

Menderes Masifinin Pan-Afrikan Temel ve Paleozoyik – Erken Tersiyer Örtü Serilerinin Polimetamorfik Evrimi

Polymetamorphic Evolution of the Pan-African Basement and Paleozoic – Early Tertiary Cover Series

Osman CANDAN¹, O.Özcan DORA¹, Ersin KORALAY¹, Roland OBERHÄNSLI², Gaëtan RIMMELÉ³, Mete ÇETİNKAPLAN¹ ve Fukun CHEN⁴

¹Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fak. Jeoloji Müh. Böl. Tinaztepe Kampüsü, Buca-İzmir, Türkiye.

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

³Laboratoire de Géologie de l'École Normale Supérieure, C.N.R.S., U.M.R. 8538, 24 rue Lhomond, 75005 Paris, France

⁴Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, P.O. Box 9825, Beijing 100029-China

ÖZET

Batı Anadolu'da yüzlek veren Menderes Masifi ana hatlarıyla Geç Alpin sıkışma tektoniği ile biçimlenmiş karmaşık bir nap yığını yapısı sunmaktadır. Bu kristalin kompleksin litostratigrafik istifi; *1-Pan-Afrikan temel (çekirdek serisi)* ve *2-Paleozoyik – Erken Tersiyer yaşlı seri (örtü serisi)* olmak üzere iki ana üniteye ayrılmaktadır. Kalınlığı sekiz kilometreye kadar ulaşan düzenli bir seri oluşturan paragnayslar ve onları uyumlu olarak üzerleyen mika şistler Menderes Masifi'nin Pan-Afrikan temeline ait en yaşlı birimleri oluşturmaktadır (Dora ve diğ., 2002). Heterojen karakterli kratonik bir kaynak alanından türeyen bu metaklastik serinin ilksel tortullarının çökelim yaş aralığı, içerdiği en genç kırıntı zirkon yaşı ve bunları kesen granitlerin sokulum yaşlarına dayanılarak 550 – 610 My (geç Proterozoyik) olarak belirlenmiştir. Anatektik granitlerin geliştiği, yaygın migmatizasyona uğramış yüksek dereceli bu metaklastikler çok evreli metamorfizmadan etkilenmiş Prekambriyen yaşlı gabrolar ve sin - post Pan-Afrikan granitoidler tarafından kesilmektedir.

Çekirdek ve örtü birimleri arasındaki ilksel dokanak ilişkisi bölgesel bir uyumsuzluk karakterindedir (Şengör ve diğ., 1984; Konak ve diğ., 1987; Candan ve diğ., 2006). Örtü serisine ait Paleozoyik yaşlı birimler fillit, kuvarsit ve Permien yaşlı siyah mermerlerden yapılabılır olup Triyas yaşlı metagranitler (Koralay ve diğ., 2001) tarafından kesilmektedir. Mesozoyik örtü birimleri Triyas – Üst Kretase yaşlı platform türü kalın mermerlerle karakterize olmaktadır. Kırmızı pelajik mermerler ve üzerleyen filiş türü bloklu seri örtü serisinin en üst birimlerini oluşturmaktadır.

Pan-Afrikan temel içerisinde gözlenen ve granülit, eklojit ve amfibolit fasiyesi koşullarını tanımlayan kalıntı mineral toplulukları ve kayalar bu temelin çok evreli metamorfik karakterini açıkça ortaya koymaktadır. Granülit fasiyesi koşullarını tanımlayan yüksek sıcaklık metamorfizması hipersten türü ortopiroksenin varlığı ile karakterize

