
Ofiyolit Oluşumu ve Yerleşmesi
Genesis and Emplacement of Ophiolites

Oturum Yürütücüleri / Conveners: Osman Parlak,
Friedrich Koller & Alastair Robertson

Küçük Kafkas Ofiyolitlerinin Tektonik ve Jeodinamik Evrimi (Ermenistan, Azerbaycan, Gürcüstan), Yeni Görüşler

Marc Sosson¹, Yann Rolland¹, Carla Muller², Taniel Danelian³, Rafael Melkonyan⁴,
Shota Adamia⁵, Talat Kangarli⁶, Ara Avagyan⁴, Ghazar Galoyan^{1,4} ve Jon Mosar⁷

¹ *Université de Nice Sophia Antipolis, CNRS, UMR GéoAzur, 250 rue A. Einstein,
(E-posta: Marc.Sosson@geoazur.unice.fr) Valbonne, France*

² *IFP, 6 bis rue Haute 92500 Rueil, Malmaison*

³ *University P and M Curie, Paleobiodiversity and Palaeoenvironment, 4 place Jussieu,
75230 Paris, France*

⁴ *Institute of Geological Sciences, Armenian Academia of Sciences, 24 Baghramian ave,
Yerevan, Armenia*

⁵ *Institute of Geophysics, I. M. Alexidze str., 0193, Tbilisi, Georgia*

⁶ *Geological Institute of Azerbaijan, Geotectonics and Geodynamics, H. Javid Av., 29A,
Baku AZ1143, Azerbaijan*

⁷ *University of Friburg, Earth Sciences, Friburg, Switzerland*

Küçük Kafkaslar'da GB'dan KD'ya doğru üç ana domen ayırt edilmiştir. Bunlar; (1) Gondwana kökenli otokton Güney Ermeni Bloğu (GEB), (2) Sevan-Akera ofiyolitik kenet zonu ve (3) Avrasya plakası. Arazi çalışmalarımıza, stratigrafik, petrolojik, jeokimyasal ve yeni-eski jeokronolojik verilere dayalı olarak Sevan-Akera kenet zonundaki yitim, üzerleme ve çarpışma prosesleri ile ilgili yeni görüşler sunmaktayız. Biri Avrasya'nın altına dalan Neotetis yitimi ve diğeri de Küçük Kafkaslar'daki ofiyolitlerin yay-gerisi basende oluşumu ile ilgili okyanus içi yitim olmak üzere iki yitim zonu açıkça tanımlanmaktadır. Üzerleme/yerleşme Geç Koniyaşiyen–Santoniyen sırasında meydana gelmiştir ve kenet kuşağının önündeki yaygın ofiyolit naplarının sorumlusudur. Okyanusal litosfer kalıntılarının Avrasya'nın altına dalımını takiben, Güney Ermeni Bloğu (GEB)'nin Avrasya ile çarpışması tetiklenmiş olup, Paleosen sırasında (1) ofiyolitlerin, yay ve üst Kretase formasyonlarının (Transkafkas masifinden Karabakh'a) kıvrımlanması, (2) GB'ya doğru bindirme ve (3) kuşak önünde bir kıtaönü baseni oluşturmuştur. Orta–Üst Eosen birimleri yukarıda bahsedilen üç domeni uyumsuzlukla örter. Eosen'den Miyosen'e Arap levhası ile Güney Ermenistan Bloğunun güneyinin çarpışması sonucu, güneye doğru kısalma, kuşak boyunca kıvrımlanma ve bindirmeler ile belirlenmektedir. Bu deformasyonlar kalın bir Miyosen–Kuvaterner klastik örtü ve kökeni tartışmalı volkanikler tarafından uyumsuz olarak örtülmüştür.

Anahtar Sözcükler: ofiyolitler, Neotetis, Küçük Kafkaslar, üzerleme, çarpışma, melanj

Tectonic and Geodynamic Evolution of the Lesser Caucasus Ophiolites (Armenia, Azerbaijan, Georgia), New Insights

Marc Sosson¹, Yann Rolland¹, Carla Muller², Taniel Danelian³, Rafael Melkonyan⁴, Shota Adamia⁵, Talat Kangarli⁶, Ara Avagyan⁴, Ghazar Galoyan^{1,4} & Jon Mosar⁷

¹ *Université de Nice Sophia Antipolis, CNRS, UMR GéoAzur, 250 rue A. Einstein, Valbonne, France (E-mail: Marc.Sosson@geoazur.unice.fr)*

² *IFP, 6 bis rue Haute 92500 Rueil, Malmaison*

³ *University P and M Curie, Paleobiodiversity and Paleoenvironment, 4 place Jussieu, 75230 Paris, France*

⁴ *Institute of Geological Sciences, Armenian Academia of Sciences, 24 Baghramian ave, Yerevan, Armenia*

⁵ *Institute of Geophysics, 1 M. Alexidze str., 0193, Tbilisi, Georgia*

⁶ *Geological Institute of Azerbaijan, Geotectonics and Geodynamics, H.Javid Av., 29A, Baku AZ1143, Azerbaijan*

⁷ *University of Fribourg, Earth Sciences, Fribourg, Switzerland*

In the Lesser Caucasus three main domains are distinguished from SW to NE: (1) the autochthonous South Armenian Block (SAB), a Gondwana-derived terrane, (2) the ophiolitic Sevan-Akera suture zone and (3) the Eurasian plate. Based on our field works, stratigraphical, petrological, geochemical and geochronological new data and previous ones we present new insights on the subduction, obduction and collision processes recorded in the Sevan-Akera suture zone. Two subductions are clearly identified, one related to the Neotethys subduction beneath the Eurasian margin and one intra-oceanic (SSZ) responsible for the opening of a back-basin which corresponds to the ophiolites of the Lesser Caucasus. The obduction occurred during late Coniacian to Santonian and is responsible for the widespread ophiolitic nappe outcropping in front of the suture zone. Following the subduction of oceanic lithosphere remnants under Eurasia, the collision of the SAB with Eurasia triggered during Palaeocene, producing (1) folding of ophiolites, arc and Upper Cretaceous formations (Transcaucasus massif to Karabakh), (2) thrusting toward SW and (3) a foreland basin in front of the belt. Upper–Middle Eocene series unconformably cover the three domains. From Eocene to Miocene as a result of the Arabian plate collision with the SAB to the South, southward propagation of shortening featured by folding and thrusting occurred all along the belt. These deformations are sealed by a thick sequence of unconformable Miocene to Quaternary clastic and volcanic rocks of debated origin.

Key Words: ophiolites, Neotethys, Lesser Caucasus, obduction, collision, mélange

Türkiye ve Yakın Doğu Akdeniz Bölgesindeki Kretase Yaşlı Ofiyolitlerin Oluşum Ortamı ve Yerleşimine Genel Bakış

Alastair H.F. Robertson¹ ve Osman Parlak^{2,3}

¹ *School of GeoSciences, University of Edinburgh, W. Mains Road, Edinburgh, EH9 3JW UK (E-posta: Alastair.Robertson@ed.ac.uk)*

² *Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Çukurova Üniversitesi, 01330 Balcalı, Adana*

³ *Mesleki ve Teknik Eğitim Fakültesi, Adıyaman Üniversitesi, 02040 Adıyaman*

Kretase yaşlı ofiyolitler Türkiye ve yakın civarındaki dört kenet kuşağı ile ilişkili olarak bulunurlar. KB'da Kretase yaşlı olduğu düşünülen ve çok az çalışmanın olduğu ofiyolitler İnter-Pontid kenet kuşağında bulunurlar. Daha güneyde, eksikli bir dizi sunan ofiyolitler İzmir-Ankara-Erzincan kenet kuşağının kuzey sınırında bulunurlar. Bu ofiyolitler batıda Anadolu ofiyolitleri olarak tanımlanmış olup, tektonik dokanakla YB/DS metamorfizmasına maruz kalmış melanj ve Anadolu kıtasal levhasını üzerlerler (Burhan, Eskişehir, Sivrihisar, Konya bölgeleri). Kuzeydoğu Türkiye'deki diğer ofiyolitler (Erzincan, Erzurum bölgeleri) ise hem güneye doğru hem de kuzeye doğru Avrasya levhasının Pontid aktif kıta kenarına yerleşmişlerdir. İzmir-Ankara-Erzincan kenet kuşağının güneyi ise, batıda Menderes masifinin üzerleyen ofiyolitler (Likya) ve daha doğuda Kırşehir masifini üzerleyen ofiyolitler (Çiçekdağ, Sarıkaraman) ile temsil edilirler. Orta Anadolu'daki ofiyolitlerin bir kısmı ise konumu hala tartışılan İç Toros kenet kuşağı (Beyşehir, Pozantı (Alihoca), Karsantı, Mersin, Pınarbaşı) ile ilişkilidir. Türkiye'nin güneydoğusunda ve Suriye'nin kuzeyinde yer alan ofiyolitler (Guleman, İspendere, N Berit-Göksun, Koçali, Hatay and Baer-Bassit) ise Neotetis'in güney kolu ile ilişkilidir. Troodos (Kıbrıs) ve Antalya (Tekirova) ofiyolitleri de aynı kuşak içinde bulunmaktadır.

Ofiyolitlerden elde edilen yeterli petrolojik ve jeokimyasal veriler, yukarıda bahsedilen ofiyolitlerin bir çok Neotetis okyanusal baseninin kuzeye dalımı sırasında okyanus içi dalma batma zonu üzerinde oluştuklarını göstermektedir. Tektonostratigrafik veriler, ofiyolitlerin tek bir okyanusal basende oluştukları desteklememektedir. Diğer taraftan, farklı kenet kuşağındaki ofiyolitlerin iç yapısı, metamorfik dilimlerin yaşı ve yerleşme zamanları birbirlerine oldukça fazla benzerlik sunmaktadır. Çok basenli ofiyolit kökeni, bir çok Tetis okyanusal baseni ve mikrokıta boyunca stress aktarımı nedeniyle farklı basenlerde eşzamanlı dalma-batma zonu üzeri yayılma ve yerleşmeyi belirtmektedir. Önceden oluşan MORB tipi okyanusal kabuk ise okyanus içi yitim zonunda dalarak eklenir prizma/melanj ve yay magmatizmasını oluşturmuştur. Ofiyolitler hendek-kıta kenarı çarpışması ile güneye doğru pasif kıta kenarına (Arap platform ve mikrokıta) yerleşirken, Kordiller-tipi ofiyolitler ise aktif kıta kenarına (GD Türkiye ve Pontidler) eklenerek korunmuşlardır.

Anahtar Sözcükler: Türkiye, ofiyolitler, yerleşme, Kretase, Tetis, Doğu Akdeniz

Overview of the Tectonic Setting of Genesis and Emplacement of Cretaceous Ophiolites in Turkey and the Adjacent Eastern Mediterranean region

Alastair H.F. Robertson¹ & Osman Parlak^{2,3}

¹ *School of GeoSciences, University of Edinburgh, W. Mains Road, Edinburgh, EH9 3JW UK (E-mail: Alastair.Robertson@ed.ac.uk)*

² *Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Çukurova Üniversitesi, Balcalı, TR–01330 Adana, Türkiye*

³ *Mesleki ve Teknik Eğitim Fakültesi, Adıyaman Üniversitesi, TR–02040 Adıyaman, Türkiye*

Cretaceous ophiolites are found associated with four suture zones in Turkey and adjacent region. In the NW, poorly documented ophiolites of probable Cretaceous age occur within the Intra-Pontide suture zone. Further south, dismembered ophiolites border the north margin of the İzmir-Ankara-Erzincan suture zone. In the west these ‘Anatolide ophiolites’ overlie HP/LT melange and the exhumed Anatolide continental margin (e.g., Burhan, Eskişehir, Sivrihisar, Konya areas). Other ophiolites in NE Turkey (e.g., Erzincan, Erzurum) were emplaced both southwards and also northwards over the Pontide active continental margin of Eurasia. The southern margin of the IAESZ is characterised by thrust sheets emplaced over the Menderes Massif in the west (e.g., Lycian ophiolites) and the Kırşehir Massif further east (e.g., Çiçekdağ, Sarıkaraman ophiolites). Ophiolites are associated with an additional (but still controversial) suture zone in central Anatolia, the Inner Tauride Suture Zone (e.g., Beyşehir, Pozantı (Alihoca), Karsantı, Mersin, Pınarbaşı ophiolites). Further south, ophiolites are additionally associated with the S Neotethyan suture, especially in SE Turkey and N Syria (e.g., Guleman, İspendere, N Berit (Göksun), Koçali, Hatay and Baer-Bassit ophiolites). The Troodos and Antalya (Tekirova) ophiolites also relate to this southernmost oceanic lineament.

Sufficient petrological and geochemical evidence is now available to show that all of the above ophiolites formed in a supra-subduction zone setting related to northward subduction of several Tethyan oceanic basins. Tectonostratigraphy appears to exclude derivation of all of the ophiolites from a single oceanic basin. On the other hand, remarkable similarities exist between the ophiolites in several suture zone including ophiolite pseudostratigraphy, ages of metamorphic soles, and the timing of emplacement. Multi-basin ophiolite origin implies stress transmission across several Tethyan ocean basins and microcontinents, triggering near-simultaneous supra-subduction zone spreading and emplacement in several basins. Pre-existing MOR-type oceanic crust was subducted creating accretionary melanges and localised arc magmatism. Ophiolites were emplaced southwards by trench-margin collisions onto former passive margins (i.e. Arabian continental margin and microcontinents), while opposing ‘Cordilleran-type’ ophiolites were preserved by accretion in an active margin setting (e.g., SE Turkey, Pontides).

Key Words: Turkey, ophiolites, emplacement, Cretaceous, Tethys, Eastern Mediterranean

Kızıldağ (Hatay) Ofiyoliti'nin İzotop Jeokronolojisi ve Jeokimyası, Güney Türkiye: Güney Neotetis'te Okyanus Kabuğunun Kristallenme Yaşı ve Farklı Magma Oluşumları ile İlgili Veriler

Osman Parlak^{1,2}, Fatih Karaoğlan¹, Urs Klötzli³, Martin Thöni³,
Friedrich Koller³ ve Utku Bağcı⁴

¹ Çukurova Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 01330 Balcalı, Adana
(E-posta: parlak@cukurova.edu.tr)

² Adıyaman Üniversitesi, Mesleki ve Teknik Eğitim Fakültesi, 02040 Adıyaman

³ University of Vienna, Center for Earth Sciences, A-1090 Vienna, Avusturya

⁴ Mersin Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 33342 Çiflikköy, Mersin

Kızıldağ ofiyoliti, güney Türkiye'de en iyi korunmuş Neotetis okyanusal litosfer kalıntılarında birisi olup tabandan tavana doğru manto tektonitleri, ultramafik-mafik kümülatlar, izotrop gabrolar, levha dayk kompleksi, plajiyogranitler ve volkaniklerle temsil edilmektedir. Ultramafik ve mafik kümülatlar dunit, verlit, olivinli gabro, olivinli gabronorit ve gabro'dan oluşmaktadır. Kümüllüs fazların kristallenme sırası, kümülatlardaki yüksek-Mg'lu olivin ve piroksenlerin varlığı ve yüksek-Ca'lu plajiyoklaslar dalma-batma ile ilişkili bir tektonik ortamı işaret etmekte olup bu kayaçların adayayı toleyitik magmasından türediğini önermektedir. İzotropik gabrolar ofitik-mikrografik doku sunan gabro, diyorit ve kuvarslı diyoritler ile temsil edilmektedir. Levha daykları ise ofitik-intersertal dokulu olup diyabaz ve mikrodiyorit'lerden oluşmaktadır. Sakalavitler olarak isimlendirilen boninitik volkanikler bazaltik karakterli olup hypokristalen porfirik ve hyalopilitik doku sergilemektedir. İzotropik gabrolar, levha daykları ve Sakalavitlerden elde edilen jeokimyasal veriler Kızıldağ (Hatay) ofiyolitinin okyanusal kabuk kayaçlarını oluşturan iki ana magmanın varlığını işaret etmektedir. Bunlar; (i) I. Grup izotrop gabro ve levha dayklarını oluşturan adayayı toleyitik serisi ve (ii) II. Grup izotrop gabrolar, levha daykları ve Sakalavitleri oluşturan düşük-Ti boninitik seridir. Kızıldağ ofiyolitindeki boninitik ve ada yayı toleyitik magmatizmasının mekansal ve zamansal ilişkileri, farklı magma kaynaklarının yay-önü tektonik ortamında eşzamanlı olarak aktif olduklarını işaret etmektedir.

Kızıldağ ofiyolitinin (zirkon U-Pb yaşları temel alınarak hesaplanan) başlangıç $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ oranları 0,513033 ile 0,513093 arasında ve ϵNdT değerleri +7,7 ile +8,9 arasında değişirken, başlangıç $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ oranları 0,70476 ile 0,70541 arasında değişmektedir. Elde edilen bu değerler, ofiyolitik birimlerin tüketilmiş manto bileşiminde olduğunu göstermektedir. Kızıldağ ofiyolitine ait plajiyogranitten elde edilen zirkonlardan LA-ICP-MS U-Pb yöntemi ile bu birimin kristallenme yaşı $90,3 \pm 2.4$ My olarak hesaplanmıştır. Bu yaş ve Nd-Sr izotop verileri, Güney Neotetis'te Geç Kretase döneminde Kızıldağ ofiyolitinin Troodos ofiyoliti ile olan zaman-mekan ve kökensel ilişkisini açıkça ortaya koymaktadır.

Anahtar Sözcükler: ada yayı toleyiti, boninit, yay-önü, Jeokronoloji, İzotop Jeokimyası

Isotope Geochronology and Geochemistry of the Kızıldağ (Hatay) Ophiolite, Southern Turkey: Evidence for Crystallization age of Oceanic Crust and Distinct Magma Genesis in Southern Neotethyan Ocean

Osman Parlak^{1,2}, Fatih Karaoğlan¹, Urs Klötzli³, Martin Thöni³,
Friedrich Koller³ & Utku Bağcı⁴

¹ Çukurova Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Balcalı, TR–01330 Adana, Türkiye
(E-mail: parlak@cukurova.edu.tr)

² Adıyaman Üniversitesi, Mesleki ve Teknik Eğitim Fakültesi, TR–02040 Adıyaman, Türkiye

³ University of Vienna, Center for Earth Sciences, A-1090 Vienna, Austria

⁴ Mersin Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Çiftlikköy, TR–33342 Mersin, Türkiye

The Kızıldağ ophiolite is one of the best preserved Neotethyan oceanic lithospheric remnants in southern Turkey and represented by, from bottom to top, mantle tectonites, ultramafic to mafic cumulates, isotropic gabbros, sheeted dike complex, plagiogranites and extrusives. The ultramafic to mafic cumulate rocks are composed of dunite, wehrlite, olivine gabbro, olivine gabbronorite and gabbro. The crystallization order of cumulus phases, presence of highly magnesian olivines and pyroxenes as well as highly calcic plagioclases in the cumulates are indicative of subduction-related tectonic environment and suggest their derivation from an island arc tholeiitic magma. The isotropic gabbros are represented by gabbro, diorite and quartz diorite rocks with granular, ophitic to micrographic textures. The sheeted dikes are characterized by diabase and microdiorite rocks with ophitic to intersertal textures. The boninitic volcanics so called Sakalavites are basaltic in composition and exhibit hypocrystalline porphyritic to hyalopilitic textures. All these rocks exhibit tholeiitic composition. Geochemical data from the isotropic gabbros, sheeted dikes and Sakalavites suggest that there are two main types of parental basic magmas that form the crustal rocks of the Kızıldağ (Hatay) ophiolite. These are (i) IAT series (Group I: isotropic gabbros and sheeted dikes) and (ii) Low-Ti boninitic series (Group II: isotropic gabbros, sheeted dikes and Sakalavites). Spatial and temporal relations of the IAT and boninitic magma types in the Kızıldağ ophiolite indicate that different magma sources were contemporaneously active in a fore-arc tectonic setting.

