
Neojen Tektoniği
Neogene Tectonics

Oturum Yürütücüleri / Conveners: Aral I. Okay, Laurent Jolivet,
Gürol Seyitoğlu & Hasan Sözbilir

Kabuksal Kalınlaşmadan Yay-ardı Genişlemesine Ege Tektoniği: Sıyrılma Faylarının Rolü

Laurent Jolivet, Benjamin Huet, Emmanuel Lecomte, Loïc Labrousse,
Evguenii Burov, Olivier Lacombe ve Yoann Denèle

*ISTEP, Université Pierre et Marie Curie, T 46-00 N2, case 129, 4 Place Jussieu,
75252 Paris cedex 05, France (E-posta: laurent.jolivet@upmc.fr)*

Düşük açılı geniş ölçekli normal faylardan oluşan (DANF) (LANF) ve sığ-eğimli genişlemeli makaslama kuşakları Eosenden günümüze bütün Ege bölgesinin evriminde ana rol oynamıştır. Ege bölgesinin, gözden geçirme anlamında (review), değişik sıyrılma tipleri sunulacak ve ilgili yapılar ile P-T evrimi tanımlanacaktır.

Yığışım kamaları içindeki sin-orojenik sıyrılmalar. Bunlar ya dalma-batma kanallarının tavanına ya da yığışım kompleksleri içindeki genişlemeli makaslama kuşaklarına denk gelmektedirler. Bunlar, üzerindeki örtü yükünü süpürdükleri için yüksek basınç ve düşük sıcaklık metamorfik birimlerin hortlamasında (exhumation) ana rol oynamaktadırlar. Örnekleri Cyclades adalarından olan Syros ve Tinos da bulunmuştur. Vari sıyrılımı Eosen sırasındaki Cycladic mavi şist hortlamasından sorumludur. En yeni örnekleri, Helenidlerin dış kısmında yer alan Girit ve Peloponnese’de gözlenmiştir. Fillit-Kuvarsit HP-LT napları, Geç Oligosen-Erken Miyosen sırasındaki Girit sıyrılımından hortlamıştır. Bu tip bir sıyrılma HP-LT parajenezlerinin iyi bir şekilde korunması ile bağlantılıdır.

Yay-ardı bölgesi Post-orojenik sıyrılımları. Bunların en tipik olanları Naxos, Paros, Andros, Tinos and Mykonos adalarında gözlemlenebilir. Geç Oligosen ve Miyosen yaşlı genişleme. Sıyrılımlar amfibolit fasiyesinin ya da yeşil şist fasiyesinin derinliklerinden Cyclades’in mavi şist fasiyesinin hortlamasının sonuna konukluk etmektedir (accommodate). Bir kaç adada, bunlar granitik sokulumlarla eş zamanlıdır, (associate contemporaneous) genelde yüksek sıcaklık koşullarına doğru bir evrim kaydedilmiştir. Sünümlüden kırılğan bir davranışa doğru geçiş sırasında sürekli bir deformasyon lokalizasyonu gözlenmiştir. İlk lokalizasyon olayı bütün ölçeklerde gözlenmiş olan budinajdır. Daha sonra ise, genişlemeli kesme kuşakları budinlerin arasında oluşmuştur. Bu durum, farklı ölçeklerde de gözlenmiş ve ayrıca bu muhtemelen kabuksal ölçekte doğrudur. Bu makaslama kuşakları sürekli olarak sığ-eğimli normal faylara dönüşmektedir. Kataklastikler zayıf kuşaklarda bile kırılğan olan bu sıyrılımların yaşamlarında önemli bir yere sahiptir. Sıyrılımların altında oluşmuş olan çekirdek kompleksleri ilk olarak genişleme yönüne dik ve sıcaklıkların orta yükselteleri tarafından karakterize edilen b-tipi domlar olarak gelişmekte; daha sonra zamanla yüksek sıcaklık gnays domlarına dönüşmekte ve genişleme yönüne paralel uzanımlar haline gemektedirler. Domların geometrik & jeodinamik evrimleri termo-mekanik modellemeler ile tanımlanmıştır. Kuzey Ege Sıyrılımının Menderes masifinin kuzeyindeki bazı eşdeğer yapıları ile tartışılmıştır.

Son olarak, Corinth Rift durumu sunulmuştur. Klasik olarak Kuzey Anadolu Fayı ve Kefalonia Fayı arası bir çek-ayır havzası olarak düşünülmüştür. Burası gerçekten de Ege Sıyrılımı/Çekirdek Kompleksi sistemi ile çarpıcı benzerlikler göstermektedir. Ege çekirdek kompleksi muhtemelen Ege riftinin altındaki derinliklerinde aktif deformasyonun iyi bir benzeridir. (analogues) Bu riftin, kabuksal ölçekteki yeni bir çapraz kesiti (cross-section) ve Ege bölgesinde yapılmış olan yeni gözlemler ışığında zaman içindeki evrimi sunulmuş,

Anahtar Sözcükler: Ege, yay-ardı genişlemesi, sıyrılmalar, Corinth, Cyclades

Aegean Tectonics, from Crustal Thickening to Back-arc Extension: The Role of Detachments

Laurent Jolivet, Benjamin Huet, Emmanuel Lecomte, Loïc Labrousse,
Evguenii Burov, Olivier Lacombe & Yoann Denèle

*ISTEP, Université Pierre et Marie Curie, T 46-00 N2, case 129, 4 Place Jussieu,
75252 Paris cedex 05, France (E-mail: laurent.jolivet@upmc.fr)*

Large-scale detachments made of low-angle normal faults (LANF) and associated shallow-dipping extensional shear zones have played a major role throughout the evolution of the Aegean region from the Eocene to the present. A review of the different types of detachments in the Aegean region is presented and the associated structures and P-T evolution described.

Syn-orogenic detachments form within accretionary wedges. They correspond either to the roof of the subduction channel or to extensional shear zones within the accretionary complexes. They play a major role in the exhumation of high-pressure and low-temperature metamorphic units as they remove efficiently the overburden. Examples are found in the Cycladic islands of Syros and Tinos. The Vari detachment is responsible for the exhumation of the Cycladic Blueschists during the Eocene. More recent examples can be observed in the external parts of the Hellenides, namely in Crete and Peloponnese. The Cretan detachment exhumed the Phyllite-Quartzite HP-LT nappe in the Late-Oligocene and Early Miocene. This type of detachment is associated with a good preservation of HP-LT parageneses.

Post-orogenic detachments form in the backarc region. The most typical of them can be observed on the islands of Naxos, Paros, Andros, Tinos and Mykonos. Extension is of Late Oligocene and Miocene age. The detachments accommodate the end of exhumation of the Cycladic Blueschists from the depth of the greenschist facies or the amphibolite facies. On several islands they are associated contemporaneously with granitic intrusions and in general an evolution toward high temperature conditions is recorded. A progressive localisation of deformation is observed during the passage through the transition from ductile to brittle behaviour. The first localizing event is boudinage that is observed at all scales. Then, extensional shear zones form between boudins. This is observed at different scales and it is probably true also at crustal scale. These shear zones evolve progressively into shallow-dipping normal faults. Cataclasites play an important part in the life of these detachments that are weak zones still in the brittle field. The core complexes formed below detachments are first b-type domes perpendicular to the direction of extension and characterized by a moderate elevation of temperature; they then evolve with time toward high temperature gneiss domes and they become elongated parallel to the direction of extension. The geometrical and dynamic evolution of the domes is described and their evolution described through thermo-mechanical modelling. The possible connection of the North Aegean Detachment with some equivalent structures north of the Menderes massif is discussed.

Finally, the case of the Corinth Rift is presented. Classically considered a pull-apart basin between the North Anatolian Fault and the Kephallonia Fault it indeed shows striking similarities with the Aegean detachments/core complexes systems. The Aegean core complexes are possibly good analogues of the deformation active at depth below the rift. A new crustal-scale cross-section of the rift is presented and its evolution through time discussed in the light of observations made in the Aegean.

Key Words: Aegean, back-arc extension, detachments, exhumation, Corinth, Cyclades

Naxos Gneys Domu'nun Termomekanik Evrimi

Donna L. Whitney¹, Christian Teyssier¹, Patrice F. Rey² ve Seth C. Kruckenberg¹

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

² *Earthbyte Group, School of Geosciences, The University of Sydney, Sydney NSW2006, Australia*

Naxos Adası'nda bir Barrovian istif, metamorfik çekirdek kompleksin (MÇK) sıyrılma fayı altında yer alır ve istifin en yüksek dereceli metamorfizma bölgesinde, yüksek ergime fraksiyonlu, migmatit domu ile tabanlanır. Naxos migmatit çekirdekli (Mç) MÇK'nin termomekanik evrimi, genişleme oranının ve ergiyin varlığı/yokluğuna göre değişen farklı senaryolardan oluşan 2D sayısal modellerle açıklanmıştır. Naxos Mç MÇK'nin metamorfik ve kinematik geçmişi, derinlerde kısmi olarak akışkan tabaka içeren bir orojenik kabuğa uygulanan yüksek gerilme hızıyla en iyi şekilde modellenmiştir. Yüksek gerilme hızında (MÇK bölgesinde cm/yıl), kısmen ergimiş kabuk migmatit olarak kristalleşir ve yüksek jeotermal gradyan boyunca (35–65 °C/km) soğur. Kabuk yükselme sırasında sık kabukta yüksek sıcaklık-düşük basınç koşullarında migmatit domu oluşturacak şekilde kısmen ergimiş olarak kalır. Üzerleyen Barrovian istif eğimlenir ve izogradik boşluk, yakındaki domun dikey yükselmesi nedeniyle çöker. 2D sayısal modellerde domun içyapısı alt kabuktan düşük viskoziteli malzemenin doma doğru geçişini sağlayan kanalların yukarıya doğru akmasıyla kontrol edilir. Bu yukarıya doğru akma kanal çarpışmasıyla sonuçlanır ve bu da düşey yüksek dereceli deformasyon zonunu oluşturur. Arazi ölçümlerini kullanarak migmatitlerin 3D yapısal analizleri Naxos gibi MçMÇK'nin iç dinamiğini açıklamak için 2D sayısal modelleriyle birleştirilebilir. Arazi ve modelleme sonuçları domal bölgeler arasında kısmen ergimiş kabuğun düşey akma zonuyla uyumludur. Mostradaki kayaçların yapısal karışıklığına rağmen dom ölçeğindeki migmatit kısmen ergimiş kabuk doma doğru sıkıştırıldığı için iki kanal arasındaki çarpışmayı yansıtan maksimum akmanın izlerini taşır. Naxos ve Ege'nin diğer MçMÇK'leri gösterir ki; Ege kabuğunun muayyen bölgeleri kısmen ergimiştir ve bu ergiyiğin varlığı ısı ve kütle transferinde önemli rol oynar.

Anahtar Sözcükler: gneys domu, metamorfik çekirdek kompleks, migmatit, modelleme, Naxos

Thermomechanical Evolution of the Naxos Gneiss Dome

Donna L. Whitney¹, Christian Teyssier¹, Patrice F. Rey² & Seth C. Kruckenberg¹

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

² *Earthbyte Group, School of Geosciences, The University of Sydney, Sydney NSW2006, Australia*

On the island of Naxos (Greece), a Barrovian sequence underlies the bounding detachment faults of a metamorphic core complex (MCC) and is cored by an elongate, high-melt fraction migmatite dome in the highest-grade region of the sequence. The thermo-mechanical evolution of the Naxos migmatite-cored (Mc) MCC is illustrated by 2D numerical modeling of different scenarios that vary extension rate and the presence/absence of melt. The metamorphic and kinematic history of the Naxos McMCC is best modeled by a high extension rate applied to orogenic crust that contains a partially molten layer at depth. At high extension rate (cm/year in the region of the MCC), partially molten crust crystallizes as migmatite and cools along a high geothermal gradient (35–65 °C/km); the crust remains partially molten during ascent, forming a migmatite dome at high-temperature – low-pressure conditions in the shallow crust. The overlying Barrovian sequence is tilted and isogradsic spacing collapses owing to vertical ascent of the adjacent dome. In the 2D models, the internal structure of the dome is controlled by the upward flow of channels that transfer low-viscosity material from the lower crust into the dome. This upward flow results in channel collision, the formation of a vertical high strain zone, and partial convection of the low-viscosity layer in subdomes. The results of 3D structural analysis of migmatite using field measurements can be integrated with the 2D numerical models to illustrate the internal dynamics of McMCCs such as Naxos. Field and modeling results are consistent with a zone of vertical flow of partially molten crust between subdomal regions. Despite the structural complexity of the rocks in outcrop, migmatite on the scale of the dome records bulk flow that reflects the collision of two channels as partially molten crust is forced into the dome, and the 3D effect of top-to-north flow that controls the dominant N-S lineation pattern and the overturning of folds and subdomes. Naxos and other Aegean McMCCs show that significant areas of Aegean crust were partially molten and that the presence of this melt was significant for heat and mass transfer during extension.

Key Words: gneiss dome, metamorphic core complex, migmatite, modeling, Naxos

Doğal Basınç-Sıcaklık-Zaman-Gerilme Verilerine Göre Kiklatlardaki Domların Termomekanik Modellemesi

Benjamin Huet, Laetitia Le Pourhiet, Evgueni Burov, Loïc Labrousse ve Laurent Jolivet

ISTEP, UMR 7193, UPMC Paris, Université Pierre et Marie Curie, T46-00 E2, 4 Place Jussieu, 75252 Paris cedex 05, France (E-posta: benjamin.huet@upmc.fr)

Cyclades adası, Yunanistan, birkaç sıyrılma sisteminin altında hortlanmış (**exhumed**) yüksek dereceli metamorfik dom ardalanması özelliklerini sergilemektedir. Kuzeydeki adalar, Andros, Tinos, Mykonos ve Ikaria sığ, kuzeye eğimli, sıyrılma sistemi altında, soğuk P-T örgüleri boyunca (**path**) hortlanmış eklojit ve mavi şist özellikleri göstermektedir. Merkezi adalardaki, Paros and Naxos'daki hortlanmış olan kayalar ise daha sıcak P-T örgüleri (**path**) takip etmiş olup; ikinci bir sıyrılma trendinin altındaki hortlamalar esnasında migmatize olmuşlardır. Güney'de yer alan Ios adasında ise, metamorfik kayaların hortlamasından sorumlu deformasyonun son basamağı yeşil şist fasiyesinde meydana gelmiş olan kuzeye doğru makaslama (**shear**) ile bağlantılıdır. HP kayalarının hortlamasının ilk adımı açıkça Eosen sin-sübdüksiyon tektoniği ile ilgili olsa bile, dom yapıları K-G genişleme episodunu müteakip olarak oluşmuşlardır.

Genel anlamda, dolayısıyla, Ege bölgesi farklı adalarda mostra veren 10km-ölçekli farklı bir sıcaklık tarihçeli yada 100km-ölçekli sıcak bir çekirdek ve soğuk bir çevre (**rim**) ile çevrilmiş olan domların ardalanması olarak düşünülebilir. Bu çalışmada, tamamen sıcaklıksal olarak birleştirilmiş (**coupled**) visko-elastik-plastik kodları kullanılarak bir dizi termomekaniksel deneyler yapılmıştır. Termomekanik modelleme böylesi yapıların ve termal heteronjenitelerin uygunluğunun test edilmesine olanak sağlayabilir. Yapay P-T örgülerinin üretilmesi, teorik yaş örneklerinin (**pattern**) ve modellerden çıkarılmış sonlu birim deformasyon (**strain**) alanları gerçekçi olan ve gerçekçi olmayan fiziksel parameter setlerinin (sünümlü reoloji, ısı akısı, genişleme hızı...) ayrılması için işaretler ortaya koyabilmektedir.

Bu çalışmada, termal hikayenin son basamağı olan ve bizim ilksel termal yapıyı kurmak için kullanmış olduğumuz 16° C/km'lik bir metamorfik gradyan boyunca farklı metamorfik kayaların eriştiği dengelenme zamanına denk gelen son ~30 Milyon yıllık zaman ele alınmıştır. Domların şeklini ve hortlanmış kayaların P-T- t deformasyon yollarını (**paths**) control eden en hassas parametrelerin alt kabuğun en üstteki ve en alttaki efektif viskozite contrastının olduğu gösterilmiştir. Üst kabuğun kalınlığı ve alt kabuktaki sünümlü kanalların kalıcılık süresi bir büyük ya da bir kaç daha küçük domların gelişimini control etmektedir. Ayrıca, çarpışmalı nap istiflerinden miras kalmış olan karmaşık ilksel şekiller de test edilmiştir.

Anahtar Sözcükler: genişlemeli domlar, sayısal modelleme, sentetik P-T örgüleri, Ege

Thermomechanical Modelling of Cycladic Domes Constrained by Natural Pressure-Temperature-Time-Strain Data

Benjamin Huet, Laetitia Le Pourhiet, Evgueni Burov, Loïc Labrousse & Laurent Jolivet

ISTEP, UMR 7193, UPMC Paris, Université Pierre et Marie Curie, T46-00 E2, 4 Place Jussieu, 75252 Paris cedex 05, France (E-mail: benjamin.huet@upmc.fr)

Cyclades island, Greece, represent a succession of metamorphic domes, with high-grade metamorphics exhumed below several detachment systems. The northern islands, Andros, Tinos, Mykonos and Ikaria show eclogite and blueschists exhumed along cold P-T paths below a system of shallow northward dipping detachments. The rocks exhumed in the central islands, in Paros and Naxos, followed a warmer P-T path, and were migmatized during their exhumation below a second trend of detachments. In the south, on Ios island, the last steps of deformation responsible for the exhumation of metamorphic rocks are associated to shearing toward the north in the greenschist facies. Even if the first steps of exhumation of HP rocks is clearly associated to Eocene syn-subduction tectonics, dome structures result from a subsequent N-S extension episode.

Overall, the aegean domain can therefore be considered as a succession of 10km-scale domes with different thermal histories or a 100 km-scale dome with a hot core and cold rims, cropping out on different islands. We have performed a set of thermomechanical experiments using a fully thermally coupled visco-elasto-plastic code. Thermomechanical modelling can provide a test on the viability of such structures and thermal heterogeneities. The production of synthetic P-T path, theoretical radiometric age patterns and finite strain field extracted from the models can provide clues to separate realistic from unrealistic sets of physical parameters (ductile rheology, heat flux, extension velocity...).

In this study, the last step of the thermal history is considered, since ~30 Ma when most of the different metamorphic rocks equilibrated at different depths along a 16° C/km metamorphic gradient that we used to construct the initial thermal structure. We show that the most sensitive parameters controlling the shape of the domes and the P-T-t-deformation paths of exhumed rocks are the effective viscosity contrasts at the top and bottom of the lower crust. The thickness of the upper crust and the duration of persistence of ductile channels in the lower crust control the development of one large or several smaller domes. Complex initial geometries inherited from collisional nappe stacking are as well tested.

Key Words: extensional domes, numerical modelling, synthetic P-T paths, Aegean

Kazdağ Masifi'nin Erken–Orta Miyosen'de Hızlı Yükselimi ve Batı Anadolu'daki Neojen Tektoniği

Aral I. Okay¹, William Cavazza² ve Massimiliano Zattin²

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

² *Dipartimento di Scienze della Terra e Geologico-Ambientali, Università di Bologna,
Piazza di Porta San Donato, 40127 Bologna, Italy*

Batı Anadolu'da Neojen sırasında egemen olan tektonik rejim konusunda kabaca üç farklı görüş vardır: (1) Oligosen–alt-orta Miyosen boyunca devam eden kısalmalı bir tektonik rejim, Geç Miyosen ve Pliyosen'de yerini genişlemeli bir tektonik rejime bırakmıştır, (2) Erken Miyosen'den beri Batı Anadolu'da sürekli bir genişlemeli tektonik egemendir, (3) Batı Anadolu'da genişlemeli tektonik Neojen'de süresince süreksiz/aralıklı ve lokaldir; yüksek genişlemeli yamulma ile tanımlanan süreçleri, çok az deformasyonun meydana geldiği zaman dilimleri izler. Batı Anadolu'nun Neojen tektoniği ile ilgili bu teoriler metamorfik çekirdek komplekslerden elde edilen termokronolojik veriler ile test edilebilir. Kuzeybatı Anadolu'daki Kazdağ Masifi geç Oligosen–erken Miyosen yaşta bir metamorfik çekirdek kompleksidir. Kazdağ Masifi kayalarından elde edilen Rb-Sr ve Ar-Ar muskovit ve biyotit yaşları ve apatit fizyon-iz analizleri Kazdağ Masifi'nin 20 Ma ile 10 Ma arasında (Erken–Orta Miyosen) ~14 km bir derinlikten ~2 km bir derinliğe (above the apatite partial annealing zone) yükseldiğini göstermektedir. Kazdağ Masifi'ndeki düşük açılı makaslama zonlarının ve yüksek açılı normal fayların yapısal analizi, radyometrik yaşlar ve tavan bloğunda çökelen sedimanter istiflerin stratigrafik analizi Masifi'n iki evreli bir yapısal evrim geçirdiğini göstermektedir. Geç Oligosen–Erken Miyosen'deki birinci evrede Kazdağ Masifi'nin düşük açılı sıyrılmaya fayları ile hızlı yükselmiş ve buna bağlı olarak epiklastik, volkanoklastik ve volkanik kayalardan oluşan sıyrılmaya-fayı-üzere (supradetachment) havza çökelleri (Küçükkuşu Formasyonu) gelişmiştir. Pliyo–Kuvaterner'deki ikinci evrede ise (i) Kuzey Anadolu Fay sistemine ait doğrultu atımlı faylar gelişmiş ve, (ii) Ege genişlemeli rejimine bağlı normal faylar meydana gelmiştir. Bu ikinci evre apatit fizyon iz yaşlarında herhangi bir değişim yaratmamıştır. Bu durum ikinci evrede 3–4 km'yi aşan bir düşey yükselmenin meydana gelmediğini göstermektedir. Kazdağ Masifi'nden elde edilen termokronolojik veriler kuzey Ege bölgesinde genişlemeli tektoniğin süreksiz/aralıklı olduğunu ve Erken–Orta Miyosen ve Pliyo–Kuvaterner'de iki önemli genişlemenin cereyan ettiğini göstermektedir.