olmaktadır. Bu kalıntılar genelde Ödemiş – Kiraz Asması’de tanımlanmıştır (Candan 1995). Ortopiroksen içeren pelitik granülitler, ortopiroksen gnayslar, metatonalitler ve kalk-silikat kayaları Masif’te gözlenen tipik granülit fasiyesi kayalarını oluşturur. Jeotermobarometrik hesaplamalar ortalama 730 C° sıcaklık ve 6 kbar basınç koşullarını tanımlamaktadır (Dora ve diğ., 2001). Önceki yaşlandırma çalışmalarında ortopiroksen gnayslardan ayıklanan monazitlerden EMS yöntemiyle yapılan U, Th ve Pb ölçümleri geniş bir hata payı ile Pan-Afrikan yaşlı bir olayı tanımlayacak şekilde granülit fasiyesi metamorfizması için 660 +61/-63 My yaş vermiştir (Oelsner ve diğ., 1997). Granülit ve onu üzerleyen amfibolit fasiyesi metamorfizmalarını yaşlandırmak üzere zirkonlara iyon mikroprob (SHRIMP II) yöntemi uygulanmıştır. Ortopiroksen içeren pelitik granülitlerden ayıklanan zirkonların granülit fasiyesi koşullarında büyümüş, zonlanma göstermeyen dış kesimleri 583±5.7 My da kümelenen yaşlar vermiştir (Koralay ve diğ., 2006).

Menderes Masifi’nin Pan-Afrikan temeli içerisinde, üzerleyen Barrow türü orta basınç amfibolit fasiyesi koşullarında geri dönüşüme uğratılmış yaygın eklojit kalıntıları bulunmaktadır (Candan ve diğ., 1994; Oberhänsli ve diğ., 1997, Candan ve diğ., 2001). Yüksek basınç metamorfizması kalıntıları eklojit ve eklojitik metagabrolardan oluşmaktadır. Granat mika şist ve paragnayslar içerisinde merccekler ve budinlenmiş damarlar şeklinde bulunan eklojitlerin boyları 5 – 400 m arasında değişmektedir. İlksel kayaca ait kalıntı doku içermeyen, tümüyle yeniden kristalleşmiş ince taneli, masif yapıdaki bu kayalar ‘omfasit (jd₄₀₋₅₂ – granat – klinozoisit – rutil’ bileşimindedir. Eklojitik metagabrolar Prekambriyen yaşlı gabrolardan türemekte olup ilksel magmatik kayaca ait kalıntı doku ve minerallere sahiptir. Gabrodan eklojitik metagabroya dönüşüm bir koronitik geçiş evresi ile gerçekleşmekte ve ilksel magmatik fazlar artar bir şekilde granat ve omfasit tarafından replase edilmektedir. Metagabroların yüksek basınç topluluğu ‘omfasit (jd₉₋₃₆ – granat – rutil ± disten’ den oluşmaktadır.

Pan-Afrikan yüksek basınç metamorfizmasının basınç – sıcaklık koşulları, yaklaşık 50 km’ lik bir gömülmeye karşılık gelecek şekilde, 644 C° ve minimum 15 kbar olarak hesaplanmıştır (Candan ve diğ.,2001). Eklojitik metagabrolardan TIMS ile elde edilen ²⁰⁶Pb/²³⁸U zirkon yaşları, yüksek basınç metamorfizmanın Pan-Afrikan yaşlı olduğunu ortaya koyacak şekilde 529.9±22 My olarak belirlenmiştir (Oberhänsli ve diğ., 2007).

Granülit ve eklojit fasiyesi toplulukları anatektik granitlerin geliştiği, migmatizasyon aşamasına kadar ulaşan, üzerleyen Barrow türü orta basınç metamorfizması nedeniyle yaygın geri dönüşüme uğratılmıştır. Bu metamorfizma ürünü, eklojitlerden türeme granatlı

