

MENDERES MASİFİ'NDEKİ PAN-AFRİKAN VE TRIYAS YAŞLI METAGRANİTOYİTLERİN JEOLJİSİ VE JEOKRONOLOJİSİ, BATI ANADOLU, TÜRKİYE

O. Ersin KORALAY*, Osman CANDAN*, Cüneyt AKAL*, O. Özcan DORA*, Fukun CHEN**, Muharrem SATIR*** ve Roland OBERHÄNSLI****

ÖZ.- Menderes Masifi (MM), Türkiye'nin batısında Alpin Orojenik Kuşağı içerisinde geniş alanda yüzeyleyen metamorfik bir komplekstir. Masif ana olarak, Prekambriyen yaşlı bir temel ve onu üzerleyen Paleozoyik-Erken Tersiyer yaşlı örtü serilerinden yapıldır. Temel, kısmi migmatitleşme sunan paragnays ve yüksek dereceli mika şistlerden oluşan Geç Proterozoyik yaşlı metaklastikler, bunlar içine sokulum yapmış sin-/post-tektonik Pan-Afrikan ortognayslar ve kısmen eklojitleşmiş metagabrolardan oluşmaktadır. Temeli uyumsuz olarak üzerleyen örtü serileri ise Paleozoyik ve Mesozoyik-Erken Tersiyer yaşlı iki üniteden meydana gelmektedir. Temel ve örtü serileri Tersiyer'de etkin bir Alpin deformasyon ve bölgesel metamorfizmadan etkilenmiştir. Jeolojik ve jeokronolojik veriler Menderes Masifi'nde, (i) Pan-Afrikan, (ii) Triyas ve (iii) Miyosen yaşlı üç asidik magmatik aktivitenin varlığını göstermektedir. Pan-Afrikan ortognaysların ilksel kayalarını oluşturan asidik magmatikler dokusal ve mineralojik bileşimlerine göre; 1-Biyotit ortognays, 2-Turmalin lökokratik ortognays ve 3-Amfibol ortognays olmak üzere üç ana türe ayrılabilir. Söz konusu ortognaysların ilksel granitleri birbirleriyle ve çevre kayaları oluşturan Geç Proterozoyik yaşlı metaklastiklerle belirgin intruzif dokanak ilişkileri sunmaktadır. Dokanak ilişkileri, bu ortognays türlerinin göreceli yaş ilişkilerine göre, yaşlıdan gence doğru 'biyotit ortognayslar, turmalin lökokratik ortognayslar ve amfibol ortognayslar' olarak sıralanabileceğini göstermektedir. Önceki çalışmalarda yaşlandırılan örneklerin tanımlanmasından kaynaklanan bazı problemler olmasına karşın radyometrik yaş verilerinin ana hatlarıyla bu göreceli ilişkiyle uyum gösterdiği (biyotit ortognays: 550-570 My; turmalin lökokratik ortognays: 541-547 My ve amfibol ortognays: 531 My) görülmektedir. Bu radyometrik veriler, Masifteki farklı ortognays türlerinin Geç Proterozoyik-Erken Kambriyen yaşlı aynı bir asidik magmatik aktivitenin ayrılaşma ürünleri olduklarını göstermektedir. Erken Kambriyen'de Masif'in paleocoğrafik konumu, temel serilerinin metamorfik evrimi ile asidik magmatizma arasındaki yakın zamansal ilişki, ortognaysların jeokimyasal karakterleri birlikte değerlendirildiğinde, Menderes Masifi'ndeki ortalama 550 My yaşlı asidik magmatik aktivitenin Pan-Afrikan orojenezi ile ilişkili olarak Mozambik Okyanusu'nun kapanması, Doğu-Batı Gondvana'nın çarpışması, kabuk kalınlaşması ve bunun sonucu alt kabukta gerçekleşen kısmi ergime süreci ile ilişkilendirilebileceği sonucuna varılmaktadır. Triyas yaşlı lökokratik ortognayslar Menderes Masifi'ndeki ikinci etkin asidik magmatik aktiviteyi oluşturmaktadır. Boyutları 6-7 km ye ulaşan plutonlar şeklinde bulunan lökokratik ortognayslar, Ödemiş-Kiraz Asması ve Demirci-Gördes Asması'nda yüzlek vermektedir. Bunlar, temel serilerine ait Geç Proterozoyik yaşlı metakirintlileri ve örtü serilerinin Geç Paleozoyik yaşlı metasedimentleri ile iyi korunmuş intrüzif dokanak ilişkileri sunmaktadır. Jeokimyasal özellikleri, lökokratik ortognaysların ilksel kayalarının tipik kalk-alkalin karakterli, S-tipi granitler olduğunu ortaya koymaktadır. Tek zirkon Pb/Pb evaporasyon yöntemine dayalı jeokronolojik çalışmalarda bu kayalardan 227-246 My arasında değişen yaşlar elde edilmiştir. Bu yaşlar, ortognaysların ilksel granitlerinin Orta Triyas'taki yerleşim yaşı olarak yorumlanmaktadır. Masif'in yanı sıra Anadolu'ya ait tektonik zonlar, Karaburun Yarımadası, Kikladlar ve iç Hellenidler'de Erken-Orta Triyas yaşlı magmatik aktivitenin yaygın varlığı bilinmektedir. Triyas yaşlı magmatik aktivitelerin bölgesel karakteri göz önüne alındığında, Menderes Masifi'ndeki bu lökokratik ortognaysların söz konusu magmatiklerle jenetik bir ilişkiye sahip olduğu ve bu kapsamda Neotetis Okyanusu'nun açılmasıyla ilişkilendirilebileceği düşünülmektedir.

Anahtar kelimeler: Menderes Masifi, Pan-Afrikan, Kadomiyen, Triyas, magmatizma, jeokronoloji

* Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Tınaztepe Yerleşkesi 35160 Buca / İzmir-Türkiye (e-posta: ersin.koralay@deu.edu.tr)

** University of Science and Technology of China, School of Earth and Space Sciences, Hefei, Anhui Province, 230026, China

*** Eberhard-Karls-Universität Tübingen, Institut für Mineralogie, Petrologie und Geochemie Lehrstuhl für Geochemie, Wilhelmstraße 56, 72074 Tübingen, Germany

**** Institut für Erd- und Umweltwissenschaften, Universität Potsdam, Karl Liebknecht Str. 24, Potsdam 14476, Germany.

ABSTRACT.- The Menders Massif is a metamorphic complex cropping out on a large region in the Alpine orogenic belt in Western Anatolia. The massif mainly, is made up of a Precambrian basement and the overlying Palaeozoic-Early Tertiary cover series. The basement comprises Late Proterozoic metaclastics composed of paragneiss and high grade micaschists, syn to post tectonical Pan African orthogneisses that have intruded into them, and metagabbros which have partly turned into eclogitic form. Cover series unconformably overlying the basement are divided into two units, in Palaeozoic and Mesozoic-Early Tertiary ages. The basement and cover series were influenced by an effective Alpine contractional deformation and a regional metamorphism in Tertiary time. Geological and geochronological data in the Menderes Massif, indicate the presence of three acidic magmatic activities of i) Pan African, ii) Triassic and iii) Miocene in ages. The acidic magmatics forming the protoliths of Pan African orthogneisses can be divided into three main types according to their textural and mineralogical compositions as; 1) Biotite orthogneiss, 2) Tourmaline leucocratic orthogneiss and 3) Amphibole orthogneiss. The relations of primary granites of these orthogneisses present a clear intrusive contact relationship among them and with the metaclastics of late Proterozoic age. The contact relationships show that these orthogneiss types can be ordered as biotite orthogneisses, tourmaline leucocratic orthogneisses and amphibole orthogneisses ranging from old to young, with respect to relative aging. Although there has been some problems originating from the definition of samples dated in previous studies, it is noted that radiometric data mainly show a consistency with this relative relationship (biotite orthogneiss: 550-570 Ma; tourmaline leucocratic orthogneiss: 541-547 Ma and amphibole orthogneiss: 531 Ma). These radiometric data indicate that different orthogneiss types in the Massif are differentiated products of the same Late Proterozoic - Early Cambrian acidic magmatic activity. When the paleogeographical position of the Massif in Early Cambrian and the close temporal relation of the metamorphic stage of cover series and the acidic magmatism are assessed with the geochemical character of orthogneisses, this widespread magmatic activity with an average age of about 550 Ma which is related to the Pan-African orogenesis can be attributed to processes of closure of the Mozambique Ocean, collision of East and West Gondwanaland, crustal thickening and partial melting of the lower crust. Triassic leucocratic orthogneisses constitutes the second effective acidic magmatic activity in the Menderes Masif with dimensions of 6-7 km. These plutonic leucocratic oithogneisses in 6-7 km dimensions are exposed in Ödemiş-Kiraz and Demirci-Gördes submassifs. They show well-preserved intrusive contact relationships with Late Proterozoic metaclastics of the Pan-African basement and with metasediments of Late Palaeozoic cover series. Geochemical data show that protoliths of leucocratic orthogneisses are in calc alkaline and S type in character. Based on single zircon Pb/Pb evaporation method, these were radiometrically dated as ranging from 227 to 246 Ma. These ages are interpreted as the age of emplacement of protoliths of orthogneisses in Middle Triassic. The existence of Early-Middle Triassic magmatic activity is widely known not only in the Massif but also at tectonical zones belonging to Anatolides, at Karaburun peninsula, in Cyclades and at inner Hellenides. When the regional character of Triassic magmatic activities is considered, it is suggested that there is a close genetical relationship between these leucocratic orthogneisses and Triassic magmatics. It is also considered that it can be attributed to the opening of Neothethys Ocean.

