
**Pan-Afrikan'dan Alpine Kadar Metamorfizma ve
Jeodinamik Önemleri**
*Metamorphism – Pan African to Alpine – Its Geodynamic
Implications*

Oturum Yürütücüleri / Conveners: Osman Candan,
Donna L. Whitney & Roland Oberhänsli

Güney Sivrihisar Masifi'ndeki Mavişist ve Barroviyen Kuşaklarının Metamorfik ve Tektonik Evrimi

Donna L. Whitney¹, Nicholas C. Seaton¹, Christian Teyssier¹,
Erkan Toraman¹ ve Matthew Heizler²

¹ *Geology & Geophysics, University of Minnesota, Minneapolis, Minnesota 55455, USA*
(E-posta: dwhitney@umn.edu)

² *New Mexico Bureau of Geology and Mineral Resources, Socorro, New Mexico 87801, USA*

Birçok orojenik kuşak birbirleriyle belirgin bir yapısal devamlılık gösteren Mavişist ve Barroviyen kuşaklar içermektedir. Yunanistan'dan Naxos ve Türkiye'den Sivrihisar bölgeleri bunlara iki örnek olarak verilebilir. Türkiye'nin batı kesiminde yer alan Sivrihisar Masifi'nin güney kısımlarında, benzer sedimanter ve bazaltik köken kayalarından türemiş, dalma-batma ve bunu izleyen kıtasal çarpışma ile ilişkili metamorfik birimler yüzeylenmektedir. Dalma-batma zonunda oluşan yüksek basınç – düşük sıcaklık (YB-DS) kayaları, aragonitten dönüşme ışınal kalsit kristalleri içeren mermerler ve kuvars-fengit şist ara katmanları içeren, eklojit bloklulu mavişistlerden (>15 kbar, 550 °C) yapıldır. Orta basınç – orta sıcaklık (OB-OS) birimleri ise ilerleyen bir metamorfizmayı tanımlayan kloritoid, granat, stavrolit, disten ±sillimanit içeren şist ve meta-kuvarsitlerden oluşmaktadır. Kloritoid'den sillimanite kadar olan tüm Barroviyen serisi 1 km.'den daha az bir yapısal kalınlığa sahiptir, dolayısıyla eşsıcaklık eğrileri birbirlerine oldukça yakın konumdadır. Ar/Ar yaşlandırma yöntemi mavişist birimleri içindeki fengit minerallerinin 87–81 My arası plato yaşına sahip olduğunu gösterir. OB-OS birimleri içindeki muskovitler görece daha genç plato yaşı (63–57 My) verirken, geçiş zonu içindeki beyaz mikalar tam bir plato oluşturmamakla birlikte 83–72 My arası birleştirilmiş bir yaş verirler. YB-DS ve OB-OS kuşakları aynı sığ denizel / kıta kenarı birimlerinin farklı tektonik dilimlerinden meydana gelmiştir. YB-DS tektonik diliminin yitim ve yüzeylenmesi Geç Kretase'de gerçekleşirken, OB-OS dilimi Paleosen–Eosen yaşlı çarpışma sürecinde gömülmüş, metamorfizmaya uğramış ve tekrar yüzeylenmiştir. Kuşaklar arasındaki dokanak, her iki birime ait mermerlerin birbiriyle dokanak yapması nedeniyle arazi ölçeğinde belirgin değildir. Her iki birim de aynı yönelime sahip, iyi gelişmiş bir çizgisellik gösterir. YB-DS birimlerinde sodik amfibol ve fengit, OB-OS birimlerinde ise kloritoid, disten, sillimanit ve muskovit söz konusu çizgiselliği oluşturur. Buna karşın mermerler içindeki iz elementlerinin miktarındaki değişim ve kalsit dokusundaki farklılıklar dokanağın belirlenmesini mümkün kılar. YB-DS kuşağı içinde yer alan, yaklaşık 200 m kalınlığındaki yapısal geçiş zonu mermerler içerisinde kısmen yeniden kristalleşmiş ışınal kalsitlerin varlığıyla karakterize olmaktadır. Bu mermerlerin yeniden kristalleşmeleri, OB-OS diliminin yüzeylenmesi sırasında YB-DS kuşağının taban kesimlerinde ısıl etkiye neden olmalarından kaynaklanmaktadır. OB-OS kuşağının dokanağa yakın kesimlerinde ise EBSD analizi ile tespit edilen, kristallografik tercihli yönelime sahip, yeniden kristalleşmiş kalsit kristalleri gözlenmektedir. Barroviyen kuşağının geri kalanında ise kalsit kristalleri herhangi bir yönelim göstermezler.

Anahtar Sözcükler: Ar yaşları, Barroviyen serileri, mavişist, metamorfizma, Sivrihisar

Metamorphic and Tectonic Evolution of Juxtaposed Blueschist Facies and Barrovian Rocks, Southern Sivrihisar Massif

Donna L. Whitney¹, Nicholas C. Seaton¹, Christian Teyssier¹,
Erkan Toraman¹ & Matthew Heizler²

¹ *Geology & Geophysics, University of Minnesota, Minneapolis, Minnesota 55455, USA*
(E-mail: dwhitney@umn.edu)

² *New Mexico Bureau of Geology and Mineral Resources, Socorro, New Mexico 87801, USA*

Metamorphic terrains containing juxtaposed blueschist facies and Barrovian rocks in apparent structural continuity occur in orogenic belts worldwide. Two examples in the Aegean/Anatolian region are Naxos (Greece) and Sivrihisar (Turkey). The southern part of the Sivrihisar Massif, west-central Turkey, contains metamorphic rocks that formed from similar sedimentary and basaltic protoliths and record a transition from subduction to collision-related metamorphism. High-P–low-T (HP-LT) subduction zone rocks are dominated by marble characterized by rod-shaped calcite pseudomorphs after aragonite and quartz-phengite schist interlayered with blueschist (≥ 15 kbar, 500–550 C) containing eclogite pods. Medium-P–medium-T (MP-MT) rocks are in a progressive sequence of chloritoid-, garnet-, staurolite, and kyanite \pm sillimanite-bearing schist and quartzite. Isograds are very closely spaced; the entire Barrovian sequence from chloritoid zone to sillimanite zone comprises < 1 km of structural thickness. Phengite in blueschist yields Late Cretaceous $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ plateau ages (87–81 Ma). Muscovite in the MP-MT rocks yields younger $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ages (63–57 Ma), and white mica in the transition zone yields disturbed Ar spectra with 83–72 Ma integrated ages. The HP-LT and MP-MT domains are different tectonic slices of the same shallow marine/continental margin sequence: the HP-LT slice was subducted and exhumed in the Late Cretaceous and the MP-MT slice was buried, metamorphosed and exhumed during Paleocene–Eocene collision. The tectonic contact between domains involves marble emplaced on marble and is not obvious in the field. A well-defined mineral lineation has the same orientation in both domains and is defined by HP minerals (Na-amphibole, phengite) in the north and Barrovian minerals (chloritoid, kyanite, sillimanite, muscovite) in the south. The contact is, however, detectable in a difference in trace element abundance in the marbles and by a change in calcite texture. A narrow (200 m thick) structural transition zone in the HP domain is characterized by partially recrystallized rod-shaped calcite; thermal effects from the exhuming MP-MT domain resulted in partial recrystallization of HP-LT minerals and textures near the base of the structurally overlying HP-LT complex. In the MP-MT domain near the contact, recrystallized calcite contains a crystallographic-preferred orientation that is detected by electron backscattered diffraction analysis; calcite in the Barrovian zone is randomly oriented.

Key Words: Ar ages, Barrovian sequence, blueschist, metamorphism, Sivrihisar

Çamlıca Metamorfitleri'nde Yeralan Yüksek-Basınç Metabazit Diliminin (Eklojit/Mavişist) Petrografisi, Tektonik Ortamı ve Rodop Masifi ile İlişkisi, Biga Yarımadası, Kuzeybatı Anadolu

Fırat Şengün, Erdiñ Yiğitbaş ve İsmail Onur Tunç

*Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 17020 Çanakkale (E-posta: firatsengun@comu.edu.tr)*

Yüksek-basınç metamorfik kayalar Alpin orojenik sistemi içerisinde son derece yaygındır ve eski dalma-batma zonlarını göstermesi açısından son derece önemlidir. Biga Yarımadası'nın kuzeybatı bölümünde yeralan Çamlıca metamorfik topluluğu alttan üste doğru düşük dereceli orta-basınç koşullarında başkalaşıma uğramış metalav ve metatüfden yapıları Andıktaş formasyonu, granat-mika şist, albit-epidot-klorit şist, kalkışist ve mermer aralanmasından oluşan Dedetepe formasyonu ve fillit-mermer aralanmasından yapıları Salihler formasyonu'ndan oluşmaktadır. Dedetepe formasyonu içerisinde ~2 km uzunluğunda ve 500 m genişliğinde metabazit tektonik dilimi yüzlek vermektedir. Bu metabazit tektonik dilimi başlıca metaçört, amfibolit, eklojit, mavişist, talk şist ve tremolit/aktinolit şistten oluşmaktadır. Eklojitlerin genel mineral bileşimleri omfasit + granat + epidot + kuvars + glokofan ± fengit ± rutilden oluşmaktadır. Buna karşın geç evre makaslama zonları boyunca eklojitlerden dönüşmüş mavişistlerin genel mineral bileşimleri ise glokofan + granat + epidot + klorit ± fengit ± kuvars ± sfendir. Bu parajenez yüksek basınç mavişistlerini işaret etmektedir. Eklojit/mavişistlerin etrafında yaygın olarak granat içeren kuvarsca zengin şistler (metaçört) bulunmaktadır. Bu şistlerin genel mineral bileşimleri kuvars + fengit + granat + klorit + piyemontitten oluşmaktadır. Alpin yaşlı yüksek basınç metamorfizmasına uğrayan kayalar daha sonra albit, klorit mineralleri ve glokofan mineralinin etrafında gelişen tremolit/aktinolit replasmanının gelişmesine neden olan yeşilşist fasiyesinde retrograd metamorfizmaya uğramışlardır. Eklojit ve mavişistlerde meydana gelen yeşilşist fasiyesi metamorfizması yükselme sırasında, akışkanların kayaların içerisinde dolaşmasıyla kontrol edilmektedir.

Biga Yarımadası'nın en batı ucunda yeralan Çamlıca metamorfitleri içerisindeki eklojit/mavişistler bölgesel olarak kuzey Ege'de daha büyük alanlarda yüzlek veren Rodop Masifi içerisinde bulunan eklojitlerin tektonik ortamı ile karşılaştırıldığında metamorfizma koşulları bakımından farklılık sunmaktadır. Rodop Masifi'ndeki eklojitler kıta-kıta çarpışması ürünü kabuk kalınlaşması tektonik ortamını tanımlayan yüksek dereceli kıtasal kabuk malzemesi içerisinde bulunan orta sıcaklık eklojitleridir. Buna karşın Çamlıca metamorfitlerindeki eklojit/mavişistler ise yitim ortamını tanımlayan tipik düşük sıcaklık eklojitleridir. Sonuçta eklojit/mavişistler, önceden düşünüldüğü gibi düzenli bir pasif kıta kenarı istifinde, çevre kaya ile birlikte YB'ca uğramış kayalar olmayıp Çamlıca metamorfitleri içerisinde tektonik bir dilim olarak bulunmaktadır. Bu özellikleri, Rodop metamorfik kuşağın içerisinde yer almasına karşın Çamlıca eklojitlerinin doğrudan Rodop eklojitleri ile ilişkilendirilmesini problemlili hale getirmektedir.