amfibolitlerin oluşum koşulları 7 kbar basınç ve 628 C° sıcaklık olarak belirlenmiştir. Paragnaysların migmatizasyonu ile ilişkili anatektik granitler ve lökokratik damarlar 551±1.4 My (Hetzl ve diğ., 1998) ve 540 My (Dannat ve Reischmann 1998) olarak yaşlandırılmıştır. Geri dönüşüme uğramış granulitlerdeki zirkonların en dış kesimlerinden U-Pb iyon Mikroprob (SHRIMP) yöntemiyle 560.0±5.6 My yaşlar elde edilmiştir. Bu yaşlar, çok evreli Pan-Afrikan metamorfizmasının son evresini tanımlayan, önceki metamorfizmalarda yaygın geri dönüşümlerin yanı sıra temelde yaygın migmatizasyona neden olan orta basınç metamorfizmasının yaşı olarak yorumlanmaktadır (Koralay ve diğ., 2006).

Ortognayslar Pan-Afrikan temelin baskın kaya türünü oluşturur. Bu kayalar ilksel mineralojik bileşim ve dokusal özelliklerine dayalı olarak turmalin içeren lökokratik metagranite, fanerokristalin metagranite (gözlü gnays), metagranit porfir ve hornblend metagranit gibi türlerine ayrılabilir (Dora ve diğ., 2006; Bozkurt ve diğ., 2006). Bu kayalardaki zirkonların Pb-Pb ve U-Pb yaşlarından 520 - 570 My arasında değişen değerler elde edilmiştir (Hetzl ve Reischmann, 1996; Loos ve Reischmann 1999, Koralay ve diğ., 2002; Dora ve diğ., 2006). Bu yaşlar gnaysların ilksel granitlerinin Pan-Afrikan orojenezi sırasında ve onu izleyen evrede sokulduklarını ortaya koymaktadır.

Pan-Afrikan temelden elde edilen tüm magmatik ve metamorfik yaşlar Gondvana süper kıtasının bütünleşmesi sürecinin son evresiyle uyum göstermektedir. Pan-Afrikan temeldeki paragnays ve şistlerin ilksel kayalarının, geç Proterozoyik'te Doğu ve Batı Gondvana arasında yer alan bir havzanın (Mozambik okyanusu) pasif kıta kenarı ortamında çökeldiği düşünülmektedir. Bu tortullar geç Proterozoyik'te, Doğu ve Batı Gondvana'nın çarpışması sırasında derin gömülmeye uğramış ve granulit, eklojit ve amfibolit fasiyesi koşullarında başkalaşıma uğramıştır. Ortognaysların ilksel kayaları olan dev boyutlu granitoidler, eş ve izleyen evrede bu metamorfik temel içerisine sokulmuşlardır.

Menderes Masifi'nin çekirdek ve örtü serileri, önceki çalışmalarda 'Ana Menderes Metamorfizması' olarak adlandırılan (Şengör ve diğ., 1984) Alpin yaşlı bir bölgesel metamorfizmadan etkilenmiştir. Bu olayın yaşı ve koşulları günümüzde hala tartışmalıdır. Son yıllara kadar, bu Alpin olayının Barrow türü orta basınç metamorfizması karakterinde olduğu ve istifin alt düzeylerinde amfibolit, üst düzeylerinde ise yeşilşist fasiyesi koşullarında gerçekleştiği genelde kabul edilmektedir. Özellikle Paleozoyik yaşlı fillitlerde granat, staurolit ve disten yaygın olarak bulunmaktadır. Alpin metamorfizması ile ilgili bazı basınç – sıcaklık hesaplamaları (8 kbar ve 530 C°, Okay 2001; 5 kbar ve 530–550 C°, Ashworth ve Evirgen 1984; maksimum 6 kbar ve 430–550 C°, Whitney ve Bozkurt 2002) bu yaygın petrografik

