
**Anadolu Kenet Kuşaklarının Tektonik Ortamı ve
Gelişimindeki Problemler ve Olası Çözümleri**
*The Tectonic Setting and Development of the Anatolian
Suture Zones: Problems and Possible Solutions*

Oturum Yürütücüleri /Conveners: Alastair Robertson,
Aral I. Okay, Osman Parlak & Timur Ustaömer

Anadolu Platosu'nun Alıcı Fonksiyon Analizi

A. Arda Özacar¹, George Zandt², Hersh Gilbert³ ve Susan L. Beck²

¹ Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06531 Ankara
(E-posta: ozacar@metu.edu.tr)

² University of Arizona, Department of Geosciences, 85721 Tucson, AZ, USA

³ Purdue University, Department of Earth and Atmospheric Sciences, 47907 W. Lafayette, IN, USA

Telesismik P alıcı fonksiyonları Doğu Anadolu Sismik Deneyi tarafından kaydedilen sismik verilerden hesaplandı ve aktif kıtasal kenet kuşağının kabuk ve manto yapısını belirlemek için kullanıldı. Bölgenin kabuk kalınlığı, P ve S dalga hızlarının oranı (Vp/Vs) kabuksal yansımalar kullanılarak haritalandı. Sonuçlar bölgede kabuk ve litosfer kalınlığının ince, en üst manto hızının düşük olduğunu göstermekte ve platonun sıcak astenosfer tarafından desteklendiği tezini doğrulamaktadır. Vp/Vs değişimleri, Kuzey Anadolu Fayı boyunca ve genç volkaniklerin çevresinde yer alan bir yüksek Vp/Vs koridoru olduğunu göstermekte ve kısmi eriyik varlığını desteklemektedir. İlave olarak, üst manto süreksizlikleri (410 ve 660) negatif topografik korelasyon ve kopmuş levha ve litosfer parçalarına ilişkin genliği düşük belirgin alanlar göstermektedir.

Anahtar Sözcükler: Doğu Anadolu Platosu, alıcı fonksiyon, kabuk, litosfer, kısmi eriyik, üst manto süreksizlikleri

Receiver Function Analysis of East Anatolian Plateau

A. Arda Özacar¹, George Zandt², Hersh Gilbert³ & Susan L. Beck²

¹*Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,
TR-06531 Ankara, Türkiye (E-mail: ozacar@metu.edu.tr)*

²*University of Arizona, Department of Geosciences, 85721 Tucson, AZ, USA*

³*Purdue University, Department of Earth and Atmospheric Sciences, 47907 W. Lafayette, IN, USA*

Teleseismic P receiver functions are computed using seismic data recorded by the Eastern Turkey Seismic Experiment to determine the crustal and mantle structure across an active continent-continent collision zone. Crustal thickness and Vp/Vs variations in the region are mapped by incorporating crustal multiples. Our results reveal a relatively thin crust and lithosphere and low uppermost mantle velocities consistent with the plateau supported by hot asthenosphere. Vp/Vs variations show a high Vp/Vs corridor along the North Anatolian Fault and near the young volcanic units and support the presence of partial melt. Furthermore, the upper mantle discontinuities (410 and 660) reveal anticorrelated topography and distinct zones of diminished amplitude associated with a detached slab and delaminated fragments of lithospheric mantle.

Key Words: East Anatolian Plateau, receiver function, crust, lithosphere, partial melt, upper mantle discontinuities

Doğu Anadolu Platosu'nun Kabuk Yapısının Doğası

Ali Yılmaz¹, Hüseyin Yılmaz², Cemal Kaya² ve Durmuş Boztuğ³

¹ Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü,
58140 Sivas (E-posta: ayilmaz@cumhuriyet.edu.tr)

² Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü,
58140 Sivas

³ Tunceli Üniversitesi, Atatürk Mahallesi, Muhlis Akarsu Caddesi, 62000 Tunceli

Türkiye'nin Doğu Anadolu Platosu (DAP) yaklaşık 1700–2000 m yüksekliğinde bir bölgeyi temsil etmekte ve kuzeydeki Doğu Pontid yayı ile güneydeki Arap platformu arasında yer almaktadır. Bu bölgede, alt kabuğu temsil eden Maastrichtiyen öncesi paleotektonik birimler sadece birkaç yerde yüzeylenmektedir. Çünkü Maastrichtiyen–Kuvaterner yaşlı birimler, paleotektonik birimleri hemen hemen tüm bölgede örtmektedir. Dolayısıyla, paleotektonik birimlerin yapısını ve ilişkisini incelemek güçtür.

Ancak, yapılan çalışmada DAP'unda paleotektonik birimlerinin iki düzeyden oluştuğu anlaşılmaktadır. (1) *Alt düzey* kıtasal kabuğu temsil eden platform türü karbonatlar ve bu platformun metamorfik eşleniklerinden oluşmaktadır. Bu birimler Toros Platformu ve bu platformun metamorfik eşlenikleri olarak kabul edilebilir. (2) *Üst düzey*, ağırlıklı olarak okyanus kabuğu ürünü olan ofiyolitli melanj prizmasından yapıldır. Bu prizma, ofiyolitlerin, ofiyolitli karışık ve yay önü çökellerin ardışımı ile temsil edilmektedir. Yakınsayan levha kenarlarındaki bir diziyi temsil eden bu düzeyin bir bölümü kuzeydeki Kuzey Anadolu Kenedi'nden, bir bölümü de güneydeki Güney Anadolu Kenedi'nden türemiş olabilir.

DAP'nun alt düzeyinin, ofiyolitli melanj prizmalarının üzerine bindirdiği kıtasal bir kabukla temsil edildiği, ve kıtasal kabuğun aşınmadan dolayı sınırlı olarak yer yer tektonik pencere biçiminde yüzeylendiği ileri sürülebilir.

DAP'unun Maastrichtiyen öncesi paleotektonik birimleri, Maastrichtiyen–Kuvaterner yaşlı vokano-tortul birimler tarafından örtülmektedir. Ardışıklı transgresif ve regresif evrelerde oluşan bu sedimenter litofasiyeler paleotektonik birimlerin üzerinde uyumsuzlukla yer almaktadır. Eosen yaşlı çökellerde yaygın olarak yer alan olistostromal düzeyler, ofiyolit ve ofiyolitli karışığın yeniden aktarılmış gereçlerinden türemiştir. Maastrichtiyen–Kuvaterner yaşlı örtü ise genel olarak çarpışma ve çarpışma sonrası oluşmuş birimlerden yapıldır.

Günümüzde DAP yaklaşık olarak K–G doğrultulu bir sıkışmanın güdümünde ise de böyle bir sıkışma, bölgede egemen olan doğrultu atımlı tektonik rejim nedeniyle yoğun bir şekilde kabuk kalınlaşmasına yol açmamaktadır.

Anahtar Sözcükler: Doğu Anadolu Platosu, kıtasal kabuk, ofiyolit, melanj prizması

Crustal Nature of the Eastern Anatolian Plateau, Turkey

Ali Yılmaz¹, Hüseyin Yılmaz², Cemal Kaya² & Durmuş Boztuğ³

¹ Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü,
TR–58140 Sivas, Türkiye (E-mail: ayilmaz@cumhuriyet.edu.tr)

² Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü,
TR–58140 Sivas, Türkiye

³ Tunceli Üniversitesi, Atatürk Mahallesi, Muhlis Akarsu Caddesi, TR–62000 Tunceli, Türkiye

The Eastern Anatolian Plateau (EAP) of Turkey, with an elevation ranging from 1700 to 2000 m, is located between the Eastern Pontide Arc to the north and the Arabian Platform to the south. In this region, the pre-Maastrichtian palaeotectonic units, representing the crust, crop out only in a number of localities. However, Maastrichtian–Quaternary rock units cover the palaeotectonic units across almost the whole length of the region. Because of this, it is difficult to study the nature and relationships of the palaeotectonic units.

Hardly, in the presented study it is understood that the palaeotectonic units of the crust in EAP are made up of two different levels: (1) *The lower level* is made up of platform-type carbonates and their metamorphic equivalents and represents continental crust. These units may be representatives of the Taurus Platform and its metamorphic equivalents. (2) *The upper level* consists of ophiolitic mélange prism which is a product of mainly oceanic crust. The prism is mainly represented by an alternating of ophiolites, ophiolitic mélange, and fore-arc deposits. This upper level, representing a sequence of the convergent plate boundary, may partly be originated from the North Anatolian Suture to the north, and partly from the Southeastern Anatolian Suture to the south of the Eastern Anatolian region.

It may be suggested that the lower level of EAP is represented by a common continental crust which was overthrust by ophiolitic mélange prism, and the continental crust scarcely crop out in the region; in areas of deep erosion, it exposes in tectonic windows beneath the ophiolitic thrust sheets.

The pre-Maastrichtian palaeotectonic units of the EAP are blanketed by Maastrichtian to Quaternary volcanic and sedimentary rock units. These sedimentary lithofacies, which occur in successive transgressive and regressive intervals, overlie palaeotectonic units unconformably. Olistostromal levels, which are common occurrences in the sedimentary units of Eocene age, have been derived as reworked materials of the ophiolites and ophiolitic mélange. The Maastrichtian–Quaternary cover is made up of collisional and post-collisional deposits in the whole region.

Although EAP is under the considerable N–S directional compression in Recent, such a compression has not led to intensive crustal thickening, because of the strike-slip tectonic regime which is currently dominant in the region.

Key Words: Eastern Anatolian Plateau, continental crust, ophiolite, mélange prism

Anadolu Kenet Kuşaklarının Tektonik Ortamı ve Gelişimine İlişkin Problemler ve Olası Çözümleri

Alastair H.F. Robertson¹, Aral Okay², Osman Parlak^{3,4} ve Timur Ustaömer⁵

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

² İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü ve Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 80626 Ayazağa, İstanbul

³ Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Çukurova Üniversitesi, 01330 Balcalı, Adana

⁴ Mesleki ve Teknik Eğitim Fakültesi, Adıyaman Üniversitesi, 02040 Adıyaman

⁵ Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul Üniversitesi, 34850 Avcılar, İstanbul

Bu bildiriye, Anadolu kenetleri üzerine son yıllarda önerilen modellerin ışığında bazı kritik problemler ve olası çözümleri kısaca irdelenecektir. Anadolu’da 4 potansiyel kenet kuşağı bulunmaktadır. Bunlar: (1) İzmir-Ankara-Erzincan; (2) G Neotetis; (3) İç-Torid; (4) İç-Pontid kenet kuşaklarıdır.

(1) numaralı kenedi (İzmir-Ankara-Erzincan), Geç Paleozoyikden orta Eosene kadar ana Tetis kenet kuşağı olarak yorumluyor ve Paleotetisin, Avrasya altına doğru yitimi ile Torid-Anatolid kıtasının riftleşerek yeni okyanusal kabuk oluşturması süreçleri sonucunda (arada herhangi bir kıtasal çarpışma olmaksızın) Neotetise evrildiğini düşünüyoruz. Mesozoyik okyanusunun 1) de yayılması olasılıkla Orta-Triyas döneminde başlamıştır. (2) numaralı kenedi (G Neotetis) Torid-Anatolid kıtasının güneyinde yer alan ve Geç Triyas (Karniyen-Noriyen) döneminde açılmaya başlayan bir okyanusal havza olarak görüyoruz. 2) deki (G Neotetis) ofiyolitik kayaçların 1) den (İzmir-Ankara-Erzincan) yerleşmesi çok zayıf bir olasılıktır. G Neotetis ofiyolitlerinin (2) bu günkü konumlarına, Torid-Anatolid kıtasının doğu ucu çevresinde dalan okyanusal levhanın eğim açısının artması sonucunda yerleştiğine ilişkin önerilen yeni bir model, GD Anadolu ve K Suriye’den elde edilen yapısal veriler ile uyumlu değildir. GD Anadolu’da ofiyolitler kuzeye doğru, Malatya-Keban (Torid) karbonat platformunun altına eklenmiştir; aynı zamanda ofiyolit ve melanjlara güneye doğru Arap platformu üzerine yerleşmiştir (batıya doğru bir göçe ilişkin veri olmaksızın). (3)’ü (İç-Torid), büyük Torid-Anatolid mikrokıtası ve daha küçük Niğde-Kırşehir mikrokıtası arasında yer alan ve orta-Geç Triyas sırasında açılmış, Geç Kretasede kapanmış küçük bir okyanusal havza olarak yorumluyoruz. Çoğu yerde Paleojen sedimentleri ile örtülü olsa da, İç-Torid kenedi doğu alanlarda yüzeylemektedir (Binboğa ofiyolitik melanji). (4) (İç-Pontid) en az sınırlanan kenet kuşağıdır. Seçenekler ofiyolitler ve ilişkili birimlerin riftleşmiş küçük bir okyanusal havzayı yansıttığı veya 1) (İzmir-Ankara-Erzincan)’in parçası olduğu ve Mesozoyik Sakarya kıtası kuzeyine, olasılıkla geç Mesozoyik/Paleojen doğrultu atımı/transpresyonu sonucunda yerleştiğidir. Bizim ulaştığımız sonuçlar, 4) (İç-Pontid) içinde Geç Triyas sırasında açılan ve olasılıkla Kretasede kapanmış küçük bir okyanusal havza olarak yorumladığımız rift/okyanusal kayaçların düşük açılı bindirmeler ile yerleştiğini göstermektedir. İç-Pontid kenedi, Reik kenedinin doğu uzantısı olan daha eski bir geçmişe de sahip olabilir. Bu konuşmanın ortaya çıkan problemler ve olası çözümlerine ilişkin yeni yorum ve tartışmaları teşvik edeceğimizi umuyoruz.

Anahtar Sözcükler: kenetler, Anadolu, Türkiye, okyanuslar, Tetis, tektonik, rekonstrüksiyon

Problems and Possible Solutions Related to the Tectonic Setting and Development of the Anatolian Suture Zones

Alastair H.F. Robertson¹, Aral Okay², Osman Parlak^{3,4} & Timur Ustaömer⁵

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

² *Eurasia Institute of Earth Sciences and Department of Geological Engineering, İstanbul Technical University, Ayazağa, TR–80626 İstanbul, Turkey*

³ *Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Çukurova Üniversitesi, Balcalı, TR–01330 Adana, Türkiye*

⁴ *Mesleki ve Teknik Eğitim Fakültesi, Adıyaman Üniversitesi, TR–02040 Adıyaman, Türkiye*

⁵ *Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul Üniversitesi, Avcılar, 34850 İstanbul, Türkiye*

In view of the wide range of recent interpretations of the Anatolian sutures, we present here a short discussion of some key problems and possible solutions. There are 4 potential suture zones: (1) İzmir-Ankara-Erzincan; (2) S Neotethyan; (3) İna- (or Inner-) Tauride; (4) Intra-Pontide.

We interpret (1) (İzmir-Ankara-Erzincan) as the master Tethyan suture zone at least from Late Palaeozoic to mid-Eocene, and we infer that Palaeotethys evolved to Neotethys by processes that include subduction beneath Eurasia and rifting of the Tauride-Anatolide continent to form new oceanic crust (i.e. without intervening continental collision). Spreading of Mesozoic ocean in 1) probably began in Mid–Late Triassic. We interpret (2) (S Neotethyan) as an oceanic basin to the south of the Tauride-Anatolian continent that began to open in Late Triassic (Carnian-Norian). Ophiolitic rocks in 2) (S Neotethyan) are very *unlikely* to have been emplaced from the 1) (Ankara-İzmir-Erzincan). A recent suggestion that the S Neotethyan ophiolites (2) reached their present position by subduction roll-back around the eastern end of the Tauride-Anatolide continent is not supported by structural data from SE Turkey or N Syria. In SE Turkey the ophiolites were emplaced northwards beneath the over-riding Malatya-Keban (Tauride) carbonate platform; also, ophiolite and mélangé were emplaced southwards over the Arabian platform (without evidence of westward transport). We interpret (3) (Intra-Tauride) as a small ocean basin between a large Tauride-Anatolide microcontinent and a smaller Niğde-Kırşehir microcontinent that opened during mid-Late Triassic and closed during late Cretaceous. Although widely covered by Palaeogene sediments, the Intra-Tauride suture is exposed further east (e.g. Binboğa ophiolitic mélangé). (4) (Intra-Pontide) is the least constrained. Options are that ophiolites and related units record a rifted small ocean basin, or part of 1) (İzmir-Ankara-Erzincan) that was emplaced to the north of the Mesozoic Sakarya microcontinent, possibly in response to late Mesozoic/Palaeogene strike-slip/transpression. Our results indicate mainly low-angle thrust-emplacement of rift/oceanic rocks within 4) (Intra-Pontide), which we interpret as a small ocean basin that was opening in the Late Triassic and closing probably during Cretaceous. The Intra-Pontide suture may also have had an earlier history as the eastward extension of the Rheic suture. Hopefully, the talk will stimulate comment and discussion of outstanding problems and possible solutions.

Key Words: sutures, Anatolia, Turkey, oceans, Tethys, tectonics, reconstructions

Trakya Havzası Güneyinde Ofiyolitli Melanjların ve Pontid-İçi Kenedinin Konumu ve Trakya Havzasının Oluşumu

Aral I. Okay¹, Gültekin Topuz¹, Ercan Özcan², William Cavazza³,
Nilgün Okay² ve György Less⁴

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

² İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,
34469 Maslak, İstanbul

³ Dipartimento di Scienze della Terra e Geologico-Ambientali, Università di Bologna,
Piazza di Porta San Donato, 40127 Bologna, Italy

⁴ University of Miskolc, Department of Geology and Mineral Resources, H-3515,
Miskolc-Egyetemváros, Hungary

İstanbul ile Sakarya zonları arasındaki sınırı oluşturan Pontid-İçi kenedi batıya doğru Trakya havzasının Eosen-Oligosen çökel kayaları tarafından örtülür. Marmara bölgesinin batı kesiminde Pontid-İçi kenedinin konumu ve buna bağlı olarak Trakya havzasının temel kayalarının niteliği tartışmalıdır. Yaptığımız çalışmalar Trakya havzasının güneyinde Üst Eosen ile başlayan sedimentler istifin iki farklı temel üzerinde yer aldığını teyit etmiştir: (1) Saros Körfezi'nin kuzeyinde Mecidiye bölgesinde Üst Eosen konglomera ve kireçtaşları, sleyt, rekristalize kireçtaşı ve fillitten oluşan metamorfik bir temel üzerinde bulunur. Düşük dereceli bu metamorfik kayalar, Yunanistan'daki Rodop Çevresi Kuşağı'nın doğuya doğru olan devamını teşkil eder. (2) Ganos Fayı güneyinde Şarköy çevresinde ise serpantin, metadiyabaz ve mavşıştlerden oluşan, tektonik olarak yükselmiş bir temel dilimi üzerinde uyumsuzlukla Üst Eosen kireçtaşları yer alır. Bu tektonik dilim içerisinde yer alan okyanusal kökenli mavşıştlerden ~86 Ma'lık Ar-Ar ve Rb-Sr yaşları elde edilmiştir. Ganos Fayı güneyinde açılmış olan petrol kuyuları da Eosen çökelleri altında ofiyolitik bir temel kesmiştir. Kuzey Anadolu Fayı'nın Trakya'daki segmentini teşkil eden Ganos Fayı bu iki farklı temel arasında bir sınır oluşturur. Geç Paleosen–Erken Eosen'de ofiyolitli melanj kuzeye Rodop Çevresi Kuşağı'nın düşük dereceli metamorfik kayaları üzerine itilmiştir. Ofiyolitli melanj üzerinde Geç Eosen'de kireçtaşları ve içinde olistostromlar bulunduran bir fliş istifi gelişmiştir. Fliş istifi içindeki çakıl, blok ve olistolitler Eosen sığ denizel kireçtaşı, Kretase ve Paleosen pelajik kireçtaşı, serpantin, bazalt, gabro, grovak, kuvars-diyorit ve yeşilşistten yapılmıştır. Bazı birleşik olistolitler, altta pelajik kireçtaşı veya bazalt ve onu uyumsuzlukla örten Üst Eosen kireçtaşlarından oluşur. Geç Eosen yaşındaki kütle akıntıları genişlemeli bir tektonik ortamda, güneye bakan büyük normal fayların yamaçlarından kaynaklanmıştır; Güney Trakya havzasının oluşumu da Geç Eosen'deki bu normal faylanma ile başlar. Trakya havzasının Ganos Fayı güneyinde kalan kesiminin temelini ofiyolitli melanjdan oluşmasına rağmen, bölgesel tektonostratigrafi Pontid-İçi kenedinin daha güneyden Biga yarımadasından geçtiğini göstermektedir zira Sakarya Zonu'na ait istifler Biga Yarımadası orta kesimlerinde sonlanmakta ve Çetmi ofiyolitli melanjının batısında Rodop tipi istifler başlamaktadır.

Anahtar Sözcükler: Pontid-içi kenedi, Trakya havzası, Rodop çevresi kuşağı, olistostrom, kütle akıntısı, ofiyolitik melanj

The Tectonic Setting of the Ophiolitic Mélange and the Intra-Pontide Suture in the Southern Thrace and the Initiation of the Thrace Basin

Aral I. Okay¹, Gültekin Topuz¹, Ercan Özcan², William Cavazza³,
Nilgün Okay² & György Less⁴

¹ *İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, Maslak,
34469 İstanbul, Türkiye (E-mail: okay@itu.edu.tr)*

² *İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,
Maslak, 34469 İstanbul, Türkiye*

³ *Dipartimento di Scienze della Terra e Geologico-Ambientali, Università di Bologna,
Piazza di Porta San Donato, 40127 Bologna, Italy*

⁴ *University of Miskolc, Department of Geology and Mineral Resources, H–3515,
Miskolc-Egyetemváros, Hungary*

The Intra-Pontide suture, which separates the İstanbul and Sakarya zones in the west, is covered by the Eocene-Oligocene sediments of the Thrace Basin in the western part of the Marmara region. Therefore, the position of the Intra-Pontide suture and its relation to the Thrace basin is poorly constrained. Our studies in the southern part of the Thrace basin, have shown that the Upper Eocene basinal sediments rest unconformably over two types of basement: (1) Slate, dark limestone and phyllite crop out in small inliers under the Upper Eocene (?) conglomerates and Upper Priabonian limestones in the Mecidiye region north of Saros Bay. These low-grade metamorphic rocks form the eastern extension of the Circum-Rhodope Belt of Greece. (2) In the Şarköy region south of the Ganos Fault a tectonically uplifted basement consisting of serpentinite, metadiabase and Upper Cretaceous blueschists is unconformably overlain by Upper Eocene (Lower Priabonian) limestones. The blueschist metamorphism, which has effected oceanic lithologies, has been dated by Ar-Ar and Rb-Sr methods as ~86 Ma. Hydrocarbon wells south of the Ganos Fault have also encountered a basement of ophiolitic mélange under the Eocene siliciclastic rocks or limestones. The Ganos Fault, the segment of the North Anatolian Fault in Thrace, forms the boundary between the two basement types. During the Late Palaeocene–Early Eocene the ophiolitic mélange was tectonically emplaced northward over the low-grade metamorphic rocks of the Circum-Rhodope belt. The ophiolitic mélange is overlain by Upper Eocene limestones and flysch sequence including debris flows and olistostromes. The clasts in the flysch sequence include Eocene shallow-marine limestone, Cretaceous and Palaeocene pelagic limestone, serpentinite, basalt, gabbro, greywacke, quartz-diorite and greenschist. They range in size from sand grains to olistoliths up to one kilometre wide. Some of the olistoliths are composite and include pelagic limestone or basalt unconformably overlain by Upper Eocene (Priabonian) limestone. The Upper Eocene mass flows were formed in an extensional setting and were derived from the south from the flanks of large normal faults related to the opening of the southern Thrace basin. The main transgression leading to the development of the southern Thrace basin occurred in the Late Eocene. Although the basement of the southern margin of the Thrace basin consists of an ophiolitic mélange, regional tectonostratigraphy indicates that the Intra-Pontide suture passes through the Biga peninsula. The Sakarya Zone terminates in the centre of the Biga peninsula and sequences to the west of the Cetmi ophiolitic mélange belong to the Rhodopes.