Anahtar Sözcükler: eklojit/mavişist, YB metamorfizması, Çamlıca metamorfik topluluğu, Biga Yarımadası

Petrography, Tectonic Setting of High-Pressure Metabasite (Eclogite/Blueschist) Slices in the Çamlıca Metamorphics and Relationship with the Rhodope Massif, Biga Peninsula, Northwest Anatolia

Fırat Şengün, Erdiñç Yiğitbaş & İsmail Onur Tunç

*Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi,
Jeoloji Mühendisliği Bölümü, TR–17020 Çanakkale, Türkiye (E-mail: firatsengun@comu.edu.tr)*

High-pressure metamorphic rocks in Alpine orogenic system are widely common and very important for representing old subduction zones. The Çamlıca metamorphic association located on the northwestern part of the Biga Peninsula is represented by the Andıktaş formation experienced metamorphism at medium-pressure conditions consisting of metalava, metatuff and metapelite, the Dedetepe formation including garnet-mica schist, albite-epidote-chlorite schist, calcschist and marble, and the Salihler formation consisting of phyllite-marble intercalation, from bottom to top. Metabasites occur as tectonic slices within schist-marble intercalation of the Dedetepe formation, which are about 2 km long and 500 m wide. These metabasite tectonic slices chiefly compose of metachert, amphibolite, eclogite/blueschist and tremolite/actinolite schist and talc schist. The mineral assemblage in the eclogites consists predominantly of omphacite + garnet + epidote + quartz + glaucophane ± phengite ± rutile. However, blueschist retrograded from eclogites during late stage shear zones comprises garnet + glaucophane + epidote + chlorite ± phengite ± quartz ± sphene, which shows HP blueschist-facies metamorphism. These rocks are surrounded by quartz-rich schist including quartz + phengite + garnet + chlorite + piemontite. Alpine high-pressure metamorphic rocks are overprinted by retrograde metamorphism in greenschist facies with development of albite, chlorite, and tremolite/actinolite replacement around glaucophane. Greenschist facies metamorphism of eclogite/blueschist is controlled by the incoming of fluid phase into metamorphic rocks during exhumation.

From a tectonic setting point of view, when eclogite/blueschist within the Çamlıca metamorphics located on westernmost edge of the Biga Peninsula is regionally compared to eclogites within the Rhodope Massif outcropped on widespread regions in the north Aegean. Eclogite from the Rhodope Massif is high-temperature eclogites within medium-grade continental crust material defining tectonic setting of crustal thickening that is a product of continent-continent collision. On the other hand, eclogite/blueschist within the Çamlıca metamorphics is typically low-temperature eclogites defining subduction zone. Finally, eclogite/blueschist occurs as a tectonic slice within the Çamlıca metamorphics and, as previously thought, did not experience HP metamorphism with the Çamlıca metamorphics within the sequence of ordered passive continental margin. Though suchlike rocks occur in the Rhodope metamorphic belt, the Çamlıca metamorphics are questionable to evaluate directly as a part of the Rhodope Massif.

Key Words: eclogite/blueschist, HP metamorphism, Çamlıca metamorphics, Biga Peninsula

Güney Menderes, Batı Anadolu’da, Polimetamorfik Granat Gelişimine Ait Bulgular

Elizabeth J. Catlos¹, Courteney Baker², Sorena S. Sorensen³,
İbrahim Çemen² ve Mete Hançer⁴

¹ *The University of Texas at Austin, Jackson School of Geosciences, Geological Science Department,
University Station C1100, Austin, TX, 78712-0254, U.S.A (E-posta: ejcatlos@gmail.com)*

² *Oklahoma State University, School of Geology, 105 Noble Research Center, Stillwater,
OK 74078, U.S.A.*

³ *Smithsonian Institution Museum of Natural History, PO Box 37012, MRC 119,
Washington, DC, U.S.A.*

⁴ *Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 20017 Kınıklı, Denizli*

Menderes Masifi önemli bir Ege metamorfik çekirdek kompleksi olup, granata dayalı termobarometri bölgenin evrimine yönelik modelleri geliştirmek için sıkça kullanılmaktadır. Masif, bükülme, yüzeleme ve/veya gerilme yollarıyla birçok naplara ayrılmıştır. Çine napı büyük oranda metabazitlerle ardalanan amphibolite-granulit fasiyesindeki orto- ve para-gneyslardan oluşmaktadır. Çine ve Bozdağ napları terslenmiş bir metamorfik gradyan göstermektedir. Çine napındaki granat içeren toplulukların basınç-sıcaklık koşullarının 670–730 °C ve 6.2–6.3 kbar, Bozdağ kayaçlarının ise 480–540 °C ve 6.1–7.6 kbar olduğu başka bir çalışmada belirtilmiştir.

Bu çalışmada Güney Menderes Masifi’ndeki Çine napında bulunan granat içeren kayaçların Th-Pb iyon mikroprob monazit yaşları, X-ışını element haritaları, yüksek kontrastlı geri saçılmış elektron (BSE) ve kathod ışıldaması (CL) şekilleri sunulmaktadır. Çine napı kayaçlarından biri (grt + bt + ms + chl + pl + ilm + zr + qtz + mnz + aln + ap) çoklu-evre granat gelişimi göstermektedir. Bu kayaçtaki granatlar 3 değişik bölge gösteren büyük (mm ölçekli) yarışekilli tanelerden oluşmaktadır: (1) yüksek Y içerikli, kapanım-dolgu özşekilli çekirdekler (500–700 µm çapında), (2) çekirdekten birkaç yüz mikron öteye uzanan çeper-ortası alanlar, (3) kapanım içermeyen (10–100µm kalınlıkta) dış çeperler. Dış çeperler, granatların orta-çeper ve çekirdek bölgelerine göre BSE de daha açık görünmekte ve daha az kırık içermektedir. Granat kapanımları çoğunlukla qtz + ilm + ap ± zr’ dan oluşmaktadır. BSE görüntüleme kullanılarak ayrıca granatların dış çeperlerinden orta çeperlerine doğru uzanan, daha hafif materyalin izlerine rastlanmıştır ve bunlar muhtemelen gerileyen akışkanların geçiş yollarının kalıntılarını temsil etmektedir. Bu izler granatta mevcut kırıkları kesmekte ve sadece yüksek kontrastlı BSE görüntüleme ile farkedilebilmektedir. Buna ek olarak, CL teknikleri kullanılarak kayaçtaki plajyoklaz 3 bölgeye ayrılmıştır: kırmızı-kahverengi çekirdekler, mor ve açık mor orta çeperler, ve beyaz dış çeperler. Plajyoklaz taneleri arasında kalan sınırlar beyaz olarak seçilmektedir.

Çine napı kayaçları içerisindeki monazit taneleri, hidrotermal alterasyon ile uyumlu olarak, apatit ve/veya allanit ile reaksiyon göstermekte, ve lifsi dokudadır. Bu taneleri Th-Pb iyon mikroprob metodu ile ölçülmesine dair denemeler yapılmış, fakat yüksek orandaki olağan Pb (97–62%) anlamlı sonuçların çıkmasını engellemiştir. Buna karşılık, Çine kayaçlarından biri 501±18 Ma yaşında monazite kapanımlarına ve ortalama 42±5 Ma yaş veren matriks tanelerine sahip granatlar içermektedir.

Burada belirtilen granat içeren kayaçlardan elde edilen görüntüler ve monazit yaşları, Çine napının tek bir Barrovian-tipi metamorfizmadan etkilendiği ve Menderes Masifi’ndeki granatların tek bir zamanda oluştuğu düşüncesiyle çelişmektedir. Biz burada Çine ve Bozdağ napları arasındaki terslenmiş metamorfizmanın nedeninin çoklu evre metamorfizma geçiren birimlerin kümelenmesi olduğunu düşünmekteyiz.

Anahtar Sözcükler: Menderes Masifi, jeokronoloji, monazit, gerilme tektoniği, Türk Ege bölgesi

Evidence of Polymetamorphic Garnet Growth Within the Southern Menderes Massif, Western Turkey

Elizabeth J. Catlos¹, Courteney Baker², Sorena S. Sorensen³,
İbrahim Çemen² & Mete Hançer⁴

¹ *The University of Texas at Austin, Jackson School of Geosciences, Geological Science Department,
University Station C1100, Austin, TX, 78712-0254, U.S.A (E-mail: ejcatlos@gmail.com)*

² *Oklahoma State University, School of Geology, 105 Noble Research Center, Stillwater,
OK 74078, U.S.A.*

³ *Smithsonian Institution Museum of Natural History, PO Box 37012, MRC 119,
Washington, DC, U.S.A.*

⁴ *Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kınıklı,
TR–20017 Denizli, Türkiye*

The Menderes Massif is an important Aegean metamorphic core complex and garnet-based thermobarometry is often used to develop models for the evolution of the region. The massif has been subdivided into a series of nappes, exposed via warping, exhumation, and/or extension. The Çine nappe is largely comprised of amphibolite to granulite facies ortho- and paragneisses intercalated with metabasite. Underlying this nappe is the Bozdağ nappe, characterized by amphibolite-facies garnet-mica schists. The Çine and Bozdağ nappes show an inverted metamorphic gradient. Garnet-bearing assemblages in the Çine nappe have been reported elsewhere to record peak P-T conditions of 670–730 °C and 6.2–6.3 kbar, whereas Bozdağ rocks yield 480–540 °C and 6.1–7.6 kbar.

Here we present Th-Pb ion microprobe monazite ages, X-ray element maps, high-contrast backscattered electron (BSE) and cathodoluminescence (CL) images of garnet-bearing rocks of the Çine nappe located in the southern Menderes Massif. One Çine nappe rock (grt + bt + ms + chl + pl + ilm + zr + qtz + mnz + aln + ap) documents multiple stages of garnet growth. Garnets in the rock are large (mm-sized) subhedral grains that show 3 distinct regions: (1) inclusion-filled euhedral cores (500–700 µm in diameter) that are high in Y, (2) mid-rim areas that extend several hundred microns from the core and (3) inclusion-free (10–100 µm thick) outer rims. The outer rim areas are brighter in BSE and contain fewer cracks than the mid-rim and core regions of the garnets. Garnet inclusions are mainly qtz + ilm + ap ± zr. Using BSE imagery, we also identify tracks of lighter material that extend from the garnets' outer rims to mid-rims, and are likely remnants of pathways for regressive fluids. These tracks crosscut existing cracks in the garnet and are only visible using high-contrast BSE imaging. Using CL techniques, plagioclase in the rock also document three zones: red-brown cores, purple and light purple mid-rims, and white outer rims. Boundaries between the plagioclase grains are outlined in white.

Monazite grains in several Çine nappe rocks we collected are present in reaction with apatite and/or allanite, and have fibrous texture, consistent hydrothermal alteration. Attempts were made to date these grains using the Th-Pb ion microprobe method, but high amounts of common Pb (97–62%) precluded meaningful results. However, one Çine nappe rock contains garnets with inclusions of monazite that are 501±18 Ma and matrix grains that average 42±5 Ma.

Images and monazite ages from garnet-bearing rocks reported here challenge the view that the Çine nappe experienced a single Barrovian-type metamorphism and that garnets in the Menderes Massif formed during a single time. Inverted metamorphism between the Çine and Bozdağ nappes is likely more apparent than real, and we speculate that it is an outcome of the stacking of rock units that experienced multiple stages of metamorphism.