gözlemlerle uyumaktadır. Menderes Masifi'nin Triyas yaşlı kuvars metaçakılları içerisinde karnofit – disten topluluğunun varlığının keşfi Menderes Masifi'nin Mesozoik örtü serilerinin Alpin yaşlı bir yüksek basınç – düşük sıcaklık metamorfizmasından etkilendiğini ortaya koymaktadır (Rimmelé ve diğ., 2003). Bu topluluk, tortulların minimum 30 km derinliğe karşılık gelecek şekilde 10-12 kbar basınç ve 440 C° sıcaklık koşullarında başkalaşıma uğradığını göstermektedir. Yüksek basınç topluluklarında, eş sıcaklıkta basınç düşmesi koşullarındaki bir evrimi tanımlayan geri dönüşüm dokuları gelişmiştir. Günümüze değin gerek Paleozoyik örtü gerekse Pan-Afrikan temel içerisinde Alpin yaşlı bir YB / DS metamorfizmasının etkilerine yönelik herhangi bir bulgu saptanmamıştır. Dolayısıyla Alpin yaşlı YB / DS metamorfizması ile çok yaygın bir şekilde gözlenen Barrow türü orta basınç metamorfizması arasındaki ilişki henüz netlik kazanmamıştır.

Masif'in örtü serisinin en üst düzeyinde yer alan fliş türü bloklu birimden elde edilen fosil bulguları tortullaşmanın Erken Tersiyere kadar devam ettiğini göstermektedir. Öte yandan Masif üzerindeki metamorfik olmayan en yaşlı tortul örtü birimlerinin Erken Miyosen yaşlı olması, Alpin yaşlı metamorfizmayı biyostratigrafik olarak Erken Paleosen (Özer 1998) veya Erken Eosen (Konak ve diğ., 1987) – Erken Miyosen aralığına sıkıştırmaktadır. Alpin metamorfizmasına yönelik az sayıdaki izotop verisi söz konusu zaman aralığı ile uyum göstermektedir. Beyaz mikalardaki Rb/Sr analizleri 63 – 48 My arasında saçılan, ortalama 56 ± 1 My (Geç Paleosen) yaşlar vermiştir. Bu yaşlar Alpin metamorfizmasını ifade eden kristalizasyon yaşları olarak yorumlanmaktadır. Biyotitlerden elde edilen 37 ± 1 My'lık (Geç Eosen) Rb/Sr değerleri ise soğuma yaşları olarak kabul edilmektedir (Satır ve Friedrichsen 1986). Mikalardan elde edilen yeni Rb/Sr ve Ar/Ar yaşları eski verilerle uyum göstermektedir. 62 – 43 My (Paleosen – Erken Eosen) arasında değişen Rb/Sr mika yaşlarının Barrow türü Alpin metamorfizmasının hemen izleyen evresini, 36 ± 2 My'lık (Orta Eosen) Ar/Ar yaşlarının ise soğuma sürecini tanımladığı kabul edilmektedir (Bozkurt ve Satır 2000). Benzer şekilde, 43 – 37 My arasında değişen Ar/Ar muskovit yaşları Eosen'de gerçekleşen soğuma yaşları olarak yorumlanmaktadır (Hetzl ve Reischmann 1996).

Anatolitlere ait tektonik zonların Alpin metamorfizmaları, ana hatlarıyla Neotetis Okyanusu'nun kuzey kolunun kapanması ve Paleojen'deki çarpışma ile ilişkilendirilmektedir. Bu model içerisinde, Menderes Masifi'nin Alpin yaşlı metamorfizması, yitim ve izleyen evrede Anatolid – Torid platformunun Menderes Masifi'ne karşılık gelen kesiminin güneye geçmekte olan Likya naplarının yükü altına gömülmesi ve iç dilimlenmesi ile ilişkilendirilebilir (Şengör ve diğ., 1984).

ABSTRACT

Menderes Massif, which is exposed in the Western Anatolia, can be described as a complex nappe pile mostly modified by the Late Alpine contractional deformation. The lithostratigraphic succession of this crystalline complex can be divided into two units: 1-Pan-African basement (core series) and 2-Paleozoic – Early Tertiary metasedimentary rocks (cover series). The Pan-African basement of the Menderes Massif is made up of a Late Proterozoic metaclastic sequence consisting of paragneisses and conformably overlying micaschists (Dora et al., 2002). This high-grade metaclastic sequence was extensively migmatized with anatectic granite generation and was intruded by the poly-metamorphic Precambrian gabbros and syn- to post-Pan-African granitoids.