Key words: Menderes Massif, Pan-African, Cadomian, Triassic, magmatism, geochronology.

GİRİŞ

Alpin sıkışma tektoniği ürünü kuvvetli içsel ekaylanmalar sunan, KD-GB uzanımlı, Menderes Masifi, Batı Anadolu'nun jeolojik evriminde büyük öneme sahiptir. Menderes Masifi, batı ve kuzeybatıda Bornova Filiş Zonu'nu da içeren İzmir-Ankara Zonu ve Kikladik Komplek'sin Türkiye'deki uzantısı, kuzeyde yüksek basınç / düşük sıcaklık metapelit ve metakarbonatları içeren Afyon Zonu ve güneyde yüksek basınç metasedimentleri ve kalın ofiyolit dilimlerden ya-

pılı Likya Napları tarafından tektonik olarak (Şekil 1) üzerlenmektedir (Şengör ve Yılmaz, 1981; Okay, 1984; Dora ve diğerleri, 1995). Önceki çalışmalarda Menderes Masifi'nin Ege Denizi'ndeki Kikladik Masifi'nin doğu uzantısı olduğu görüşü genelde kabul edilmektedir (Dürr ve diğerleri, 1978; Jacobshagen, 1986; Candan ve Dora, 1998). Bununla beraber son yıllarda gerçekleştirilen çalışmalarda, boyut ve yayılımı konusunda fikir farklılıkları olmasına karşın Kikladlar'ın Batı Anadolu'da tektonik bir dilim olarak yüzeylediği



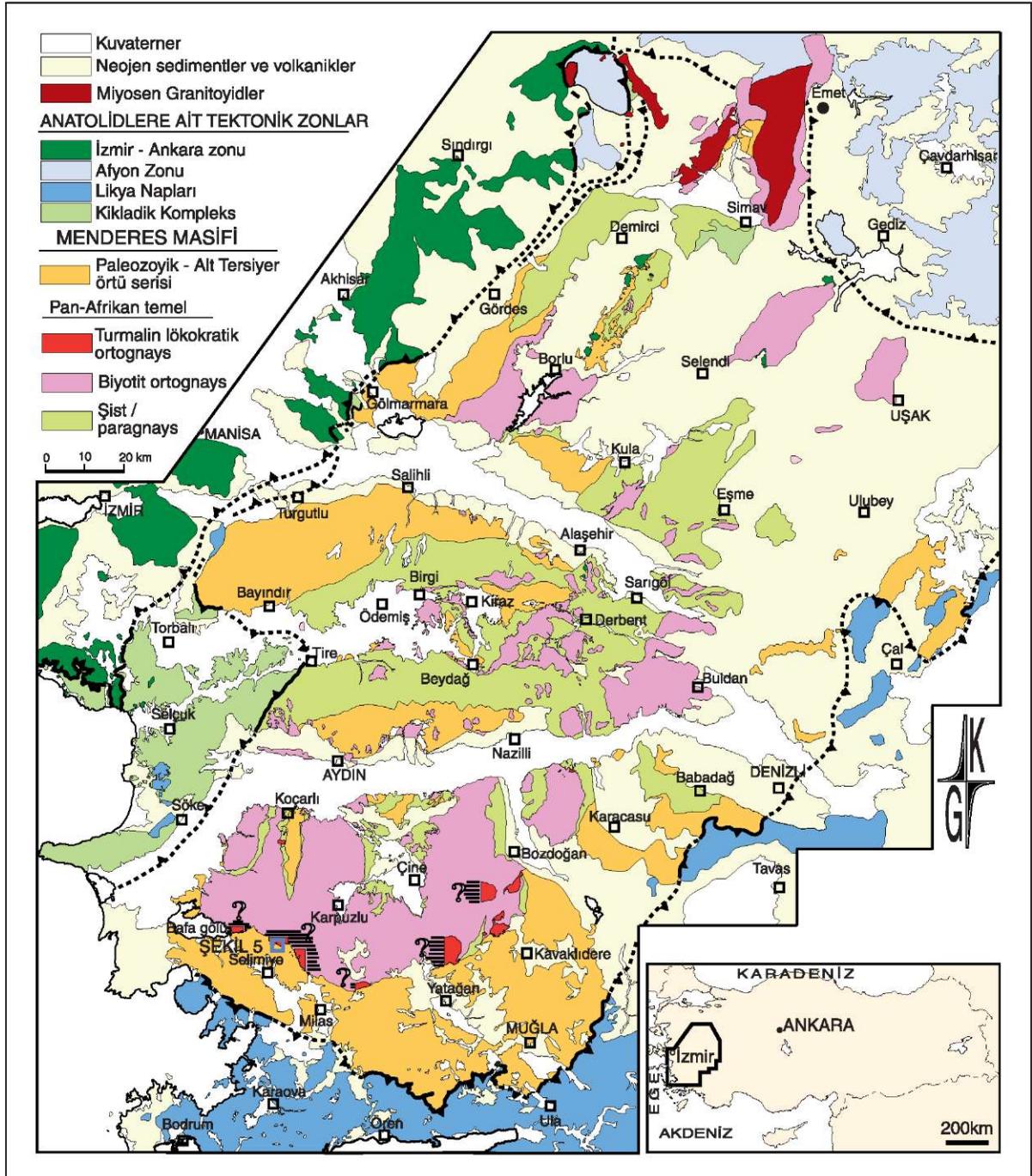
Şekil 1- Batı Anadolu'nun genelleştirilmiş tektonik haritası ve Menderes Masifi'ni çevreleyen tektonik zonlar (Okay ve diğerleri 1996'dan değiştirilmiştir).

ve bunun Menderes Masifi'nden belirgin farklılıklar sunduğu görüşü ileri sürülmektedir (Candan ve diğerleri, 1997; Ring ve diğerleri, 1999; Gessner ve diğerleri, 2001; Okay, 2001).

Menderes Masifi ana olarak, i) Pan-Afrikan yaşlı temel ve ii) Paleozoyik - Erken Tersiyer yaşlı örtü serileri olmak üzere (Şekil 2) iki ana kaya topluluğuna ayrılmaktadır (Dora ve diğerleri, 1995). Pan-Afrikan yaşlı temel baskın olarak, ilksel kayaların çökme yaşı Geç Proterozoyik (Koralay ve diğerleri, 2003) olan kırıntılı metasedimentlerden oluşmaktadır. Örtü serileri ise kendi içerisinde Paleozoyik ve Mesozoyik-Alt Tersiyer kayaları olmak üzere iki alt gruba ayrılmaktadır. Paleozoyik serileri baskın olarak kuvarsit, fillit ve mermerlerden yapıldır (Çağlayan ve diğerleri, 1980; Konak ve diğerleri, 1987). Mesozoyik-Erken Tersiyer yaşlı seriler ise alt düzeylerinde metakonglomera düzeyli şist ile başlamakta ve bir

geçiş zoneuyla zımpara mercekleri içeren platform türü kalın metakarbonatlara geçmektedir. Karbonatlar pelajik mermer tarafından üzerlenmekte ve istif metaolistostromla sonlanmaktadır (Dürr, 1975; Konak ve diğerleri, 1987; Dora ve diğerleri, 1995; Özer ve diğerleri, 2001).

Kısmen migmatitleşme sunan paragnays ve mika şistlerden yapılmış metakırıntılı seri Menderes Masifi'nin Pan-Afrikan temelinin en yaşlı birimlerini oluşturur. Geç Proterozoyik yaşlı bu kayalar Prekambriyen-Kambriyen'de Pan-Afrikan orojenezi ile ilişkili granolit, eklojit ve amfibolit fasiyesi koşullarında çoklu metamorfizmadan etkilenmişlerdir (Dora ve diğerleri, 1995, Oberhänsli ve diğerleri, 1997; Candan ve Dora, 1998; Candan ve diğerleri, 1994, 2001, 2007). Temel serileri Pan-Afrikan Orojenezi ile ilişkili yaygın asidik / bazik magmatikler tarafından kesilmektedir (Hetzl ve Reischmann, 1996; Loos ve



Şekil 2- Menderes Masifi'nde Pan-African yaşlı asidik metamagmatiklerin (ortognays) genel dağılımı. Turmalin lökokratik ortognays kütlelerinin çevresindeki yatay çizgili alanlar kısmen haritalanmış bu sokulumların olası uzanımlarını ifade etmektedir (Candan ve Dora 1998'den sadeleştirilmiştir).

