
kamaciom@itu.edu.tr*

Batı Anadolu'da, Torid-Anatolid platformu ile Sakarya kıtasının Geç Kretase – Erken Tersiyer aralığında çarpışmalarının ardından yaygın bir magmatik aktivite gelişmiştir. Bu magmatik aktivite egemen

olarak Geç Oligosen-Erken Miyosen döneminde granitik plütonlar üretmiştir. KB Anadolu'da yüzeylenen Çataldağ Plütonik kompleksi (ÇPK) de bu plütonik topluluklardan biridir. Bu çalışmada ÇPK ve çevresinde yürütülen TÜBİTAK tarafından desteklenen 109Y082 no'lu projenin ön sonuçları sunulacaktır.

ÇPK, amfibolit-yeşilşist fasiyesinde metamorfik olmayan temel kayaları içine yerleşmiştir. Elde ettiğimiz Ar-Ar radyometrik yaş, Sr-Nd-Pb izotop ve petrografik verilere göre Çataldağ plütonik kompleksi, Erken Miyosen (22-20 My) yaşıdır ve kabukta sığ derinliklere kadar yükselebilmiş, yüksek kabuk bileşenine sahip kompozit intrüzif bir kütle niteliğindedir. Bu yaş aralığı plüton üzerinde daha önce yapılan K/Ar yaşları (Delaloye ve Bingöl, 2000; Boztuğ vd., 2008) ile uyumludur.

ÇPK, birbiri ile benzer yaşıta olan sin-kinematik ve post-kinematik özellikteki iki ana granitik kütle ve kenar zonu (aplogranit ve mikrogranit) kayalarından oluşur. Saha gözlemleri, petrografik ve makro-mikro yapısal verilere göre yapılan bu ayırım jeokimyasal veriler ile de desteklenmektedir. Plütonik kompleksin egemen grubunu oluşturan post-kinematik grup granülerden porfirik'e değişen dokular sergileyen granit ve granodiyorit-kuvars diyoritlerden oluşur. Bunlar birbirleriyle tedrici geçişlidirler. Post kinematik sokulum Batı Anadolu'daki diğer granitler gibi metalüminyumlu, subalkalen, orta ve yüksek potasyumlu kalkalkalen, I-tipi granit özelliğindedir. İz ve nadir toprak elementleri içerikleri, elementler arası oranlar ve izotop verileri post kinematik grubun manto ve kabuk karışımı hibrid bir magma kaynağından türemiş olduğuna işaret etmektedir. Sinkinematik granit sokulumları ise inceleme alanının doğusunda mostra veren, levha şekilli milonitik granit, deform 2 mikali granit ve granitik gnayslar temsil edilmektedir. Kontakt metamorfizma gözlenmemiştir. Petrografik incelemeler bu grubun sünek makaslama deformasyonuna işaret eden dokusal özellikler (ribbon yapıları, mika balıkları, subgrain rotasyonu, tane sınırı migrasyonu, muskovit ve biyotitlerin uzanımı ile belirgin foliasyonlar vs.) sergilediğini ortaya koymıştır. Bu grup, KB Anadolu'daki metalüminyumlu, I-tipi, hornblend-biyotit içeren diğer Geç Oligosen-Erken Miyosen plutonlarının (Altunkaynak ve Yılmaz, 1998, Yılmaz vd., 2001) aksine güçlü peraluminyumlu özellik sergileyen S-tipi granit ve granitik gnayslarından oluşur.

Çataldağ ve çevresi faylarla sınırlı bir yükseltimdir. Bu yükseltimi sıyrılmış fayları ile ilişkili sinkinematik 2 mikali granit, post kinematik granit küteleri ve içine sokuldukları metamorfik ve metamorfik olmayan kayaçlar oluşturmaktadır. Ege genişleme alanı ve onun bir parçası olan Batı Anadolu'da sıyrılmış fayları ile ilişkili granitik sokuluların varlığı bilinmektedir. Bunlara örnek olarak kuzeyde Eybek (Kazdağ çekirdek kompleksi) ve Uludağ granitoidleri (Okay ve Satır, 2000; Genç ve Altunkaynak, 2007; Altunkaynak ve Genç, 2008, Okay vd., 2008), güneyde ise Salihli ve Turgutlu granitoidleri (Menderes çekirdek kompleksi; (Bozkurt, 2004; İşık vd., 2004; Ring ve Collins, 2005; Dilek vd., 2009) verilebilir. Çataldağ plütonik kompleksine ait sinkinematik lökokratik granit ve granitik gnayslar Uludağ ve Menderes çekirdek kompleksleri ile ilişkili granitoidler ile benzer yapısal, petrografik ve jeokimyasal özellikler sunmaktadır. Bu benzerlik tüm jeolojik, yapısal ve petrografik veriler ile birlikte degerlendirildiğinde Çataldağ ve çevresinin bir çekirdek kompleks olduğunu düşündürmektedir. Çataldağ kompleksinin yüzeylenmesini sıyrılmış fayları ve ilişkili makaslama zonları denetlemiştir. Bu olay (22-20 My) KB Anadolu'nun gerilme evrimi içerisinde Kazdağ silsilesinin bir çekirdek kompleksi olarak yükselme evresi (24 My; Okay ve Satır, 2000) ile Uludağ masifinin hızla yükselmesi (20-21 My; Okay vd. 2008) arasındaki kritik bir dönemde gelişmiştir. İnceleme alanından elde ettiğimiz bu ilk sonuçlar önmüzdeki yaz döneminde gerçekleştireceğimiz çalışmalarla test edilmeye devam edecektir.