The primary contact relationship between core and cover series is a major unconformity (Şengör et al., 1984; Konak et al., 1987; Candan et al., 2006). The Paleozoic units of the cover series which are intruded by Triassic metagranites (Koralay et al., 2001) consist of phyllites, quartzites and Permian black marbles. The Mesozoic units of the cover are dominated by Triassic to Upper Cretaceous platform-type thick marbles. Reddish pelagic carbonates and overlying flysch-type blocky unit form the uppermost units of the cover series.

Relic mineral assemblages and rocks reveal the complex polyphase metamorphic evolution of the Pan-African Basement under granulite, eclogite and amphibolite-facies conditions. High-temperature metamorphism under granulite-facies conditions is mainly recognized in the Ödemiş – Kiraz Submassif (Candan 1995) and is characterized by the presence of hyperstene. Orthopyroxene-bearing pelitic granulites, orthopyroxene gneisses, metatonalite and calc-silicate rocks form typical granulite-facies rocks. The geothermobarometric estimations give an average temperature of 730 °C and pressure of 6 kbar for granulite-facies metamorphism (Dora et al., 2001). In the previous age determinations, monazite ages based on U, Th and Pb concentrations measured by EMS from orthopyroxene gneisses yielded a Pan-African age of 660 +61/-63 Ma for granulite-facies metamorphism (Oelsner et al., 1997). Zircon ion microprobe geochronology (SHRIMP II) was applied to provide timing constraints on the granulite and overprinting amphibolite-facies metamorphism. In orthopyroxene-bearing pelitic granulites, U-Pb ion microprobe (SHRIMP II) analyses of unzoned overgrowths of zircons yield data clustered at 583±5.7 Ma which is interpreted to represent the timing of new zircon growth during granulite-facies metamorphism (Koralay et al., 2006).

Relics of eclogites overprinted by regional Barrovian-type, amphibolite-facies metamorphism have been documented in the Pan-African Basement of the Menderes Massif (Candan et al., 1994, 2001; Oberhänsli et al., 1997). The high-pressure relics can be divided into two groups: eclogite and eclogitic metagabbro. The eclogites occur in garnet-micaschists and paragneisses as pods and boudinaged layers ranging from 5 m to 400 m in dimension. The mineral composition of these completely recrystallized massive, medium-to fine-grained rocks, is composed of “omphacite (jd₄₀₋₅₂ - garnet – clinozoisite – rutile”. The eclogitic metagabbros are derived from Precambrian gabbros and

characterized by the relic igneous texture and phases. The transition from gabbro to eclogitic metagabbro, with a transitional coronite stage, involves a gradual increase of garnet and omphacite at the expense of igneous phases. The high-pressure assemblage of the metagabbros is “omphacite (jd_{9-36} – garnet- rutile \pm kyanite”. The P-T conditions of the Pan-African high-pressure metamorphism are estimated to be 644 °C with a minimum pressure of about 15 kbar which corresponds to a burial depth of about 50 km (Candan et al., 2001). $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ ages of zircons from eclogitic metagabbro obtained by TIMS yield 529.9 ± 22 Ma, revealing the Pan-African age of high pressure metamorphism (Oberhänsli et al., 2007).