Anahtar Sözcükler: Neojen, genişlemeli tektonik, Kazdağ Masifi, apatit fizyon-iz yaşları, Ege

Rapid Early–Middle Miocene Exhumation of the Kazdağ Massif: Implication for the Neogene Tectonics of Western Anatolia

Aral I. Okay¹, William Cavazza² & Massimiliano Zattin²

¹ *Istanbul Technical University, Eurasia Institute of Earth Sciences, Maslak,
TR–34469 İstanbul, Turkey (E-mail: okay@itu.edu.tr)*

² *Dipartimento di Scienze della Terra e Geologico-Ambientali, Università di Bologna,
Piazza di Porta San Donato, 40127 Bologna, Italy*

There are broadly three views on the Neogene tectonics in western Anatolia: (1) A shortening tectonic regime during the Oligocene to Middle Miocene gave way to extension in the Late Miocene–Pliocene, (2) Continuous extension existed in the Aegean region since the Early Miocene, (3) Extension was episodic and local with high rates of extension followed by periods of little deformation. These theories can be tested by thermochronological data from metamorphic core complexes. The Kazdağ Massif in the northwest Turkey is a metamorphic core complex of late Oligocene–early Miocene age. Rb-Sr and Ar-Ar muscovite and biotite ages and apatite fission-track analyses indicate that the Kazdağ Massif in northwestern Anatolia was exhumed from a depth of ~14 km to ~2 km (above the apatite partial annealing zone) between 20 and 10 Ma (i.e. early–middle Miocene) with a cluster of ages at 20–14 Ma. The structural analysis of low-angle shear zones, high-angle normal faults and strike-slip faults, as well as stratigraphic analysis of upper-plate sedimentary successions and radiometric ages, point to a two-stage structural evolution of the massif. The first stage – encompassing much of the rapid thermal evolution of the massif – comprised late Oligocene–early Miocene low-angle detachment faulting and the associated development of small supradetachment grabens filled with a mixture of epiclastic, volcanoclastic and volcanic rocks (Küçükuyu Formation). The second stage (Plio–Quaternary) has been dominated by (i) strike-slip faulting related to the westward propagation of the North Anatolian fault system and (ii) normal faulting associated with present-day extension. This later stage affected the distribution of fission-track ages but did not have a component of vertical (normal) movement large enough to exhume a new partial annealing zone. The thermochronological data support the notion that Neogene extensional tectonism in the northern Aegean region has been episodic, with accelerated pulses in the early–middle Miocene and Plio–Quaternary.

Key Words: Neogene, extension, Kazdağ Massif, apatite fission track, Aegean

Kuzey Orta Anadolu’da Pliyosen’den Günümüze Varolan Sürekli Genişleme Dönemi

Bora Rojay

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

Kuzey Orta Anadolu’nun Geç Miyosen sonrası tektonik evrimi Anadolu’nun neotektonik evrimi açısından önemli bir yer tutmaktadır. Kaya topluluklarının stratigrafisi, yaşları ve deformasyonu hakkındaki yorum farklılıkları nedeni ile bölgenin Geç Miyosen sonrası evrimi hakkında farklı görüşler bulunmaktadır. Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu fay kuşakları arasında batıya göçen neticesinde Akdeniz sırtı boyunca Afrika Levhasını üzerleyen “Anadolu Levhası” üzerinde gelişen Pliyo-Kuvaterner genişleme rejimi Geç Miyosen sonrası sıkışmalı rejimi üzerler. Ege Bölgesi’nden Orta Anadolu’ya uzanan bir alanda etkin olan çok yönelimli genişlemeli (multi directional extensional) rejimler, Anadolu Levhasını sınırlayan kenar fay kuşaklarına yakın alanlarda sıkışmalı- genişlemeli (transtansiyonel) bir rejime geçer.

Kuzey Orta Anadolu’da yeralan Galatya Volkanik Bölgesinde (Ankara) yürütülen bu çalışmada Geç Miyosen ile Pliyosen tortul istifleri arasında varolan açılal uyumsuzluk bölgenin iki farklı deformasyon evresinden etkilendiğini göstermektedir. Geç Miyosen sonrası üç ana deformasyon evresi gözlenmiştir. Bunlar; (i) kıvrım eksenini analizlerinden elde edilen Geç Miyosen–Pliyosen (?) öncesi KB–GD/K–G sıkışma, (ii) Erken Pliyosen (?) istiflerinde gelişen çökeltme ile yaşıt normal faylanmalar ile tanımlanan Erken Pliyosen sonrası D–B genişleme, ve (iii) fay düzlemi kayma verisi analizlerinden elde edilen Pliyosen–Günümüz KKD–GGB/KB–GD çok yönelimli genişleme rejimleridir. Özetle, Erken Pliyosen(?) istiflerinde gözlenen çökeltme ile yaşıt normal faylanma ile tanımlanan genişleme rejimi, Pliyo–Kuvaterner döneminde yön değiştirerek devam etmiştir.

Pliyosen ve sonrası döneme ait σ_1 ile σ_3 yönelimleri arasındaki ilişkide gözlenen σ_1 yönündeki değişimler, Orta Anadolu’da etkin olan tektonik rejimin Ege Bölgesi genişlemeli rejiminin bir devamı niteliğinde olduğunu ve bölgenin ‘çok yönelimli genişlemeli’ bir rejimin etkisinde kaldığını göstermektedir.

Anahtar Sözcükler: Geç Miyosen sonrası, çok yönelimli genişlemeli rejim, kuzey Orta Anadolu, Galatya volkanik bölgesi, Ankara

Continuous Extension since the Pliocene in Northern Central Anatolia

Bora Rojay

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

Post-Late Miocene tectonic evolution of the northern Central Anatolia is an important issue in the understanding of the neotectonics of the Anatolia. The stratigraphic and age of sequences, differences in the interpretation of the deformational styles of post-Late Miocene presents different views. The migration of the Anatolian Plate towards west between the North Anatolian and East Anatolian Fault Zones along Mediterranean Ridge onto Africa Plate resulted in the development of Plio-Quaternary extension in Anatolia that follows the post-Miocene compressional tectonic regime. The multi directional extensional regime extends from Aegean sector to Central Anatolia and passes to transtensional areas along border fault zones.

The study is carried out in Galatian Volcanic Province (Ankara) of northern Central Anatolia. The clear angular unconformity between the Late Miocene and Pliocene sequences indicates the existence of two deformational phases in the region. The deformational order since post-Late Miocene manifests three tectonic phases. These are; (i) Late Miocene – pre-Pliocene (?) NW–SE to N–S compression depicted from fold analysis, (ii) Early Pliocene (?) E–W extension depicted from syn-sedimentary faults and (iii) Plio–Quaternary NNE–SSW to NW–SE multi-directional extension depicted from fault slip lineation analysis.

The σ_1 – σ_3 relationship manifests rotations in principal stress σ_1 axes, which indicates the continuation of multi directional extension in the Aegean terrain in the Central Anatolian.

Key Words: post-Late Miocene, multi-directional extension, northern Central Anatolia, Galatian volcanic province, Ankara

Ege–Batı Anadolu Oroklini'nin Evrimi

Douwe van Hinsbergen

*Paleomagnetic Laboratory 'Fort Hoofddijk', Utrecht University, Budapestlaan 17,
3584 CD Utrecht, The Netherlands (E-posta: douwework@gmail.com)*

Ege, batı Anadolu ve Karpat bölgeleri Neojen blok rotasyonlarının iyi bilindiği alanlardır. Bu sunumda batı Anadolu ve Bulgaristan'dan, ana blok rotasyonunun dağılımı ve zamanlaması ile bunların (yay-ardı) genişleme ve sıkışma ile olan ilişkilerine dair kayıtları tamamlayacak olan yeni paleomanyetik sonuçlar vereceğiz. Moezya platformu ve Bulgaristan'da Rodop'dan elde edilen yeni paleomanyetik referans yönleri bu bölgenin Eosen'den beri Avrasya'nın parçası olduğunu göstermiştir. Bu yeni yönler rotasyon farklılıklarını ve tektonik anlamlarını ortaya çıkarmak için Batı Yunanistan ve Karpatlardan elde edilen rotasyonu içeren bir referans oluşturur. 15 My'dan beri batı Ege bölgesinin Moezya platformuna göre saat ibresi yönünde $\sim 40^\circ$ rotasyona uğradığı sonucuna varılmıştır. Bu rotasyon farkının kısmen Ege gerilmeli yay-ardında karşılanmış olduğu ve kısmen de Balkanlarda Arnavutluk ve Sırbistan'da kaçma tektoniği ile (muhtemelen tekrarlanmış kısalma) karşılandığı sonucu çıkmaktadır. Bu da Moezya platformunun kuzeybatı kenarı çevresinde yer alan Tisza bloğunun Karpat yay ardına doğru hareketine yol açmıştır.

Güneybatı Anadolu bölgesinde Ege gerilmeli yay-ardının doğu ucunda, Bey Dağları platformunun saat ibresinin tersi yönündeki rotasyonun ~ 15 My'dan beri oluştuğunu gösteriyoruz. Yeni paleomanyetik sonuçlar kuzeybatı Türkiye'de Avrasya'ya göre rotasyonun olmadığını göstermektedir. Bu rotasyon farkı ve gerilme oranları 15 ile 5 My arasında Isparta açısındaki tekrarlanan sıkışma gibi Orta Menderes Masifi'nin yükselerek yüzeylemesiyle uyumludur.

Batı ve doğu Ege bölgesinde rotasyon kutbu, rotasyona uğrayan bölgenin içerisinde yer alır. Bu da kısaltmaya ve/veya batı rotasyon kutbunun batısının ve doğu rotasyon kutbunun doğusunun kaçmasına yol açmıştır. Orta segment bu nedenle genişlemektedir ve genişlemenin yönü ve oranları iyi bilinen Ege yay-ardının genişlemeli evrimiyle uyumludur. Kısalan segmentin kuzeye doğru hareket oranı orta-geç Miyosen'de Afrika'nın kuzeye hareket oranına uyumludur.

Ege yay-ardı gerilmesi 15 My'dan önce, Oligosen'de başladı; dolayısıyla yay-ardı genişlemenin başlamasının bu rotasyonların oluşumunda etkisi olmamıştır. Şimdilik düşüncemiz şudur ki; 15 My'dan önce, Ege yay-ardı pek çok kavisli transform faylarla sınırlanmaktadır ki bunlar yitime uğrayan levhanın çekilmesiyle ilişkili olabilir. Afrika'nın hareketiyle kıyaslanabilir olan ve Ege yay-ardı dışında kalan alanlardaki yenilenen sıkışma bu bölgelerin yay-ardı sıkışmaya uğradığını işaret eder. Bu da 15 My'dan beri üstte bulunan levha ile altta yer alan levha arasında yenilenen bir ilişkiyi ifade etmektedir.

Sonuç olarak, Ege oroklinin oluşumu varsayıldığı gibi geriye doğru çekilme (roll-back) ve yay-ardı genişlemeyle meydana gelmemiştir. Tersine yayın iki tarafındaki bir genişleme-sıkışma çiftiyle meydana gelmiştir. Afrika ve üzerleyen Ege-Batı Anadolu bölgesi arasında yeniden oluşan bu bağlantı kıtasal kabuğun dalımına bağlı olarak dalan levhanın eğiminin azalmasından kaynaklanmış olabilir.

Anahtar Sözcükler: paleomanyetizma, rotasyon, Bey Dağları, Menderes, Moezya platformu, Bulgaristan, Yunanistan, Türkiye

The Evolution of the Aegean-west Anatolian Orocline

Douwe van Hinsbergen

*Paleomagnetic Laboratory 'Fort Hoofddijk', Utrecht University, Budapestlaan 17,
3584 CD Utrecht, The Netherlands (E-mail: douwework@gmail.com)*

The Aegean, western Anatolian and Carpathian regions are well known for major Neogene block rotations. In this contribution we show new paleomagnetic results from western Anatolia and Bulgaria, which complete the record of timing and distribution of major block rotations, and their relation to (back-arc) extension and compression. A new paleomagnetic reference direction from the Moesian platform and the Rhodope in Bulgaria show that this region has been firmly attached to Eurasia since the Eocene. This new direction provides a reference direction with which the rotation results from western Greece and the Carpathians can be compared to resolve the rotation differences, and their tectonic accommodations within this complex tectonic province. It is concluded that the west-Aegean region rotated $\sim 40^\circ$ clockwise with respect to the Moesian platform since 15 Ma, and infer that this rotation difference was in part accommodated in the Aegean extensional back-arc, and in part by extrusion tectonics (and possibly renewed contraction) in the Balkanides of Albania and Serbia, leading to the motion of the Tisza Block around the northwestern edge of the Moesian platform, into the Carpathian back-arc.

In the southwestern Anatolian region, at the eastern edge of the Aegean extensional back-arc, we show that counterclockwise rotation of the Bey Dağları platform also occurred since ~ 15 Ma. New paleomagnetic results also show absence of rotation with respect to Eurasia in northwestern Turkey. This rotation difference and inferred rates of extension are in line with the exhumation of the Central Menderes Massif between 15 and 5 Ma, as well as renewed contraction in the Isparta Angle.

In both the western and eastern Aegean region the rotation pole is situated within the rotating domain, leading to contraction and/or extrusion west of the western rotation pole, and east of the eastern. The central segment is thus extending, and the rates and direction of extension are in line with the well-established extensional history of the Aegean back-arc. The rates of northward motion of the contractional segments correspond to the rate of northward motion of Africa in the middle to late Miocene.

Aegean back-arc extension started, however, in the Oligocene, well before 15 Ma, and the onset of back-arc extension hence did not lead to these rotations. Prior to 15 Ma, we tentatively suggest that the Aegean back-arc was bounded by discrete transform faults that may be linked with slab edges accommodating slab retreat. The renewed contraction outside the Aegean back-arc, with rates comparable to African motion suggests that these regions experienced back-arc compression, suggesting a renewed connection between the under-riding and over-riding plates since 15 Ma.

It is thus concluded that the formation of the Aegean orocline was not triggered by roll-back and back-arc extension, as normally assumed, but by two extension-compression couples on either site of the arc. This reconnection between the African and overriding Aegean-western Anatolian domain may have resulted from a decrease in slab dip, e.g. due to subduction of continental crust.

Key Words: paleomagnetism, rotation, Bey Dağları, Menderes, Moesian platform, Bulgaria, Greece, Turkey

Rodop'ta 33 My Kadar Sürekli Sinmetamorfik Bindirme: Nestos Makaslama Zonundan Veriler ve Ege'nin Jeodinamiği Üzerindeki Anlamı

Pierre Gautier¹, Ianko Gerdjikov², Gilles Ruffet¹, Valérie Bosse³,
Zlatka Cherneva², Pavel Pitra¹ ve Erwan Hallot¹

¹ Université Rennes 1, Géosciences Rennes, UMR 6118 CNRS, Campus de Beaulieu,
35042 Rennes, Fransa (E-posta: pierre.gautier@univ-rennes1.fr)

² Sofia University «St Kliment Ohridski», 15 Tzar Osvoboditel Blvd, 1504 Sofia, Bulgaristan

³ Université Blaise Pascal, Laboratoire Magmas et Volcans, UMR 6524 CNRS, 5 rue Kessler, 63000 Clermont
Ferrand, France

Rodop Metamorfik Kompleksi (RMK) güneybatıya verjanslı Hellenidler ile kuzeye verjanslı Balkanidler arasında, kuzey Ege'de yer alır ve orta-yüksek dereceli metamorfik kayalar ile pek çok granitoid intrüzyonu içerir. İçinde Alpin dönemiyle ilişkili yüksek metamorfizma koşullarının tanınması RMK'nin Alpin orojenin yükselmiş çekirdeği olarak değerlendirilmesine neden olur. Önemli bir kesimi Yunanistan içinde yer alan Nestos makaslama zonu (NMZ) RMK'nin ana yapılarından biri olarak bilinir ve 'Sidironero ünitesi' (SU)'nin, 'Pangaeon ünitesi' (PU) (Rodop metamorfik kompleksinin görülür en alt birimi) üzerinde yer aldığı dokanakta tavan bloğunun GB'ya hareket ettiğini gösterir kinematik verilerin geliştiği KKD'ya eğimli kalın milonitlerden oluşur. Çoğu yazarlara göre NMZ'da tavan bloğunun GB'ya hareketini gösterir makaslama fabriği metamorfizmayla eş zamanlı bindirmeden kaynaklanır. Ana argüman makaslama zonu boyunca bir terslenmiş metamorfik derecelenmenin rapor edilmiş olmasıdır. Literatürde tanımlandığı şekliyle bu metamorfik derecelenmenin açıklanması zordur. Bunun tersine diğer yazarlara göre, NMZ tavan bloğunun GB'ya hareketini veren makaslama, genişlemeyle ilişkilidir. Bu görüş, daha güneybatıdaki Neojen sünek gerilme alanı ve NMZ arasındaki görünür yapısal sürekliliğe ve fabrik uyumuna dayandırılır. NMZ boyunca gelişen makaslamanın yaklaşık 37 My'a kadar sürdüğü çoğunlukla K-Ar Hbl yaşlarına dayalı olarak ifade edilmektedir. Bu durumda, pek çok yayında ifade edilen, orojen sonrası gerilmenin RMK ve dolayında Eosen veya öncesinde başladığını savunan ikinci yorumu destekler. Sonuç olarak bazı yazarlar, itilmeye bağlı gelişen ve üst düzeylerin GB'ya hareket ettiği fabrilerin, yaklaşık 37 ve >30 My arası dönemde itilme zonunun genişleme rejimi ile tekrar hareketlenmesinden kaynaklanan KKD yönlü yerel makaslama fabriği ile üzerlendiğini ileri sürerler.

NMZ üzerinde tarafımızdan yapısal, petrolojik ve jeokronolojik (U-Pb ve ³⁹Ar-⁴⁰Ar) çalışmalar yapılmış ve terslenmiş metamorfizmanın ispatlanarak GB'ya olan hareketlerle yaşıt olduğu bulunmuştur. Bütün SU (NMZ ile kısmen üzerlenen, tabanı dahil) T>700 °C'de kısmi ergimeye maruz kalmıştır. Lokal olarak ana fabriği kesen lökosomlar metamorfik istifin soğumasından hemen önce; ≥50 ila yaklaşık 39 My (U-Pb zirkon ve monazit yaşları) arası dönemde kristallenmiştir. Bu durumda migmatizasyon en azından bir kısmıyla makaslama ile yaşıt metamorfik evrimin bir parçasıdır ve daha eski bir olay değildir. Bunun tersine, SU'nun hemen altındaki PU kayaları anateksi koşullarına ulaşmamıştır. Falakron Dağının kuzey eteklerinde PU için tipik olan kalın mermerlerle birlikte granat amfibolitler ve granat-disten şistler mostra verir. Bunlar, yüksek metamorfik koşullara (T ~650°C) ulaşan 'Üst Pangaeon' alt ünitesinin varlığına işaret eder. PU biriminin, ana mermer katmanını üzerleyen birkaç km kalıntaki porfiritik ortognaylardan oluşan diğer kesimleri T ≤ 550 °C sıcaklığa maruz kalmışlar ve daha yüksek dereceli koşullara ait kalıntıları içermez. Böylece yüksek dereceli metamorfik kayalar daha düşük dereceli metamorfiklerin üzerine, NMZ boyunca metamorfizmayla yaşıt bindirmeyi doğrular şekilde, GB yönündeki makaslama sürecinde yerleşmiştir. NMZ'dan elde edilen ³⁹Ar-⁴⁰Ar Hbl tek kristal yaşları yaklaşık 39 ila 37 My arasındadır. Bu yaşları amfibolit fasiyesindeki makaslamanın sonu olarak değerlendiriyoruz. Daha sonraki deformasyon artışı, daha önceki fabrik ve kinematik verilerle uyumlu olan, yeşil şist fasiyesi milonit ve ultramilonitlerini üretmiştir (tavan bloğunun K/KD yönünde aşağıya hareket ettiği bir makaslamanın izleri NMZ boyunca görülmemektedir). Bu kayalardan elde edilen ³⁹Ar-⁴⁰Ar Ms plato yaşları yaklaşık 36 ila 33 My arasındadır ve milonitleşme yaşı olarak yorumlanmıştır. PU'nun pik koşullarına gelince; deformasyon düşük dereceli koşullar veya eşdeğerinde oluştu. Böylece terslenmiş metamorfizmanın açıklanmasına gerek kalmadı. Veriler çeşitli şekillerde değerlendirilse de deformasyon bindirmeden dolayıdır. Sonuç olarak NMZ boyunca gelişmiş olan metamorfizmayla yaşıt bindirme ~33 My kadar gençtir. Bu durum, Oligosen öncesinde başlayan ve Kuzey Ege'de halen aktif olan orojen sonrası genişleme görüşünü tekip eder. RMK'deki çalışmalarımız ayrıca genişlemenin 27 My'dan önce başlamadığına işaret eder. Böylece, bazı güncel jeodinamik sentezlerdeki farklılıklarla birlikte, bu genişleme, Kikladlar ve Mendere bölgesindekilerle yaklaşık aynı zamanda başlamıştır.