**Anahtar Kelimeler:** Çataldağ, Sinkinematik sokulum, I-tipi, S-Tipi, Çekirdek Kompleksleri, Sıyrılmış fayları.

## THE ÇATALDAĞ PLUTONIC COMPLEX: IMPLICATIONS FOR THE ROLE OF DETACHMENT FAULTING AND RELATED SHEAR ZONES IN GRANITE EMPLACEMENT

**Ömer Kamacı and Şafak Altunkaynak**

Department of Geology, İstanbul Technical University, 34469, Maslak,  
İstanbul, Turkey, kamaciom@itu.edu.tr

In western Anatolia, a widespread magmatic activity postdates the continental collision between the Sakarya and Tauride-Anatolide continental fragments during the Late Cretaceous to Early Tertiary period. This magmatism produced mainly granitic plutons of Late Oligocene-Early Miocene. The Çataldağ plutonic complex (ÇPC) in NW Anatolia is one of these plutonic associations. In this study, we present the preliminary results obtained from TUBITAK (No:109Y082) project that has been carried out in ÇPC and surroundings.

ÇPC was emplaced into the metamorphic and nonmetamorphic basement rocks of NW Anatolia. It is Early Miocene (22-20 Ma) in age, consistent with the previous K/Ar ages ( Delaloye and Bingöl 2000; Boztuğ et al., 2009), and is a composite intrusive body which was emplaced into the shallow levels in the crust and having highly crustal component.

ÇPC is formed from both synkinematic and postkinematic intrusions of similar age and border zone (haplogranite and micro granite) rocks. Three intrusive groups display different textural, structural and also geochemical features. Post kinematic intrusion is made up of granite and granodiorite-quartz diorite showing gradational contact to each other. These rocks are weakly deformed porphyric and hipidomophic granular in texture. Geochemically, postkinematic intrusion is similar to the other plutonic associations in western Anatolia. It is I-type, metaluminous and subalkaline in nature and has medium to high-K calc-alkaline compositions. Trace element, REE compositions, interelement ratios and isotope data indicate collectively that the post kinematic group of ÇPC has been originated from hybrid magma(s) including mantle and crustal components. Synkinematic intrusion is represented by a sheet like bodies situated in the eastern border of the plutonic complex, and is represented by milonitic granites, gneisses and two mica granites that are fine-grained, leucocratic rocks consisting of quartz and feldspar with minor biotite and muscovite. Contact metamorphism is not observed around it. It shows petrographical features (Ribbon structures, sub-grain rotations, grain boundary migration, mica fish, high-temperature solid-state foliation and lineation defined by biotite, muscovite, etc.) indicating ductile shear zone deformation. Strongly peraluminous nature and S-type composition of this group indicate crustal origin for their genesis. With these features, synkinematic leucocratic group is different from all the other Late Oligocene-Early Miocene plutons in NW Anatolia which are generally metaluminous, I type, hornblende-biotite bearing granodiorites (e.g., Altunkaynak and Yılmaz, 1998; Yılmaz et al., 2001).

Çataldağ is a fault bounded mountain. Syn- and post kinematic granitoids and basement rocks crop out at the center of the mount Çataldağ. These granitoids are intrusive into the gneissic and schist rocks in the footwalls of detachment faults and shear zones. It is known that sheet-like leucocratic synkinematic granitic intrusions similar to the ÇPC occur in the Aegean extensional province and western Anatolia (i.e. Eybek granite in the Kazdağ CC, Salihli and Turgutlu granites in Menderes Core Complexes and Uludağ granite). These are lineated and foliated parallel to the fabric elements in the mylonitic host rocks (Bozkurt, 2004; İşık et al., 2004; Ring and Collins, 2005; Okay and Satır, 2000; Genç and Altunkaynak 2007; Okay et al 2008; Dilek et al., 2009). These structural relations together with petrographic- petrological similarities indicate that Çataldağ complex can be considered as a core complex and that the granitoids in CPC are syn-extensional intrusions whose magmas were likely derived from decompressional melting of the exhumed continental lower-middle continental crust as seen in other core complexes.