Reischmann, 1999; Koralay ve diğerleri, 2004; Candan, 1996). Bu görüşlerin aksine, son yıllarda özellikle Çine Asması'nın güneyinde yapılan tektonik ile ilgili çalışmalarda, temele ait en tipik kayalar olan ve jeokronolojik çalışmalarla Pan-Afrikan yaşlı olduğu yönünde yaygın veriler elde edilen asidik magmatiklerin (ortognayslar) i) Geç Kretase (Erdoğan ve Güngör, 2004) veya ii) Erken Tersiyer (Bozkurt ve diğerleri, 1995) yaşlı sokulumlar oldukları yönünde görüşler ileri sürülmektedir. Jeokronolojik veriler, Pan-Afrikan ortognaysların ilksel kayalarını oluşturan ana asidik magmatik aktivite fazının 550 My da yaygınlık gösterecek şekilde 520-570 My arasında (Geç Proterozoyik-Kambriyen) gerçekleştiğini göstermektedir (Hetzl ve Reischmann, 1996; Loos ve Reischmann, 1999; Dannat, 1997; Hetzel ve diğerleri, 1998; Gessner ve diğerleri, 2001, 2004; Koralay ve diğerleri, 2004).

Menderes Masifi'nde gözlenen ikinci en yaygın magmatizmayı Triyas yaşlı lökokratik ortognayslar oluşturmaktadır. Ödemiş-Kiraz Asması'nda doğusunda Alaşehir güneyinde, Aydın/Köşk doğusunda ve Demirci-Gördes Asması'nın güneydoğusunda Kula'nın güneyinde KKD yönlü lökokratik ortognays kütleleri Prekambriyen yaşlı temel serilerini ve Permo-Karbonifer yaşlı birimleri intrüzif dokanaklarla kesmektedirler (Akkök, 1983; Candan, 1994, Koralay ve diğerleri, 2001). Bunlardan tek zirkon Pb/Pb evaporasyon yöntemiyle 230-245 My (Erken-Orta Triyas) yaşlar elde edilmiştir (Dannat, 1997; Dannat ve Reischmann, 1998; Koralay ve diğerleri, 2001). Koralay ve diğerleri (2001), bu granitlerin Paleo-Tetis'in kapanmasıyla ilişkili Erken Kimmeriyen metamorfizmasını izleyen evrede sokulum yaptıklarını önermektedir. Metamorfik olmayan, 12-25 My yaşlı granit ve kersantitler ise Masifi'teki üçüncü magmatik aktiviteyi temsil etmektedir (Öztunalı, 1973; Bingöl ve diğerleri, 1982; Reischmann ve diğerleri, 1991; Hetzel ve diğerleri, 1995; Delaloye ve Bingöl, 2000; Işık ve Tekeli, 2001; Işık ve diğerleri, 2004; Lipps ve diğerleri, 2001; Catlos ve Çemen, 2005; Thompson ve Ring, 2006; Glodny ve Hetzel, 2007).

Son 10 yılda yayınlanan çalışmalarda, özellikle Triyas yaşlı sokulumlar dışında kalan ortognaysların sokulum yaşları konusunda jeokronolojik veriler ve arazi ilişkileri / kinematik verilere dayalı yorumların birbirleriyle çeliştikleri görülmektedir. Bu probleme yönelik mevcut verilerin toplu olarak sunulması ve bunların jeolojik verilerle ilişkilendirilmesinin gelecekteki çalışmalara ışık tutacağı düşünülmektedir. Bu düşünceyle hazırlanan bu makale, i) Çekirdek serisi içerisinde bulunan ortognaysların Menderes Masifi'ndeki dağılımları ile jeolojik / petrografik özelliklerini, ii) Bu ortognayslardan elde edilen jeokronolojik yaşlar ve bunların jeolojik verilerle ilişkilendirilmesini, iii) Triyas yaşlı lökokratik ortognaysların Menderes Masifi'ndeki dağılımları ve bunların jeolojik / petrografik özelliklerini ve iv) Triyas yaşlı lökokratik ortognayslardan elde edilen jeokronolojik yaşları ve olası tektonik ortamlarını sunmayı ve bu konulardaki farklı görüşleri tartışmayı amaçlamıştır.

MENDERES MASİFİ'NDEKİ ASİDİK MAGMATİZMA

Yukarıda kısaca değinildiği gibi jeolojik ve jeokronolojik veriler Menderes Masifi'nde üç ayrı yaşta asidik magmatik aktivitenin varlığını ortaya koymaktadır. Bunlar; i) Pan-Afrikan (Geç Proterozoyik / Kambriyen), ii) Triyas ve iii) Tersiyer yaşlı kayalardır. Pan-Afrikan yaşlı asidik magmatizmayı oluşturan ortognayslar Menderes Masifi'nin çekirdek serisi içerisinde son derece yaygın olarak gözlenmekte ve bu temelin en karakteristik kaya türünü oluşturmaktadır (Hetzl ve Reischman, 1996; Dannat, 1997; Hetzel ve diğerleri, 1998; Loos ve Reischman, 1999; Gessner ve diğerleri, 2001; Koralay, 2001; Gessner ve diğerleri, 2004; Koralay ve diğerleri, 2004). Triyas yaşlı lökokratik ortognaysların granitik ilksel kayaları ise Masifi'teki ikinci ana magmatik aktiviteyi oluşturmaktadır (Dannat, 1997; Koralay, 2001; Koralay ve diğerleri, 2001). Miyosen yaşlı üçüncü grup ise post-metamorfik karakterli sokulumlar olup Masifi'nin orta ve kuzey kesimlerinde ve Masifi'nin kuzeyinde Tavşanlı

Zonu ve Sakarya Zonu içerisinde gözlenmektedir (Öztunalı, 1973; Bingöl ve diğerleri, 1982; Reischmann ve diğerleri, 1991; Hetzel ve diğerleri, 1995; Delaloye ve Bingöl, 2000; Işık ve Tekeli, 2001; Işık ve diğerleri, 2004; Lipps ve diğerleri, 2001; Catlos ve Çemen, 2005; Thompson ve Ring, 2006; Glodny ve Hetzel, 2007). Bu granitlerin Menderes Masifi ile sınırlanmaması ve jenetik olarak kuzeybatı Anadolu'nun genel evrimi ile ilişkilendiriliyor olmaları nedeniyle bu makalenin konusu dışında kalmaktadır. Pan-Afrikan ve Triyas yaşlı asidik metamagmatiklerin genel jeolojik / petrografik özellikleri aşağıda verilmektedir.

PAN AFRİKAN MAGMATİZMASI

PAN-AFRİKAN MAGMATİZMASININ MENDERES MASIFI'NDEKİ DAĞILIMI

Menderes Masifi'nde son yıllarda yapılan çalışmalarda, bu kristalen temelin tektonik yapısının Prekambriyen ve Alpin yaşlı deformasyonlarla şekillendiği ve karmaşık bir iç yapı sunduğu anlaşılmıştır. Yapılan çalışmalarda, Pan-Afrikan temel kayalarının kendi iç imbrikasyonlarının yanı sıra Paleozoyik-Erken Tersiyer yaşlı örtü serileriyle de tektonik olarak ardalandığı belirlenmiştir (Konak ve diğerleri, 1994; Partzsch ve diğerleri, 1998; Ring ve diğerleri, 1999). Masifi'nin ilksel stratigrafisi bu Alpin sıkışma tektoniği sonucu orijinal yapısını büyük oranda yitirmiştir. Buna karşın farklı tektonik dilimlerin iç stratigrafilerinin birbirleriyle korelasyonuna dayalı üretilen Pan-Afrikan temele ait istif aşağıda verilmektedir.

Menderes Masifi'nin geneline bakıldığında her üç asmasifte de Pan-Afrikan temelin en yaşlı kayaçlarını Geç Proterozoyik yaşlı metakırıntılı bir seri oluşturmaktadır. Bu serinin en yaşlı kayaçlarını oluşturan paragnayslar üste doğru uyumlu bir dokanakla şist birimine geçmektedir (Dora ve diğerleri, 2002). Birçok tektonik dilimde paragnays birimi ile onu uyumlu ve geçişli dokanaklarla üzerleyen şist birimi birlikte gözlenmektedir. Paragnays ve şistlerden oluşan bu

metakırıntılı seri yaygın şekilde Pan-Afrikan Orozeneji'nin farklı evrelerinde sokulmuş asidik bileşimli granitoidler tarafından kesilmektedirler. Birçok tektonik dilimden meydana gelen Demirci-Gördes, Ödemiş-Kiraz ve Çine asmasiflerine bakıldığında, ortognaysların farklı tektonik dilimlerde yer aldığı görülmektedir. Ortognaysların yapısal ve dokusal özelliklerini etkilendikleri Alpin Orojenezi ve metamorfizması sonucu kazandıkları düşünülmektedir. Önceki çalışmaların genelinde gözlü / granitik gnays olarak adlandırılan ortognayslar son yıllarda yapılan çalışmalarda mafik bileşenlerine dayalı olarak iki gruba ayrılmaktadırlar (Bozkurt, 2004; Dora ve diğerleri, 2005; Candan ve diğerleri, 2010). Bunlar; 1) Biyotitçe zengin ortognayslar ve 2) Turmalince zengin lökokratik ortognayslardır. Biyotitçe zengin ortognayslar birbirlerinin içerisinde sokulmuş büyük plutonlar şeklinde gözlenmektedirler. Turmalince zengin lökokratik ortognayslar ise değişik boyutlardaki stok ve damarlar şeklindedir.