Key Words: Menderes Massif, geochronology, monazite, extension tectonics, Turkish Aegean region

Ağvanis (Gölova, Doğu Pontidler) Metamorfitlelerinin Jeolojik Evrimi: İlk Sonuçlar

Gültekin Topuz¹, Aral I. Okay¹, Rainer Altherr²,
Winfried H. Schwarz² ve Lütfi Altunkaynak³

¹ İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü, 34469 Maslak, İstanbul
(E-posta: topuzg@itu.edu.tr)

² Heidelberg Üniversitesi, Mineraloji Enstitüsü, Im Neuenheimer Feld 236, D-69120 Heidelberg
³ Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 61080 Trabzon

Ağvanis Massifi, GGD–KKB yönünde uzanan, ~20 km uzunluğunda, ~6 km genişliğinde kabaca dörtgen biçimli metamorfik bir kütle olup, paralel iki kenarı boyunca Kuzey Anadolu Fayına bağlı faylarla sınırlandırılmaktadır. Bu metamorfik kütle, Doğu Pontidler'in Liyas-öncesi temel birimlerinin bir parçası olarak görülmektedir. Bu çalışma, Ağvanis metamorfitlelerinin başkalaşım koşullarını ve yaşını ele almakta ve elde edilen verileri Doğu Pontidler'in Liyas öncesi jeodinamik gelişimi açısından tartışmaktadır.

Ağvanis metamorfitleleri, başlıca metabazit, fillit ve mermerden, tali oranda da metaçört ve serpantinitlelerden oluşmaktadır. Bu metamorfik kayalar, Erken Eosen (~52 Ma) yaşlı kuvars-diyorit, dasit-porfir ve yaşı bilinmeyen tonalit tarafından kesilmektedir. Bu kayaların yerleşimleri çevreleyen kayalarda, dokanak başkalaşımına neden olmuştur. Gerek sokulum kayaları gerekse dokanak başkalaşım halelerindeki kayalar, iyi gelişmiş yapraklanma sunmaktadır. Bu durum, Erken Eosen döneminde sokulumların yerleşimi sırasında ve sonrasında masifin tektonik gerilme altında olduğuna işaret etmektedir. İyi gelişmiş yapraklanmadan ötürü, sokulum kayalarının bazıları önceki çalışmalarda bölgesel metamorfitlelere dahil edilmiştir.

Metabazitler, hornblend/±aktinolit, albit, klorit, epidot, titanit, magnetit, kuvars ve ±biyotit içermektedir. Fillitler ise kuvars, muskovit, klorit, albit, ±granat, ilmenit, rutil, apatit, turmalin kapsar. Mineral parajenezleri, masifin yeşilist ve albit-epidot amfibolit fasiyesi koşullarında başkalaşımına uğramış olduğunu göstermektedir. Dokanak başkalaşımına maruz kalmış kayalarda, bolca biyotit ve plajiyoklas bileşimleri geniş aralıklarda (An₀₋₄₀) saçılma göstermektedir. Bölgesel başkalaşımın koşulları, granat-fengit termometresi ile ~500 °C ve basınç koşulları ise >6 kbar sınırlandırılmıştır.

Düşük dereceli metamorfizmanın yaşını belirlemek için, üç örnekten seçilen muskovitler üzerinde aşamalı ⁴⁰Ar/³⁹Ar yaş tayini yapılmıştır. Bu örneklerden ikisi ilk gazsızlaştırma adımından son gazsızlaştırma adımına kadar sürekli artan rahatsız edilmiş yaş tayfları sunmaktadır. En son gazsızlaştırma aşamasından elde edilen yaş değeri 197.3 ± 6 ve 207 ± 2 My (2σ)'dır. Üçüncü örnek, dokanak başkalaşımından bariz olarak etkilenmiş olup, hem muskovit ve biyotitlerden hata payları içinde uyuşan yaş değerleri (51 ± 1 & 50 ± 1 My, 2σ) elde edilmiştir. Bu yaş değerlerine göre, yeşilist-albit-epidot amfibolit fasiyesli başkalaşım, ~205 My (Geç Triyas) veya daha önce gerçekleşmiş olmalıdır. Ar-Ar yaş tayflarının rahatsız edilmesine neden olan olay ise Erken Eosen'de kuvars diyorit ve dasit porfirlerin yerleşimidir.

Ağvanis Masifi, kayaç birlikteliği, başkalaşım koşulları bakımından bir yığışım karmaşasına benzemekte olup, Batı Pontidler'deki Karakaya Karmaşası'nın Nilüfer Birimi ve Pulur Masifi'deki düşük-dereceli tektono-metamorfik birimle deneştirilebilir niteliktedir.

Anahtar Sözcükler: düşük dereceli metamorfizma, jeotermobarometri, ⁴⁰Ar/³⁹Ar mika yaşlandırması, jeodinamik evrim, Ağvanis (Gölova), Doğu Pontidler

Metamorphic evolution of the Ağvanis Massif (Gölova, Eastern Pontides): Preliminary Results

Gültekin Topuz¹, Aral I. Okay¹, Rainer Altherr²,
Winfried H. Schwarz² & Lütfi Altunkaynak³

¹ *İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü, Maslak,
TR–34469 İstanbul, Türkiye (E-mail: topuzg@itu.edu.tr)*

² *Heidelberg Üniversitesi, Mineraloji Enstitüsü, Im Neuenheimer Feld 236, D-69120 Heidelberg*

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

The Ağvanis Massif, is a SSE–NNW-trending lodzenge-shaped exposure, ~20 km long and ~6 km across, and is constrained by the subsidiary faults of the North Anatolian Fault. The massif is regarded as part of the pre-Liassic basement of the Eastern Pontides. This study deals with metamorphic conditions and age of the Ağvanis Massif, and discuss these date in terms of the geodynamic evolution of the pre-Liassic basement of the Eastern Pontides.

The Ağvanis metamorphics comprise predominantly metabasite, phyllite and marble, subordinately metachert and serpentinite. These metamorphic rocks were intruded by Early Eocene (~52 Ma) quartz diorite, dacite porphyre, and undated tonalite. The emplacement of these rocks led to the development of contact metamorphism in the country rocks. Both the contact metamorphic rocks and the intruding rocks display well-developed foliations, suggesting that the massif were under tectonic stress during the emplacement of the intrusions and thereafter. Due to the well-developed foliations, the intruding rocks were assigned to the regional metamorphism.

The metabasites comprise hornblende/±actinolite, albite, chlorite, epidote, titanite, ±magnetite, quartz and ±biotite. The phyllites contain quartz, muscovite, chlorite, albite, ±garnet, ilmenite, rutile, apatite and tourmaline. The mineral paragenesis suggests that the massif underwent greenschist-albite-epidote-amphibolite-facies metamorphism. In samples subjected to contact metamorphism, abundant biotite occur and plagioclases display large compositional scattering (An₀₋₄₀). Conditions of metamorphism are constrained as ~500 °C and >6 kbar.

In order to constrain the timing of the low-grade metamorphism, incremental ⁴⁰Ar/³⁹Ar dating were performed on three muscovite and one biotite separates from three samples. Two muscovite separates yielded a disturbed agespectra, steadily increasing age spectra from the first to the last degassing steps. The age values from the last degassing step are 197.3 ± 6 and 207 ± 2 Ma (2σ). The third sample is obviously affected from the contact-metamorphism, yielding consistent muscovite and biotite ages within the range of error (51 ± 1 & 50 ± 1 Ma, 2σ). Accordingly, greenschist to albite-epidote amphibolite facies metamorphism occurred at ~205 Ma (Late Triassic) or earlier. Event which led to the disturbance of Ar-Ar age spectra is emplacement of Early Eocene quartz-diorite and dacite porphyres.

The Ağvanis Massif resembles an accretionary complex in terms of rock assemblage and metamorphic conditions, and can be correlated with the Nilüfer unit of the Karakaya Complex in the western Pontides and low-grade tectonometamorphic unit in the Pulus Complex.

Key Words: low-grade metamorphism, geothermobarometry, ⁴⁰Ar/³⁹Ar mica dating, geodynamic evolution, Ağvanis (Gölova), Eastern Pontides

Kırşehir Masifi’ndeki Kaman Sıyırılma Fayı ve Makaslama Kinematığı, Orta Anadolu Kristalen Kompleksi, Türkiye

Côme Lefebvre, Reinoud Vissers ve Douwe Van Hinsbergen

*Utrecht University, Department of Earth Sciences, 3508 TA Utrecht,
The Netherlands (E-posta: come@geo.uu.nl)*

Orta Anadolu Kristalen Kompleksi’nin (OAKK) metamorfik kayalarının yüzeylenmesini sağlayan mekanizma günümüzde yoğun bir şekilde tartışılmaktadır. Komşu havzalardaki stratigrafik veriler Orta Anadolu metamorfitlelerinde Paleosen’den bu yana devan eden, tortullaşmayla eş yaşlı bir yüzeylenmeyi işaret eder. Oysa apatit fizyon izi verileri güney (Niğde: 8–30 °C/My, 9–12 My’a kadar) ve kuzey (Kırşehir-Akdağ: 3 °C/My 37–42 My’a kadar) masifler arasında belirgin bir mekanizma farklılığının mevcut olduğunu göstermektedir. Bu durum, yüzeylenmenin Niğde Masifi’nde sıyırılma fayları boyunca tektonik taşınma, Kırşehir-Akdağ Masifi’nde ise erozyonla gerçekleştiği şeklinde yorumlanmaktadır.

Burada kuzey Kırşehir Masifi’nin örtüsünden kurtulması sırasında gelişen ana yapılarla ilişkin veriler sunulmaktadır. Masifteki uzama lineasyonlarına dayalı olarak çekirdek ve kenar arasında belirgin bir ayırım yapılabilmektedir. Masif’in çekirdeğinde güneye doğru bir hareket gözlenirken batıda bu hareket BKB yönündedir.

Kaman yakınındaki güney sınırında, Kırşehir bloğuna ait, baskın olarak mermerlerden yapılmış üst amfibolit fasiyesindeki metasedimentler ana bir fay zonuyla üstte bulunan ve sadece düşük dereceli okyanus tabanı metamorfizmasından etkilenmiş Ankara Melanjına ait ofiyolitik kayalardan ayrılırlar. Baranadağ graniti yakınlarında, tabakalı ve çok iri kristalli mermerlerin gözlemlendiği bu dokanakta iyi gelişmiş, sünümlüden kırılma koşullarına doğru kesiksiz bir evrim gözlenmektedir. Deformasyonun lokalize olduğu, yaklaşık 200 m genişliğindeki bu zonda milonitler ve iri taneliden ince taneliye kadar değişen kataklazitler gözlenmektedir.

Kaman deformasyon zonunda küçük ölçekli tipik yapılar yaygın olarak gözlenmektedir. Protomilonitik mermerlerde oblik ikizlenmeler gösteren asimmetrik kalsit porfiroklastları bu yapılarla örnek verilebilir. Milonitik kayalardaki hareket verileri, üzerleyen kırılma yapıları ve dokanak boyunca üst kesimlere doğru metamorfizma koşullarındaki belirgin düşüş Kaman fay zonunun genişlemeli bir sıyırılmayı tanımladığını göstermektedir. Kırşehir Masifi’nin kuzeybatı kesimi bu sıyırılma boyunca, tavan bloğunu oluşturan ‘metamorfik olmayan’ ofiyolitlerin altından yüzeylenmiştir. Bu veriler kuzey OAKK da tektonik yüzeylenmenin önemli olduğunu göstermekte ve bu olayın basit bir erozyonun ürünü olmadığını belgelemektedir.