Within the extensional evolution of the NW Turkey, the exhumation of Çataldağ complex (22-20 Ma) developed during critical time span between the exhumation of Uludağ Massif (21-20 Ma) and exhumation of the Kazdağ core complex (24 Ma). Our current results must be considered to be preliminary and will require considerable refinement as tectonic studies in this area, next summer.

**Key Words:** Çataldağ, Synkinematic intrusion, S-Type, I-Type, Core Complexes, Detachment faults.

**METALİK MADEN YATAKLARI VE ENDÜSTRİYEL  
HAMMADDELER/  
*METALLIC MINERALS & INDUSTRIAL RAW MATERIALS***

**Oturum Yürütecüleri / Conveners:**  
**Cahit Helvacı, Taner Ünlü**

## MADEN ARAMACILIĞINDA ULUSLARARASI STANDARTLAR VE ÜLKEMİZ MADEN MEVZUATINA YANSIMALARI

**Selahattin Yıldırım**

*Hittit Madencilik, Ankara, Türkiye, syildirim\_tr@yahoo.com*

Dünyada, maden arama sonuçlarının halka rapor edilmesinde bazı standart ve sıkı kurallar getirme çalışmaları, geçmişte birkaç ülkede yaşanan skandallar sonucunda gündeme gelmiştir. Özellikle, hisseleri borsada işlem gören madencilik şirketlerinin yaygın olduğu Avustralya'da (Poseidon, 1969) ve Kanada'da (BRE-X, 1997) yaşanan iki önemli skandal bunda etkili olmuştur.

Poseidon skandalında, ilgili firma, 29 Eylül 1969 tarihinde borsaya gönderdiği yazında, "kendisine ait ruhsat sahasında yaptığı bir sondajda yüksek tenörlü (%3.5 Ni, %0.5 Cu) nikel-bakır cevheri kestiğini, cevher zonunun 1000 ft uzunluğunda ve minimum 65 ft kalınlığında olduğunu" belirtmiştir. Bu bilginin borsa tarafından yayınlanması üzerine, 1 Ekim 1969 tarihinde 1.15 Dolar seviyesinde seyreden hisse senetleri hızlı bir yükselişe geçerek 11 Mart 1970'de 280 Dolar'a ulaşmıştır. Daha sonra bu haberin uydurma olduğu anlaşılmış, şirket batmış ve hisse senedi alanlar büyük zararlara uğramıştır.

Yaşanan bu skandal üzerine, 1971 yılında Avustralya hükümeti çözüm arayışına girmiştir ve borsaya müdahale olan tüm taraf temsilcilerinin içinde yeraldığı bir komite kurarak, 1989 yılında maden arama sonuçlarının rapor edilmesi standartlarını içeren bir yönetmelik yayımlamıştır. Madencilik faaliyetlerinin yoğun olduğu diğer ülkeler de benzer çözüm arayışlarına girmiştir ve yasal düzenlemeler yapmışlardır:

- Avustralya ve komşu ülkeler: JORC-Code, Joint Ore Reserves Committee,
- Kanada: NI 43-101, National Instrument 43-101, Standards of Disclosure for Mineral Projects,
- Amerika Birleşik Devletleri: SME-Guide, The Sme Guide for Reporting Exploration Results, Mineral Resources, and Mineral Reserves,
- Avrupa Birliği ülkeleri: PERC, Pan-European Code for Reporting of Exploration Results, Mineral Resources and Reserves,
- Güney Afrika: SAMREC, The South African Code for The Reporting of Exploration Results, Mineral Resources and Mineral Reserves.

Değişik ülkelerdeki rapor etme düzenlemelerinden yararlanarak, tüm dünyada uygulanabilir ortak standart çalışmaları başlatılmış ve oluşturulan taslaklar üye ülkelerin görüşüne sunulmuştur. Bunlar:

- CRIRSCO, Combined Reserves International Reporting Standards Committee,
- UNFC, United Nations Framework Classification For Fossil Energy and Mineral Resources.