The initial (calculated on the basis of relative U-Pb zircon ages) $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ ratios vary between 0,513033 and 0,513093, corresponding to ϵNd_T values of +7,7 to +8,9, whereas the initial $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratios of the ophiolitic units vary from 0,70314 to 0,70541. These results indicate that the ophiolitic units have a composition of depleted mantle. LA-ICP-MS U-Pb analysis of the zircons separated from plagiogranites belonging to Kızıldağ ophiolite yielded a crystallization age of $90,3 \pm 2,4$ Ma. This age and Nd-Sr isotope data indicate the spatial-temporal and genetic relations of the Kızıldağ ophiolite with the Troodos ophiolite in southern branch of Neotethys during late Cretaceous.

Key Words: island arc tholeiite, boninite, forearc, geochronology, isotope geochemistry

Kömürhan Ofiyoliti'nin (Elazığ-Türkiye) Oluşumu ve Yerleşmesi Sırasında Dalma-Batma Zonu Metamorfizması

Tamer Rızaoğlu¹, Osman Parlak^{2,3}, Fikret İşler², Volker Höck⁴ ve Utku Bağcı⁵

¹ Sütçü İmam Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 46100 Kahramanmaraş
(E-posta: tamer@ksu.edu.tr)

² Çukurova Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 01330 Balacalı, Adana

³ Adıyaman Üniversitesi, Mesleki ve Teknik Eğitim Fakültesi, 02040 Adıyaman

⁴ University of Salzburg, Department of Geography and Geology, A-5020 Salzburg, Austria,

⁵ Mersin Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 33342 Çiftlikköy, 33342 Mersin

Güneydoğu Anadolu orojenik kuşağında yer alan tektonomagmatik birimler (ofiyolitler, ensimatik ada yayı birimleri, ofiyolit ile ilişkili metamorfik kayalar ve granitik kayalar) Neotetis'in güney kolunun geç Kretase'deki evrimini anlamada oldukça önemli unsurlardır. Türkiye'nin güneydoğusunda Doğu Toroslar'da Neotetis okyanus kabuğunun kalıntılarından biri olan Geç Kretase yaşlı Kömürhan ofiyoliti Elazığ bölgesinde Hazar gölünün batısında yer almaktadır. Bu ofiyolit kütlesi batıda İspendere ofiyoliti ve doğuda Guleman ofiyoliti ile kökensel bir ilişkiye sahiptir. Kömürhan ofiyoliti kuzeyde Malatya-Keban platformu tarafından tektonik olarak üzerlenmekte ve Baskil granitoidi tarafından kesilmekte olup güneyde ise orta Eosen yaşlı Maden Kompleksi üzerine bindirmektedir. Kömürhan ofiyoliti eksiksiz bir ofiyolit istifi sunmakta ve tabandan tavana tektonitler, ultramafik-mafik kümülatlar, izotrop gabrolar, levha dayk kompleksi, volkanik ve sedimenter kayalardan oluşmaktadır. Tektonitlerin tabanında okyanus içi dalma-batma esnasında amfibolit fasiyesine varan derecede metamorfizma geçirmiş metamorfik dilim kayalarından oluşan ince bir seviye gözlenmektedir. Bu metamorfik kayalar tektonitlerle tektonik bir dokanağa sahip olup sin-kinematik granit intrüzyonları tarafından kesilmektedirler. Ofiyolitlerle ilişkili metamorfik kayalar tavanda amfibolitler tabanda ise metasedimenter kayaları içermektedirler. Tektonizma nedeniyle metamorfik dilimin gerçek kalınlığı ve ters zonlanma açıkça izlenememektedir.

Metamorfik dilim kayaları amfibolit ve yeşil şist fasiyesine ait mineral topluluklarını içeren mineral parajenezine sahiptir. Metamorfik dilim amfibolit, plajiyoklas amfibolit, plajiyoklas-epidot-amfibol şist, kuvars-plajiyoklas-amfibol şist ve metasedimenter kayalarla temsil edilmektedir. Amfibolitler granoblastik doku sunmakta ve iri taneli magnezyen hornblend içermektedirler. Plajiyoklas amfibolitler granoblastik ve grano-nematoblastik doku göstermekte ve plajiyoklas (%20–25), amfibol (%70–75), aksesuar sfen ve manyetit mineralleri ile temsil edilmektedirler. Plajiyoklas-epidot-amfibol şistler bantlı ve nematoblastik doku göstermekte ve amfibol (%50–60), epidot (%15–20), plajiyoklas (%5–10), ikincil klorit ve manyetit içermektedirler. Kuvars-plajiyoklas-amfibol şistler bantlı ve nematoblastik doku sunmakta olup amfibol (%70–75), plajiyoklas (~ %20), kuvars (~ %5), aksesuar sfen ve manyetit ile karakteristiktirler.

Elazığ bölgesindeki Kömürhan ofiyolitinin altında yeralan ofiyolit tabanı metamorfikleri Neotetis'in güney kolunda okyanus içi dalma-batma sırasındaki bindirmelere bağlı olarak gelişen dinamo termal metamorfizmanın izlerini taşırlar. Metamorfik dilim kayaları genellikle yatay ve hafifçe zenginleşmiş $[(La/Yb)_N = 2.99-1.40]$ tüketilmiş $[(La/Yb)_N = 0.42]$ doğru değişen hafif nadir toprak elementleri desenleri göstermektedir. N-MORB'a göre normalize edilmiş örümcek diyagramında ise ofiyolit tabanı metamorfik kayaları bazı yüksek iyon yarıçaplı elementlerce (Rb, Ba, Th) zenginleşme ve Nb tüketilmesi göstermektedir. Nadir toprak elementleri, çoklu element ve tektonomagmatik sınıflandırma diyagramları amfibolitlerin kökeninin toleyitik ($Nb/Y = 0.07-0.33$) bazaltlar olduğunu ve bu kayaların okyanus içi dalma-batma zonu (SSZ) üzerinde oluştuğunu göstermektedir. Minerallerin kimyasal bileşimlerine dayalı jeobarometrik çalışmalar metamorfizma basıncının 5kb'dan daha az olduğuna işaret etmektedir. Kömürhan ofiyolitine ait metamorfik dilim kayaları dalma-batma/kıta üzerine yerleşme sırasında Adayayı toleyiti (IAT) tipi bazaltik kayaların metamorfizması neticesinde oluşmuşlardır.

Anahtar Sözcükler: Neotetis, ofiyolit, metamorfik dilim, amfibolit, Kömürhan, Elazığ

Subduction Zone Metamorphism During Formation and Emplacement of the Kömürhan Ophiolite (Elazıĝ-Turkey)

Tamer Rızaoĝlu¹, Osman Parlak^{2,3}, Fikret İřler², Volker H ck⁴ & Utku Baĝcı⁵

¹ S t c  İmam Üniversitesi, Jeoloji M hendisliĝi Bölümü, TR–46100 Kahramanmaraş, Türkiye
(E-mail: tamer@ksu.edu.tr)

² Çukurova Üniversitesi, Jeoloji M hendisliĝi Bölümü, Balcalı, TR–01330 Adana, Türkiye

³ Adıyaman Üniversitesi, Mesleki ve Teknik Eĝitim Fakültesi, TR–02040 Adıyaman, Türkiye

⁴ University of Salzburg, Department of Geography and Geology, A–5020 Salzburg, Austria,

⁵ Mersin Üniversitesi, Jeoloji M hendisliĝi Bölümü,  iftlikk y, TR–33342 Mersin, Türkiye

The tectonomagmatic units (ophiolites, ensimatic island arc units, ophiolite-related metamorphic rocks and granitic rocks) within the southeast Anatolian orogenic belt are important elements for understanding the late Cretaceous tectonomagmatic evolution of the southern branch of Neotethys. Late Cretaceous Kömürhan ophiolite, one of the Neotethyan oceanic crustal remnants from the eastern Taurides in southeastern Turkey, is located to the west of the Hazar lake in Elazıĝ region. This ophiolite body has a genetic link with the İspendere ophiolite to the west and Guleman ophiolite to the east. In the north, the Kömürhan ophiolite is tectonically overlain by the Malatya-Keban platform and intruded by the Baskil granitoid, whereas in the south, it is thrust over the Middle–Eocene Maden Complex. The Kömürhan ophiolite presents an intact ophiolite pseudostratigraphy and comprises from bottom to top tectonites, ultramafic to mafic cumulates, isotropic gabbros, sheeted dike complex, volcanics and sedimentary rocks. A thin slice of metamorphic sole rocks, metamorphosed up to amphibolite facies during the intra-oceanic subduction, is observed at the base of the tectonites. They have a tectonic contact with the mantle tectonites and are cut by syn-kinematic granitic intrusions. The ophiolite-related metamorphic rocks consist of amphibolites at the top and metasedimentary rocks at the bottom. Inverted metamorphic zonation and actual thickness of the metamorphic sole are not clearly defined due to tectonic deformation.

Mineral parageneses in the metamorphic sole rocks exhibit amphibolite and greenschist facies assemblages. It is represented by amphibolite, plagioclase amphibolite, plagioclase-epidote-amphibole schist, quartz-plagioclase-amphibole schist and metasedimentary rocks. The amphibolites exhibit granoblastic texture and comprise coarse-grained magnesio-hornblendes. The plagioclase amphibolites show granoblastic to grano-nematoblastic texture and are represented by plagioclase (20–25%), amphibole (70–75%), accessory sphene and magnetite minerals. The plagioclase-epidote-amphibole schists display banded to nematoblastic textures and comprise amphibole (50–60%), epidote (15–20%), plagioclase (5–10%), secondary chlorite and magnetite. The quartz-plagioclase-amphibole schists exhibit banded to nematoblastic textures and are characterized by amphibole (70–75%), plagioclase (~20%), quartz (~5%) and accessory sphene and magnetite.

The sub-ophiolitic metamorphic rocks beneath the Kömürhan ophiolite in Elazıĝ region record the traces of dynamothermal metamorphism as a result of intraoceanic subduction/thrusting in the southern Neotethys. The metamorphic sole rocks show generally flat and slightly LREE enriched $[(La/Yb)_N = 2.99–1.40]$ to depleted $[(La/Yb)_N = 0.42]$ patterns. The N-MORB normalized spider diagrams for the rocks from the sub-ophiolitic metamorphic rocks show some selected LILE enrichment (Rb, Ba, Th) and Nb depletion. The REE patterns, multi-element and tectonomagmatic discrimination diagrams confirm that the protolith of the amphibolites is tholeiitic ($Nb/Y = 0.07–0.33$) basaltic rocks that formed in a SSZ environment. Geobarometric studies based on chemical compositions of minerals indicate that average pressure was less than 5 kb. The metamorphic sole of the Kömürhan ophiolite was derived from metamorphism of an IAT-type basaltic protolith during intraoceanic thrusting/subduction.

Key Words: Neotethys, ophiolite, metamorphic sole, amphibolite, Kömürhan, Elazıĝ

Arnavutluk Ofiyolitlerindeki Farklı Manto Birimleri: Mineral ve Tüm Kayaç Kompozisyon Verileri

Friedrich Koller¹, Volker Höck², Corina Ionescu³ ve Kujtim Onuzi⁴

¹ *University of Vienna, 14 Althanstr., A1090 Vienna, Austria (E-posta: friedrich.koller@univie.ac.at).*

² *University of Salzburg, 34 Hellbrunnerstr., A5020 Salzburg, Austria*

³ *Babes-Bolyai University Cluj-Napoca, 1 Kogalniceanu Str., RO400084 Cluj-Napoca, Romania*

⁴ *Instituti i Gjeoshkencave, Universiteti Politeknik i Tiranes, Albania*

Klasik anlamda, Arnavutluk ofiyolitleri yitim ile ilişkili doğu kuşak ve okyanus ortası sırtı (MOR) ile ilişkili batı kuşak olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Bu kökensel ilişki manto kayaları ile de yansıtılmalı ve doğuda harzburjitik batıda ise lertzolitik kayaçlar dominant olmalıdır. Batı kuşakta son zamanlarda yapılan çalışmalar farklı bir yapı sergilemektedir. Peridotit masifleri kuşak içinde buldukları yere bağlı olarak oldukça geniş bir kompozisyonel değişim gösterirler. Voskopoja, Rehove ve Morava masiflerinin güney kesimleri lertzolite zengindir ve eğer varsa da, çok az miktarda harzburjite içerirler. Buna karşın, daha kuzeydeki iki masifte, Devolli ve Vallamara'da ise sadece oldukça tüketilmiş harzburjitler yer almaktadır. Arnavutluğun orta kesimlerinde yeralan Shpati, Kuterman ve Skenderbeu gibi masiflerde ise manto kayaları aynı oranda harzburjit ve lertzolit içerirler. Tüm bu masiflere bakıldığında, batıda harzburjitler egemen kaya türü olarak görülmekte ve doğuya doğru gidildikçe lertzolitler daha baskın olmaktadır. Arnavutluğun kuzeyinde yeralan Puka ve Gomsique peridotit masifleri ise tıpkı güney kuşaktakiler gibi lertzolite zengindirler. Batı ve doğu kuşak arasında yer alan Krrabi masifi hem harzburjit hemde lertzolite zengin olup, doğu kuşağa daha yakındır. Doğu kuşaktakiler daha tekdüze ve Shebenik ve Bitincka masiflerinde olduğu gibi sadece harzburjit içerirler. Peridotitlerin Al₂O₃ içerikleri oldukça değişken olup, % 0.3 ile 3.8 arasında değişmektedir. Bu durum bir yandan zengin peridotitleri diğer yandan da oldukça tüketilmiş peridotitleri işaret etmektedir. Olivin, kromit/spinel ve piroksen gibi ultramafik minerallerin analizleri de bu litolojik farklılıkları yansıtmaktadır. Örnek olarak olivinlerin X_{Mg} değerleri lertzolitlerde 0,895, harzburjitlerde ise 0.915 arasındadır. Benzer durum spinellerdeki Cr# numaralarında da görülmekte olup, lertzolitlerde 10 ve harzburjitlerde ise 73'tür. Benzer bir geniş aralık klino- ve orto-piroksenlerin Cr# numaralarında da görülür. Arnavutluk'ta 140 km'den daha fazla kuzey-güney yönünde uzanan batı ofiyolit kuşağının manto kompozisyonu, bir çok kez ilksel mantoya benzer lertzolitik bileşimden oldukça tüketilmiş harzburjit bileşimine değişim göstermektedir. Buna karşın doğu ofiyolit kuşağı peridotitleri ise daha homojen harzburjitik manto ile temsil edilmektedir.

Anahtar Sözcükler: Arnavutluk, ofiyolit, Jurassik ofiyolitler, peridotitler, harzburjit, lertzolit

Contrasting Mantle Section in Albanian Ophiolites: Evidences From Mineral and Bulk Rock Composition

Friedrich Koller¹, Volker Höck², Corina Ionescu³ & Kujtim Onuzi⁴

¹ *University of Vienna, 14 Althanstr., A1090 Vienna, Austria (E-mail: friedrich.koller@univie.ac.at).*

² *University of Salzburg, 34 Hellbrunnerstr., A5020 Salzburg, Austria*

³ *Babes-Bolyai University Cluj-Napoca, 1 Kogalniceanu Str., RO400084 Cluj-Napoca, Romania*

⁴ *Instituti i Gjeoshkencave, Universiteti Politeknik i Tiranes, Albania*

In the classical view, the Albanian Ophiolites were divided in an eastern SSZ and a western MORB belt. This genetic view should be reflected in the mantle section as well, by the predominant occurrence of harzburgites in the eastern and lherzolites in the western belt. Recent investigations in the western belt revealed a different picture. The peridotitic massifs show regional a wide compositional variation, depending on their position within the belt. The southern massifs of Voskopoja, Rehove and Morava are dominated by lherzolites and contain, if any, only minor harzburgite bodies. By contrast, the next two massifs, Devolli and Vallamara further in the north, are almost exclusively composed of highly depleted harzburgites. In turn, the massifs situated in central Albania, such as Shpati, Kuterman and Skenderbeu are built up of almost equal proportions of harzburgites and lherzolites. In all these massifs, harzburgites are dominating in the western parts, while lherzolites are restricted towards the east. The Puka and Gomsique massifs situated already in the northern part of Albania, are like those in the southern part, dominated by lherzolites. The Krrabi massif, positioned in between the western and the eastern belt, is formed by both harzburgites and lherzolites, thus fitting better into the eastern belt. The latter is more uniform and contains only massifs dominated by harzburgites, such for example the Shebenik and the Bitincka massifs.

The Al₂O₃ values in peridotites show accordingly a high variability, ranging from 0.3 to 3.8 wt%. This is consistent with fertile peridotites on one hand, and extremely depleted peridotites, on the other hand. Likewise, the composition of typical ultramafic minerals such as olivine, chromian spinels and pyroxenes reflect this lithological variability. For example, the X_{Mg} values of olivine range from 0.895 in lherzolites to 0.915 in depleted harzburgites. These values are accompanied by Cr# in spinels ranging from 10 to 73, spanning the composition from lherzolites to depleted harzburgites. A similar wide variation can be found in the Cr# of both Cpx and Opx. The mantle composition in the Albanian western ophiolite belt, which extends for more than 140 km in N-S direction, changes several times from a lherzolitic composition close to primitive mantle to a highly depleted harzburgite. By contrast, the eastern belt seems to have been formed by a more homogeneous harzburgitic mantle.

Key Words: Albania, ophiolite, Jurassic ophiolites, peridotites, harzburgite, lherzolites

Abisal- ve Aşırı Tüketilmiş Yitim-tip Manto Peridotitleri (Muğla, GB-Türkiye): Mineral Kimyası, Tüm Kayaç Jeokimyası (Ana Oksit–İz Element–Nadir Toprak Element–Platin Grubu Element) ve Re/Os–İzotop Sistematiği

İbrahim Uysal¹, Orhan Karşlı², M. Burhan Sadıklar¹, Mahmud Tarkian³,
Thomas Meisel⁴, Christopher J. Ottley⁵ ve Peter Stutz³

¹ Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, 61080 Trabzon
(E-posta: iuysal@ktu.edu.tr)

² Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Gümüşhane Üniversitesi, 29000 Gümüşhane

³ Institute of Mineralogy and Petrology, University of Hamburg, Hamburg, Germany

⁴ Department of General and Analytical Chemistry, University of Leoben, Leoben, Austria

⁵ Northern Centre for Isotopic and Elemental Tracing, Department of Earth Sciences,
University of Durham, Durham, U.K.