Key Words: Intra-Pontide suture, thrace basin, Circum-Rhodope belt, olistostrome, mass flows, ophiolitic mélange

Yunanistan'daki Trakya Tersiyer Havzasının Batı Bölümü ile Türkiye'deki Doğu Bölümü Arasındaki Jeolojik Korelasyonlar

Dimitrios J. Papanikolaou¹ ve Maria V. Triantaphyllou²

¹ *University of Athens, Faculty of Geology & Geoenvironment, Department of Tectonic, Dynamic, Applied Geology, Panepistimiopolis 15784, Athens, Greece
(E-posta: dpapan@geol.uoa.gr)*

² *University of Athens, Faculty of Geology & Geoenvironment, Department of Historical Geology-Paleontology, Panepistimiopolis 15784, Athens, Greece*

Yunanistan'daki Trakya Havzası'nın en batı kısmının Tersiyer tektonostratigrafisi üzerine yapılan yeni gözlemler Orta Eosen ve Geç Oligosen arasındaki dönem için pekçok tektonostratigrafik oluşumların ayrımını mümkün kılmıştır. İlk önemli sonuç, Güneyde Soufli Fay Zonu ve kuzeyde Ardas Fay Zonu olmak üzere iki ayrı KD–GB uzanımlı sağ yönlü doğrultu atımlı faylarla Trakya Havzası'nın batı kesiminin üç ayrı alt havzaya parçalanmasıdır ki bu havzalar güneyde Alexandroupolis alt havzası, ortada Orestias alt havzası ve kuzeyde Petrota alt havzasıdır.

Alexandroupolis alt havzası açısız uyumsuzluk ile birbirlerinden ayrılmış olan iki stratigrafik istifden oluşmuştur. Alt istifi içeren ve kumtaşı, seyl ve kırmızımsı konglomeralardan meydana gelen Kirki Formasyonu 30 m kalınlıktaki kumtaşı üyesi ve kumtaşı-pelites ardalanmasından meydana gelmiş olan Chorafaki formasyonu tarafından örtülmüştür. Yaşı Orta–Eosen olarak bulunmuştur (nano-fossil biyozon NP17, 39.8–36.8 Ma). Üst istifi meydana getiren ve neritik kireçtaşlarından meydana gelen Avas formasyonu, marl, kumtaşı ve ara ara kireçtaşı tabakalarından oluşan Pylaea formasyonu tarafından takip edilir. Birimin yaşı Geç Eosene–Erken Oligosen olarak belirlenmiştir (NP19/20–NP23, 36.2–30 Ma). Feres çevresindeki alanda, Pylaea formasyonu kalın volkanik kayalar ve proklastikler ihtiva etmektedir.

Orestias alt havzası, sırasıyla Alexandroupolis alt havzasına ait Avas ve Pylaea formasyonlarının eşdeğeri olan Metaxades ve Pythion formasyonlarından oluşmuş olan yalnızca üst seri ile vasıflandırılmıştır. Karakteristik stratigrafik üye, Erken Eosen dönemi *Congeria* içeren kireçtaşlarıdır. Pratikte Orestias alt havzasında volkanik kayalar bulunmamaktadır.

Geç Eosene dönemine ait kumtaşı ve konglomeradan meydana gelen kırıntılı taban oluşumuna sahip Petrota alt havzası, Oligosen yaşlı marl tarafından örtülmüştür.

Batı Trakya'nın üç alt havzasında, Tersiyer öncesi temel farklıdır. Geç Kretase diyabaz ve filişinden oluşan Melia birimi orta alt havzanın tabanında görülürken, düşük metamorfizmaya uğramış olan Makri birimi (Circum Rhodope Biriminin bir parçası) Alexandroupolis alt havzasının batı sınırının tabanında görülür. Buna karşın, orta-yüksek dereceli matamorfik kayalar, Orestias alt havzasının güney sınırının tabanında ve Petrota alt havzasının batı sınırının tabanında görülmüştür.

Yukarıda verilen tektonostratigrafi, Türkiye'de Doğu Trakya'nın güney bölümüne ait Tekirdağ–Keşan – Kallipolis dolaylarına ait tektonostratigrafi ile korele edilebilir. Böylece, Kirki formasyonu, Fıçıtepe formasyonuna; Chorafaki Formasyonu Keşan Formasyonuna; Avas Formasyonu, Soğucak Formasyonuna; Pylaea Formasyonu, Ceylan and Mezardere formasyonlarına eşdeğerdir. *Congeria* içeren sedimanlar, Yunanistan'ın batısında (örneğin Didimoticho, Pythion Formasyonu) ve Türkiye'nin doğusunda (örneğin Pınarhisar) bulunan Trakya havzasının kuzey sınırını tanımlamaktadır.

Anahtar Sözcükler: tektonostratigrafik oluşumlar, uyumsuzluklar, havza evrimi, doğrultu atımlı fay zonu

Geological Correlations Between the Western Part of the Tertiary Thrace Basin in Greece and the Eastern Part in Turkey

Dimitrios J. Papanikolaou¹ & Maria V. Triantaphyllou²

¹ *University of Athens, Faculty of Geology & Geoenvironment, Department of Tectonic, Dynamic, Applied Geology, Panepistimiopolis 15784, Athens, Greece (E-mail: dpapan@geol.uoa.gr)*

² *University of Athens, Faculty of Geology & Geoenvironment, Department of Historical Geology-Paleontology, Panepistimiopolis 15784, Athens, Greece*

New observations on the Tertiary tectonostratigraphy of the western part of the Thrace Basin in Greece enabled the distinction of several tectonostratigraphic formations ranging between Middle Eocene and Late Oligocene. The first major conclusion was that two NE–SW-trending dextral strike-slip fault zones – the Soufli FZ in the south and the Ardas FZ in the north- dissect the western part of Thrace Basin into three sub-basins: the Alexandroupolis SB in the south, the Orestias SB in the middle and the Petrota SB in the north.

The Alexandroupolis SB consists of two stratigraphic sequences separated by an angular unconformity. The lower sequence comprises the Kirki Fm, made of sandstones, shales and conglomerates of reddish colour, overlain by a 30m thick sandstone member and by the Chorafaki Fm made of alternations of sandstones and pelites. The age has been determined as Middle Eocene (nannofossil biozone NP17, 39.8–36.8 Ma). The upper sequence comprises the Avas Fm, made of neritic limestones followed by the Pylaea Fm made of marls, sandstones and some limestone interbeds. The age has been determined as Late Eocene–Early Oligocene (NP19/20–NP23, 36.2–30 Ma). At the area around Feres the Pylaea Fm contains thick volcanic rocks and pyroclastics.

The Orestias SB is featured only by the upper sequence, comprising the Metaxades Fm –which is equivalent to the Avas Fm of Alexandroupolis SB- and the Pythion Fm, which is equivalent to the Pylaea Fm of Alexandroupolis SB. A characteristic stratigraphic member is the *Congeria* bearing limestones of Early Oligocene age. Volcanic rocks are practically absent from Orestias SB.

The Petrota SB has a basal clastic formation of sandstones and conglomerates of Late Eocene age, overlain by marls of Oligocene age.

The pre-Tertiary basement is different in the three sub-basins of western Thrace. The low metamorphic grade Makri unit (part of the Circum Rhodope Unit) is observed below the western margin of Alexandroupolis SB, whereas the Melia Late Cretaceous diabases and flysch are observed below the central part of the sub-basin. On the contrary, medium-high grade metamorphic rocks are observed below the southern margin of Orestias SB and also below the western margin of Petrota SB.

The above tectonostratigraphy can be correlated to that of the southern part of Eastern Thrace in Turkey, around Tekirdağ-Keşan - Kallipolis. Thus, Kirki Fm is equivalent to Fıçitepe Fm, Chorafaki Fm is equivalent to Keşan Fm, Avas Fm is equivalent to Soğucak Fm, Pylaea Fm is equivalent to Ceylan and Mezardere formations. The *Congeria* bearing sediments are indicating the northern margin of the Thrace basin both in the western part of Greece (e.g., Didimoticho, Pythion Fm) and the eastern part of Turkey (e.g., Pınarhisar).

Key Words: tectonostratigraphic formations, unconformities, basin evolution, strike-slip fault zones

Litosfer Ölçeğinde Pangea Oluşumunun İlk Sonuçları

Gabriel Gutiérrez-Alonso¹, J. Brendan Murphy², Javier Fernández-Suárez³,
Arlo B. Weil⁴ ve Stephen T. Johnston⁵

¹ *Departamento de Geología, Universidad de Salamanca, Salamanca 37008, Spain
(E-posta: gabi@usal.es)*

² *Department of Earth Sciences, St. Francis Xavier University, Antigonish,
Nova Scotia, B2G 2W5 Canada*

³ *Departamento de Petrología y Geoquímica, Universidad Complutense, Madrid 28040, Spain*

⁴ *Department of Geology, Bryn Mawr College, Bryn Mawr, PA 19010, USA*

⁵ *School of Earth and Ocean Sciences, University of Victoria, P.O. Box 3055 STN CSC,
Victoria, British Columbia, V8W 3P6 Canada*

Dünyanın jeolojik tarihindeki etkileyici ve ender olaylardan birisi pek çok kıtasal litosferin tek bir süper-kıta oluşturacak şekilde birleşmesidir. En son oluşan süper-kıta, Pangea günümüzden yaklaşık olarak 320 milyon ile 200 milyon yıl öncesindeki zaman aralığında var olmuştur. Burada, Pangea'nın oluşumuna sebep olan kıtasal çarpışmadan sonra, plakaların yakınlaşmasının geniş kama şekilli okyanusal bölgede devam ettiğini öngörmekteyiz. Süper-kıta çevresindeki yamulmanın, küresel Pangea kıtasının bir diğer tarafında yine kendi kıtasal kenarı altına dalan okyanusla beraber yitim oluşturmuş olmasından kaynaklandığı görüşündeyiz. Bu senaryo, Pangea kıtası içinde gelişen bir basınç rejimi olduğu sonucuna götürmektedir. Bu rejim, Paleotetis Okyanusu'nun kenar (apex) noktalarının yakınında, Batı Avrupa'nın temel kayalarında halen gözlenen, geniş bir oroclinal kıvrım yapısı olan İber-Armonika yayı, yaygın alt kabuk ısınması ve kıta çekirdeğinde üst üste gelişmiş mağmatizma, buna ilaveten plakaların pek çok kenar bölgelerinde ışımsal dizilim gösteren kıtasal riftlerin gelişimini açıklamaktadır.

Litosferic mantonun bu geniş ölçekli senaryodaki rolü halen tam olarak açıklanamamıştır. Çarpışma orojenezinin merkezinde kıtasal litosferin bölümlenmesi (delaminasyonu) kanıtlanmış bir işlem olmakla birlikte, buna neden olan mekanizma halen tam olarak anlaşılmış değildir. İber-Armonika yayınının (Pangea çekirdeğindeki orocline) ortaya çıkışı ile Pangea oluşumunun (amalgamation) son evreleri eş zamanlıdır ve İberya'da 285 My öncesi ve sonrasında gelişen manto kökenli mafik kayalarda birbirine zıt Sm-Nd izotopik verileri tanınabilir. Sm-Nd izotopik verilerinde bu yöndeki değişim İberya altındaki kıta-altı litosferik mantonun (sub-continental lithospheric mantle - KALM) erken Permiyen'de değişikliğe uğradığını işaret etmektedir. Tarafımızca geliştirilen görüşe göre, oroklinin çekirdeğinde bulunan kalınlaşmış kıta kabuğunun bölümlenmesi (delaminasyon) varolan KALM'nun değişikliğe uğramasını ve astenosferdeki yükselmeyi tetikledi. Bu da yaklaşık olarak 285 milyon yıl önceki ve sonraki mafik kayaçların Sm-Nd izotopik değerlerindeki tezatlık için bir açıklayıcı mekanizma oluşturdu. Mantodaki bu değişiklik, Pangeanın kendi altına yitiminin neden olduğu orocline oluşumu ile tetiklenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Pangea, oroklin, İber-Armonika yayı, lithosferik bölümlenme, manto değişikliği, Sm-Nd izotopları

Immediate Consequences of Pangea Amalgamation at Lithospheric Scale

Gabriel Gutiérrez-Alonso¹, J. Brendan Murphy², Javier Fernández-Suárez³,
Arlo B. Weil⁴ & Stephen T. Johnston⁵

¹ *Departamento de Geología, Universidad de Salamanca, Salamanca 37008, Spain
(E-mail: gabi@usal.es)*

² *Department of Earth Sciences, St. Francis Xavier University, Antigonish,
Nova Scotia, B2G 2W5 Canada*

³ *Departamento de Petrología y Geoquímica, Universidad Complutense, Madrid 28040, Spain*

⁴ *Department of Geology, Bryn Mawr College, Bryn Mawr, PA 19010, USA*

⁵ *School of Earth and Ocean Sciences, University of Victoria, P.O. Box 3055 STN CSC,
Victoria, British Columbia, V8W 3P6 Canada*

One of the most dramatic and rare occurrences in Earth history is the amalgamation of most of the continental lithosphere into one super-continent. The most recent super-continent, Pangea, lasted from *ca.* 320 to 200 million years ago. Here we hypothesize that after the continental collisions that led to the amalgamation of Pangea, plate convergence continued in a large, wedge shaped oceanic tract. We suggest that plate strain at the periphery of the super-continent would eventually result in self-subduction of the Pangean global plate, with the ocean margin of the continent subducting beneath the continental edge at the other end of the same plate. This scenario would result in a stress regime within Pangea that explains the development of a large oroclinal fold structure, the Iberian-Armorican Arc still visible in the crustal rocks of Western Europe, near the apex of the Palaeotethys Ocean, the extensive lower crustal heating and voluminous magmatism at the core of the continent as well as the development of radially arranged continental rifts in more peripheral regions of the plate.

In this large scale scenario the role of the mantle lithosphere still remains almost unexplored. Although delamination of continental lithosphere in the core of collisional orogens is a well established process, the mechanisms responsible for it are still poorly understood. Contemporaneous with the waning stages of Pangea amalgamation and the generation of the Iberian-Armorican Arc (the orocline in the core of Pangea), in Iberia a contrasting Sm-Nd isotopic signature between pre- and post- *ca.* 285 Ma mantle-derived mafic rocks can be recognized. This change in the Sm-Nd isotopic signature suggests that the sub-continental lithospheric mantle (SCLM) under Iberia was replaced in Early Permian times. We propose that the delamination of thickened continental lithosphere in the core of the orocline triggered asthenospheric upwelling and replacement of the ancient SCLM, providing a mechanism and explanation for the contrasting Sm-Nd isotopic characteristics of pre- and post- *ca.* 285 Ma mafic rocks. This replacement was triggered by the orocline formation that in turn resulted from the effects of the self-subduction of Pangea.

Key Words: Pangea, orocline, Iberian-Armorican arc, lithospheric delamination, mantle replacement, Sm-Nd isotopes

Biga Yarımadası’nda Bazı Temel Jeolojik Sorunlar: Çetmi Melanjı

Erdoğan Yiğitbaş, İsmail Onur Tunç ve Fırat Şengün

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

Kuzeybatı Anadolu’da birbirinden çok farklı tektonik birliklerin bir araya geldiği bilinmektedir. Bu nedenle Biga Yarımadası’nın jeolojisi, Türkiye jeolojisinin anlaşılması açısından oldukça kritik bir öneme sahiptir. Biga Yarımadası yerli ve yabancı yerbilimciler tarafından Türkiye’nin en çok çalışılan bölgelerinden biri olmasının yanı sıra çok sayıda jeolojik sorunu da içinde barındırmaktadır. Bunlardan biri Intra-Pontid okyanusunun dalma-batma melanjı olarak geliştiği düşünülen ve Erken Kretase ile Eosen aralığında geniş bir yaş aralığı verilen birimin niteliğidir. Çetmi melanjı, Ballıkaya formasyonu, Balıkaya formasyonu, Şarköy karmaşığı, Karagöl karmaşığı, vb isimlerle adlandırılan bu birim Biga Yarımadası’nın Çetmi, Karabiga, Biga ve Şarköy bölgelerinde değişik isimler altında adlandırılmakla birlikte aynı jeotektonik anlamda değerlendirilmektedir. Alt Kretase–Paleosen yaşlı bu birimin topluca bir eklenir prizma özelliği gösterdiği belirtilmektedir.

Bu bloklu – karmaşık toplulukların mostra verdiği alanlarda yapılan saha çalışmaları bunların her bir alanda birbirinden farklı istif ve stratigrafik nitelikler gösterdiğini, dolayısıyla her bir mostrada yer alan birimlerin birbirlerinin devamı olarak değerlendirilmemesi gerektiğini işaret etmektedir. Nitekim, Gönen’de metamorfik temel üzerine uyumsuz olarak Jurasik yaşlı kırıntılılar gelmekte ve Mesozoyik yaşlı karbonat platformuna geçen istif üste doğru bloklu bir karmaşık halini almaktadır. Çetmi melanjı olarak tanımlanan bu bloklu karmaşık Geç Kretase yaşlıdır. Biga dolaylarında ise Erken Kretase–Paleosen yaşında tabanı görülmeyen bloklu birim de Çetmi melanjı eşdeğeri olarak adlandırılmaktadır. Adlandırıldığı tip lokalitesi olan Çetmi dolaylarında ise çökel bir matriks (kumtaşı-şeyl) içerisinde kireçtaşı, çört, kumtaşı bloklarından oluşan Erken Kretase yaşlı bloklu birim doğrudan Kazdağ Masifi üzerinde tektonik olarak yer almaktadır. Aynı birim Karabiga dolaylarında ise uyumsuz olarak metamorfik temel üzerine stratigrafik dokanakla oturmaktadır. Şarköy dolaylarında ise tabanı görülmemekle birlikte Paleosen–Eosen yaşlı kırıntılıların (kumtaşı-marn-çakıltaşı) içinde serpantin ve mavişist bloklarının yer aldığı görülmektedir.

Anahtar Sözcükler: melanj, Mesozoyik, Tersiyer, Biga Yarımadası

Some Major Geological Problems in the Biga Peninsula: The Çetmi Mélange

Erdoğan Yiğitbaş, İsmail Onur Tunç & Fırat Şengün

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

Biga Peninsula in northwestern Anatolia is known as region where different tectonic units meet. Therefore, the geology of the Biga Peninsula plays an important role on the better understanding of the geology of Turkey. The Biga Peninsula is not only one of the most studied regions of Turkey by both native and foreigner geologists; but there are still many important basic geological questions. One of the contentious issues includes the character of a Lower Cretaceous to Eocene unit, which is previously considered as a subduction zone mélangé of Intra-Pontide ocean. Although this unit is referred with different names in Çetmi, Karabiga, Biga and Şarköy regions of the Peninsula (as Çetmi mélangé, Ballıkaya formation, Balikkaya formation, Şarköy complex, and the Karagöl complex), the unit is considered to imply the same tectonic meaning. It is suggested that this Lower Cretaceous–Paleocene unit represents a typical accretionary prism character.

Recent field campaign on this blocky-mélangé unit in different parts of the Peninsula demonstrates that the unit is represented by different sequences with diverse stratigraphy and that they cannot be considered as the continuation of the same unit. Indeed, Jurassic clastics rest unconformably on the metamorphic basement in Gönen; the sequence passes into Mesozoic carbonates, which then changes upward into a blocky chaotic complex, considered as equivalent of Çetmi mélangé of Late Cretaceous age. Similarly, an upper Cretaceous–Paleocene blocky unit exposed around Biga is evaluated as the Çetmi mélangé. In its type locality around Çetmi village, the Çetmi mélangé is represented by a lower Cretaceous blocky unit, consisting of limestone, chert, and sandstone blocks within a sedimentary matrix (sandstone-shale) and directly tectonically overlies the Kazdağ Massif. On the other hand, around Karabiga the same unit unconformably overlies the metamorphic basement. In the Şarköy outcrops, serpentinite and blueschist blocks are occurred in a Paleocene–Eocene sedimentary matrix composed mainly of sandstone, marl, and conglomerate.

Key Words: mélangé, Mesozoic, Tertiary, Biga Peninsula

Biga Yarımadası Kuzeyinde (KB Türkiye) Geç Kretase Yaşlı Yüksek Basınç Metamorfizması ve Bunun İç-Pontid Okyanusu'nun Evrimi Açısından Önemi

Mesut Aygül¹, Gültekin Topuz¹ ve Muharrem Satır²

¹ *İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü, 80626 Ayazağa, İstanbul
(E-posta: aygulm@itu.edu.tr)*

² *Universität Tübingen, Institut für Geowissenschaften, Wilhelmstrasse 56,
D-72074 Tübingen, Germany*

Biga Yarımadası'nın kuzeybatısı Rodop-Istranca ile Sakarya zonları arasındaki kenet zonuna karşılık gelmektedir. Kenet zonu, yüksek basınç metamorfizmaları, ofiyolitik yığışım karmaşıkları ve ofiyolitler tarafından işaretlenmekte ve İç-Pontid Okyanusu'nun izini tanımlamaktadır. Kemer yöresi (Biga, Çanakkale) yüksek-basınç kayaları ve ofiyolitik yığışım karmaşığının yan yana görüldüğü önemli bir alandır. Bu tebliğin amacı, Kemer Metamorfizmaları'nın arazi ilişkilerini, başkalaşım koşullarını ve yaşını tanımlamak ve elde edilen veriler ışığında İç-Pontid Okyanusu'nun jeolojik evrimini tartışmaktır.

Kemer Metamorfizmaları baskın olarak mikaşist, kalkşist, mermer ile az oranda metabazit ve metaserpantinlerden oluşmaktadır. Mikaşistler granat, fengit (3,30–3,44 c.p.f.u.), paragonit, albit, epidot, klorit ve titanit minerallerini içermektedir. Metabazitler ise granat, barrosit, epidot, albit, klorit ve titanit minerallerini kapsamaktadır. Başkalaşım koşulları, 550 ± 50 °C sıcaklık ve 8–14 kbar basınç olarak sınırlandırılmıştır.