Anahtar Sözcükler: OAKK, Kırşehir Masifi, yüzeyleme, makaslama, sıyırılma fayı, kalsit mikroyapısı

Shearing Kinematics and Kaman Detachment Fault in the Kırşehir Massif, Central Anatolian Crystalline Complex, Turkey

Côme Lefebvre, Reinoud Vissers & Douwe Van Hinsbergen

*Utrecht University, Department of Earth Sciences, 3508 TA Utrecht,
The Netherlands (E-mail: come@geo.uu.nl)*

The mechanism allowing exhumation of the metamorphic rocks of the Central Anatolian Crystalline Complex (CACC) is currently subject to debate. Published stratigraphic records from neighbouring basins suggest synsedimentary unroofing of the Central Anatolian metamorphics since Paleocene times. However, apatite fission-track data show an important contrast between the southern (Niğde: 8–30 °C/Ma until 9–12 Ma) and northern massifs (Kırşehir and Akdağ: 3 °C/Ma until 37–42 Ma) explained by different mechanisms of exhumation: tectonic denudation via detachment faults in Niğde and erosion in Kırşehir and Akdağ.

Here we report major structures that developed during the unroofing of the northerly Kırşehir massif. From the stretching lineation pattern of the massif, a clear distinction can be made between the core and edges presenting top-to-S shearing in the core of the massif, and top-to-WNW direction of shear in the west.

At the western border, near Kaman, a major fault zone separates the upper amphibolite-facies, marble-dominated metasediments of the Kırşehir block from the overlying ophiolitic rocks of the Ankara Mélange only affected by low-grade ocean-floor metamorphism. This contact presents an evolution, from layered and very coarse-grained marbles near the Baranadağ granite, overprinted in a 200m wide localized zone along the contact by well-developed ductile-to-brittle structures including mylonites and coarse-then-fine cataclasites.

The Kaman deformation zone shows typical small-scale features such as protomylonitic marble inclosing asymmetric calcite porphyroclasts with dominant oblique twin sets. The sense of motion in the mylonitic rocks, the progressive overprint by brittle structures, and the marked decrease of the peak metamorphic conditions upward across the contact all indicate that the Kaman fault zone represents an extensional detachment. The northwestern part of the Kırşehir massif was exhumed along this detachment from underneath the ‘unmetamorphosed’ ophiolitic hanging wall. This stresses the importance of tectonic unroofing of the northern CACC and documents that exhumation was not simply the result of erosion.

Key Words: CACC, Kırşehir Massif, exhumation, shearing, detachment fault, calcite microstructure

Alanya Masifi'nin Tektonostratigrafisi ve Çoklu Metamorfik Evrimi

Mete Çetinkaplan¹, Osman Candan¹, Aral I. Okay², Roland Oberhänsli³,
O. Ersin Koralay¹ ve Hüseyin Kozlu⁴

¹ *Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,
Tınaztepe Kampusü, 35160 Buca, İzmir (E-posta: mete.cetinkaplan@deu.edu.tr)*

² *İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü, 34460 Maslak, İstanbul*

³ *Institut für Geowissenschaften, Universität Potsdam, Postfach 601553, Potsdam 14415, Germany*

⁴ *Çiğdem Mahallesi, 339 Sok. No: 17/22, 100. Yıl, 06530 Çankaya, Ankara*

Orta Toroslar'ın güneyinde yer alan Alanya Masifi, tektonik bir dokanakla Antalya Birliğini üzerler. Paleosen–Eosen yaşlı tortullar tarafından uyumsuz olarak örtülen Masif, kuzeyde Hadim Napı tarafından tektonik olarak üzerlenir. Masifin polimetamorfik evrimini ortaya çıkarmak amacıyla batıda Gündoğmuş, orta kesimde Alanya-Demirtaşlı ve doğuda Anamur kuzeyinde üç bölge çalışılmıştır. Gündoğmuş bölgesi tipik nap yığını yapısı sunar. Bu tektonik istif alttan üste doğru; (1) Üst Permiyen yaşlı mermerler, (2) Mavişist melanji, (3) Yeşilşist fasiyesindeki fillitçe baskın, ince karbonat ve kuvarsit düzeyleri içeren düzenli seri ve (4) Üst Permiyen yaşlı mermerlerden oluşmaktadır. Mavişist melanji glaukofan-fengit şist ve kalkıştitten oluşan matris içerisine gömülü yüksek-basınç blokları (epidot glaukofanit, omfasit epidotit, glaukofan-kuvars şist), neritik mermer ve serpantin bloklarından oluşur. Alanya-Demirtaşlı arasında kalan bölge naplı bir yapıya sahiptir. Tektonik olarak en altta Antalya Birliği yer alır. Bunun üzerinde sırasıyla Gökketir, Kargıcak, Sugözü ve Yumruadağ Naplarından oluşan Alanya Masifi gelir. Alanya Masifi'ne ait metamorfikler olasılı Bolcardağı Birliğine ait, Jura yaşlı dolomitlerden oluşan Kuşyuvası Napı tarafından üzerlenir. Gökketir Napı olasılı Triyas yaşlı mermer, şist ve kalkışt aralanmasından oluşur. Bunun üzerinde yeşilimsi-sarımsı renkli klorit şist, kirli sarı renkli kuvarsit ve kahverengi dolomit aralanmalı, kıvrımlı ve budinaj yapısı gösteren İnfakambriyen yaş konağında incelediğimiz Kargıcak Napı yer alır. Bu nap içerisinde kloritten granat zonuna kadar değişen ilerleyen orta-basınç metamorfizması gözlenir. Gökketir Napını tektonik olarak üzerleyen Sugözü Napı baskın olarak granat-glaukofan-fengit şistlerden yapıldır. Bunlar içerisinde yer alan eklojitlerde, granatlı glaukofanitlerden yeşilşist metabazitlerine doğru gelişen bir geri dönüşüm gözlenir. Yeşilşist fasiyesinde başkalaşıma uğramış olan Yumruadağ Napı; tabanda metaklastikler ve bunları geçişli bir dokanakla üzerleyen kalın katmanlı ve metaboksit içerikli Üst Permiyen platformuna ait dolomitik mermerlerden oluşmaktadır. Anamur'un kuzeyindeki üçüncü bölgede orta-basınç metamorfizmasının farklı koşullarında başkalaşıma uğramış, İnfakambriyen yaşlı üç tektonik dilim ayrılanmıştır. İstifsel olarak en altta düşük dereceli yeşilşist fasiyesi koşullarını tanımlayan fillit, kuvarsit ve dolomit ardışığından oluşan tektonik dilim yer alır. Bu dilim, orta-basınç metamorfizmasının üst-amfibolit fasiyesi koşullarını tanımlayan kayalar tarafından üzerlenir. Bu yüksek dereceli metamorfikler, sillimanit, disten, staurolit ve granat içeren şist yapısında olup, asidik / bazik bileşimli, damar karakterli meta-magmatik katkılar içerir. Alanya Masifine ait en üst tektonik dilim ise yine yeşilşist fasiyesindeki düşük-dereceli metamorfiklerden oluşmaktadır. Bölgede yer alan metamorfik kayalar Paleosen–Eosen yaşlı çakıltaşı, kumtaşı ve kireçtaşından yapıldı Anamur Formasyonu tarafından uyumsuz olarak üzerlenir. Aladağ Birliğine ait metamorfik olmayan Hadim Napı bölgedeki en üst tektonik dilimi oluşturur. Alanya Masifi'nin polimetamorfik evrimi içerisinde, Gündoğmuş melanjindeki mavişist metamorfizması, Sugözü Napı'nın mavişist-eklojit fasiyesi metamorfizması ve bunları üzerleyen yeşilşist fasiyesi koşullarındaki Barrow türü orta-basınç metamorfizması Neotetis Okyanusunun güney kolunun Geç Kretase–Erken Tersiyer (?) yaşlı yitim ve yüzeyleme süreçleriyle ilişkilidir. Buna karşın Anamur'un kuzeyindeki üst-amfibolit fasiyesindeki metamorfizma bu süreçten ayrı düşünülmelidir. Bu metamorfizma, Gondwana'nın Geç Proterozoik'teki evrimi ile bağlantılı Pan-Afrikan orojenezi ile ilişkilendirilebilir.

Anahtar sözcükler: Alanya Masifi, eklojit, mavişist, omfasit, glaukofan, fengit, Anamur

Tectonostratigraphy and Polimetamorphic Evolution of the Alanya Massif

Mete Çetinkaplan¹, Osman Candan¹, Aral I. Okay², Roland Oberhänsli³,
O. Ersin Koralay¹ & Hüseyin Kozlu⁴

¹ *Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,*

Tınaztepe Kampusü, Buca, TR–35160 İzmir, Türkiye (E-mail: mete.cetinkaplan@deu.edu.tr)

² *İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü, Maslak, TR–34460 İstanbul, Türkiye*

³ *Institut für Geowissenschaften, Universität Potsdam, Postfach 601553, Potsdam 14415, Germany*

⁴ *Çiğdem Mahallesi, 339 Sok. No: 17/22, 100. Yıl, Çankaya, TR–06530 Ankara, Türkiye*

The Alanya Massif tectonically overlies the Antalya Unit, south of the middle Tauride belt. The Massif which is unconformably covered by Paleocene–Eocene sediments is tectonically overlain by Hadim Nappe to the north. Three different areas have been studied, from west to east – Gündoğmuş, Alanya-Demirtaşlı and Anamur – to reveal the polimetamorphic evolution of the Alanya Massif. The Gündoğmuş area shows a typical nappe pile structure. This nappe pile is composed from bottom to top by (1) Upper Permian marbles, (2) a blueschist mélangé, (3) a coherent greenschist-facies series consisting of phyllites, carbonates and quartzite intercalations and (4) Upper Permian marbles. The blueschist mélangé is made up of high-pressure blocks (epidote glaucophanites, omphacite epidotites and glaucophane-quartz schists), neritic marbles and serpentinites embedded in a matrix of glaucophane-phengite schists and calcschists. A similar nappe structure is also observed in Alanya - Demirtaşlı area. The Alanya Massif which comprises the Gökketir, Kargıcak, Sugözü and Yumruadağ Nappes overlies the unmetamorphosed Antalya Unit. The Kuşyuvası Nappe comprising Jurassic dolomites similar to the Bolcardağ Unit rests tectonically over the metamorphic rocks of Alanya Massif. The Gökketir Nappe, probably Triassic in age, consists of schists, calcschists and marble intercalations. This nappe is overlain by the Infracambrian Kargıcak Nappe composed of strongly folded and boudinaged green-yellow chlorite schists, pale yellow quartzites and brown dolomite intercalations. In this nappe, a progressive medium-pressure metamorphism ranging from chlorite to garnet zones is observed. The Gökketir Nappe is tectonically overlain by the Sugözü Nappe which comprises dominantly garnet-glaucophane phengite schists with eclogite lenses. The Eclogites display a retrograde overprint from garnet glaucophanite to greenschist. The Yumruadağ Nappe is composed of greenschist metaclastics and transitionally overlying metabauxite-bearing Upper Permian platform-type dolomitic marbles. In a third area, north of Anamur, three Infracambrian tectonic slices with different P/T conditions of medium-pressure metamorphism were recognized. The lowermost tectonic slice consists of phyllites, quartzites and dolomite intercalations, which underwent low-grade greenschist facies metamorphism. It is overlain by Barrovian-type upper-amphibolite facies rocks. These high-grade rocks are dominated by mica schists with sillimanite, kyanite, staurolite and garnet which include acidic to basic meta-igneous rocks as boudinaged lenses and veins. The uppermost tectonic slice comprises low-grade, greenschist facies rocks. The metamorphic rocks of the Alanya Massif are unconformably covered by Paleocene–Eocene conglomerates, sandstones and limestones of the Anamur Formation. The non-metamorphic Hadim Nappe of the Aladağ Unit forms the uppermost tectonic slice of the region. The polimetamorphic evolution of the Alanya Massif with blueschist metamorphism in the Gündoğmuş mélangé, eclogite-blueschist facies metamorphism in the Sugözü Nappe and their Barrovian-type retrograde overprint under greenschist facies conditions can be attributed to subduction and exhumation processes of the southern branch of the Neotethys during Late Cretaceous–Early Tertiary (?) times. However, the upper-amphibolite facies metamorphism north of Anamur should be excluded from this process and should be ascribed to Pan-African orogeny related to the Late Proterozoic evolution of Gondwana.