Güneybatı-Türkiye’de geniş yayılımlar sunan manto peridotitlerinin oluşum mekanizmaları ve tektonik ortamlarını belirlemek amacıyla, bu kayalar üzerinde ana oksit, iz element, nadir toprak element (NTE), platin grubu element (PGE) ve Re/Os-izotopik bileşimlerinin yanı sıra detaylı mineral kimyası çalışmaları yapılmıştır. Manto peridotitleri, modal mineralojileri, jeokimyasal bileşimleri ve mineral kimyası verileri dikkate alınarak klinopiroksence zengin harzburjitler, tüketilmiş harzburjitler ve dunitler olmak üzere üç gruba ayrılmıştır. Klinopiroksence zengin harzburjitler, kısmen daha yüksek CaO (2.27 % ağırlık; $\sigma = 0.22$), Al₂O₃ (2.07 % ağırlık; $\sigma = 0.18$), NTE (53 ppb; $\sigma = 13.3$), ve ilksel Re/Os-izotopik bileşimleri (¹⁸⁷Os/¹⁸⁸Os = 0.12715; $\sigma = 0.0021$) ile karakteristiktirler. Bunun yanı sıra, piroksen kristalleri, Al içerikleri bakımından zengin olup, bunlarla denge halinde kristallenmiş spinel kristallerinin Cr içerikleri düşüktür (Cr# = 17.7; $\sigma = 1.98$). Buna karşılık, tüketilmiş harzburjit ve dunitler daha düşük CaO (0.58 % ağırlık; $\sigma = 0.29$), Al₂O₃ (0.42 % ağırlık; $\sigma = 0.20$), NTE (1.24 ppb; $\sigma = 2.9$) ve ilksel Re/Os-izotopik bileşimlerine (¹⁸⁷Os/¹⁸⁸Os = 0.12113; $\sigma = 0.0072$) sahiptir. Bu kayalardaki piroksen kristalleri Al içerikleri bakımından daha fakir olup, bunlarla denge halinde kristallenmiş spinel kristalleri Cr içerikleri bakımından daha zengindir (Cr# = 57.4; $\sigma = 6.50$).

Mineral bileşimleri ve tüm kayaç jeokimyasal verileri, tüketilmiş harzburjit ve dunitlerin, deniz tabanı yayılımı esnasında oluşan okyanus ortası sırtı bazalt-tipi ergiyiklerin (%5–15 kısmî ergime) ortamdan ayrılmasıyla geride kalan az tüketilmiş klinopiroksence zengin harzburjitelere oranla daha yüksek derecelerde kısmî ergimeye uğradığını göstermektedir. Mineral bileşimleri kullanılarak hesaplanan düşük dengelenme sıcaklıkları, hesaplanan oksijen kısmî basınç değerleri ile spinel kristallerine ait Cr# değerleri arasındaki pozitif korelasyon ve aşırı tüketilmiş olmalarına rağmen, kondrit değerlerine oranlanmış grafiklerde gözlenen hafif nadir toprak element içeriklerindeki zenginleşmeler, tüketilmiş harzburjitlerin, deniz tabanı yayılımı esnasında oluşan ve ilk evre kısmî ergime kalıntıları olan klinopiroksence zengin harzburjitlerin, daha sonrasında bir yitim zonunda gelişen boninitik karakterli bazaltik ergiyikler ile etkileşimi ve ileri derecelerde kısmî ergimesi (~35%) sonucu oluştuğunu desteklemektedir. Kromitit oluşuklarının etrafını saran dunit zarflarının oluşumu ise, kısmî ergime sonucu oluşan ergiyiklerin manto peridotitleri içerisindeki hareketleri sonucu gelişen ergiyik-peridotit etkileşimiyle açıklanmaktadır.

Anahtar Sözcükler: abisal peridotitler, yitim peridotitleri, mineral kimyası, nadir toprak element, platin grubu element, Re/Os-izotopu

Coexistence of Abyssal and Ultra-depleted SSZ Type Mantle Peridotites from the Muğla Area, SW Turkey: Constraints from Mineral Chemistry, Whole-rock Geochemistry (Major–Trace–REE–PGE), and Re/Os-Isotope Systematics

Ibrahim Uysal¹, Orhan Karşlı², M. Burhan Sadıklar¹, Mahmud Tarkian³,
Thomas Meisel⁴, Christopher J. Ottley⁵ & Peter Stutz³

¹ Department of Geological Engineering, Karadeniz Technical University,
TR–61080 Trabzon, Turkey (E-mail: iuysal@ktu.edu.tr)

² Department of Geological Engineering, University of Gümüşhane, TR–29000 Gümüşhane, Turkey

³ Institute of Mineralogy and Petrology, University of Hamburg, Hamburg, Germany

⁴ Department of General and Analytical Chemistry, University of Leoben, Leoben, Austria

⁵ Northern Centre for Isotopic and Elemental Tracing, Department of Earth Sciences, University of Durham, Durham, U.K.

Major, trace, rare earth elements (REE), platinum-group elements (PGE), and Re/Os-isotope geochemistry, as well as detailed mineral chemistry have been studied for the mantle peridotites of the south-western Turkey, in order to determine their formation and tectonic environment in which they formed. They are classified as clinopyroxene-rich-harzburgite, depleted harzburgite, and dunite, on the basis of their modal mineralogy, geochemical features, and mineral chemistry. Clinopyroxene-rich-harzburgites are characterized by their higher average CaO (2.27 wt%; $\sigma=0.22$), Al₂O₃ (2.07 wt%; $\sigma=0.18$), REE (53 ppb; $\sigma=13.3$), and initial Re/Os-isotopic composition (¹⁸⁷Os/¹⁸⁸Os= 0.12715; $\sigma=0.0021$), and contain Al-rich pyroxene with lower Cr content of coexisting spinel (Cr#= 17.7; $\sigma=1.98$). In contrast, depleted harzburgites and dunites are represented with their lower average CaO (0.58 wt%; $\sigma=0.29$), Al₂O₃ (0.42 wt%; $\sigma=0.20$), REE (1.24 ppb; $\sigma=2.9$), and initial Re/Os-isotopic composition (¹⁸⁷Os/¹⁸⁸Os= 0.12113; $\sigma=0.0072$), and contain Al-poor pyroxene with higher Cr content of coexisting spinel (Cr#= 57.4; $\sigma=6.50$).

Mineral composition and whole-rock geochemistry indicate that the depleted harzburgites and dunites experienced higher degree partial melting than those of clinopyroxene-rich-harzburgite, which is consistent to be the residua of extraction of mid ocean ridge basalt type melt (5–15% partial melting) during the sea-floor spreading. Calculated low temperature of equilibration, positive correlation between the Cr# of spinel and oxygen fugacity values, and light rare earth elements enrichment against their ultra-depleted nature of harzburgites and dunites, support the idea that clinopyroxene-rich-harzburgites have subsequently been modified in a suprasubduction environment by percolation with boninitic melt, produced from high degree partial melting (up to ~35%) of already depleted clinopyroxene-rich-harzburgite. Dunites around the chromite deposits are considered to be the product of melt-peridotite interaction.

Key Words: abyssal peridotites, SSZ peridotites, mineral composition, rare earth element, platinum-group element, Re/Os-isotope

Harmancık (Bursa, KB-Türkiye) Manto Peridotitlerinin Petrolojileri: Tüm-kayaç Jeokimyası ve Spinel Bileşimleri

Ahmet Dündar Şen¹, İbrahim Uysal² ve Orhan Karslı¹

¹ Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Gümüşhane Üniversitesi, 29000 Gümüşhane
(E-posta: ahmetds@gmail.com)

² Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, 61080 Trabzon

KB-Türkiye’de Harmancık-Bursa bölgesinde yüzeyleyen ve Neotetis okyanusal litosferinin kalıntısı olarak kabul edilen peridotitik kayalardan alınan örnekler, bu kayaların oluşumlarını anlayabilmek amacıyla tüm kayaç ana oksit ve iz element bolluklarının yanı sıra, mineral bileşimleri açısından da detaylı olarak incelenmiştir. MgO içerikleri SiO₂, Al₂O₃, CaO, V, Sc, Yb ve Lu değerleri ile negatif korelasyon sunup, lertzolit bileşimindeki örneklerin Al₂O₃ ve CaO içerikleri (%1.58–2.17; ort: %1.93 ve %0.73–2.31; ort: %1.90), harzburjit bileşimindeki (%0.75–1.44; ort: %1.03 ve %0.58–1.30; ort: %0.90) örneklerle göre daha yüksektir. Hem lertzolit, hem de harzburjit bileşimindeki kayaların yüksek Al₂O₃ değerlerine karşılık kısmen düşük CaO içeriklerine sahip olması serpantinleşmeye ve serpantinleşme süresince meydana gelen Ca tüketimine işaret etmektedir. İncelenen bütün örnekler karakteristik olarak düşük nadir toprak element içeriklerine sahiptir ve kondrit değerlerine oranlanmış nadir toprak element değerlerinin 1’in altında olması (NTE_N<1), çalışma alanındaki peridotitik kayaların değişen derecelerde kısmi ergimeye uğramış manto kalıntıları olduğu görüşünü desteklemektedir. Harzburjit bileşimindeki kayalar düşük nadir toprak element içerikleri ve kondrit değerlerine oranlanmış grafiklerinde hafif nadir toprak element değerlerindeki zenginleşme eğilimiyle yay önü peridotitlerine benzer özellikler sunmaktadır. Lertzolitler ise yüksek ağır nadir toprak element değerleri ile abisal peridotitlere daha yakın bir karaktere sahiptir. Ayrıca, lertzolit örneklerinin gösterdiği hafif nadir toprak element değerlerindeki zenginleşme, bu kayaların ergiyik-kayaç etkileşiminden kısmen etkilendiğine işaret etmektedir.

Spinel bileşimleri tüm örneklerde geniş bir dağılım göstermektedir. Lertzolitler düşük Cr# (18.0–25.3; ort: 21.1) ve yüksek Mg# (70.8–79.1; ort: 75.5) içeriklerine sahipken, harzburjitlerin daha yüksek Cr# (36.6–56.0; ort: 49.0) ve düşük Mg# (50.4–68.1; ort: 61.5) içeriklerine sahip oldukları görülmektedir. Lertzolitik bileşimdeki kayaların içerdiği spinel kristalleri genellikle düşük Ti (<%0.10 TiO₂; ort: 0.03) içeriğine sahip olmasına rağmen bu değerlerin harzburjit bileşimli örneklerde %0.20 TiO₂ (ort: 0.12)’lere kadar çıktığı gözlenmiştir. Buna rağmen bazı harzburjit örnekleri lertzolitler kadar düşük Ti içerikli spineller içerebilmektedir. Lertzolit ve harzburjitlerde gözlenen spinel kristallerinin Fe⁺³# [=100Fe³⁺/(Cr+Al+Fe⁺³)] değerleri genel olarak 3.9’dan az olmasına karşın, harzburjitlere ait spinel kristalleri lertzolitlere oranla kısmen daha yüksek Fe³⁺# değerlerine sahiptir.

Tüm kayaç MgO ve V içeriklerinin yanı sıra spinel bileşimleri, incelenen kayaların değişen derecelerde kısmi ergimeye (%5–25) uğradığına işaret etmektedir. Harmancık peridotitleri için hesaplanan olivin–spinel denge sıcaklıkları (670–765 °C) oldukça düşüktür. Oksijen fugasitesi, sıcaklık, spinel bileşimleri ve tüm kayaç bolluklarından elde edilen verilere ek olarak çalışma alanında kromit yataklarının yoğun olarak bulunmaması gibi parametreler göz önüne alındığında inceleme alanındaki peridotitlerin çoklukla abisal peridotit karakterinde olduğu söylenebilir. Ayrıca, bu kayaların oluşumlarının yitimle ilişkileri göz önüne alındığında, bölgedeki peridotitlerinin, yitim neticesindeki kısmî ergime sonrasında oluşan ergiyiklerden yoğun olarak etkilenmemekle birlikte, kısmî bir etkileşimin varlığından söz edilebilir.

Anahtar Sözcükler: lertzolit, harzburjit, jeokimya, spinel kimyası, oksijen fugasitesi, Harmancık, Bursa

Petrological Constraints for the Mantle Peridotites of the Harmancık (Bursa, NW Turkey): With Special Regards to Whole Rock and Spinel Composition

Ahmet Dündar Şen¹, İbrahim Uysal² & Orhan Karslı¹

¹ *Department of Geological Engineering, University of Gümüşhane, TR–29000 Gümüşhane, Turkey (E-posta: ahmetds@gmail.com)*

² *Department of Geological Engineering, Karadeniz Technical University, TR–61080 Trabzon, Turkey*

Whole rock major and trace element abundances and mineral phases of rock samples from the Harmancık area, NW–Turkey are investigated to understand the formation of the ultramafic rocks which are supposed to be remnants of lithosphere of Neotethys Ocean. MgO concentrations correlated negatively with SiO₂, Al₂O₃, CaO, V, Sc, Yb and Lu. Al₂O₃ and CaO concentrations in lherzolite samples (1.58–2.17 wt.%; avg: 1.93, and 0.73–2.31 wt.%; avg: 1.90, respectively) are higher than in harzburgites (0.75–1.44 wt.%; avg: 1.03, and 0.58–1.30 wt.%; avg: 0.90, respectively), although some samples from the two rock types have very low CaO contents for the given Al₂O₃ contents, reflecting Ca depletion during the serpentinization. All samples under investigation are characterized by low rare earth element contents and the fact that chondrite–normalized rare earth element abundances of all samples are less than 1 (REE_N < 1) indicates that these rocks are mantle residues due to the various degree of partial melting of mantle. Harzburgite samples closely resemble the forearc peridotites with low rare earth element contents that are enriched by light rare earth elements, while lherzolites resemble abyssal peridotites which are characterized by higher heavy rare earth element concentrations. Light rare earth element enrichments in lherzolite samples may also indicate that these samples were affected by subsequent melt reaction.

Composition of spinel show wide range of variation. Lherzolite samples are represented with spinel of low Cr# (18.0–25.3; avg: 21.1) and high Mg# (70.8–79.1; avg: 75.5) whereas harzburgite contain spinel with higher Cr# (36.6–56.0; avg: 49.0) and lower Mg# (50.4–68.1; avg: 61.5). Ti content of spinel is low in lherzolite (<0.10 wt.% TiO₂; avg: 0.03) but spinel in harzburgite may reach up to 0.20 wt.% TiO₂ (avg: 0.12), although some harzburgite samples contain spinel with Ti contents as low as those in lherzolite. Fe³⁺# [= 100Fe³⁺/(Cr+Al+Fe³⁺)] is low in lherzolite and harzburgite being less than 3.9 but harzburgite seem to contain spinel with slightly higher Fe³⁺# than lherzolite.

Whole rock MgO and V concentrations, as well as spinel composition imply that these rocks formed by different degrees of partial melting (%5–25). Olivine–spinel equilibration temperatures are low in Harmancık ultramafics (670–765 °C) and oxygen fugacity values between Δlog^{FMQ} –0.88 to +0.72. Oxygen fugacity, temperature, mineral composition and whole rock abundances, as well as lack of abundant chromite deposits in the investigated area, reflect that ultramafic rocks of Harmancık are similar to the abyssal peridotites and have not been affected intensively by percolating melt if supra subduction zone origin is considered for the formation of these rocks.

Key Words: lherzolite, harzburgite, geochemistry, spinel composition, oxygen fugacity, Harmancık, Bursa

Karadağ (Narman-Erzurum) ve Parmakdere (Sarıkamış-Kars) Ultramafik-mafik Kütlelerinin Mineralojik, Petrografik ve Petrokimyasal Özellikleri

Hatice Kadayıfçı ve Hasan Kolaylı

*Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 61080 Trabzon
(E-posta: haticekadayifci@ktu.edu.tr)*

Karadağ (Narman-Erzurum) ve Parmakdere (Sarıkamış-Kars) ultramafik mafik kütleleri Kuzey Doğu Anadolu Tektonik Birliği içinde yer alır. Kütleler başlıca harzburjit ve daha az oranda piroksenit, nadiren de dunitik mercerler ile lertzolit kalıntılardan oluşur. Kütlelerin bazik grupları gabro ve mikrogabrodan oluşur. Karadağ ve Parmakdere kütleleri erken Kretase sonu–geç Kretase öncesi yaşlıdır. Örtü kayaçları genellikle geç Kretase yaşlı olup, kütleye ait kırıntılar içerir. Kütleler içindeki peridotitler nadir toprak element bakımından kondrite oranla tüketilmiş, gabroyik kayaçlar ise hafifçe zenginleşmiştir. Peridotitlerdeki ortopiroksenler enstatit, klinopiroksenler diyopsit, olivin ise genellikle forsterit ($f_o > 0,80$) bileşimlidir. Kütleler başlangıçta normal bir okyanus kabuğuna ait manto kalıntı malzemesi olup, hala abisal peridotit izini taşırlar. Daha sonra farklı bir jeotektonik ortama itilen kütleler bugünkü mineralojik ve petrokimyasal özelliklerini kazanmışlardır. Peridotitlerin mineralojik ve petrokimyasal özelliklerinin değişiminden yitim zonlarına ait bir olgu olan boninitik magmaların sorumlu olduğu anlaşılmıştır. Ancak yitimin yönü hakkında herhangi bir veri elde edilememiştir.

Anahtar Sözcükler: Narman, Sarıkamış, alpin tip peridotit, SSZ, ultramafik kayaç

**Mineralogical, Petrographic and Petrochemical Characteristics
of Karadağ (Narman-Erzurum) and Parmakdere (Sarıkamış-Kars)
Ultramafic-mafic Bodies**

Hatice Kadayıfçı & Hasan Kolaylı

*Karadeniz Technical University, Department of Geological Engineering,
TR–61080 Trabzon, Turkey (E-mail: haticekadayifci@ktu.edu.tr)*

Karadağ (Narman-Erzurum) and Parmakdere (Sarıkamış-Kars) ultramafic and mafic bodies are located North-Eastern Anatolide Tectonic Unit. Harzburgites are dominated, and pyroxenites are minor extend in the bodies, Dunites are lens like small bodies and lherzolites are relict parts of the old abyssal peridotites in the bodies. Mafic rocks are represented by gabbro and microgabbro. Karadağ and Parmakdere mafic and ultramafic rocks have the later early Cretaceous and before late Cretaceous age. Overlying parts have generally Upper Cretaceous age. Peridotites within the both of the bodies have a depleted but gabbros are enrichment character for rare earth element according to the chondrites. Orthopyroxene and clinopyroxene in the peridotites are enstatite and diopside, respectively, and f_o number of olivine is more than 0.80. Karadağ and Parmakdere ultramafic rocks had an abyssal character initially, and later they underwent subduction related regime by boninitic magmatism which occurs only supra-subduction zone. But, there is no idea for the polarity of subduction.