Kemer Metamorfizmaları güney sınırında bir okyanusal yığışım karmaşasıyla tektonik dokanaktır. Bu okyanusal yığışım karmaşası, makaslanmış kayrak nitelikli bir matrikse sahip olup, serpantin, kireçtaşı, kumtaşı, radyolarit, bazalt, metabazalt ve mermer blokları içermektedir. Bazı metabazit bloklarında, mavişist fasiyesi koşullarına maruz kaldığını gösteren Na-amfiboller gözlenmektedir.

Yüksek basınç başkalaşımının yaşını sınırlandırmak için, dört granat-mikaşist örneğinden seçilen fengitler üzerinde Rb-Sr yaş tayini yapılmıştır. Bu yaş tayinleri, 64 ile 84 My arasında saçılmakta ve Kemer yöresinde yüksek basınç başkalaşımının Geç Kretase'de gerçekleşmiş olduğunu göstermektedir.

Biga Yarımadası'ndaki ve Güney Trakya'daki Geç Kretase yaşlı yüksek basınç metamorfizmaları, Üst Kretase döneminde İç-Pontid okyanusunun açık olduğunu ve kuzeydeki Rodop-Istranca kıtasal alanının eklenme ile yan al olarak büyümüş olduğunu belgelemektedir. Yüksek-basınç metamorfizmaları ve yığışım karmaşasının Eosen yaşlı volkanitler ve volkano-klastitler tarafından örtülmesi ve Eosen (~52 My) graniti tarafından kesilmesi de mevcut okyanusal alanın kapanmasını, Geç Kretase ile Erken Eosen arası olarak sınırlandırmaktadır. Bununla birlikte, son çalışmalar İç-Pontid Okyanusu'nun daha doğuda (>150 km) İstanbul ile Sakarya zonlarını ayıran kesimi Erken Kretase'de kapanmış olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla, Geç Kretase döneminde İç-Pontid Okyanusu doğuya doğru daralan bir körfez oluşturmaktaydı.

Anahtar Sözcükler: İç-Pontid okyanusu, jeodinamik, yüksek-basınç metamorfizması, yığışım karmaşığı, jeokronoloji

Late Cretaceous High-Pressure Metamorphism in Northern Biga Peninsula (NW Turkey): Implications for the Evolution of the Intra-Pontide Ocean

Mesut Aygül¹, Gültekin Topuz¹ & Muharrem Satır²

¹ *İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü, Ayazağa, TR-80626 İstanbul, Turkey (E-mail: aygulm@itu.edu.tr)*

² *Universität Tübingen, Institut für Geowissenschaften, Wilhelmstrasse 56, D-72074 Tübingen, Germany*

Northwestern part of the Biga Peninsula corresponds to the suture zone between the the Rhodope-Strandja and Sakarya zones, and represents the traces of the so-called Intra-Pontide ocean. This suture zone is marked by the presence of high-pressure metamorphic rocks, oceanic accretionary complexes and ophiolites. The Kemer region is one of the main areas where high-pressure rocks and an oceanic accretionary complex are widely exposed. The main objective of this contribution is to outline the field relations, metamorphic conditions and the age of the high-pressure metamorphism. All these data will be discussed in terms of the evolution of the Intra-Pontide ocean.

The Kemer metamorphic rocks comprise predominantly micaschists, calcschists, marble and subordinately metabasites and metaserpentinities. The micaschists contain garnet, phengite (3.30–3.44 c.p.f.u.), paragonite, albite, epidote, chlorite and titanite. The metabasites consist of garnet, barroisite, epidote, albite, chlorite and titanite. Metamorphic conditions are constrained as 550 ± 50 °C temperature and 8–14 kbar pressure.

To the south, the Kemer metamorphisms are in tectonic contact with an oceanic accretionary complex. This oceanic accretionary complex has a sheared slaty matrix, and includes blocks of serpentinite, limestone, sandstone, radiolarite, basalt, metabasalt and marble. Some of the metabasalt blocks contain Na-amphibole, testifying that some blocks underwent blueschist-facies metamorphism.

To constrain the timing of high-pressure metamorphism, Rb-Sr phengite-whole rock dating were performed on four garnet-micaschist samples. The ages scatter between 64 and 84 Ma and suggest that the high-pressure metamorphism in the Kemer region occurred during late Cretaceous.

Late Cretaceous high-pressure metamorphism in southern Thrace and northwestern Biga Peninsula documents that the Intra-Pontide Ocean was still open during the Late Cretaceous time, and the continental domain of the Rhodope-Strandja grew laterally due to accretion. The fact that both the high-pressure metamorphics and accretionary complex are unconformably overlain by Eocene volcanics and volcano-clastics and crosscut by Early Eocene granite (~52 Ma) constrains the closure of the Intra-Pontide Ocean between late Cretaceous and early Eocene. On the other hand, the Intra-Pontide Ocean closed during Early Cretaceous in the east (>150 km), in part separating the Istanbul and Sakarya zones, as revealed by the recent studies. This suggests that the Intra-Pontide ocean formed an easterly narrowing embayment.

Keywords: Intra-Pontide ocean, geodynamic, high-pressure metamorphism, accretionary complex, geochronology

İstanbul ve Sakarya Zonlarının Batı Kesiminin Geç Kretase–Eosen'deki Evrimi

Zahide Özgörüş¹, Aral I. Okay¹ ve Ercan Özcan²

¹ *İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü,
34469 Maslak, İstanbul (E-posta: ozgorusz@itu.edu.tr)*

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

Pontid-İçi okyanusu ile ayrıldığı farz edilen İstanbul ve Sakarya zonlarının ne zaman ve nasıl biraraya geldikleri konusunda jeolojik veri kısıtlıdır. Bu konuyu aydınlığa kavuşturmak amacı ile Karadeniz sahil şeridi (Şile-Kaynarca) ile Bursa arasında yer alan bölgede çok sayıda Üst Kretase–Eosen stratigrafik kesitleri ölçülmüştür. Kocaeli Yarımadası'nda Paleozoyik ve Triyas yaşlı birimler üzerine uyumsuz olarak gelen Üst Kretase istifi, yarımada'nın kuzey ve güney kesimlerinde farklılıklar göstermektedir. Kuzey kesimde Üst Kretase istifi, Santoniyen–Kampaniyen yaşlı volkanik ağırlıklı bir istif olan Yemişliçay Formasyonu ile başlamakta ve Kampaniyen-Tanesiyen yaşlı pelajik kireçtaşlarından oluşan Akveren Formasyonu ile devam etmektedir. Güney kesimde ise Yemişliçay Formasyonu görülmemekte ve Üst Kretase sadece Akveren Formasyonu ile temsil edilmektedir. Kocaeli Yarımadası'nda Paleosen yaşlı birimler üzerine türbiditik çökellerden oluşan Erken Kuiziyen yaşlı Çaycuma Formasyonu uyumlu olarak gelmektedir.

Armutlu Yarımadasında Üst Kretase–Eosen istifi altta Erken Kampaniyen yaşlı konglomera, silttaşı ve marnlardan ve bunları üzerleyen Orta Kampaniyen–Tanesiyen yaşlı Akveren Formasyonu'nun pelajik kireçtaşlarından oluşmaktadır. Armutlu Yarımadası'nın güneyine doğru Akveren Formasyonu'nun pelajik kireçtaşları kalsitürbiditlere geçiş göstermektedir. Üst Kretase–Paleosen istifleri üzerinde Armutlu yarımadasında volkanik arakatlı türbiditlerden oluşan Çaycuma Formasyonu yer almaktadır.

İznik gölü ile Bursa arasında kalan kesimde Üst Kretase istifi, Triyas yaşlı temel üzerine uyumsuz olarak gelen Orta Turoniyen-Santoniyen yaşlı pelajik kireçtaşlarından oluşan Vezirhan Formasyonu ile başlamakta ve tipik bir fliş istifinden oluşan Santoniyen-Maastrichtiyen yaşlı Gölpazarı grubu ile devam etmektedir. Vezirhan Formasyonu içerisinde bol miktarda yer alan Bilecik kireçtaşı olistolitleri çökelme sırasında bölgenin tektonik açıdan aktif olduğunu göstermektedir. İznik gölü ile Bursa arasında kalan kesimde Kampaniyen–Maastrichtiyen yaşlı fliş istifi üzerine Erken Kuiziyen yaşlı akarsu çökelleri uyumsuz olarak gelmektedir. Bu bölgede Erken Kuiziyen'de transgresyonun başlaması ile birlikte yeni bir çökelme dönemi başlamış ve Erken Kuiziyen–Erken Lütseyen yaşlı volkanik katkılı yer karasal sığ denizel bir istif çökelmiştir.

Karadeniz sahil şeridi (Şile-Kaynarca) ile Bursa arasında yer alan bölgede Üst Kretase-Eosen istiflerinin beraberce incelendiğinde Geç Kretase'de kuzeyde pelajik karbonat çökeliminden güneye doğru kalsitürbiditlere ve silisiklastik flişe bir yanal geçiş olduğu ortaya çıkmaktadır. Eosen'de ise bölgede genelde fliş çökelimi gözlenmektedir. Üst Kretase–Eosen istiflerinin yanal olarak denetirilebilmesi İstanbul ve Sakarya zonlarının Kampaniyen öncesi biraraya geldiğine işaret etmektedir. Armutlu Yarımadası'ndan elde edilen son jeokronolojik veriler de (Kenan Akbayram sözlü görüşme) bu iki tektonik zonun Erken Kretase'de biraraya geldiğini göstermektedir.

Anahtar Sözcükler: Üst Kretase, Paleosen, Eosen, İstanbul Zonu, Sakarya Zonu, Pontid-içi kenedi

Late Cretaceous–Eocene Evolution of the Western Margins of the İstanbul and Sakarya Zones

Zahide Özgörüş¹, Aral I. Okay¹ & Ercan Özcan²

¹ İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, Maslak,
TR–34469 İstanbul, Türkiye (E-mail: ozgorusz@itu.edu.tr)

² İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeoloji Müh. Bölümü, Maslak,
TR–34469 İstanbul, Türkiye

The İstanbul and Sakarya zones of the Pontides are believed to be separated by the Intra-Pontide suture. However, data on the age of opening and closure of the Intra-Pontide ocean are very scarce. To constrain this problem several Upper Cretaceous–Eocene stratigraphic sections have been measured in an area stretching from the Black Sea (Şile-Kaynarca) to Bursa encompassing both the İstanbul and Sakarya zones.

In the Kocaeli Peninsula the Upper Cretaceous series, which lie unconformably over the Palaeozoic and Triassic rocks, show lateral changes. In the north the Cretaceous sequence starts with volcanic dominated Yemişliçay Formation of Santonian–Campanian age and passes up into Campanian–Thanetian pelagic limestones of the Yemişliçay Formation. The Yemişliçay Formation is absent in the southern parts of the Kocaeli Peninsula, and the Upper Cretaceous is only represented by the Akveren Formation. The Akveren Formation is overlain conformably by the siliciclastic turbidites of the Çaycuma Formation of Early Cuisian age.

In the Armutlu Peninsula the Upper Cretaceous–Eocene sequence starts at the base by Lower Campanian conglomerate, siltstone, marn, which are overlain by the Middle Campanian–Thanetian pelagic limestones of the Akveren Formation. In the southern part of the Armutlu Peninsula the pelagic limestones of the Akveren Formation pass into calciturbidites. The Upper Cretaceous–Paleocene rocks of the Armutlu Peninsula are overlain by the turbidites and volcanic rocks of the Eocene Çaycuma Foation.

In the region between the İznik Lake and Bursa the Upper Cretaceous sequence starts with pelagic limestones of Middle Turonian–Santonian age (Vezirhan Formation), which lie unconformably over the Triassic basement. The Vezirhan Formation includes voluminous olistoliths of Jurassic limestone and passes up into a siliciclastic flysch of Santonian–Maastrichtian age (Gölpazarı Group). Lower Cuisian fluvial deposits lie unconformably over the Gölpazarı Group. In this region the Early Cuisian marks the base of a new transgression and the sequence develops into a Lower Cuisian–Lower Lutetian continental to shallow marine clastic series.

When the Upper Cretaceous–Eocene sequences between the Black Sea and Bursa are considered together, it is seen that in the Late Cretaceous pelagic limestone deposition in the north gives way southward into calciturbidites and to siliciclastic flysch deposition. The observation that these sequences can be laterally correlated indicate that the İstanbul and Sakarya zones were joined before the Campanian. The latest geochronological results from the Armutlu peninsula (Kenan Akbayram oral communication) indicate that these two zones were joined during the Early Cretaceous.

Key Words: Upper Cretaceous, Paleocene, Eocene, İstanbul Zone, Sakarya Zone, Intra-Pontide suture

Almacık Mafik-ultramafik Kompleksi: İstanbul Bloğu'nun Tabanındaki Çele Meta-ofiyolitinin Bir Parçası veya Buna Komşu Sakarya Kabuk Altı Mantosu, KB Türkiye

John A. Winchester¹, Erdin Bozkurt², Erdinç Yiğitbaş³, Muharrem Satır⁴,
Quentin G. Crowley⁵ ve Christopher J. Ottley⁶

¹ *Earth Science & Geography, School of Physical and Geographical Sciences,
Keele University, Staffordshire ST5 5BG, UK*

*Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, TR-06531 Ankara
(E-posta: erdinbozkurt@metu.edu.tr)*

³ *Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, TR-17000 Çanakkale*

⁴ *Department of Earth Sciences, University of Tübingen, D-72074 Germany*

⁵ *NERC Isotope Geosciences Laboratory, Keyworth, Nottingham, NG12 5GG, UK*

⁶ *Department of Geological Sciences, South Road, Durham DH1 3LE, UK*

Almacık dağının güney yamaçlarında açılmış olan yeni yol yarmalarında, düşük dereceli metamorfik bimodal volkanitlerle faylı dokanak ilişkisi sunan, ultramafik (harzburjitik ve websteritik) ve mafik kaya türlerinden oluşan amfibolit fasiyesinde metamorfik bir kompleksin mostraları görülür. Bu kompleksin doğu kesimini oluşturan ada yayı meta-toleyitleri ile geçiş tipinden kalk-alkalene değişen türdeki metabazitler kimyasal olarak Proterozoyik yaşlı Çele meta-ofiyolitine çok benzer niteliktedir. Bu nedenle Almacık kompleksi, önceki çalışmalarda, Çele meta-ofiyolitinin Kuzey Anadolu Fayı boyunca parçalanarak birbirinden ayrılmış bir parçası olarak değerlendirilmiştir. Almacık yol kesitinin önemli bir kesiminde, yapısal olarak daha alt ve kimyasal olarak farklı mafik ve ultramafik kayalar mostra verir. Bu nedenle Almacık kompleksi, ters fay dilimleriyle parçalanmış bir dalma-batma üstü ofiyoliti olarak değerlendirilir.

Çele meta-ofiyolitini kesen granitik kayalardan alınmış olan geç Proterozoik yaşlar plajiyogranitlerden alınabilmiş değildir. Plajiyogranitlerden elde edilen yaşlar, bu kayaların geç Permian'de oluştuğunu ve Paleotetis'in kapanması esnasında yüksek amfibolit fasiyesinde metamorfizmaya uğradığını işaret etmektedir. Bundan da öte, bu kayalardan elde edilen ve İstanbul bloğundakilere benzemeyen bazı kalıntı yaşlar, Avalonian temelden ziyade Armorikan tip bir temelle (böylece Sakarya zonu ile) alakalı olduğunu işaret etmektedir.

Yol yarması boyunca mafik ve ultramafik kayaların ardalanması ve ultramafik kayaların her bir mostrasının batısındaki münferit yüksek yamulma zonlarının varlığı, yapısal bir tekrarlanmayı işaret eder. Yüksek dereceli metamorfizmanın varlığı ve bunun yanısıra ekstrüfiz lavlar ya da levha daykların bulunmaması, Almacık kompleksinin bir kesiminin ofiyolit olmayabileceğini, bunun yerine İstanbul bloğu ile çarpışıp onun altına itilmesiyle metamorfizmaya uğrayan Sakarya bloğunun kıta altı temeli olarak Permian'de oluşmuş olabileceğini işaret eder. Sıkışmanın son döneminde, Jura'da, bu kayaları içeren bir horst bloğu İstanbul bloğunun güney kenarına karşı yükselmiş olmalıdır. İstanbul bloğu içinde yüksek dereceli Jura metamorfizmasının olmaması ayrıca İstanbul bloğunun Sakarya üzerine bindirmiş olduğunu da işaret eder.

Anahtar Sözcükler: ultramafik, metaofiyolit, İstanbul Bloğu, Sakarya Bloğu, Kuzeybatı Türkiye

The Almacık Mafic-ultramafic Complex: Either a Detached Portion of the İstanbul Block Basement Çele Meta-ophiolite or Sakarya Subcrustal Mantle Adjacent to the İstanbul Block, NW Turkey

John A. Winchester¹, Erdin Bozkurt², Erdiñ Yiğitbaş³, Muharrem Satır⁴,
Quentin G. Crowley⁵ & Christopher J. Ottley⁶

¹ *Earth Science & Geography, School of Physical and Geographical Sciences,
Keele University, Staffordshire ST5 5BG, UK*

² *Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, TR–06531 Ankara, Türkiye
(E-mail: erdinbozkurt@metu.edu.tr)*

³ *Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, TR–17000 Çanakkale, Türkiye*

⁴ *Department of Earth Sciences, University of Tübingen, D-72074 Germany*

⁵ *NERC Isotope Geosciences Laboratory, Keyworth, Nottingham, NG12 5GG, UK*

⁶ *Department of Geological Sciences, South Road, Durham DH1 3LE, UK*

New road cuttings south of the Almacık Mountains expose an amphibolite facies complex consisting of alternating ultramafic (harzburgitic and websteritic) and mafic rock types in faulted contact with low grade bimodal volcanics. The eastern part of this complex contains island arc meta-tholeiites and transitional to calc-alkaline metabasites chemically quite similar to those of the Proterozoic Çele meta-ophiolite. This led early studies to suggest equivalence, with the Almacık Complex interpreted as a part of the Proterozoic Çele meta-ophiolite, detached by recent movements along splays of the North Anatolian Fault. Much of the Almacık section exposes structurally deeper and chemically different mafic and ultramafic rocks, with no exposed equivalent in the Çele meta-ophiolite, and this led to an interpretation of the Almacık Complex as a supra-subductional ophiolite, structurally telescoped to form a series of superimposed thrust sheets.

However, isotopic dating of plagiogranites has not yielded late Proterozoic dates equivalent to those of granitic rocks which cut the Çele meta-ophiolite. Dates obtained so far instead suggest that these rocks formed during the late Permian and underwent high amphibolite facies metamorphism at the time of Palaeotethys closure during the Jurassic. Furthermore, the sparse inherited ages of these rocks, unlike those from İstanbul Block granitoids, suggest a link with Armorican-type (and hence Sakarya), rather than Avalonian basement.

Alternating mafic and ultramafic rocks along the road section suggest structural repetition, supported by the exposure of discrete high-strain zones west of each outcrop of ultramafic rocks. The high grade of metamorphism, coupled with the lack of evidence for either extrusive lavas or sheeted dyke rocks suggest the possibility that a part of the Almacık complex was not an ophiolite, but formed instead in the Permian as subcontinental basement to the Sakarya Block, which was metamorphosed on collision with, and underthrusting beneath the İstanbul Block. A horst containing these rocks was then uplifted during a late stage of the compression against the southern margin of the İstanbul Block in the Jurassic. Lack of high grade Jurassic metamorphism in the adjacent İstanbul Block also suggests that it was overthrust over the Sakarya margin.

Key Words: ultramafic, metaophiolite, İstanbul Block, Sakarya Block, Northwest Turkey

Armutlu Yarımadası ve Almacıkdağ Amfibolitik Kayaçları İçin İzotopik ve Jeokimyasal Sınırlamalar

Ömer Faruk Çelik¹, Ömer Feyzi Gürer¹, Ercan Aldanmaz¹,
Terry Spell² ve İlknur Öz¹

¹ Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,
41380 Kocaeli (E-posta: fcelik@kocaeli.edu.tr)

² Department of Geoscience, University of Nevada, 4505 Las Vegas, USA

Kuzeybatı Türkiye’de Armutlu yarımadası, Kuzey Anadolu Fayı’nın (KAF) iki ana kolu arasında sınırlanır. Armutlu Yarımadası, litolojik özellikleri ve yaşları birbirlerinden farklı kayaç topluluklarıyla temsil edilirler. Kayaç toplulukları arasındaki kontak ilişkileri genellikle tektoniktir.

Armutlu Yarımadası güneyinde (Geyve Boğazı – Pamukova) ve daha doğuda Almacıkdağ’ı civarında yeralan metamorfik kayaçlar genel olarak masif, ince taneli, kaba taneli ve bantlı amfibolitik/gnaysik kayaçlar şeklinde tanımlanmıştır. Amfibolitik kayaçlar genel olarak amfibol + plajiyoklaz ± piroksen ± granat ± epidot ± biyotit ± klorit ± ilmenit ± kuvars minerallerinden oluşmakta olup granoblastik, granonematoblastik ve porfiroblastik dokularla temsil edilirler.

Tüm kaya ana, iz ve nadir toprak elementleri analizlerine göre amfibolitik kayaçların ada yayı toleyitleri (IAT), okyanus ortası sırtı bazaltları (MORB) ve okyanus adası bazaltları (OIB) benzeri jeokimyasal özelliklere sahip oldukları belirlenmiştir. ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr ve ¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd izotop oranları metamorfik kayaçların protolitlerinin bir bölümünün ya kıtasal kabuktan ya da yitim zonuna katılan sedimanlardan etkilendikleri fikrini vermiştir.

Amfibolitik kayaçlardan yapılan mineral kimyası çalışmalarına göre, amfibol mineralleri genel olarak kalsik amfibol özelliğinde olup başlıca magnezyumlu-hornblend, çermakit, aktinolit-hornblend ve aktinolitlerle temsil edilirler. Aynı kayaçlardan plajiyoklaslar albit ve bitovnit arası bileşimlere sahiptir.

Pamukova, Geyve Boğazı ve Almacıkdağ amfibolitik kayaçlarının mineral bileşimlerine dayalı jeotermobarometre çalışmaları, metamorfizma esnasındaki sıcaklığın 600–720 °C ve basınç değerlerinin yaklaşık 5–6 kb civarında olduğunu göstermiştir.

Amfibolitik kayaçların amfibollerinden ⁴⁰Ar-³⁹Ar ölçümleri ile kabaca 160 ve 220 Myl yaş verileri elde edilmiştir. Belirlenen bu yaşlar metamorfik kayaçların soğuma yaşları olarak değerlendirilmiştir. Bu yaş verilerine göre bölgedeki metamorfik kayaçların köken kayaçları iki ayrı metamorfizmadan metamorfize olmuş olmalıdır.