Anahtar Sözcükler: bindirme, terslenmiş metamorfizma, jeokronoloji, Rodop, Hellenid, Yunanistan, Ege

Persistent Synmetamorphic Thrusting in the Rhodope Until ca. 33 Ma: Evidence from the Nestos Shear Zone and Implications for Aegean Geodynamics

Pierre Gautier¹, Ianko Gerdjikov², Gilles Ruffet¹, Valérie Bosse³,
Zlatka Cherneva², Pavel Pitra¹ & Erwan Hallot¹

¹ *Université Rennes 1, Géosciences Rennes, UMR 6118 CNRS, Campus de Beaulieu, 35042 Rennes, France
(E-mail: pierre.gautier@univ-rennes1.fr)*

² *Sofia University «St Kliment Ohridski», 15 Tzar Osvoboditel Blvd, 1504 Sofia, Bulgaria*

³ *Université Blaise Pascal, Laboratoire Magmas et Volcans, UMR 6524 CNRS, 5 rue Kessler, 63000 Clermont Ferrand, France*

The Rhodope Metamorphic Complex (RMC) is located in the northern Aegean, between the southwest-vergent Hellenides and the north-vergent Balkanides. It exposes medium- to high-grade metamorphic rocks and many granitoid intrusions. Following the recognition that even the highest conditions of metamorphism in it relate to the Alpine cycle, the RMC can be viewed as the exhumed core of the Alpine orogen. The Nestos Shear Zone (NSZ), mostly on the Greek territory, is recognized as one of the major structures of the RMC. It consists of a thick NNE-dipping pile of mylonites with top-to-SW kinematics encompassing the contact of the ‘Sidironero Unit’ (SU) onto the ‘Pangaeon Unit’ (PU, the lowest exposed unit of the RMC). For most authors, the top-to-SW shear fabric of the NSZ reflects synmetamorphic thrusting. The main argument is the report of an inverted metamorphic gradient across the shear zone. As it is described in the literature, however, this gradient remains difficult to interpret. In contrast, for other authors, top-to-SW shearing across the NSZ reflects extensional shearing. This view relies on the apparent structural continuity and the consistency of fabrics between the NSZ and a domain of Neogene ductile extension further southwest. Based mostly on K-Ar Hbl ages, it is usually argued that shearing across the NSZ persisted until ca. 37 Ma. If so, support to the second interpretation may be found in the growing number of studies suggesting that post-orogenic extension started in and around the RMC during the Eocene or before. Finally, some authors argue that the top-to-SW shear fabric, due to thrusting, is overprinted by top-to-N/NE localized shear zones reflecting extensional reactivation of the thrust zone between ca. 37 and >30 Ma.

We carried out a structural, petrological and geochronological (U-Pb and ³⁹Ar-⁴⁰Ar) study of the NSZ. Inverted metamorphism is confirmed and is found to be coeval with top-to-SW shearing. The whole SU (including its base, overlapping with the NSZ) experienced the conditions of advanced partial melting, at T > 700°C. Leucosomes that locally crosscut the main fabric crystallized between ≥ 50 and ca. 39 Ma (U-Pb zircon and monazite ages), just before cooling of the metamorphic pile. This shows that at least part of the migmatization is not an old event but is part of the syn-shearing metamorphic evolution. In contrast, rocks of the PU right beneath the SU did not reach the conditions of anatexis. The northern foot of Falakron Mt locally exposes garnet-kyanite schists and garnet amphibolites associated with thick marbles typical from the PU, which indicates the presence of an ‘Upper Pangaeon’ subunit that reached high metamorphic conditions (T ~650 °C). The rest of the PU, including a discontinuous pile (up to several km thick) of porphyritic orthogneisses overlaying the main marble layer, has experienced temperatures of ≤ 550°C during shearing and shows no relics of higher grade conditions. Thus, higher-grade rocks were emplaced onto lower-grade rocks during top-to-SW shearing, attesting for synmetamorphic thrusting along the NSZ. ³⁹Ar-⁴⁰Ar Hbl single-grain plateau ages from the NSZ are ca. 39 to 37 Ma, which we interpret as dating the end of amphibolite facies shearing. Later strain increments have produced greenschist facies mylonites and ultramylonites concordant with the earlier fabric and with identical kinematics (no trace of top-to-N/NE down-dip shearing was found along the NSZ). ³⁹Ar-⁴⁰Ar Ms single-grain plateau ages from these rocks are ca. 36 to 33 Ma, which we interpret as dating mylonitization. With respect to peak conditions in the PU, this deformation occurred at equivalent or lower grade conditions, therefore inverted metamorphism cannot be invoked in this case. Nevertheless, several lines of evidence indicate that this deformation reflects thrusting as well. Consequently, our study documents persistent synmetamorphic thrusting along the NSZ as late as ca. 33 Ma. This contradicts the view that post-orogenic extension was already active in pre-Oligocene times in the northern Aegean. Our analysis of the RMC further indicates that post-orogenic extension did not start before ca. 27 Ma. Hence, it started at about the same time than it did in the Cyclades and Menderes region, at variance with the statement in some recent geodynamic syntheses.

Key Words: thrust, inverted metamorphism, geochronology, Rhodope, Hellenides, Greece, Aegean

Alaçamdağ Granitlerinde Genişlemeli Tektonizma ile Eşyaşı Sünümlü Makaslama Kuşaklarının Tektonik Özellikleri, Kuzeybatı Türkiye

Fuat Erkül¹, Sibel Tatar-Erkül², Erdin Bozkurt³, Hasan Sözbilir⁴ ve Cahit Helvacı⁴

¹ Akdeniz Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, 07058 Antalya
(E-posta:fuaterkul@gmail.com);

² Akdeniz Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 07058 Antalya

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

⁴ Dokuz Eylül Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Tınaztepe Kampüsü, 35160 Buca, İzmir

Genişlemeli tektonizma ile eş yaşlı granitler, genişlemeli orojenik kuşakların evriminin anlaşılması bakımından önemli yapısal özelliklere sahiptir. Genişlemeli tektonizmanın en iyi geliştiği bölgelerden biri olan Ege Bölgesi, Alpin orojenezini izleyen evrede gelişen metamorfik çekirdek kompleksleri ve gerilme ile eş yaşlı granitik kayaçları içerir. Kuzeybatı Anadolu'da yer alan Alaçam sahası, farklı tektonik birliklerin sınırları boyunca yüzlek veren anahtar bir alan niteliğindedir. Erken Miyosen yaşlı Alaçamdağ granitlerinden elde edilen yapısal veriler, granit sokulumları ve metamorfik çekirdek kompleksinin gelişiminin anlaşılmasına ışık tutabilecek iki farklı deformasyonu işaret etmektedir. (1)Yüksek açılı makaslama zonu, K–G doğrultulu olup tektonizma ile yaşıt granit stoklarının yerleşimini denetlemiştir. İzmir-Ankara Zonu ile Menderes Masifi'ne ait kayaçları yan yana getiren bu zon boyunca tavan bloğu güneybatıya doğru hareket etmiştir. (2) Düşük açılı makaslama zonu, yapısal olarak alt kesimlerde Menderes Masifi'ne ait şistleri kesen granitik stoklar içerisinde gelişmiştir. Foliye granitlerden elde edilen kinematik veriler, Simav ve Kazdağ metamorfik çekirdek komplekslerinde olduğu gibi tavan bloğunun kuzeydoğuya doğru hareketi ile uyumludurlar. Bu makaslama zonu Menderes Masifi ve üzerleyen İzmir-Ankara Zonu kayaçları arasında bir sıyrılma fayının varlığına işaret etmektedir. Düşük açılı makaslama zonu içerisinde gelişen foliyasyon düzlemlerini deforme eden, yüzlek ve harita ölçeğindeki kıvrımlar ise Erken Miyosen'de sünümlü deformasyona uğrayan kabuğun KD–GB doğrultulu genişlemeli tektonizma ile yaşıt/eşlik eden KB–GD doğrultulu sıkışma ile oluştuğu düşünülmektedir.

Yüksek açılı makaslama zonu, Kikladlar ve Menderes Masifi arasındaki farklı gerilmeye neden olan bölgesel ölçekli, KD–GB doğrultulu sol atımlı bir burkulma koridorunun kuzeydoğu kenarında yer almaktadır. İzmir-Balıkesir transfer zonu olarak adlandırılan bu kabuksal ölçekli burkulma koridoru olasılıkla orojenik bölgelerdeki simetrik ve asimetrik gerilmeyi de kontrol etmiştir. Ege bölgesinde yaygın KD–GB doğrultulu makaslama zonlarının gelişiminde, gerek Ege dalma-batma zonunun güneye hareketi gerekse Avrasya üst levhasında oblik sol atımlı yırtılmaya neden olan yanal dilim segmentasyonunun etkili olduğu düşünülmektedir.

Anahtar Sözcükler: metamorfik çekirdek kompleksi, sintektonik granitoidler, transfer zonu, Ege dalma-batma zonu, Alaçamdağ graniti, kuzeybatı Türkiye

Tectonic Significance of Ductile Shear Zones Within the Syn-extensional Alaçamdağ Granite, Northwestern Turkey

Fuat Erkül¹, Sibel Tatar-Erkül², Erdin Bozkurt³, Hasan Sözbilir⁴ & Cahit Helvacı⁴

¹ *Akdeniz Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, TR–07058 Antalya, Türkiye
(E-mail: fuaterkul@gmail.com)*

² *Akdeniz Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, TR–07058 Antalya, Türkiye*

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

⁴ *Dokuz Eylül Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Tınaztepe Kampüsü, Buca,
TR–35160 İzmir, Türkiye*

Syn-extensional granitoids may have significant structural features, leading to the understanding of the evolution of extended orogenic belts. One of the highly extended regions, the Aegean region, includes a number of metamorphic core complexes and syn-extensional granitoids developed following the Alpine collisional events. The Alaçamdağ area in northwestern Turkey is one of the key areas where Miocene granitoids crop out along the boundary of various tectonic units. Structural data from the Early Miocene Alaçamdağ granitoids demonstrated two different deformation patterns that may provide insights into the development of granitic intrusions and metamorphic core complexes. (1) Steeply-dipping shear zones caused emplacement of syn-tectonic granite stocks; they include kinematic indicators of a sinistral top-to-the-SW displacement. This zone has also juxtaposed the İzmir-Ankara Zone and the Menderes Massif in the west and east, respectively. (2) Gently-dipping shear zones have developed within the granitic stocks that intruded the schists of the Menderes Massif on the structurally lower parts. Kinematic data from the foliated granitoids indicate a top-to-the-NE displacement, which can be correlated with direction of the hanging-wall movement documented from the Simav and Kazdağ metamorphic core complexes. The gently-dipping shear zones indicate the presence of a detachment fault between the Menderes Massif and the structurally overlying İzmir-Ankara Zone. Mesoscopic- to map-scale folds in the shallow-dipping shear zones of the Alaçamdağ area were interpreted to have been caused by coupling between NE–SW stretching and the accompanying NW–SE shortening of ductilely deformed crust during Early Miocene.

The NE-trending, steeply-dipping shear zone was interpreted to form the northeastern part of a sinistral wrench corridor, which caused differential stretching between the Cycladic and the Menderes massifs. This crustal-scale wrench corridor, the İzmir-Balıkesir transfer zone, may have controlled the asymmetrical and symmetrical extension in the orogenic domains. The combination of retreat of the Hellenic subduction zone and the lateral slab segmentation leading to the sinistral oblique-slip tearing within the Eurasian upper plate appears to be plausible mechanism for the development of such extensive NE-trending shear zones in the Aegean region.

Key Words: metamorphic core complex, syn-extensional granitoids, transfer zone, Aegean subduction, Alaçam granite, northwestern Turkey

Petrolojik, İzotopik ve Jeokronolojik Veriler Işığında Erken Miyosen Yaşlı Alaçamdağ Volkano-plütonik Kompleksi'nin Jeodinamik Konumu: Kuzeybatı Anadolu

Sibel Tatar-Erkül¹, Fuat Erkül², Erdin Bozkurt³, Hasan Sözbilir⁴ ve Cahit Helvacı⁴

¹Akdeniz Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 07058 Antalya (E-posta: sibel582@gmail.com)

²Akdeniz Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, 07058 Antalya

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

⁴Dokuz Eylül Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Tınaztepe Kampüsü, 35160 Buca, İzmir

Ege bölgesinde, Neotetis okyanusunun kuzey kolunun kapanması, sıkışma rejimi, kabuksal kalınlaşma süreçleri Geç Kretase'den Eosen'e kadar devam etmiş ve birçok tektonik birliğin bir araya gelmesine neden olmuştur. Bölgede, genişlemeli tektoniğinin Geç Oligosen–Erken Miyosen'de başladığı ve günümüze kadar devam ettiği kabul edilmesine karşın, deformasyonun sürekliliği ve/veya kesintiye uğradığı gibi konular halen tartışmalıdır. Bu tektonik süreçler yaygın magmatik aktiviteye ve magmatik kayaçların D–B doğrultulu bir kuşak boyunca yoğunlaşmasına neden olmuştur. Bu kuşak Alaçamdağ volkano-plütonik kompleksine ait granitik ve eş yaşlı dasit-andezitik bileşimli volkanik kayaçlarını da içermektedir. Bölgede yüzlek veren granitik kayaçlar, kabuksal ölçekli sünümlü deformasyona uğramış ve sonucunda milonit-ultramilonitler gelişmiştir. Bölgede sünümlü makaslama zonları genişlemeli tektonik rejim altında gelişmiş ve sık yerleşimli granitlerin yüzeylenmesinde önemli bir role sahiptir. Jeolojik, jeokimyasal ve jeokronolojik veriler, bölgede iki farklı granit fasiyesinin varlığını göstermektedir. Her iki fasiyese ait kayaçlar benzer mineralojiye ve magma karışım dokularına sahip olup tek fark birisinin holokristalin hipidiyomorf tanesel, diğerinin ise iri K-feldispat megakristalleri ile belirginleşen porfirik doku göstermesidir. Granitlerin çevresinde yayılım sunan andezit-dasit bileşimli volkanik kayaçlar ise, intrüzyonlar, domlar, lav akıntıları, dayklar ve volkanojenik tortul kayaçlardan oluşmaktadır. Granitik kayaçlar 20.8 ve 19.5 My Ar-Ar soğuma yaşı verirken, 19.2 My yaşlı andezit-dasit bileşimli volkanikler ise granitler ile zamansal ve mekansal ilişki sunarlar. Granitik ve volkanik kayaçlar sırası ile, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 0.708–0.709; $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ 0.5122–0.5123; $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 0.707–0.709; $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ 0.5122–0.5123 değerlerine sahiptir.

Granitik ve volkanik kayaçlar metalümino, yüksek K'lu, kalkalkalin, I-tipi karakter sergilemektedir. Granitlere ait mafik birimlerin SiO_2 , Ni, V değerleri zenginleşmiş MORB ile karşılaştırıldığında, astenosferik kökenli kayaçlar ile benzerlik sunmaktadır. Yüksek LILE, Ba/La, negatif Nb, Ta, Ti anomalileri dalma batma ile ilişkili manto ile astenosferik kaynağın kirletildiğini belirtmekte ve yay verisi olarak kabul edilmektedir. Granitik ve volkanik birimlerin mineralojik, jeokimyasal, izotopik ve yaş verileri bakımından büyük benzerlikler sunduğu, ancak oluşum ve katılaşmaları sırasında farklı süreçlere (*fraksiyonel kristalleşme, kısmi erime, vb.*) maruz kaldıkları görülmektedir. Bu kayaçların tek bir magma kaynağından türediği, magmanın farklı zamanlarda yerleşerek (*pulses*) bölgedeki magmatizmayı oluşturduğu düşünülmektedir. Kabuk katkısı fazla olan tek hibrid magma kaynağının derinlerde fraksiyonlaşması ile önce granitlerin, sonra volkanik kayaçların oluştuğu ileri sürülebilir. Tektonik ayırtman diyagramlarında granitik ve volkanik kayaçların volkanik yay, volkanik yay-çarpışma sonrası bölgede yerlerini aldıkları görülmektedir. Elde edilen veriler, bölgenin jeolojisi ile birlikte değerlendirildiğinde, Alaçamdağ volkano-plütonik kompleksi'nin, Batı Anadolu'da düşük açı ile dalan okyanusal dilimin güneye doğru hareketi ve dilimin ergimesi ile ilişkili olabileceği görülmektedir. Dilimin güneye hareketi, sırasıyla yay gerisi kabuk incilmesi, metamorfik çekirdek kompleksi ve makaslama zonu gelişimi, astenosfer yükselimi ve levha altı mafik magma yerleşimine neden olmuştur. Ege adalarında yeralan yay-ardı gerilme ile ilişkili olduğu kabul edilen granitoyitik kayaçlar ile Alaçamdağ granitleri gerek jeolojik gerekse jeokimyasal ve izotopsal veriler bakımından büyük benzerlikler göstermektedir.

Anahtar Sözcükler: Alaçamdağ volkano-plutonik kompleksi, kuzeybatı Anadolu, hibrid magma, Nd/Sr izotopu, jeokronoloji, I-tipi granitler

Geodynamic Setting of the Early Miocene Alaçamdağ Volcano-plutonic Complex Based on Petrologic, Isotopic and Geochronological Data: Northwestern Anatolia

Sibel Tatar-Erkül¹, Fuat Erkül², Erdin Bozkurt³, Hasan Sözbilir⁴ & Cahit Helvacı⁴

¹*Akdeniz Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, TR–07058, Antalya, Turkey
(E-mail: sibel582@gmail.com);*

²*Akdeniz Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, TR–07058, Antalya, Turkey;*

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

⁴*Dokuz Eylül Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Tınaztepe Kampüsü, Buca,
TR–35160 İzmir, Turkey*

In the Aegean region, processes of closure of the northern Neotethyan Ocean, compressional regime and crustal thickening occurred since Late Cretaceous to Palaeocene and resulted in amalgamation of various tectonic units. Although extensional regime was accepted to have been active since Late Oligocene Early Miocene, topics regarding the presence of any quiescence and/or episodicity in the regime are still subjected to debate. These tectonic processes caused extensive magmatic activity that formed volcanic/plutonic rocks along an E–W-trending belt across the northwestern Turkey. The belt also includes the granitic and coeval andesitic-dacitic volcanic rocks of the Alaçamdağ volcano-plutonic complex. The granitic rocks in the Alaçamdağ region were ductilely deformed at a crustal scale and partly transformed into the mylonites and ultramylonites. Ductile shear zones developed under extensional tectonic regime and contributed to the exhumation and uplift of the shallow-seated granites in the region. Geological, geochemical and geochronological data indicate two distinct granite facies. Both facies have similar mineralogy and their major diagnostic feature is the presence or absence of porphyritic texture defined by the megacrysts of K-feldspars. These facies also include common magma mingling textures. Andesitic-dacitic volcanic rocks are made up of intrusions, domes, lava flows, dykes and volcanogenic sedimentary rocks. While granitic rocks have Ar–Ar ages between 20.8 ve 19.5 Ma, volcanic rocks yielded 19.2 Ma Ar–Ar cooling ages, suggesting a spatial and temporal relationship between plutonic and volcanic rocks. Granitic and volcanic rocks have $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 0.708–0.709, $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ 0.5122–0.5123 and $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 0.707–0.709; $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ 0.5122–0.5123 isotope ratios, respectively.