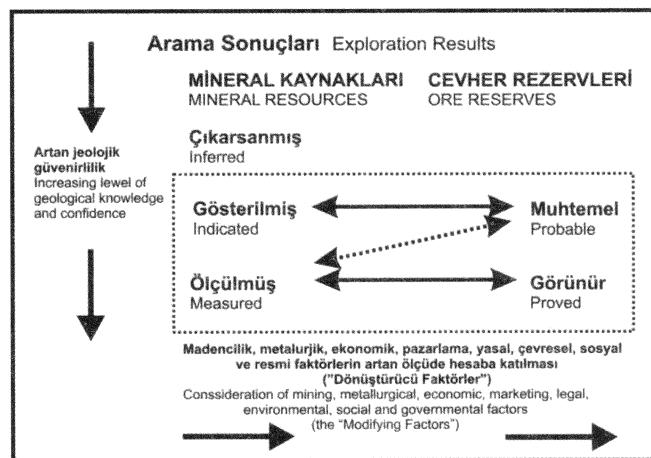
"JORC" benzeri düzenlemelerin üç temel özelliği vardır: saydamlık, somutluk ve uzmanlık. Rapor için gerekli olan tüm bilgiler somut olmalı, açık-seçik ve anlaşılır bir şekilde sunulmalı ve uzmanlar tarafından yapılmış çalışmalarla dayanmalıdır.

"JORC" Benzeri Düzenlemeler: a) uluslararası maden kaynak/rezerv tanımlarını esas alır, b) Maden arama sonuçları, maden kaynakları ve maden rezervlerini halka rapor etmek için gerekli asgari standartları (kalite kontrol / kalite güvence sistemi) saptar, 'en iyi uygulama kılavuzlarını' tavsiye eder, c) projede izlenecek yolu yordamı saptamaz, projeye uygun yol ve yöntemin seçimi ve uygulanması uzmanın takdir ve sorumluluğundadır, d) kamuya açık raporları düzenler, kurum içi rapor etme sistemlerini düzenlemez, e) yönetmeliğe uymayanlarla ilgili yaptırımları uygulamaz. Raporu yayınlayan şirketleri piyasayı düzenleyen resmi kurumlar denetler. Uzmanlar ise üye oldukları meslek örgütlerinin etik/disiplin yönetmeliğine bağlıdır, f) JORC ilkelere dayanan bir düzenlemeyidir, katı bir reçete değildir.

"JORC" benzeri düzenlemelerin amacı, kamunun, uluslararası standartlara uygun olarak hazırlanmış rapora ve dolayısıyla rapor içerisindeki güvenilir bilgiye kolay ulaşmasını sağlamaktır.

"JORC" benzeri düzenlemelerde maden arama süreci başlıca dört evreye ayrılmaktadır; ön inceleme, ön arama, genel arama ve detay arama. Maden arama sonuçlarının rapor edilmesinde, maden arama sürecinin her aşamasında elde edilen verilerin güvenilirlik düzeyi ve kalite kontrolü önemlidir.

"JORC" benzeri düzenlemelerde, rapor edilen 'Mineral Kaynakları' ile 'Maden Rezervleri' kavramları arasında durağan olmayan bir ilişki söz konusudur. Bu ilişki aşağıdaki şekilde gösterilmektedir (Şekil 1).



**Şekil 1.** Maden arama sonuçları, mineral kaynakları ve maden rezervleri arasındaki genel ilişki.

Maden arama sonuçları, mineral kaynakları ve maden rezervlerinin rapor edilmesinde veriler başlıca iki eksendeki belirlilik, güvenilirlik ve yapılabılırlik durumlarına göre değerlendirilmektedir. Birinci eksen, ‘jeolojik bilgi’yi esas almakta, jeolojik verilerin artan yoğunluğu ve güvenilirliğine dayanmaktadır. ‘Dönüştürücü faktörler’ olarak tanımlanan ikinci eksen ise gerçekçi olarak öngörülen madencilik, metallurjik, ekonomik, pazarlama, yasal, çevresel ve sosyal faktörlerin dönüştürücü etkisini hesaba katmaktadır.

‘Maden Kaynağı’, yer kabuğunun içinde veya üzerinde ekonomik açıdan ilgi duyulan bir malzemenin, son tahlilde ekonomik üretim için makul ümit veren nitelik ve nicelikteki zenginleşmesi veya zuhurudur. Bir ‘Maden Kaynağının’ yeri, niceliği, tenörü, devamlılığı ve diğer jeolojik özellikleri, özgül jeolojik kanıtlarla ortaya konulmuş, tahmin edilmiş veya yorumlanmıştır. Maden Kaynakları, artan jeolojik güvenilirlik sırasına göre, ‘Çıkarsanmış’, ‘Gösterilmiş’ ve ‘Ölçülmüş’ diye alt sınıflara ayrılır.