Söz konusu ortognaysların Menderes Masifi genelindeki dağılımı Şekil 2'de verilmektedir. Bu haritada günümüze değin yukarıdaki sınıflama kapsamında tanımlanmış turmalin lökokratik ortognays kütleleri gösterilmektedir. Yatay çizgili alanlar ise kısmen haritalanmış turmalin lökokratik ortognays kütlelerinin olasılı uzanımlarını ifade etmektedir. Aynı haritada 'ortognays' olarak tanımlanan diğer alanlar ise biyotit ortognays ve turmalin lökokratik ortognaysların tümünü kapsamaktadır. En geniş yayılımı Çine Asmasifi'nde gözlenen ortognayslar diğer asmasiflerde de geniş yüzlekler vermektedir.

Demirci - Gördes asmasifi, Pan-Afrikan temele ait tüm birimlerin açık dokanak ilişkileri ile gözlendiği önemli bölgelerden birisidir. İçsel ekaylanmalar sunan bu asmasifteki en alt dilim baskın olarak Pan-Afrikan temelin homojen mi-kaşistlerinden yapıldır. Granat-mika şist bileşimindeki bu kayalar Eşme güneybatısında Pan-Afrikan ortognayslar (Şekil 2) ve amfibolitik metagabro stokları; Alaşehir kuzeydoğusunda ise Triyas yaşlı lökokratik ortognays sokulumları ta-

rafından kesilmektedir. Bunların üzerinde, Alaşehir-Kula arasında uzanan dilimin en alt kesimlerinde yer alan devasa boyutlu ortognayslar, paragnays ve bunları uyumlu olarak üzerleyen mikaşistler içerisine sokulmuşlardır (Candan, 1994, Dora ve diğerleri, 2002). Ortognayslar içerisinde, boyutları 2-3 km ye ulaşan, kısmen asimile olmuş paragnays ve migmatit kapanımları oldukça yaygındır. Pan-Afrikan yaşlı bu dilim, fillit-kuvarsit-mermer aralanması ve bunlar üzerine gelen platform türü mermerlerden oluşan Paleozoyik-Mezozoyik yaşlı bir dilim tarafından üzerlenmektedir.

Ödemiş - Kiraz asmasifinin stratigrafisi diğer asmasiflere oranla daha ayrıntılı olarak ortaya konmuştur (Partzsch ve diğerleri, 1998; Ring ve diğerleri, 1999; Candan ve diğerleri, 2001, Dora ve diğerleri, 2002). Metamorfik istifin en alt dilimi, Aydın-Eğrikavak Köyü'nde gözlenen ve korunmuş rudist fosilleri (Koralay 2001; Özer ve Sözbilir, 2003) ve zımpara yataklarının varlığı ile tanımlanan, Geç Kretase yaşlı masif mermerlerden oluşmaktadır. Platform türü mermerler Aydın Dağları'nın güney yamacı boyunca Paleozoyik yaşlı seriler tarafından tektonik olarak üzerlenmektedir. Aydın Dağları'nda klorit - kloritoid, Bozdağlar'da ise staurolit - granat içeren bu seri içerisindeki fillitler 235 My (Triyas) yaşlı lökokratik metagranit stok ve damar kayaları tarafından kesilmektedir. Paleozoyik seri, Pan-Afrikan temele ait üç ayrı dilim tarafından üzerlenmektedir. En alttaki dilim Aydın ve Bozdağlar'da çok geniş alanlarda yüzeyleyen, homojen mika şistlerden yapıldır. Alaşehir güneyi, Derbent çevresinde gözlenen orta dilim mika şistler içerisine sokulmuş ortognays ve Triyas yaşlı lökokratik ortognays sokulumları ile karakterize olmaktadır. Alt düzeylerinde migmatitleşmiş paragnays ve onları uyumlu olarak üzerleyen mikaşistlerden yapıldı en üst Pan-Afrikan dilim büyük boyutlu ortognays ve metagabro kütleleri tarafından kesilmektedir. Menderes Masifi metamorfiteilerinin en üst dilimi staurolit-granat fillit, mermer ve kuvarsitten yapıldı Paleozoyik (?) yaşlı kırıntılılar ve onu üzerleyen

Mesozoik yaşlı, zımpara yatakları içeren platform türü mermerlerden oluşmaktadır (Koralay ve diğerleri, 2001). Derbent güneyinde en üst tektonik birimi oluşturan fillit-mermer topluluğu sıyrıma fayı olarak yorumlanan bir tektonik dokanakla orta tektonik dilim üzerinde yer almaktadır.

Çine asmasifinin en alt tektonik birliği Çine/Bozdoğan'ın doğu ve batı kesimlerinde yüzlek vermektedir. Bu dilim baskın olarak ince paragnays düzeyleri içeren granat mikaşistlerden yapıldır. Bu kırıntılı seri çeşitli bileşimde ortognays ve metagabro sokulumları tarafından kesilmektedir. Bunu üzerleyen ve asmasif'in orta kesiminde çok geniş yayılım sunan tektonik dilim baskın olarak Pan-Afrikan yaşlı, birbirini izleyen evrede sokulmuş, farklı karakterdeki granitlerden yapıldır. Ortognayslar kuzeyde Yenipazar ve Koçarlı, batıda Bafa Gölü, doğuda Karacasu ve Bozdoğan, güneyde ise Milas ve yatağan arasında kalan oldukça geniş bir bölgede yüzlek vermektedirler (Şekil 2). Ortognayslar içerisinde, boyutları 5-6 km ye ulaşabilen migmatitleşmiş paragnays ve şist kapanımları bulunmaktadır. Özellikle asmasifin güney sınırı boyunca gözlenen granatmika şistler ortognaysların sokulduğu çevre kayayı oluşturmaktadır. Bu dilimin içerisinde, Pan-Afrikan temel ile Paleozoyik örtü serileri arasındaki birincil uyumsuz dokanak ilişkisi gözlenebilmektedir (Konak ve diğerleri, 1987; Candan ve diğerleri, 2006, 2007; Dora ve diğerleri, 2005). Kanal dolgusu karakterinde, porfiritik metagranit, turalin lökokratik ortognays, metaaplit ve turalinit çakıllarından yapıldı metakonglomera düzeyleri içeren kuvarsit ile başlayan Paleozoyik istif granat-kloritoid fillit, mermer ve kuvarsit aralanmalı seri ile devam etmektedir. Kendi içerisinde imbrikasyonlar gösteren Paleozoyik istif, Mesozoik-Erken Tersiyer yaşlı, Anatolid-Torid Platformu'ndan türeme metakarbonatlar tarafından üzerlenmektedir. Kırmızı renkli pelajik mermerler ve onları üzerleyen Paleosen - Eosen yaşlı, Na-amfibol içeren bloklu seri Çine asmasifinin en genç birimlerini oluşturmaktadır.