They are metaluminous, high-K, calc-alkaline and I-type in character. When SiO_2 , Ni and V values are compared to those of enriched MORB, mafic units within the Alaçamdağ granite are geochemically similar to the asthenospheric rocks. High LILE and Ba/La ratio, negative Nb, Ta, Ti anomalies indicate that asthenospheric source was contaminated by the subduction-related mantle, confirming the presence of arc setting. Mineralogical, geochemical, isotopic and geochronological data revealed that granitic and volcanic rocks in the Alaçamdağ region are also similar in origin and have undergone diverse processes such as fractional crystallisation and partial melting. These rocks are thought to have been derived from a single magma source as magma pulses in the region. Granitic and volcanic rocks can be suggested to have been formed by the fractionation of a hybrid magma source with significant crustal input. In tectonic discrimination diagrams, samples of the granitic and volcanic rocks appear to plot on volcanic arc and volcanic arc/post-collision fields. Presented data combined with pre-existing regional geology show that the Alaçamdağ volcano-plutonic complex may have been related to the southward retreat and melting of a shallow-dipping oceanic lithosphere. Retreat of the subducted slab caused back-arc crustal thinning, metamorphic core complex and shear zone development, asthenospheric rise and formation of underplating mafic magma, respectively. Granitoids in the Aegean region related to the back-arc extension show close similarity to the Alaçamdağ granites in terms of geological, geochemical and isotopic characteristics.

Key Words: Alaçamdağ volcano-plutonic complex, northwestern Anatolia, hybrid magma, Nd/Sr isotope, geochronology, I-type granite

Küçük Menderes Grabeninin Neojen–Kuvaterner Stratigrafisi ve Tektoniği

Tahir Emre¹, Metin Tavlan¹, Hasan Sözbilir¹, Ömer Aksu²,
Yılmaz Rüzgar³, Mehmet Serkan Akkiraz¹ ve İsmail İşintek¹

¹ Dokuz Eylül Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Tınaztepe Yerleşkesi,
35160 Buca, İzmir (E-posta: tahir.emre@deu.edu.tr)

² Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı, Söğütözü Mahallesi, 2. Cadde, No: 86, 06100 Ankara

³ Krimmley Contracting Company, SA21441 Cidde, Suudi Arabistan

Batı Anadolu'daki başlıca grabenlerde (Gediz ve Büyük Menderes Grabenleri gibi) Neojen-Kuvaterner istifleri havzalar boyunca yüzlek verdiği halde, Küçük Menderes Grabeni'nde haritalanan Neojen–Kuvaterner istifleri birbirinden bağımsız yüzlekler şeklindedir. Bunlardan, grabenin doğu ucunda yer alan Kiraz çevresindeki istif ayrıntılı olarak çalışıldığı halde, batıda Tire, Bayındır ve Ödemiş çevresinde yüzlek veren Neojen–Kuvaterner istiflerle ilgili bilgiler kısıtlıdır.

Kiraz yöresinde Menderes Masifi kayaları Orta Miyosen yaşlı Başova Andezitleri tarafından kesilir. Havzanın temelini oluşturan bu birimler, Suludere ve Aydoğdu Formasyonları tarafından uyumsuzlukla üstlenir. En geç Orta Miyosen–Geç Miyosen yaşlı Suludere Formasyonu'nun alt kesimleri, ostrakodlu, algal karbonat kabuk ve mikrobiyal karbonatlarla simgelenen, karasaldan tatlı veya acı suya değişen, sığ göl çökellerinden oluşur. Formasyon, üste doğru akarsu denetimli alüvyon yelpazesi çökelleriyle devam eder. Suludere Formasyonu'nu açısız uyumsuzlukla üstleyen Aydoğdu Formasyonu ise Pliyo–Pleyistosen yaşlıdır ve fay denetimli alüvyon yelpazesi çökellerinden oluşur. Suludere Formasyonu sıkışma tektoniği denetiminde gelişmiş, ters ve doğrultu atımlı faylarla deforme edilmiştir. Aydoğdu Formasyonu'nun çökelişi ise, genişlemeli Neotektonik rejimin blok faylanmasıyla ilişkilidir.

Küçük Menderes Grabeni'nin güneybatı ucunda, Tire yöresinde ise, Neojen istifi, metamorfik temelli uyumsuz olarak üstleyen Ayaklıkırı ve Aydoğdu Formasyonları'yla temsil edilir. Ayaklıkırı Formasyonu'nun alt bölümleri, ostrakodlu, gastropodlu, kömürlü, karasal, acı veya tatlı su, sığ gölsel karbonatlardan, kalan bölümleri ise akarsu denetimli alüvyon yelpazesi tortullarından oluşur. Birbirinden bağımsız yamalar şeklinde yüzlek veren Ayaklıkırı Formasyonu, açısız uyumsuzlukla Aydoğdu Formasyonu tarafından üstlenir. Tire kuzeyindeki Bayındır ve Ödemiş çevresinde ise, havza dolgununu sadece Aydoğdu Formasyonu oluşturur.

Blok faylanması sırasında gelişen ana faylar, Kiraz çevresinde KB–GD uzanımlı oblik normal fay sistemi şeklinde olduğu halde, Tire ve Bayındır çevresindeki baskın faylar KD–GB uzanımlı oblik normal faylardır. Tüm graben boyunca gözlenen K–G uzanımlı faylar ise oblik ve doğrultu atım bileşenlidir.

Bu çalışmada Tire, Bayındır, Ödemiş ve Kiraz istifleri ayrıntılı bir şekilde anlatılacak ve Küçük Menderes havzasının evriminde etkin olan fayların arazi verileri tanıtılacaktır.

Anahtar Sözcükler: Küçük Menderes Grabeni, Neojen–Kuvaterner, stratigrafi, sıkışma tektoniği, genişleme tektoniği, havza içi uyumsuzluklar, tortullaşmayla yaşıt kıvrımlanma

Neogene-Quaternary Stratigraphy and Tectonics of Küçük Menderes Graben

Tahir Emre¹, Metin Tavlan¹, Hasan Sözbilir¹, Ömer Aksu²,
Yılmaz Rüzgar³, Mehmet Serkan Akkiraz¹ & İsmail İşintek¹

¹ Dokuz Eylül Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Tinaztepe Yerleşkesi, Buca,
TR–35160 İzmir, Türkiye (E-mail: tahir.emre@deu.edu.tr)

² Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı, Söğütözü Mahallesi, 2. Cadde, No: 86,
TR–06100 Ankara, Türkiye

³ Krimmley Contracting Company, SA21441 Cidde, Suudi Arabistan

Even though the Neogene–Quaternary successions of the major West Anatolian grabens (such as Gediz and Büyük Menderes Graben) outcropped throughout the basins, Neogene–Quaternary successions of the Küçük Menderes Graben are in the shapes of discrete exposures. The most investigated and well-known one is located around Kiraz, in the easternmost part of the Küçük Menderes Graben. However, western Neogene–Quaternary successions in Tire, Bayındır and Ödemiş surroundings are less investigated.

In the Kiraz surrounding, the rocks of the Menderes Massif are cut by the Başova Andesite of Middle Miocene age. The above mentioned rocks are unconformably overlain by the Suludere and Aydoğdu Formations. The lower most part of the late Middle Miocene–Late Miocene Suludere Formation was precipitated in an environment changes from terrestrial to fresh or brackish water shallow lacustrine representing by ostracoda bearing algal carbonate crust and microbial carbonates. The upper part of the formation is characterized by stream controlled alluvial fan deposits. Plio–Pleistocene Aydoğdu Formation is formed by fault-controlled alluvial fan sediments and unconformably overlays the pre-existing units. The Suludere Formation is developed under control of the compressional tectonics and deformed by thrust and strike-slip faults. However, sedimentation of the Aydoğdu Formation is related to the block faulting in neotectonic period.

In the south-western end of the Küçük Menderes Graben, around Tire, the Neogene succession is represented by Ayaklıkırı and Aydoğdu Formations that unconformably covering the metamorphic basement. The formation consists of ostracoda, gastropoda and coal bearing, fresh or brackish water shallow lacustrine carbonates at the lower part and stream controlled alluvial fan deposits toward the top. The Ayaklıkırı Formation outcropping as discrete Neogene patches is unconformably overlain by the Aydoğdu Formation. To the north of Tire, around Bayındır and Ödemiş, the basin fill is only made up of Aydoğdu Formation.

While the major faults which formed during the block faulting, shown as NW–SE-trending oblique normal fault system around Kiraz, NE–SW-trending oblique normal faults are mapped around Tire and Bayındır. The N–S-trending faults observed in the whole graben have oblique and strike-slip components.

In this study, Neogene-Quaternary successions mapped in Tire, Bayındır, Ödemiş and Kiraz regions will be presented and the field evidences of the faults those are active during the evolution of the Küçük Menderes basin will be established.

Key Words: Küçük Menderes Graben, Neogene-Quaternary, stratigraphy, contractional tectonics, extensional tectonics, intrabasin unconformity, syn-sedimentary folding

Menderes Masifi'nin Tektonostratigrafisi ile Gediz Grabeni Tortul Dolgusu Arasındaki Yapısal İlişkiler: Naplaşma, Masifin Yüzeylemesi ve Graben Oluşumu

Hasan Sözbilir¹, Erdin Bozkurt², John A. Winchester³ ve Ozan Deniz⁴

¹ Dokuz Eylül Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Tinaztepe Yerleşkesi, 35160 Buca, İzmir (E-posta: hasan.sozbilir@deu.edu.tr)

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

³ Earth Science & Geography, School of Physical and Geographical Sciences, Keele University, Staffordshire ST5 5BG, UK

⁴ Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 17100 Çanakkale

Batı Anadolu'da Menderes Masifi'nin stratigrafisi 1994 yılına kadar metamorfizma derecesine göre kurulmuştur. Buna göre masif, gnayslardan oluşan bir çekirdek ile bunu uyumsuzlukla örten şist ve mermer istifinden oluşmaktadır ve bu istif İzmir-Ankara zonu kayaları tarafından tektonik olarak üzerlenmiştir. Batı Anadolu grabenlerine ait Neojen tortul dolgu istifleri ise tüm birimler üzerinde uyumsuzlukla oturmaktadır. Fakat 1994 yılından sonra yapılan jeokronoloji destekli ayrıntılı yapısal çalışmalar, Masifin düşük açılı normal faylar boyunca yüzeylemiş bir metamorfik çekirdek kompleksi olduğunu kanıtlamış ve metamorfik çekirdek içine sokulum yapmış olan Miyosen granitlerinin Batı Anadolu'da genişlemeyle eşyaşlı havza oluşumuyla doğrudan ilişkili olduğunu göstermiştir.

Bugüne kadar yapılan çalışmalarda Masifin yüzeyleme mekanizması ile Neojen grabenlerinin oluşumu arasındaki ilişki (a) asimetrik çekirdek kompleksi, (b) simetrik çekirdek kompleksi ve (c) 'Rolling-hinge' mekanizmalarıyla açıklanmaya çalışılmıştır. Fakat her üç mekanizmayı desteklemeye yönelik olarak sunulan veriler yeterli bir olgunluğa erişemediğinden, modellerin geçerliliği belirsizliğini korumaktadır. Bu çalışmada söz konusu sorunun çözümüne katkıda bulunmak amacıyla Gediz Grabeni'ndeki kilit alanlarda 1/25.000 ölçeğinde, stratigrafik ve yapısal çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalara göre, Gediz Grabeni'nin güney sınır fayını oluşturan Gediz sıyrılma fayının yapısal stratigrafisi batıdan doğuya doğru önemli değişimler sunmaktadır.

En batıda Turgutlu-Ahmetli güneyinde, fayın tavan bloku kayaları rudist-fosilli mermer blokları içeren amfibolit mercekli şistlerdir. Daha doğuya doğru, Salihli güneyinde, fayın tavan bloku kayaları milonitik ortognayslardır. Gediz sıyrılma fayının gözlenebildiği en doğu ucunda ise, Alaşehir güneyinde, fayın tavan bloku kayalarını silisleşmiş peridotit türü Neotetis okyanusuna ait kayaçlar oluşturur. Tavan bloğu birimlerinin genişlemeli alloktonlarını oluşturan her tektonostratigrafik paket farklı iç stratigrafiye sahiptir ve Erken-Orta Miyosen yaşlı graben dolgularıyla uyumsuzlukla örtülüdür.

Bunun yanında, Alaşehir güneyinde yapılan çalışmalarda farklı açılarda gelişmiş üç fay grubu saptanmıştır: (i) düşük açılı normal fay-I: Menderes Masifi ile İzmir-Ankara zonu kayaları ve Miyosen tortul istifi arasında gelişmiştir. Fayların eğimi 02°–25° arasında değişir; (ii) düşük açılı normal fay-II: Menderes Masifi, İzmir-Ankara zonu kayaları ve Miyosen tortullarını taban bloğunda bulundurur. Fayların eğimi 25°–35° arasında değişir; ve (iii) yüksek açılı normal fay-III: grup I ve grup II faylarını ile Miyosen tortul istifini keser. Fayların eğimi 40°–65° arasında değişir.

Bu kompleks stratigrafik ilişkiler ve yapısal veriler, (1) Gediz sıyrılma fayının genişleme öncesinde Menderes Masifi'ndeki ana bindirme fayına karşılık geldiğini, (2) metamorfik çekirdek kompleksi oluşumu sırasında yeniden hareket ederek normal fay niteliği kazandığını gösterirken (3) grabenleşmenin üç farklı evrede geliştiğine de işaret etmektedir.

Anahtar Sözcükler: sıyrılma fayı, normal fay, genişlemeli tektonizma, Gediz Grabeni, Menderes Masifi, Neotetis ofiyolitleri, tektonostratigrafi

Structural Relationship Between Tectonostratigraphy of the Menderes Masif and Gediz Graben Fill: Nappe Development, Subsequent Exhumation and Graben Formation

Hasan Sözbilir¹, Erdin Bozkurt², John A. Winchester³ & Ozan Deniz⁴

¹ *Dokuz Eylül University, Department of Geology, Tinaztepe Campus, Buca, TR–35160 İzmir, Turkey (E-mail: hasan.sozbilir@deu.edu.tr)*

² *Middle East Technical University, Department of Geological Engineering, TR–06531 Ankara, Turkey*

³ *Earth Science & Geography, School of Physical and Geographical Sciences, Keele University, Staffordshire ST5 5BG, UK*

⁴ *Çanakkale Onsekiz Mart University, Department of Geological Engineering, TR–17100 Çanakkale, Turkey*

The stratigraphy of the Menderes Massif in western Anatolia was established according to the metamorphic grade of the constituent lithologies until 1994. Accordingly, the Massif is made up of a gneissic core and an unconformably overlying cover sequence of schists and marbles, and in turn is tectonically overlain by the rocks of the İzmir-Ankara zone. Neogene sedimentary fill of the west Anatolian grabens rests unconformably on the older rock units. However, detailed structural research supported by geochronologic studies since 1994 have revealed that the Massif is a typical metamorphic core-complex exhumed in the immediate footwall of now low-angle normal faults (detachment faults). The research also demonstrated the interrelationships between Miocene granitic magmatism and syn-extensional basin formation, which are coeval with the extensional tectonics and associated metamorphic core-complex formation.

The relationship between exhumation mechanisms of the massif and coeval Neogene basin formation is attributed to three different models: (a) asymmetric core-complex formation, (b) symmetric core-complex formation, or (c) Rolling hinge mechanism, albeit no overwhelming evidence is presented in support of these models. Therefore, the validity of each model is highly debated. The present paper aims to shed light on the existing controversies and documents evidence from detailed stratigraphic and structural studies, and geological mapping (at 1/25.000 scale) in the key areas selected along the southern margin of the Gediz Graben. There, upper plate rocks to the Gediz detachment fault show significant along the strike variations from west to the east.

In the west, to the south of Turgutlu-Ahmetli, hanging-wall rocks comprise schists characterized by amphibolite lenses and rutile-bearing marble blocks. Farther to the east, south of Salihli, hanging-wall rocks is made-up of mylonitic orthogneisses. At the eastern end of the Gediz detachment fault, to the south of Alaşehir, hanging-wall rocks consist of silicified peridotites of possibly the Neotethyan origin (İzmir-Ankara zone). Each tectonostratigraphic package forming extensional allochthonous of the hanging-wall units has characteristic internal stratigraphy and is unconformably covered by the Lower–Middle Miocene graben fill units.

Furthermore, the faults to the south of Alaşehir fall, based on dip amounts, into three major groups: (i) low-angle (02–25°) normal fault-I forming the boundary between Menderes metamorphics and the structurally overlying Miocene sediments, (ii) low-angle (25–35°) normal fault-II hosting Menderes metamorphics, İzmir-Ankara zone rocks and the Miocene sediments in its footwall, (iii) high-angle (40–65°) normal faults, which cut and displace the preceding fault groups and Miocene sediments.

This complex stratigraphic relationships and structural data imply that: (1) the Gediz detachment fault may represent a (pre-extensional) thrust fault within the Menderes Massif, and (2) it was later reactivated as a normal fault during the core-complex formation. The data is also consistent with three distinct stages during graben formation.

Key Words: detachment fault, normal fault, extensional tectonics, Gediz Graben, Menderes Massif, Neotethyan ophiolites, tectonostratigraphy

Normal Faylarda Taban Blok Geometrilerinin Tavan Blok Deformasyonuna Etkisi: Türkiye'deki Çapraz Grabenlerin Gelişimi İçin Alaternatif bir Mekanizma

Nuretdin Kaymakcı ve Ayten Koç

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

Normal faylar düzlemsel veya küreksi geometriler sunacak şekilde gelişirler. Bu geometrilerden hangisinin gelişeceği malzemenin özelliklerini yanında bölgesel ve yerel gerilme tensörlerine bağlıdır. Diğer bir deyişle, fay geometrisi asal gerilme büyüklüklerinin farkının bir fonksiyonudur. Örneğin, ana asal gerilmenin çok büyük ve diğerler asal gerilme büyüklüklerinin eşit veya eşite yakın olduğu durumlarda radial veya konsantrik fay desenleri oluşur. Gerilme büyüklüklerinin önemli miktarlarda farklı olduğu, homojen ve izotrop ortamlarda faylar ortaç asal gerilmeye paralel veya yarı paralel biçimde gelişmeye zorlanırlar.

Batı Anadolu-Ege bölgesinde olduğu gibi büyük genişleme provenslerinde, normal faylar yatay düzlemde hilal –konkav- geometriye, aksi taktirde harita düzleminde çizgisel fakat kesitte küreksi geometriye sahiptirler. Bu geometriler deformasyon sırasında minimum enerji gerektiren en optimum konfigürasyonlardır. Dolayısıyla, konvex normal faylar reaktive olmuş eski zayıflık zonları olmak durumundadır ve literatürde genelde göz ardı edilmişlerdir. Konveks normal faylar, geometrileri gereği hemen hemen her zaman küreksi bir geometriye sahip olmaları gerekmektedir. Bu durum, düşen blok aşağıya doğru kaydıkça kayma miktarına ve fay düzleminin eğrilik yarıçapına bağlı olarak, kademeli bir biçimde daha geniş bir alanı kaplamasını gerektirir. Bu tip dolaylı genişleme, düşen blok üzerinde, ana faya dik yönde çapraz grabenlerin oluşmasına neden olur. Kurultayın bu oturumunda fay geometrilerinin çapraz graben gelişimine etkisini ve önerilen bu mekanizmanın Türkiye'deki çapraz grabenlere uygulanabilirliğini tartışacağız.

Anahtar Sözcükler: konveks normal faylar, fay geometrileri, çapraz-graben, fay kinematiği

Effect of Footwall Block Geometries on the Hanging-wall Block Deformation of Normal Faults: An Alternative Mechanism for the Development of Cross-Grabens in Turkey

Nuretdin Kaymakcı & Ayten Koç

² *Middle East Technical University, Department of Geological Engineering,
TR–06531 Ankara, Turkey (E-mail: kaymakci@metu.edu.tr)*

The faults generally develop either on a planar surface or display listric geometry. These geometries, as well as material properties, are dictated by the regional and local stress tensors. In other words, the fault pattern is the function of the difference in the magnitudes of the principal stresses. For example, in the case of uniaxial stress conditions, where major compressive stress (σ_1) is considerably larger and other principal stresses are equal or close to equal, this gave rise to the development of radial or concentric fault patterns. In the case if the principal stress magnitudes are considerably different the fault patterns are constrained more or less parallel to the direction of the intermediate principal stress axis, provided that, the medium is homogeneous and isotropic.

In large extensional provinces, such as West Anatolian-Aegean region, the normal faults have sub-crescent shape on plan view and have listric -concave- geometry, otherwise, they are straight on plan but listric in cross-section. These geometries are kinematically the most optimum configurations where least energy is spent during deformation. The convex normal faults are, therefore, reactivated planes of weaknesses and are overlooked in the literature. Due to geometric constraints the geometries of convex normal faults are almost always listric. This implies that as the hanging wall-block moved downwards it has to cover an increasing fault area, so that depending on the radius of curvature and displacement amount, the hanging-wall block needs to extend perpendicular to the main fault plane. Such an induced extension, on the hanging-wall block, results in development of cross-grabens orthogonal to the main fault. In this session, we will discuss the effect of fault geometries on the development of cross-grabens and their applicability on the cross-grabens in Turkey.