The granulite and eclogite-facies assemblages are mostly retrograded by the Barrovian-type overprint reaching up to migmatization with widespread anatectic granite generation. P-T conditions of garnet amphibolites which were derived from completely retrograded eclogites by the Barrovian-type overprint are estimated as 7 kbar and 628 °C respectively. Anatectic granite and leucocratic dikes generated by migmatization of paragneisses were dated at 551 ± 1.4 Ma by Hetzel et al., (1998) and ca. 540 Ma by Dannat and Reischmann (1998), respectively. U-Pb ion microprobe (SHRIMP II) analyses of planar zoned zircon overgrowths from overprinted granulites give an age of 560.0 ± 5.6 Ma which is attributed to the amphibolite-facies overprint causing partial melting and migmatization in the basement during the last stage of the poly-phase Pan-African metamorphism (Koralay et al., 2006).

Orthogneisses are one of the most dominant rock types of the Pan-African basement. In terms of their mineralogical compositions and primary textures, different type of orthogneisses, tourmaline-bearing leucocratic metagranite, phanocrystalline metagranite (augen gneiss), metagranite porphyry and hornblende metagranite, are recognized in the Menderes Massif (Dora et al., 2006; Bozkurt et al., 2006). Pb-Pb and U-Pb ages of zircons range from 520 to 570 Ma indicating that they are syn- to post-metamorphic intrusions with respect to the Pan-African event (Hetzel and Reischmann, 1996; Loos and Reischmann 1999, Koralay et al., 2002; Dora et al., 2006).

All the magmatic and metamorphic ages obtained from Pan-African basement coincide with latest stages of the assembly of the Gondwanaland super continent. The protoliths of the paragneiss and schist of the Pan-African basement were deposited on the passive continental margin of a basin (Mozambique ocean) occurring between East and West Gondwanaland during the Late Proterozoic time. These sediments were deeply buried and metamorphosed under granulite, eclogite and amphibolite-facies conditions during the Pan-African event which is probably related to the collision of East and West Gondwanaland. In the subsequent stage, the metasediments were intruded by huge syn- to post-metamorphic granitoids, the precursor rocks of the orthogneisses.

Both the core and cover series of the Menderes Massif were affected by a regional Alpine metamorphism termed in the previous studies as the ‘Main Menderes Metamorphism’ by Şengör et al., (1984). The age and conditions of this event are controversial. Until the recent years, it has been generally accepted that this Alpine event is a Barrovian-type medium pressure metamorphism reached

amphibolite-facies conditions in the lower parts of the sequence and greenschist-facies conditions in the uppermost parts of the cover series. Garnet, staurolite and kyanite are documented in Paleozoic phyllites. P-T estimations (8 kbar and 530 °C, Okay 2001; 5 kbar and 530–550 °C, Ashworth and Evirgen 1984; 6 kbar maximum and 430–550 °C, Whitney and Bozkurt 2002) are consistent with petrographic data. Discovery of carpholite – kyanite assemblages within the Triassic metaconglomerates of the Menderes Massif suggest that a HP-LT metamorphic event affected the Mesozoic cover series of the Massif during its Alpine history (Rimmelé et al., 2003). The metasedimentary rocks were buried under minimum P-T conditions of about 10–12 kbar and 440 °C corresponding to minimum depth of 30 km. The retrogression of HP parageneses follows an isothermal decompression path. Until today, evidence for an Alpine HP–LT metamorphism has been described neither in the Pan-African basement nor in the Paleozoic phyllite - schist sequence of the Menderes Massif. Therefore, the relationship between the HP–LT metamorphic imprint and the commonly considered Barrovian-type medium-pressure metamorphism is still questionable.