Anahtar Sözcükler: Geyve, Pamukova, Karakaya, metamorfizma, jeokimya, izotop, jeokronoloji

Isotopic and Geochemical Constraints for the Amphibolitic Rocks of Armutlu Peninsula and Almacıkdağ

Ömer Faruk Çelik¹, Ömer Feyzi Gürer¹, Ercan Aldanmaz¹,
Terry Spell² & İlknur Öz¹

¹ *Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,
TR-41380 Kocaeli, Turkey (E-mail: fcelik@kocaeli.edu.tr)*

² *Department of Geoscience, University of Nevada, 4505 Las Vegas, USA*

The Armutlu peninsula in NW Turkey is located between two main branches of the Northern Anatolian Fault. The Armutlu Peninsula is represented by the rock units of which their lithological properties and age relations are different from each other. The contact relationships between the rock units are generally tectonic.

The metamorphic rocks located in the southern part of the Armutlu Peninsula (Geyve Gorge – Pamukova) and the further east around Almacıkdağ were commonly defined as the massive, fine grained, coarse grained and banded amphibolitic/gneissic rocks. The amphibolitic rocks consist mainly of amphibole + plagioclase ± garnet ± epidote ± biotite ± chlorite ± ilmenite ± quartz minerals. They are represented by granoblastic, granonematoblastic, porphyroblastic textures.

Whole rock major, trace and REE analyses indicate that the amphibolitic rocks have the island arc tholeiites (IAT), mid-ocean ridge basalts (MORB) and the ocean island basalts (OIB)-like geochemistry. ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr and ¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd isotope ratios from protoliths of one part of the metamorphic rocks suggest that they were affected by either crustal contamination or contribution of sediments into the subduction zone.

All amphiboles from the amphibolitic rocks have calcic amphibole compositions based on mineral chemistry studies. They are mainly represented by magnesio-hornblende, tschermakite, actinolite-hornblende and actinolite. Plagioclase compositions from the same rocks range from albite to bytownite.

Geothermobarometric studies based on chemical compositions of minerals in the amphibolitic rocks from Pamukova, Geyve Gorge and Almacıkdağ indicate that the metamorphic temperature during the metamorphism was between 600–720 °C and the pressure was around 5–6 kbar.

⁴⁰Ar-³⁹Ar measurements for amphiboles from the amphibolitic rocks yielded roughly 160 and 220 My. These ages were interpreted as the cooling ages of the metamorphic rocks. According to these age data, protoliths of the metamorphic rocks in the region should be metamorphosed from the two different metamorphism.

Key Words: Geyve, Pamukova, Karakaya, metamorphism, geochemistry, isotope, geochronology

Armutlu Yarımadası'ndaki Pontid-İçi Kenet Zonu'ndan Yeni U-Pb Ve Rb-Sr Yaşları; Erken Kretase'de Kıta-Kıta Çarpışması

Kenan Akbayram^{1,2}, Aral I. Okay¹, Muharrem Satır² ve Gültekin Topuz¹

¹ *İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, 34469 Maslak, İstanbul
(E-posta: akbayram@itu.edu.tr)*

² *Institut für Geowissenschaften, Universität Tübingen, D-72074 Tübingen, Germany*

Pontid-İçi kenedi ile ayrılan İstanbul ve Sakarya zonları farklı stratigrafilere, dolayısıyla farklı jeolojik geçmişlere sahiptir. İstanbul Zonu Geç Prekambriyen yaşta (570 My) bir kristalen temel ve bu temel üzerinde yer alan pasif kıta kenarı özelliği gösteren bir Paleozoyik istiften oluşur. Sakarya Zonu is Karbonifer'de (330–310 My) yüksek sıcaklık metamorfizması geçirmiş bir temel içerir, ayrıca Sakarya Zonu'nda, Paleozoyik'te granitik plutonizma görülmektedir. Çalışmamız kapsamında, Armutlu Yarımadası'ndan Pontid-İçi kenet kuşağında yapılan arazi, petrolojik ve jeokronolojik çalışmalar Sakarya ve İstanbul zonlarının Erken Kretase'de çarpıştıklarına işaret etmektedir.

Armutlu Yarımadası doğu kesiminde Sapanca Gölü güneyinde, kuzeybatıya eğimli bindirme düzlemleriyle birbirinden ayrılan üç ana tektonostratigrafik birim bulunmaktadır. Bindirme yığınının en üstünde amfibolit, metaperidotit, metapiroksenit ve gnaysdan oluşan, amfibolit fasiyesinde metamorfizma geçirmiş, Proterozoyik yaşlı bir metaofiyolit yer alır. Bu metaofiyolit İstanbul Zonu'nun temelinin bir parçasını temsil etmektedir. Metaofiyolit birimi metabazit, metaçört, sleyt ve serpantinitten oluşan Kretase yaşlı bir eklenir prizmanın üzerine bindirmiştir. Bindirme yığınının en alt tektonik birimi ise; yeşilist fasiyesinde metamorfizma geçirmiş metakumtaşı, sleyt, fillit ve mermerden oluşmaktadır.

Yeni U/Pb yaşları metaofiyolit içerisindeki gnayslardan ve çökeltme ve metamorfizma yaşı bilinmeyen metasedimanter birimden elde edilmiştir. Metakumtaşlarından elde edilen U/Pb klastik zirkon yaşları 500–317 My aralığındadır. Bu verilere göre metasedimanter birimin çökeltmesi; Karbonifer'den sonra (316±2,4 My) gerçekleşmiştir.

Metasedimanter birimin ve ofiyolitik temel in Rb-Sr muskovit ve biyotit yaşları Erken Kretase (138-111 My) vermektedir. Metakumtaşlarından elde edilen Rb-Sr muskovit yaşları (138±1,5 My) bu birimin metamorfizma yaşını temsil eder. Proterozoyik temel in gnayslarından alınan biyotitlerin Rb-Sr Kretase soğuma yaşları ise (111,3±1,1 My), temel in bu dönemde yeniden ısınmasına neden olan bir tektonizma yaşadığını göstermektedir. Farklı birimlerden elde edilen Erken Kretase yaşları, İstanbul ve Sakarya zonlarının çarpışmasına bağlı olarak gelişen bir metamorfizmanın yaşı olarak yorumluyoruz.

Anahtar Sözcükler: Pontid-İçi kenedi, İstanbul Zonu, Sakarya Zonu, U-Pb zirkon yaşı, Rb-Sr mika yaşı

New U-Pb and Rb-Sr Ages from Northwest Turkey: Early Cretaceous Continental Collision in the Western Pontides

Kenan Akbayram^{1,2}, Aral I. Okay¹, Muharrem Satır² & Gültekin Topuz¹

¹ *İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, Maslak,
TR-34469 İstanbul, Türkiye (E-mail: akbayram@itu.edu.tr)*

² *Institut für Geowissenschaften, Universität Tübingen, D-72074 Tübingen, Germany*

We provide new isotopic data from the Intra-Pontide Suture Zone, which indicate Early Cretaceous collision between the Sakarya and İstanbul terranes following the consumption of the Intra-Pontide Ocean. The study area is located south of Sapanca Lake between the İstanbul and Sakarya terranes in northwest Turkey. These two terranes show different geological histories, as reflected in their stratigraphic record, and are juxtaposed along the Intra-Pontide suture. The new U/Pb zircon and Rb/Sr mica ages come from south of the Sapanca Lake, south of the North Anatolian Fault in northwest Turkey. The İstanbul terrane has a late Proterozoic basement overlain by a sedimentary sequence of Ordovician to Carboniferous age. The Sakarya terrane is characterized by Carboniferous (330–310 Ma) high temperature metamorphism, Palaeozoic granitic plutonism and by the presence of Palaeo-Tethyan subduction-accretion units.

South of the Sapanca Lake, three main tectonostratigraphic units have been differentiated forming a northeastward dipping thrust stack. At the top of the thrust stack is an amphibolite-facies metamorphic unit consisting of an intercalation of amphibolite, metaperidotite, metapyroxenite and gneiss representing a Proterozoic metaophiolite in the basement of the İstanbul Zone. This old metaophiolite is underlain by a Cretaceous accretionary complex of metabasite, metachert, slate and serpentinite. The lowermost tectonic unit in the thrust stack is a metasandstone, slate, phyllite and marble unit metamorphosed in greenschist facies.

Our U/Pb geochronological data comes from the basement gneisses and the metasedimentary unit. The age of deposition and metamorphism of this metasedimentary unit were not constrained. The U/Pb ages of the clastic zircons from metasandstones are between 500–317 Ma. These new clastic zircon ages from the metasedimentary unit show that deposition of the sandstones must be later than Carboniferous (316±2.4 Ma).

The Rb-Sr muscovite and biotite ages from metasedimentary unit and the basement gneisses give Early Cretaceous (138–111 Ma) ages. The muscovite ages of metasandstones are 138±1.5 Ma represents the metamorphic age of metasedimentary unit and the biotite Cretaceous cooling age of 111.3±1.1 Ma from the reheating of the Proterozoic basement. The new Rb/Sr ages indicate that the collision between the İstanbul and Sakarya terranes occurred during the Early Cretaceous.

Key Words: Intra-Pontide suture, İstanbul Zone, Sakarya Zone, U-Pb zircon ages, Rb-Sr mica ages

Doğu Pontidlerin (Artvin Çevresi) Geç Paleozoyik–Erken Senozoyik Tektonik Gelişimi: Avrasya Güney Kenarı Boyunca Tetis’in Kapanma Aşamaları

Timur Ustaömer¹ ve Alastair H.F. Robertson²

¹ *Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul Üniversitesi, 34850 Avcılar, İstanbul
(E-posta: timur@istanbul.edu.tr)*

² *School of GeoSciences, University of Edinburgh, W. Mains Road, Edinburgh,
EH9 3JW UK*

Artvin çevresinde yüzeyleyen Erken KarboniferEosen yaşlı birimler, güney Avrasya aktif kıta kenarının gelişimini belgeler. Bu alandaki en yaşlı kayalar, bölgesel olarak şist ve gnaylara sıcak dokanaklar ile sokulan Erken Karbonifer yaşlı granitlerdir. Kıta kenarı, Erken–Orta Jura döneminde tüm Pontid kuşağı boyunca riftleşmiştir (D–B yönünde > 1000 km). Artvin bölgesinde rift havzasının çökmesi sonucu, havza içine terijen moloz akıntıları, türbiditler ve derin denizel radyolaryalı çamurlar çökelmiş, yerel olarak, kimyasal olarak zenginleşmiş bazaltlar püskürerek istife katılmıştır. Rift içinde, yitim bileşeni içeren, bazik, ortaç ve yerel olarak asidik bileşimli dayk kümeleri yüksek dereceli metamorfik temel içine yerleşmiştir. Rift içindeki bir temel yükselimi (horst) kondanse, ammonit içeren pelajik fasiyes ile örtülmüştür. Büyük hacimli, yitim bileşenli bazaltlar, gerilmeli havza gelişiminin ileri aşamasında (Orta Jura) püskürmüş, volkaniklastik sedimentasyon volkanizmaya eşlik etmiştir. Havza, geç Orta Jura yaşlı ‘Neo-Kimmeriyen’ deformasyonları sonucunda stratigrafik olarak terslenmiştir. Bunun sonucunda havza dolgusu kısmen aşınmış ve daha sonra yerel olarak, zenginleşmiş (yitim zonundan etkilenmemiş) bazaltların da eşlik ettiği Üst Jura yaşlı karasal ve sığ denizel çökeller ile örtülmüştür.

Kıta kenarı Geç Jura–Erken Kretase döneminde çökmüş ve pelajik karbonatlar ile terijen, biyojenik ve volkaniklastik gravite akıntısı çökelleri havza içine çökelmeye başlamıştır. Geç Kretase sırasında meydana gelen yitim, doğu Pontid magmatik yayının ve güney alanlarda, kalın bir yay önü volkaniklastik çökel prizmasınının oluşumunu sağlamıştır. Geç Kretase sırasında güneydeki Neotetis içinde yitim zonu üstü türü ofiyolitler ve yığışım melanji oluşmuş ve en geç Kretasede kuzeye doğru Pontid aktif kıta kenarı üzerine yerleşmiştir. Orta Eosen dönemindeki kıtasal çarpışma, aktif kenarın distal bölümlerinin kuzeye doğru, doğu Pontid kıtasal temeli üzerine yerleşmesine neden olmuştur. Artvin bölgesinin jeolojik evrimi daha batı Pontidler ve doğudaki güney ve kuzey Transkafkasların evrimi ile deneştirilebilir. Tercih ettiğimiz tektonik model, Tetis’in uzun süreli, aşamalı, kuzeye yitimini öngörmektedir. Ayrıca, D Pontidlerde Paleotetis ofiyolitlerinin varlığına ilişkin herhangi bir bulguya rastlanılmamıştır.

Anahtar Sözcükler: Artvin, Doğu Pontidler, Tetis, tektonostratigrafi, magmatik jeokimya, sediment

Late Palaeozoic–Early Cenozoic Tectonic Development of the Eastern Pontides, (Artvin Area): Stages of Closure of Tethys Along the Southern Margin of Eurasia

Timur Ustaömer¹ & Alastair H.F. Robertson²

¹ *Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul Üniversitesi, Avcılar, TR-34850 İstanbul, Türkiye (E-mail: timur@istanbul.edu.tr)*

² *School of GeoSciences, University of Edinburgh, W. Mains Road, Edinburgh, EH9 3JW, UK*

Early Carboniferous–Eocene units exposed in the Artvin area document the development of the southerly, active continental margin of Eurasia. The oldest rocks exposed in the area are Early Carboniferous granites that regionally intrude schists and gneisses. The continental terrane rifted along the entire length of the Pontides (>1000 km E–W) during Early–Middle Jurassic. Subsidence of the rift basin in the Artvin area was accompanied by terrigenous debris flows, turbidites and deep-sea radiolarian muds, and was associated with local extrusion of chemically ‘enriched’ basalts. Swarms of subduction-influenced basic, intermediate, to locally silicic dykes, intruded high-grade metamorphic basement within the rift. A basement horst within the rift was covered by condensed pink ammonite-bearing pelagic facies. Large volumes of subduction-influenced basalts erupted during the later stages of extensional basin development (Mid-Jurassic), associated with volcanoclastic sedimentation. The Artvin Basin is interpreted as a supra-subduction rift associated with incipient arc magmatism. The basin was stratigraphically inverted in response to Late Middle Jurassic ‘Neo-Cimmerian’ deformation. It was then partially eroded and covered by Upper Jurassic continental, to shallow-marine sediments, together with localised eruption of ‘enriched’ (non-subduction-influenced) basalts.

The margin collapsed during Late Jurassic–Early Cretaceous, initiating deposition of pelagic carbonates and mixed terrigenous, biogenic and volcanoclastic gravity flows. Subduction during the Late Cretaceous then constructed the east Pontide magmatic arc and a thick volcanoclastic fore-arc apron to the south. Supra-subduction-type ophiolites and accretionary melange formed within Neotethys to the south during the Late Cretaceous and were emplaced regionally northwards onto the leading edge of the Pontide active continental margin during the latest Cretaceous. Continental collision during the Mid-Eocene telescoped the distal part of the active margin which was and emplaced northwards onto the east Pontide continental basement. The geological evolution of Artvin area correlates with the Pontides further west and with the southern and northern Transcaucasus to the east. Our favoured tectonic model involves long-lived, episodic, northward subduction of Tethys. Finally, there is no evidence of ‘Palaeotethyan’ ophiolites in the eastern Pontide region.

Key Words: Artvin, E Pontides, Tethys, tectono-stratigraphy, igneous geochemistry, sediments

Detritik Zirkon (U-Pb-LA-ICP-MS) Jeokronoloji Verileriyle İstanbul Bloku'nda Tektonik Konum, Paleocoğrafya ve Kaynak Analizi Çalışmaları

Ulf Linnemann¹, Kerstin Drost², Erdin Bozkurt³, Erdinç Yiğitbaş⁴ ve Aral I. Okay⁵

¹ *Senckenberg Naturhistorische Sammlungen Dresden, Museum für Mineralogie und Geologie, Königsbrücker Landstraße 159, Dresden, D-01109, Germany*

(E-posta: ulf.linnemann@snsd.smwk.sachsen.de; ulf.linnemann@senckenberg.de)

² *AEON EarthLAB, Department of Geological Sciences, University of Cape Town, Rondebosch 7701, South Africa*

³ *Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06531 Ankara*

⁴ *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 17000 Çanakkale*

⁵ *İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, 34469 Maslak, İstanbul*

İstanbul Bloğu, Gondwana çevresinden türemiş olan Avalonian afiniteli bir ekzotik kuşak olarak tanımlanır. Türkiye'nin diğer jeolojik kuşaklarının tersine, bilinen herhangi bir Variskan metamorfik kayıt içermez. Ediacaran kalkalkalen metavolkanikleri içine sokulmuş olan Ediacaran plutonik kayaları 565–576 My yaşındadır. Kalkalkalen metavolkanikler amfibolit fasiyesinde metamorfizmaya uğramış mafik ve ultramafik kayalar üzerinde yer alır. Paleozoyik yaşlı birimler (İstanbul Paleozoyiği) Kambro-Ordovisiyen – Karbonifer aralığında gelişmiş kumtaşı, şeyl ve karbonat kayalarından oluşan pasif kıta kenarı çökelleri ile temsil edilir. Bu çalışmada, Kambro-Ordovisiyen, Siluriyen ve Devoniyen istifinin silisiklastik çökelleri içindeki detritik zirkonlardan LA-ICP-MS tekniği ile U ve Pb analizleri yapılmıştır. Detritik zirkon tanelerinde yapılan U-Pb yaşları; (1) Avalonian temel (2) Baltica ve (3) muhtemel Gondwana potansiyel kaynak alanlarını işaret etmiştir.

Anahtar Sözcükler: İstanbul Bloğu, Avalonia, Baltica, Laurasia, Gondwana çevresi, zirkon, LA-ICP-MS, U-Pb jeokronolojisi

The İstanbul Block – Provenance, Geotectonic Setting and Palaeogeography Constrained by U-Pb-LA-ICP-MS Geochronology of Detrital Zircon

Ulf Linnemann¹, Kerstin Drost², Erdin Bozkurt³, Erdinç Yiğitbaş⁴ & Aral I. Okay⁵

¹ *Senckenberg Naturhistorische Sammlungen Dresden, Museum für Mineralogie und Geologie, Königsbrücker Landstraße 159, Dresden, D-01109, Germany*

(E-mail: ulf.linnemann@snsd.smwk.sachsen.de; ulf.linnemann@senckenberg.de)

² *AEON EarthLAB, Department of Geological Sciences, University of Cape Town, Rondebosch 7701, South Africa*

³ *Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, TR–06531 Ankara, Türkiye*

⁴ *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, TR–17000 Çanakkale, Türkiye*

⁵ *İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, Maslak, TR–34469 İstanbul, Türkiye*

The İstanbul Block is interpreted to be an exotic terrane of Avalonian affinity that was derived from the periphery of Gondwana. Unlike to the other Turkish terranes, a Variscan metamorphic event is not known. Ediacaran plutonic rocks are about 565–576 Ma old, which intrude Ediacaran calc-alkaline metavolcanics. The latter ones overlay amphibolite-facies mafic and subordinate ultramafic rocks. The geological record of Palaeozoic rocks (*‘İstanbul Palaeozoic’*) represents a passive margin sequence of conglomerates, sandstones, shales and carbonates in the range from the Cambro-Ordovician to the Lower Carboniferous. We have analysed detrital zircon grains from siliciclastic sediments of Cambro-Ordovician, Silurian, and Devonian strata using U and Pb isotopes by LA-ICP-MS (Laser Ablation combined with Inductive Coupled Mass Spectrometry). U-Pb ages of detrital zircon grains indicate potential source areas such as (1) the Avalonian Basement, (2) Baltica, and (3) probably Gondwana.

Key Words: İstanbul Block, Avalonia, Baltica, Laurasia, peri-Gondwana, zircon, LA-ICP-MS, U-Pb geochronology

Pangea'nın Kumları – Orta Avrupa Triyasik, Jurasik ve Kretase Birimlerinde Yapılan Bir Örnek Çalışmada Detritik Zirkon (U-Pb-LA-ICP-MS) Jeokronolojisiyle Kumların Kaynağı ve Tektonik Anlamı Üzerine Veriler

Mandy Hofmann¹, Ulf Linnemann¹, Thomas Voigt² ve Axel Gerdes³

¹ *Senckenberg Naturhistorische Sammlungen Dresden, Museum für Mineralogie und Geologie, Königsbrücker Landstraße 159, Dresden, D-01109, Germany
(E-posta: mandy.hofmann@senckenberg.de)*

² *Institut für Geowissenschaften, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Burgweg 11, Jena, D-07749, Germany*

³ *Institut für Geowissenschaften, Mineralogie, Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt/M., Senckenberganlage 28, D-60054 Frankfurt/M., Germany*

Triyas dönemi süperkıtta Pangea'nın parçalanmaya başlaması ve sonrasındaki dönemi kapsar. Bu dönem; kaynağı tam olarak belirlenemeyen kumların kıta içlerinde olağanüstü miktarlarda biriktiği bir dönemdir. Bu çalışmada kullanılan örnekler Orta Avrupa'nın Triyas yaşlı karasal fasiyesteki ('Germanya tipi Triyas') kumtaşlarıdır. Buntsandstein (Alt Triyas) ve Keuper (Üst Triyas) birimlerinden elde edilen zirkon tanelerindeki U ve Pb izotopları LA-ICP-MS tekniği ile analiz edilmiştir. Buna göre detritik zirkon tanelerindeki U-Pb yaşları şu potansiyel kaynak alanları işaret etmektedir; (1) yerel Kadomiyen-Avaloniyen ve Variskan temel (2) Baltica ve (3) Gondwana. Permiyen dönemindeki gerilme ve ayrışma ile Triyas dönemindeki kuvvetli subsidans (çökme) Germanya tipi Triyas çökelleri içindeki yüzlerce metre kalın ve yaygın kumtaşlarının oluşmasına neden olmuştur. Pangea'nın parçalara ayrılması Orta Jura'da başlamıştır. Geç Jura'da Orta Atlantik okyanusu Afrika ve Kuzey Amerika'yı ayıran dar bir okyanus halindeydi. Kretase'de Kuzey Amerika hala Avrupa'ya bağlı iken Güney Atlantik okyanusu açılmıştır. Orta Avrupa; Avrupa kıtasal levhasının bir parçasıydı. Okyanus ortası sırtın yüksek yayılma hızı ve okyanus içi plato volkanizmasına bağlı olarak epikontinental şelfte geniş alanlar su altında kaldı. Triyas örneklerinin yanı sıra Avrupa'nın çeşitli lokasyonlarındaki Orta Jurasik ve Kretase birimlerindeki detritik zirkon taneleri de LA-ICP-MS U-Pb yaşları bakımından analiz edildi. Avrupa'nın Jurasik ve Kretase kumlarındaki bu detritik zirkon taneleri şu kayıtları işaret etmiştir; (1) Avrupa'nın Variskan temelinin yenilenmesini (2) Laurasia'dan detritik malzeme gelimini ve (3) Pangea'nın parçalanmasına bağlı olarak gelişen magmatik aktiviteyi yansıtan yaşları.