Key Words: convex normal faults, fault geometry, cross-graben, fault kinematics

Ankara KB’sındaki Miyosen Sonrası Çok Fazlı Deformasyonun Önemli Kanıtı: Abdüsselam Antiklinali (Orta Anadolu, Türkiye)

Alkor Kutluay¹ ve Kadir Dirik¹

¹ *Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06532 Beytepe, Ankara
(E-posta: alkor@hacettepe.edu.tr)*

Orta Anadolu'nun kuzeyinde yer alan sıkışma tektoniğine bağlı yapılar genel olarak KD–GB doğrultulu asimetrik kıvrım serileri, bindirmeler ve ters faylarla temsil edilir. Bunlar, Orta Anadolu'nun tektonik evrimini daha iyi anlamak açısından önemlidir. Bu yapılardan birisi Ankara'nın kuzeybatısındaki Kazan Havzası'nın batısında yer alan ve bu çalışmada Abdüsselam antiklinali olarak adlandırılmış olan KD–GB doğrultulu, karmaşık bir kıvrımdır. 30 km uzunluğunda, 8 km genişliğindeki bu asimetrik antiklinal, birçok daha küçük ölçekli yeniden kıvrımlanmış çapraz kıvrımdan meydana gelmektedir. Kıvrımın doğu kanadında, batısına göre daha yoğun bir deformasyon gözlenmektedir. Kıvrımın çekirdeğinde Üst Miyosen öncesi kayalar yüzeylenmiştir. Bunlar Galatya Volkanik Yay Karmaşası'na ait volkanik/volkanoklastik kayalar ve Üst Kretase ofiyolitli karmaşığının bloklarını içermektedir. Bu kayaların üzerine sırasıyla, tuf seviyeleri içeren akarsu-göl sedimanter serilerinden meydana gelen Üst Miyosen–Alt Pliyosen Pazar Formasyonu, pekişmemiş akarsu çökellerinden oluşan ve bölgedeki sıkışmalı tektoniğe bağlı yapıları da örten Üst Pliyosen–Pleyistosen birimleri ve Kuvaterner alüvyon/alüvyal yelpaze çökelleri gelir. Abdüsselam antiklinalinin kıvrımlanma mekanizmasını ve bölgenin yapısal evrimini ortaya koyabilmek için fay-kayma verileri toplanmış ve kıvrımların geometrileri incelenmiştir. Kinematik analiz sonuçları ve kıvrım geometrileri, Pazar Formasyonu'nun çökmesini kontrol eden genişlemeli tektonik evreden sonra bölgede iki farklı sıkışma evresinin varlığını göstermektedir. Bunlar sırasıyla KB–GD ve KD–GB sıkışmalarıdır. Ayrıca, bu dönemlerle ilişkili bazı yerel tektonik hareketlerin de varlığı saptanmış ve bunların faylanma ve kıvrımlanma mekanizmalarıyla ilişkileri ortaya konmuştur. Bu sonuçlar dışında, Abdüsselam asimetrik antiklinalinin, KD–GB doğrultulu ters faylara bağlı olarak gelişmiş bir kıvrım olduğu saptanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Orta Anadolu, Kazan, kıvrımlanma, çapraz kıvrım, kinematik analiz

Abdüsselam Anticline: An Important Evidence for Post-Miocene Polyphase Deformation in the NW of Ankara (Central Anatolia, Turkey)

Alkor Kutluay & Kadir Dirik

*Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Beytepe, TR–06800 Ankara, Turkey
(E-mail: alkor@hacettepe.edu.tr)*

The compressional structures of northern part of Central Anatolia are mostly characterized by a series of NE-trending asymmetric folds, thrust and reverse faults. They are important features to understand the tectonic evolution of the Central Anatolia. One of these structures is a NE-trending double plunging complex fold, which is here named as Abdüsselam anticline, is located to the west of Kazan Basin (NW Ankara). This is a 30 km long and 8 km wide asymmetric anticline on which a lot of minor refolded cross folds were superimposed. The eastern flank of the structure was subjected to much more intense deformation than the western flank. In the core of the fold, pre-Upper Miocene rocks outcrop. These basement units consist of the volcanic/volcaniclastic rocks of the Galatian Volcanic Arc Complex and blocks of the Late Cretaceous ophiolitic mélange. Upper Miocene–Lower Pliocene Pazar Formation consists of fluvio-lacustrine sedimentary sequences with tuff intercalations and the unconsolidated Upper Pliocene–Pleistocene units composed of fluvial clastics, which seal the structures of compressional/contractive tectonic regime, overlies the basement rocks. Quaternary alluvium and alluvial fan deposits take place above all older units. To state the folding mechanism of Abdüsselam anticline and the tectonic evolution of the area, fault-slip data were gathered and fault geometries were observed. Results of the kinematic studies and fold geometries show that two compressional/contractive tectonic periods, which are NW–SE and NE–SW compressions, have been dominated the area following an extensional regime controlled the deposition of Pazar Formation. Besides, several different tectonic events related to these periods were determined and their relationships with the faulting and folding mechanism were stated. Other than these results, Abdüsselam anticline, which is an asymmetric anticline, is considered a forced fold related to NE–SW striking reverse faults.

Key Words: Central Anatolia, Kazan, folding, cross fold, kinematic analysis

Yeniceoba Fay Zonu'nun (İnönü-Eskişehir Fay Sistemi'nin Orta Segmenti, Orta Anadolu) Yapısal Evrimi

Bülent Akıl¹ ve Kadir Dirik²

¹ İller Bankası Genel Müdürlüğü, Makina ve Sondaj Dairesi Başkanlığı,
06110 Ankara (E-posta: bakil@hacettepe.edu.tr)

² Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,
06532 Beytepe, Ankara

İnönü-Eskişehir Fay Sistemi (İEFS), Orta Anadolu'daki en önemli yapısal unsurlarından biridir. Batıda Uludağ'dan (Bursa) güneydoğuda Sultanhanı'na (Konya) kadar devam eden bu fay sistemi, gidişi KB–GD ile BKB–DGD arasında değişen bir dizi fay zonundan oluşmuştur. Batı ucundaki kolu Eskişehir fay zonu olan sistem Sivrihisar doğusunda Ilıca (IFZ), Yeniceoba (YFZ), Cihanbeyli (CFZ) ve Sultanhanı (SFZ) fay zonları olarak devam eder. KB–GD gidişli Yeniceoba fay zonu, doğuda Yeniceoba'nın güneydoğusundan başlar, kuzeybatıda Günyüzü'ne kadar devam eder. Genelde kuzeye eğimli faylardan oluşur ve hem temel hem de örtü birimlerini keser. Fay zonu Yeniceoba ovası'nın güney kenarını, Kelhasan yükselimi'nin ise kuzey kenarını kontrol eder. Fay-kayma düzlemi verilerinin kinematik analizi üç deformasyon fazının varlığını ortaya koymuştur. İlk faz süresince (Orta–Geç Miyosen) fay sağ-yanal doğrultu atımlı bir fay olarak gelişmiş ve bölge KKB–GGD yönlü bir sıkışmanın etkisinde kalmıştır. Fay zonunun birinci sıkışma evresinin ardından çalışma alanında alt–orta Pliyosen döneminde kısa süreli KKD–GGB doğrultulu ikinci bir sıkışma evresi saptanmıştır. Yeniceoba fay zonunun son deformasyon evresinde ise (Geç Pliyosen–Kuvaterner) KD–GB açılmaya bağlı normal fay karakterli olarak çalıştığı tespit edilmiştir. YFZ'nun güneydoğu ucunda yer alan güncel teras çökellerini kesen oldukça dik eğimli ve az miktarda doğrultu atım bileşene sahip normal faylar, YFZ'nun Kuvaternerde de aktif olduğunu ve KKD–GGB yönlü açılmanın devam ettiğini kanıtlamaktadır.

Anahtar Sözcükler: Orta Anadolu, İnönü-Eskişehir fay sistemi, Yeniceoba Fay Zonu, tektonik evrim, kinematik analiz

Structural Evolution of Yeniceoba Fault Zone (Central Segment of İnönü-Eskişehir Fault System, Central Anatolia)

Bülent Akıl¹ & Kadir Dirik²

¹ İller Bankası Genel Müdürlüğü, Makina ve Sondaj Dairesi Başkanlığı,
TR–06110 Ankara, Turkey (E-mail: bakil@hacettepe.edu.tr)

² Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Beytepe,
TR–06532 Ankara, Turkey

The İnönü-Eskişehir Fault System (IEFS) is one of the most important fault systems in Central Anatolia. This fault system consists of a series of NW–SE- to WNW–ESE-trending fault zones, extending from Uludağ (Bursa) in the northwest to Sultanhanı in the southeast. Eskişehir fault zone is the western branch of this fault system where Ilica (IFZ), Yeniceoba (YFZ), Cihanbeyli (CFZ) and Sultanhanı fault zones (SFZ) form the eastern branches from Sivrihisar to the east. The NW–SE-trending Yeniceoba fault zone (YFZ), exposed between southeast of Yeniceoba in the east and Günyüzü in the northwest. It generally dips to the north, cuts and deforms both the basement and cover units. The fault zone controls southern margin of Yeniceoba plain and northern margin of the Kelhasan Horst. The kinematic analyses of the fault-slip data indicate the presence of three deformation phases. During the first phase (Middle–Late Miocene), the fault has developed as a dextral strike-slip fault and the area experienced NNW–SSE compression. After the first phase of compressional regime, the short-term diachronic second phase of compression which was operated in approximately NNE–SSW direction was determined. During the last phase (Late Pliocene–Quaternary), Yeniceoba fault zone react as a normal fault, confirming a NE–SW extension. Recent terrace deposits cut by a series of steeply dipping normal faults with minor strike-slip component in southeastern tip of YFZ indicate that the activity of YFZ continues, controlled by NNE–SSW-directed extension, in the Quaternary.

Key Words: Central Anatolia, İnönü-Eskişehir fault system, Yeniceoba fault zone, tectonic evolution, kinematik analysis

İnönü-Eskişehir Fay Sistemi Doğu Kesiminin Tektonik Evriminde Isparta Açısı'nın Rolü, Orta Anadolu, Türkiye

Erman Özsayın ve Kadir Dirik

*Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Beytepe 06800, Ankara
(E-posta: eozsayin@hacettepe.edu.tr)*

İnönü-Eskişehir Fay Sistemi (İEFS), Orta Anadolu'da yer alan ve etkinliğini günümüzde de devam ettiren en önemli makaslama zonlarından biridir. Bu sistem, doğusundaki sıkışmalı, kuzeyindeki makaslama ve batısındaki genişlemeli ana sistemler arasındaki dengeyi sağlaması bakımından önemlidir. BKB-gidişli Eskişehir fay zonu sistemin batı kesimini oluşturur ve Uludağ ile Sivrihisar arasında normal bileşenli sağ yanal faylarla temsil edilir. Sivrihisar'ın doğusunda Ilıca, Yeniceoba ve Cihanbeyli olmak üzere üç fay zonuna ayrılan İEFS, Tuzgölü'nün güneyinde yer alan Sultanhanı'na kadar devam eder. Ilıca fay zonu sağ yanal, Yeniceoba fay zonu sağ yanal bileşenli normal ve Cihanbeyli fay zonu ise salt normal faylarla karakteristiktir. Buna ek olarak Yeniceoba fay zonu üzerinde tespit edilen bir fay düzlemi üzerinde birbirini kesen iki farklı fay çizdiği seti, bölgeyi etkileyen iki farklı tektonik fazın varlığına işaret eder. Öncel çalışmalarda İEFS'nin Trakya'ya kadar devam ettiği ve Kuzey Anadolu Fay Sistemi tarafından ötelendiği vurgulanır ki, bu veri Anadolu'nun batıya kaçışından önceki saf makaslama evresine ışık tutar. Bu makaslama Yeniceoba fay zonunun sağ yanal hareketini oluşturan birinci tektonik fazdır.

Cihanbeyli ve Yeniceoba fay zonlarındaki güncel alüvyon çökellerini kesen fay düzlemlerinin kinematik analizleri, bölgenin KKD–GGB doğrultusunda açıldığını gösterir. Dış Isparta Açısı'nın doğu kanadını oluşturan Akşehir-Simav Fay Sistemi'ndeki fayların kinematik analizleri KD–GB doğrultulu, Konya fay zonundaki düzlemler ise yaklaşık D–B doğrultulu açılmayı işaret eder. Buna ek olarak, önceki çalışmalarda Isparta Açısı'nın batı kesiminin saatin tersi yönde bir rotasyonu olduğu belirtilir. Bu veriler birlikte değerlendirildiğinde, Isparta Açısı'nın kuzeydoğusunda kalan ve İEFS'nin doğu kesiminin de içinde bulunduğu bölgenin, saat yönlü dönme hareketi göstermesi gerekir. Bu dönmeli hareket Yeniceoba fay zonunda tespit edilen ve KKD–GGB doğrultulu açılmaya neden olan ikinci fazdır. Cihanbeyli fay zonunun kinematik analizleri, Yeniceoba fay zonunun ikinci tektonik fazıyla örtüşür. Bu da Cihanbeyli fay zonunun Yeniceoba fay zonundan sonra oluştuğunu gösterir. Ayrıca, Cihanbeyli grabeni ve Kuşça yarı-grabeni olarak adlandırılmış iki önemli yapısal unsur, Cihanbeyli ve Yeniceoba fay zonlarının doğusunda yer alır. Bu zonlarda açılma miktarı doğruya doğru artar. Bu veriler, Tuzgölü'nün batı ve güneybatısındaki Isparta Açısı'ndan kaynaklanan saat yönlü hareketin en önemli kanıtıdır.

Anahtar Sözcükler: İnönü-Eskişehir fay sistemi, Isparta açısı, kinematik analiz, Yeniceoba fay zonu, Cihanbeyli fay zonu, Kuvaterner etkinlik, Orta Anadolu

The Role of Isparta Angle in the Tectonic Evolution of the Eastern Part of İnönü-Eskişehir Fault System, Central Anatolia, Turkey

Erman Özsayın & Kadir Dirik

*Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Beytepe, TR–06800 Ankara, Türkiye
(E-mail: eozsayin@hacettepe.edu.tr)*

İnönü-Eskişehir Fault System (İEFS) is one of the most important active shear zones in Central Anatolia. The importance of this system is its balancing role between the eastern contractional, the northern shear and the western extensional main systems. WNW-trending Eskişehir fault zone constitutes the western part of the system and it is characterized by dextral faults with normal component between Uludağ and Sivrihisar. İEFS branches into three fault zones namely Ilica, Yeniceoba, Cihanbeyli and continues to Sultanhanı which is located in the southern part of Tuzgölü. Ilica fault zone is characterized by dextral faults where Yeniceoba fault zone is normal with dextral component and Cihanbeyli fault zone is pure normal. Additionally, a superimposed slickenline set which is observed on a fault plane in Yeniceoba fault zone, points out two different tectonic phases. In previous studies, it was emphasized that İEFS continues to Thrace and shifted by North Anatolian Fault System which irradiates the pure shear phase before the westward escape of Anatolia.

The kinematic analyses of the fault planes which cut recent alluvium on Cihanbeyli and Yeniceoba fault zones shows that the region is experiencing a NNE–SSW extension. Other kinematic analyses on Akşehir-Simav Fault System which constitutes the eastern limb present a NE–SW extension where Konya fault zone performs E–W extension. Besides, previous studies indicate a counter-clockwise rotation of the western part of Isparta Angle. By interpreting these data, a large area where located at the northeastern part of Isparta Angle and which comprises the eastern part of İEFS must be in a clockwise rotation. This rotational deformation is the cause of NNE–SSW extensional second phase in the Yeniceoba fault zone. The kinematic analyse results of Cihanbeyli fault zone overlap with the second phase of Yeniceoba fault zone and this important evidence shows that the initiation of Cihanbeyli fault zone improves after Yeniceoba fault zone. Furthermore two important extensional structures namely Cihanbeyli graben and Kuşça half-graben are located in the eastern parts of both zones. The extension amount increases eastward in these zones. These data are the most important evidences of the clockwise rotation derived from Isparta Angle in the western and southwestern part of Tuzgölü.

Key Words: İnönü-Eskişehir fault system, Isparta angle, kinematic analysis, Yeniceoba fault zone, Cihanbeyli fault zone, Quaternary activity, Central Anatolia

Yeni Ar-Ar Jeokronolojik Yaş Verilerine Dayanarak Uşak-Güre Havzası'nın Miyosen Volkano-stratigrafisi

Özgür Karaoğlu, Cahit Helvacı ve E. Yalçın Ersoy

*Dokuz Eylül Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Tınaztepe Kampüsü,
35160 Buca, İzmir (E-posta: ozgur.karaoglu@deu.edu.tr)*

Uşak-Güre Havzası, Batı Anadolu'da KD-GB uzanımlı havzaların doğu ucunda yer almaktadır. Önceki çalışmalara göre Uşak-Güre havzasının sedimanter istifi birbirinden uyumsuzluklarla ayrılan üç farklı tortul birim ile temsil edilir. Bunlar Hacıbekir ve İnay grupları ile Asartepe Formasyonu'dur. Seyitoğlu (1997), Uşak-Güre havzasındaki volkanik kayaların stratigrafik özellikleri ve elde ettiği 14.9 ± 0.6 – 15.5 ± 0.4 My (K-Ar) arasında değişen yaşlara göre volkanizmanın sadece İnay grubuna ait sedimanter kayalar ile girik olduğunu göstermiştir. Buna göre havzada İnay grubuna ait volkano-sedimanter istif erken orta Miyosen'den itibaren çökelmeye başlamıştır.

Bu çalışmada, Uşak-Güre havzasında yapılan jeolojik haritalama (1/25.000 ölçekli) ve enine kesit çalışmaları ile volkanik kayalardan elde edilen yeni radyometrik yaşlar (9 adet Ar-Ar) tartışılmış ve İnay Grubu'nun yaşı revize edilmiştir. Uşak-Güre havzasındaki volkanizma üç volkanik birim altında değerlendirilmiştir. Bunlar felsik bileşimli (andezit-dasit-riyolit bileşim aralığında) Beydağ volkanikleri, daha mafik bileşimli Payamtepe volkanikleri ve Karaağaç dayklarıdır. Beydağ volkanikleri KD-GB doğrultuda yerleşmiş üç adet volkanik merkezden oluşmaktadır. Bunlar güneyden kuzeye doğru Beydağ, İtecektepe ve Elmadağ kalderalarıdır. Beydağ kalderası çok yüksek hacimde blok-kül ve volkanik moloz akmaları açığa çıkarmıştır. İtecektepe kalderası tektonizmadan aşırı şekilde etkilenmiş olup kalderanın orta kesiminde metamorfik temel yüzeylenmektedir. Elmadağ kalderası farklı evrimsel aşamalara sahiptir ve günümüzde kalderanın ancak doğu kenarı korunabilmiştir. Payamtepe volkanizması KD-GB yönlü fay sistemlerine bağlı olarak gelişmiş olup havzanın batı kesiminde baskın olarak gözlenmektedir. Payamtepe lavları ile Ulubey gölsel karbonatları arasında giriklik ilişkisini gösteren peperitik dokular gözlenmektedir. Karaağaç daykları Asartepe Formasyonu'nu (üst Miyosen) kesmekte olup mafik bileşimlidir. Beydağ volkaniklerine ait Elmadağ kalderasından elde edilen en yaşlı radyometrik veriler 17.90 ± 0.13 , 16.48 ± 0.33 ve 16.48 ± 0.08 My arasında olup volkanizmanın Burdigaliyen'den (erken Miyosen) itibaren etkin olduğunu gösterir. Beydağ kalderasından elde edilen en genç radyometrik yaş verisi ise 12.15 ± 0.15 My olup volkanizmanın Serravaliyen'e (geç orta Miyosen) kadar devam ettiğini gösterir. Payamtepe volkaniklerinden elde edilen yaş verileri ise 16.01 ± 0.08 – 15.93 ± 0.08 My arasındadır. Bu veriler ışığında Uşak-Güre havzasının evrimine ilişkin 2 önemli sonuç vurgulanabilir: (1) İnay Grubu erken orta Miyosen değil, erken Miyosen'in sonundan itibaren çökelmeye başlamış ve bu çökelim orta Miyosen'in sonuna kadar (Burdigaliyen–Serravaliyen) devam etmiştir. (2) Beydağ (erken–orta Miyosen) ve Payamtepe (Orta Miyosen) volkanik faaliyetleri, erken Miyosen'den itibaren genişlemeli tektonik rejimin 2 farklı dönemine karşılık gelmektedir.