Key Words: Alanya Massif, eclogite, blueschist, omphacite, glaucophane, phengite, Anamur

Anadolu'daki Mavişist Kuşaklarının İlişkisi

Roland Oberhänsli¹, Osman Candan², Mete Çetinkaplan², Cüneyt Akal²,
Amaury Pourteau¹, Romain Bousquet¹ ve Aral I. Okay³

¹ *Institut für Geowissenschaften, Universität Potsdam, Postfach 601553, Potsdam 14415, Germany
(E-posta: roob@geo.uni-potsdam.de)*

² *Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,
Tınaztepe Kampüsü, 35160 Buca, İzmir*

³ *İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü, 34460 Maslak, İstanbul*

Son on yılda Anadolu'da birçok mavişist oluşumu belirlenmiş ve bunların temel özellikleri ayrıntılı olarak ortaya konmuştur. Yitimle bağlantılı jeodinamik ortamların yorumlanması açısından bu mavişist bölgelerinin önemli olduğu konusunda genel bir kanı mevcut olmasına karşın bu kuşakların paleoçoğrafik açıdan tanımlanmasında henüz bir fikir birliği bulunmamaktadır.

Radyometrik ve petrolojik verilere dayalı olarak Tavşanlı mavişist zonunun 85–80 My da ve 24±3 kbar / 430±30 °C koşullarında metamorfizmaya uğradığı net olarak ortaya konulmuştur. Son zamanlarda ise Afyon Zonu'na ait mavişist metasedimentlerinin stratigrafik olarak 65–55 My aralığına sıkıştırılan, 8±2 kbar basınç ve 350±50 °C sıcaklık koşullarında başkalaşıma uğradığı belirlenmiştir. Günümüze değin bu zonlar Kırşehir bloğunun güneyi boyunca uzanan ikili bir yapı olarak değerlendirilmiştir. Henüz radyometrik olarak yaşlandırılmamış olmasına karşın, 8±2 kbar / 420±20 °C koşullarında metamorfizmaya uğramış Likya Napları ve Menderes Masifi'nin örtü serilerinde gözlenen, 12 kbar / 440 °C koşullarındaki başkalaşım da bu genel tektonik çatı içerisinde değerlendirilmelidir. Bunlara ek olarak Dilek Yarımadası'nda ve Samos'ta, Menderes Masifi'ni tektonik olarak üzerleyen ve Likya Napları tarafından üzerlenen Kikladik Kompleks'e ait mavişist kalıntıları gözlenmektedir. Eosen'de (40 My) 10±2 kbar / 450±20 °C koşullarında metamorfizmaya uğramış olan bu kayalar, Afyon-Tavşanlı mavişist çiftini Menderes Masifi'nin YB metasedimentlerinden ayıran bir tektonik dilim niteliğindedir. Birbirinden farklı yaş ve koşuldaki bu 5 mavişist kuşağının yanı sıra güneyde, Alanya mavişistleri Torid platformuna ait nap yığını tarafından tektonik olarak üzerlenmektedir. Bunlar, Batı ve Orta Anadolu'ya ait jeodinamik model içerisinde değerlendirilmesi gereken, güneye ait diğer bir kenet zonunu tanımlamaktadır.

Son zamanlarda Bitlis Kompleksi ve Ermenistan'da Doğu Anadolu'ya ait yeni mavişist kuşakları belirlenmiştir. Ermenistan'daki Amassa–Stepanovan kenetine ait 95–90 My yaşlı mavişistlerde 12±2 kbar basınç ve 550±30 °C sıcaklık koşulları tanımlanmıştır. Bunlar, Doğu Türkiye'den Batı İran'a kadar Tetis'in yitim evrimiyle ilişkili olarak yorumlanmaktadır. Fakat bunların Doğu ve Orta Anadolu'daki mavişistler ve kenet kuşaklarına ait kalıntılarla nasıl ilişkilendirilebileceği henüz tesbit edilememiştir. Bitlis kompleksindeki 73–75 My yaşlı mavişistler metabazit ve metasedimentlerinde 10±2 kbar basınç ve 370±30 °C sıcaklık koşulları belirlenmiştir. Bu koşullar Batı Anadolu'daki mavişist kuşaklarıyla bir korelasyon olasılığını güçlendirmektedir. Şu anda kesin bir korelasyon zor gözükse de Alanya kenetiyle bir korelasyon olasıdır.

Mavişist metasedimentleri Ege sahillerinden itibaren başlamakta, Afyon Zonu (Tavşanlı YB kuşağının güney kesimi) boyunca Orta Anadolu Kristalen Kompleksinin güney sınırı boyunca kenet zonunu izleyerek Doğu Anadolu'da Bünyan/Kayseri'ye ulaşmaktadır. Bu kenet zonunun İzmir-Ankara-Erzincan zonu veya Amanos-Elazığ-Van kuşağının eşleniği olmadığı düşünülmektedir.

Anahtar Sözcükler: Anadolu, YB metamorfizması, mavişist

The Anatolian Blueschist Belt Connection

Roland Oberhänsli¹, Osman Candan², Mete Çetinkaplan², Cüneyt Akal²,
Amaury Pourteau¹, Romain Bousquet¹ & Aral I. Okay³

¹ *Institut für Geowissenschaften, Universität Potsdam, Postfach 601553, Potsdam 14415, Germany
(E-mail: roob@geo.uni-potsdam.de)*

² *Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,
Tinaztepe Kampusü, Buca, TR–35160 İzmir, Türkiye*

³ *İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü, Maslak, TR–34460 İstanbul, Türkiye*

Over the past decade plentiful blueschist occurrences have been identified and described in detail throughout Anatolia. Although consensus on the significance of blueschist terrains regarding their subduction related geodynamic setting has been reached, a common view on palaeogeographic reconstructions is far from being achieved.

So far the relation of the well dated Tavşanlı blueschists with a metamorphic age of 85–80 Ma and P-T conditions around 24±3 kbar and 430±30 °C and the recently investigated blueschist metamorphic metasediments of the Afyon Zone at conditions of 8±2 kb at 350±50°C with stratigraphically constrained ages between 65–55 Ma is established as a dual structure along the southern margin of the Kırşehir block. The relation of the Lycian nappes, recording metamorphic conditions of 8±2 kbar at 420±20 °C, as well as the Menderes cover sequence with conditions around 12 kbar at 440 °C, both so far not dated have to be fitted into this pattern. Additionally the remnants of the Cycladic blueschists, showing blueschists recording conditions of 10±2 kbar at 450±20 °C and ages of 40 Ma on the Dilek Peninsula and Samos rest on top of the Menderes complex and lay below the Lycian nappes. They represent a tectonic slice separating the fore mentioned Tavşanlı-Afyon Blueschist ‘duplex’ from the HP relicts in the sediments of the Menderes complex. Far south of these 5 blueschist belts with varying ages and PT conditions the Alanya blueschist is tectonically overlain by the nappe stack of the Tauride platform. They document another southernly suture that has to be fit into a geodynamic model for Western and Central Anatolia.

In eastern Anatolia blueschist belts were recently reported from the Bitlis complex and Armenia. The blueschists of Amassa-Stepanovan suture in Armenia record 12±2 kbar at 550±30 °C and show metamorphic ages of 95–90 Ma. They are interpreted as to link the Tethys subduction history from E-Turkey to W-Iran. How they relate to the blueschists and the remnants of suture zones in eastern and central Anatolia is yet to be established. The blueschists and blueschist facies metasediments of the Bitlis complex record 10±2 kb at 370±30 °C with a metamorphic age of 73–75 Ma. These conditions might encourage a correlation with the blueschist belts from western Anatolia. At present a straight forward correlation seems difficult, however, a correlation with the Alanya suture seems appealing.

Blueschist facies metasediments have been observed from the Aegean coast through the Afyon Zone (S of the Tavşanlı HP belt) and along the southern margin of the Central Anatolian Crystalline Complex to Bünyan/Kayseri in eastern Anatolia typically tracing a suture, which only recently has been described. We show that this suture is neither an equivalent of the İzmir-Ankara-Erzincan Zone nor of the Amanos-Elazığ-Van Belt.

Key Words: Anatolia, HP metamorphism, blueschist

Sıkışmalı Bir Dağ Kuşağında Farklı Zamanlı Başkalaşım ve Yüzeyleme: Istranca Masifi, KB Türkiye

Gürsel Sunal^{1,2}, Muharrem Satır¹, Boris A. Natal'in²,
Gültekin Topuz³ ve Oliver Vonderschmidt¹

¹ *Universität Tübingen, Institut für Geowissenschaften, Wilhelmstrasse 56,
D-72074 Tübingen, Germany (E-posta: gsunal@itu.edu.tr)*

² *İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 34469 Maslak, İstanbul*

³ *İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü, 34469 Maslak, İstanbul*

Istranca Masifi'nin güney kısmı birbirlerinden başkalaşım öncesi bir uyumsuzlukla ayrılan, çeşitli gnays, mikaşist ve nadir olarak da amfibolitleri içeren bir temel ve metakonglomera ve metakumtaşlarından oluşan bir örtüden oluşmaktadır. Bu çalışmanın amacı, Istranca Masifi'nin bu kesiminin tektonik sitali, başkalaşım koşullarının ve zamanının belirlemektir.

Triyas öncesi temele ait amfibolit ve ortognayslar epidot-amfibolit-fasiyesi koşullarını gösteren mineral parajenezleri 'plajiyoklas (An₁₇₋₃₅) + epidot ± hornblend ± kuvars' içermektedir. Buna karşılık, kuzeyde Triyas örtüsüne ait örneklerde ise 'biotit + muskovit + K-feldispat + albit + kuvars + kalsit' parajenezini içermekte, bu ise peristerit boşluğun kuzeyde aşılmadığını göstermektedir: Başkalaşım derecesi güneyde epidot-amfibolit fasiyesinden kuzeyde albit-epidot amfibolit veya yeşilist fasiyesine kadar düşmektedir. Basınç-sıcaklık koşulları, epidot-amfibolit fasiyesine ait bölümde 485–530 °C ve 0.60–0.80 GPa olarak belirlenmiştir. Kuzeyde ise koşulların biraz daha düşük olduğu tahmin edilmektedir.

Istranca Masifi'nin temel birimleri çeşitli kalınlıklarda ve yapraklanmaya paralel bir çok sünek makaslama zonu içerir. Ayrıca başkalaşımın geç aşamalarını temsil eden kırılğan deformasyon zonları da gelişmiştir. Sabit güneye eğimli yapraklanma ve güneybatıdan güneydoğuya dalımlı çekme çizgisellikleri, kuzey yönelimli makaslama ve kuzey verjanslı sünek ve kırılğan makaslama zonları gibi yapısal unsurlar, kuzey yönlü sıkışmalı bir deformasyonu ve eşlik eden yükselmeyi işaret etmektedirler.