Anahtar Sözcükler: Pangea, Triyas, Jura, Kretase, zirkon, LA-ICP-MS, U-Pb jeokronolojisi, Orta Avrupa

The Sands of Pangea – Provenance and Geotectonic Setting Constrained by U-Pb-LA-ICP-MS Geochronology of Detrital Zircon in a Case Study from the Triassic, Jurassic and Cretaceous of Central Europe

Mandy Hofmann¹, Ulf Linnemann¹, Thomas Voigt² & Axel Gerdes³

¹ *Senckenberg Naturhistorische Sammlungen Dresden, Museum für Mineralogie und Geologie, Königsbrücker Landstraße 159, Dresden, D-01109, Germany
(E-mail: mandy.hofmann@senckenberg.de)*

² *Institut für Geowissenschaften, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Burgweg 11, Jena, D-07749, Germany*

³ *Institut für Geowissenschaften, Mineralogie, Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt/M., Senckenberganlage 28, D-60054 Frankfurt/M., Germany*

The Triassic period represents the time during and after the initial break-up of supercontinent Pangea. During that time extreme amounts of sand were accumulated in the continent interior, where the source areas are not identified completely. Examples are the sandstones in the continental facies of the Triassic in Central Europe ('German Triassic'). We have analysed detrital zircon grains from the Buntsandstein (Lower Triassic) and the Keuper (Upper Triassic) using U and Pb isotopes by LA-ICP-MS (Laser Ablation combined with Inductive Coupled Mass Spectrometry). U-Pb ages of detrital zircon grains indicate potential source areas such as (1) the local Cadomian-Avalonian and Variscan Basement, (2) Baltica, and (3) Gondwana. Tension and weathering during the Permian and strong subsidence during the Triassic are responsible for the formation of several hundred of metres thick and widespread distributed sandstone packages in the German Triassic. The dispersal of Pangea started in the Middle Jurassic. In the Late Jurassic the Central Atlantic Ocean was a narrow ocean separating Africa from eastern North America. During Cretaceous time the South Atlantic Ocean opened while North America was still connected to Europe. Central Europe was a part of the European continental plate. Due to high spreading rates of mid-ocean ridges and intra-oceanic plateau volcanism large areas of the epicontinental shelf were flooded. In addition to the Triassic samples we analysed detrital zircon grains from the Middle Jurassic and the Cretaceous of several localities in Europe concerning their LA-ICP-MS U-Pb ages. These detrital zircon grains from Jurassic and Cretaceous sands of Europe record (1) the recycling of the Variscan basement of Europe, (2) detrital material from Laurussia, and (3) ages reflecting magmatic activities due to the dispersal of Pangea.

Key Words: Pangea, Triassic, Jurassic, Cretaceous, zircon, LA-ICP-MS, U-Pb geochronology, Central Europe

D Yunanistan ve B Türkiye’de Paleotetisin Karbonifer Yitimi ile İlişkili Yığışım Proseslerinin Kanıtı

Alastair H.F. Robertson¹ ve Timur Ustaömer²

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, İstanbul Üniversitesi, Avcılar 34850, İstanbul*

Geç Paleozoyik sırasında, gelecekteki Avrasya ve Afrika (Gondwana) kıtaları Paleotetis olarak bilinen geniş bir okyanus ile birbirlerinden ayrılıyorlardı. Bu okyanus batıda Avrupa’da Hersiniyen orojenezi sırasında kapanırken daha doğuda, Asya’da açık kalmış ve Mesozoyik Tetis okyanusuna evrilmiştir. Bunu, Afrika ve Avrasya kıtalarının Alpin (Geç Kretase–Erken Senozoyik) nihai çarpışması izlemiştir ve Tetis okyanusu kapanmıştır. Paleotetis’in yitimi yer yer gözlenen yığışım karmaşıkları ve yaygın yay magmatik kayalar dışında çok az kayıt bırakmıştır.

Üç adet Üst Paleozoyik yaşlı litoloji topluluğu; Tekedere birimi (Likya Napları, GB Türkiye), Karaburun melanjı (batı Ege Türkiye) ve Kos melanjı (komşu Yunanistan adası-Sakız adası), Paleotetis okyanusunun kapanması ile ilişkili sedimanter ve tektonik prosesler hakkında önemli ipuçları sağlar. Güneydoğudaki Tekedere birimi, seamount (levha içi) tipi volkanik dilimlerle ayrılmış hendek tipi kumtaşı topluluğu ve üzerleyen Üst Karbonifer yaşlı sığ denizel ve yamaç tipi karbonatlardan oluşur. Daha batıdaki Karaburun ve Kos birimleri, Silüriyen–Üst Karbonifer yaşlı platform karbonat (yamaç ve sığ denizel fasiyesler) ve (yaşı bilinmeyen) volkanik kaya blokları içeren terijen türbiditlerden oluşur. Kumtaşlarının petrografisi, farklı kaynak alanlardan, olasılıkla daha batıdaki Balkan bölgesindeki Hersiniyen kenet kuşağının farklı kesimlerinden malzeme gelimine işaret eder. Daha fazla tamamlayıcı bilgi, daha doğudaki Konya Melanjından gelir (bknz. Robertson ve Ustaömer, 2009, Tectonophysics).

Her üç birim de esasen, bileşenlerinin birbirinden makaslama zonları ile ayrıldığı tektonik dilim kompleksleridir. Silüriyen–Alt Karbonifer yaşlı siyah çörtler (lidit) ve yamaç karbonatları, türbiditik kumtaşlarının çökeldiği bir yitim zonuna eklenmiştir. Ancak bazı blokların sedimanter dokanak sergilemesi, gravitasyonel proseslerin de melanj oluşumunda rol oynadığını göstermektedir. Özellikle Üst Paleozoyik yaşlı, sığ denizel karbonat blokları (örn. Kos adasında) çoğunlukla, su etkisiyle aşınmış siyah çört blokları içeren konglomeralar ile sarmalanırlar. Karbonat blokları, bir veya daha fazla karbonat platformunun aktif kenarla çarpıştığını ve parçalanarak bloklandığını, bu bloklarında daha sonra yitim zonuna aktarıldığını düşündürmektedir. Bloklar daha sonra bir yitim kompleksine (yığışım prizmasına) eklenmiş, bunun sonucunda makaslama, tabakaya paralel uzama ve tektonik dilimlenme meydana gelmiştir. Yitim, Erken–Geç Karbonifer yaşlı litolojilerin yığışım prizmasında bulunması nedeniyle en azından Karbonifer boyunca sürmüş olmalıdır.

Paleotetisin kapanma zamanının farklı olduğu ve yitimin kuzeye, Avrasya altına veya güneye Gondwana altına veya her iki yöne doğru olduğu alternatif sedimanter-tektonik modeller göz önüne alınabilir. Kos ve Karaburun’dan elde edilen yapısal veriler, Neojen Ege yayının bükümünü geri alındığında, yitimin güneye doğru olmuş olabileceğini düşündürmektedir. Yerel jeolojinin en basit yorumu, Gondwana altına yitim ile her üç birimin (~400 km doğudaki Konya Kompleksi de dahil) yığışmasıdır. Bu birimlerin kuzeye, Avrasya altına doğru yitim/yığışım alternatifleri, bölgesel ölçekli blok göçünü gerektirir, çünkü Tetis okyanusunun Erken Senozoyik döneminde nihai kapanmasına kadar Avrasya kıta kenarının bu bölgeye yakın olduğuna ilişkin herhangi bir veri bulunmamaktadır. Ancak, Paleotetisin güneye, Gondwana altına yitimi, kuzey kenar boyunca bağımsız olarak kuzeye, Avrasya altına yitemeyeceği anlamına gelmez; zaten kuzeye yitim Sakarya zonu ve Pontidler için önerilmiştir (hem K hem de G yönünde yitim meydana gelmiş olabilir).

Anahtar Sözcükler: Paleotetis, Karbonifer, bindirme, melanj, Sakız Adası, Karaburun, Tekedere

Evidence for Accretionary Processes Related to Carboniferous Subduction of Palaeotethys in E Greece and W Turkey

Alastair H.F. Robertson¹ & Timur Ustaömer²

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, İstanbul Üniversitesi, Avcılar, TR–34850 İstanbul, Türkiye*

During the Late Palaeozoic the future Eurasian and African continents (Gondwana) were separated by a wide ocean known as Palaeotethys. This ocean closed in Europe to the west during the Hercynian orogeny, whereas in Asia further east it remained open and evolved into the Mesozoic Tethys. This was followed by final closure during Alpine (L. Cretaceous–Early Cenozoic) collision of Africa and Eurasia. Palaeotethys has been subducted leaving little record other than occasional accretionary units and widespread arc magmatic rocks.

Three Upper Palaeozoic lithological assemblages, the Tekedere unit (Lycian Nappes, SW Turkey), the Karaburun melange (westernmost Aegean Turkey) and the Chios melange (on the adjacent Greek island) provide insights concerning sedimentary and tectonic processes related to closure of Palaeotethys. The Tekedere unit in the southeast is an assemblage of trench-type sandstones, intersliced with seamount (within-plate)-type volcanics and overlying Upper Carboniferous shallow-water to slope-type carbonates. The Karaburun and Chios units further west are mainly terrigenous turbidites with blocks of Silurian–Upper Carboniferous platform carbonates (slope to shallow-water facies) and (undated) volcanics. Sandstone petrography implies derivation from diverse sources, probably different parts of a Hercynian suture zone further west in the Balkan region. Additional complementary information comes from the Konya Melange further east (see Robertson & Ustaömer, 2009, Tectonophysics).

All three units are mainly tectonic slice complexes in which component units are separated by shear zones. The Silurian–Lower Carboniferous black cherts (lydites), and slope carbonates were accreted in a subduction trench where sandstone turbidites accumulated. However, some blocks exhibit sedimentary contacts, showing that gravitational processes also contributed to formation of the melange. Specifically, detached blocks of Upper Palaeozoic shallow-water carbonates (e.g. on Chios) are commonly mantled by conglomerates, which include water-worn clasts of black chert. As an explanation, the carbonate blocks can be restored as one, or several, carbonate platforms that collided with an active margin and fragmented into blocks, which then slid into a subduction trench. The blocks were later accreted into a subduction complex (accretionary prism), resulting in shearing, layer-parallel extension and tectonic slicing. Subduction persisted at least throughout the Carboniferous as lithologies of at least Early–Late Carboniferous age are involved.

Alternative sedimentary-tectonic models can be considered in which the timing and extent of closure of Palaeotethys differed, and in which subduction was either northwards beneath Eurasia, or southwards beneath Gondwana, or both. Structural data from Chios and Karaburun suggest that subduction could have been southwards, after restoration of the curvature of the Neogene Aegean arc. The simplest interpretation of the local geology is accretion of all three units (and also the Konya Complex ~400 km further east) related to subduction beneath Gondwana. Alternative northward subduction/accretion of these units beneath Eurasia would require regional-scale terrane migration because there is little or no evidence of proximity of the Eurasian continental margin in this region until Early Cenozoic final closure of Tethys. However, southward subduction of Palaeotethys beneath Gondwana does not preclude independent northward subduction of Palaeotethys beneath Eurasia, as inferred from the Sakarya zone and the Pontides (i.e. double subduction N & S could have occurred).

Key Words: Palaeotethys, Carboniferous, subduction, melange, Chios, Karaburun, Tekedere

Karadeniz ve Civarının Paleozoyik Sonrası Evrimi

Nuretdin Kaymakcı^{1,2}, Jean-Claude Hippolyte³, İlkey Kuşcu⁴, Yakup Özçelik⁵,
Ali Demirer⁵ ve Maud J.M. Meijers⁶

¹ Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi,
İnönü Bulvarı, 06531 Ankara (E-posta: kaymakci@metu.edu.tr)

² Paleomagnetic Laboratory Fort Hoofddijk, Department of Earth Sciences, Utrecht University,
Budapestlaan 17, 3584 CD Utrecht, The Netherlands

³ UMR-6635 CNRS-Université Aix-Marseille III, BP 80, Europole Méditerranéen de l'Arbois,
13545 Aix en Provence Cedex 4, France

⁴ Muğla Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kötekli Kampüsü, 48000 Muğla

⁵ Türkiye Perolleri A.O., Mustafa Kemal Mahallesi, 2. Cadde, No: 86, 06100 Söğütözü, Ankara

Karadeniz Bölgesinin Paleozoyik sonrası evrimi (1) Paleotetisin varlığı ve pozisyonu, (2) Neotetise bağlı olaylar ile (3) Karadeniz'in kaç havzadan oluştuğu ve bu havzaların açılma zamanları gibi üç temel sorunu içermektedir. Bu sorunlar kıtasal blokların ve okyanusal alanların sayısına ve buna bağlı olarak rift zonları, yitim zonları ve kenet kuşaklarının pozisyonlarına ve bunların zaman içindeki polarite değişimlerine bağlıdır. Bu amaca dönük olarak, Triyastan–Neojen'e kadar süren tek bir yitim sistemi öneren senaryolardan, çoklu açılma ve kapanma senaryolarına değişen bir çok evrim modeli ileri sürülmüştür.

En son veriler, daha önceden Paleotetise ait olduğu düşünülen bir çok ofiyolitik karmaşığın Neotetise ait olduğunu göstermektedir. Ayrıca Sakarya Mikrokıtasının Triyasta Gondwanadan kopup Triyas sonunda Lavrasyaya kenetlendiğine dair güçlü kanıtlar mevcuttur. Neredeyse kesintisiz olan ve hem Pontidleri hem de Sakarya kuşağını örten Jurasik örtü birimleri bölgede Jura dönemine ait her hangi bir orojenezin olmadığını göstermektedir. Bunların yanında, Batı Kara Deniz Havzasının iki farklı riftleşmeye bağlı olarak geliştiğine dair yeni güçlü veriler mevcuttur. Bu kurultay vesilesiyle amacımız, yeni veriler ışığında, bölgenin evrimine dönük oluşturduğumuz yeni senaryoları tartışmaya açmaktır.

Anahtar Sözcükler: Paleotetis, Neotetis, tektonik evrim, riftleşme, Karadeniz

Post-Palaeozoic Evolution of Black Sea Region

Nuretdin Kaymakci^{1,2}, Jean-Claude Hippolyte³, İlay Kuşcu⁴, Yakup Özçelik⁵,
Ali Demirer⁵ & Maud J.M. Meijers²

¹ *Department of Geological Engineering, Faculty of Engineering, Middle East Technical University, İnönü Bulvarı, TR–06531 Ankara, Turkey (E-mail: kaymakci@metu.edu.tr)*

² *Paleomagnetic Laboratory Fort Hoofddijk, Dept. of Earth Sciences, Utrecht University, Budapestlaan 17, 3584 CD Utrecht, The Netherlands*

³ *UMR-6635 CNRS-Universite Aix-Marseille III, BP 80, Europole Mediterranee de l'Arbois, 13545 Aix en Provence Cedex 4, France*

⁴ *Muğla Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kötekli Kampüsü, 48000 Muğla, Turkey*

⁵ *Turkish Petroleum International Co., Mustafa Kemal Mahallesi, 2. Cadde, No: 86, Söğütözü, TR–06100 Ankara, Turkey*

Post-Palaeozoic evolution of Black Sea region comprises three main problems: (1) presence and position of Palaeotethys ocean, (2) events related to the neotethys, (3) number of Black Sea basins and their timing of opening. These problems are related to the number of continental blocks and oceanic domains which in turn is related to the timing and position of rifting, subduction and suture zones and their polarities in time. In order to unravel these problems a number of scenarios ranging from single subduction system that took place from Triassic to Neogene to multiple opening and closing evolutionary scenarios have been proposed.

Recently accumulated information about the region have indicated that some of the ophiolitic units which supposed to related to the Palaeotethys are turn out to be related to the Neotethys. There is very strong new evidence that the so-called Sakarya Continent rifted off from the northern margin of the Gondwana and sutured to the Laurasia at the end of the Triassic. Near complete Jurassic units which covers both the Pontide and Sakarya Belt indicate that there is no major Jurassic event in the region. Additionally, there are new strong evidences for the two-stage rifting of the Western Black Sea Basin. In this Kurultai, we would like discuss our evolutionary scenarios based on new data.

Key Words: Palaeotethys, Neotethys, tectonic evolution, rifting, Black Sea

Neotetis Okyanus-İçi Mikrolevha Rotasyonu ve Yayılma Eksenini Yönelimindeki Değişimler: Hatay Ofiyoliti'nden Paleomanyetik Veriler (Güney Türkiye)

Antony Morris¹, Jennifer Inwood¹, Mark W. Anderson¹ ve Alastair H.F. Robertson²

¹ School of Earth, Ocean and Environmental Sciences, University of Plymouth, Drake Circus, Plymouth PL4 8AA, UK (E-posta: amorris@plymouth.ac.uk)

² School of Geosciences, University of Edinburgh, West Mains Road, Edinburgh EH9 3JW, UK

Eski okyanus basenlerinde işlemiş olan tektonik süreçlerin derinlemesine anlaşılması çarpışma-dağ oluşumları sırasında ofiyolit olarak korunmuş olan okyanusal litosfer kalıntılarının analizleri ile mümkün olmaktadır. Bu çalışmada bir Neotetis okyanus baseninin okyanus içi mikrolevha rotasyonu ve sırt eksenindeki değişimler için delil sağlayan Türkiye'deki geç Kretase yaşlı Hatay (Kızıllı Dağ) ofiyolitinin paleomanyetik analizleri sunulmaktadır. 46 mevkinden alınmış manyetizasyonlar kökensel anlamda deformasyon öncesi olarak gösterilmiş ve ilgili referans yönünden itibaren rotasyona uğratılmıştır. Veri analizlerine bir net tektonik rotasyon yaklaşımı izin verilebilir net rotasyon kutbu ve açıları üzerinde bilgi sağlamak ve ele alınacak girdi vektörlerindeki belirsizliklerinin belirlenmesini mümkün kılmaktadır. Sonuçlar, ofiyolitinin tüm seviyelerinin yaklaşık dik eğimli bir eksen etrafında saat yönünün tersi yönünde 90°'yi aşan açılarda rotasyona uğradığını göstermektedir. Hatay ofiyoliti Geç Kretase–Erken Eosen döneminde kendisi ile aynı dalma-batma zonu üstü yayılım sisteminde oluşmuş olan ve okyanus içi bir ortamında 90° saat yönünün tersi yönünde rotasyona uğradığı bilinen Troodos ofiyoliti (Kıbrıs) ile aynı yayılım sistemi içerisinde oluşmuştur. Sonuçlarımız, zamanlaması bilinen Troodos rotasyonu bağlamında düşünülürse, Hatay ofiyolitinde, geniş alan kaplayan 'Troodos mikrolevha'sının bir parçası olarak, 50–60°'lik rotasyonun meydana geldiği çıkarılabilir. Bu rotasyon fazı, Arabistan kıtasal kenarının Neotetis dalma-batma hendeği ile ilksel çarpışması sonucu tetiklenmiş olup güncel karmaşık yaklaşan levha sınırlarındaki okyanusal mikroplaka rotasyonu modelleri ile uyumludur. Hatay ofiyoliti daha sonra aktif olarak rotasyona uğrayan mikroplakadan ayrılmış ve Maastrichtiyen'deki bindirmeler esnasında öncesine ek olarak 30–40° saat yönünün tersi yönünde rotasyona uğrayarak Arabistan kenarı üzerine yerleşmiştir. Rotasyonların geri-düzeltilmesi (back-stripping) Hatay levha dayklarının ilksel yönelimine getirilmesine olanak sağlamaktadır. Restore edilmiş 020°'lik dayk gidişleri daha önce Troodos yaprak dayklarından farklılık göstermekte olup Neotetis yayılım ekseninin yöneliminde ilkel bir değişim göstermektedir. Böylesi bir değişkenlik kenar basenlerinin güncel yayılım eksen sistemlerinde yaygın olarak gözlenmiş ve bu durum bir çok ofiyolit için çıkarılmış olan supra-subdüksiyon zonu için benzer bir davranış sergilemektedir.

Anahtar Sözcükler: ofiyolit, paleomanyetizma, rotasyon, tektonik, Neotetis, Türkiye

Neotethyan Intraoceanic Microplate Rotation and Variations in Spreading Axis Orientation: Palaeomagnetic Evidence from the Hatay Ophiolite (Southern Turkey)

Antony Morris¹, Jennifer Inwood¹, Mark W. Anderson¹ & Alastair H.F. Robertson²

¹ *School of Earth, Ocean and Environmental Sciences, University of Plymouth, Drake Circus, Plymouth PL4 8AA, UK (E-mail: amorris@plymouth.ac.uk)*

² *School of Geosciences, University of Edinburgh, West Mains Road, Edinburgh EH9 3JW, UK*

Insights into tectonic processes operating in ancient ocean basins are provided by analyses of fragments of oceanic lithosphere preserved as ophiolites during collisional orogenesis. Here we present a palaeomagnetic analysis of the Upper Cretaceous Hatay (Kızıldağ) ophiolite of Turkey that provides evidence for intraoceanic microplate rotation and variations in ridge axis orientation in a Neotethyan ocean basin. Magnetizations at 46 sites are shown to be pre-deformational in origin and rotated from the relevant reference direction. A net tectonic rotation approach to the analysis of the data provides information on permissible net rotation poles and angles and allows uncertainties in input vectors to be considered. Results demonstrate that all levels of the ophiolite have been rotated anticlockwise by angles in excess of 90° around steeply inclined axes. The Hatay ophiolite formed in the same supra-subduction zone spreading system as the Troodos ophiolite (Cyprus), which is known to have rotated 90° anticlockwise in an intraoceanic setting in the Late Cretaceous to Early Eocene. By considering our results in the context of the known timing of the Troodos rotation, we infer that 50–60° of rotation of the Hatay ophiolite took place as part of an areally extensive ‘Troodos microplate’. This phase of rotation was triggered by initial impingement of the Arabian continental margin with the Neotethyan subduction trench, consistent with models for modern day oceanic microplate rotation in complex convergent plate boundaries. The Hatay ophiolite then became detached from the actively rotating microplate and was emplaced onto the Arabian margin in the Maastrichtian, undergoing a further 30–40° of anticlockwise rotation during thrusting. Back-stripping of rotations allows correction of the Hatay sheeted dykes to their initial orientations. The restored dyke trend of 020° differs from that inferred previously for the Troodos sheeted dyke complex, demonstrating a primary variation in orientation of Neotethyan spreading axes. Such variability is commonly observed in modern spreading systems in marginal basins, and which may act as analogues for the supra-subduction zone spreading inferred for many ophiolites.