Anahtar Sözcükler: Uşak-Güre havzası, volkano-stratigrafi, Ar-Ar jeokronoloji, İnay Grubu

Miocene Volcano-stratigraphy of the Uşak-Güre Basin Based on new Ar-Ar Geochronology

Özgür Karaoğlu, Cahit Helvacı & E. Yalçın Ersoy

*Dokuz Eylül University, Department of Geology, Tinaztepe Campus, Buca,
TR–35160 İzmir, Turkey (E-mail: ozgur.karaoglu@deu.edu.tr)*

The Uşak-Güre basin is NE–SW-trending basin located on the eastern end of the western Turkey. The basin fill consists of three contrasting sedimentary packages (Hacıbekir Group, İnay Group and Asartepe Formation) separated by angular unconformities in-between. It is argued, based on the stratigraphic position and the radiometric age of volcanic rocks dated at 14.9 ± 0.6 to 15.5 ± 0.4 Ma (K-Ar), that the volcanic rocks of the Uşak-Güre basin are exclusively interrelated with sedimentary deposits of the İnay Group and that the deposition of the group commenced by early middle Miocene.

We mapped the Uşak-Güre basin at 1/25.000 scale and revised the stratigraphy of the Miocene volcano-sedimentary units on the basis of field expeditions, cross sections and 9 Ar-Ar geochronologic data. Three distinct volcanic successions occur in Uşak-Güre basin: (1) Beydağı volcanics (consists of andesite, dasite and rhyolite rocks), (2) Payamtepe volcanics (mafic rocks), and (3) Karaağaç dikes. Beydağı volcanics are composed of three different NE–SW-trending volcanic centres. These are, from southwest to northeast, Beydağı, İtecektepe and Elmadağ calderas. Beydağı caldera produced high voluminous debris with block and ash flows. İtecektepe caldera was intensely deformed and affected by synchronous tectonism; the metamorphic rocks crop out in the middle of the caldera. Elmadağ caldera has different evolutionary stages and eastern half of the caldera structure has been exclusively preserved. In general, Payamtepe volcanic rocks are interrelated with NE–SW-trending fault systems and dominate in eastern part of the Güre basement. The Payamtepe volcanics display interfingering relations with Ulubey carbonate rocks. Karaağaç mafic dikes intrude the Asartepe Formation (late Miocene). The oldest new ages obtained from the Elmadağ caldera (Beydağı volcanism) are 17.90 ± 0.13 , 16.48 ± 0.33 and 16.48 ± 0.08 My and indicate volcanism during the Burdagalien (early Miocene). The youngest radiometric age of 12.15 ± 0.15 is from the Beydağı caldera (Beydağı volcanism) and implies that the Beydağı volcanism were active until Serravalien (late middle Miocene). The Ar-Ar analysis of the payamtepe volcanics yielded ages between 16.01 ± 0.08 and 15.93 ± 0.08 My. The significance of new age data on the evolution of the Uşak-Güre basin can be summarised as: (1) İnay Group accumulated from late early Miocene (not early middle Miocene) to middle Miocene (Burdagalien–Serravalien) in the basin; (2) Beydağ (early–middle Miocene) and Payamtepe volcanic processes (middle Miocene) correspond to two different stages of extensional tectonism in the region.

Key Words: Uşak-Güre basin, volcano-stratigraphy, Ar-Ar geochronology, İnay Group

Simav ve Gediz (Şaphane-Kütahya-Batı Anadolu) Arasındaki Bölgenin Jeolojik ve Petrografik Özellikleri ve Stratigrafik Revizyonuna Ait Ön Bulgular

Barış Semiz¹, Cahit Helvacı², Yahya Özpinar¹ ve E. Yalçın Ersoy²

¹ Pamukkale Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 20070 Kınıklı, Denizli
(E-posta: bsemiz@pau.edu.tr)

² Dokuz Eylül Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Tınaztepe Yerleşkesi, 35100 Buca, İzmir

Çalışma alanı, Batı Anadolu’da KD–GB uzanımlı Neojen havzalardan olan Selendi ve Güre havzaları ile D–B uzanımlı Kuvaterner yaşlı Simav Grabeni’nin kesiştiği bir alanda yer almaktadır. Çalışma alanında başta ekonomik jeolojiye yönelik olmak üzere çok sayıda çalışma yapıldığı halde bölgenin Neojen stratigrafisi henüz kurulamamıştır. Bu yüzden alanın stratigrafisi ve bölgesel korelasyonu hala tartışılmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, çalışma alanındaki volkanitlerin tortul kayaçlarla olan ilişkileri belirlemek ve havza istifinin yeniden kurulmasını sağlamaktır. Bu kapsamda, çalışma alanının stratigrafisini oluşturmak için 1/25000 ölçekli jeolojik harita ve stratigrafik kesit ölçümleri ve bunun yanı sıra volkanik kayaçlardan alınan örneklerinin petrografik incelemeleri yapılmıştır.

Çalışma alanında yüzlek veren birimlerin tanımlamaları ve adlandırmaları başlıca, Selendi, Uşak–Güre havzaları ile Simav ve Gediz bölgelerinde yapılan önceki çalışmalara göre yapılmıştır. Bu çalışmalarda havzaların istifi iki ana volkano-sedimanter gruba ayrılmıştır: erken Miyosen yaşlı Hacıbekir Grubu ve orta Miyosen yaşlı İnay Grubu. Bu birimler geç Miyosen–Kuvaterner yaşlı sedimanter ve volkanik kayalar tarafından üstlenir.

Çalışma alanındaki Neojen volkano-sedimanter birimlerin temel kayaçlarını Menderes Masifi’ne ait metamorfik kayalar, İzmir-Ankara zonuna ait ofiyolitik melanj birimleri oluşturmaktadır. Neojen öncesi bu birimler Miyosen yaşlı Eğriğöz granitoidi tarafından kesilmektedir.

Çalışma alanının Neojen stratigrafisi erken Miyosen yaşlı Hacıbekir Grubu ile başlar. Hacıbekir Grubu, Kürtköyü ve Yeniköy formasyonlarına ait sedimanter kayalar ve bunlarla giriklilik sunan Akdağ volkanikleri ile küçük yüzlekli lamproitik lav akıntılarından oluşur. Kürtköyü formasyonu genel olarak havzanın doğu kesimlerinde yüzlek verir. Bordo, şarabi-kırmızı renkli birim egemen olarak metamorfik bileşimli kaba kırıntılı tortullardan oluşur ve Yeniköy formasyonu tarafından uyumlu üstlenir. Yeniköy formasyonu tüm havzada geniş yüzlekler verir ve sarımsı kahverenkli kumtaşları ve çamurtaşlarından oluşur. Yeniköy formasyonu ayrıca lamproit bileşimli volkanik kayalar ile giriklilik sunar. Bu volkanik kayaçlar Şaphanedağı lamproiti (Gediz havzası batısında) ve Ulaşlar lamproiti (Emet havzası güneyinde) olarak isimlendirilmiştir. Yeniköy formasyonu Şaphane bölgesinde geniş yüzlekler veren Akdağ volkaniklerine ait andezit, dasit ve riyolit bileşimli volkanik kayaçlar tarafından uyumlu üstlenir.

Hacıbekir Grubu açısız uyumsuzlukla orta Miyosen yaşlı İnay Grubu tarafından üstlenir. İnay Grubu, Ahmetler ve Ulubey formasyonları, Gediz volkanikleri ve Dereköy bazaltından oluşur. Ahmetler formasyonu tabanda çakıltaşları ve üste doğru kıltaşı-silttaşı aralanmasından oluşur. Bu birim Ulubey formasyonu ve Gediz volkanikleri tarafından uyumlu üstlenir. Gediz volkanikleri andezitik lavlar ve piroklastik kayaçlardan oluşur. Ulubey formasyonu baskın olarak gösel kireçtaşlarından yapıldığı ve Dereköy bazaltına ait bazik lavlar tarafından uyumlu üstlenir. İnay Grubu, uyumsuzlukla Pliyo–Kuvaterner yaşlı Asartepe formasyonuna ait kaba kırıntılı karasal çökeller tarafından üstlenir. Tüm birimler güncel travertenler ve alüvyon tarafından uyumsuzlukla üstlenir.

Anahtar Sözcükler: Simav, Şaphane, Gediz, Batı Anadolu, Neojen stratigrafisi

Geological and Petrographic Features and Revised Stratigraphy of the Region Between Simav and Gediz (Şaphane-Kütahya, Western Anatolia)

Barış Semiz¹, Cahit Helvacı², Yahya Özpinar¹ & E. Yalçın Ersoy²

¹ Pamukkale Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kınıklı, TR–20070 Denizli, Türkiye
(E-mail: bsemiz@pau.edu.tr)

² Dokuz Eylül Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Tınaztepe Yerleşkesi, Buca, TR–35100 İzmir, Türkiye

The study area is located at the intersection of E–W-trending Plio–Quaternary Simav Graben and NE–SW-trending Neogene Selendi and Güre basins in western Anatolia. Although many studies have been carried out in the area, which are mainly focused on economical aspects, Neogene stratigraphy of the area have not yet been well-established. Therefore, the stratigraphy of the area and its regional correlation is still controversial.

The aim of this study is to determine the relationships between the sedimentary and volcanic units and to reconstitute the stratigraphy of the basin. In order to establish the stratigraphy of the region, geological mapping at 1/25.000 scale and measured stratigraphic sections have been carried out, as well as petrographic studies on volcanic rock samples.

The rock units in the study area have been defined and named mainly on the basis of the previous studies carried out both in the area and in the neighbouring Selendi and Uşak-Güre basins. The previous studies have revealed that the basin stratigraphy is made up of two main sedimentary groups, namely Hacibekir and İnay groups; they are unconformably overlain by upper Miocene to Quaternary sedimentary and volcanic rocks. The basement rocks of the Neogene volcano-sedimentary units in the study area are represented by Menderes Massif metamorphics and ophiolitic mélangé units of the İzmir-Ankara zone, which were intruded by Miocene Eğrigöz granitoid.

The Neogene stratigraphy of the area begins with the early Miocene Hacibekir Group that includes sedimentary rocks of Kürtköyü and Yeniköy formations and interfingering volcanic rocks of the Akdağ volcanics and minor lamproitic flows. The Kürtköyü formation mainly crops out in the eastern part of the area. Claret, red coloured unit is made up of coarse-grained detrital sedimentary rocks derived mainly from the Menderes Massif, and is conformably overlain by the Yeniköy formation. The Yeniköy formation widely crops out throughout the basin and is mainly composed of brownish yellow sandstone-mudstone alternations. The Yeniköy formation also interfingers with lamproitic volcanic rocks. These volcanic intercalations are named here as Şaphanedağı lamproite (in the west of Gediz basin) and Ulaşlar lamproite (in the south of Emet basin). The Yeniköy formation is also conformably overlain by andesitic, dacitic and rhyolitic volcanic rocks of the Akdağ volcanics in the Şaphane region.

The Hacibekir Group is unconformably overlain by the middle Miocene İnay Group that is composed of Ahmetler and Ulubey formations, Gediz volcanics and Dereköy basalt. The Ahmetler formation is composed of, from bottom to top, conglomerates and claystone-siltstone alternations. The Ahmetler formation is conformably overlain by the Ulubey formation and Gediz volcanics. The Gediz volcanics are made up of andesitic lavas and pyroclastic rocks. The Ulubey formation is composed of lacustrine limestones and is conformably overlain by the syn-sedimentary basaltic lavas of the Dereköy basalt. The İnay Group is unconformably overlain by the Plio–Quaternary Asartepe formation, which is composed of coarse-grained detrital deposits. All these units are unconformably overlain by the recent travertine and alluvium.

Key Words: Simav, Şaphane, Gediz, Western Anatolia, Neogene stratigraphy

Emet Havzası Doğu Kesimi ile Çavdarhisar Havzası Kuzeybatı Bölümünün Stratigrafik Korelasyonu

Muharrem Göktaş¹, Cengiz Yetiş², Cihangir Özer¹ ve Hakan Üstün³

¹ Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Marmara Bölge Müdürlüğü, Arslanbey, 41285 Kocaeli (E-posta: muhargoktas@yahoo.com)

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

³ Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Maden Etüt ve Arama Dairesi, 06520 Balgat, Ankara

Batı Anadolu'da geniş alanlar kaplayan Neojen çökellerinin bir bölümü Emet ve Çavdarhisar (Kütahya) havzalarında çökelmiştir. Emet havzasının doğu kesimi ile Çavdarhisar havzasının kuzeybatı bölümü, kuzeydoğu–güneybatı uzanımlı yüksek bir eşikle birbirinden ayrılır.

Çalışma alanında, Neojen yaşlı çökellerin açısız uyumsuzlukla üzerlediği temel kaya birimlerini Paleozoik yaşlı Sarıcasu formasyonu ve Arıkayası formasyonu oluşturur. Sarıcasu formasyonu yeşil şist fasiyesini temsil ederken, Arıkayası formasyonu kristalize kireçtaşlarından oluşur. Bölgede Neojen çökeli Erken Miyosen yaşlı Kürtköyü formasyonu ile başlar. Genel olarak bordo-şarabi kırmızı renkli, çamurlu kütle akması düzeylerinden oluşan birim, alüvyal yelpaze ortamında çökelmiş olmalıdır. Kürtköyü formasyonu içinde sığ göl ortamını yansıtan kireçtaşı düzeyleri de yer alır. Çalışma alanı dışında (Hisarcık güneyi) Kürtköyü formasyonunu düşey geçişli olarak üzerleyen, gölsel nitelikli geç Erken Miyosen yaşlı Yeniköy formasyonunun yan al eşleniği durumundaki Karbasan formasyonu egemen karbonat düzeylerinden oluşur ve çalışma alanı içerisinde oldukça dar alanda yayılmıştır.

Erken Miyosen çökelinin ardından, bölgede erken orta Miyosen yaşlı Emet ve Çavdarhisar havzaları gelişmeye başlamıştır. Her iki havzanın tabanında alüvyal yelpaze ortamında gelişmiş olan Kızılyar formasyonu çökelleri bulunur. Birim Emet havzasında, Kürtköyü formasyonu üzerinde uyumsuz olarak yer alırken, Çavdarhisar havzasında doğrudan temel kayalar üzerine açısız uyumsuzlukla gelir. Genel olarak kızıl-kızıllımsı kahve-sütlü kahve renkli çakıllı çamurtaşı düzeylerinden oluşan Kızılyar formasyonu, kanal dolgusu as fasiyesini yansıtan çakıltaşı ara düzeyleri kapsar. İnceleme alanında, Kızılyar formasyonu üzerinde düşey ve yan al geçişli gölsel çökeller, Emet havzasında tuf/yeniden işlenmiş tuf ve kıltaşı ara katmanlı egemen çörtlü kireçtaşlarıyla temsil edilir. Çavdarhisar havzasında gölsel çökelim, Kızılyar formasyonunun iraksak seviyeleriyle düşey geçişli kırıntılı çökeller ile başlar. Kireçtaşı-tuf/yeniden işlenmiş tuf-silttaşı ara katlı kıltaşı-marn düzeylerinden oluşan kırıntılı çökeller üzerinde egemen kireçtaşı istif gelişir. Çört bant ve yumruları içeren kireçtaşı istifinde, geniş yayımlı oolitik kireçtaşı düzeyleri olağandır. İki havzanın gölsel kireçtaşı düzeyleri, olası geç Miyosen yaşlı Merkezşihlar formasyonu ile uyumlu olarak üzerlenir. Alüvyal yelpaze ortamında çökelmiş olan Merkezşihlar formasyonu, kolay aşınabilir olması nedeniyle genelde yersel olarak gözlenir. Emet ve Çavdarhisar gölsel havzaları muhtemelen Merkezşihlar formasyonunun çökeliyle daralıp sığlaşmaya başlamıştır. Merkezşihlar formasyonunun çökelinin ardından yoğun aşınım süreçleri etkisi altında kalan inceleme alanında, Kuvaterner evresinde alüvyal malzeme çökeli gerçekleşmiştir.

Anahtar Sözcükler: Miyosen, alüvyal yelpaze, gölsel çökelim, yeniden işlenmiş tuf, Emet, Çavdarhisar

The Stratigraphic Corelation of the Eastern Part of Emet and the Northwestern Area of Çavdarhisar Basins

Muharrem Göktaş¹, Cengiz Yetiş², Cihangir Özer¹ & Hakan Üstün³

¹ Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Marmara Bölge Müdürlüğü, Arslanbey, TR–41285 Kocaeli, Türkiye (E-mail: muhargoktas@yahoo.com)

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

³ Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Maden Etüt ve Arama Dairesi, Balgat, TR–06520 Ankara, Türkiye

The Neogene deposits cover extensive areas in western Anatolia and a portion of these sediments occur in Emet and Çavdarhisar (Kütahya) basins. The eastern section of the Emet and the northwestern part of the Çavdarhisar basins are separated from each other by a northeast–southwest-trending topographic high.

In the study area, Palaeozoic Sarıcasu and Arıkayası formations constitute the basement and they are overlain by the Neogene deposits with an angular unconformity. The Sarıcasu formation consists of greenschist facies rocks while the Arıkayası formation is composed of crystallized limestones. The Neogene sediments commenced with Early Miocene Kürtköyü formation. This unit is generally marked by its wine red colour and is made up of muddy-mass flow levels interbedded with conglomerates deposited possibly in an alluvial fan environment. Furthermore, the presence of limestone layers within the Kürtköyü formation indicates the existence of a shallow lake environment. Karbasan formation accompanies late Early Miocene lacustrine sediments of the Yeniköy formation, which gradationally overlies the Kürtköyü formation to the south of Hisarcık. The Karbasan formation is composed mainly of carbonates exposed in a rather narrow zone.

Early Middle Miocene Emet and Çavdarhisar basins developed subsequent to the Early Miocene sedimentation. Kızılyar formation was deposited in the alluvial fan environment and occurs at the bottom of the sedimentary fill to both basins. The unit unconformably overlies the Kürtköyü formation in Emet basin whereas it lies directly on the basement rocks with an angular unconformity in Çavdarhisar basin. The Kızılyar formation is composed mainly of red-brown and caramel coloured pebbly mudstones, interlayered with channel conglomerates. Lacustrine sediments of the Kızılyar formation generally indicates vertical and lateral transitional relationships with other lithologies where in the Emet basin the carbonates are represented mainly by cherty limestones interbedded with tuff/reworked tuff and clay. On the other hand, in the Çavdarhisar basin, lacustrine deposition starts with clastic deposits of mainly clay-marl interbedded with limestone, tuff/reworked tuff and siltstone; these lithologies show vertical gradation with distal levels of the Kızılyar formation. The clastic sediments is replaced upward by carbonates. Widespread oolitic limestone layers are common in the carbonate sequence; the occurrence of chert bands and nodules are common. The limestone sequences of either basins are overlain conformably by alluvial fan sediments of upper Miocene Merkezşihlar formation. Because it is easily eroded, the unit crops out locally. With the sedimentation of the Merkezşihlar formation, both Emet and Çavdarhisar lacustrine basins start to become narrower and get shallower. Widespread formation of alluvial sediments during the Quaternary is common due to the extensive erosion of the Merkezşihlar formation.

Key Words: Miocene, alluvial fan, lacustrine sedimentation, reworked tuff, Emet, Çavdarhisar

Aksu Havzası'nın Deformasyon Özellikleri: İç Isparta Açısı, GB Türkiye

Serkan Üner¹, Erman Özsayın¹, Alkor Kutluay¹, Kadir Dirik¹ ve Attila Çiner^{1,2}

¹ Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 068532 Beytepe, Ankara
(E-posta: suner@hacettepe.edu.tr)

² Vrije University, Department of Tectonics/Structural Geology, Amsterdam, Netherlands

Aksu Havzası; Afrika-Avrasya sıkışma zonunda meydana gelen yapısal hareketler sonucunda, bükülme tektoniğine bağlı olarak oluşmuş bir önülke (foreland) havzadır. Aksu Havzası'nda Mesozoyik yaşlı Beydağları karbonat platformu ile Geç Kretase–Paleosen yaşlı ofiyolitler ve derin deniz sedimanlarından (Antalya Napları) oluşan temel kayalar üzerine, Orta Miyosen ve sonrası yaşlı kırıntılılar ve karbonat kayalar uyumsuz olarak gelir. Havza, Pliyosen'e kadar yelpaze deltasına ait sığ denizel çökeller, Pliyosen sonrasında ise karasal bir istif ile temsil edilir. Aksu Havzası çökme sistemleri; tektonik hareketlilikten ve Miyosen sonlarında gözlenen deniz seviyesi oynamalarından önemli şekilde etkilenmiştir.