Key Words: Narman, Sarıkamış, alpin-type peridotite, SSZ, ultramafic rock

Kahramanmaraş-Elbistan-Berit Ofiyoliti Ultramafik Kayaçları ve Kromititlerinin Nadir Toprak Element (REE)- Platin Grubu Element (PGE) ve Baz Metallerinin Jeokimyası

Hatice Kozlu

*Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Mineraloji-Petrografi Bölümü, 06520 Balgat, Ankara
(E-posta: haticerdal@mta.gov.tr)*

Türkiye'nin güneydoğusunda Toros bindirme kuşağı üzerinde yeralan Berit ofiyoliti birimleri çalışma bölgesinde iki farklı bindirme dilimi ile ilişkili olarak yüzeylemektedir. Alttaki dilim masif ve levhalanmış metadiyabazlarla temsil edilmekte olup, gabrolar tarafından üzerlenmektedir. Buna karşın üstteki dilim ultramafik tektonitlerle başlayarak metagabrolarla devam etmektedir. Berit Ofiyolitinin Nadir Toprak Elementleri (REE) ve Platin Grubu Element (PGE) jeokimyası çalışılan dunit, pegmatitik piroksenit, amfibolit, gabro ve diyabaz türü kayaçlar arazide iki farklı bindirme diliminden derlenmiştir. Demirlik lokasyonunda yapısal olarak ofiyolitik kayaçların tabanında ve içerisinde metamorfik kayaçlar yüzeylemektedir. Bu metamorfik kayaçlar içerisinde intrüzif halde oluşmuş granitik kaya mostraları başlıca muskovit-biyotit granit, granit pegmatit ve gnaysik granitle temsil edilmektedir. Ayrıca ofiyolit içerisinde eklojitik kayalar mevcuttur. Berit ofiyolitinde iki farklı bindirme diliminin mevcut olması yanında, metamorfik dilimin manto tektonitlerinden daha çok lokal olarak tabakalı dunitlerin üzerinde yeralmaları ve değişik derecelerde metamorfizmaya uğramış mafik-ultramafik kayaçların bulunması (örneğin amfibolit, granülit, granat-piroksenit ve eklojit) ofiyolitinin sıra dışı özelliklerindedir.

Piroksenit-amfibolit-gabro-diyabaz örneklerinin PGE değerleri Os: 4–6, Ir: 4, Ru: 2–14, Rh: 1–2, Pt: 7–16, Pd: 9–20 ppb arasındadır. Dunit ve mafik kayaçların baz metal verileri (Ag: 0.3-0.9 ppm, Co: 36–99, Cu: 13–170, Ni: 107–2431 ppm, Au: 6–7 ppb) ve PGE değerlerine göre siderofil elementlerce (Ni, Pt, Pd, ve Cu) hem dunitler hem de mafik kayaçlarda göreceli olarak bir zenginleşme gözlenmektedir. Kromititlerin PGE ve baz metal analiz verilerine göre (ppb) PGE değerleri Os: 5–523 Ir: 6–286, Ru: 11–1275, Rh: 6–31, Pt: 14–1700, Pd: 14–4469 arasında ve Pd/Ir ve Pt/Ir oranları sırasıyla 0.05–17,9 0.05-68 arasında olup, toplam PGE değer aralığı 246–6301 ppb arasındadır. Baz metal içerikleri ise Bi: 0.03–0.11, Ni: 317–7172, Co: 39–171, Cu: 9–2626 Te: 0.1-3 ppm ve Au: 8–172 ppb'dir. Özellikle Pt ve Pd 'ce zenginleşmiş kromititlerin içinde tutuldukları anakayaçlara göre baz metallerce zenginleşmiş oldukları dikkat çekmektedir.

Geçiş zonu dunitlerinin (La/Ce: 0.47–0.75, Ce/Yb: 0.97–20.33, La/Yb:0.52–15.33, La/Sm: 3–15.33, La/Lu: 3–92) ve kromititlerin (La/Ce: 0.45–0.71, Ce/Yb: 1.81–5, La/Yb: 1.30–3, La/Sm: 2.7–6, La/Lu: 9–47) toplam NTE değerleri sırasıyla 1–12 ve 1.4–12.7 ppm arasındadır. Mafik kayaçların toplam NTE değerleri (La/Ce: 0.40–0.69, Ce/Yb: 1.05–16.29, La/Yb: 0.44–7.62, La/Sm: 0.88–6, La/Lu: 2.8–55) 12–165 ppm arasındadır. Peridotitlerin Hafif Nadir Toprak Elementlerince (LREE) zenginleşmeleri, peridotit ve HNTE'lerce zengin eriyiklerin etkileşimi ile açıklanmaktadır. NTE ve PGE'lerin düşük sıcaklık alterasyonları sırasında genellikle hareketsiz oldukları kabul edilmektedir. Bununla birlikte Eu gibi bazı elementlerde hidrotermal süreçlerde değişimler oluşabilmektedir. Berit ofiyolitine ait bazı kromitit ve ultramafik- mafik kayaç (dunit-piroksenit-amfibolit-gabro-diyabaz) örneklerinde normalize diyagramda pozitif Eu anomalisi saptanmıştır. Ultramafik kayaçlarda pozitif Eu anomalisi eriyik impregnasyonu ile mikroskobik ve yarı mikroskobik olarak eser oranda plajiyoklaz kristallenmelerine bağlı olarak oluşabilmektedir. Kromititlerin içinde bulunduğu anakayaçlardan daha çok, bazı NTE-PGE ve baz metallerce zenginleşmelerinde eriyik impregnasyonu mekanizmasının etken olabileceği düşünülmektedir. Berit ofiyoliti kromititlerin Ir-grubu (Os, Ir, Ru) ve Pt-grubu (Pt ve Pd) ve ek olarak baz metallerce zenginleşme (birincil ve ikincil) gösteren verileri anakayaçlarının olduğu magmanın lezolitik tipte verimli bir magmadan kısmi ergime ile yitim zonu tektonik ortamında oluşabileceklerine işaret etmektedir.

Anahtar Sözcükler: Berit, nadir toprak elementleri, platin grubu elementleri, baz metal, ultramafik, kromitit

Geochemistry of Base Metal and Rare Earth Element (REE)- Platinum Group Element (PGE) in Chromitites and Ultramafic Rocks of Kahramanmaraş-Elbistan-Berit Ophiolite

Hatice Kozlu

*Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Mineraloji-Petrografi Bölümü,
Balgat, TR-06520 Ankara, Türkiye (E-mail: haticerdal@mta.gov.tr)*

The units of Berit ophiolite emplaced in Tauride thrust belt in southeastern of Turkey, are exposed associated with two different thrust sheet in the studied field. The lower sheet is represented by massive and sheeted metadabases, overlain by gabbro, whereas the upper sheet begins with ultramafic tectonites, followed by meta-gabbros. The studied rocks for geochemistry of Rare Earth Elements (REE) and Platinum Group Elements (PGE) from Berit Ophiolite such as the dunite, pegmatitic pyroxenite, amphibolite, gabbros and diabases are collected from two different thrust sheet from the field. The metamorphic rocks are exposed, both within, and at the structural base of ophiolite e.g. Demirlik location. The granitic rock exposures occurred as intrusions within metamorphic rocks are mainly represented by muscovite-biotite granite, granite pegmatite and gneissic granite. There have been also eclogitic rocks in the ophiolite. Beside existing the two different thrust sheet in Berit ophiolite and locally underlying of layered dunitic rocks rather than mantle tectonites by metamorphic sheet and presenting different degree metamorphosed mafic-ultramafic rocks are unusual features of Berit ophiolite.

The PGE values of pyroxenite-ampibolite-gabbro-diabase samples are between Os: 4–6, Ir: 4, Ru: 2–14, Rh: 1–2, Pt: 7–16, Pd: 9–20 ppb. It is observed that a relative enrichment in siderophile elements (Ni, Pt, Pd, ve Cu) both dunit and mafic rocks according to base metal (Ag: 0.3–0.9 ppm, Co: 36–99, Cu: 13–170, Ni: 107–2431 ppm, Au: 6–7 ppb) and PGE data of dunite and mafic rocks. According to PGE and base metal analysise results of the chromitites PGE values are between (ppb) Os: 5–523, Ir: 6–286, Ru: 11–1275, Rh: 6–31, Pt: 14–1700, Pd: 14–4469 and Pd/Ir and Pt/Ir ratios are between 0.05–17.9; 0.05–68 respectively and total PGE values range are between 246–6301 ppb. Their base metal contents are Bi: 0.03–0.11, Ni: 317–7172, Co: 39–171, Cu: 9–2626 Te: 0.1–3 ppm and Au: 8–172 ppb. It is noted that especially Pt and Pd enriched chromitites are relatively enriched in base metals with regard to their host rocks.

The total REE values of transition zone dunites (La/Ce: 0.47–0.75, Ce/Yb: 0.97–20.33, La/Yb: 0.52–15.33, La/Sm: 3–15.33, La/Lu: 3–92) and (La/Ce: 0.45–0.71, Ce/Yb: 1.81–5, La/Yb: 1.30–3, La/Sm: 2.7–6, La/Lu: 9–47) those of chromitites are between 1–12 and 1.4–12.7 ppm, respectively. The total REE values of mafic rocks are between (La/Ce: 0.40–0.69, Ce/Yb: 1.05–16.29, La/Yb: 0.44–7.62, La/Sm: 0.88–6, La/Lu: 2.8–55) 12–165 ppm. LREE-enrichment in peridotites are explained by interaction of the peridotites with LREE-enriched melts. REE and PGE are generally considered to be relatively immobile during low-temperature alteration. However some elements, such as Eu, can be modified some what by hydrothermal processes. It has been determined the positive Eu anomalies in the normalised diagram for some chromitite and ultramafic mafic rock samples (dunite-pyroxenite-amphibolite-gabbro-diabase) from Berit ophiolite. Positive Eu anomaly could be occurred depending on crystallization of trace amounts of microscopic to sub-microscopic plagioclase in ultramafic rocks. It has been suggested that the enrichments of the chromitites for some REE-PGE and base metals, are determined much higher than those of their host rocks, may be affected by a mechanism of melt impregnation. The presented data of unusual enrichments in Ir-groups (Os, Ir, Ru) and Pt-groups (Pt ve Pd) elements and in addition to base metals in the chromitites of Berit ophiolite indicate that their parental magma may be occurred by partial melting of a fertile lherzolites in a subduction zone tectonic setting.

Key Words: Berit, rare earth elements, platinum group elements, base metal, ultramafic, chromitite

Guleman Ofiyoliti' nin Magma Odası Dinamiği Açısından İncelenmesi

Ayşe Didem Kılıç

Fırat Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 23100 Elazığ (E-posta: adkiloc@firat.edu.tr)

Doğu Toros Orojenik Kuşağı içinde yer alan Guleman Ofiyoliti, Neotetis okyanusunun güney kolunu temsil eden okyanusal litosfer kalıntısının örneklerinden biridir.

İnceleme alanında yüzeleyen litolojik birimler yaşlıdan gence doğru; Pütürge Metamorfiti (Paleozoyik–Mesozoyik), Guleman Ofiyoliti (Üst Kretase), Maden Karmaşığı (Orta Eosen) ve Hazar grubu (Maastrichtiyen–Paleosen)'dur.

Guleman ofiyoliti alttan üste doğru; manto tektonitleri, ultramafik-mafik kümülatlar ve tekil diyabaz dayklarından oluşur. Bazik volkanik seviyenin bulunmaması, ofiyolitın yerleşimden sonraki aşınmayla ilgili olabilir. Manto tektonitleri çoğunlukla harzburjit, az oranda dünit ve podiform kromitlerden ibarettir. Ultramafik-mafik kümülatlar ise dünit, saçınımlı kromit, verlit, klinopiroksenitten oluşmaktadır. Kümülat seviyenin üzerinde kalınlığı oldukça fazla gabro seviyesi ve en üstte ise plajiyogranitler bulunmaktadır. Gabro seviyesi içerisinde troktolit, izotrop gabro, normal gabro düzeyleri ayırt edilebilmektedir.

Guleman Ofiyoliti'ndeki mafik-ultramafik kümülatlar yaklaşık 300 km uzunluğundadır. Bu seviye içerisinde dünitik bir matriksle çevrelenmiş, gabro ve klinopiroksenitten ibaret bloksu yapılar gözlenmektedir.

Ofiyolitlerin petrolojik özelliklerine göre ultramafik-mafik kayalar, subalkalen toleyitik magma ürünleridir. Gabrolar toleyitik karakterlidir. N-MORB' a göre, HFS (Nb, Ti, Zr, Y) elementleri ve LREE (La, Ce, Nd) tüketilmiştir. İzotropik gabrolar yüksek nadir toprak element (NTE) konsantrasyonuna sahip olup, pozitif Eu anomalisi gösterir. Nadir Toprak Element (NTE) dağılımı, supra-subduction zonu (SSZ) magmatizmasının tipik özelliği olarak kabul edilir.

Dünit blokları içindeki klinopiroksenitlerde, LREE ve uyumsuz (U, Th, Ba, Rb) elementler, HREE 'ye göre daha zengindir. Bu elementlerin yüksek konsantrasyonları, magma odasındaki kristallenme, sürekli eriyik ilavesi ve/veya olivin ve klinopiroksenin minerallerinin kristalizasyonun sonucu olabilir. Klinopiroksenlerin iz element analizlerinde Ti, Hf, Zr negatif anomali, Sr ise pozitif anomali gösterir. Bu özellik, ultramafik-mafik kompleksin bir yitim zonu tektonizmasıyla yerleştiğinin işaretidir.

Anahtar Sözcükler: gabro, dünit, ultramafik-mafik kompleks, Guleman ofiyoliti, magma odası, petroloji, Neotetis

Examination of Guleman Ophiolite in Terms of Magma Chamber Dynamics

Ayşe Didem Kılıç

*Firat Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, TR–23100 Elazığ, Turkey
(E-mail: adkiloc@firat.edu.tr)*

The Guleman Ophiolite, situated within the Eastern Taurus Belt, is one of remnant of oceanic lithosphere in the Southern branch of the Neotethyan Ocean.

The lithological units out cropping in the area, from the oldest to young are, Pütürge Metamorphics (Paleozoic–Mesozoic), Guleman Ophiolites (Upper Cretaceous), Maden Complex (Middle Eocene) and Hazar Groupe (Maatrihtien–Paleocene).

The Guleman ophiolite comprises from lower to upper including mantle tectonites, ultramafic-mafic cumulates and diabase dike. Diabase dikes cut through ophiolitic rocks. A basic volcanic complex in the Guleman ophiolite was not preserved, possibly because of erosion after emplacement. The mantle tectonites are harzburgites which contain dunite and podiform chromite. The ultramafic cumulates start with dunites containing disseminated chromites, wehrlite and clinopyroxenite. The gabbros comprises from isolated gabro, troctolite, normal gabbros. The gabbro section overlain by plagiogranites.

The mafic-ultramafic complexes in the Guleman Ophiolite are aligned 300 km long. They consist of a central dunite body outward into gabbro and clinopyroxenite litologies. These structures is observe in case of large block.

Petrological features of the ophiolitic rocks show that the ultramafic- mafic rocks belong to sub-alkaline tholeiitic magma. Gabbros are tholeiitic. The HFS (Nb, Ti, Zr, Y) elements and LREE (La, Ce, Nd) have been depleted relative to N-MORB. The isotropic gabro exhibit high REE concentration with positive respectively, patterns typical of SSZ magmatism.

Clinopyroxenite within dunite blocks reveal that an enrichment of LREE and highly incompatible elements (U, Th, Ba, Rb) relative to the HREE. This large concentration range implies the extensive crystallization of olivin and clinopyroxene continuously replenished and/or tapped, crystallizing magma chamber. Trace element patterns of the parental melt inferred from clinopyroxene analyses show negative anomalies for Ti, Zr, Hf and positive anomaly for Sr. These imply subduction zone related tectonic setting for Guleman ophiolite ultramafic-mafic complexes.

Key Words: gabbro, dunite, ultramafic-mafic complexes, Guleman ophiolite, magma chamber, petrology, Neotethys

Üst Manto'daki Ultra-Yüksek Basınç ve Kabuksal Mineraller: Ofiyolitlerden Veriler

Paul T. Robinson¹ ve Jing-Sui Yang²

¹ *Department of Earth Sciences, Dalhousie University, Halifax,
Nova Scotia B3H 4J1, Canada (E-posta: p.robinson@ns.sympatico.ca)*

² *Key Laboratory for Continental Dynamics, Institute of Geology,
Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing100037, China*

Ultra-yüksek basınç ve kabuksal minerallerin büyük bir kısmı Tibet'teki Donqiao ve Luobusa ofiyolitleri, Kutup Urallar'daki Ray-Iz ofiyoliti ve Umman'daki Semail ofiyolitine ait podiform kromitlerde tespit edilmiştir. Elmas Luobusa, Donqiao ve Ray-Iz ofiyolitlerinde; koezit ve kyanit Luobusa ofiyolitinde; moisanit ise sözü edilen tüm ofiyolitlerde görülmektedir. Birçok kabuksal kökenli zirkon, korundum, kuvars, almandin garnet, rutil ve feldspat silikat mineralleri de ofiyolitlerde görülürler ve bunlara platin grubu mineraller, çeşitli alaşımlar, oksitler, sülfidler ve nabit elementler eşlik ederler. Elmaslar özşekilli 100–200 µm boyuyunda taneler halinde olup, genellikle metalik ve Mg-Fe silikat inklüzyonları içerirler. Küçük bir elmas tanesi Os-Ir bileşiği içinde inklüzyon halinde görülür. Koezit ve kyanit ise Ti-Fe alaşım tanesinin kenarında içiçe büyümüşlerdir ve ayrıca Koezit prizmatik şekilli olduğundan Stışovit'in psödomorfiği olabileceğini işaret etmektedir. Moisanit sözü edilen tüm ofiyolitlerde görülmektedir ve küçük renksiz, yeşil veya mavi, camsı parçalar halinde bulunurlar. Zirkon taneleri 20 to 300 µm boyutunda ve içsel yapısı kompleks iyi yuvarlaklaşmışlardır. Zirkonlar genelde kuvars, rutil, ortoz, mika, ilmenit ve apatit gibi düşük basınç inklüzyonları içerirler. Zirkonlarda yapılan ²⁰⁶Pb/²³⁸U SIMS ve SHRIMP yaşları çoğunlukla Paleozoyik ve Prekambriyen olup, ofiyolitlerin oluşum yaşından çok eskidirler. Kuvars, almandine garnet, korundum ve feldspat tanelerinin boyutları en çok 0.5 mm olabilmekte ve orta-iyi yuvarlaklaşmışlardır. Bu tanelerin daha küçük köşeli olanları da mevcuttur. Özellikle zirkonların ve sözü edilen tanelerin yuvarlaklaşmış formları, muhtemelen bu tanelerin taşınmış sedimanter materyaller ile birlikte yitim zonlarında mantoya daldıkları işaret etmektedir. Yukarıda bahsedilen manto ve kabuksal minerallerin kromitit oluşturan ergiyikler ile kabuk içerisinde sığ derinliklere getirildikleri tarafımızdan önerilmektedir. Kuvars ve koezit gibi minerallerin manto içinde korunması muhtemelen ksenolitler içerisinde saklanmış olmalarına bağlanabilir. Benzer minerallerin birbirinden uzak dört farklı ofiyolit istifinde ve farklı laboratuvarlarda tanımlanması, doğal ve antropojenik kirliliği safdışı bırakacak niteliktedir.