Key Words: ophiolite, palaeomagnetism, rotation, tectonic, Neotethys, Turkey

Helenik Yayının Güney-Batısındaki Oligosen Yığılım Kama Sistemi

Dimitrios J. Papanikolaou¹, Efthymios L. Lekkas¹,
Maria V. Triantaphyllou² ve Emmanuel Vassilakis¹

¹ *University of Athens, Faculty of Geology & Geoenvironment, Department of Tectonic, Dynamic, Applied Geology, Panepistimiopolis 15784, Athens, Greece (E-posta: dpapan@geol.uoa.gr)*

² *University of Athens, Faculty of Geology & Geoenvironment, Department of Historical Geology-Paleontology, Panepistimiopolis 15784, Athens, Greece*

Helenik Yayını'nın güneydoğu kesimi boyunca Dodekanese Adaları'nda ortaya çıkan jeolojik oluşumların tektonostratigrafik analizleri melanj formunda çeşitli boyutlarda olistolit içeren kalın filiş tipi kırıntılı bir istifinin varlığını göstermiştir. Bu kırıntılı depolanma Oligosen döneminde gelişen, küçük ölçekte breşleşme ve kumlu ya da şeylli matris içinde olistolitler ile olduğu kadar gravite naplarını temsil eden kayan birimlere ait büyük allokton kütleler ile de karakterize edilir. Bu allokton unsurlar, kırıntılı istifin çeşitli seviyelerinde yerleşmişlerdir. Bu melanj, Mani birimi ya da Metamorfik Ionian olarak bilinen güney Peloponnesus'un and Girit'in taban birimleri ile aynı olan görece otokton tektonik birimlerin üzerine yerleşmiştir. Hafif metamorfize olmuş taban birimi, Doğu Girit dolaylarından Kassos Adasına ve Rodos'un orta doğusundaki Lindos'a kadar izlenebilmektedir ve muhtemelen Kos'un taban birimine kadar da uzanmaktadır. Melanj içinde oluşan allokton formasyonlar, Helenik yayın dışındaki karbonat platformundan gelen, Yunan kıtasının Ionian ve Gavrovo-Tripolis tektonik birimlerine benzeyen, ve aynı zamanda Pindos biriminin pelajik oluşumlu Pindos-Cyclades okyanusal havzasından ve Girit'deki üst tektonik birimler olarak da bilinen ofiyolitik kayalardan gelen üyelerden oluşmaktadır.

Melanjin esas yüzeylenmesi, Kos'da Laerma Birimi, Karpathos'da Doğu Kos Birimi olarak bilinen istiflerin görüldüğü yer olan ve güney ve orta bölgelerinde pekçok kısımda boyu boyunca melanjın uzanım gösterdiği yer olan Rodos'da ortaya çıkmaktadır. Kefalos Yarımadasındaki Batı Kos'un taban birimi örten ve Tripolis klipini içeren, Alt Miyosen, kırıntılı istif accretionary kamanın marjinal kısmına karşılık gelebilir.

Bu melanj içinde yüzen tektonik birimlerin önemli özelliği temel olarak Rodos'da açıkça görüldüğü gibi, yatay olarak geniş yayımlı tekil tektonik naplar şeklinde oluşmasıdır. Bu geometri, Girit ve Yunan kıtasında görülen düşey tektonostratigrafik istiflerle ters düşmektedir.

Miyosen döneminde sol yönlü doğrultu atımlı fay sistemlerinin gelişmesi ki bu sistemler günümüze kadar aşamalı olarak KD–GB uzanımlı Pliny ve Strabo hendeklerini geliştirmiştir. Erken Tersiyer'deki yakınsak sınırların güney kesimleri haline gelmiştir ve Miyosen–Kuvaterner boyunca geçici havzalar ve sırtlar oluşturmuştur. Böylece, Erken Tersiyer kama yapısının iç kısımları bugün Girit'de, orta kısım Dodekanese'de ve dış kısım ise Türkiye'de Bey Dağlarında ortaya çıkmaktadır.

Anahtar Sözcükler: Ege Denizi, Dodekanese Adası, melanj, olistolit, gravite napları

An Oligocene Accretionary Wedge System in the Southeast Part of the Hellenic Arc

Dimitrios J. Papanikolaou¹, Efthymios L. Lekkas¹,
Maria V. Triantaphyllou² & Emmanuel Vassilakis¹

¹ *University of Athens, Faculty of Geology & Geoenvironment, Department of Tectonic, Dynamic, Applied Geology, Panepistimiopolis 15784, Athens, Greece (E-mail: dpapan@geol.uoa.gr)*

² *University of Athens, Faculty of Geology & Geoenvironment, Department of Historical Geology-Paleontology, Panepistimiopolis 15784, Athens, Greece*

Tectonostratigraphic analysis of the geological formations cropping out in the Dodekanese Islands along the southeast part of the Hellenic Arc has shown the existence of a thick flysch-type clastic sequence including olistholites of various sizes in a *mélange* form. These clastic deposits demonstrate the occurrence of an accretionary wedge system, developed during Oligocene times, characterized by small scale breccia and olistholites within a sandy or shally matrix as well as huge allochthonous masses of sliding units representing gravity nappes. These allochthonous elements were emplaced at various levels of the clastic sequence. The *mélange* is resting on top of the relative autochthon tectonic unit, which is identical to the basal unit of southern Peloponnesus and Crete, known as Mani Unit or Metamorphic Ionian. This slightly metamorphosed basal unit can be followed from easternmost Crete to Kassos Island and to Lindos at the central eastern part of Rhodos, possibly extending also to the basal unit of Kos. The allochthonous formations occurring within the *mélange* comprise members from the external carbonate platform of the Hellenides, resembling to the Ionian and to the Gavrovo-Tripolis tectonic units of continental Greece, and also from the Pindos-Cyclades oceanic basin with pelagic formations of Pindos Unit and ophiolitic rocks known also from the upper tectonic units in Crete.

The main outcrops of the *mélange* occur in Rhodos, known as Laerma Unit, in Kos, known as Eastern Kos Unit and in Karpathos, where the *mélange* extends over most of its southern and central part. The lower Miocene clastic sequence of Western Kos in Kefalos peninsula, which overlies the basal unit and contains Tripolis klippen, may correspond to a marginal segment of the accretionary wedge.

A major feature of the floating tectonic units within the *mélange* is that they occur as individual tectonic nappes, laterally spread over the horizontal dimension as this is manifested mainly in Rhodos. This geometry contrasts the vertical tectono-stratigraphic succession observed in Crete or continental Greece.

The development of a sinistral strike-slip fault system during Miocene, which has been gradually evolved to the present-day NE–SW-trending trenches of Pliny and Strabo, has transformed the southeast part of the early Tertiary convergent boundary and produced temporary basins and ridges throughout the Miocene–Quaternary. Thus, internal parts of the early Tertiary wedge structure occur today at Crete, medial parts at the Dodekanese and external parts at Bey Dağları in Turkey.

Key Words: Aegean Sea, Dodekanese Islands, *mélange*, olistholites, gravity nappes

Kazdağı, Uludağ ve Sarıcakaya Metamorfik Kütlelerinin Tektono-Stratigrafisi

Mehmet Duru, Şükrü Pehlivan ve Hüseyin Kar

*Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi,
06520 Balgat, Ankara (E-posta: duru@mta.gov.tr)*

KB Anadolu’da Sakarya Zonu altında yer alan ve Hersiniyen temel olarak adlandırılan yüksek dereceli metamorfikler Kazdağı, Uludağ ve Sarıcakaya civarında yüzeylemektedir. Genel olarak amfibolit-granulit fasiyesinde metamorfizmadan etkilenmiş gnays, migmatit, metaofiyolit ve mermerlerden oluşan bu metamorfik kütlelerin birbiriyle korele edilebilen tektono-stratigrafik istiflerden oluştuğu saptanmıştır.

Edremit Körfezi kuzeyinde bir antiklinoryum şeklinde yüzeyleyen Kazdağı metamorfikleri, altta amfibollü gnays ve mermer ardalanmalı Fındıklı formasyonu ile temsil edilmektedir. Fındıklı formasyonu üzerinde metaofiyolitlerden oluşan Tozlu formasyonu tektonik dokanakla yer almaktadır. Tozlu formasyonunu, Sarıkız mermeri diskordan olarak örtmektedir. Bu birimleri tektonik olarak üzerleyen Sutüven formasyonu, paragnays, ortognays ve migmatitlerden oluşmaktadır. Oligo-Miyosen yaşlı granitik kayaçlar tarafından kesilen Kazdağ metamorfikleri çevredeki diğer kayaç topluluklarıyla (Paleozoyik-Miyosen yaşlı) tektonik dokanak (doğrultu atımlı ve sıyrılma fayı) oluşturmaktadır. İlksel kayaçlarının yaşı hakkında yeterli veri bulunmayan Kazdağ metamorfikleri gnayslarında Pb-Pb buharlaştırma yöntemiyle ölçülen Zr yaş tayininde en alttaki Fındıklı formasyonu Erken Triyas (246 my), üstteki Sutüven formasyonu Orta Karbonifer’de (317 my) yüksek dereceli metamorfizmadan etkilenmiştir.

Bursa güneyinde yüzeyleyen Uludağ metamorfikleri litolojik özellikleri, metamorfizması ve tektono-stratigrafik yapısı, Kazdağ metamorfiklerine benzer özellikler göstermektedir. Uludağ metamorfiklerinin tabanında yer alan metaofiyolitleri mermerler diskordan dokanakla örtmektedir. Bu birimleri, paragnays, ortognays ve mermerden oluşan Sutüven formasyonu tektonik olarak üzerlemektedir. Oligo-Miyosen yaşlı granitik kayaçlar tarafından kesilen Uludağ metamorfikleri çevre kayaç topluluklarıyla (Paleozoyik-Oligosen yaşlı) tektonik dokanak (doğrultu atımlı ve sıyrılma fayı) oluşturmaktadır.

Yüksek dereceli metamorfizmadan etkilenmiş paragnays ve ortognayslardan oluşan Sarıcakaya metamorfikleri, Eskişehir kuzeyinde yüzeylemektedir. Sarıcakaya metamorfikleri litolojik özellikleri ve metamorfizma derecesiyle Kazdağı ve Uludağ metamorfiklerinin üst tektonik dilimindeki Sutüven formasyonuna benzerlik göstermektedir. Karbonifer-Triyas yaşlı granitik kayaçlar tarafından kesilen Sarıcakaya metamorfiklerini Liyas yaşlı karasal-sığ denizel litolojiler diskordan olarak örtmektedir. Ayrıca, Sarıcakaya metamorfikleri Paleozoyik-Miyosen yaşlı çevre kayaçları üzerinde bindirmeli dokanakla yer almaktadır.

Bu çalışmada birbiriyle korele edilebilen, Kazdağ, Uludağ ve Sarıcakaya metamorfik kütlelerinde saptanan naplı iç yapıların ilerde yapılacak bölge jeodinamik evrim modellerine önemli katkılar sağlayacaktır.

Anahtar Sözcükler: Sakarya Zonu, Kazdağı, metaofiyolit, metamorfizma, tektono-stratigrafisi

Tectono-Stratigraphy of Kazdağı, Uludağ, and Sarıcakaya Terrains

Mehmet Duru, Şükrü Pehlivan & Hüseyin Kar

*Maden Tetki ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, Balgat,
TR-06520 Ankara, Türkiye (E-mail: duru@mta.gov.tr)*

In NW Anatolia, high grade metamorphites taking place beneath the Sakarya zone and called and Hercynian basement crop out around Kazdağı, Uludağ and Sarıcakaya. These metamorphic masses are formed from tectono-stratigraphic sequences which can be correlated with each other and consist of gneiss, migmatite, metaophiolite and marble affected by amphibolite-granulite facies metamorphism.

Kazdağı metamorphites cropping out as an anticlinorium north of Edremit Bay is represented by Fındıklı formation consisting of amphibole gneiss and marble alternation at the bottom. Above Tozlu formation formed of metaophiolites takes place with a tectonic boundary. Tozlu formation is overlain by Sarıkız marble unconformably. Sutüven formation which overlies these units tectonically consists of paragneiss, orthogneiss and migmatite. Kazdağı metamorphites which are intruded by Oligo–Miocene granites have tectonic boundaries (strike slip and detachment fault) with rock associations (Paleozoic–Miocene) around them. Although there is no data for the age of original rocks of Kazdağı metamorphites the Zircon ages found by Pb–Pb evaporation method show that Fındıklı formation and Sutüven formation affected by high grade metamorphism in Triassic (246 Ma) and Middle Carboniferous (317 Ma) respectively.

Uludağ metamorphite cropping out south of Bursa shows similarities with Kazdağı metamorphites in lithologic characteristics, metamorphism and tectono-stratigraphic structure. Metaophiolites taking place in the basement of Uludağ metamorphites are overlain by marbles unconformably. These units are overlain tectonically by Sutüven formation consisting of paragneiss, orthogneiss and marble. Uludağ metamorphites which are intruded by Oligo–Miocene granitic rocks have tectonic boundaries (strikeslip and detachment fault) with the rock associations (Palaeozoic–Oligocene) around them.

Sarıcakaya metamorphites consist of paragneiss and orthogneiss affected by high grade metamorphites crop out north of Eskişehir. Sarıcakaya metamorphites are similar to the Sutüven formation which is the upper tectonic slice of the Kazdağı metamorphites and Uludağ metamorphites. Sarıcakaya metamorphites are intruded by Carboniferous–Triassic granitic rocks and overlain by Liassic continental-shallow marine lithologies unconformably. And also, Sarıcakaya metamorphites are overthrust over the Palaeozoic–Miocene rocks around.

The nappe intra-structure found in this study within the correlable Kazdağı, Uludağ and Sarıcakaya metamorphites can contribute to regional geodynamic evolution modelling in the future.

Key Words: Sakarya Zone, Kazdağı, metaophiolite, metamorphism, tectono-stratigraphy

Kazdağ Masifi (KB Anadolu) Metamagmatik Kayalarının Petrolojisi ve U/Pb - ²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb Jeokronolojisi

Erhan Akay¹, Burhan Erdoğan¹, Altuğ Hasözbeğ^{2,3}, Muharrem Satır³ ve Wolfgang Siebel³

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

² Dokuz Eylül Üniversitesi, Torbalı Meslek Yüksekokulu, Mermer Programı, 35860, Torbalı, İzmir

³ Universität Tübingen, Institut für Geowissenschaften, Wilhelmstraße 56,
D-72074 Tübingen, Deutschland

Kazdağ Masifi'nin (KB Anadolu) metamorfik istifi alt bölümlerinde düzenli iç yapı sunan metaultramafik kayalar ve bantlı metagabrolardan yapılandır. Metagabroların ana ve iz element jeokimyası ve nadir toprak element bileşimi bunların okyanusal kabuk kökenli olduğunu gösterir.

Altındaki okyanusal kabuk parçasını metaofiyolitlerden türemiş ve yanal devamlılık gösteren taban çakıltaşları ile başlayan bir platform istifi uyumsuz olarak üstler. Taban çakıltaşlarından üste doğru kalın beyaz mermerlere ve metakırıntılı kayalara dereceli dokanaklar boyunca geçilir. Platform mermerlerin üst kesimlerinde ve metakırıntılı istifin içinde farklı düzeylerde mafik metalav ve metatüf arakatıkları bulunur. Platform istifi içerisindeki mermerlerin üst dokanağı boyunca gözlenen mafik metavolkanitler kalkalkali bazaltik bileşimlidir ve nadir toprak element içerikleri okyanus ortası sırt bazaltları ve ilksel manto kökenine ait özellikler sunar. Metakırıntılı istifin içinde farklı düzeyler boyunca bulunan metavolkanitler ise kalkalkali andezitik bileşimlidir ve hafif nadir toprak elementlerce zenginleşme gösterir. Bu özellik daha üst seviyelerde yer alan volkanitlerin kabuksal kaynaklı bir zenginleşme geçiren magmadan türediğini belirtir.

Kazdağ Masifi'nde geniş yayılım sunan bu platform istifi, altındaki metaofiyolitlerle birlikte, migmatitleşmeye varan yüksek sıcaklık metamorfizması geçirmiştir. Migmatitleşmenin ileri derecede olduğu alanlarda, kısmi ergime ile metagranitler oluşmuştur. Migmatitler ve metagranitler ortak ana, iz ve nadir toprak element özelliklerine sahiptir ve bu özellikleri kıtasal kabuktan türeme bir ortak kökeni belirtir.

Bu çalışmada, Kazdağ Grubu platform istifinin en üstündeki metakırıntılı kayalardan, migmatitlerden ve migmatitlerin türevi olan metagranitlerden bir seri örnek toplanılmış ve zirkonlarından U-Pb ve ²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb yöntemleriyle yaş tayinleri yapılmıştır. Metagranitlerden iki farklı örnekten yapılan yaş tayinlerinde migmatitleşmenin ve onun ürünü metagranitlerin yaşı 28.2 ± 4.1 My, 27.6 ± 6.8 My ve 26.0 ± 5.6 My olarak elde edilmiştir. Metakırıntılılar ve migmatitleşmiş bölümlerden ise 421.9 ± 4.1 My, 409.4 ± 6.2 My, 327.1 ± 7.4 My, 301.4 ± 2.8 My, 290.8 ± 3.4 My, 274.9 ± 3.1 My, 169.3 ± 3.5 My gibi saçılmış değerler elde edilmiştir. Metakırıntılılar, migmatitler ve metagranitlerin yaşları kalıntı yaşlar üzerine Alpin migmatitleşmenin izini belirtir.

Platform istifi Sakarya Kıtası'nın Mezozoyik platform istifine benzer. En üstteki metakırıntılıların saçılmış ve genç sayılabilecek yaşlar içermesi bu görüşü güçlendirmektedir. Altındaki ultramafik kayalar bu durumda, Paleotetis Okyanusuna ait bir parça olmalıdır.

Kazdağ Grubu metamorfik istifi, migmatitik metamorfizma sonrası (yaklaşık 29 My) güneye doğru itilmeyle dilimlenmiştir. Bunların da üzerine Triyas yaşlı Karakaya Kompleksi ve Kretase-Erken Tersiyer yaşlı Çetmi ofiyolitik melanjinine ait naplar gelmiştir. Kazdağ grubu ve üzerine gelen nap paketi deformasyon göstermeyen Oligo-Miyosen (yaklaşık 21 My) granitleri tarafından verev olarak keskin bir dokanak boyunca kesilir.

Anahtar Sözcükler: Kazdağ Masifi, metamagmatik kayalar, petroloji, jeokronoloji

Petrology and U/Pb - ²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb Geochronology of the Metamagmatic Rocks in Kazdağ Massif (NW Anatolia)

Erhan Akay¹, Burhan Erdoğan¹, Altuğ Hasözbeğ^{2,3}, Muharrem Satır³ & Wolfgang Siebel³

¹*Dokuz Eylül University, Engineering Faculty, Department of Geological Engineering, Tinaztepe, Buca, TR–35160 İzmir, Turkey (E-mail: erhan.akay@deu.edu.tr)*

²*Dokuz Eylül University, Technical Vocational School of Higher Education, Marble Programme, Torbalı, TR–35860 İzmir, Turkey*

³*Universität Tübingen, Institut für Geowissenschaften, Wilhelmstraße 56, D-72074 Tübingen, Deutschland*

Kazdağ Massif (NW Anatolia) consists of high-grade metamorphic succession of the Kazdağ Group. In the lower part of this group there is an internally regular succession of metaultramafic rocks and overlying banded metagabbros. They resemble to a part of an oceanic crust. The major, trace and rare earth element compositions (REE) of the metagabbros also indicate oceanic crustal origin.

A platform succession, along a basal conglomerate unconformably overlays this oceanic crustal slice. The particles of the conglomerates were derived from the underlying ultramafic rocks. The basal conglomerates pass upward into thick, white marble sequence and the marbles are overlain by a thick metaclastic sequence. Along the boundary zone between marbles and metaclastics, and within different levels of the metaclastics mafic metalava and metatuff intervals are found. The metavolcanics along in the uppermost parts of the marbles are calc-alkaline basalts and their REE content suggests a mid-oceanic and primary mantle origin. The metavolcanics in the metadetrital unit, on the other hand, are calc-alkaline andesites and they are enriched in light rare earth elements indicating a crustal contamination.

The platform sequence and the underlying metaophiolites had been metamorphosed under very high conditions reaching to migmatization stage. In the highest grade of the migmatization, metagranites were also formed and emplaced syn-tectonically into the metadetrital sequence. The migmatites and metagranites display a similar major, trace and REE composition indicating a coeval origin.

A series of samples were collected from the metadetrital unit starting from the country rocks, continuing into the migmatitic phases and finally from the metagranites. Their isotopic ages were determined by U-Pb and ²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb methods on zircons. Two samples from metagranites have yielded 28.2 ± 4.1 Ma, 27.6 ± 6.8 Ma and 26.0 ± 5.6 Ma ages indicating the age of migmatization and granite emplacement. Three samples, one from metaphyllites of the country rocks and two from migmatites showed scattering ages of 421.9 ± 4.1 Ma, 409.4 ± 6.2 Ma, 327.1 ± 7.4 Ma, 301.4 ± 2.8 Ma, 290.8 ± 3.4 Ma, 274.9 ± 3.1 Ma, 169.3 ± 3.5 Ma. This scatter is probably due to inherited ages of the detrital country rocks that later strongly affected by the Alpine metamorphism.

The platform sequence resembles to the Mesozoic platform of the Sakarya Continent. The scattered and relatively young inherited ages of the metaclastic rocks further strengthen this suggestion. The underlying ultramafic rocks, therefore, might belong to the Paleotethys oceanic crust.

The Kazdağ Group metamorphic sequence had been imbricated by southward thrusting after the migmatitic metamorphism of approximately 29 Ma. The nappes of the Early Permian-Triassic Karakaya Complex and Cretaceous–Early Tertiary Çetmi ophiolitic melange were successively thrust on the Kazdağ Massif from the north. These nappe packages including the underlying Kazdağ metamorphics were later intruded by Oligo–Miocene (ca. 21 Ma) non-deformed young granites.

Key Words: Kazdağ Massif, metamagmatic rocks, petrology, geochronology

Yeni Jeolojik Veriler Işığında Kazdağ Masifi'nin Tektonik Evrimi

Burhan Erdoğan¹, Erhan Akay¹, Altuğ Hasözbeğ^{2,3}, Muharrem Satır³ ve Wolfgang Siebel³

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

² *Dokuz Eylül Üniversitesi, Torbalı Meslek Yüksekokulu, Mermer Programı,
35860 Torbalı, İzmir*

³ *Universität Tübingen, Institut für Geowissenschaften, Wilhelmstraße 56, D-72074,
Tübingen, Deutschland*

Kuzeybatı Anadolu'da İzmir-Ankara Sütur Zonu boyunca Sakarya Kıtası ile Menderes Masifi arasında Kazdağ ve Uludağ Masifleri doğu–batı uzanımlı bir kuşak oluşturur. Bu iki metamorfik masifin iç stratigrafileri değişik tür mikaşistler, kuvars mikaşistleri, gnayslar, amfibolitler, metaofiyolitler ve mermerlerden oluşmuş kompleks olarak açıklanmıştır. Bu kompleks Sakarya Kıtası'nın temeli olarak nitelendirilmiştir. Önceki çalışmalarda Kazdağ Masifi'nin önce Karbonifer daha sonra Erken Triyas ve en son Tersiyer'de olmak üzere üç farklı metamorfizma geçirdiği ileri sürülmüştür

Bu çalışmamızda Kazdağ Masifi 1/25 000 ölçeğinde yeniden haritalanmış, iç stratigrafisi ve yapısal özellikleri ortaya konulmuştur. Ayrıca Kazdağ grubuna ait değişik meta-magmatik kayalarda petrolojik ve radyojenik izotop (U-Pb ve ²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb evaporasyon) yöntemleriyle yaş tayinleri yapılmıştır.