ORTOGNAYSLARLA PAN-AFRİKAN METASEDİMENTLER ARASINDAKİ DOKANAK İLİŞKİSİ

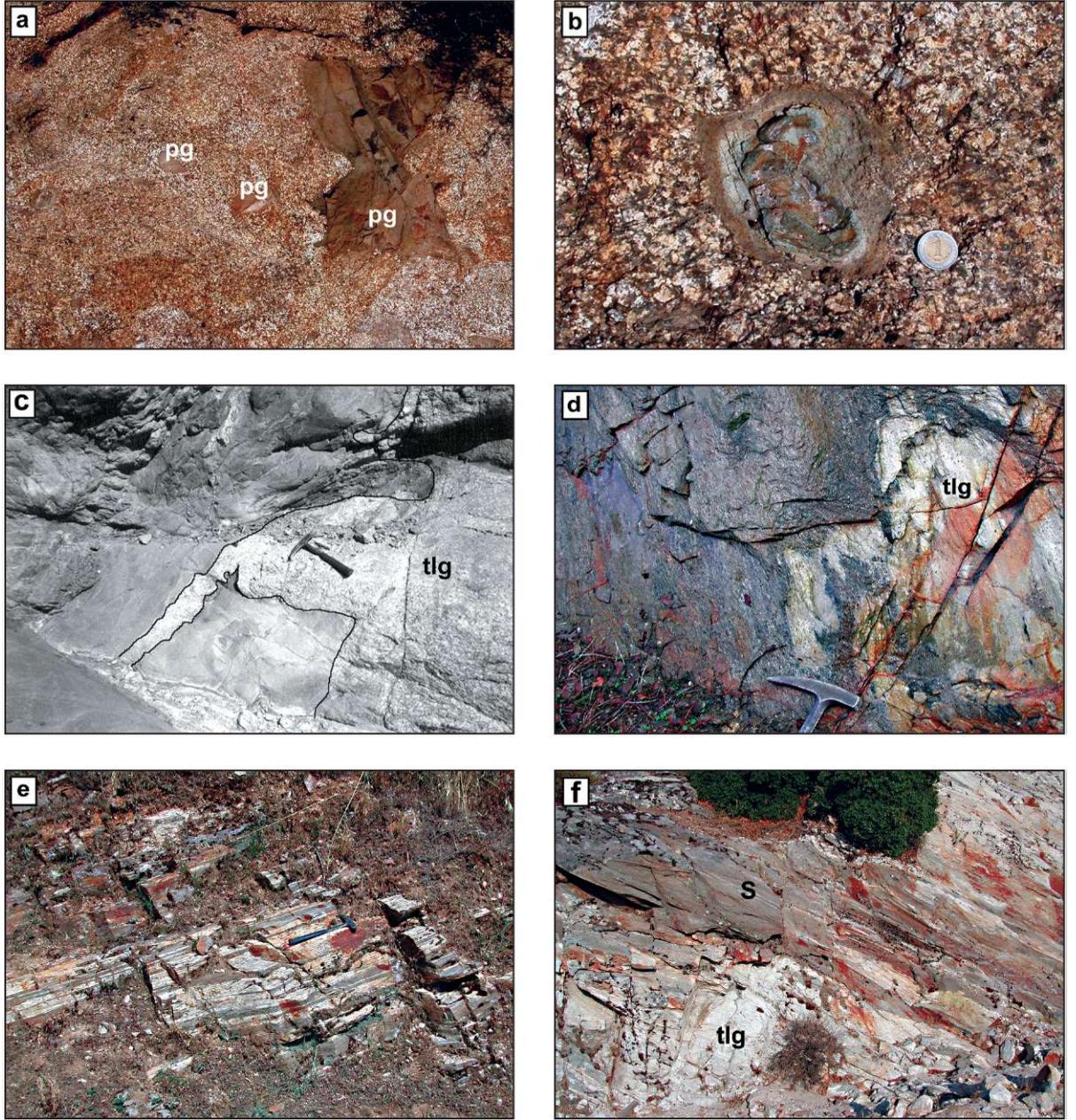
Ortognayslarnın (biyotit ortognays ve turmalin lökokratik ortognays) çevre kayayı oluşturan kalın metakırıntılı istif (paragnays ve şistler) ile olan dokanak ilişkileri her üç masifte de ortak özellikler sunmaktadır. Granitik kökenli ortognaysların çevre kayayı oluşturan metakırıntılılarla olan ilksel dokanak ilişkileri tüm bölgelerde intrüzif karakterdedir. Pan-Afrikan temele ait şistler içine sokulan ortognaysların ilksel kayalarının pegmatit, apilit ve turmalinit gibi geç evre ürünleri dokanıklara yakın kesimlerde her iki birim içerisinde yaygın olarak gözlenmektedir. Demirci-Gördes, Ödemiş-Kiraz ve Çine asmasiflerinin çeşitli bölgelerinde iyi gözlenen ortognays / metakırıntılı dokanak ilişkisi detaylı olarak aşağıda tanımlanmaktadır.

Demirci-Gördes asmasifinde Kula güneyinde yer alan bölgede, Candan (1994) ortognaysların ilksel kayaçları olan granitlerin paragnays birimi ile belirgin intrüzif dokanak ilişkisi sunduğunu belirtmektedir. Ortognaysların boyutları bir kaç kilometreye ulaşan çok sayıda apofizi paragnayslar içerisinde uzanmaktadır. Ayrıca, gnays dokanağına yakın kesimlerde, paragnays içerisinde, irili ufaklı gnays stokları gözlenmektedir. İntrüzif dokanak ilişkisini destekler bir diğer önemli veri ise dokanağına yakın zonlarda gnays içerisinde boyutları bir kaç santimetreden bir kaç kilometreye kadar değişen çevre kaya kapanımlarının varlığıdır. Özellikle deforme olmamış ortognayslar içerisinde kuvvetli foliasyon gösteren paragnays, migmatitleşmiş paragnays ve kalk-silikat kayaçlarının kısmen asimile edilmiş kapanımlar şeklinde bulunuşu (Şekil 3a,b) ortognaysların ilksel kayaçları olan granitlerin paragnaysların Pan-Afrikan yaşlı metamorfizmalarından sonra sokulduklarını göstermektedir.

Ödemiş-Kiraz asmasifi'nde Derbent güneyinde kalan bölgede ortognayslar Prekambriyen şistler içerisinde sokulum yapmaktadırlar (Koralay,

2001; Koralay ve diğerleri, 2004). Orta dilim içerisindeki ortognayslar ile şistler arasında korunmuş intrüzif dokanak ilişkisi net bir şekilde gözlenmektedir. Ortognayslara ait çok sayıda sil ve dayk çevre kayayı oluşturan şistler içerisinde yer almaktadır. Bu damar kayalarının bazılarının şistlerin şistozitesini kestiği net bir şekilde gözlenebilmektedir (Şekil 3c). Diğer bölgelere benzer şekilde şist dokanıklarına yakın kesimlerde, ortognayslar içerisinde değişik büyüklüklerde şist kapanımları mevcuttur. Ortognaysların paragnayslarla olan orjinal intrüzif dokanak ilişkileri de asmasif boyutunda hemen hemen her yerde yaygın olarak gözlenmekte ve benzer verilerle tanımlanmaktadır. Buna ek olarak Semit ve Cevizalanı köyleri çevresinde olduğu gibi, kalınlığı 1 km'ye kadar ulaşan, düzlemsel bir geometriye sahip ortognays düzeylerinin paragnayslarla olan dokanıklarında kuvvetli sünümlü deformasyon verileri gözlenebilmektedir. Bu ortognays kütlelerinin, Pan-Afrikan temele ait birimlerin iç imbrikasyonu sırasında, sünümlü koşullarda tektonik dilimler şeklinde paragnayslar içerisine yerleştikleri düşünülmektedir.

Çine asmasifi değişken bileşim sunan, ortognays yapısındaki devasa granitlerin varlığı ile karakterize olmaktadır. Asmasif in özellikle güney kesiminde yer alan ve 100 km yanal uzanım sunan ortognays / şist sınırının karakteri çok sayıda araştırmacı tarafından çalışılmıştır. Arazi verileri, bu dokanak boyunca her noktada çevre kayayı oluşturan Üst Proterozoyik metakırıntılılarla bütün ortognays türleri arasındaki ilksel ilişkinin intrüzif karakterde olduğunu ortaya koymaktadır. Bu ilişki sadece bu dokanakla sınırlı olmayıp asmasifin kuzeybatısında, Koçarlı güneyinde de açıkça izlenmektedir (Dora ve diğerleri, 2005). Bu bölgede, devasa boyutlu biyotitce zengin ortognays plutonları ve birkaç km çapındaki turmalin lökokratik ortognays stoklarının Geç Proterozoyik yaşlı şistlerle, özellikle yaygın damar kayalarının varlığı ile tanımlanan belirgin intrüzif dokanak ilişkisi sunmaktadır (Şekil 3d, e,f). Öte yandan Çine'nin kuzeyinde ve güneybatısında, deformasyonun az olduğu kesimlerde