Başkalaşım yaşını ve soğuma koşullarını sınırlandırmak için tüm çalışma alanına yayılmış 21 örnek üzerinde Rb-Sr muskovit ve biyotit yaşlandırması yapılmıştır. Muskovit Rb-Sr yaşları güneyden kuzeye doğru 162 My'dan 142 My'a sistematik olarak azalır. Çalışma alanının en kuzeyinde ise beklenmedik derecede eski yaşlar (279–296 My) elde edilmiştir. Biyotit Rb-Sr yaşlarında güneyde 153 My dan kuzeyde 134 My yıla sistematik olarak düşmektedir. Bu yaşlar ve elde edilen sıcaklık değerleri, hem başkalaşım hem de yükselmenin farklı zamanlı olduğuna işaret etmektedir. Bununla birlikte çalışma alanının en kuzeyinde başkalaşım esnasında Rb-Sr muskovit yaşları sıfırlanmamışlardır.

Elde edilen veriler, başkalaşım ve satha çıkışın, bütün Istranca Masifinde eş-zamanlı olmadığını göstermiştir. Bu farklı zamanlı başkalaşım ve takip eden yükselme tarafımızdan kuzeye ilerleyen ve kuzey verjanslı bir bindirme dilimiyle ilişkilendirilmiştir. Istranca Masifi'ndeki sıkışmalı olaylar büyük ihtimalle güneyde yer alan Rodop Masifinde gelişmiş eş zamanlı ve kuzey verjanslı dalma batma / çarpışma sistemiyle ilişkilidir.

Anahtar Sözcükler: P-T belirlemesi, Rb-Sr yaşlandırması, ayrık zamanlı başkalaşım ve soğuma, sıkışmalı yükselme, Istranca Masifi

Diachronous Metamorphism and Exhumation in a Contractional Orogen: The Strandja Massif, NW Turkey

Gürsel Sunal^{1,2}, Muharrem Satır¹, Boris A. Natal'in²,
Gültekin Topuz³ & Oliver Vonderschmidt¹

¹ *Universität Tübingen, Institut für Geowissenschaften, Wilhelmstrasse 56,
D-72074 Tübingen, Germany (E-mail: gsunal@itu.edu.tr)*

² *Istanbul Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Maslak, TR–34469 İstanbul, Türkiye*

³ *Istanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü, Maslak, TR–34469 İstanbul, Türkiye*

The southern part of the Strandja Massif comprises a basement of various gneisses, mica schists and rare amphibolite, and a cover of metaconglomerate and metasandstone, separated from each other by a pre-metamorphic unconformity. The purpose of this study is to determine tectonic style, metamorphic conditions and age of the metamorphism.

The metamorphic mineral assemblages in the amphibolites and orthogneisses (pre-Triassic basement) are characterized by the stable coexistence of ‘plagioclase (An_{17–35}) + epidote ± hornblende ± quartz’, suggestive of epidote-amphibolite-facies conditions. However, the metasandstone sample (Triassic cover) comprises the mineral assemblage ‘biotite + muscovite + K-feldspar + albite + quartz + calcite’, suggesting that the peristerite gap was not crossed. Metamorphic grade decreases from the epidote-amphibolite facies in the south to the albite-epidote amphibolite or greenschist-facies in the north. Estimated *P-T* conditions are 485–530 °C and 0.60–0.80 GPa in the epidote-amphibolite facies domain, and slightly lower in transitional domain.

The basement units of the Strandja Massif comprise number of ductile shear zones of various thicknesses parallel to the main foliation. Furthermore brittle shear zones developed in the later stages of the metamorphism. Structural features such as (i) consistent south-dipping foliation and southwest to southeast-plunging stretching lineation, (ii) top to north shear sense, and (iii) north-vergent ductile shear zones and brittle thrusts suggest a north-vergent compressional deformation coupled with exhumation.

To constrain the timing and cooling of low to medium-grade metamorphism, Rb-Sr biotite and muscovite-whole rock dating were performed on 21 samples distributed over the whole area. Rb-Sr muscovite ages decrease systematically northwards from 162 to 142 Ma, and are extraordinarily old (279–296 Ma) in the northernmost part. The Rb-Sr biotite ages also decrease systematically from 153 Ma in the south to 134 in the north. These age values in conjunction with the attained temperatures suggest that both the metamorphism and exhumation occurred diachronously. Furthermore Rb-Sr muscovite ages were not reset during the metamorphism in the northernmost part.

Obtained data have shown that metamorphism and exhumation in the entire Strandja Massif occurred diachronously. We tentatively ascribe this diachronous metamorphism and following exhumation to the northward propagation of a thrust slice. The compressional events in the Strandja Massif were most probably related to the coeval north-vergent subduction/collision system in the southerly lying Rhodope Massif.

Key Words: P-T estimates, Rb-Sr dating, diachronous metamorphism and cooling, compressional exhumation, Strandja Massif, Turkey

Afyon Zonu'nun Stratigrafisi ve Alpin Metamorfizması

Osman Candan¹, Roland Oberhänsli², Cüneyt Akal¹, O. Ersin Koralay¹,
Amaury Pourteau² ve Mete Çetinkaplan¹

¹ Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü,
Tınaztepe Kampusü, 35160 Buca, İzmir (E-posta: osman.candan@deu.edu.tr)

² Institut für Geowissenschaften, Universität Potsdam, Postfach 601553, Potsdam 14415, Germany

Türkiye'nin genel tektonik çatısı içerisinde İzmir-Ankara-Erzincan Kenet Zonu'nun güneyinde kalan kesim 'Anatolidler'e ait YB/DS metamorfizması zonları' ve 'Toridler' olmak üzere iki üniteye ayrılmaktadır. Anatolidler'e ait olan ve Tavşanlı Zonu ile Menderes Masifi arasında sıkışmış olan Afyon Zonu, Batı Anadolu'da Simav'dan başlayarak Kırşehir bloğunun güney ve doğusundan İç Anadolu'da Kayseri'ye kadar 600 km den fazla kesiksiz olarak izlenebilen bir kuşak oluşturmaktadır. Afyon Zonu sade bir stratigrafiye sahip olup 'Mesozoik öncesi temel' ve onu uyumsuz olarak üzerleyen 'Triyas-Erken Tersiyer örtü serileri'nden yapıldır. Bu zonda üç farklı karakterde temel tanımlanmıştır. Simav bölgesinde düşük dereceli metakırıntılılar ve onlar içerisine sokulmuş çok sayıda Alt Devoniyen granitinden yapıldır bir Devoniyen öncesi temel gözlenmektedir. Afyon çevresinde ise temel, glaukofan içeren metagabro ve ender olarak olası Triyas yaşlı lökokratik metagranitler tarafından kesilen, Pan-Afrikan yaşlı orta-yüksek (?) dereceli metapelitlerden yapıldır. Konya yöresindeki temel, birbirinden bir uyumsuzlukla ayrılan, (i) Siluriyen-Alt Karbonifer yaşlı, kalın mermerler ve bunu uyumlu olarak üzerleyen, karbonat ve metavolkanit blokları içeren meta-silisiklastik tortullardan yapıldır düzenli seri ve (ii) Erken Permiyen yaşlı, dom, lav ve kırıntılı fasiyeslere sahip meta-trakiandezitlerden yapıldır iki üniteden oluşmaktadır. Buna karşın örtü serileri Afyon Zonu'nun genelinde özdeş bir stratigrafi sunmaktadır. Bunlar tabanda, Gondvana'nın kuzey kenarında açılan Neotetis Okyanusu'nun kuzey kolunun riftleşme evresini tanımlayan Alt-Orta Triyas yaşlı taban metakonglomeraları ve/veya riyolitik-dasidik metavolkanitlerle başlamaktadır. Bu konglomeralar karasal-sığ denizel ortamı tanımlayan kuvarsit, kuvars fillit, fillit ve mermer ardalanması tarafından dereceli olarak üzerlenmektedir. Bu kırıntılılar uyumlu bir dokanakla paleontolojik olarak Anisiyen-Erken Kretase aralığında yaşlandırılmış, 2000 m kalınlığındaki platform türü karbonatlar tarafından üzerlenmektedir. Karbonatlar, ofiyolit üzerlemesi ve platformun çökmesini ifade eden, 'rozetli mermer' olarak tanımlanan çört düzeyli pelajik mermerlere geçmektedir. Pelajik mermerler üzerine, ofiyolit, serpantin, mavişist metabazit, pelajik ve neritik karbonat blokları içeren, Geç Maastrichtiyen-Erken Paleosen yaşlı, filiş türü kumtaşı-şeyl ardalanması gelmektedir. Tüm birimler Geç Paleosen-Eosen yaşlı, metamorfik olmayan karasal-sığ denizel tortullar tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir.

Afyon Zonu'nun Kütahya'dan Kayseri'ye kadar uzanan kesimlerinde, Alt Triyas yaşlı kırıntılı metasedimentler içerisinde bölgesel ölçekte Fe-Mg karfolit oluşumu belirlenmiştir. Bunlara ek olarak rozetli mermerler içerisinde aragonitten dönüşme lifsi karbonat kristallerinin varlığı ve metavolkanit / metagabrolarda glaukofan gelişimi Alpin yaşlı düşük dereceli bir YB/DS metamorfizmasını tanımlamaktadır. Yaklaşık 350±50 °C/8–10 kbar koşullarını ifade eden bu topluluklar, Mesozoik pasif kıta kenarı çökellerinin Mesozoik öncesi temelle birlikte yaklaşık 35 km derinliğe gömüldüğünü göstermektedir. Anatolidler'e ait tektonik zonlarda, genel stratigrafik özellikler açısından Anatolit-Torid platformunun Triyas-Geç Kretase evrimi ile ilişkili büyük benzerlikler mevcuttur. Son zamanlarda bu zonlar içerisinde genelde karfolitin varlığı ile tanımlanan yaygın YB/DS metamorfizması verileri elde edilmeye başlanmıştır. Jeolojik, petrolojik ve jeokronolojik veriler, bu zonların Geç Kretase-Eosen tektonometamorfik evrimlerinin Neotetis Okyanusu'nun kuzey kolunun tüketilmesi sırasında gerçekleşen yitim, ofiyolit üzerlemesi, platformun iç ekaylanması ve kıtasal çarpışma süreci ile ilişkilendirilebileceğini göstermektedir.