The fossil evidence from the flysch type blocky unit occurring at the uppermost level of the cover series indicate that the sedimentation continued up to Early Tertiary (Özer 1998, Middle Paleocene; Konak et al., 1987, Early Eocene). The age of the oldest unmetamorphosed sedimentary cover is Lower Miocene and therefore biostratigraphic evidence marks a time span between Middle Paleocene (Özer 1998) or Early Eocene (Konak et al., 1987) and Early Miocene for Alpine metamorphism. The isotopic data are in agreement with biostratigraphic and tectonic evidence. Rb/Sr analyses on white mica yield a spread of ages between 63 and 48 Ma (56 ± 1 Ma; Late Paleocene, on average which is interpreted as crystallization age reflecting Alpine metamorphism). Biotites yield an average Rb/Sr age of 37 ± 1 Ma (Late Eocene) as Alpine cooling ages (Satır and Friedrichsen, 1986). New Rb/Sr and Ar/Ar age determinations on mica are consistent with the previous data. Rb/Sr ages (c. 62–43 Ma; Paleocene – Early Eocene) closely post-date the time of Barrovian-type metamorphism and Ar/Ar data yield 36 ± 2 Ma (Middle Eocene) for the subsequent cooling (Bozkurt and Satır, 2000). Ar/Ar muscovite ages of 43–37 Ma are interpreted as cooling age occurred in the Eocene (Hetzl and Reischmann 1996).

The Alpine metamorphism of the tectonic zones of Anatolides is interpreted as the result of the Palaeogene collision across the northern branch of Neotethys. In this tectonic model, the Alpine metamorphism of the Menderes Massif can be attributed to subduction and consequent internal imbrication of the Menderes segment of the Anatolide–Tauride platform under the southward-advancing Lycian Nappes (Şengör et al., 1984).

DEĞİNİLEN BELGELER / REFERENCES

- Ashworth ve Evirgen 1984, Geol Mag. 121, 323-337
- Bozkurt and Satır, 2000, Geol Journal, 35, 285-296.
- Bozkurt et al., 2006 Geodinamica acta 19/5, 363-390
- Candan., 1995, Tr. J. of Earth Sciences, 4,35-55.
- Candan et al.,1994, Göttingen Abr. Geol. Paläont. Sb.1 5.Symposium TSK, 217-220.
- Candan et al., 2001, International Journal of Earth Science (Geologische Rundschau), 89, 4, 793-811
- Candan et al., 2006, 59. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri özleri, Ankara, s 25-27
- Dannat C and Reischmann T 1998, Program des workshops Das Menderes Massiv (Turkei) und seine Nachbargebiete, Mainz-Germany.
- Dora et al., 2002, YDABÇAG - 554 nolu TÜBİTAK projesi, 165s.
- Dora et al., 2006, YDABÇAG – 101 Y 132 nolu TÜBİTAK projesi, 197s.
- Dürr., 1975, Habilitation thesis University of Marburg pp 1-107
- Hetzel, R and Reischmann, T., 1996, Geol Mag 133(5): 565 - 572
- Hetzel et al., 1998, Geol. Rundschau, 87, 394-406.
- Konak et al., 1987, I.G.C.P. project no:5, Correlation of Variscan and pre-Variscan events of the Alpine Mediterranean mountain belt, field meeting, Min Research and Expl Inst Turkey, 42-53.
- Koralay et al., 2001, Int J Earth Sciences, 89, 822-835.
- Koralay et al., 2002, 1st.International Symposium of faculty of mines (İTÜ) on Earth Sciences and Engineering. Abstracts p.105.
- Koralay et al., 2003, 56. Türkiye Jeoloji Kurultayı, s.64-65
- Koralay et al., 2006, 59. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri özleri, Ankara, s28-29
- Loos, S and Reischmann, T., 1999, J. Geol. Soc. London.
- Oberhänsli et al., 1997, Lithos, 41, 135-150.
- Oelsner., 1997, Terra Nostra, 87. Jahrestagung der Geologischen Vereinigung e.V., Fundamental geologic processes,
- Okay., 2001, Int. J. Earth Sciences, 89, 709-727.
- Özer., 1998. Geobios, 22, 235-249.
- Rimmele et al., 2003, Lithos, 71, 19-46.
- Satır, M and Friedrichsen, H., 1986, Geol. Rundschau, 75/3, 703-714.
- Şengör et al., 1984, Tectonics, 3, 7, 693-707
- Whitney D.L and Bozkurt, E. 2002, GSA Bulletin, 114-7, 829-838.