Anahtar Sözcükler: UYB mineralleri, elmas, moisanit, koesit, zirkon, kromit, ofiyolit

Ultrahigh Pressure and Crustal Minerals in the Upper Mantle: Evidence from Ophiolites

Paul T. Robinson¹ & Jing-Sui Yang²

¹ *Department of Earth Sciences, Dalhousie University, Halifax,
Nova Scotia B3H 4J1, Canada (E-mail: p.robinson@ns.sympatico.ca)*

² *Key Laboratory for Continental Dynamics, Institute of Geology,
Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China*

A wide variety of ultrahigh pressure and crustal minerals has been recovered from podiform chromitites of the Donqiao and Luobusa ophiolites of Tibet, the Ray-Iz ophiolite of the Polar Urals and the Semail ophiolite of Oman. Diamonds are abundant in the Luobusa, Donqiao and Ray-Iz ophiolites, coesite and kyanite occur in Luobusa and moissanite is present in all four ophiolites. Numerous crustal silicate minerals, including zircon, corundum, quartz, almandine garnet, rutile, and feldspar are also present and these are accompanied by a wide array of platinum group minerals, various alloys, oxides, sulfides and native elements. The diamonds are mostly euhedral grains, 100–200 µm across, commonly containing metallic and Mg-Fe silicate inclusions. One small grain of diamond occurs as an inclusion in Os-Ir alloy. Coesite and kyanite are intergrown with each other on the rim of a grain of Ti-Fe alloy, and the coesite has a prismatic form suggesting it may be pseudomorphic after stishovite. Moissanite is common in all four ophiolites and occurs as small colorless, green or blue, vitreous fragments. Zircon grains range from 20 to 300 µm, and are mostly well rounded with very complex internal structures. They commonly contain low-pressure inclusions of quartz, rutile, orthoclase, mica, ilmenite and apatite. ²⁰⁶Pb/²³⁸U SIMS and SHRIMP dates for the zircons are mostly Paleozoic and Precambrian, far older than the ophiolites. The grains of quartz, almandine garnet, corundum and feldspar range up to about 0.5 mm and are moderately to well rounded. Smaller, angular fragments of such grains are also present. The rounded morphology of these grains, as well as the zircons, strongly suggests derivation from reworked sedimentary material, presumably transported into the mantle by subduction. We suggest that the mantle and crustal mineral were picked up by melts from which the chromitites precipitated and carried to shallow crustal levels. The preservation of such minerals, particularly quartz and coesite, in the mantle implies isolation from the enclosing rock, perhaps in xenoliths. The recovery of essentially the same minerals from four widely separated ophiolites, processed in different laboratories, argues against natural or anthropogenic contamination.

Key Words: UHP minerals, diamond, moissanite, coesite, zircon, chromitite, ophiolite

Güneydoğu Anadolu Orojenik Kuşağı Boyunca Gözlenen Ofiyolitler ve Granitoidlerin Jeokronolojisi ve İzotop Jeokimyası

Fatih Karaođlan², Osman Parlak^{1,2}, Urs Klötzi³, Martin Thöni³,
Friedrich Koller³, Ewald Hejl⁴ ve Tamer Rızaođlu⁵

¹ Adıyaman Üniversitesi, Mesleki ve Teknik Eğitim Fakültesi, 02040 Adıyaman

² Çukurova Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 01330 Balcalı, Adana
(E-posta: fkaraoglan@cukurova.edu.tr)

³ University of Vienna, Department for Lithospheric Research, Center for Earth Sciences,
A-1090 Vienna, Avusturya

⁴ University of Salzburg, Department of Geology and Geography, A-5020 Salzburg, Avusturya

⁵ Sütçü İmam Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 46100 Kahramanmaraş

Güneydoğu Anadolu Orojenik Kuşağı, kuzeyinde Toros platformu ve güneyinde Arap platformu bulunan Neotetis'in, Kretase ile Miyosen zaman aralığında kapanımını ve kıta-kıta çarpışması sonucu oluşmuştur. Orojenik kuşak boyunca yüzeyleyen tektono-magmatik birimler Hatay-Kahramanmaraş-Malatya-Elazığ bölgelerinde bulunmaktadır. Bu birimler yapısal olarak yukarıdan aşağı doğru (a) metamorfik masifler, (b) ofiyolitler, (c) metamorfik dilim kayalar ve (d) granitoidlerdir. Bu birimlerin zaman-mekan ve köken ilişkileri, Güneydoğu Anadolu Orojenik Kuşağı'nın evrimini ortaya koyabilmek için çok önemlidir.

Orojenik kuşak boyunca gözlenen granitoid kütlelerinin (zirkon U-Pb yaşları temel alınarak hesaplanan) başlangıç Nd izotop oranları 0.51268 ile 0.51302 arasında ve ϵNd_T değerleri +0.9 ile +7.4 arasında değişirken, başlangıç Sr izotop oranları 0.7039 ile 0.7065 arasında değişmektedir. Bu durum öncelikle manto bileşiminde olan granitoid kütlelerinin oluşumu esnasında değişen oranlarda kabuksal kirlenme ile açıklanabilir.

Granitoidlerin zirkon LA-ICP-MS U-Pb yaşları, Esence granitoidi 81.1±2.2 My (2 σ) ve Baskil granitoidi 82.0±1.2 My ile 84.6±1.1 My (2 σ) olarak hesaplanmıştır. Bu kristallenme yaşları granitoid kütlelerin ofiyolitlerden daha sonra oluştuğunu göstermektedir (Ofiyolitlerin oluşum yaşı ~90 My). Doğanşehir (Malatya) granitoidinden, 47.9±0.7 ile 48.8±0.7 My (2 σ) arasında değişen dört adet U-Pb yaşı ölçülmüştür. Bu kristallenme yaşları, bölgedeki granitoid oluşumuna neden olan yitimin Eosen'de de devam ettiğini göstermektedir. Doğanşehir granitoidinden yapılan biyotit Ar-Ar yaşı 47.9±0.7 ile 48.8±0.8 My (2 σ) arasındadır. Baskil granitoidinin amfibol Ar-Ar yaşları 84.0±0.7 ile 81.5±1.1 My (2 σ) arasında ve biyotit Ar-Ar yaşları 82.3±0.9 ile 81.5±0.8 My (2 σ) arasındadır. Esence granitoidinin amfibol K-Ar yaşı 85.7±3.1 My (2 σ), biyotit K-Ar yaşları ise 80.4±2.0 ile 77.5±1.9 My (2 σ) arasında değişmektedir. Bu durum bölgede Geç Kretase'de ve Eosen'de en az iki farklı dönemde oluşmuş granitoidlerin, kristallenmesinden sonra çok hızlı soğduğunu (~600 °C/My) göstermektedir.

Apatit fizyon izi (AFI) ile granitoidlerin yükselme hızları hesaplanmaya çalışılmıştır. Esence granitoidinden 29.1±3.7 ve 29.31±3.9 My (2 σ), Doğanşehir granitoidinden 29.63±7.4 ve 31.85±3.1 My (2 σ) ve Baskil granitoidinden 31.79±5.4 My (2 σ) AFI yaşları hesaplanmıştır. AFI yaşları bölgede farklı zamanlarda (84–48 My) oluşan granitoidlerin birlikte yükseldiğini göstermektedir. Bu yaşların, granitoid sokulumlarının kristallenmesinin ardından devam eden yükselimi yerine, Oligosen'de bölgede Büyük Kafkaslar'dan Afrika-Arabistan'ın kuzey kısımlarını içine alan çok geniş bir alanı etkisi altına alan Neotetis'in Oligo–Miyosen'de kapanımı ile ilişkili kıta-kıta (Torid-Anatolid Platformu-Arap Platformu) çarpışması ile uyumlu olduğu düşünülmektedir.

Anahtar Sözcükler: Güneydoğu Anadolu, granitoid, jeokronoloji, Nd-Sr izotop jeokimyası, soğuma hızı, U-Pb, fizyon izi

Geochronology and Isotope Geochemistry of the Ophiolites and Granitoids Along the Southeast Anatolian Orogenic Belt

Fatih Karaođlan², Osman Parlak^{1,2}, Urs Klötzi³, Martin Thöni³,
Friedrich Koller³, Ewald Hejl⁴ & Tamer Rızaođlu⁵

¹ Adıyaman Üniversitesi, Mesleki ve Teknik Eğitim Fakültesi, TR–02040 Adıyaman, Türkiye

² Çukurova Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Balcalı, TR–01330 Adana, Türkiye
(E-mail: fkaraoglan@cukurova.edu.tr)

³ University of Vienna, Department for Lithospheric Research, Center for Earth Sciences,
A-1090 Vienna, Austria

⁴ University of Salzburg, Department of Geology and Geography, A-5020 Salzburg, Austria

⁵ Sütçü İmam Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, TR–46100 Kahramanmaraş, Türkiye

The Southeast Anatolian Orogenic Belt is a result of closure of the Neotethyan Ocean, located between the Toride platform to the north and Arabian platform to the south, and continent-continent collision during Cretaceous-Miocene time. The tectono-magmatic units cropping out along the orogenic belt are located in Hatay-Kahramanmaraş-Malatya-Elazığ regions. These units are, structurally from top to bottom, (a) metamorphic massifs, (b) ophiolites, (c) metamorphic soles related to ophiolites and /d) granitoids. The temporal-spatial and genetic relations between these units are very important to understand the evolution of the Southeast Anatolian Orogenic Belt.

The initial (calculated on the basis of relative U-Pb zircon ages) Sr isotope ratios of the granitoids vary from 0.7039 to 0.7065, whereas initial Nd isotope ratios vary from 0.51268 to 0.51302 and ϵ_{Nd_T} values vary between +0.9 and +7.4. This situation can be explained by contamination via continental crust components during the forming of the granitoid units which primarily had a mantle composition.

The LA-ICP-MS U-Pb zircon ages of the granitoids yielded an age of 81.1 ± 2.2 Ma (2σ) for Esence (Kahramanmaraş) and 82.0 ± 1.2 – 84.6 ± 1.1 Ma (2σ) for the Baskil (Elazığ) locality. These crystallization ages show that these granitoid bodies formed after the ophiolitic suites (~90 Ma). Four zircon ages measured from Doğanşehir (Malatya) vary between 47.9 ± 0.7 to 48.8 ± 0.7 Ma (2σ). These crystallization ages indicate that the subduction, which also led to the formation of the granitoids, was still progressing during Eocene time. The biotite Ar-Ar ages of the Doğanşehir granitoid vary between 47.9 ± 0.7 to 48.8 ± 0.8 Ma (2σ). The amphibole Ar-Ar ages in the Baskil granitoid vary between 84.0 ± 0.7 to 81.5 ± 1.1 Ma (2σ), whereas the biotite Ar-Ar ages range at 82.3 ± 0.9 – 81.5 ± 0.8 Ma (2σ). One amphibole K-Ar age ranges at 85.7 ± 3.1 Ma (2σ), whereas the biotite K-Ar ages vary from 80.4 ± 2.0 to 77.5 ± 1.9 Ma (2σ) from Esence granitoid. All these data support that the granitoids, formed at least in two episodes and cooled rather rapidly (~600 °C/Ma) after intrusion.

Apatite fission track (AFT) for the Esence granitoid yields 29.1 ± 3.7 and 29.3 ± 3.9 Ma (2σ) ages, whereas the Dođanşehir granitoid yields 29.6 ± 7.4 and 31.8 ± 3.1 Ma (2σ) and Baskil granitoid yields 31.8 ± 5.4 Ma (2σ). These ages define a rather uniform exhumation history for all of granitoids intruded in the time range between 84–48 Ma. These fission track ages are contemporaneous with the timing of the continent – continent collision (Tauride-Anatolide block – Arabian block) in spite of continuing uplift after crystallization of the granitoid intrusions, during Oligocene time related to the Oligocene–Miocene closure of the Neotethyan ocean which was effective over large areas between the Greater Caucasus and the northern African-Arabian plate.

Key Words: Southeast Anatolia, granitoid, geochronology, Nd-Sr isotope geochemistry, cooling rate, U-Pb, fission track

Doğu Anadolu'daki Ofiyolitlerin Tektonik Ortamı: Tekman-Pasinler (GD Erzurum) Bölgesinden Petrografik ve Jeokimyasal Veriler

Nail Yıldırım¹, Osman Parlak^{2,3} ve İlhan Odabaşı⁴

¹ Maden Tetkik ve Arama Orta Anadolu 4. Bölge Müdürlüğü, 44100 Malatya
(E-posta: nailyildirim@gmail.com)

² Çukurova Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 01330 Balcalı, Adana

³ Adıyaman Üniversitesi, Mesleki ve Teknik Eğitim Fakültesi, 02040 Adıyaman

⁴ Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Maden Etüt ve Arama Dairesi, 06520 Balgat, Ankara

Çalışma alanı İzmir-Ankara-Erzincan Zonu (İAEZ) üzerinde olup, Erzurum ili güneydoğusunda Tekman-Pasinler arasında yer almaktadır. İnceleme alanındaki ofiyolitik birimler, Neotetis okyanusal baseninin kalıntıları olarak değerlendirilen Üst Kretase yaşlı Doğu Anadolu Yığışım Karmaşığı üzerinde tektonik dokanakla bulunmaktadırlar. Çalışmanın konusu olan ofiyolit napı, Şahvelet ofiyoliti olarak adlandırılmış olup, Maestrihtiyen–Pliyosen yaş aralığındaki sedimanter kayalar ile uyumsuz olarak örtülürler.

Şahvelet ofiyoliti inceleme alanında genel olarak bir ofiyolitik istifin alt kısımlarını içermekte olup, tektonitler, kümülatlar, izotrop gabro ve izole diyabaz daykları ile temsil edilmektedirler. İnceleme alanındaki tektonitler genellikle serpantinize harzburjit, dunit ve serpantinitler ile temsil edilmektedir. Dunitik seviyeler içerisinde kromit zenginleşmeleri yaygındır. Kümülat kayalar esas olarak bantlı gabrolar ile temsil edilmekte olup mezo- ve orto-kümülat doku sunmaktadırlar. Ayrıca klinopiroksenlerde uralitleşmeye bağlı olarak tremolit veya aktinolit gelişimleri gözlenmektedir. İzotrop gabrolar ise granüler ve yer yerde pegmatitik doku sunmaktadırlar. İzole diyabaz daykları tektonitleri değişik yapısal seviyelerde kesmekte olup, kalınlıkları değişkendir (1–2 m ile 8–10 m arasında).

Şahvelet ofiyolitine ait birimlerin oluştukları jeodinamik ortamı tespit etmek amacıyla 20 adet izole diyabaz örneğinin ana, iz ve nadir toprak element içerikleri analiz ettirilmiştir. Diyabaz dayklarının toleyitik ($Nb/Y = 0,03-0,07$) karakterde oldukları ve $Nb/Y (0,03-0,07) - Zr/Ti (0,007-0,01)$ oranlarına göre bazaltik magma bileşiminde oldukları görülmektedir. Örneklerin kondrite göre normalize edilmiş nadir toprak element (NTE) diyagramında genel olarak yatay ve yatay yakın görünüm sunması [$(La/Yb)_N = 0,59-1,32$], ada-yayı toleyitlerini işaret etmektedir. N-MORB'a göre normalize edilmiş örümcek diyagramında ise LIL (Rb, K, Ba, Th) ve Sr-Pb elementleri açısından bir zenginleşme, Nb-Ta elementlerince fakirleşme ve HFS elementleri açısından N-MORB'a göre paralellik gözlenmektedir. İzole diyabaz dayklarındaki Zr, Y, Ti ve Nb element içeriklerinin pozitif korelasyonu, olivin-klinopiroksen-plajiyoklas kristallenmesini işaret etmektedir. Alterasyona duraylı iz elementlere dayalı tektonomagmatik discriminasyon diyagramları izole diyabaz dayklarının okyanus içi yay ortamında oluştuklarını göstermektedir.

Bölgede yapılan arazi çalışmaları ve jeokimyasal veriler neticesinde ofiyolitik kayaların okyanus içi yitim zonunda ada-yayı toleyitik (IAT) karakterli bir magmadan türedikleri ve Neotetis'in kuzey kolunun geç Kretase'den itibaren kuzeye doğru dalması ile gelişen yay ortamında oluştukları görülmektedir.

Anahtar Sözcükler: Erzurum, Şahvelet, ada-yayı, toleyitik, ofiyolit, dayk

Tectonic Setting of Ophiolites in Eastern Anatolia: Petrographical and Geochemical Evidence from Tekman-Pasinler (SE Erzurum) Region

Nail Yıldırım¹, Osman Parlak^{2,3} & İlhan Odabaşı⁴

¹ Maden Tetkik ve Arama Orta Anadolu 4. Bölge Müdürlüğü, TR–44100 Malatya, Türkiye
(E-mail: nailyildirim@gmail.com)

² Çukurova Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Balcalı, TR–01330 Adana, Türkiye

³ Adıyaman Üniversitesi, Mesleki ve Teknik Eğitim Fakültesi, TR–02040 Adıyaman, Türkiye

⁴ Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Maden Etüt ve Arama Dairesi, Balgat,
TR–06520 Ankara, Türkiye

The study area is located along the İzmir-Ankara-Erzincan Zone (İAEZ) between Tekman-Pasinler to the southeast of Erzurum. The ophiolitic units in the investigated area rest tectonically on the Late Cretaceous Eastern Anatolia Accretionary Complex that is interpreted as the remnants of the Neotethyan oceanic basin. The studied ophiolite nappe is named as Şahvelet ophiolite and it is discordantly covered by Maastrichtian–Pliocene sedimentary rocks.

The Şahvelet ophiolite generally includes lower parts of an ophiolite pseudostratigraphy and is represented by tectonites, cumulates, isotropic gabbros and isolated diabase dykes. The tectonites are represented by serpentinitized harzburgite, dunite and serpentinites. Chromite rich dunitic levels are common in the region. Cumulate rocks are mainly represented by banded gabbros and display meso- and ortho-cumulate texture. In addition, there are tremolite-actinolite developments related to uranalization in clinopyroxenes. Whereas isotropic gabbros display granular to occasionally pegmatitic texture. The isolated diabase dykes intrude mantle tectonites at different structural levels and show variable thicknesses (1–2 m to 8–10 m).