Anahtar Sözcükler: Afyon zonu, YB metamorfizması, karfolit, Anatolidler

Stratigraphy and Alpine Metamorphism of the Afyon Zone

Osman Candan¹, Roland Oberhänsli², Cüneyt Akal¹, O. Ersin Koralay¹,
Amaury Pourteau² & Mete Çetinkaplan¹

¹ *Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü,
Tınaztepe Kampusü, Buca, TR–35160 İzmir, Türkiye (E-mail: osman.candan@deu.edu.tr)*

² *Institut für Geowissenschaften, Universität Potsdam, Postfach 601553, Potsdam 14415, Germany*

In the general tectonic framework of Turkey, the southern part of the İzmir-Ankara-Erzincan suture is divided into ‘HP / LT tectonic zones of the Anatolides’ and ‘Taurides’. The Afyon Zone, one of the tectonic zones of the Anatolides, sandwiched between Tavşanlı Zone and Menderes Massif can be traced as a continuous belt from Simav in western Anatolia to Kayseri in central Anatolia, south and east of the Kırşehir block for more than 600 km. The Afyon Zone shows a simple stratigraphy composed of a ‘pre-Mesozoic basement’ and unconformably overlying ‘Triassic to Early Tertiary cover series’. Three different types of basement have been recognized. A Pre-Devonian basement in Simav area is dominated by low-grade metaclastics which are intruded by numerous Lower Devonian metagranites. In the Afyon area, the basement is characterized by medium to high (?) -grade Pan-African metapelites intruded by glaucophane-bearing gabbros and very rarely Triassic (?) leucocratic metagranites. In Konya, the basement is made up of two units separated by an unconformity; (i) A Silurian–Lower Carboniferous coherent sequence consisting of thick marbles and conformably overlying meta-siliciclastic sediments with carbonate and volcanic blocks and (ii) Lower Permian meta-trachyandesites as domes, veins, lavas and pyroclastics. However the cover sequence displays an identical stratigraphy throughout the Afyon Zone and starts with Lower to Middle Triassic basal metaconglomerates and/or rhyolitic to dacitic metavolcanics representing the rifting stage of the northern branch of Neotethys on the northern margin of Gondwana. These metaconglomerates are gradually overlain by quartzite, quartz-phyllites, phyllites and marbles indicating a continental to shallow-marine environment. This clastic sequence is conformably overlain by 2000-m-thick platform-type metacarbonates dated paleontologically between Anisian and Early Maastrichtian. The platform-type carbonates pass gradually into rosette-type pelagic marbles with chert layers representing obduction of the ophiolites and foundering of the platform. The pelagic marbles are overlain by Upper Maastrichtian–Lower Paleocene flysch-type mudstone-sandstone intercalation with pelagic and neritic limestone blocks, blueschist metabasites, ophiolites and serpentinites. Non-metamorphic Upper Paleocene–Lower Eocene continental to shallow-water sediments unconformably cover all the units.

Regional occurrence of Fe-Mg carpholite in the Afyon Zone from Kütahya via Konya to Kayseri is recognized in the Lower Triassic clastic metasediments of the cover series. Furthermore, fibrous carbonate crystals pseudomorphosed after aragonite in rosette marbles and glaucophane in metavolcanites and metagabbros indicate an Alpine low-grade, high-P/low-T metamorphism. These assemblages represent temperature of about 350±50 °C and minimum pressure of 8–10 kbar, corresponding to a burial depth of about 35 km for the Mesozoic passive continental margin sediments and the underlying pre-Mesozoic basement units. There are close resemblances on the general stratigraphical characteristics among the tectonic zones of the Anatolides which can be ascribed to the Triassic–Late Cretaceous evolution of the Anatolide-Tauride platform. Recently, common HP evidence characterized by carpholite occurrences has been found out in these zones. Considering geological, petrological and geochronological evidence, the Late Cretaceous–Eocene tectonometamorphic evolution of these zones can be attributed to continuous processes of subduction, obduction, internal imbrication of the platform and continental collision during consumption of the northern branch of the Neotethys.

Key Words: Afyon zone, HP metamorphism, carpholite, Anatolides

Anatolid–Torid Bloğu İçerisindeki YB–DS Metamorfizması Kuşağı: İç Toros Yitim Zonuna İlişkin Veriler

Amaury Pourteau¹, Osman Candan² ve Roland Oberhänsli¹

¹ *Universität Potsdam, Institut für Geowissenschaften, Potsdam, DE14476 Golm, Germany
(E-posta: pourteau@geo-uni.potsdam.de)*

² *Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,
Tınaztepe Kampüsü, 35160 Buca, İzmir*

Batı ve Orta Türkiye’de Mesozoyik ve Tersiyer boyunca Tetis’e ait okyanusal alanın tüketilmesi süreci, birçok okyanusal havzanın kapanması ve bunlar arasındaki kıtasal blokların birbirine eklenmesi ile gerçekleşmiştir. Bu olayların Alpin (Kretase–Tersiyer) tarihçesi, Batı Türkiye’nin tektonik yapısı ile yakından ilişkilidir. Türkiye mikro kıtası; (a) Paleo-Tetis’in Kimmeriyen’de (Geç Triyas) kapanmasıyla bir araya gelen Pontid bloğu, (b) Geç Kretase–Paleosen’de kısmen YB-DS koşullarında metamorfizmaya uğramış Anatolid-Torid bloğu, (c) Geç Kretase yaşlı yüksek dereceli metamorfizma ve onlara eşlik eden sokulumlardan yapıları Orta Anadolu Kristalen Kompleksi ve (d) Alanya naplarından yapılarıdır. Genelde kabul gören bu yapıya karşın söz konusu tektonik ünitelerin imbrikasyon mekanizmaları hala tartışma konusudur. Var oldukları düşünülen okyanusların özellikle sayıları ve konumları günümüzde yaygın bir şekilde sorgulanmaktadır. Özellikle Orta Anadolu’da, Anatolid-Torid bloğu ile Orta Anadolu Kristalen Kompleksi arasında Neo-Tetis’e ait böyle bir okyanusun bulunma olasılığı uzun süreden beri tartışılmaktadır.

Anatolid-Torid Bloğu’nun sedimanter örtüsünde gerçekleştirilen son çalışmalar yitimle ilişkili Alpin yaşlı YB-DS metamorfizmasının sadece en kuzeydeki Tavşanlı Zonu ile sınırlı kalmadığını, aksine bütün tektonik zonlarda (Tavşanlı Zonu, Afyon Zonu, Menderes Masifi ve Likya Napları) yaygın bir şekilde gözlemlendiğini ortaya koymuştur. Tetis’e ait YB-DS metasedimentlerindeki bu yeni bulgular nedeniyle söz konusu zonların Alpin evrimleri tekrar güncellik kazanmıştır. Afyon Zonu’nun orta kesiminde, Orta Triyas metapelitleri ve metakonglomeraları yaygın bir şekilde Fe-Mg karfolitin varlığı ile tanımlanan YB-DS toplulukları içermektedir. Bu topluluklar 6–9 kbar basınç ve yaklaşık 350 °C sıcaklık koşullarını tanımlamaktadır. Metamorfizmanın yaşı ise stratigrafik olarak 65–55 My arasına sıkışmakta olup Tavşanlı Zonu’nun metamorfizmasından (85–80 My) büyük farklılık sunmaktadır.

Yeni gözlemler, Afyon Zonu’nda karfolit içeren kayaların batıda Kütahya’dan başlayarak Konya ve Yahyalı üzerinden doğuda Kayseri’ye kadar kesiksiz bir uzanım sunduğunu göstermektedir. Bu durum söz konusu YB-DS metamorfizması kuşağının Batı Anadolu’da Menderes Masifi’nin kuzeyinden geçerek doğuda Orta Anadolu Kristalen Kompleksi’nin güneyi ve doğusu boyunca uzandığını ortaya koymaktadır. Bu yeni bulgular Van Der Kaaden (1966) tarafından belirtilen glaukofan ve/veya lavsonit içeren bazı kayaların söz konusu bu YB-DS metamorfizması ile ilişkilendirilebileceğini göstermektedir. Bu bağlamda, Geç Kretase’den Eosen’e kadar uzanan zaman diliminde, Orta Anadolu Kristalen Kompleksi ile Anatolid-Torid Bloğu arasında uzandığı düşünülen, Neo-Tetis Okyanusu’na ait İç Toros Okyanusu’nun tüketilmesi yaklaşık 600 km boyunca takip edilebilen bir yığılım kamasının gelişimine neden olmuştur. Öte yandan, Güneybatı Türkiye’de, diğer bir YB-DS metamorfizması kuşağı olan Likya Napları’nın Menderes Masifi’nin kuzeyinden güneye doğru ilerleyerek Torid Platformu üzerine yerleştiği konusunda genel bir görüş mevcuttur. Afyon Zonu ile Likya Napları’nın bu farklı tektonik konumları, söz konusu YB metamorfizması kayalarının birbirleriyle olan ilişkilerinin ve yüzeyleme mekanizmalarının tekrar sorgulanmasını gerektirmektedir.

Anahtar Sözcükler: Neotetis diyarı, batı-orta Türkiye, Afyon zonu, YB-DS metapelitleri, yığılım kaması

Continuous HP-LT Metamorphic Belt in the Anatolide-Tauride Block: Proofs for an Inner Tauride Subduction Zone

Amaury Pourteau¹, Osman Candan² & Roland Oberhänsli¹

¹ *Universität Potsdam, Institut für Geowissenschaften, Potsdam, DE14476 Golm, Germany
(E-mail: pourteau@geo-uni.potsdam.de)*

² *Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,
Tinaztepe Kampusü, Buca, TR–35160 İzmir, Türkiye*

In Western and Central Turkey throughout Mesozoic and Tertiary times, the closure of the Tethys oceanic realm took place through the consumption of oceanic basins and accretion of continental blocks. Regarding its Alpine (i.e. Cretaceous–Tertiary) history, the tectonic framework of W-Turkey is rather clear. The following blocks build up the Turkish microplate: (a) Pontide Block, assembled during the Cimmerian (late Triassic) closure of the Palaeo-Tethys; (b) the Anatolide-Tauride Block, partly metamorphosed under HP-LT conditions in Late Cretaceous to Palaeocene times; (c) the Central Anatolian Crystalline Complex, made up of Late Cretaceous high grade metamorphics and intrusions; and (d) the Alanya Nappes. The ways of imbrication of these tectonic units, however, are often matter of debate. Particularly, the number and position of former oceans is questioned. This is the case in Central Turkey where the presence of a Neo-Tethyan ocean between Central Anatolian Crystalline Complex and Anatolide-Tauride Block is very controversial.

Recent studies in sedimentary cover of the Anatolide-Tauride Block show that Alpine subduction-related HP-LT metamorphism is not restricted to the northernmost Tavşanlı Zone, but is widespread in all the tectonic units (Tavşanlı Zone, Afyon Zone, Menderes Massif and Lycian Nappes). The widespread occurrence of HP-LT tethyan metasediments sparks the debate on the Alpine evolution of this area. In the central part of the Afyon Zone, Lower Triassic metapelites and metaconglomerates contain Fe,Mg-carpholite, and their pressure conditions are estimated at between 6 and 9 kbar for temperature around 350 °C. Metamorphic age is stratigraphically constrained between 65 and 55 Ma that strongly differs from the Tavşanlı Zone (85–80 Ma).

New observations indicate that these carpholite-bearing rocks of the Afyon Zone are present from Kütahya via Konya and Yahyalı to Kayseri, depicting a long HP-LT tectonic unit running from north to the Menderes Massif to south and east to the Central Anatolian Crystalline Complex. It is noteworthy that some of these HP-LT metamorphism occurrences are closely related to glaucophane- and/or lawsonite-bearing rocks already reported by Van Der Kaaden (1966). Therefore, from Late Cretaceous to Eocene, the consumption of a Neo-Tethyan Inner Tauride ocean between Anatolide-Tauride Block and Central Anatolian Crystalline Complex has formed a coherent accretionary wedge over 600 km. Besides, in Southwestern Turkey, the HP-LT Lycian Nappes emplaced by overthrusting from north of the Menderes Massif onto the Tauride Platform. Contrasting tectonic settings between Afyon Zone and Lycian Nappes raise major questions about their relation together and about the exhumation processes of the HP rocks in each area.