Stratigrafik olarak Kazdağ metamorfik istifinin altında okyanusal kabuğa ait olan, içyapısı düzenli metaultramafikler ve bantlı metagabrolar bulunur. Bu kümülatlı metagabrolar jeokimyasal olarak okyanusal kabuk kökenlidir. Bu okyanusal kabuk bir platform istifi tarafından uyumsuz olarak örtülür. Platform istifi altındaki okyanusal kabuktan türemiş bir taban çakıltası ile başlar, üste doğru kalın beyaz mermerlere geçer ve en üstte metakırıntılı kayalarla devam eder. Mermerlerle metakırıntılı kayalar arasında ve metakırıntılıların içerisinde mafik metavolkanik ara katkıları bulunur. Taban çakıltılarından mermerlere ve üstteki metakırıntılılara geçen platform istifi migmatitleşmeye varan metamorfizma geçirmiştir ve içlerine sintektonik granitler yerleşmiştir. Bu metamorfik platform istifi Sakarya Kıtası'nın Mesozoyik istifine benzer. Alttaki okyanusal kabuk ise Paleotetis'e ait bir parça olmalıdır.

Kazdağ Grubu içerisinde yer alan metagranitlerden U-Pb seyreltme ve ²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb zirkon evaporasyon yöntemi ile yaşlar elde edilmiştir. U-Pb seyreltme yöntemi zirkon yaşları 27.6 ± 6.8 My olarak saptanmış ve ²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb zirkon evaporasyon yöntemi ile 28.2 ± 4.1 My ve 26.0 ± 5.6 My yaşları elde edilmiştir. Mermer istifi üzerindeki metakırıntılı kayalardan (301.4 ± 2.8 My, 274.9 ± 3.1 My, 169.3 ± 3.5 My) ve bu kayaların hemen çevresindeki migmatitleşmiş kesimlerinden (409.4 ± 6.2 My, 327.1 ± 7.4 My, 421.9 ± 4.1 My, 290.83 ± 3.4 My) elde edilen ²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb evaporasyon yaşları oldukça saçılmış yaş değerleri vermiştir. Bu geniş aralıklarda değişim sunan yaşlar metakırıntılılara ait kalıntı yaşların Alpin migmatitleşmeden şiddetli etkilendiğini gösterir. Önceki çalışmalarda bu saçılmış yaşlar çok fazlî metamorfizma olarak yorumlanmıştır. Alpin metamorfizmasının ardından Kazdağ metamorfikleri güney yönlü sıkıştırma etkisi ile kendi içinde dilimlenmiş ve tabanında metaultramafiklerle başlayan bir dilim platform üzerinde tekrarlanmıştır. Bu güney yönlü itilmelerin devam eden aşamalarında kuzeyden, önce Karakaya Kompleksi ve üzerine Çetmi ofiyolitik melanaj napları yerleşmiştir. Nap paketleri ve kendi içinde ekaylanmış Kazdağ metamorfikleri genç granitler tarafından kesilmiştir. Bu genç granitlerin yaşı Okay ve Satır tarafından yaklaşık 21 My olarak bulunmuştur. Kazdağ metamorfiklerinin yüzeylemesi (exhumation) güneye doğru itilme ile oluşmuş bindirmeler sonucu meydana gelmiştir ve bu olay migmatitleşme ve ona eşlik eden sintektonik metagranitlerin yerleşiminden (~29 My) sonra ve genç granitlerin intruzyonundan (~21 My) önce meydana gelmiştir.

Anahtar Sözcükler: jeoloji, Kazdağ, metaultramafik, migmatit, jeokronoloji, KB Anadolu

Tectonic Evolution of the Kazdağ Massif: Based on New Studies (NW Anatolia)

Burhan Erdoğan¹, Erhan Akay¹, Altuğ Hasözbeğ^{2,3}, Muharrem Satır³ & Wolfgang Siebel³

¹ *Dokuz Eylül University, Engineering Faculty, Department of Geological Engineering, Buca, TR–35160 İzmir, Turkey (E-mail: burhan.erdogan@deu.edu.tr)*

² *Dokuz Eylül University, Technical Vocational School of Higher Education, Marble Programme, Torbalı, TR–35860 İzmir, Turkey*

³ *Institut für Geowissenschaften, Universität Tübingen, Wilhelmstrasse 56, D-72074 Tübingen, Germany*

In the northwestern part of Anatolia along the Izmir-Ankara Suture Zone, the Kazdağ and Uludağ metamorphic massifs form an E–W-trending belt between the Sakarya Continent in the north and the Menderes Massif in the south. Internal succession of these two massifs has been described as metamorphic complexes consisting of various kinds of micaschists, quartz mica schist, gneisses, amphibolites, metaophiolites and marbles. This metamorphic complex was considered to be the basement of the Sakarya Continent. In the literature, it has been suggested that the Kazdağ Massif had experienced polyphase metamorphism, first during Carboniferous time, second during Early Triassic and third during Tertiary.

In this study, we remapped the Kazdağ Massif on 1/25000 scale, studied its internal stratigraphy and structures and performed some petrologic analyses and radiogenic age determinations.

Stratigraphically in the lower part of the Kazdağ metamorphic sequence, there is a part of an oceanic crust represented by metaultramafic rocks and gabbroic metacumulates. Geochemistry of these banded metagabbros show a mid-oceanic affinity. This oceanic crust is overlain, along an unconformity, by a platform succession. At the base of this succession there is a basal conglomerate which passes upward into white marbles. The marbles are overlain along a gradational boundary with a metadetrital succession which includes mafic metavolcanic lenses. The platform sequence resembles to the Mesozoic platform of the Sakarya continent and the underlying oceanic crust might be a part of a Paleotethys Ocean.

The Kazdağ succession had been subjected to high-grade migmatitic metamorphism accompanied by syntectonic granite emplacements. Zircons of these metagranites have yielded U-Pb ages of 27.6 ± 6.8 Ma and $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ evaporation ages of 28.2 ± 4.1 Ma and 26.0 ± 5.6 Ma. The metadetrital sequences and migmatites show scattered $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ zircon evaporation ages ranging from 301.4 ± 2.8 Ma, 274.9 ± 3.1 Ma, 169.3 ± 3.5 Ma in metasediments and 409.4 ± 6.2 Ma, 327.1 ± 7.4 Ma, 421.9 ± 4.1 Ma, 290.8 ± 3.4 Ma in migmatites. The migmatitization and syntectonic granite emplacement were coeval and Alpine in age (~ 29 Ma) and the scattered ages indicate inherit age for the metadetritals with strong Alpine imprints. These scattered ages on the other hand were interpreted in the literature as an indication of polyphase metamorphism.

After metamorphism the Kazdağ metamorphic sequence was internally imbricated by southward compression and the ultramafic sequence thrust on the top of the platform sequence. Following this southward imbrication, the nappes of the Karakaya Complex and the Çetmi Melange were emplaced on top of the Kazdağ metamorphics from the north. These nappe packages including the internally imbricated Kazdağ metamorphics are cut by undeformed young granites (21 Ma).

Exhumation of the Kazdağ metamorphics was a result of the southerly imbrication which occurred after the emplacement of the syntectonic metagranites (~ 29 Ma) and before the intrusion of the cross cutting young granites (~ 21 Ma).

Key Words: geology, Kazdağ, metaultramafic, migmatite, geochronology, NW Anatolia

KB Anadolu'daki Çarpışmaya Bağlı Granitlerin U-Pb Jeokronolojisi, Sr-Nd İzotop Jeokimyası ve Petrojenetik Evrimlerinin Karşılaştırılması

Altuğ Hasözbeğ^{1,2}, Muharrem Satır², Burhan Erdoğan³,
Erhan Akay³ ve Wolfgang Siebel²

¹ Dokuz Eylül Üniversitesi, Torbalı Meslek Yüksekokulu, Mermer Programı,
35860 Torbalı, İzmir (E-posta: altug.hasozbek@deu.edu.tr)

² Universität Tübingen, Institut für Geowissenschaften, Wilhelmstraße 56,
D-72074 Tübingen, Deutschland

³ Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,
35160 Buca, İzmir

Anatolid-Torid platformunun kuzey bölümü, Geç Oligosen–Miyosen sırasında oluşmuş, yaklaşık D-B uzanımlı felsik karakterli magmatik aktiviteyle tanınır. Geniş yayılım sunan bu magmatik kayalar, güneyde Anotolid-Torid bloğunu, kuzeyde ise Sakarya Kıtasını ve bu ikisinin çarpışma zonuna ait farklı dilimlerini keserek yerleşmiştir.

Magmatik kayalara ait yeni jeokronolojik ve Sr-Nd izotop verileri bu çalışmada iki kaya topluluğu altında incelenmiştir: Birinci grup, Anatolid-Torid platformunun kristalen bölümünü oluşturan, Menderes Masifi'ne ait gnaysları ve daha genç metagranitleri kapsar. İkinci grup ise, kuzey Menderes Masifi'nin deforme olmamış genç granitik kütlelerine ait olup, Alaçam, Eğrigöz ve Koyunoba granitlerinden oluşmaktadır.

Menderes Masifi'nin gnayslarından elde edilen ²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb evaporasyon yaşları 607–551 My aralığına işaret etmektedir. Menderes metamorfikleri içerisinde yer alan metagranitlerden elde edilen U-Pb zirkon yaşı ise 30.04 ± 0.56 My'dır. Alaçam, Eğrigöz ve Koyunoba granitlerinin U-Pb zirkon kristalizasyon yaşları ise sırasıyla, 20.7 ± 1.1 My, 19.4 ± 4.4 My ve 21.7 ± 1.0 My'dır. Arazi verilerinin yanısıra, jeokronolojik bulgular da, Menderes Masifi'ne ait metagranitlerle, Miyosen yaşlı deforme olamamış granitoid kuşağı arasındaki belirgin yaş farkını (11–10 Ma) açıkça göstermektedir. Oysa önceki çalışmalarda, bu iki magmatik etkinliğin birlikte ve kıtasal ölçekli sıyrılmaya fayları (detachment) boyunca oluştuğu ileri sürülmüştür.

Deforme olmamış granitoidlerin ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr değerleri 0.70805–0.710546, εNd(t) değerleri ise –5.8 ve –6.0 arasındadır. Çarpışmaya bağlı Miyosen granitlerinin Nd-Sr analitik değerleri, iz ve nadir toprak element bileşimleri, bu kayaların Menderes Masifi'nin kabuksal kökenli protolitlerinden türediğini ve benzer izotopik bileşimler sunduğunu gösterir. Menderes Masifi'nin kuzeyinde yer alan Erken Miyosen granitlerinin jeokronolojik bulguları ve izotop karakterleri, Batı Anadolu'da yüzlek veren diğer Oligo–Miyosen granitoidleri ile çarpıcı benzerlikler sunarlar. Bu granitoidlerden elde edilen tüm veriler, granitlerin yaklaşık KB–GD doğrultulu bölgesel bir magmatik kuşak boyunca çarpışma rejimine bağlı geliştiğini göstermektedir.

Anahtar Sözcükler: Menderes Masifi, Miyosen magmatizması, Alaçam, Eğrigöz, Koyunoba, U-Pb zirkon, Nd-Sr izotop

U-Pb Geochronology and Sr-Nd Isotopic Composition of Collision Related Granites in NW Anatolia: Contrasting Petrogenetic Evolution of the Magmatic Suites

Altuğ Hasözbeğ^{1,2}, Muharrem Satır², Burhan Erdoğan³,
Erhan Akay³ & Wolfgang Siebel²

¹ *Dokuz Eylül University, Technical Vocational School of Higher Education, Marble Programme, Torbalı, TR–35860 İzmir, Turkey (E-mail: altug.hasozbek@deu.edu.tr)*

² *Institut für Geowissenschaften, Universität Tübingen, Wilhelmstrasse 56, D-72074 Tübingen, Germany*

³ *Dokuz Eylül University, Engineering Faculty, Department of Geological Engineering, Buca, TR–35160 İzmir, Turkey*

The northern part of the Anatolide-Tauride platform developed at a site of pronounced E–W trending felsic magmatic activity during the late Oligocene–Miocene. These widespread magmatic rocks intruded into the Anatolide-Tauride Block in the south, the Sakarya Continent in the north, and different slices of this collision zone.

New geochronological and Sr-Nd isotopic data from the magmatic rocks reveal two groups of associations. The first group represents gneisses and younger metagranites of the Menderes Massif that form the crystalline part of the Anatolide-Tauride Block in western Anatolia. The second group comprises the undeformed Alaçam, Eğrigöz and Koyunoba granites representing young granitic bodies of the northern Menderes Massif.

²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb evaporation ages between 607–551 Ma and a U-Pb zircon age of 30.04 ± 0.56 Ma were obtained from the Menderes gneisses and metagranites, respectively. U-Pb zircon ages yield crystallization ages of 20.7 ± 1.1 Ma for Alaçam granite, 19.4 ± 4.4 Ma for the Eğrigöz granite and 21.7 ± 1.0 Ma for the Koyunoba granite. In addition to the field observations, the geochronological data clearly show a significant age difference (11–10 Ma) between the metagranites of the Menderes Massif and the Miocene undeformed granitoid belt. The metagranites have been previously described as the tectonic equivalents of the undeformed granitoids emplaced along a crustal-scale detachment zone.

The undeformed granitoids give ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr ratios in the range 0.70805–0.710546 and εNd(t) values between –5.8 and –6.0. According to the Nd-Sr systematics, trace and rare earth compositions, the Miocene granites of this collisional belt derived from crustal protoliths of the northern Menderes Massif and display similar isotopic characteristics. Besides, geochronological data, isotopic characteristics of the early Miocene granites in the northern Menderes Massif show close similarities with other Oligo–Miocene granitoids in northwestern Anatolia. All data from these granitoids indicate that they were formed along a NW–SE-trending regional magmatic belt in a compressional regime rather than being individual bodies related to local, north-dipping, low angle detachment faults.

Key Words: Menderes Massif, Miocene magmatism, Alaçam, Eğrigöz, Koyunoba, U-Pb zircon ages, Nd-Sr isotopes

Lazer Ablasyon – Manyetik Sektöralan ICP-MS Kullanılarak Perovskit Kurşun Oranı Düzeltmiş U-Pb ile Yaşlandırılması

Dirk Frei¹, Mark T. Hutchison¹ ve Axel Gerdes²

¹ *Geological Survey of Denmark and Greenland, Øster Voldgade 10, DK-1350 Copenhagen K, Denmark (E-posta: df@geus.dk)*

² *Johann Wolfgang Goethe Universität, Institut für Geowissenschaften, Altenhöferallee 1, D-60438 Frankfurt am Main, Germany*

Perovskit kimberlit yerleşme yaşı ve ilişkili kayaların yerleşme yaşı için çok kullanışlı bir mineraldir. Genellikle, perovskitin U-Pb kullanılarak yaşlandırılması izotop seyreltmesi (ID-TIMS) veya zaman ve fiyat bakımından daha yoğun olan iyon ayrıştırma (SHRIMP) teknikleri ile yapılır. Günümüzde hızlı ve ucuz lazer ablasyon ICP-MS tekniği perovskitin U-Pb kullanılarak yaşlandırmasını olanak sağlamaktadır. ICP-MS ekipmanlarına dayalı olan lazer ablasyon tekniği kullanılarak perovskitten hata payı en düşük ve kesin U-Pb yaşları elde etmek için başlıca engel büyük oranda kurşun içeriğidir. Perovskit içindeki bu kurşun ve diğer bununla ilgili zorluk LA-ICP-MS da kullanılan bazı gazların (i.e. Ar and He) yüksek cıva boşlukları nedeniyle yapılan düzeltmelerden kaynaklanmaktadır.

Bu nedenle, lazer ablasyon ile perovskitin U-Pb methodu kullanılarak yaşlandırılması için, tek toplayıcı manyetik sektöralanına sahip ICP-MS (SF-ICP-MS) ekipmanlarının sağladığı yararların (çok yüksek duyarlılık, düşük gürültü ve büyük bir doğrusal dinamik aralık) araştırdık. Bunun için Garnet Gölü, B Grönland, ve Pyramidefjeld, GB Grönland dan gelen iki kimberlitten perovskit ayrıştırılmıştır. Heriki perovskitten alınan çoklu taneli örnekler ID-TIMS tarafından U-Pb kullanılarak yaşlandırılmıştır. Sonuç olarak yerleşme yaşı Garnet Gölü kimberlit örneği için 568 ± 11 My ve Pyramidefjeld kimberliti için ise 151 ± 2 My dir. Katıştırma, taşlama ve parlatmadan sonra, iki örnekten gelen çoklu perovskit taneleri NewWave UP 213 lazer sistemi ile eşleştirilmiş yüksek uzaysal çözünürlüklü (spot analiz için kullanılan 30 μm parlama çaplı) ThermoFinnigan Element2 SF-ICP-MS lazer ablasyon ile yaşlandırılmıştır. Kurşun düzeltmesi ^{204}Pb yoğunluğunun [ölçülmüş $^{204}(\text{Pb}+\text{Hg})$ gaz boşluğu için düzeltme sonrası] ölçülmesine dayalı olarak uygulanır. Ice River Kompleksi (Kolombiya) dan alınan perovskit kalite kontrol amaçlı ikincil standart olarak kullanılır. Buradaki perovskitin çoklu ‘*in-situ*’ ölçümleri 2 farklı analitik sonuç verir, bunlar 359 ± 3 My ve 357 ± 3 My dir ve ID-TIMS tarafından elde edilen 356 Ma yaş ile tam bir uyumluluk gösterir. Garnet Göl kimberlitelerinden alınan ondokuz perovskit tanelerinin analizinden elde edilen yaş 566 ± 5 My olup bu yaşlar ID-TIMS ile elde edilen sonuçlarla büyük uyumluluk içerisindedir. Pyramidefjeld (1 ppm civarında) den gelen perovskitteki düşük Pb içeriği ve kurşundaki düzeltme hakkındaki önemli belirsizlikler nedeni ile herhangi bir ‘*concordia*’ yaşı bulunamamıştır. Fakat, ‘*in-situ*’ lazer ablasyon analizine göre düzeltilmiş ortalama yaş $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ için 152 ± 3 My dir. Bu sonuçta ID-TIMS den elde edilen yaş ile 152 ± 3 My uyumludur. Sonuç olarak, lazer ablasyon SF-ICP-MS yöntemi hızlı ve pahalı olmayan bir method olması yanında perovskitin kurşun oranı düzeltilmiş U-Pb yaşlandırması içinde tam ve kesin sonuçlar vermektedir. Ayrıca bu yöntem elmas aramalarında da kullanılır.

Anahtar Sözcükler: U-Pb jeokronoljisi, lazer ablasyon, in-situ yaşlandırma, perovskit, kimberlit, yerleşme yaşı, elmas arama

Common-lead Corrected U-Pb Age Dating of Perovskite by Laser Ablation – Magnetic Sectorfield ICP-MS

Dirk Frei¹, Mark T. Hutchison¹ & Axel Gerdes²

¹ *Geological Survey of Denmark and Greenland, Øster Voldgade 10,
DK-1350 Copenhagen K, Denmark (E-mail: df@geus.dk)*

² *Johann Wolfgang Goethe Universität, Institut für Geowissenschaften,
Altenhöferallee 1, D-60438 Frankfurt am Main, Germany*

Perovskite is a very useful mineral for dating the age of emplacement of kimberlites and associated rocks. Conventionally, U-Pb dating of perovskite is achieved using isotope dilution (ID-TIMS) or ion-probe (SHRIMP) techniques, which are time- and cost-intensive. The potential of the rapid and inexpensive laser ablation ICP-MS technique for U-Pb dating of perovskite has been demonstrated recently. The main obstacle for obtaining accurate and precise U-Pb age dates from perovskite by laser ablation techniques based on quadrupole ICP-MS instruments is the large amount of common lead that is incorporated into perovskite and the associated difficulty to perform accurate common lead corrections due to the high mercury blanks of the gases (i.e. Ar and He) used in LA-ICP-MS.

We therefore investigated the benefits (very high sensitivity, very low dark noise and a large linear dynamic range) of single collector magnetic sectorfield ICP-MS (SF-ICP-MS) instruments for U-Pb dating of perovskite by laser ablation. To this end perovskites from two kimberlites from Garnet Lake, W Greenland, and Pyramidefjeld, SW Greenland, have been separated. Multigrain aliquots of both perovskite separates were U-Pb dated by ID-TIMS, yielding emplacement ages of 568±11 Ma for the Garnet Lake kimberlite and 151±2 Ma for the Pyramidefjeld kimberlite. After embedding in epoxy, grinding and polishing, multiple perovskite grains from both samples have been dated in-situ with high spatial resolution (spot analyses using a 30 µm beam diameter) by laser ablation employing a ThermoFinnigan Element2 SF-ICP-MS coupled to a NewWave UP 213 laser system. A common lead correction was applied based on the measured ²⁰⁴Pb intensity [after correction for the measured ²⁰⁴(Pb+Hg) gas blank]. Perovskite from the Ice River Complex, British Columbia, was used as a secondary standard for quality control purposes. Multiple in-situ measurements of the Ice River perovskite in two different analytical sessions yielded concordia ages of 359 ±3 Ma and 357 ±3 Ma, in excellent agreement with the age of 356 Ma determined by ID-TIMS (Heaman, *pers. comm.*). Nineteen in-situ analyses of perovskite grains extracted from the Garnet Lake kimberlite yielded a concordia age of 566±5 Ma, also in excellent agreement with the age obtained by ID-TIMS. Because of the very low Pb contents in perovskites from the Pyramidefjeld (around 1 ppm) and the associated large uncertainties of the common lead correction, no concordia age could be obtained. However, the in-situ laser ablation analysis yielded a common lead corrected weighted average ²⁰⁶Pb/²³⁸U age of 152±3 Ma which is again in excellent agreement with the weighted average ²⁰⁶Pb/²³⁸U age of 152±2 Ma obtained by ID-TIMS. We therefore conclude that laser ablation SF-ICP-MS is a fast and inexpensive method for precise and accurate common lead corrected U-Pb dating of perovskite, and hence diamond exploration.