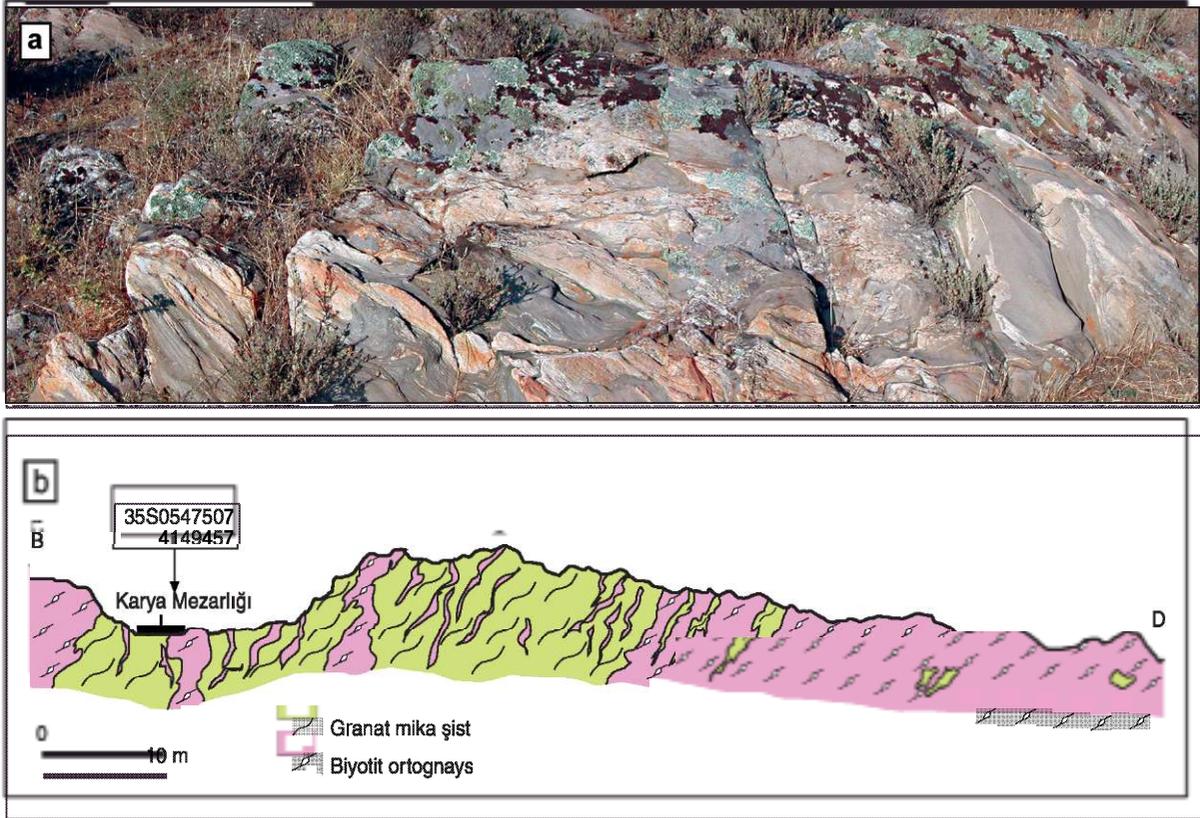


Şekil 3- Yönlenmesiz biyotit ortognayslar içerisinde kuvvetli foliasyon gösteren paragnays (a) ve masif kalk-silikat kayaçlarından (b) oluşan çevre kaya kapanımları, (c) Derbent'in KD'sunda yer alan biyotit ortognaysların çevre kayayı oluşturan granat-mika şistlerle olan intrüzif dokanak ilişkisi, (d) Temel serilerine ait şistlerin turmalin lökokratik ortognayslarla olan intrüzif dokanak ilişkisi, Çulhalar Köyü, (e) Şistlerin foliasyon düzlemleri boyunca uzanan turmalin lökokratik ortognays damarları, Satılar Köyü, (f) Turmalin lökokratik ortognayslar içerisinde gözlenen şist kapanımları (pg:paragnays, ks:kalk-silikat, ş:şist, bg:biyotit ortognays, tlg:turmalin lökokratik ortognays).

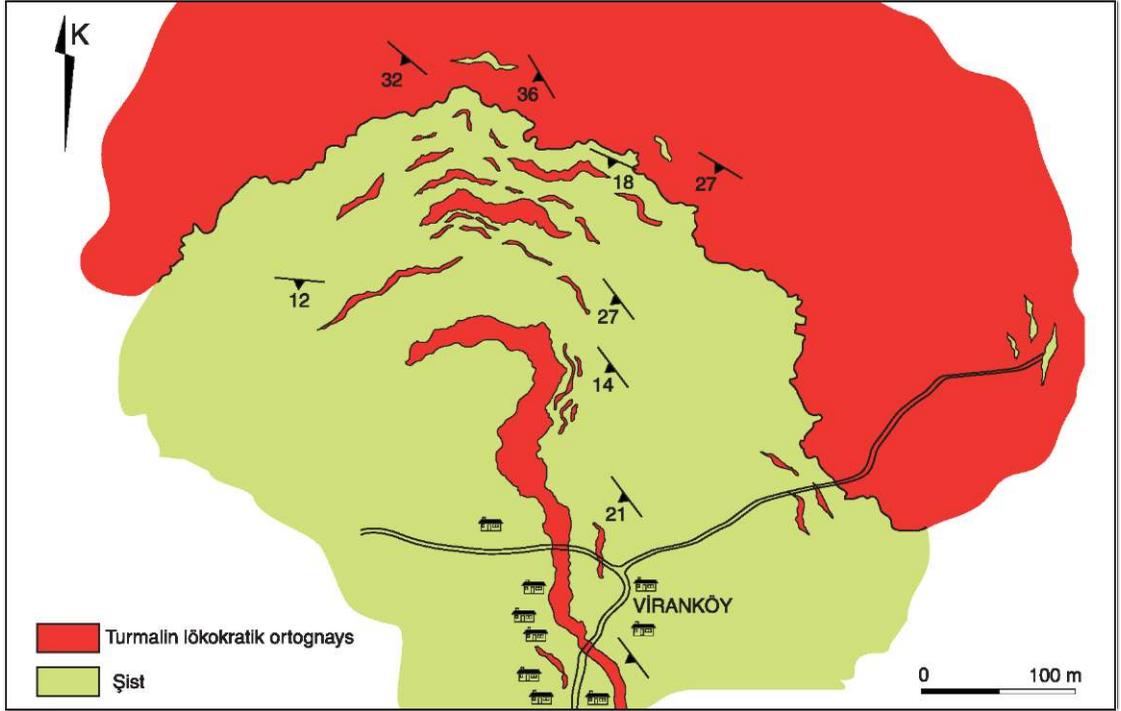
ortognaysların yutulmuş dev boyutlu kapanımlar olarak bulunan paragnayslarla olan ilksel intrüziif dokanak ilişkileri de net olarak gözlenmektedir.

Yukarıda değinildiği gibi Bafa Gölü doğusu, ortognaysların çevre kayayı oluşturan Geç Proterozoyik yaşlı şistlerle olan intrüziif ilişkilerin en iyi gözlendiği yerlerden biridir. Bucak Köyü batısında yer alan Bademyanı Burnu'nun yanı sıra Bucak ve Karahayit köylerinin kuzeyinde turmalin lökokratik ortognaysların Üst Proterozoyik şistlerle olan intrüziif ilişkileri çok net olarak izlenmektedir. Özellikle Bademyanı Burnu'nda şistler içerisinde çok sayıda damar kayası, turmalin lökokratik ortognaysların dokanağa yakın kesimlerinde ise çok yaygın şist kapanımlarının bulun-

ması ortognays / şist arasındaki ana sınırın saptamasını oldukça zorlaştırmaktadır (Şekil 4a,b). Benzer şekilde, sünümlü deformasyona uğramış olmalarına karşın aynı dokanağın daha doğu kesimde yer alan Viranköy ve Ekiztaş Köyü çevrelerinde de şist ve ortognayslar arasındaki ilksel intrüziif dokanak ilişkisi oldukça iyi gözlenmektedir (Şekil 5). Katrancı Köyü güneyinde, biyotit ortognays ve turmalin lökokratik ortognayslar çevre kayayı oluşturan Geç Proterozoyik yaşlı şistler ile oldukça iyi korunmuş intrüziif dokanak ilişkileri sunmaktadır (Şekil 6a). Bu bölgede biyotit ortognayslar içerisinde şist kapanımları, şist içerisinde ise aplitik damar kayaları yaygın olarak gözlenmektedir. Ayrıca, Pan-Afrikan yaşlı magmatik aktivitenin iki ayrı fazını temsil eden biyotit



Şekil 4- (a) Bademyanı Burnu'nda çevre kayayı oluşturan geç Proterozoyik yaşlı granat-mika şist ve mika şistler içerisinde biyotit ortognays ve aplitlerden oluşan damarlar, (b) Bafa Gölü kenarındaki Bademyanı Yarımadası çevresinde biyotit ortognays ve şistler arasında gözlenen intrüziif dokanak ilişkisi (Dora ve diğerleri, 2006).



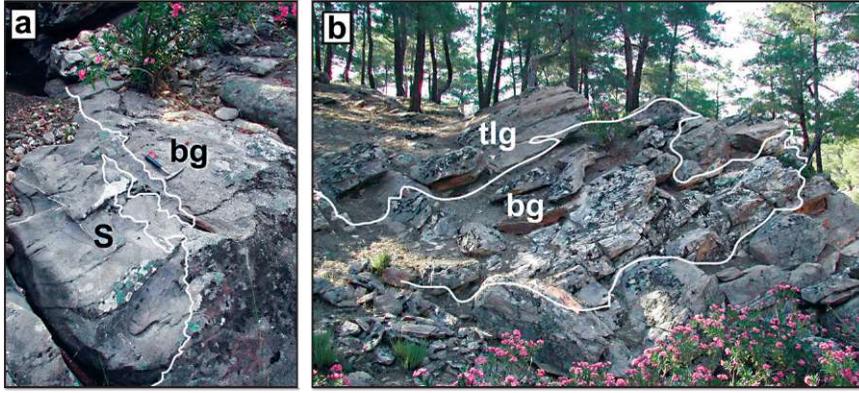
Şekil 5- Viran Köy kuzeyinde, Pan-Afrikan temele ait üst Proterozoyik şistlerle turmalin lökokratik ortognayslar arasındaki birincil intruzif dokanak ilişkisinin gözlemlendiği bölgenin jeolojik haritası. Alpin metamorfizması sırasında deforme olmalarına karşın her iki birim, aralarındaki dokanağın ilksel intruzif özelliğini son derece iyi korumuştur (Dora ve diğerleri, 2006). Viran Köy koordinat: Aydın N 19-a2, 4146150:059000.

ortognayslar ile turmalin lökokratik ortognaysların kendi aralarındaki intrüzif dokanak ilişkisi de net bir şekilde izlenmektedir (Şekil 6b).

Çine güneyinde yer alan Seykel Köyü çevresinde gerek biyotit ortognays ile turmalin lökokratik ortognays arasındaki, gerekse bu ortognaysların çevre kayayı oluşturan, Pan-Afrikan temele ait şistlerle olan ilksel intrüzif dokanak ilişkileri çok iyi korunmuştur. Çine-Yatağan yolu üzerindeki yarmalarda bu intrüzif dokanak ilişkisi net olarak gözlenmektedir. Arazi verileri, ilk evrede biyotit ortognaysların ilksel kayaları olan granitlerin şistler içerisine sokulduğunu göstermektedir. Bu kayaçların dokanakları boyunca şist içerisinde gnays damarları, gnays içerisinde ise şist kapanımları yaygın olarak gözlenmektedir (Şekil 7a-c). Aynı Pan-

Afrikan magmatik aktivitenin göreceli olarak daha geç bir evresine ait olan turmalin lökokratik ortognays kütlesi ise gerek biyotit ortognayslar gerekse şistlerle net olarak izlenebilen belirgin intrüzif dokanak ilişkisi sunmaktadır (Şekil 7d). Çevre kayayı oluşturan şistler içerisinde yaklaşık 200 m'lik bir zonda, kalınlıkları 1.5 metreyi bulan çok sayıda lökokratik damar kayası bulunmaktadır (Şekil 7e). Bu damarların dokanaklarında ince zonlar şeklinde, olasılıkla kontak metamorfizma ürünü mika mineralleri gelişmiştir (Şekil 7f). Mika minerallerinde yönlenme gözlenmemesi bu dokanakların, orijinal dokanak ilişkisinin gözlemlendiği Alpin deformasyonundan korunmuş kesimler olduğunu göstermektedir.