Key Words: Neo-Tethys realm, western-central Turkey, Afyon Zone, HP-LT metapelites, accretionary wedge

Yoncayolu Metamorfitleleri'nin (Üzümlü-Erzincan) Mineralojisi, Jeokimyası ve Kökeni: Yeşilşist Fasiyesinin Metamorfizma Özellikleri

Mehmet Ali Gücer¹ ve Zafer Aslan²

¹ *Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 29000 Gümüşhane (E-posta: maligucer@gmail.com)*

² *Balıkesir Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 10145 Balıkesir*

Ankara-Erzincan Sütur Zonunda bulunan, düşük-çok düşük dereceli yeşilşist fasiyesinde bölgesel metamorfizma özellikleri sergileyen Permo–Triyas yaşlı Yoncayolu Metamorfitleleri alanın temelini oluşturmaktadır. Arduvaz, fillat, yeşilşist, metadasit, metabazik, metagranit, kalkşist ve kuvarsit türü kayalardan oluşan birim, Refahiye Ofiyoliti tarafından tektonik olarak örtülmektedir. Taban kısımlarını daha çok yeşilşistlerin oluşturduğu metamorfik istif, üste doğru sırasıyla metabazik, metagranit ve kalk-şistler şeklinde devam etmektedir. Yeşilşistlerin mineral parajenezini serizit + klorit + kuvars + kalsit + albit + epidot + illit/muskovit, metabazik kayaların mineral birlikteliğini ise kuvars + klorit + albit + hornblend + epidot + tremolit oluşturmaktadır. Kloritlerin Al-Mg-Fe üçgen sınıflama diyagramında örneklerin tamamı I. tip Mg'ca zengin alana düşmekte olup, metapelitlerde ripidolit, metabaziklerde ise piknoklorit bileşimindedir. Klinopiroksenlerin ayrışması sonucu oluşan amfiboller ferromagnezyo-hornblend bileşiminde iken, yeşilşistlerde bulunan plajiyoklaslar ise metamorfizmanın etkisi ile tamamen albite (An_{0.1-3}) dönüşmüştür.

Yoncayolu Metamorfitleleri çoğunlukla düşük, yer yer ise orta K'lu kalk-alkalen özelliğindedir. Jeokimyasal olarak okyanusal adayayı bazaltları ile volkanik yay bazaltları bileşiminde ve dağılımları okyanus ortası sırtı bazaltlarına benzemektedir. Birimin üst kesimlerinde bulunan metagranitler ise granodiyorit/tonalit bileşimli granitlerden türemiş olup, metalümin karakterli ve I tipi özelliktedir. Tektonik olarak ise volkanik yay granitoidlerini temsil eder. Birim genellikle magmatik, yer yer ise sedimanter kökenli olup, volkano-tortul bir kökene işaret etmektedir.

Metapelitlerde ölçülen İllit Kristalinite değerleri (IC) $\Delta^{\circ}2\theta = 0.124-0.238$, Klorit Kristalinite değerleri (ChC) $\Delta^{\circ}2\theta = 0.146-0.298$ ve Árkai İndeksi değerleri (ÁI) $0.229-0.345$ arasında değişmekte olup, KI-ÁI ve IC-ChC arasındaki pozitif bir korelasyon ($R^2 = 0.65$) gözlenmektedir. Örneklerin tamamı epizonal metamorfik koşulları işaret etmektedir. Yeşilşist fasiyesinde ölçülen klorit termometresine göre birimin metamorfizma sıcaklığı $321-347^{\circ}\text{C}$, basıncı ise yaklaşık 4 kbar olarak hesaplanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Yoncayolu metamorfitleleri, yeşilşist fasiyesi, epizonal metamorfizma, illit kristalinite değerleri, klorit kristalinite değerleri, Árkai indeksi (ÁI), klorit jeotermometresi

Mineralogy, Geochemistry and Origin of the Yoncayolu Metamorphites (Üzümlü-Erzincan): Metamorphic Features of Greenschist Facies

Mehmet Ali Gücer¹ & Zafer Aslan²

¹ *Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,
TR–29000 Gümüşhane, Türkiye (E-mail: maligucer@gmail.com)*

² *Balıkesir Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,
TR–10145 Balıkesir, Türkiye*

The investigation area is placed of Ankara-Erzincan Suture Zone and low and very low-grade metamorphic rocks of Permo–Triassic cropping out in the area formed the basement. Yoncayolu Metamorphites consisting of slate, phyllite, greenschist, metadacite, metabasic, metagranite, calcschist and quartzite is the product of regional metamorphism within the facies of very-low and low-graded semi-greenschist and greenschist. Refahiye Ophiolite mélange covers this unit tectonically. Schists largely take place at the base of the metamorphic unit, which is followed upwards by metabasics, metagranite and calc-schist. Mineral assemblages of greenschist consist of sericite + chlorite + quartz + calcite + albite + epidote + illite/K-white mica. Also metabasics are characterized with quartz + chlorite + albite + hornblende + epidote + tremolite mineral assemblages. Chlorites, which are samples of Mg-dominant chlorite plot in the appropriate subfields of type-I chlorite on the Al-Mg-Fe triangular compositional diagram, are ripidolite in composition from metapelites and pycnochlorite in composition from metabasic rocks. Amphibole, altered probably former clinopyroxene, is ferri-magnesian-hornblende in composition, and albite (An_{0.1-3}) in composition plagioclases are typically in greenschist facies rocks.

It mostly carries low sometimes medium K calc-alkaline character. It resembles geochemically oceanic island-arc basalts, compositionally volcanic-arc basalt and in distribution mid-ocean ridge basalts (MORB). Metagranites located upper part of the Yoncayolu Metamorphites derived from granodiorite/tonalitic granitoides and has character of metalumina, I-type representing tectonically volcanic-arc granitoides. This unit is generally magmatic and sometimes sedimentary in origin therefore pointing possible volcano-sedimentary genes.

Illite Crystallinity values measured in metapelites is varies between (IC) $\Delta^{\circ}2\theta = 0.124–0.238$, Chlorite Crystallinity values changes between (ChC) $\Delta^{\circ}2\theta = 0.146–0.298$ and Árkai Index values ranges from (ÁI) 0.229–0.345. There is positive correlation ($R^2 = 0.65$) between index pairs of KI- ÁI and IC-ChC. All samples points an environment of epizone metamorphic conditions. When compared to chlorite thermometer index rocks of greenschist facies is a formed temperature between 321–347 °C and about 4 kbar pressures.

Key Words: Yoncayolu metamorphites, greenschist facies, epizonal metamorphism, illite crystallinity (IC), chlorite crystallinity (ChC), Árkai index (ÁI), chlorite geothermometry

KB İran’da Ofiyolitlerle İlişkili Amfibolitlerin Petrolojisi

Mohssen Moazzen¹ ve Roland Oberhänsli²

¹ *Department of Geology, University of Tabriz, 51664 Tabriz, Iran
(E-posta: moazzen@tabrizu.ac.ir)*

² *Institut für Geowissenschaften, Universität Potsdam, Postfach 601553, Potsdam 14415, Germany*

KB İran’daki ofiyolitler kuzeyde Kafkasya Kenet Zonu ile güneyde Zagros Kenet Zonu arasında yer almaktadır. Bu ofiyolitlerin batıya doğru, Doğu Anadolu’daki jeolojik birimlerle olan denestirilmesi büyük fay sistemleri ve Tersiyer–Kuvaterner volkanik örtü nedeniyle belirsizleşmektedir. KB İran’da iki tür ofiyolit ayırtlanmıştır. Bunlar, KD’daki Erken Jura yaşlı metamorfik ofiyolitler ve GB’daki metamorfik olmayan Geç Kretase yaşlı ofiyolitlerdir. Bu ofiyolitler Neotetis’e ait okyanusal kabuk kalıntılarını tanımlamaktadır. Batı İran ve Türkiye’deki metamorfik olmayan ofiyolitler yaş açısından benzerdir. Bu çalışmada metamorfik ofiyolitlere ait amfibolitler araştırılmıştır. Bu amfibolitlerin toplam kaya jeokimyası bunların farklı ilksel magma tiplerinden türediğini göstermektedir. Amfibolitler yaygın bir şekilde toleyitik bazaltlardan türemektedir. OIB bileşimi gösteren az sayıdaki örneğin ilksel kayaları ise bir deniz dağı oluşumuyla ilişkilendirilebilir. Çalışılan amfibolit örneklerinin büyük çoğunluğu MORB özelliği sergiler. Granatlı amfibolitlerdeki granat bileşimleri büyük olasılıkla amfibolitlerin yüzeylemesi sırasında gerçekleşen büyümelerden kaynaklanan hafif bir ters zonlanma göstermektedir. Granat çekirdeklerinin bileşimi metamorfizmanın en üst koşullarını ifade etmektedir. Zonlanma profillerinde keskin değişimlerin bulunmayışı amfibolitlerin olasılıkla tek bir metamorfik olaya bağlı olarak geliştiğini göstermektedir. Hornblend – plajioklas, granat – amfibol ve hornblend içerisindeki Al miktarı gibi yarı nicel termobarometrik hesaplamalara dayalı THERMOCALC sonuçları pik metamorfizma koşulları için 10–12 kbar basınç ve ~700–800 °C sıcaklık değerleri vermektedir. Pik ve pik sonrasında ait değerler amfibolitler için saat yönünde bir P-T evrimini tanımlamaktadır. Bu tür bir evrim amfibolitlerin bir metamorfik taban olma olasılığını ortadan kaldırmakta ve çarpışma ile ilişkili bir kökeni desteklemektedir. Bu nedenle amfibolitlerin ilksel kayalarının Neotetis Okyanusuna ait okyanus ortası sırtında oluştuğu ve okyanusal kabuğun yitimi ve izleyen evrede gerçekleşen çarpışma sonucu metamorfizmaya uğradığı söylenebilir.

Anahtar Sözcükler: amfibolit, MORB, ofiyolit, saat yönündeki B/S yolu, KB İran

Petrology of Ophiolite-related Amphibolites from NW Iran

Mohssen Moazzen¹ & Roland Oberhänsli²

¹ *Department of Geology, University of Tabriz, 51664 Tabriz, Iran
(E-mail: moazzen@tabrizu.ac.ir)*

² *Institut für Geowissenschaften, Universität Potsdam, Postfach 601553, Potsdam 14415, Germany*

Ophiolitic rocks in NW Iran are located between Caucasus suture in the north and the Zagros suture in the south. The direct correlation of these ophiolites towards west and the eastern Turkish geological units is obscured by the major fault systems and Tertiary to Quaternary volcanic covers. Two different types of ophiolites are recognized in NW Iran, metamorphosed ophiolites to the NE with Early Jurassic age and non-metamorphosed ophiolites to the SW with Late Cretaceous age. These ophiolites mark the remnants of the Neo-Tethyan oceanic crust. Non-metamorphic ophiolites are similar to ophiolites in western Iran and Turkey in age. Amphibolites associated with metamorphosed ophiolites were studied. Whole rock geochemistry of these amphibolites show that they are produced from different original magma types. However the main protolith for the amphibolites was tholeiitic basalt. Few samples showing OIB nature are attributed to formation of the protoliths as seamounts. Most of the studied amphibolite samples exhibit MORB nature. Mineral chemistry of garnet in garnet amphibolites indicates a slight reverse zoning probably formed due to garnet growth during exhumation of the amphibolites. The garnet core shows the peak metamorphic condition. Since there is no abrupt changes in the zoning profile, amphibolites are more likely formed during a single metamorphic event. Semi-quantitative thermobarometry of amphiboles, hornblende-plagioclase thermometry, garnet-amphibole thermometry and Al in hornblende barometry along with THERMOCALC results indicate a pressure range of 10–12 kbar and a temperature range of ~700 to 800 °C for peak of metamorphism. P-T results for peak and post-peak metamorphism indicate a clockwise P-T path for the studied amphibolites. This path rules out the sole metamorphic nature for the studied amphibolites and confirms a collision related metamorphism. Therefore the amphibolite protoliths formed at the mid-oceanic ridge of the Neo-Tethys oceanic crust and were metamorphosed due to collision followed by the closure of the subducting oceanic crust.

Key Words: amphibolite, MORB, ophiolite, clockwise P-T path, NW Iran