Key Words: U-Pb geochronology, laser-ablation, in-situ dating, perovskite, kimberlites, emplacement ages, diamond exploration

İstanbul Zonu'nun Yapısal Evrimine Dair Bir Ön Çalışma

Pınar Gutsuz¹, H. Serdar Akyüz² ve Gürsel Sunal²

¹ *İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü, 34469 Maslak, İstanbul (Email: pinargutsuz@yahoo.com)*

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

İstanbul Zonu'nun stratigrafisi ile ilgili birçok çalışma bulunmasına rağmen geçirdiği deformasyon evreleri konusunda yeterli çalışma bulunmamaktadır. İstanbul Zonu'nun yapısal evrimi ile ilgili bilinen en önemli deformasyon evrelerinden birisi Eosen yaşlı 'Şile Şariyajı' ile belirlenmiş K–G yönlü sıkışmadır. Ancak bu evre öncesi ve sonrasına dair yapısal veriler genellikle detaylı çalışılmamış ya da net olarak ayırtlanmamıştır. İstanbul Zonu'nun bugüne kadar geçirdiği yapısal evrelerin daha iyi anlaşılabilmesi için İstanbul'un doğusunda Maltepe-Kartal arasında detaylı arazi çalışması yapılmış, birimler haritalanmış ve yapısal veriler derlenmiştir. Çalışma alanında, İstanbul Paleozoyik istifine ait Ordovisiyen–Erken Karbonifer yaşlı çökel birimler, Geç Kretase yaşlı magmatik sokulumlar ve Miyosen ve Kuvaterner yaşlı birimler bulunmaktadır. Paleozoyik istife ait birimlerde ve Miyosen çökellerinde ölçülen faylar, kıvrımlar, çatlak sistemleri, tabaka yönleri ve sokulumlar ile bunların birbirleriyle olan ilişkileri ayrıntılı olarak çalışılmıştır. Derlenen veriler değerlendirilerek, yapıların birbirini kesme-kesilme ilişkileri göz önüne alınmış ve 5 deformasyon evresi belirlenmiştir. Deformasyon evresi 1 (D₁), KB–GD yönlü sıkışmayı gösteren, inceleme alanında mostra ölçeğinde gözlenebilen KD–GB gidişli kıvrımlar ve bu kıvrım eksenlerine paralel gelişen bindirme ve oblik ters faylar ile tanımlanmıştır. Deformasyon evresi 1 (D₁), KB–GD yönlü sıkışmanın devam etmesiyle birlikte ilksel oluşan kıvrım eksen ve kanatları ve fayların progresif olarak yeniden kırılması ile sonuçlanmıştır. Deformasyon evresi 2 (D₂), KD–GB yönlü gerilmeyi işaret eden ve D₁ evresine ait yapıları kesen normal faylarla temsil olunur. Deformasyon evresi 3 (D₃), DKD–BGB yönlü sıkışma ve KKB–GGD yönlü açılmayı gösteren Erken Kretase yaşlı dayklar, dayk sınırlarına paralel gelişmiş doğrultu atımlı faylar, daykları kesen ve dayklar tarafından kesilen faylardan oluşmaktadır. Deformasyon evresi 4 (D₄), K–G yönlü sıkışma ile ifade edilir. Bu evre, çalışma alanında büyük ölçekli, D–B eksenli kıvrımlar ile belirlenmiştir. Bu döneme ait büyük ölçekli D–B uzanımlı şaryajlar özellikle İstanbul kuzeyinde (Karadeniz kıyı çizgisine paralel) uzun mesafeler boyunca izlenebilmektedir. Deformasyon evresi 5 (D₅), KD–GB yönlü açılmayı gösteren ve Miyosen yaşlı Çukurçeşme Formasyonu'nu kesen normal faylarla tanımlanmıştır. Bu yapısal ilişkilere ve litoloji-yapı ilişkilerine dayanarak, D₁ evresinin Karbonifer sonrası Triyas öncesinde, D₂ evresinin Triyas sonrası Geç Kretase öncesinde, D₃ evresinin Geç Kretase döneminde gelişmiş dayklarla eş zamanlı olarak, D₄ evresinin Eosen sonrası–Miyosen öncesinde ve D₅ evresinin Miyosen sonrasında gelişmiş olduğu düşünülmektedir. Bu sonuçlar belirli bir bölgeden elde edilmiş olup, farklı bölgelerden elde edilecek verilerin birleştirilmesiyle İstanbul Zonu'nun yapısal evrimi üzerine daha ayrıntılı sonuçlar elde edilebilecektir.

Anahtar Sözcükler: İstanbul Zonu, deformasyon evreleri, İstanbul Paleozoyik İstifi

Preliminary Study on the Structural Evolution of the İstanbul Zone, Turkey

Pınar Gutsuz¹, H. Serdar Akyüz² & Gürsel Sunal²

¹ İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü, Maslak,
TR–34469 İstanbul, Turkey (Email: pinargutsuz@yahoo.com)

² İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,
Maslak, TR–34469 İstanbul, Turkey

Although the stratigraphy of the İstanbul Zone is well known, there are only a few studies on the structural evolution of this zone. One of the most important deformation episodes is Eocene ‘Şile Thrust’ which shows N–S compression. However, structural data about pre- or post-Eocene deformation phases is not studied or clearly identified. To have a better understanding on the structural evolution of the İstanbul Zone, an area between Maltepe and Kartal (eastern İstanbul) has been mapped in detail and structural data has been collected. In the study area, outcrops of Ordovician–Lower Carboniferous sedimentary units of the Palaeozoic sequence, Upper Cretaceous dikes, Miocene and Quaternary units are exposed. Faults, folds, joints, beddings and dikes from the Paleozoic–Miocene units are analyzed in terms of their structural relations. Totally five deformation phases have been determined based on cross-cutting relationships of structural elements. The D₁ deformation is consistent with NW–SE compression as expressed by NE–SW-oriented folds, thrust and fold axes-parallel oblique-slip reverse faults. This phase is attributed to a progressive folding of pre-existing fault planes and fold axes during a NW–SE compression. The D₂ deformation is represented by normal faults, which cut structural elements of D₁. This deformation phases was the result of a NE–SW extension. Upper Cretaceous dikes, strike-slip faults developed along the boundaries of dikes, and other faults, which cut these dikes, were formed during ENE–WSW compression and accompanying NNW–SSE extension. There are also faults which are were cut by dikes as well and this complex structure is evolved during the D₃ deformation. The D₄ deformation is characterized by N–S compression; many E–W-trending thrust faults oriented parallel to Black Sea coast occur to the north of İstanbul. The structures of this phase are are represented by large scale E–W-trending folds. The D₅ deformation is expressed by normal faults, which cut Miocene Çukurçeşme Formation, and developed during NE–SW extension. According to explained structural and lithological relationships, the age of deformation phases can be expressed as: D₁, post-Carboniferous but pre- Triassic; D₂, post-Triassic but pre-Late Cretaceous; D₃ to be at the same with the Late Cretaceous age of dikes; D₄, post-Eocene but pre-Miocene, and D₅, post-Miocene. These results should be correlated and combined with future studies to understand the full frame of the structural evolution of the İstanbul Zone.

Key Words: İstanbul Zone, deformation episodes, İstanbul Palaeozoic sequence

U–Pb Zirkon Jeokronolijisi Kullanılarak İç Hellenid’lerin Paleotektonik Ortamı ve Potansiyel Kaynak Alanı

Guido Meinhold¹ ve Dirk Frei²

¹ CASP, University of Cambridge, 181a Huntingdon Road,
Cambridge CB3 0DH, UK (E-posta: guido.meinhold@casp.cam.ac.uk)

² Geological Survey of Denmark and Greenland, Øster Voldgade 10,
DK-1350 Copenhagen, Denmark

Son yıllarda, lazer ablasyon indükleyici-çift plazma kütle spektrometresinin (LA-ICP-MS) başkalaşım, metamorfik kayalarda ve döküntü zirkonların Pb-Pb ve U-Pb yaş tayini için hızlı, nispeten daha ucuz ve yeterince hızlı bir teknik olduğu kanıtlanmıştır. Burada yüksek uzaysal çözünürlük U-Pb yaşlandırması lazer ablasyon sektöralanlı indükleyici-çift plazma kütle spektrometresini (LA-SF-ICP-MS) sunmaktayız. Paleozoyik ve Mezozoyik boyunca eski önemli magmatik olaylarının ve potansiyel kaynak alanlarının değerlendirilmesi için Heleniklerin iç kısmındaki (Yunanistan) farklı sedimanter istiften gelen döküntü zirkon taneleri incelenmiştir. Taneli sedimater kayalardaki çalışmalar paleotektonik araştırmalarda çok önemlidir çünkü bunlar kaynak alandaki kaya litolojileri hakkında bilgi verebilirler. Kaynak alan levha tektoniğinin gelişimi sırasında tamamen ortadan kaybolmuş ya da başka bir ortama dönüşmüş olabilir. Ayrıca, fosil ve diğer stratigrafik verilerin bulunmaması durumunda, sediman içindeki en geç tane (zirkon vb) depolanma yaşı için en üst sınırı gösterebilir.

Bu çalışmada, zirkonun ‘*in-situ*’ U-Pb yaş tayini için basit bir yöntem uyguladık. Bu Danimarka ve Grönland Jeoloji Kurumu’nda (Frei & Gerdes 2008, Chem. Geol.) ThermoFinnigan Element2 manyetik sektöralanlı ICP-MS ile eşleştirilen ve frekansı 5 kat artırılmış Nd-YAG (213 nm) lazer ablasyon sistemi ile uygulanmıştır. Bu yöntem, manyetik sektöralanlı ICP-MS yüksek hassasiyetin avantajından yararlanır ve 4 kutuplu ICP-MS yöntemi ile karşılaştırıldığında daha iyi bir çözünürlükle (silindir çapı 30 mm ve az ve derinlik çözünürlüğü 15 to 20 mm) zirkonun U-Pb yaşlandırılmasına imkan sağlar.

Anahtar Sözcükler: LA-ICP-MS, jeokronoloji, zirkon, kaynak, Yunanistan

Constraints on Provenance and Palaeotectonic Setting of the Internal Hellenides from U–Pb Zircon Geochronology

Guido Meinhold¹ & Dirk Frei²

¹ *CASP, University of Cambridge, 181a Huntingdon Road,
Cambridge CB3 0DH, UK (E-mail: guido.meinhold@casp.cam.ac.uk)*

² *Geological Survey of Denmark and Greenland, Øster Voldgade 10,
DK-1350 Copenhagen, Denmark*

In recent years, laser ablation inductively-coupled plasma mass spectrometry (LA-ICP-MS) has proven to be a rapid, comparably inexpensive and sufficiently precise technique for in-situ Pb–Pb and U–Pb age determinations of igneous, metamorphic and detrital zircons. Here, we present high-spatial resolution U–Pb dating by laser ablation sector-field inductively-coupled plasma mass spectrometry (LA-SF-ICP-MS) of detrital zircon grains from various clastic sedimentary successions of the internal Hellenides of Greece to evaluate potential source regions and ancient major magmatic events during Palaeozoic and Mesozoic times. The study of clastic sedimentary rocks is crucial for palaeotectonic reconstructions because they can provide information about rock lithologies in the source area which have often been destroyed and recycled during ancient plate tectonic processes. Furthermore, in the absence of fossil and other stratigraphic data, the youngest grain (e.g. zircon) in a sedimentary rock can indicate a maximum limit for the age of deposition.

In this study, we applied a simple method for in-situ U–Pb age determinations of zircons using a ThermoFinnigan Element2 magnetic sectorfield ICP-MS coupled to a frequency quintupled Nd-YAG (213 nm) laser ablation system at the Geological Survey of Denmark and Greenland (Frei & Gerdes 2008, *Chem. Geol.*). This method takes advantage of the very high sensitivity of the magnetic sectorfield ICP-MS and allows U–Pb age dating of zircons with significantly better spatial resolution (i.e. spot diameters of 30 micrometers and below and a depth resolution of 15 to 20 micrometers) compared to quadrupole ICP-MS based methods.

Key Words: LA-ICP-MS, geochronology, zircon, provenance, Greece

Arap Levhası ve Anadolu Bloğu Sınırından Elde Edilen $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ Yaşlarının Jeodinamik Çıkarımları: Pütürge HP Biriminin Üst Kretase Dalma-Batma ve Eosen Yükseliminin Kanıtı

Yann Rolland¹, Marc Sosson¹, Doğan Perinçek²,
Nuretdin Kaymakçı³ ve Eric Barrier⁴

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

² *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Terzioğlu Yerleşkesi, 17020 Çanakkale*

³ *Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06531 Ankara*

⁴ *Université Pierre et Marie Curie - Paris VI, Laboratoire de Tectonique - CNRS UMR 7072, 4 Place Jussieu F-75252 Paris Cedex 05 France, France*

GD Türkiye Anadolu bloğu ve Arabistan levhasının oluşturduğu sınırdaki ana metamorfik birimler üzerinde $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ yaşlandırması yapılmıştır. Genel yaş aralığı Kampanien'den Lütésiye'n'e kadar çeşitlilik gösterir ve iyi tanımlanmış plato yaşlarını içerir (> 70% ^{39}Ar) :

(1) Malatya metamorfik kompleksinin güneyinden alınan bir gabro örneğinin jeokimyasal özellikleri beklenmedik şekilde genç bir yaşta işaret etmektedir: 79 ± 1.0 My olarak amfibolde saptanan bu yaş, yakınlaşma ile eş zamanlı olarak bir yay-ardı havzasının alt Kampaniyen'de açılmasının sonucu olarak yorumlanabilir ve bu açılan havza muhtemelen üst Kampaniyen'de kapanmıştır.

(2) Kuzey kısımlarda: Malatya metamorfik kompleksindeki yüksek sıcaklık metamorfizmasına uğramış florit içeren beyaz mermer tabakaları 73.8 ± 0.3 My muskovit yaşına işaret etmektedir ki bu durumda Kampaniyen ile alakalı yüksek sıcaklık jeotermal gradyantına işaret etmektedir.

(3) Bu okyanusal suturun güneyi, Pütürge mikaşistlerindeki fenjitlerde 71 ± 0.3 My ile üst Kampaniyen yaşta gözlenmektedir. Bu durum yüksek basınç metamorfizmasına ve Pütürge biriminin Malatya kompleksinin altına dalması olayına işaret etmektedir.

(4) Pütürge biriminin tabanında, taban metamorfiklerinden alınan amfibolit örnekleri çok daha genç yaşlara işaret etmektedir: 47 ± 1.2 My, bu dönem Pütürgenin Arabistan marjini üzerine tasındığı ve Pütürge-Bitlis birimlerinin Lütésiye'de (Eosen) yükseldiği döneme karşılık gelmektedir.

Anahtar Sözcükler: $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ yaşlandırması, ofiyolitler, Neotetis, üzerleme, çarpışma, metamorfizma

Geodynamic Implications of $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ Dates Obtained at the Boundary of Anatolian Block and Arabian Plate: Evidence for an Upper Cretaceous Subduction and Eocene Exhumation of Pütürge HP units

Yann Rolland¹, Marc Sosson¹, Doğan Perinçek²,
Nuretdin Kaymakcı³ & Eric Barrier⁴

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

² *Çanakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Geological Engineering, Terzioğlu Campus, TR–17020 Çanakkale, Turkey*

³ *Middle East Technical University, Department of Geological Engineering, TR–06531 Ankara, Turkey*

⁴ *Université Pierre et Marie Curie - Paris VI, Laboratoire de Tectonique - CNRS UMR 7072, 4 Place Jussieu F-75252 Paris Cedex 05 France, France*

$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating has been performed on the main metamorphic units at the boundary of SE Turkey Anatolian Block and the Arabian plate. Most dates range from Campanian to Lutetian and comprise well-defined plateaux ages ($> 70\% \text{ }^{39}\text{Ar}$) :

(1) South of the Malatya metamorphic complex a gabbro sample displaying back-arc geochemical features provided an unexpected young age: 79 ± 1.0 Ma on amphibole (duplicated), which is interpreted as resulting from the opening of a syn-convergence back-arc basin in the Lower Campanian, which likely closed in the Upper Campanian.

(2) In the northern part: In the Malatya metamorphic complex high-temperature metamorphosed fluorite-bearing white marble layer provided a Muscovite age of 73.8 ± 0.3 Ma, which indicates a high geothermal gradient related in the Campanian.

(3) South of this oceanic suture, Puturge micaschists exhibit an Upper Campanian age of 71 ± 0.3 Ma on phengite, which indicates that HP metamorphism and thus subduction of the Puturge unit below the Malatya complex occurred at this time.

(4) At the base of the Puturge unit, amphibolites sampled in frontal metamorphic sole exhibit much younger ages: 47 ± 1.2 Ma, they thus provide the time for the tectonic transport of the Pütürge onto the Arabian margin, and thus exhumation of the Pütürge-Bitlis units, in the Lutetian (Eocene) times.

Key Words: $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating, ophiolites, Neotethys, obduction, collision, metamorphism

Gökseki Metatronjemitinin (Ağvanis Metamorfikleri) Petrolojisi ve U/Pb Jeokronolojisi, D Pontidler: Erken Lutesyen Mağmatizması ve İzleyen Metamorfizma ve Deformasyon

Yıldız Özgülük¹, Timur Ustaömer¹, P. Ayda Ustaömer² ve Axel Gerdes³

¹ *İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,
34850 Avcılar, İstanbul (E-posta: timur@istanbul.edu.tr)*

² *Yıldız Teknik Üniversitesi, Doğa Bilimleri Araştırma Merkezi, 34349 Beşiktaş, İstanbul*

³ *Goethe Universität, Institut für Geowissenschaften, Altenhöferallee 1,
D-60438 Frankfurt am Main, Germany*

Ağvanis metamorfikleri, Ankara-Erzincan Kenet Kuşağı'nın kuzeyinde yer alan yeşilist fasiyesinde metamorfizmaya uğramış bir kaya topluluğudur. Bu kaya topluluğu kuzey ve güneyden neotektonik Kuzey Anadolu Fay Zonuna ait faylar ile sınırlanmıştır. Metamorfik kayalar Orta–Geç Eosen yaşlı sığ denizel kırıntılı ve karbonatlı kayalar uyumsuz olarak örter. Metamorfik kayalar, önceki incelemelerde Triyas yaşlı Karakaya Kompleksi ve Tokat Masifi ile deneştirilmiştir.

Ağvanis metamorfikleri egemen olarak metabazitler ile daha az oranda metakarbonat, metaçört ve metapelitik kayalardan oluşur. Bu kaya topluluğu içine sokulmuş meta-asidik kayalar Ağvanis metamorfiklerinin önemli bileşenleridir. Meta-asidik kayalar, dasitik bileşimli dayk ve siller ile ~10 km² lik bir yüzeyleme alanı kaplayan Gökseki metatronjemitinden oluşur. Gökseki metatronjemitini ince-orta taneli olup, büyük bir sil şekilli küttür. İntrüzyonun ana kayaç yapıcı mineralleri plajyoklas (% 32–60), kuvars (% 30–53), biyotit (< %10), K-feldspat (< %10) ve yerel olarak amfibol (< % 1) dür. Tali mineral olarak sfen, zirkon ve apatite rastlanılmıştır. Klorit, kalsit ve serizit alterasyon ürünü olarak gelişmiş ikincil minerallerdir.

Gökseki metatronjemitinden alınan bir numunedan elde edilen mağmatik zirkonların LA-SF-ICP-MS ile yapılan U-Pb analizlerinden, çok hassas 47.7±0.4 My (MSWD= 1.0) yaş elde edilmiştir. Bu yaş verisi, Gökseki metatronjemitinin Erken Lutesiyen döneminde bölgeye yerleştiğini, bunu izleyen dönemde ise çevre kayalar ile birlikte deformasyon ve metamorfizma geçirdiğini ortaya koymaktadır.

Gökseki metatronjemitinin jeokimyasal özellikleri, intrüzyonun kalk-alkalen bileşimli, I-tipi bir granitoid olduğunu ve mafik bir kaynak alanın kısmi ergimesi sonucu oluştuğunu göstermiştir. Biyotitlerin mineral kimyası ise kalk-alkalen, orojenik plütonlara ait biyotitlerin kimyası ile uyum içindedir. Bölgesel deneştirmeler ve stratigrafi, Erken Lutesiyen mağmatizmasının, litosferik gerilme ortamına yerleştiğini düşündürmektedir.

Anahtar Sözcükler: Ağvanis, D Pontidler, metatronjemit, U/Pb jeokronolojisi, I-tipi, Lutesyen

Petrology and U/Pb Geochronology of Gökseki Metatrandjemite (Ağvanis Metamorphics), E Pontides: Early Lutetian Magmatism and Subsequent Metamorphism and Deformation

Yıldız Özgülük¹, Timur Ustaömer¹, P. Ayda Ustaömer² & Axel Gerdes³

¹ *İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Avclar, TR–34850 İstanbul, Türkiye (E-mail: timur@istanbul.edu.tr)*

² *Yıldız Teknik Üniversitesi, Doğa Bilimleri Araştırma Merkezi, Beşitaş, TR–34349 İstanbul, Türkiye*

³ *Goethe Universität, Institut für Geowissenschaften, Altenhöferallee 1, D-60438 Frankfurt am Main, Germany*

The Ağvanis metamorphics are greenschist facies metamorphic rocks, exposed to the N of the Ankara-Erzincan Suture Belt. This rock assemblage is bounded by faults related to the neotectonic North Anatolian Fault Zone. The metamorphic rocks are unconformably overlain by Mid-Upper Eocene shallow-marine clastics and carbonates. Previous studies correlated these metamorphic rocks with the Triassic Karakaya Complex and the Tokat Massif.

The Ağvanis Metamorphics comprise dominantly metabasites with subordinate metacarbonates-metacherts and metapelitic rocks. Meta-acidic rocks intruding this rock assemblage are important components of the Ağvanis Metamorphics. The meta-acidic rocks comprise dacitic dykes and sills, together with Gökseki metatrandjemite, covering an area of ~10 km². The Gökseki metatrandjemite is fine to medium grained and forms a large sill-like body. Rock forming minerals are plagioclase (32–60%), quartz (30–53%), K-feldspar (< 10%) and locally amphibole (< 1%). Minor minerals are sphene, zircon and apatite. Chlorite, calcite and serizite are the secondary minerals formed during alteration.

Laser ablation U-Pb dating by magnetic sector field ICP-MS of magmatic zircons in the Gökseki metatrandjemite have yielded a well-constrained concordia age of 47.7±0.4 Ma (MSWD= 1.0). The age data indicate that the Gökseki metatrandjemite was intruded during the Early Lutetian and subsequently underwent deformation and metamorphism together with the surrounding rock units.

The geochemical characteristics of the Gökseki metatrandjemites suggest that it is calc-alkaline, I-type granitoid, formed by partial melting of mafic source rocks. Mineral chemistry of biotites is comparable to that of calc-alkaline, orogenic plutons. Regional comparisons and stratigraphy suggest that Early Lutetian magmatism was related to lithospheric extension.

Key Words: Ağvanis, E Pontides, metatrandjemite, U/Pb geochronology, I-type, Lutetian