Major, trace and rare earth element (REE) contents of 20 rock samples from the isolated diabase dykes were determined to figure out geodynamic setting of the Şahvelet ophiolite. The diabase dykes have a tholeiitic character ($Nb/Y = 0.03–0.07$) and were derived from a basaltic magma based on their Nb/Y ($0.03–0.07$) – Zr/Ti ($0.007–0.01$) ratios. Flat to flat-like patterns of rare earth elements normalized to chondrites [$(La/Yb)_N = 0.59–1.32$] indicate an island arc tholeiitic (IAT) character. In the N-MORB normalised spider diagram, they display LIL (Rb, K, Ba, Th) and Sr-Pb element enrichments, Nb-Ta depletion and similar patterns of HFS elements compared to N-MORB. The positive correlation of Zr, Y, Ti and Nb elements in the isolated diabase dykes indicates the crystallization of olivine-clinopyroxene-plagioclase. The tectonomagmatic discrimination diagrams based on immobile trace elements suggest that they formed in a subduction-related setting.

Field and geochemical studies suggest that the ophiolitic rocks in the region were derived from an island arc tholeiitic magma in an intraoceanic subduction zone dipping to the north in the northern branch of Neotethys during Late Cretaceous.

Key Words: Erzurum, Şahvelet, island-arc, tholeiitic, ophiolite, dyke

Pindos Baseni Ofiyolitlerinin Tabanında Melanj Oluşumu, Kuzey Yunanistan: ‘Aktif’ Hızlı Dekolman Yerleşme Yüzeyi Verileri

Annie E. Rassios¹, Yıldırım Dilek², Robert Myhill³, Dina Ghikas⁴ ve Anna Batsi⁵

¹ *Institute of Geology & Mineral Exploration, Lefkovrisi, 50100 Greece,
(E-posta: blather@gre.forthnet.gr)*

² *Geology, Miami University, 116 Shideler Hall, Oxford, OH 45056, USA*

³ *Department of Earth Sciences, University of Cambridge, Bullard Laboratories,
Madingley Rise, Cambridge CB3 0EZm UK*

⁴ *c/o Evangelistrias 9, Grevena 51100, Greece*

⁵ *Department of Geology, Aristotelian University of Thessaloniki, 441 24 Greece*

Orta–Jura yaşlı Pindos Baseni’nden türeyen ofiyolitler iki farklı melanj grubu üzerine yerleşmişlerdir. Mezohelenik çanağının batısındaki ofiyolitler ve bu ofiyolitlerin çanak içerisinde güneydoğuya doğru olan uzantıları esas olarak Pindos baseninde Avdella melanjı olarak bilinen Jura yaşlı bir yığışım prizması üzerine yerleşmişlerdir. Vourinos ofiyoliti ve doğuda Levadi kompleksine kadar uzanan diğer ofiyolitik bloklar ise bir çakıllı çamurtaşı birimi, ki bu birim en doğuda düşük dereceli metamorfikler-sleytli fillit ve doğuda ise şistik amfibolitler ile temsil edilmekte olup, üzerine yerleşmişlerdir. Bu metamorfizma derecesindeki artış Pelagoniyen kıtasının yüzeylenmesi ile ilişkili olmalıdır. Ofiyolitlerin kristallenme yaşı hangi melanjı üzerlediklerine bakılmaksızın aynıdır (~168–171 my) ve ofiyolit bindirmesi tabanında yeralan metamorfiklerinin yaşı da benzerdir (166–169 my). Bununla birlikte, bahsedilen iki melanj grubunun eşkökenli oldukları düşünülmektedir.

Avdella grubu tipik olarak ‘blok ve matriks’ içerikli sedimanter melanj olup, kaynak malzemesi oluşum ortamının batısında ya okyanus içi hendek bölgesinden yada Apuliyen kıta kenarından gelmiştir. Metamorfik dilim ofiyolitinin Avdella melanjı üzerine bindirmesi ile oluşmuştur. Metamorfik dilim manto peridotitlerinin tabanında yer almakla birlikte, okyanusal kabuğun üst seviyelerinde yani MOHO civarında, kümülatlar ve lav ünitelerinde de sıcak makaslama/bindirme yüzeyleri görülmektedir. Metamorfizma etkileri metamorfik dilimin tabanındaki Avdella melanjında da yüzlerce metre görülmesine rağmen Avdella melanjının tabanı görülemez.

Vourinos melanj grubu tektonik melanj niteliğinde olup, Pelagoniyen kıtası ile ofiyolitik metamorfik dilim arasında sıkışmış ve deforme olmuş büyük bindirmelerden oluşmaktadır. Metamorfik dilim ince olup, bindirme ile ilişkili metamorfik zonlanma bir çok yerde melanj içinde ve Pelagoniyen kıtasının taban blokuna da nüfuz etmiştir. Vourinos grubunun en yaygın matriksini Orta–Geç Triyas yaşlı çakıllı çamurtaşından oluşan Ayios Nikolas formasyonu oluşturmakta olup, Triyas–Jura yaşlı bloklar içerisine ofiyolit dilimi ile Pelagoniyen kıtasının çarpışması sırasında tektonik olaylarla aktarılmıştır. Çamurtaşları içerisindeki küçük çakıllar doğudaki Pelagoniyen kıtasından getirilmişlerdir. Çakıllı çamurtaşları Vourinos ofiyolitinin yerleştiği alanların dışında da yaygın olup, sözü edilen alanlarda tektonik etkiden yoksundur. Muhtemelen ofiyolitik dilim bu bölgelere ya hiç yerleşmedi veya bindirme sadece pasif bir kayma niteliğindedir. Çakıllı çamurtaşı birimi ilksel olarak Pelagoniyen pasif kıta kenarının yüksekliklerinde oluştuğu düşünülmektedir. Bu birimin kıta üzerine aktarımı büyük ihtimalle ilksel topografyadaki düzensizlikler gibi heterojen şekilde olmuştur.

Pindos baseni ofiyolitleri farklı jeotektonik eğilimler içermekle birlikte, bu farklı eğilimdeki grupların coğrafik dağılımları ilksel okyanusal özellikleri olarak da açıklanamazlar. Bu düzensiz dağılım, ofiyolitinin melanj grupları üzerinde hareketini tamamladığında yerli yerindeydi ve büyük olasılıkla bu durum ofiyolit diliminin melanj üzerindeki hareketi sırasında kazanılmıştır. Metamorfik dilim oluşumu içindeki parçalanmış-kıvrılmış metamorfik dilimler ile gösterilen differansiyel makaslama and incelmış metamorfik zonlanma, üzerleyen dilimdeki heterojen aktarımı gerektirmektedir. Melanj oluşumları aktif dekolman oluşumları olup, ofiyolit yerleşiminin ideal mekanik özelliklerini göstermektedir. Boyutları ve yerleşme zaman aralığı düşünüldüğünde, ofiyolit diliminin melanj üzerine yerleşim hızının kabaca 5 cm/yıl olabileceği düşünülmektedir.

Anahtar Sözcükler: ofiyolit, yerleşme, melanj, Pindos, Kuzey Yunanistan

Mélange Formations Beneath the Pindos Basin Ophiolites, Northern Greece: Evidence of an ‘Active’, Rapid Decollement Emplacement Surface

Annie E. Rassios¹, Yıldırım Dilek², Robert Myhill³, Dina Ghikas⁴ & Anna Batsi⁵

¹ *Institute of Geology & Mineral Exploration, Lefkovrisi, 50100 Greece,
(E-mail: blather@gre.forthnet.gr)*

² *Geology, Miami University, 116 Shideler Hall, Oxford, OH 45056, USA*

³ *Department of Earth Sciences, University of Cambridge, Bullard Laboratories,
Madingley Rise, Cambridge CB3 0EZm UK*

⁴ *c/o Evangelistrias 9, Grevena 51100, Greece*

⁵ *Department of Geology, Aristotelian University of Thessaloniki, 441 24 Greece*

Ophiolites derived from the mid-Jurassic Pindos Basin were obducted over two distinct mélange groups. Ophiolites west of the Mesohellenic trough and along a crescent trending to the southeast below the southernmost extension of the trough were originally emplaced over a Jurassic accretionary prism, known as the Avdella mélange in the Pindos area. Ophiolites including Vourinos and fragments of ophiolites extending to the east as far as the Levadi complex were emplaced over a pebbly mudstone unit with low metamorphic facies farthest in the west (slatey phyllite), grading to schistose low-amphibolite members in the east; this increase in metamorphic facies is probably related to exhumation of the Pelagonian continent. The crystallization age of all the ophiolites is essentially the same (~168–171 my) regardless of which mélange they overlie, and the age of the sole rocks at the obduction contact of the ophiolites with the local mélange are also similar (166–169 my). The two mélange groups, however, cannot be interpreted as cogenetic.

The Avdella group is a typical ‘block and matrix’ sedimentary mélange: source material was derived from the intra-oceanic trench or from the Apulian continental margin to its paleo-west. Soles formed where the slab was obducted over the Avdella mélange; this sole is found underlying mantle peridotite massifs, but also along sole surfaces and hot imbricates extending into upper level oceanic units such as near-moho, cumulate, and lava units. While metamorphism extends beneath the sole into the Avdella mélange for thicknesses up to several hundreds of meters, its basement is not exposed.

The Vourinos mélange group is a tectonic mélange, with large imbricates entrapped and deformed between the ophiolitic sole and Pelagonian continent itself. The sole is thin, and obduction-related metamorphic zones underlying the sole penetrate through the mélange and into Pelagonian footwall units in several places. The most common matrix of the Vourinos group is the Ayios Nikolas formation, a pebbly mudstone that possibly is as old as mid–late Triassic, and which has tectonically incorporated Triassic–Jurassic fragments during ophiolitic collision with Pelagonia. Small ‘pebbles’ within the mudstone are derived from a Pelagonian continent to the east. The pebbly mudstone itself is pervasive to areas outside of the Vourinos emplacement, and in these peripheral regions lacks tectonic inclusions. Possibly the ophiolitic slab was never obducted over these areas, or the obduction was one of passive gliding above the unit. The pebbly mudstone is envisioned as having been originally deposited on the continental rise of the Pelagonian passive margin. Translation over this margin occurred in a heterogeneous fashion, most likely due to irregularities in the original topography.

The Pindos basin ophiolites include diverse geotectonic affinities, with a geographic distribution of these affinity groups that cannot be explained as a primitive oceanic feature. This disrupted distribution was in place by the time of cessation of ophiolitic movement above the mélange groups, and most likely imposed while the slab was moving above the mélange. Within the sole formations, differential shearing exemplified by dislocated folded sole terrain and of ‘thinned’ metamorphic zonation necessitate heterogeneous translation in the overburden slab as well. The mélange formations are active decollement formations, with ideal mechanical properties promoting ophiolite emplacement. Given their extent and the time span of emplacement, a very rough estimate of the ‘speed’ of the slab emplacing over mélange would be five cm/year.

Key Words: ophiolite, emplacement, mélange, Pindos, Northern Greece

Luniku Ofiyolitini Üzerleyen Geç Jura Yaşlı Klastik Sedimanlar: Güney Arnavutluk

Volker Höck¹, Friedrich Koller², Johann Hohenegger³, Antonio Briguglio³,
Corina Ionescu⁴ ve Kujtim Onuzi⁵

¹ *University of Salzburg, 34 Hellbrunnerstr., A-5020 Salzburg, Austria*

² *University of Vienna, 14 Althanstr., A-1090 Vienna, Austria (E-posta: friedrich.koller@univie.ac.at)*

³ *University of Vienna, 14 Althanstr., A-1090 Vienna, Austria*

⁴ *Babes-Bolyai University Cluj-Napoca, 1 Kogalniceanu Str., RO-400084 Cluj-Napoca, Romania*

⁵ *Instituti i Gjeoshkencave, Universiteti Politeknik i Tiranes, Albania*

Klasik anlamda, Arnavutluk ofiyolitleri doğu ve batı olmak üzere iki kuşak oluştururlar. Batı kuşaktaki ofiyolitlerin esas olarak lerzolit, troktolit, gabro ve bazalt içeren MORB-tipi ofiyolitler oldukları düşünülmektedir. Bununla birlikte, son zamanlarda yapılan çalışmalar batı kuşağın petrografik ve jeokimyasal açıdan düşünülen daha kompleks olduğunu göstermiştir. Luniku ofiyoliti Kuterman/Shpati (W) masifinin kuzey ucu ile Shebenik (E) masifi arasında yer almaktadır. Orta Jura (165–162 My) yaşı ofiyolitlerin oluşum yaşı olarak verilebilir. Luniku ofiyoliti izotropik gabro, iyi gelişmiş levha dayk kompleksi ve volkanik birimden oluşmaktadır. Volkanik birim massif lav akıntıları ve yastık lavlardan oluşmakta olup basalt ve dasitlerle temsil edilirler. Evrimleşmiş volkanikler yastık lavların üst kesimlerinde yer alırlar. Çalışılan volkanikler hem MORB hemde yitim ile ilişkili kompozisyon sunmaktadırlar. Yastık lavların üstüne serpantinit çakıllarınca zengin kaba konglomeralar gelmektedir. Bunların üzerine de mikrokonglomeralar gelmektedir. Mikrokonglomeralar tabanda ofiyolitçe zengin bileşenler, tavanda ise karbonatça zengin bileşenlere sahiptir. Tabanda yer alan mikrokonglomeralar serpantinit, gabro ve volkanik çakılları içermekte olup, karbonatlı ve detritik ofiyolitik malzeme ile tutturulmuşlardır. Mikrokonglomeraların üst seviyeleri ise mikritik kireçtaşı çakılları ve matriksinden oluşmaktadır. Oolitik bileşenlerde yaygındır. Mikrokonglomeratik tabakalar mikrofosillerce zengindir ve bazı kesimlerde iyi korunmuştur. İndeks foraminiferlerin *Alveosepta jaccardi* (Schrodt) varlığı Geç Oksfordiyen–Erken Kimmerisiyen (~157 to ~153 Ma) yaşını vermektedir. Ortalama boyutu 100 µm altında olan yüksek miktardaki detritik kromit taneleri mikrokonglomeratik tabakalarda bulunmaktadır. Oolitik karbonatların bir kısmı da kromit çekirdekleri içermektedirler. Detritik kromitlerin Cr# numarası 55 ile 80 ve Mg# numarası ise 40 ve 63 arasında olması oldukça tüketilmiş harzburjitik/dunitik bir kaynağı işaret eder. Buna karşın, ofiyolitten türeme mikrokonglomeralar içinde yer alan serpantinit çakıllarındaki kromitler ise lerzolitik bir kaynağı işaret etmektedir. Sedimanların Geç Oksfordiyen–Erken Kimmerisiyen yaşında olması, okyanusal kabuğun oluşumunu takip eden 10–15 my içinde ofiyolitik malzemenin aşınıp/taşınarak konglomera/mikrokonglomeralara çakıl ve matriks verdiğini işaret etmektedir.

Anahtar Sözcükler: Arnavutluk, ofiyolit, sedimanlar, Jura ofiyolitleri, kromitler

Late Jurassic Clastic Sediments on top of the Luniku Ophiolite Sequence: Southern Albania

Volker Höck¹, Friedrich Koller², Johann Hohenegger³, Antonio Briguglio³,
Corina Ionescu⁴ & Kujtim Onuzi⁵

¹ University of Salzburg, 34 Hellbrunnerstr., A-5020 Salzburg, Austria

² University of Vienna, 14 Althanstr., A-1090 Vienna, Austria (E-mail: friedrich.koller@univie.ac.at)

³ University of Vienna, 14 Althanstr., A-1090 Vienna, Austria.

⁴ Babes-Bolyai University Cluj-Napoca, 1 Kogalniceanu Str., RO-400084 Cluj-Napoca, Romania.

⁵ Instituti i Gjeoshkencave, Universiteti Politeknik i Tiranes, Albania

In a classical view, the Albanian ophiolites consist of two belts, the eastern one and the western one. The western belt was supposed to consist predominantly of MORB-type ophiolites with lherzolites, troctolites, gabbros and basalts. However, recent investigations have showed that petrography and geochemistry of the western belt is more complex. The Luniku ophiolite is situated between the northern ends of the Kuterman/Shpati (W) and the Shebenik (E) massifs. A Middle Jurassic age of 165–162 Ma can be assumed for the formation of the ophiolites. The Luniku ophiolite complex is build up by isotrope gabbros, a well developed sheeted dike sequence and a volcanic section. The latter consists of massive lava flows and pillow lavas and ranges from basalts to dacites. The more evolved volcanics are concentrated in the upper part of the pillow sequence. The studied volcanics show both MOR- and SSZ-related composition. On the top of the pillow lavas a coarse conglomerate rich in serpentinite clasts is deposited. In turn, it is overlain by microconglomerates. The latter have predominantly ophiolite-derived components in the lower part and carbonate-derived components in the upper part. The lower microconglomeratic layer consists of serpentinite, gabbro and volcanic clasts, embedded in a groundmass of carbonate and detrital ophiolitic material. The upper microconglomeratic layer consists of micritic limestones clasts and a carbonate matrix. Oolitic components are common. Both microconglomerate layers are rich in microfossils, which are in part well preserved. The presence of the index foraminifer *Alveosepta jaccardi* (Schrodt) in both microconglomerates suggests a Late Oxfordian–Early Kimmeridgian age (i.e. ~157 to ~153 Ma). High amounts of detrital chromite grains with an average size below 100 µm occur in both microconglomerate layers. Some of the carbonatic oolites may also contain cores of chromite. A Cr# ranging from 55 to 80 and Mg# between 40 and 63 in detrital chromites indicate a highly depleted harzburgite/dunite source. By contrast, chromites from the serpentinite pebbles in the ophiolite-derived microconglomerate display a lherzolitic affinity. The Late Oxfordian–Early Kimmeridgian age of the sediments indicates that the reworking of the ophiolites resulting in clasts and matrix of conglomerates/microconglomerates took place in a time span less than 10–15 Ma after the formation of the oceanic crust.