Afrika-Avrasya plaka sınırında meydana gelen dalma-batma ile ilişkili Kıbrıs ve Ege yaylarının tektonik hareketlerine, Anadolu plakacığının batıya kaçışı da eklenince Aksu Havzası ve yakın çevresi önemli şekilde deformasyona uğramıştır. Bu tektonik hareketlilik, yapılan kinematik analizler sonucunda ardalanmalı olarak gelişen iki sıkışma ve iki açılma rejimi ile açıklanabilmektedir. Havzanın oluşumunda etkili olan Likya Napları'nın GD yönlü yerleşimi ile oluşan KB–GD doğrultulu sıkışma rejimi Langiyen'de sona ermiş ve dalma-batma zonundaki hareketliliğe bağlı KB–GD doğrultulu açılma rejimi onu takip etmiştir. Tortoniyen sonunda başlayan, Anadolu'nun batıya kaçışı ile gelişen KD–GB doğrultulu sıkışma rejimi (Aksu Fazı), Geç Pliyosen'de yerini KD–GB doğrultulu açılma rejimine bırakmıştır.

Aksu Havzası'nın deformasyon özelliklerinin tanımlanması, tektonik olarak aktif bir bölgedeki havza oluşumunun ve evriminin anlaşılmasının yanı sıra, komşu havzaların ve Isparta Açısı'nın Miyosen'den günümüze özelliklerinin belirlenmesine de yardımcı olacaktır.

Anahtar Sözcükler: Aksu Havzası, Isparta Açısı, önülke havza, tektonizma, deformasyon, kinematik analiz

Deformational Characteristics of Aksu Basin: Inner Isparta Angle, SW Turkey

Serkan Üner¹, Erman Özsayın¹, Alkor Kutluay¹, Kadir Dirik¹ & Attila Çiner^{1,2}

¹ Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Beytepe, TR–06532 Ankara, Türkiye
(E-mail: suner@hacettepe.edu.tr)

² Vrije University, Department of Tectonics/Structural Geology, Amsterdam, Netherlands

Aksu Basin is a foreland basin that occurred as a result of flexural tectonism in the African-Eurasian compressional zone. Middle Miocene and younger clastics and carbonates unconformably overlie the Mesozoic Beydağları platform carbonates and Upper Cretaceous–Paleocene ophiolites and deep marine sediments (Antalya Nappes) in Aksu Basin. Till Pliocene the basin is represented by fan-deltaic shallow marine deposits and later by terrestrial deposits. The depositional characteristics of the basin reflect the importance of the tectonic activity and sea level fluctuations that took place during the Miocene.

Aksu Basin was deformed by tectonic activity of Cyprus and Aegean arcs which was related to the subduction along African-Eurasian plate boundary and westward movement of the Anatolian block. This tectonism can be explained with an alternation of two compressional and two extensional regimes based on the results obtained from kinematic analyses. Aksu Basin was formed by southeastern emplacement of Lycian Nappes. This movement created a NW–SE compressional regime that lasted in Langhian. This contractional regime is followed by NW–SE extensional regime which is related with the activity of subduction zone. The subsequent NE–SW compressional regime known as ‘Aksu Phase’ is the third phase and it is involved with the westward escape of Anatolian block started in Late Tortonian. Neotectonic regime is represented with a NE–SW extensional regime in the Aksu Basin.

Defining the deformational characteristics of Aksu Basin will help both better understanding the evolution of a basin in an active region and determining the properties of Isparta Angle and neighbouring basins from Miocene to Recent.

Key Words: Aksu Basin, Isparta Angle, foreland basin, tectonism, deformation, kinematic analysis

KB Anadolu KYJFYA Projesi: Zonguldak-Akşehir Doğrultusu Boyunca Kabuk Yapısının Manyetotellürik, Sismoloji, Gravite, Havadan Manyetik ve Jeokimyasal Çalışmalarla Araştırılması

M. Emin Candansayar¹, Cemal Kaya², Ünal Dikmen¹, Neşat Konak³, Yusuf Kağan Kadioğlu⁴, Hüseyin Yılmaz², Selim Arslan³, Uğur Akın³, Ali Rıza Kılıç³, Abdullah Gürer³, Emin U. Ulugergerli¹, Ahmet T. Başokur¹, İsmail Demirci¹, Erhan Erdoğan¹, Fahriye Kaçmaz², Özcan Özyıldırım² ve Hayrettin Okay³

¹ Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, 06100 Beşevler, Ankara
(E-posta: candansa@eng.ankara.edu.tr)

² Cumhuriyet Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, 58140 Kampüs, Sivas

³ Maden Tetki ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeofizik Etüdüleri Dairesi, 06520 Balgat, Ankara

⁴ Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06100 Beşevler, Ankara

Çok disiplinli bir TÜBİTAK projesi olan ‘Kuzeybatı Anadolu’ nun Kabuk Yapısının Jeofizik Yöntemlerle Araştırılması” projesi kapsamında yaklaşık 350x550 km² bir alanda ölçülen Manyetotellürik (MT), Gravite, Havadan Manyetik, Sismoloji ve Jeokimyasal veriler toplanacaktır. Bu projenin amacı ölçülen verilerin birlikte yorumu ile bölgenin yaklaşık ilk 50 km derine kadar olan jeolojik özellikleri araştırılacaktır. Proje alanında toplam dokuz doğrultu boyunca 3 km aralıklarla yaklaşık 1000 istasyonda MT verileri ve yaklaşık 21500 noktada Gravite ölçüleri alınacaktır. Havadan manyetik veri olarak ise daha önceden MTA tarafından bölgede ölçülen veriler kullanılacaktır. Ayrıca, proje kapsamında bölgeye kurulan 10 deprem istasyonu ile Boğaziçi Üniversitesi ve Afet İşleri Genel Müdürlüğü tarafından bölgede işletilen deprem istasyonlarının kayıt ettiği deprem verileri ile bölgede önceden ölçülmüş deprem kayıtları ise sismolojik çalışmalar kapsamında kullanılacaktır. Yine bölgedeki MT ölçü hatlarının kestiği toplam 18 adet Plüton için jeokimyasal veriler yorumlanacaktır. Sonuçta jeofizik verilerin iki- ve üç-boyutlu ters çözümleri sonucu bölgeye ait özdirenç, yoğunluk, manyetik özellik ve hız modelleri elde edilecektir. Elde edilen bu modeller ve jeokimyasal analiz sonuçları birlikte kullanılarak, KB Anadolu’ nun kabuk yapısı hakkında yorum yapılacaktır.

Bu sunuda, Zonguldak-Akşehir arasında kalan K–G yönlü iki doğrultu boyunca MT, gravite, havadan manyetik, sismolojik ve bölgedeki iki Plüton için jeokimyasal verilerin yorum sonuçları verilecektir. Bu iki doğrultu kuzeyden güneye doğru sırasıyla; İstanbul Zonu, İntra-Pontit kenet kuşağı, Sakarya Kıtası, İzmir-Ankara-Erzincan kenet kuşağı, Anatolid Torid Bloğu, ayrıca Kuzey Anadolu Fay Zonu ve Eskişehir Fayı ile bölgedeki Neojen havzalarının bir bölümünü kesmektedir. MT verilerinin ters çözümünden elde edilen ve yüzeyden 50 km derine kadar bilgi veren 2B özdirenç modellerinde bu zonlar belirgin bir şekilde fark edilmektedir. Bu zonların geometri ve derinlikleri hakkında elde edilen yorum sonuçları önceden yapılan çalışmaların bazılarının sonuçları ile uyum göstermektedir. Ayrıca her iki hat boyunca üst kabuğun kalınlaştığı ve incelendiği yerler çok iyi görülmektedir. Her iki paralel MT hattı boyunca gravite ve havadan manyetik profil verileri kullanarak 2B yoğunluk ve manyetik özellik modelleri de elde edilmiştir. Bilindiği gibi ‘transform levha’ sınırlarında depremler olmaktadır. Sismoloji verilerinden, bölgede bu hatlar boyunca olmuş depremlerin odak merkezleri özdirenç modelleri üzerinde gösterilmiştir. Böylece özdirenç modelleri üzerinde levha sınırlarının belirlenmesi kolaylaşmıştır. Ayrıca her iki doğrultu için deprem verilerinden, bölgedeki gerilim dağılımını gösteren b-değeri-derinlik kesitleri elde edilmiştir. Sivrihisar, Günyüzü ve Beypazarı granatoidlerinden alınan örneklerin jeokimyasal analiz sonuçları da yorumlamada kullanılmıştır. Beypazarı granitoidlerinin bağımsız küçük mostralara vermelerine rağmen mineralojik ve kimyasal bileşimleri bunların derinde tek kütleyle bağlı bir batolit şeklinde intruzif kayalar olabileceğini göstermektedir. Sonuç olarak bu çalışmada Zonguldak-Akşehir doğrultusu boyunca yüzeyden 50 km derine kadar olan yapılar jeofizik ve jeolojik çalışmalar bir araya getirilerek yorumlanmıştır.

Anahtar Sözcükler: kuzeybatı Anadolu, tektonik, kabuk yapısı, model, jeofizik, jeoloji

NW Anatolia CSGM Project: Investigation of Crust Structure along Zonguldak-Akşehir Transect with Magnetotellurics, Seismology, Gravity, Aeromagnetic and Geochemical Studies

M. Emin Candansayar¹, Cemal Kaya², Ünal Dikmen¹, Neşat Konak³, Yusuf Kağan Kadioğlu⁴, Hüseyin Yılmaz², Selim Arslan³, Uğur Akın³, Ali Rıza Kılıç³, Abdullah Gürer³, Emin U. Uluggergerli¹, Ahmet T. Başokur¹, İsmail Demirci¹, Erhan Erdoğan¹, Fahriye Kaçmaz², Özcan Özyıldırım² & Hayrettin Okay³

¹ *Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Beşevler, TR–06100 Ankara, Türkiye (E-mail: candansa@eng.ankara.edu.tr)*

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

³ *Maden Tetki ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeofizik Etüdlere Dairesi, TR–06520 Ankara, Türkiye*

⁴ *Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Beşevler, TR–06100 Ankara, Türkiye*

Under the multidisciplinary TÜBİTAK project, ‘NW Anatolia Crust Structure investigation by using Geophysical Methods (NW Anatolia CSGM)!, magnetotellurics (MT), gravity, aeromagnetic, seismological and geochemical data are going to be collected in a 350x550 km² area. The aim of this project is to investigate geological structures of the area from surface to 50 km depth range by using interpretation of the collected data. We are going to collect MT data along 9 profiles with 3 km station interval that yields approximately 1000 stations and approximately 21500 gravity data in the project area. The airborne magnetic data previously collected by MTA in the project area will be used. The earthquakes’ data recorded by using the currently used seismological stations setup in the project area by us, Boğaziçi University and Earthquake Disaster Affairs and previously occurred earthquakes records are going to be used under the seismological studies. The geochemical data are going to be interpreted for the 18 plutons crossed by MT profiles. Finally, two-dimensional resistivity, density and magnetic properties models and three-dimensional velocity model will be obtained after inversion of the geophysical data. These models and geochemical analysis results are going to be used to interpret crust structure of the NW Anatolia.

In this presentation, interpretation result of MT, gravity, aeromagnetic and seismology data collected along N–S directional two parallel lines and geochemistry data for two pluton’s in this area will be given. These two parallel lines are crossing the main geological units from North to South; İstanbul zone, Intra-Pontide suture zone, Sakarya continent, İzmir-Ankara-Erzincan suture zone, Anatolid Tauride Block, in addition, North Anatolian Fault Zone, Eskişehir Fault and some Neogene’s basins in the investigated area. These main geological units can be seen accurately in the resistivity models including information from surface to 50 km depth range obtained from two-dimensional inversion of MT data. Interpretation results of these models show that geometry and depth of these zones are agreed with some previous studies results. Additionally, thin and thick part of lower crust can be easily recognized in these two resistivity models. We obtained two-dimensional density and magnetic properties models by using gravity and airborne magnetic data collected along these two parallel MT lines. It is known that the earthquakes occurred along transform plate boundaries. Earthquake epicenters occurred nearby these parallel lines acquired from seismological data are shown on the resistivity models. This helps us to define plate boundaries in the resistivity models. Additionally, we obtained b-values-depth sections that show stress distributions from seismological data for the two parallel lines. Geochemical analysis results of the collected samples from Sivrihisar, Günyüzü and Beypazarı granitoids are used in the interpretation. Although, Beypazarı granitoids shows independent outcrops in the field, mineralogical and chemical compositions show that these small outcrops may be united as a unique intrusive body at the depth in the form of batholiths. To sum up, along Zonguldak-Akşehir transect, the structures from surface to 50 km depth range are interpreted combining geophysical and geological studies results.

Key Words: northwest Anatolia, tectonics, crust structure, model, geophysics, geology

Çardak-Dazkırı Havzasındaki Tersiyer Çökellerinin Depolanma Ortamları ve Sedimanter Fasiyesleri, GB Anadolu, Türkiye

Ezher Toker¹ ve Fuzuli Yağmurlu²

¹ Pamukkale Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 20017 Kınıklı, Denizli (E-posta: egulbas@pau.edu.tr)

² Süleyman Demirel Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 32260 Çünür, Isparta

Bu çalışma, Acıgöl Grabeni'nin kuzey kenarı boyunca yüzeyleyen Tersiyer yaşlı çökellerin depolanma ortamlarını, fasiyes özellikleri ve bölgesel tektonikle olan ilişkisini araştırmayı amaçlar. İnceleme alanı, bölgeye allokon olarak gelip yerleşen Likya naplarının üzerinde yer almakta olup, bu alanda yüzeyleyen birimler, Başçeşme Formasyonu (Orta–Üst Eosen), Armutalanı Formasyonu (Alt Oligosen), Çardak Formasyonu (Alt–‘orta’ Oligosen), Hayrettin Formasyonu (‘orta’–Üst Oligosen), Tokça Formasyonu (Üst Oligosen) ve Çameli Formasyonu (Pliyosen) olarak görülmektedir.

Çalışma alanındaki Tersiyer çökellerinde yapılan fasiyes çalışmalarında toplam yirmiyedi fasiyes ve 14 fasiyes birlikleri belirlenmiştir. Her bir fasiyes ayırtlaması, çökellerin bileşenine, rengine, tane boyuna, tortul yapılarına, organik kalıntılara ve sınır ilişkilerine bakılarak değerlendirilmiştir. Eosen çökelleri, alüvyal yelpaze ile başlayıp, kıyı gerisi ile devam etmekte ve resifal kireçtaşlarının yer aldığı sığ denizel ortam ile sonlanmaktadır. Oligosen yaşlı formasyonlara ait tortullar, alüvyal yelpaze ile başlayıp, yelpaze deltası ve sığ denizel ortamlarda çökelmişlerdir. Pliyosen tortulları, tabanda akarsu ortamında depolanıp yukarıya doğru gölsel ortam ile devam eden çökellerdir.

Tersiyer çökelleri üzerinde yapılan fasiyes analizleri sonucunda, temelde transgresif olarak çökelen birimler, Oligosen dönemindeki karasallaşmaya ve tektonik açıdan yükselmeye bağlı olarak kaba kırıntılı, masif iri çakıllı, birimler olarak çökelmiştir. Bölgesel ölçekte KB–GD yönünde sıkışma Oligosen yaşlı birimleri kıvrımlandırmıştır. Oligosen sonunda sıkışma devam ederken bir yandan da sedimantasyon sürmekte ve havzanın kuzeyine doğru birimlerin tane boyu incelmekte ve havza kuzeye doğru giderek derinleşmektedir. Pliyosen çökelleri Oligosen çökellerinin üzerine uyumsuz olarak gelmekte ve bölgesel ölçekte gerçekleşen KB–GD yönündeki açılmaya bağlı olarak oluşan gölcüklerde gölsel kireçtaşları çökelmektedir. Normal faylanmalara bağlı olarak çıkan sıcak suların etkisiyle depolanan traverten, Pliyosen çökellerinin en üst birimini oluşturmaktadır.

Anahtar Sözcükler: fasiyes analizi, Çardak-Dazkırı havzası, Acıgöl Grabeni

The Depositional Environments and Sedimentary Facies of Tertiary Deposits in Çardak-Dazkırı Basin of SW Anatolia, Turkey

Ezher Toker¹ & Fuzuli Yağmurlu²

¹ Pamukkale Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kınıklı,
TR–20017 Denizli, Türkiye (E-mail: egulbas@pau.edu.tr)

² Süleyman Demirel Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Çünür,
TR–32260 Isparta, Türkiye

In this study, the depositional environments and facies characteristics of the Tertiary deposits exposed along the northern margin of the Acıgöl Graben have been investigated and their relation to regional tectonics explored. Three stratigraphic units have been investigated. These are Eocene, Oligocene (Acıgöl group) and Pliocene units. The Eocene units are represented by Başçeşme Formation (Middle–Upper Eocene), the Oligocene units by Acıgöl Group made up of Lower Oligocene Armutalanı Formation, Lower–‘middle’ Oligocene Çardak Formation, ‘middle’–Upper Oligocene Hayrettin Formation, Upper Oligocene Tokça Formation, and Pliocene Units, by Çameli Formation.

The facies analyses have been performed in these Tertiary deposits and a total of twenty-seven facies and 14 facies associations have been determined, with respect to the composition of components, colours, grain size, sedimentary structures, organic remnants and boundary relations of sediments. Eocene deposits commenced as alluvial fan deposits (proximal and distal fan), then continued with backshore deposits and ended up as shallow marine reefal limestones. The sediments of Oligocene formations have deposited in alluvial fan, fan delta and shallow marine environments. The Pliocene sediments were deposited in fluvial and lacustrine environments.

The facies analyses have shown that the sediments commenced as a transgressive sequence and became coarser (massive cobbles and pebbles) due to the tectonic activity and consequent uplift of the region. The Oligocene units were deformed and folded during a NW–SE compression which continued till the end of the Oligocene. The compressional deformation was accompanied by sedimentation as the basin became deeper in the north as suggested by a pronounced northward decrease in the grain size of sediments; a deeper fan delta and/or shallow marine sedimentation in the north of the study area is characteristic. Pliocene sediments unconformably overlie the Oligocene deposits and is characterized by lacustrine clayey limestone deposited in pools formed as a result of NW–SE extension. Travertines occur on top of the Pliocene sediments and deposited by hot waters reaching ground surface along normal faults.

Key Words: facies analysis, Çardak-Dazkırı basin, Acıgöl Graben

Afyon-Akşehir Graben’inde Yakasenek Ters Fayı Olarak Tanımlanan Yapı Üzerinde Jeolojik ve Jeofiziksel Gözlemler: İki Evreli Graben Modeli İçin Bir Test

Sevil Kaya¹, Aslı Zeynep Can², Korhan Esat¹, Esra Ezgi Ekincioğlu², İsmail Akkaya², Veysel Işık¹, Bülent Kaypak², Gülsev Uyar Aldaş², Berkan Ecevitoğlu² ve Gürol Seyitoğlu¹

¹ Ankara Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Tektonik Araştırma Grubu, 06100 Tandoğan, Ankara (E-posta: s.sevilkaya@gmail.com)

² Ankara Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, 06100 Tandoğan, Ankara

Çay’ın (Afyon) yaklaşık 13 km DGD’sunda yer alan Yakasenek kasabası civarındaki metamorfik temel birim ile Neojen çökelleri arasındaki tektonik dokanak bir grup araştırmacı tarafından Sultandağı fayı olarak isimlendirilmiş ve bindirme fayı olarak yorumlanmış, diğer bir grup tarafından ise normal fay olduğu ileri sürülmüştür. Bazı çalışmacılar da Sultandağı fayını normal fay olarak kabul etmekle birlikte bu fay tarafından kesilen daha eski Yakasenek ters fayını tanımlamışlardır. Bu çalışmada söz konusu Yakasenek ters fayı üzerinde jeolojik ve jeofizik çalışmalar yapılmıştır. Dokanak yakınında fayın karakterini belirleyecek fay çizikleri korunmamıştır ancak dokanak boyunca bazı lokasyonlarda yoğun parçalanmaya uğramış breşik zonlara rastlanmıştır. Ayrıca sahada temelden kopup gelen büyük blokların oluşturduğu heyelan alanı tespit edilmiştir. Bu dokanak üzerinde uygulanan ‘Sismik Işın Yönlendirme’ yöntemi ile Yakasenek ters fayına karşılık gelen tektonik hat kuzeye eğimli olarak belirlenmiştir. Buradaki fayın güneyin aksine kuzeye eğimli olarak saptanması, bölgede Miyosen–Pliyosen’de sıkışmanın varlığını ortaya koyan ve iki evreli graben modelini destekleyen Yakasenek ters fayının bulunmadığını göstermiştir. Bölgede yapılan arazi gözlemlerinde de ters faya yönelik herhangi bir veriye rastlanmamıştır.