‘Maden Rezervi’, ‘Ölçülmüş’ veya ‘Gösterilmiş’ Maden Kaynaklarının ekonomik olarak işletilebilir-çıkarılabilir bölümündür. Cevher çıkarılması sırasında oluşabilecek seyrelme ve kayıpları kapsar. Gerekli değerlendirmeler ve çalışmalar yapılmış, gerçekçi olarak öngörülen madencilik, metallurjik, ekonomik, pazarlama, yasal, çevresel ve sosyal faktörlerin dönüştürücü etkisi hesaba katılmıştır. Bu değerlendirmeler sonucu, raporlama tarihinde cevher çıkarmanın onaylanabilir (ekonomik) olduğu kanıtlanmıştır. Maden Rezervleri, artan güvenilirliğe göre, ‘Muhtemel’ ve ‘Görünür’ Maden Rezervleri diye alt sınıflara ayrılır.

Ülkemizde 10 haziran 2010 tarih ve 5177 sayılı yasaya değiştirilen 3213 sayılı Maden Kanunu ile 6 Kasım 2010 tarihinde yayınlanan Maden Kanunu Uygulama Yönetmeliği madencilik alanında yeni düzenlemeler getirmiştir. Bu düzenlemeler, uluslararası rapor etme standartlarını kısmen içermekle birlikte, geçmiş mevzuattan kalan eksik ve yanlış bazı maddeleri de hala taşımaktadır.

Maden mevzuatında yapılan son değişikliklerle getirilen yenilikler; proje kavramı, aşamalı maden arama süreci, rezerv-kaynak tanımları ve raporlardaki imza yetkisiidir.

Sonuç olarak, madencilik alanında dünyada son 30 yılda yaşanan gelişmelere ve yapılan yasal düzenlemelere bakıldığından, uluslararası kavram ve tanımlar ile ülkemizde kullanılanlar örtüşmemektedir. Kavram birlliğini sağlamak üzere, acilen bir ‘Ulusal Komite’ kurulmalı ve ulusal mevzuat uluslararası standartlara uyumlu hale getirilmelidir.

## INTERNATIONAL STANDARTS IN MINERAL EXPLORATION AND THEIR EFFECTS ON TURKISH NATIONAL MINING LEGISLATIONS

**Selahattin Yıldırım**

Hittit Madencilik, Ankara, Türkiye, syildirim\_tr@yahoo.com

As a result of scandals in the past have been noted in several countries worldwide, bringing some standards and strict rules on Public reporting of mineral exploration results came into question.

Particularly, two major scandals have been effective in this situation; Poseidon, 1969 in Australia and Bre-X, 1997 in Canada, where mining companies’ shares were traded in the stock market widespreadly. In Poseidon Scandal, relevant company stated that there was a high grade (%3.5 Ni, %0.5 Cu) nickel-copper ore intersected in a drill hole and ore zone determined as 1000 ft long and 65 ft thick in their own licensed area. By the publication of this information on the stock market, shares rised up from 1,15 \$ (01.10.1969) to 280 \$ (11.03.1970). Then the story turned out to be false, and purchasers of the shares have undergone huge losses.

In 1971, The Australian government started to seek solutions with experience on this scandal and after forming a committee which including representatives of all parties involved in the stock market, have published a regulation, which is including standards for public reporting of mineral exploration results, in 1989.

Also the other countries where mining activities are intense, started to seek similar solutions and established legal regulations.

- Australia and neighbouring countries: JORC-Code, Joint Ore Reserves Committee,
- Canada: NI 43-101, National Instrument 43-101, Standards of Disclosure for Mineral Projects,
- United States: SME-Guide, The Sme Guide for Reporting Exploration Results, Mineral Resources, and Mineral Reserves,
- European Union: PERC, Pan-European Code for Reporting of Exploration Results, Mineral Resources and Reserves,
- South Africa: SAMREC, The South African Code for The Reporting of Exploration Results, Mineral Resources and Mineral Reserves.

With taking advantage of reporting arrangements in several countries, a work has been started on determining common standards which can be applied all over the world and created drafts were presented in the opinion of member countries. These were;

- CRIRSCO, Combined Reserves International Reporting Standards Committee,
- UNFC, United Nations Framework Classification For Fossil Energy and Mineral Resources.

The main principles governing the operation and application of the JORC and similar regulations are transparency, materiality and competence. All the information necessary for the report must be solid, clear, and clearly presented and should be based on studies made by competents.