Key Words: Albania, ophiolite, sediments, Jurassic ophiolites, chromites

Ankara Melanjı'nın Sedimanter Örtüsü: Kırıkkale Baseni'nde Üst Kretase–Orta Eosen Döneminin Rolü, Orta Anadolu

Steven Nairn¹, Alastair H.F. Robertson¹ ve Ulvi Can Ünlügenç²

¹ *Earth and Planetary Science Group, School of GeoSciences, University of Edinburgh, West Mains Road, Edinburgh, EH9 3JW, UK (E-posta: Steve.Nairn@ed.ac.uk)*

² *Çukurova Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 01330 Balcalı, Adana*

Ankara melanjının, İzmir-Ankara-Erzincan okyanusunun (Kuzey Neotetis) kuzeye doğru Pontid aktif kıta kenarının altına dalmasıyla ilişkili olarak Geç Mesozoyik'te gelişen yığışım kompleksi olduğu yaygın olarak kabul edilmiştir. Dalma-batma-yığışım olayları orta Anadolu'da melanjı üzerleyen Geç Mesozoyik-Erken Senozoyik'te gelişen bazı yay önu tipi sedimanter basenlerin oluşumlarıyla kanıtlanmıştır. İzmir-Ankara-Erzincan okyanusunun kapanmasında anahtar-klavuz jeolojik olayları gösteren Kırıkkale, Sungurlu, Bayat, Haymana ve Tuz Gölü basenleri gibi Orta Anadolu'yu temsil eden birçok farklı alanlarda tektonik-sedimanter evrimi yeniden değerlendirmek üzere saha çalışması ağırlıklı çalışmalar ile stratigrafik loglar, bazı klavuz alanların haritalanması, bazaltik kayaçların jeokimyasının yapılması, mikropaleontoloji ve kaynak alan belirlemesi çalışmalarını sürdürmekteyiz. Geç Kretase-Orta Eosen yaşlı Kırıkkale baseni anahtar bir bölge niteliğinde olup, batıda Ankara melanjı, doğuda Kırşehir masifi üzerinde oturmaktadır. Burada Kırıkkale baseninin tektonik gelişimi yeniden değerlendirilecektir. Basenin yüzeyleyen temeli başlıca; (1) Ankara Melanjı; bindirme örtüleri ve serpantinize harzburjit, radyolaryalı çört, kumtaşı, bazaltik andezit, pelajik kireçtaşı gibi bloklarından oluşmakta ve; (2) Üst Kretase yaşlı toleyitik okyanus ortası sırtı tipi bazaltlar (MORB) pelajik kireçtaşları, radyolaryalı çörtler, volkanoklastikçe ve manganca zengin sedimanlarca üzerlenir. Ölçülen loglara göre, yaklaşık 2800 metre kalınlığa varan basen çökelleri Üst Kretase yaşlı magmatic yay kaynaklı kaba feldspat- ve hornblendce-zengin biyotit-pirik andezit lav akıntı aratabakalı volkanoklastiklerle başlar. Üzerine Mestrihtiyen–Paleosen yaşlı volkanoklastik türbiditler ve karbonat moloz akışları (olistostromlar) ve bunlarla birlikte bağımsız resif blokları (olistolitler) gelmektedir. Yukarı doğru giderek sığlaşan ve konglomeratik moloz akışları ile aratabakalı denizel deltaik fasiyesten oluşan Alt–Orta Eosen istif, muhtemelen çarpışma ile yaşıt bir tektonik yükselimi kanıtlamaktadır. Nümülitçe zengin karbonatlar, yerel olarak yükselmiş okyanus temel kayaçları üzerinde toplanmış olup, bunu da deniz transgresyonu izlemiştir. Basenin doğu kenarına yakın yerdeki Üst Kretase yaşlı okyanusal temel biyotitçe zengin per-alüminus bir granitik plüton (Karaca Ali Plütonu) tarafından kesilmiş olup, bu Orta Miyosen'de yükselip aşınmıştır. Önceki yapısal yorumlamalar, Ankara melanjının bölgeyi etkileyen asıl bindirme fayının bir kısmı olarak havzanın batı kenarında bölgeye bindirdiği şekliye gösterilmektedir. Ancak, bölgede yapılan yeni haritalamalar, yalnızca güney kesimde gözlenen Paleosen yaşlı yüksek açılı ters faylanma ile birlikte levha yaklaşımının kuzeye doğru arttığını göstermektedir. Basen çökellerinin çoğunlukla ters fayla kesilmesi ve yerel olarak kıvrımlanmalar nedeniyle ters dönmelere rağmen, önceki raporlara karşıt olarak büyük ölçekli bindirme çalışmaları için küçük kanıtlar gösterirler.

Bizim çalışma hipotezimiz, önceden bölgede mevcut olan Ankara melanjı dalma-batma kompleksinin muhtemelen geç Kretase–Paleosen döneminde yığışımıyla, Kırıkkale baseninde yeni olarak ortaya konan MORB temelin Neotetis okyanusu/yay kabuğu temsil etmesidir. Basen daha sonra, geç Paleosen–erken Eosen zamanı boyunca süregelen kıtasal çarpışma nedeniyle yükselmiştir.

Anahtar Sözcükler: Ankara melanjı, Kırıkkale sedimanter baseni, İzmir-Ankara-Erzincan okyanusu, Geç Kretase, Paleosen

Sedimentary Cover of the Ankara Mélange: Role of the Upper Cretaceous–Middle Eocene Kırıkkale Basin, Central Anatolia

Steven Nairn¹, Alastair H.F. Robertson¹ & Ulvi Can Ünlügenç²

¹ *Earth and Planetary Science Group, School of GeoSciences, University of Edinburgh, West Mains Road, Edinburgh, EH9 3JW, UK (E-mail: Steve.Nairn@ed.ac.uk)*

² *Çukurova Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Balcalı, TR–01330 Adana, Türkiye*

It is widely accepted that the Ankara Mélange is a Late Mesozoic accretionary complex related to the northward subduction of the İzmir-Ankara-Erzincan Ocean (N Neotethys) beneath the Pontide active margin. Subduction-accretion events are documented by several Late Mesozoic–Early Cenozoic forearc-type sedimentary basins that overlie the mélange in Central Anatolia. We are carrying out a field-based study using stratigraphic logging, re-mapping of key localities, geochemistry of basaltic rocks, micropalaeontology and provenance studies to re-assess the tectonic-sedimentary evolution of representative parts of several different central Anatolian basins; i.e. the Kırıkkale, Sungurlu, Bayat, Haymana and Tuz Gölü basins, all of which record key events in the closure history of the İzmir-Ankara-Erzincan Ocean.

A key area is the Late Cretaceous to Mid-Eocene Kırıkkale Basin, which straddles the Ankara Mélange to the west and the Kırşehir Massif to the east. Here, we re-evaluate the tectonic development of the Kırıkkale Basin. The exposed basement of the basin is composed of: (1) Ankara Mélange; i.e. thrust sheets and blocks of serpentinised harzburgite, radiolarian cherts, sandstones, basaltic andesite, pelagic limestone and; (2) Upper Cretaceous tholeiitic mid ocean-ridge-type basalts (MORB) overlain by pelagic limestones, radiolarian cherts, volcanoclastics and Mn-rich sediments. Based on measured logs, basin-fill sediments, up to ~2800 m thick, begin with Upper Cretaceous coarse feldspar- and hornblende-rich volcanoclastic sediments with a magmatic arc provenance and interbedded biotite-phyric andesite lava flows. Above come Maastrichtian–Paleocene volcanoclastic turbidites and carbonate debris flows ('olistostromes') with detached reefal blocks ('olistoliths'). The Lower–Middle Eocene sequence shallows upwards to marine deltaic facies interbedded with conglomeratic debris flows which presumably document tectonic uplift in a syn-collisional setting. *Nummulites*-bearing carbonates accumulated locally on uplifted oceanic basement rocks following a marine transgression. The Upper Cretaceous oceanic basement near the eastern basin margin is intruded by a per-aluminous, biotite-phyric granitic pluton (Karaca Ali pluton), which was exhumed and eroded by mid-Eocene time. Previous structural interpretations show the Ankara Mélange as overthrusting the western basin margin, as part of major thrust faults affecting the area. However, new mapping shows that convergence increases northwards, with only high-angle reverse faulting of Palaeocene age being observed in the south. Although the basin fill is commonly reverse-faulted and locally overturned by folding, it shows little evidence of large-scale thrust dissection, in contrast to previous reports.

Our working hypothesis is that the newly discovered MORB basement of the Kırıkkale basin represents Neotethyan oceanic/arc crust that was accreted to the pre-existing Ankara Melange subduction complex probably during latest Cretaceous–Palaeocene time. The basin was later uplifted in response to progressive continental collision during the Late Paleocene–Early Eocene.

Key Words: Ankara mélange, Kırıkkale sedimentary basin, İzmir-Ankara-Erzincan ocean, Late Cretaceous, Paleocene

Hornblend ve Filogopit İçeren Kümülat Verlit İntrüzyonları: Doğu Pontidler’de (Amasya, KD Türkiye) Yitimle İlişkili Ultramafik Magmatizma İçin Kanıt

Yener Eyüboğlu¹, Yıldırım Dilek² ve Osman Bektaş³

¹ Gümüşhane Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Bağlarbaşı, 29000 Gümüşhane
(E-posta: eyuboglu@ktu.edu.tr ; y_eyuboglu@hotmail.com)

² Miami University, Department of Geology, Oxford, OH 45056, USA

³ Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 61080 Trabzon

Kümülat verlitler, Doğu Pontidler’in Güney Zonu’nda, Aksalur (Amasya) yöresinde yüzeyleyen Tokat Masifi’ne ait düşük dereceli metamorfik kayalar içinde, küçük ölçekli (30–100 m çapında), elipsoidal şekilli diskordan intrüzyonlar olarak bulunurlar. Kontakt metamorfizma ve zorlama ile yerleşimin izleri yan kayalarda gözlenmektedir. Ana kümülüs mineral tamamen serpantinleşmiş olivindir. Postkümülüs mineraller klinopiroksen ($Wo_{43.93-50.21}$, $En_{42.68-50.97}$, $Fe_{2.51-9.87}$), hornblend, filogopit, ve çok nadir olarak da ortopiroksenden oluşur. Bu kristalizasyon serisi incelenen kayaların sulu bazaltik bir magmadan türemiş olduklarına işaret etmektedir. Krom spinel ise kümülat verlitlerde aksesuar mineral olarak bulunmakta olup, kimyasal olarak Alaska-tip mafik-ultramafiklerdeki krom spinellere oldukça benzerdir.

Kümülat verlitler düşük SiO_2 (% 37.1–39.73), K_2O (% 0.02–0.16), TiO_2 (% 0.36–0.64), yüksek FeO_T (% 13.41–16.17), Nb (3–5.7 ppm) ve Ni (1112–1391 ppm) içerikleri ile karakteristiktirler. Verlitler ilksel mantoya göre Büyük İyon Yarıçaplı (LIL) ve Yüksek Çekim Alanlı (HFS) elementlerce hafifçe zenginleşmiş olup, negatif K ve Sr anomalileri oldukça tipiktir. Bu negatif K ve Sr anomalileri çok muhtemel olarak incelenen kayalardaki şiddetli serpantinleşmeden kaynaklanmaktadır. Kümülat verlitlerin kondirite göre normalleştirilmiş olan nadir toprak element desenleri Ağır Nadir Toprak (HRE) elementlere göre Hafif Nadir Toprak (LRE) elementlerce hafifçe zenginleşmiş olup, herhangi bir Eu anomalisi gözlenmez ($(La/Lu)_{CN} = 3.11-4.15$). Pb izotopik oranları $^{206}Pb/^{204}Pb$ için 18.482–18.553, $^{207}Pb/^{204}Pb$ için 15.561–15.581 ve $^{208}Pb/^{204}Pb$ için 38.694–38.801 arasında değişir ve Kuzey Yarıküre Referans Çizgisinin (NHRL) üzerinde yer alır.

Jeolojik, jeokimyasal ve petrolojik özellikler, daha önceleri okyanusal kabuğa ait oldukları düşünülen Geç Triyas yaşlı bu kümülatların aslında Doğu Pontid Magmatik Arki’nin yitimle ilişkili Alaska-tip ultramafik kayaları olduğunu göstermektedir.

Anahtar Sözcükler: Alaska-tip, doğu pontidler, filogopit, kümülat, verlit, Pb izotopu

Hornblende and Phlogopite-Bearing Cumulate-Wehrlite Intrusions: Evidence for Subduction-Related Ultramafic Magmatism in the Eastern Pontides, Amasya Area, NE Turkey

Yener Eyüboğlu¹, Yıldırım Dilek² & Osman Bektaş³

¹ *Gümüşhane Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Bağlarbaşı, TR–29000 Gümüşhane, Türkiye
(E-mail: eyuboglu@ktu.edu.tr ; y_eyuboglu@hotmail.com)*

² *Miami University, Department of Geology, Oxford, OH 45056, USA*

³ *Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, TR–61100 Trabzon, Türkiye*

The cumulate wehrlites occur as small-scaled (30–100 m in diameter) discordant intrusive bodies emplaced into low-grade metamorphic rocks of Tokat Massif exposing at the Aksalur-Amasya area situated in the southern part of the eastern Pontides. Contact metamorphism and forceful injection traces in the wall rocks are observed. Essential cumulus mineral is olivine. It is all completely replaced by serpentine. The small chadacrysts contain relict hourglass texture lizardite, which was subsequently replaced by high temperature antigorite. Intercumulus minerals consist of clinopyroxene ($Wo_{43.93-50.21}$, $En_{42.68-50.97}$, $Fe_{2.51-9.87}$), hornblende, phlogopite and extremely rare orthopyroxene. This crystallization sequence suggests that cumulate wehrlites are derived from a hydrous basaltic parental magma. Chromian spinel occurs as an accessory mineral in the studied cumulate rocks and its chemistry is very similar to those of chrome spinels from Alaskan-type mafic-ultramafic rocks.

The cumulate wehrlites are characterized by low SiO_2 (37.1–39.73 wt-%), K_2O (0.02–0.16 wt-%), TiO_2 (0.36–0.64 wt%), high FeO_T (13.41–16.17 wt%), Nb (3–5.7 ppm) and Ni (1112–1391 ppm) contents. They are slightly enriched in LILE and HFSE with respect to primitive mantle and show remarkably negative K and Sr anomalies. These negative K and Sr anomalies are most probably caused by intense serpentinization. The chondrite-normalized patterns display slight enrichment in LREE relative to HREE and lacking Eu anomaly ($(La/Lu)_{CN} = 3.11-4.15$). Their Pb isotope ratios range from 18.482–18.553 for $^{206}Pb/^{204}Pb$, 15.561–15.581 for $^{207}Pb/^{204}Pb$, and 38.694–38.801 for $^{208}Pb/^{204}Pb$ and plot above the northern hemisphere reference line (NHRL).

These geological, geochemical and petrological characteristics suggest that these Late Triassic cumulates which were previously thought to be a part of oceanic lithosphere are actually Alaskan-type ultramafic cumulates of the Eastern Pontide Magmatic Arc.

Key Words: Alaskan-type, eastern Pontides, phlogopite, cumulate, wehrlite, Pb isotope

Ters Olarak Zonlanmış Alaska-Tip Mafik-Ultramafik Kütleler İçin Bir Örnek: Karayaşmak Mafik-Ultramafik Birliği, Pulur, Doğu Pontidler, KD Türkiye

Yener Eyüboğlu¹, Erdin Bozkurt², Osman Bektaş³, Bora Rojay² ve Cüneyt Şen³

¹ *Gümüşhane Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Bağlarbaşı, 29000 Gümüşhane (E-posta: eyuboglu@ktu.edu.tr ; y_eyuboglu@hotmail.com)*

² *Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06531 Ankara*

³ *Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 61080 Trabzon*

Karayaşmak Mafik-Ultramafik Birliği, Doğu Pontidlerin Güney kesiminde yüzeyleyen çok sayıda mafik-ultramafik intrüzyondan biridir. Saha gözlemleri ve jeokronolojik çalışmalar Karayaşmak Mafik-Ultramafik Birliği'nin Pulur metamorfikleri içine yaklaşık 130 milyon yıllık bir zaman diliminin (Geç Karbonifer–Geç Triyas aralığında) farklı zamanlarında yerleştiğini göstermektedir. Birlik içindeki kayaçların dokanak ilişkileri, metamorfizması, yapısal, petrografik ve jeokimyasal özellikleri dikkate alındığında bu yerleşimin beş ayrı fazda gerçekleştiği görülmektedir: (i) plajiyoklas peridotit, kaba taneli melagabronorit, ilk tip bantlı gabro ve anortozitlerin oluşumu (Faz-I); (ii) pegmatitik gabro dayklarının yerleşimi (Faz-II); (iii) ikinci tip bantlı gabroların oluşumu (Faz-III); (iv) ana gabroik kütlelerin yerleşimi (Faz-IV) ve (v) kümülat doku göstermeyen gabroik dayk ve stokların yerleşimi (Faz-V). Bu Liyas öncesi mafik-ultramafik kayaçlar, Liyas yaşlı magmatikler (kuvars diyorit, diyabaz, bazaltik andezit, dasitik tüf) ve Erken Eosen yaşlı adakitik volkanikler tarafından kesilirler.

Bu çalışmanın ana konusunu oluşturan kümülat kayaçlar (Faz-I, III ve IV) düşük dereceli metamorfizmaya maruz kalmış olanlar (Faz-I) ve metamorfik olmayanlar (Faz-III ve IV) şeklinde iki ana alt gruba ayrılabilir. Birliğin bütün kümülat kayaçlarında Cr-Al spinel, plajiyoklas ve olivin ilk kristallenme fazlarıdır. İnterkümülsü mineraller piroksen, hornblend, filogopit ve ilmenitten oluşur. Birinci ve üçüncü faza ait kümülat kayaçlar genel olarak benzer jeokimyasal özelliklere sahiptir. Bu kayaçlar, ilksel manto ve kondirite göre Büyük İyon Yarıçaplı (LIL) ve Hafif Nadir Toprak (LRE) elementlerce hafifçe zenginleşmiş, buna karşın Büyük İyon Yarıçaplı (HFS) ve Ağır Nadir Toprak (HRE) elementlerce tüketilmiştir. Dördüncü faza ait olan Geç Triyas yaşlı kümülatlar birinci faza ait plajiyoklas peridotitler tarafından çevrenir ve ters zonlu bir Alaskan-Tip kütle örneği oluştururlar. Bu kümülatlar, Karayaşmak Mafik-Ultramafik Birliği'nin erken fazlarına ait kümülatlara göre LIL, HFS, LRE ve HRE elementlerce daha fazla zenginleşmiştir. Tüm kümülatlar negatif Nb, Ti, P ve Zr anomalileri ve olağanüstü bir pozitif Eu anomalisi gösterir. Ayrıca, Sr-Nd ve Pb izotopik oranları çalışılan kümülat kayaçların oluşumunda tüketilmiş bir manto kaynağının etkili olmadığını açıkça ortaya koymaktadır.

Karayaşmak mafik-ultramafik kümülatlarından elde edilen mineralojik, jeokimyasal ve izotopik veriler bu kayaçların ark ilişkili Alaska-Tip mafik-ultramafik kümülatlar olduğunu ve farklı zamanlarda ancak jeokimyasal olarak benzer yüksek alüminyumlu, sulu, bazaltik ana magmalardan türediğini göstermektedir. Magmanın kaynak bölgesi ise muhtemelen Doğu Pontidler'de Plaeotetis Okyanus kabuğunun erken yitimi sırasında, yitimle ilişkili prosesler ile zenginleşmiş kıta altı litosferik mantodur.