Anahtar Sözcükler: Afyon, Yakasenek, graben, Sultandağı fayı, normal fay, neotektonik

Geological and Geophysical Observations on so-called Yakasenek Reverse Fault at Afyon-Akşehir Graben: A Test for Two-Stage Graben Model

Sevil Kaya¹, Aslı Zeynep Can², Korhan Esat¹, Esra Ezgi Ekinciöğlü², İsmail Akkaya², Veysel Işık¹, Bülent Kaypak², Gülsev Uyar Aldaş², Berkan Ecevitöğlü² & Gürol Seyitoğlu¹

¹ Ankara Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Tektonik Araştırma Grubu, Tandoğan, TR–06100 Ankara, Türkiye (E-mail: s.sevilkaya@gmail.com)

² Ankara Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Tandoğan, TR–06100 Ankara, Türkiye

The tectonic contact between the metamorphic basement and the Neogene units, which is located around Yakasenek town in the approximately 13 km ESE of Çay (Afyon), is interpreted as a thrust fault and is named as the Sultandağı fault by some researchers. On the contrary, the others claim that the Sultandağı fault is a normal fault. Some researchers define the Yakasenek reverse fault which is cut by the Sultandağı normal fault. In this study, the geological and geophysical studies have been made on this tectonic contact. The slickenlines could not be observed around the contact but there are intensively brecciated zones along it in some localities. Moreover, the landslide area, which has large blocks of the basement, was determined. The tectonic contact corresponds to the Yakasenek reverse fault was determined as a N-dipping plane using with the ‘*Seismic Beam Steering*’ method. The identification of the N-dipping plane instead of S-dipping shows that the Yakasenek reverse fault, which is interpreted as a product of the Miocene-Pliocene contraction supporting two-stage graben model, is not a thrust. There is also no field evidence of thrust fault in the area.

Key Words: Afyon, Yakasenek, graben, Sultandağı fault, normal fault, neotectonics

Tepeoba (Havran-Balıkesir) Bölgesinin Jeolojik ve Petrografik İncelenmesi

Zafer Doygun ve Yahya Özpınar

*Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,
Kınıklı Kampüsü, 20200 Denizli (E-posta: zdoygun@pau.edu.tr)*

Çalışma alanı, Balıkesir ili Edremit ilçesinin kuzeydoğusunda ve Çamdibi köyünün kuzeyinde yer almaktadır. Bu çalışma, inceleme alanı ve yakın dolayının jeolojik ve petrografik incelenmesini amaçlamaktadır. Bu kapsamda 36 km² lik alanda jeolojik harita alımı yapılmış (1/25000 ve 1/10000 ölçekli) ve bu bölgedeki litolojik birimlerden hazırlanan 80 adet petrografik örneğin mikroskopta incelemeleri gerçekleştirilmiştir.

Çalışma alanının temelinde Permokarbonifer–Erken Triyas yaşlı, tektonik dilimlerden oluşan Karakaya Karmaşığında ait birimleri yer alır. Bunlar, en alttan başlayarak Kalabak birimi, Nilüfer birimi, Hodul birimi ve Tepeoba birimi olarak sıralanır. Çalışılan alanda Oligo–Miyosen yaşlı Eybek granodiyoriti Karakaya Karmaşığında sokulum yapmış olup, Tepeoba birimi ile dokanak oluşturur. Bu alanda Eybek granodiyoritine ait aplitik dayklar da yer alır. Tüm birimlerin üzerine açısız uyumsuzlukla Kuvaterner yaşlı alüvyon ve yamaç molozlarının geldiği saptanmıştır.

Kalabak birimi, kalkışit, fillit ve metabazitlerden oluşmaktadır. Birim arazide yer yer altere olmuş şekilde kahverengi renkte izlenmektedir. Kalabak birimi'nden alınan metabazit örneklerinin mikroskobik incelemelerinde kalıntı ofitik dokuda oldukları belirlenmiş plajioklas, piroksen, epidot, hornblend (tremolit) kuvars, kalsit ve opak mineraller tespit edilmiştir.

Nilüfer birimi egemen olarak spilitik kayalar içermektedir ve arazide yeşil ve yeşilin farklı tonlardaki renklerinde izlenir. Ayrıca Nilüfer birimi içerisinde metabazit, metatüf, metakumtaşı katkıları da yer almakta ve üst düzeylerinde yaygın olarak mermer yüzeylemeleri bulunmaktadır. Spilit ve metabazitlerin mikroskobik incelemelerinde, ofitik ve subofitik dokuda oldukları plajioklas (albit) piroksen (ojit), epidot, prehnit, termolit/aktinolit, ilmenit, kuvars, kalsit ve opak mineraller içerdikleri belirlenmiştir.

Hodul birimde egemen olarak arkozik metakumtaşları yer alır. Bunlar arazide genellikle beyaz ve beyazımsı renklerde izlenirler. Arkozik metakumtaşların mikroskobik incelemelerinde kuvars, K-feldispat, plajioklas, serizit, kalsit, FeO ve opak mineraller içerdiği tespit edilmiştir.

Tepeoba birimi fillit, kuvars-serizitist ve yer yer metabazit, metatüf ve ince taneli arkozik metakumtaşlarından oluşur. Metabazitlerin mikroskobik incelemelerinde mikrolitik dokuda oldukları belirlenmiş ve plajioklas, piroksen, klorit, epidot (pistaşit + zoisit), kalsit, FeO ve opak mineral içerdikleri tespit edilmiştir.

Oligo–Miyosen yaşlı Eybek granodiyoriti, hornblend-biyotit granodiyorittir. Granodiyorit incelenen alanda, Karakaya Kompleksi'ne ait Tepeoba birimine sokulum yapmış ve bu birime ait şistleri dokanak metamorfizmasına uğratmıştır. Ayrıca şistlerin zayıf serizitik alterasyona uğrattıkları da belirlenmiştir. Granodiyorit mikroskopik incelemelerinde genellikle kataklastik dokuda oldukları ve mineral içeriğinin plajioklas (oligoklas ve andezin), K-feldispat, kuvars, hornblend, biyotit, sfen, zirkon, apatitden oluştuğu tespit edilmiştir. Eybek granodiyoritine ait aplitik dayklar sahada beyaz renkli ve oldukça kırılğan yapıda görülmektedir. Aplitik daykların mikroskobik incelemelerinde kuvars, plajioklas, K-feldispat (ortoklas), biyotit, klorit, kalsit, serizit ve opak mineral içerdikleri belirlenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Karakaya Karmaşığı, Eybek granodiyoriti, aplitik dayk, serizit, tektonik dilim, Tepeoba, Havran-Balıkesir

Geological and Petrographical Investigation of Tepeoba Region (Havran-Balıkesir)

Zafer Doygun & Yahya Özpınar

*Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,
Kınıklı Kampüsü, TR–20200 Denizli, Türkiye (E-mail: zdoygun@pau.edu.tr)*

The study area is located between northeast of Edremit and north of Çamdibi in Balıkesir. The aim of this paper is to document the basic geological and petrographical characteristics of different lithological units exposed in the area. Detailed geological maps (1/25000 and 1/10000 scale) were prepared for an area of about 36 km² and 80 unit thin sections were studied for petrographic purposes.

The basement is represented by Permo–Carboniferous to Lower Triassic Karakaya Complex. The complex comprises, from bottom to the top, Kalabak unit, Nilüfer unit, Hodul unit and Tepeoba unit. Oligo–Miocene Eybek granodiorite intrudes the Karakaya Complex with a contact aureole developed within the Tepeoba unit. Aplitic dykes of the Eybek granodiorite are also common. Quaternary alluviums and slope debris unconformably overlie the older units.

The Kalabak unit consists of calc-schist, phyllite and metabasics. Alteration is expressed by typical brown colour. Metabasics display a typical residual ophitic texture and are composed of plagioclase, pyroxene, epidote, hornblende (tremolite), quartz, calcite and opaque minerals.

The Nilüfer unit consists of spillites and is characterized by green or different shades of green colour. The unit comprises metabasic, metatuff, sandstone and metasandstones with widespread marble occurrences at the upper parts. Spillites and metabasics display ophitic and subophitic texture and contain quartz, albite, pyroxene (augite), calcite, epidote, prehnite, tremolite/actinolite, ilmenite and opaques.

The Hodul unit consists dominantly of whitish arkosic metasandstone, made up of quartz, potassium feldspars, plagioclase, sericite, calcite, iron oxide and opaque minerals.

The Tepeoba unit is represented mainly by phyllite and quartz-sericite schist with some metabasic, metatuff and fine-grained arkosic metasandstone. Metabasics display microlitic texture and consists of plagioclase, pyroxene, chlorite, epidote (pistacite/zoisite), calcite, iron oxide and opaques.

Oligo–Miocene Eybek granodiorite is a typical hornblende-biotite granitoid. It intrudes into the Tepeoba unit of the Karakaya complex; along the contact schists has experienced contact metamorphism. In addition, sericitic alteration of schists is also a common phenomenon. Granodiorite shows typical cataclastic texture and is made up of plagioclase (oligoclase and andesine), potassium feldspars, quartz, hornblende, biotite, sphene, zircon and apatite.

Aplitic dykes of the Eybek granodiorite are white in colour and show evidence of brittle deformation. Dykes are characterized by spherulitic and pegmatitic textures and are composed of quartz, plagioclase, potassium feldspars (orthoclase), biotite, chlorite, calcite, sericite and opaques.

Key Words: Karakaya Complex, Eybek granodiorite, aplitic dyke, sericite, tectonic sheet, Tepeoba, Havran-Balıkesir

Evciler (Bayramiç-Çanakkale) Bölgesinin Jeolojik ve Petrografik İncelenmesi

Zafer Doygun ve Yahya Özpınar

*Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,
Kınıklı Kampüsü, 20200 Denizli (E-posta: zdoygun@pau.edu.tr)*

Çalışma alanı, Çanakkale ili Bayramiç ilçesinin 25 km güneydoğusunda bulunmakta olup, Evciler kasabası ve çevresinde yer almaktadır. Bu çalışma, inceleme alanındaki litolojik birimlere ait jeolojik ve petrografik özelliklerin incelenmesini amaçlamaktadır. Bu kapsamda ayrıntılı jeoloji haritası yapılmış (1/10000 ve 1/5000 ölçekli) ve çok sayıda ince kesit örneği mikroskopta incelenmiştir.

Çalışma alanının temelini, Permo–Karbonifer–Erken Triyas yaşlı Karakaya Karmaşığı içerisinde bulunan Hodul ve Çal birimlerine ait litolojiler oluşturur. Çal birimi Hodul birimi üzerinde tektonik dokanaklı olarak yer alır. Karakaya Karmaşığı birimleri Geç Oligosen–Erken Miyosen yaşlı Evciler granitik plütonları tarafından kesilirler. Hodul ve Çal birimleri ile Evciler granitoyiti dokanaklarında kontakt metamorfik zonlar ve skarn kayaçları gelişmiştir. Tüm alttaki birimler, riyodasit ve dasit bileşiminde olan Erken–Orta Miyosen(?) yaşlı Çan volkanitleri tarafından kesilmektedir. Bu birimler üzerine de açılmal uyumsuzlukla Kuvaterner yaşlı alüvyonlar gelmektedir.

Hodul birimi metabazalt, metadolerit ve arkozik metakumtaşlarından meydana gelmektedir. Hodul Birimi'nin içinde ara katkılar halinde ince taneli ve tabakamsı görünümde spilitik seviyeler yer alır. Çal birimi ise arazide kırmızı ve şarabi renklerde, ağırlıklı olarak kırmızı çamurtaşları ve mor spilitler içerirler. Hodul ve Çal birimlerine ait metabazitler, mikrotaneli-porfirik, doleritik, entersertal, mikrolitik, hyalopilitik dokuludurlar. Mineralojik bileşim olarak da plajiyoklas (labrador), piroksen (ojit), aktinolit, klorit, epidot (pistaşit), kalsit, opak mineral ve demiroksit tespit edilmiştir.

Geç Oligosen–Erken Miyosen yaşlı Evciler granitoyiti sahada, ferromagnezyen mineral bolluğu nedeniyle koyu gri renkli ve iri taneli faneritik dokuda izlenen granitoyitler, granodiyorit, monzogranit ve biyotit-hornblend granit, hornblend granit olarak adlandırılmışlardır. Mineralojik bileşimleri; alkali feldispat (ortoklas-mikroklin), plajiyoklas (oligoklas), kuvars, hornblend, biyotit, manyetit, sfen, zirkon ve apatittir. Evciler granitoyiti çalışma alanının batısında Hodul birimi'ne ait metabazitler ile dokanak yapmaktadır. Diğer tarafta, doğuda, Çal birimi'ne ait şeyller ve spilitler ile dokanaklıdır. Bu alanda Evciler granitoyiti ile ilişkili olarak kontakt metamorfik zonlar gelişmiştir. Kontakt metamorfizma kayaçları 'hornfels' genellikle ince taneli olup, mikroskopik incelemelerinde plajiyoklas (albit), epidot, klorit, aktinolit, kuvars, kalsit, FeO mineralleri ve opak mineraller saptanmıştır.

İncelenen alanda karbonatlı kayaçlar (kireçtaşı/mermer) ile granitoyit dokanaklarında görülen skarn kayaçları açık ve yer yer koyu yeşil renkli silisli kayaçlardan oluşur ve tespit edilen mineraller granat (andradit/grassüler), piroksen, epidot (pistaşit/zoisit), kuvars, aktinolit/tremolit, klorit, kalsit ve opak minerallerdir. Granitoyit ile kireçtaşı/mermer dokanaklarında gelişen mineralizasyonda manyetit, spekulerit, pirotin, kalkopirit, galen, bornit, kovellin, malakit ve azurit saptanmıştır.

Erken–Orta Miyosen(?) yaşlı Çan volkanitleri, andezit, trakiandezit, riyolit, riyodasit ve dasit bileşimindeki lav ve tüflerden oluşmaktadır. Bunlar arazide beyaz, sarı, kırmızı ve kahverengimsi renklerde görülürler. Tüf ve lavların büyük bir kısmı alterasyona uğramış, pek çoğu da silisleşmiştir. Volkanitler, mikrolitik, porfirik dokulu olup, saptanan mineraller kuvars, sanidin, plajiyoklas, biyotit, hornblend, ±piroksen, kalsit, opak ve demir oksittir.

Anahtar Sözcükler: Karakaya Karmaşığı, Evciler granitoyiti, Çan volkanitleri, kontakt metamorfizma, skarn, Bayramiç, Çanakkale

Geological and Petrographical Investigation of Evciler Region (Çanakkale-Bayramiç)

Zafer Doygun & Yahya Özpinar

*Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,
Kınıklı Kampüsü, TR–20200 Denizli, Türkiye (E-mail: zdoygun@pau.edu.tr)*

The study area is located in Evciler village and its immediate surroundings, about 25 km southeast of Bayramiç (Çanakkale). The aim of this paper is to document basic geological and petrographical characteristics of different lithological associations exposed in the area. Detailed geological maps (1/10000 and 1/5000 scaled) were prepared and numerous thin sections were studied for petrographic purposes.

The basement is represented by Permo–Carboniferous to Lower Triassic Karakaya Complex. The complex comprises Hodul and Çal units where the latter tectonically overlies the former. These units are intruded by upper Oligocene–lower Miocene Evciler granitic pluton. Contact metamorphic zone and skarn have developed along the contacts with the Hodul and Çal units. Rhyodacitic and dacitic rocks of the Lower–Middle Miocene(?) Çan volcanics intrude the preceding units. Quaternary alluviums forms the youngest lithologic association and unconformably overlie the older units.

The Hodul unit consists of metabasalt, metadolerite and arkosic metasandstone. Fine-grained spillitic levels also occur in different horizons. Çal unit is characterized by red and purple colours and consists of red mudstone and purple spilites. Metabasic rocks of the Hodul and Çal units display microgranular-porphric, doleritic, intersertal, microlitic and hyalopilitic textures and are composed of plagioclase (labradorite), pyroxene (augite), actinolite, chlorite, epidote (pistacite), calcite, opaques and iron oxide.

Upper Oligocene–lower Miocene Evciler granitoid is dark grey in colour and contains ferromagnesian minerals. Fine-grained phaneritic texture is characteristic. The pluton is composed of granitoid, monzogranite, biotite-hornblende granite and hornblende granite. Dominant minerals are alkaline feldspars (orthoclase and microcline), plagioclase (oligoclase), quartz, hornblende, biotite, magnetite, sphene, zircon and apatite. The Evciler granitoid intrudes the metabasics of the the Hodul unit to the west of study area and the shale and splites of the Çal unit in the east. In each case, a well-developed contact metamorphic zone occurs along the Evciler granitoid body. At the contact metamorphic zone, hornfels is generally fine-grained and comprises plagioclase (oligoclase), epidote, chlorite, actinolite, quartz, calcite, iron oxide and opaque minerals.

The contact of the granitoid with the carbonates (limestone/marble) is characterized by a light to dark green coloured skarn zone where silicification is extensive. Skarn rocks are composed of garnet (andradite/grossular), pyroxene, epidote (pistacite/zoisite), quartz, actinolite/tremolite, chlorite, calcite and opaque minerals. Mineralization in the skarn zone is characterized by magnetite, sphalerite, pyrrhotine, chalcopyrite, galena, bornite, covalline, malachite and azurite.

Lower–Middle Miocene Çan volcanics consist of andesitic, trachyandesitic, rhyolitic and rhyodacitic lava and tuffs. They occur as white, yellow, red and brown in colour. Much of the tuffs and lavas are altered and silicified. The volcanic rocks display microlitic and porphric textures and consists of quartz, sanidine, plagioclase, biotite, ± hornblende, ± pyroxene, calcite, iron oxide and opaque minerals.

Key Words: Karakaya Complex, Evciler granitoid, Çan volcanics, contact metamorphism, skarn Bayramiç, Çanakkale

Balıkesir Üniversitesi Çağış Kampus Alanının Genel Jeolojik Özellikleri

Ali Kamil Yüksel ve Ali Murat Kılıç

*Balıkesir Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 10145 Çağış,
Balıkesir (E-posta: akyuksel@balikesir.edu.tr)*

Balıkesir Üniversitesi Çağış Kampus alanı ve çevresinde yapılan öncel araştırmalar, bölgenin borat, bentonit ve kaolen yataklarınca zengin oluşu nedeniyle ekonomik jeoloji çalışmaları üzerinde yoğunlaşmıştır. Bu çalışma ile ilk defa kampus alanının ayrıntılı genel jeolojik özelliklerinin ortaya konması amaçlanmıştır. Çalışma alanının dışında yer alan Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı kayaçların yerleşmesinden sonra faylanmalar ile oluşan yükselti ve çöküntü alanlarında, Miyosen birimleri karasal ve gösel ortamlarda çökelmiştir. İnceleme alanındaki Miyosen yaşlı birimler alttan üste doğru taban volkanikleri ve Bigadiç Formasyonuna ait taban kireçtaşı, alt tuf, alt borat, üst tuf ve üst borattan oluşur. İnceleme alanının güneydoğusunda küçük bir alanda yer alan taban volkanikleri andezit ve trakiandezitlerden oluşur ve kalınlığı yaklaşık 250 metredir. Bigadiç formasyonu yaklaşık 300 ile 900 metre arasında bir kalınlığa sahiptir. Bigadiç formasyonunun taban kireçtaşı, alt ve üst borat birimleri volkanizmanın durgun olduğu dönemlerde, tuf birimleri ise bölgenin volkanik açıdan aktif olduğu Miyosen döneminde oluşmuştur. Borat içeren (başlıca kolemanit ve üleksit) alt ve üst borat birimleri ve bentonit içeren tuf birimleri ekonomik öneme sahiptir. Miyosen birimlerinin üzerinde konglomera, kumtaşı ve kilaşından oluşan güncel çökeller uyumsuzlukla yer alır. Miyosen ve öncesine ait birimlerden beslenen alüvyonlar tüm birimlerin üzerini uyumsuzlukla örter.

Anahtar Sözcükler: Miyosen, stratigrafi, Bigadiç formasyonu, Balıkesir

General Geological Characteristics of Balıkesir University Çağış Campus Area

Ali Kamil Yüksel & Ali Murat Kılıç

*Balıkesir Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Çağış, TR–10145 Balıkesir, Türkiye
(E-mail: akyuksel@balikesir.edu.tr)*

The previous research in the Çağış Campus area of Balıkesir University and its surroundings concentrated on the economic geology because the area is rich in borate, bentonite and kaolinite deposits. The present paper aims to document, for the first time, the basic geological characteristics of the campus area. The study area is characterised by Miocene continental and lacustrine sediments, deposited in fault-controlled basins; they unconformably overlie the Palaeozoic and Mesozoic basement rocks. The Miocene is represented by basement volcanic rocks and overlying Bigadiç formation; the latter is composed of lower limestone, lower tuff, lower borate, upper tuff and upper borate units. Basement volcanics are composed of mainly andesite and trachyandesite in a small area at southeast of investigated area and have a thickness of approximately 250 meters. Bigadiç formation has a thickness of between approximately 300 metres and 900 metres. The lower limestone, lower and upper borate units formed when volcanism in the region was inactive; however, tuff units formed when the region was volcanically active during Miocene. Borate-bearing (mainly colemanite and ulexite) lower and upper borate units and also bentonite-bearing tuff units have economic importance. Miocene units are unconformably overlain by recent alluvials, made up of conglomerate, sandstone and claystone; Miocene and pre-Miocene units form the source areas.

Key Words: Miocene, stratigraphy, Bigadiç formation, Balıkesir