Yatağan kuzeyinde yer alan Mesken Köyü çevresinde, çok evreli Pan-Afrikan magmatik ak-



Şekil 6- (a) Biotit ortognaysların şistlerle olan intrüzif dokanak ilişkisi, (b) Biotit ortognaysları intrüzif dokanaklar ile kesen turmalin lökokratik ortognays damarı, Katrancı Köyü güneyi (s:şist, bg:biotit ortognays, tlg:turmalin lökokratik ortognays).

tiviteye ait biyotit ortognayslar, turmalin lökokratik ortognayslar ve porfiritik metagranitler göreceli yaş ilişkileriyle uyumlu intrüzif dokanak ilişkileri sunmaktadır (Şekil 8a,b). Yukarı Mesken Köyü kuzeyinde kalan bölgede gerek biyotit ortognayslar gerekse de turmalin lökokratik ortognayslar geç Proterozoyik şistler içerisine sokulmuş bir kaç yüz metreye kadar ulaşan diller oluşturmaktadır. Diğer bölgelere benzer şekilde biyotit ortognayslar içerisinde çok sayıda kısmen asimile olmuş çevre kaya kapanımları bulunmaktadır.

ORTOGNAYSLARIN MAKROSKOPİK VE MİKROSKOPİK ÖZELLİKLERİ

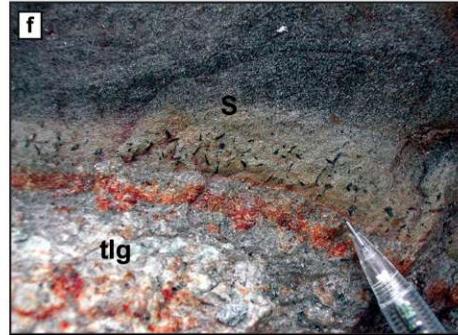
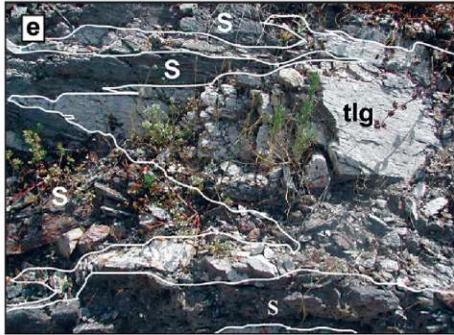
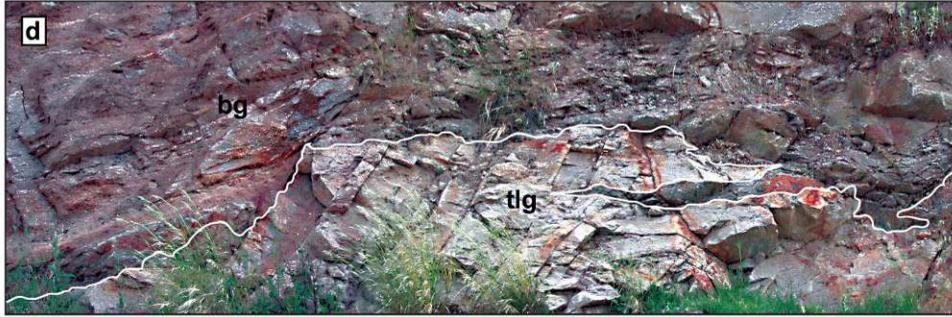
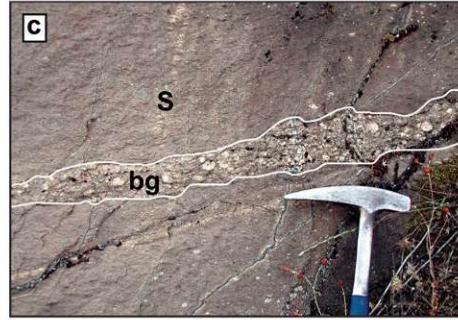
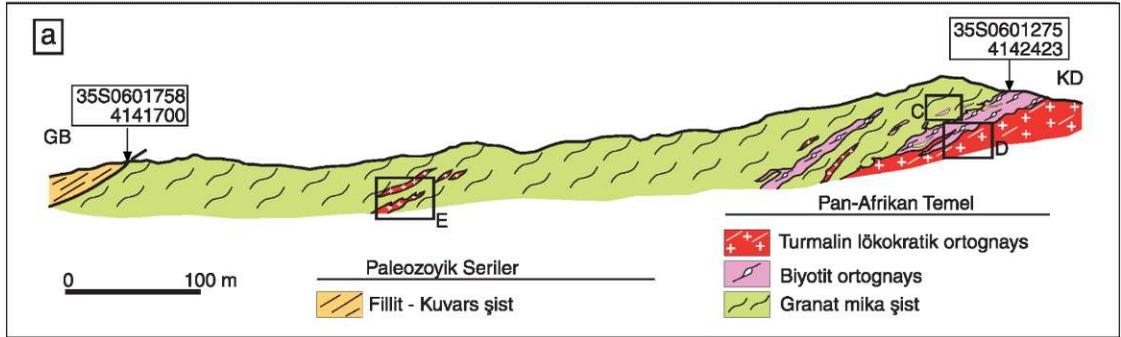
Menderes Masifi'ndeki ortognayslar, önceki çalışmalarda araştırmacılar tarafından genelde geleneksel olarak gözlü ve/veya granitik gnays olarak tanımlanmışlardır. Son yapılan çalışmalarda ise bu kayaların ilksel granitlerinin mineralojik bileşim ve dokusal özelliklerine dayalı olarak kendi içlerinde türlere ayrılmasının mümkün olduğu belirlenmiştir (Bozkurt, 2004; Dora ve diğerleri, 2005). Pan-Afrikan yaşlı bir asidik magmatik aktivitenin birbirini izleyen ürünleri olan bu kayalar mafik faz içerikleri ve dokusal özelliklerine dayalı olarak üç ana grup altında toplanabilir (Dora ve diğerleri, 2005). Bu ortognays türleri ve

onların ilksel granitlerinin temel petrografik özellikleri şu şekilde tanımlanabilir;

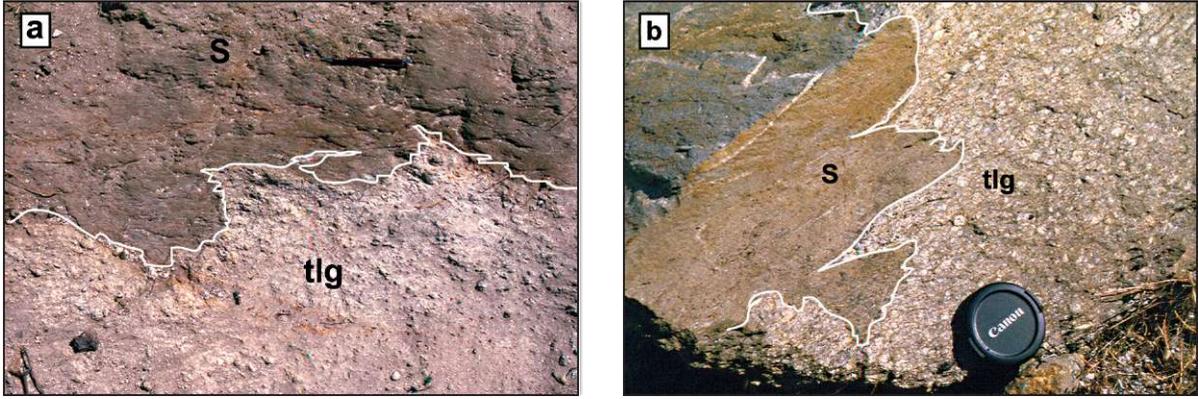
- *Biyotit ortognayslar.*- Biotitçe zengin (\pm turmalin), iri kristalli, eş boyutlu ve/veya porfiritik dokulu granit.
- *Turmalin lökokratik ortognayslar.*- Turmalin ve muskovitçe zengin (\pm biyotit), açık renkli (lökokratik), orta / iri kristalli, genelde eş boyutlu, ender olarak porfiritik dokulu granit.
- *Amfibol ortognays.*- Homblend içeren (\pm biyotit), ince-orta taneli, eş boyutlu holokristal dokulu granit