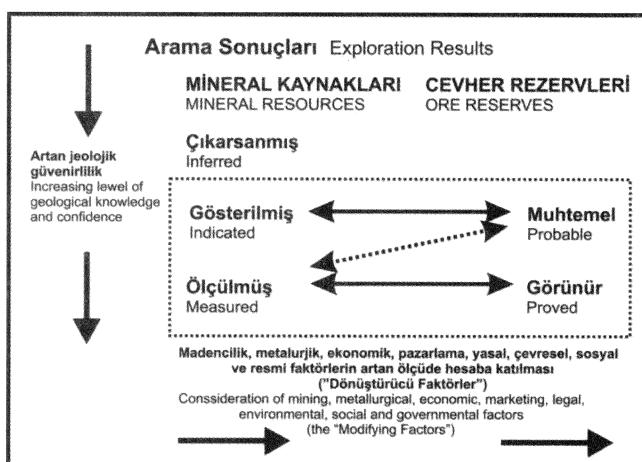
Jorc and similar regulations: a) are based on international mineral resource/reserve definitions, b) outlines minimum required standards for public reporting of mineral exploration results, mineral resources and mineral reserves, advices "best application guides", c) does not determine procedures to be followed in a project, selection and implementation of appropriate methods and routes corresponding to project are under competent persons discretion and responsibility, d) regulates public reports, not internal reporting systems, e) does not apply sanctions against companies or corporations who dont follow regulations. Official institutions which are regulating market controls report publishing companies. Competent Person will be dealt with under the disciplinary procedures of the professional organisation to which the Competent Person belongs, f) JORC is a principles-based regulation, not a strict prescription.

The aim of "JORC" and similar regulations is to make public access easily to report and thus reliable information in the report which is prepared in compliance with international standards

Mineral exploration progress in "JORC" and similar regulations subdivided into 4 era; preliminary investigation, pre-exploration, general exploration and detailed exploration

Level of reliability and quality control of datas which are obtained from each stage of mineral exploration are very important on public reporting of mineral exploration results.

In the JORC and similar regulations there is a non-stable relationship between Mineral Resources and Ore Reserves. This relationship shown as below (Figure 1)



**Figure 1.** General relationship between Exploration Results, Mineral Resources and Ore Reserves

Figure 1 sets out the framework for classifying tonnage and grade estimates to reflect different levels of geological confidence and different degrees of technical and economic evaluation. This relationship is shown by

the broken arrow in Figure 1. Although the trend of the broken arrow includes a vertical component, it does not, in this instance, imply a reduction in the level of geological knowledge or confidence. In such a situation these Modifying Factors (mining, metallurgical, economic, marketing, legal, environmental, social and governmental factors) should be fully explained.

A 'Mineral Resource' is a concentration or occurrence of material of intrinsic economic interest in or on the Earth's crust in such form, quality and quantity that there are reasonable prospects for eventual economic extraction. The location, quantity, grade, geological characteristics and continuity of a Mineral Resource are known, estimated or interpreted from specific geological evidence and knowledge. Mineral Resources are subdivided, in order of increasing geological confidence, into Inferred, Indicated and Measured categories.

An 'Ore Reserve' is the economically mineable part of a Measured and/or Indicated Mineral resource. It includes diluting materials and allowances for losses, which may occur when the material is mined. Appropriate assessments and studies have been carried out, and include consideration of and modification by realistically assumed mining, metallurgical, economic, marketing, legal, environmental, social and governmental factors. These assessments demonstrate at the time of reporting that extraction could reasonably be justified. Ore reserves are sub-divided in order of increasing confidence into Probable Ore Reserves and Proved Ore Reserves.

Regulations include some parts of international reporting standards, but still including some incomplete and inaccurate substances from past legislation.

The innovations brought by recent changes in mining legislation are; Project concept, staggered exploration process, reserve-resource definitions and signature authority.

Consequently, with considering of developments and the legal regulations applied in the field of mining within the last 30 years, international and national concepts and definitions do not correspond each other. A 'National Committee' should be established as soon as possible and national legislation should be made compatible with international standards in order to provide the unity of the concept.

## **MASTRA (GÜMÜŞHANE) Au-Ag YATAĞI'NIN JEOLOJİK, MİNERALOJİK VE JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ**

**Neslihan Aslan ve Miraç Akçay**

*Karadeniz Teknik Üniversitesi, MF, Jeoloji Müh. Böl., 61080, Trabzon, Türkiye,  
neslihan.aslan@windowslive.com.*

Mastra Au-Ag yatağı, Gümüşhane'nin kuş uçuşu 5 km kuzey batısında, demirkaynak köyünün yakınılarındadır. Eosen yaşlı andezitik bileşimli volkanik ve volkanoklastik kayaçların yoğun olduğu bu sahada, cevher başlıca K50-70°B doğrultulu ve 65-80° KD ya eğimli bir fay zonu içine yerleşen kuvars damarlarından oluşmaktadır. Damar sistemi doğrultu boyunca yaklaşık 2,5 km uzunlukta ve birkaç cm den 5m ye kadar değişen kalınlıktadır. Bu damar zonunda başlıca kloritleşme, karbonatlaşma, epidotlaşma, serizitleşme, silisleşme ve killeşme ile temsil edilen hidrotermal alterasyonlar vardır. Mineralojik ve kimyasal çalışmalar, bu alterasyon zonunun, cevher zonuna göre en dıştan içe doğru a) propilitik, b) arjillik-serizitik ve c) silisleşme şeklinde olduğunu göstermektedir. Propilitik zon kendi içinde en dışta kloritleşme-killeşme±karbonatlaşma, arjillik zona doğru gidildikçe karbonatlaşma-killeşme±kloritleşme şeklinde görülmektedir.