Anahtar Sözcükler: kümülat, izotop, Alaska-Tip, filogopit, Paleotetis, Doğu Pontidler

An Example For Reversely-Zoned Alaskan-Type Mafic-Ultramafic Bodies: Pre-Liassic Karayaşmak Mafic-Ultramafic Association, Pulur Area, Eastern Pontides, NE Turkey

Yener Eyüboğlu¹, Erdin Bozkurt², Osman Bektaş³, Bora Rojay² & Cüneyt Şen³

¹ *Gümüşhane Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Bağlarbaşı, TR–29000 Gümüşhane, Türkiye
(E-mail: eyuboglu@ktu.edu.tr ; y_eyuboglu@hotmail.com)*

² *Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, TR–06531 Ankara, Türkiye*

³ *Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, TR-61080 Trabzon, Türkiye*

The Karayaşmak mafic-ultramafic association is one of the numerous subduction-related mafic-ultramafic intrusions, exposing in the southern part of the eastern Pontides. Field studies and geochronologic data suggest that it emplaced into the Pulur metamorphic massif in different periods of 130 My time span between Late Carboniferous and Late Triassic. The unit, based on contact relations, metamorphic-structural history, petrography and geochemical characteristics, evolved petrogenetically at five main phases: (i) formation of the plagioclase peridotite, coarse-grained melagabbronorite, first type banded gabbro and anorthosites (Phase-I); (ii) emplacement of gabbro pegmatite dikes (Phase-II); (iii) formation of the second type banded gabbros (Phase-III); (iv) emplacement of the main gabbroic body (Phase-IV) and (v) emplacement of the non-cumulative gabbroic dikes and stocks (phase-V). These pre-Liassic mafic-ultramafic rocks are cut by Liassic rocks (quartz diorite, diabase, basaltic andesite and dacitic tuffs) and Early Eocene adakitic volcanic rocks.

Cumulate rocks (Phase-I, III and IV) from the main subject of present work and can be divided into two main subgroups: (i) low-grade metamorphosed cumulates (Phase-I), which include such as prehnite, pumpellyite, talc, serpentine and chlorite, and (ii) unmetamorphosed cumulates (Phase-III and IV). Cr-Al spinel, plagioclase and olivine are the first crystallizing phases in all cumulate rocks of the association. Intercumulus minerals consist of pyroxene, hornblende, phlogopite and ilmenite. Cumulates belonging to Phase-I and Phase-III have generally similar geochemical characteristics. They are slightly enriched in LILE and LREE, depleted in HFSE and HREE with respect to chondrite and primitive mantle. When compared with cumulates of Phase-I and Phase-III, late Triassic gabbroic cumulates (Phase-IV), which are surrounded by plagioclase peridotites of the first phase as in the reversely-zoned Alaskan-type mafic-ultramafic bodies, display some minor geochemical differences. They are more enriched in LILE, HFSE, LREE and HREE with respect to early phases of the cumulate formation. All cumulates show remarkable positive Eu and negative Nb, Ti, P, Zr anomalies. In addition, their Sr-Nd-Pb isotopic ratios reveal that none of the studied cumulates indicate depleted mantle as a significant isotopic component.

The mineralogical, geochemical and isotopic data imply that Karayaşmak mafic-ultramafic cumulates are Alaskan-type arc-related mafic-ultramafic cumulates and that they must have been derived from geochemically similar high aluminous-hydrous basaltic parental magmas. The source region of the magma was most probably the subcontinental lithospheric mantle enriched with subduction-related processes during early subduction of Palaeotethys oceanic crust in the eastern Pontides.

Key Words: cumulate, isotope, Alaskan-type, phlogopite, Palaeotethys, eastern Pontides

Göksun Ofiyoliti (Kahramanmaraş)'nde Yeralan Kümülat Kayaçların Jeokimyasal Karakteristikleri ve Tektonik Önemi, GD Anadolu

Osman Parlak^{1,2}, Tamer Rızaoğlu³, Utku Bağcı⁴ ve Volker Höck⁵

¹ Çukurova Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 01330 Balcalı, Adana
(E-posta: parlak@cukurova.edu.tr)

² Adıyaman Üniversitesi, Mesleki ve Teknik Eğitim Fakültesi, 02040 Adıyaman

³ Sütçü İmam Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 46100 Kahramanmaraş

⁴ Mersin Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 33342 Çiflikköy, Mersin

⁵ University of Salzburg, Department of Geography and Geology, A5020 Salzburg

Güney Neotetis okyanusal baseni kuzeyde Toros platformu ile güneyde Arap platformu arasında Triyas'tan Miyosen'e aktivitesini sürdürmüştür. Geç Kretase yaşlı Göksun ofiyoliti güneydoğu Anadolu'da okyanusal litosferin kıta üzerine yerleşmiş kalıntıların en iyi gözlemlendiği yerlerden birini oluşturmaktadır. Göksun ofiyoliti geç Kretase'de Toros aktif kıta kenarı boyunca kuzeyden ve güneyden Malatya-Keban metamorfikleri ile çevrelenen bir tektonik pencerede yüzeylenmekte ve volkanik yay granitoidleri tarafından kesilmektedir.

Göksun ofiyoliti tam bir okyanusal litosfer kesiti sunmakta olup manto tektonitleri, ultramafik-mafik kümülatlar, izotrop gabrolar, levha dayk kompleksi, plajiyogranit, volkanikler ve volkano-sedimanter birimleri içermektedir. Kümülat kayaçlar magmatik laminalanma ve ritmik tabakalanma gibi kümülat yapıları sunmaktadır. Petrografik olarak ultramafik kümülatlar lertzolit ve verlitle, mafik kümülatlar ise gabro ve olivinli gabro ile temsil edilmektedirler. Lertzolitik ve verlitik kayaçlar mezo-kümülat ve poikilitik dokular sergilemektedir. Lertzolitler ana mineral fazı olarak özşekilsiz olivin (~% 70), ortopiroksen (% 15–20), klinopiroksen (% 15–20) kristalleri ile temsil edilmekte, verlitler ise olivin (% 65–70), klinopiroksen (% 20–25), ortopiroksen (% <5) ve plajiyoklas (% ~1) içermektedir. Ender olarak gözlenen kromitler çeşitli oranlarda serpantinleşmiş olivinler ve piroksenlerin içerisinde dağılmış olarak görülmektedir. Gabrolar ve olivin-gabrolar orto- ve mezo-kümülat ve poikilitik dokular sunmaktadır. Olivin-gabrolar ana mineral fazı olarak plajiyoklas (% 65–70), klinopiroksen (% 15), ve olivin (% 10) ile, gabrolar ise plajiyoklas (% 65–70) ve klinopiroksen (% 25–30) ile temsil edilmektedirler. Aksesuar faz ise olivinlerin çatlakları içerisinde dağılmış manyetitler ve kromitler ile temsil edilmektedir. Mafik-ultramafik kayaçların tüm kayaç ana ve iz element jeokimyası, Göksun ofiyolitini oluşturan ilksel magmanın modern ada yayı tektonik ortamlarda gözlenen ofiyolitlerle bileşimsel olarak benzerlik sunduklarına işaret etmektedir. Kümülus ve interkümülus fazların kristallenme sırası olivin (Fo_{77–83}), krom spinel, klinopiroksen (Mg_{#67–90}), plajiyoklas (An_{66–89}), ortopiroksen (Mg_{#81–83}) şeklindedir. Olivinler merkezden kenara doğru bir zonlanma göstermemekte diğer fazlar (klinopiroksen, ortopiroksen ve plajiyoklas) ise normal zonlanma göstermektedirler. Kümülat kayaçlarda magnezyumca zengin olivinler/piroksenler ve kalsik plajiyoklasların bulunması kümülatların dalma-batma ile ilişkili bir ortamda oluştuklarına işaret etmektedir. Kümülat kayaçlarla ilgili tüm veriler bu kayaçların Geç Kretase'de Neotetis'in güney kolunda bir okyanus içi dalma batma zonu (SSZ) tektonik ortamında oluştuğunu ortaya koymaktadır.

Anahtar Sözcükler: Neotetis, ofiyolit, kümülat, jeokimya, Göksun, Kahramanmaraş

Geochemical Characteristics and Tectonic Significance of Cumulate Rocks in Göksun (Kahramanmaraş), SE Anatolia

Osman Parlak^{1,2}, Tamer Rızaoğlu³, Utku Bağcı⁴ & Volker Höck⁵

¹ Çukurova Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Balcalı, TR–01330 Adana, Türkiye
(E-mail: parlak@cukurova.edu.tr)

² Adıyaman Üniversitesi, Mesleki ve Teknik Eğitim Fakültesi, TR–02040 Adıyaman, Türkiye

³ Sütçü İmam Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, TR–46100 Kahramanmaraş, Türkiye

⁴ Mersin Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Çiftlikköy, TR–33342 Mersin, Türkiye

⁵ University of Salzburg, Department of Geography and Geology, A5020 Salzburg

The Southern Neotethyan oceanic basin was active during the period from Triassic to Miocene between the Tauride platform to the north and the Arabian platform to the south. The late Cretaceous Göksun ophiolite forms one of the best exposures of emplaced oceanic lithospheric remnants in the Southeast Anatolian Orogen. It crops out in a tectonic window, bounded by the Malatya-Keban platform both in the north and south, and in turn intruded by the volcanic arc granitoids along the Tauride active margin in Late Cretaceous.

The Göksun ophiolite is characterized by a complete oceanic lithospheric section and consists of mantle tectonites, ultramafic to mafic cumulates, isotropic gabbros, sheeted dike complex, plagiogranite, volcanics and associated volcano-sedimentary units. The cumulate rocks display cumulate structures such as igneous lamination and rhythmic layering. Petrographically ultramafic cumulates are represented by lherzolite and wehrlite whereas mafic cumulates are represented by gabbro and olivine-gabbro. The lherzolitic and wehrlitic rocks exhibit meso-cumulate to poikilitic textures. The lherzolites are represented by xenomorphic olivine (~70 %), orthopyroxene (15–20 %), clinopyroxene (15–20 %) crystals, whereas the wehrlites comprise olivine (65–70 %), clinopyroxene (20–25 %), orthopyroxene (<5 %) and plagioclase (~1 %) as the main mineral phases. Rare chromites are seen as dispersed crystals in variably serpentinized olivines and pyroxenes. The gabbros and olivine-gabbros display ortho and mesocumulate to poikilitic textures. The olivine gabbros are represented by plagioclase (65–70 %), clinopyroxene (15 %) and olivine (10 %) and gabbros are represented by plagioclase (65–70 %) and clinopyroxene (25–30 %) as the main mineral phases. The accessory phase is represented by dispersed magnetites in the cracks of olivines and chromites. The whole rock major and trace element geochemistry of the mafic-ultramafic cumulate rocks indicate that the primary magma generating the Göksun ophiolite is compositionally similar to those observed in modern island arc tectonic settings. The crystallization order of the cumulus and intercumulus phases is olivine (Fo₈₃₋₇₇), chromian spinel, clinopyroxene (Mg_{#90-67}), plagioclase (An₈₉₋₆₆), orthopyroxene (Mg_{#83-81}). The olivines do not show zoning from core to rim whereas the other phases (Cpx, Opx and Plg) display normal zoning from core to rim. The presence of magnesian olivines, pyroxenes and calcic plagioclase in the cumulate rocks indicate that they were formed in a subduction related environment. All the data from cumulate rocks suggest that they formed in a suprasubduction zone tectonic setting in the southern Neotethys during Late Cretaceous time.

Key Words: Neotethys, ophiolite, cumulate, geochemistry, Göksun, Kahramanmaraş

İzmir-Ankara-Erzincan Kenet Zonundaki Ofiyolitlerle İlişkili Listvenitlerdeki Epitermal Sıvı Kapanım Modellemeleri

Gülay Sezerer Kuru¹, Ender Sarıfakioğlu², Francesca Tecce³ ve Daniel Moncado⁴

¹ Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, Maden Etüt ve Arama Dairesi Başkanlığı,
06520 Balgat, Ankara (E-posta: sezererkuru@yahoo.com)

² Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi Başkanlığı, 06520 Balgat, Ankara

³ C.N.R Istituto di Geologia Ambientale, I00185 Rome, Italy

⁴ Virginia University, Department of Geosciences, VA2406, Virginia Tech Blacksburg, USA

Pontidler ile Anatolid-Torid Platformu arasında gelişmiş İzmir-Ankara-Erzincan Kenet Zonu (İAEKZ) boyunca çoğunlukla ofiyolitik diziden kopmuş değişik kaya türleri gözlenir. Ultramafik-mafik kayalar ile radyolaryalı çört, çamurtaşı ve pelajik kireçtaşlarından oluşan okyanusal litosfer kalıntıları, Triyas–Jura–Kretase zaman aralığında gelişmiş Tetis okyanusunun kuzey kolunu temsil eder. Ofiyolit dilimlerine ait ultramafik kayalar, kısmen veya tamamen serpantinlere dönüşmüştür. Ultramafik kayaların (harzburjit, dunit) SiO₂ (%30–45), Fe₂O₃ (%7–10), MgO (%35–45) ve CaO (%0.1–1) içeriklerine karşın listvenitlerde SiO₂ (%91–95), Fe₂O₃ (%5–7) ve CaO (%0.1–1) içerikleri tespit edilmiştir. Bir örnekteki Fe₂O₃ içeriği, %36'a ulaşmış olup yerel bir demir cevherleşmesine ait olduğu gözlenmiştir. Listvenitlerde, yaygın olarak kuvars ve kalsedon daha az olarak karbonat minerallerinden kalsit, dolomit, ankeritler ile kloritler gözlenir. Kalıntı halde mafik mineral pseudomorfları, serpantinleşmiş ultramafik protolitleri, Cr-spinel grubu mineraller ve limonitler de bulunmaktadır. Serpantinite dönüşmüş ultramafik kayaların kendi içlerindeki makaslama düzlemleri veya bindirme zonları boyunca, hidrotermal çözeltilerin alterasyonları ile listvenitlere dönüştükleri gözlenmektedir. Çalışma alanındaki serpantinler, karbonatça zengin hidrotermal çözeltilerin alterasyonundan çok, silisçe zengin hidrotermal çözeltilerin alterasyonlarına maruz kalmışlardır. Bunlardan büyük kristalli, temiz, öz şekilli, bantlı kalsedonik kuvarslar ile içinde çok fazla miktarlarda koyu renkli ve hava ile doldurulmuş öz şekilli, ince taneli kristalin kuvarslar, sıvı kapanım çalışmalarımızda kullanabileceğimiz özelliklere sahip sıvı kapanımları içermezler. Zonlu kuvars kristalleri ise, büyüme zonlarını tanımlayan birincil sıvı kapanımlarını içermektedirler ve bu zonda düzensiz şekilli consistent sıvı kapanımlar bulunmaktadır. Consistent sıvı kapanımlar, düşük sıcaklıklara (≤ 200 °C), düşük basınca ve düşük tuzluluğa (–3,5 %NaCl eşdeğeri olarak) sahiptir. Sonuç olarak listvenitlerin oluşumunda etkili olan kuvarslar farklı evrelerde oluşmaktadır. Kuvars oluşumlarının ilk evrelerinde, çok az veya hiç sıvı kapanım içermeyen çok küçük kristalli kuvarslar oluşurken büyük kristalli kuvarslar daha genç oluşan kuvarsları veya kuvars oluşumunun geç evresindeki sıvıları temsil ederler. Kuvarslar içinde kaynama olayına rastlanmamıştır. Listvenitlerde yapılan kimyasal analiz sonuçlarına ve sıvı kapanım petrografisi verilerine göre listvenitlerde epitermal süreçte oluşmuş değerli-metal (Au gibi) oluşumları gözlenmemiştir. Bölgede meydana gelen listvenitleşmenin düşük sıcaklığa, düşük tuzluluğa ve düşük basınca sahip epitermal çözeltilerle oluşturulduğu düşünülmektedir.

Anahtar Sözcükler: listvenit, epitermal sistemler, sıvı kapanım modellemesi, sıvı kapanım birliktelikleri, sıvı kapanım dokuları

Epithermal Fluid Inclusion Systematics in Ophiolite-related Listwaenites from the İzmir-Ankara-Erzincan Suture Zone

Gülşay Sezerer Kuru¹, Ender Sarıfakıoğlu², Francesca Tecce³ & Daniel Moncado⁴

¹ *General Directorate of Mineral Research and Exploration, Department of Mineral Research and Exploration, Balgat, TR–06520 Ankara, Turkey (E-mail: sezererkuru@yahoo.com)*

² *General Directorate of Mineral Research and Exploration, Department of Geology, Balgat, TR–06520 Ankara, Turkey*

³ *C.N.R Istituto di Geologia Ambientale, I00185 Rome, Italy*

⁴ *Virginia University, Department of Geosciences, VA2406, Virginia Tech Blacksburg, USA*

There are various rock types, often derived from an ophiolitic suite, through İzmir-Ankara-Erzincan Suture Zone (İAESZ), which took place between Pontides and Anatolide-Tauride Platform. Remnants of an oceanic lithosphere, built from ultramafic-mafic rocks and radiolarian cherts, mudstone and pelagic limestones, represent northern branch of Tethyan ocean developed during Triassic–Jurassic–Cretaceous. Ultramafic rocks of ophiolitic slices are partly or entirely serpentinized. Ultramafic rocks (harzburgite, dunite) have 30–45% SiO₂, 7–10% Fe₂O₃, 35–45% MgO and 0.1–1% CaO contents, whereas listwaenites have 91–95% SiO₂, 5–7% Fe₂O₃ and 0.1–1% CaO contents. Fe₂O₃ content of a sample reaches to 36% and it shows a local iron mineralization. Listwaenites are composed commonly of quartz, chalcedony, chlorite, relict mineral pseudomorphs of mafic minerals and Cr-spinel and limonite with occasional carbonate minerals such as, calcite, dolomite, ankerite. Serpentinized ultramafic rocks were turned in to listwaenites, altering along shearing planes and thrust zones in ultramafic rocks by hydrothermal solutions. Ultramafic rocks in study area, are exposed rather alteration of silica-rich hydrothermal solutions than alteration of carbonate-rich hydrothermal solutions. According to fluid inclusion petrography in quartz found within the listwaenites, different forms of silica have been observed within the epithermal deposits. These are large, clear euhedral quartz crystals and banded botryoidal quartz and finely crystalline euhedral quartz crystals having dark air-filled voids, and are not likely suitable for fluid inclusion analyses. Zoned quartz crystals contain primary inclusions defining growth zones, and these also have irregularly shaped, primary inclusion consistent with liquid-to-vapor ratios. Consistent inclusions have approximately low temperature (≤ 200 °C), low pressure and salinity (0–3.5 %NaCl equivalent). The earlier phases of quartz generation includes fine-grained with rare or no inclusions while the later phases includes coarse-grained crystals. This may suggest that the silicification took place at different and periodical intervals. No evidence for boiling has been observed. The geochemical analyses in favour of a fact that there is no precious-metal precipitation during listwaenite formation. The listwaenitization is likely to be resulted from the hydrothermal solutions at low temperature, salinity and pressure conditions.

Key Words: Listwaenite, epithermal systems, fluid inclusion systematics, fluid inclusion assemblages, fluid inclusion textures