Zirkonun hareketsiz element olarak davranış sergilediği Mastra Au-Ag sahasında, yapılan kütle değişim hesaplamaları ile tüm alterasyon birlikteklilerinde hidrotermal çözelti-kayaç etkileşimi sonunda ilksel bileşime göre altere kayaçlarda kütle artışının gerçekleştiği belirlenmiştir. Propilitik zonun en dış kesiminde bulunan kloritleşme-killeşme±karbonatlaşma zonunda 30 g/100g, arjillik zona doğru gidildikçe karbonatlaşma-killeşme±kloritleşme zonunda 42,01 g/100g, arjillik zonda 25,17 g/100g ve silisleşme zonunda 4156.88g/100g kütle artışı hesaplanmıştır. Bu hesaplanan kütle artışlarında, en yüksek artışlar kloritleşme-killeşme±karbonatlaşma zonunda Si, Al, Fe, Mg ve K elementlerinde, karbonatlaşma-killeşme±kloritleşme zonunda Fe, Mg, Ca ve K elementlerinde, arjilik zonda Si, Al ve K elementlerinde ve silisleşme zonunda ise Si, Al, Fe ve K, elementlerinde olmuştur.

Altın, gümüş, pirit, sfalerit, kalkopirit, fahlerz, galen ana mineraller; dijenit, kovellin/kalkozin, azurit, malakit, hematit ve limonit ikincil mineraller; kuvars, barit, adularya, kalsit, ankerit, serizit, jips, serizit ve kil mineralleri ise gang mineralleridir. Bu mineral parajenezi epitermal sistemler ile uyumludur. Bu minerallerden özellikle adularya, kalsit, ankerit, kuvars ve altın birlaklıği, düşük sülfürlü epitermal yataklar için karakteristik özellikler arasındadır. Kuvars, cevherin özelliği gereği en yoğun bulunan gang minerali olup, damarların ana mineralini oluşturmaktadır.

Pirit, sfalerit, galen ve kalkopiritten elde edilen  $\delta^{34}\text{S}$  değerleri genel olarak -1,7‰ ile -6,2‰ gibi dar bir aralıkta değişmektedir. Bu değerler kükürt kaynağının mağmatik olduğunu göstermektedir. Kuvars ile dengede olan çözeltilerin  $\delta^{18}\text{O}$  değerleri +4,5‰ ile +6,2‰ arasında, killer ile dengede olan çözeltilerin  $\delta^{18}\text{O}$  değerleri

+5,8‰ ile +9,8‰ arasındadır. Tüm bu değerler hidrotermal etkileşimi sağlayan çözeltinin baskın olarak mağmatik kökenli olduğunu ve muhtemelen çıkış kanalları boyunca temel kayaçlarla etkileşimde kalarak  $^{18}\text{O}$  bakımından zenginliğini göstermektedir.

Sıvı kapanımlardan maden yatağının geniş bir sıcaklık aralığında ( $113\text{--}390^\circ\text{C}$ ) oluştuğu anlaşılmıştır. Kükürt izotop jeotermometresi yardımıyla, sülfürlü mineral çiftlerinden üç farklı sıcaklık değeri elde edilmiştir ( $T_1$ :  $147\pm15^\circ\text{C}$ ,  $T_2$ :  $287\pm21^\circ\text{C}$  ve,  $T_3$ :  $365\pm28^\circ\text{C}$ ). Kuvars ve kil minerallerinden yapılan oksijen izotop jeotermometresi de bu mineraller için ortalama  $348,5^\circ\text{C}$ 'lik bir oluşum sıcaklığı göstermektedir.

Silis çökelim şartlarına bağlı olarak kuvars damarlarında çok farklı türlerde büyümeye, yeniden kristalleme ve ornatım dokuları gelişmiştir. Diğer doku türlerinin yanında, özellikle boşluklu, breşik, kokard ve taraklı dokuların varlığı kuvars damarlarının epitermal koşullarda oluştuğunun göstergesidir. Kuvars, kalsit, barit ve K-feldspat bileşimli bir mineralojiye sahip olan örneklerde kafes dokulu kalsitler, damarcıklar halinde kuvars ve adularya ile sülfürlü minerallerin varlığı doğrudan hidrotermal çözeltinin kaynadığının göstergesidir. Özellikle kafes dokulu kalsitin varlığı, buna adularya ve altın zenginleşmesinin eşlik etmesi de epitermal oluşum koşullarını destekleyen bir diğer delildir. Çünkü bu birlilik ve dokusal özellik epitermal ortamlarda hidrotermal kaynamaya, işaret etmektedir. Ayrıca bu zonlarda breşik dokuların gözlenmesi de kaynamayı desteklemektedir. Dolayısıyla, alterasyon, cevher mikroskopisi, sıvı kapanım ve izotop çalışmaları neticesinde Mastra Au-Ag madeninin adularya-serizit tip bir epitermal sistem olduğu açıklar.

**Anahtar Kelimeler:** Mastra, Au-Ag, Hidrotermal alterasyon, Kuvars dokuları, Sıvı kapanım, O-H-S izotoplari.

## GEOLOGIC, MINEROLOGIC AND GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF Au-Ag DEPOSITS IN MASTRA (GÜMÜŞHANE)

**Neslihan Aslan and Miraç Akçay**

Karadeniz Teknik Üniversitesi, MF, Jeoloji Müh. Böl., 61080, Trabzon, Türkiye,  
[neslihan.aslan@windowslive.com](mailto:neslihan.aslan@windowslive.com).

Mastra Au-Ag deposit is situated near Demirkaynak village, five km's to the northwest of Gümüşhane. In this area, which is covered mainly by andesitic volcanics and volcaniclastic rocks of Eocene age, the ore zone is composed of quartz veins within a fault zone striking  $N50\text{--}70^\circ\text{W}$  and dipping  $65\text{--}80^\circ\text{NE}$ . The veins are about 2,5 km's long and a few cm's to 5 m's wide. Hydrothermal alteration is represented mainly by chloritisation, carbonatisation, epidotisation, sericitisation, silicification and clay alteration. These alteration minerals are found in different combinations, and form, from the outer zones to inner zones of the deposit, a) propilitic alteration zone, b) argillic alteration zone, and c) silicification zone. The propilitic zone varies in composition and is made up mainly of chlorite and clay minerals, and carbonates to a lesser extent at the outer zones, and carbonates and clay minerals, and chlorite to a lesser extent at the inner zones.

Mass change calculations applied to the Mastra deposit, during the formation of which Zr behaved as an immobile element, indicate that hydrothermally altered rocks were subjected to mass and volume increases as a result of hydrothermal fluid and rock interactions. The mass and volumetric changes in the outer zone of the propilitic alteration zone, represented by chlorite-clay minerals±carbonates, are about 30 g/100g. Towards the inner zones approaching the argillic zone the change goes up to 42,01 g/100g. The argillic zone displays a volumetric change (25,17 g/100g) similar to the outer propilitic zone. The highest changes are estimated in the silicified zone, the center of the alteration halo, and is 4157 g/100g. Silica, Al, Fe, Mg and K are the elements with the highest positive changes in the outer propilitic zone, Fe, Mg, Ca and K in the inner propilitic zone, Si, Al and K in the argillic zone, and Si, Al, Fe and K in the silicified zone.

Native Au, Ag, pyrite, chalcopyrite, sphalerite, sulphosalts, galena, digenite and covellite/chalcocite are the main ore minerals, and quartz, barite, adularia, calcite, serusite, gypsum, hematite, limonite, sericite, and clay minerals are the gangue minerals. This mineral assemblage indicates epithermal conditions. Adularia, calcite, ankerite, quartz and gold assemblage are characteristic for low-sulfide epithermal deposits. Quartz is the most abundant of the gangue minerals and the main constituent of the veins

$\delta^{34}\text{S}$  values from pyrite, sphalerite, galena and chalcopyrite range from -1.7‰ to -6.2‰. These values are indicative of magmatic origin.  $\delta^{18}\text{O}$  values of hydrothermal fluid, which are in equilibrium with quartz, are between +4,5+-6,2‰. Hydrothermal fluids in equilibrium with clay minerals have  $\delta^{18}\text{O}$  values ranging from +5,8 to +9,8‰. These values suggest that the hydrothermal fluids giving rise to such chemical changes are dominantly of magmatic origin, and are somewhat enriched in  $^{18}\text{O}$  as a result of interaction with the country rocks during their ascent.

Results of fluid inclusion heating experiments put forward a wide temperature interval of  $113\text{--}390^\circ\text{C}$ . The sulphide mineral pairs considered to be in isotopic equilibrium showed three different temperature for their