1. Biotit ortognayslar

Bunlar Menderes Masifi'nde çok yaygın olarak gözlenen en karakteristik ortognays türünü oluşturmaktadır. Bu ortognayslardaki biyotit mineralinin oranı % 15-25 arasında değişmektedir. Bunlar, türedikleri ilksel granitlerin deformasyondan korunmuş kesimlerindeki birincil dokusal özelliklerine göre iki alt gruba ayrılmaktadırlar. Fanerokristalin doku özelliği sunan porfiritik granitler en yaygın gözlenen biyotit ortognays türünü oluşturmaktadır. Bu granitler orta taneli, kuvars ve plajiyoklastan yapıları bir zemin içerisinde 8-



Şekil 7- (a) Çine - Yatağan yeni yol yarmasında gözlenen jeolojik kesit ve Pan-African temele ait birimler arasındaki dokanak ilişkileri (Dora ve diğerleri, 2006), (b) Biyotit ortognayslar içerisindeki şist kapanımları, (c) Çevre kayayı oluşturan mika şist içerisindeki biyotit ortognays damarı, (d) Biyotit ortognays ile turmalin lökokratik ortognays arasındaki keskin intruzif dokanak ilişkisi, (e) Üst Proterozoyik şist içerisinde turmalin lökokratik ortognayslara ait damar kayaları, (f) Lökokratik damar kayalarının şist ile olan dokanaklarında gözlenen, Alpin üzerlemesinden korunmuş kontak metamorfizma ürünü, gelişigüzel yönelme gösteren mika kristalleri (s:şist, bg:biyotit ortognays, tlg:turmalin lökokratik ortognays).



Şekil 8- (a) Turmalin lökokratik ortognays ile Üst Proterozoyik şist arasındaki intrüzif dokanak ilişkisi, (b) Biyotit ortognayslar ile Üst Proterozoyik şistlerin arasındaki intrüzif dokanak ilişkisi, Mesken Köyü (s:şist, bg:biyotit ortognays, tlg:turmalin lökokratik ortognays).

10 cm'ye ulaşabilen öz / yarı öz şekilli, çok az yönlenme sunabilen ortoklas kristalleriyle tanımlanmaktadır (Şekil 9a). Sünümlü koşullarda gelişen deformasyonun şiddetine bağlı olarak bu kayalarda kristal boyutları küçülmekte ve kuvvetli foliasyon / lineasyon gösteren, önceki çalışmalarda genelde 'gözlü gnays' olarak adlandırılan blastomilonitik gnays (Şekil 9b) ve ultramilonitik bantlı gnayslara geçilmektedir (Şekil 9c).

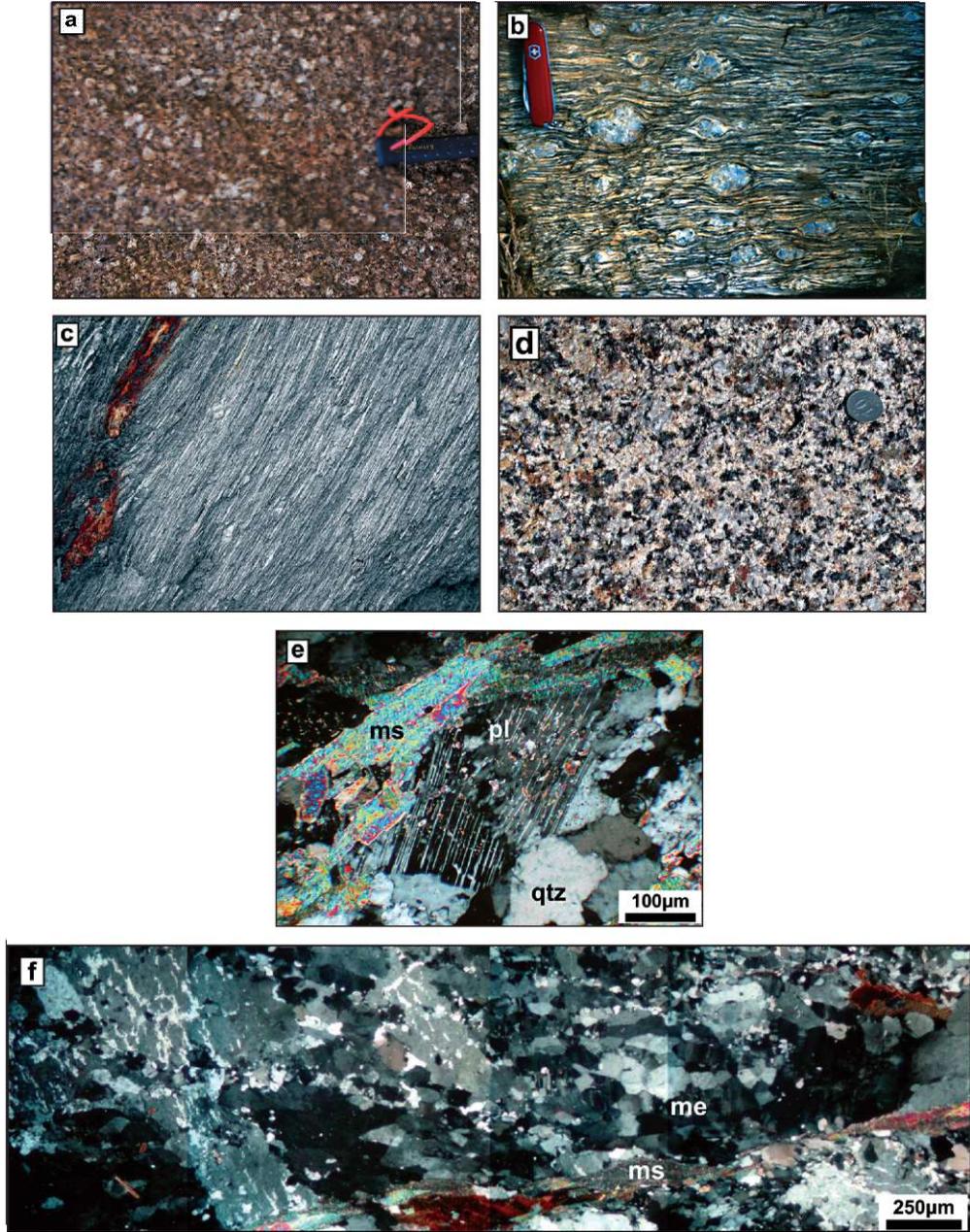
Eş boyutlu, kuvars ve plajiyoklas / ortoklas kristalleri ve bunlar arasına dağılmış, gelişi güzel biyotit kristalleri ile karakterize olan granoblastik dokulu iri taneli granitlerden ikinci biyotit ortognays türünü oluşturmaktadır (Şekil 9d). Önceki çalışmalarda genelde 'granitik gnays' olarak adlandırılan bu biyotit ortognays türünün sünümlü deformasyona uğramış kesimlerinde bantlı gnayslara yaygın dönüşümler gözlenmektedir.

Biyotit ortognaysların genel mineral bileşimleri kuvars, plajiyoklas, ortoklas, biyotit, muskovit, (\pm mikroklin, granat, zirkon, turmalin, sfen, zoisit ve opak mineral) olarak saptanmıştır. Kuvars, plajiyoklas ve ortoklas biyotit ortognaysların ana bileşenlerini oluşturmaktadır. Ortoklaslar genellikle pertitik yapılar içermekte ve tipik polisitetik ikizlenmeli plajiyoklaslarla beraber porfiroblastlar şeklinde gözlenmektedirler. Pertitik ortoklaslarda, birçok çalışmada deformasyon ürünü olduğu

kabul edilen mikrokline dönüşümler yaygın olarak gözlenmektedir. Öte yandan plajiyoklaslardaki deformasyon ürünü ikizlenmeler ve kırıklar boyunca gerçekleşen yeniden kristalleşmeler benzer koşullardaki etkileri yansıtmaktadır (Şekil 9e). Gnayslarda iri porfiroblastların ortoklaslardan oluşmasına karşın yüksek sıcaklıktaki sünümlü deformasyon ürünü, ortance taneli feldispatça zengin düzeylerin mikroklinlerden yapıları oluşu yukarıdaki düşünceleri desteklemektedir (Şekil 9f). Muskovit ve biyotitler kayadaki deformasyona bağlı olarak belirgin yönlenme sunmakta ve foliasyon düzlemlerini oluşturmaktadır.

2. Turmalin lökokratik ortognayslar

Kirli beyaz renkleri, lökokratik karakterleri ve mafik mineral olarak yoğun oranda turmalin (\pm biyotit) içermeleri ile tanımlanan bu ortognayslar özellikle Çine Asması'nda yaygın olarak gözlenmektedir (Alkanoğlu, 1978; Bozkurt, 2004; Dora ve diğerleri, 2005; Bozkurt ve diğerleri, 2006). Bu ortognays türüne ayrıca Ödemiş - Kiraz asması'nda, Kula güneyi ve Alaşehir batısında da rastlanılmaktadır. Birçok yörede biyotit ortognayslarla (gözlü/granitik gnayslar) belirgin intrüzif dokanak ilişkileri sunan bu kayalar Pan-Afrikan yaşlı olmalarına karşın göreceli olarak daha geç bir magmatik evreyi temsil etmektedir. Çok açık gri -



Şekil 9- (a) İlksel dokunun büyük oranda korunduğu, iri kristalli porfiritik granitlerden türeme biyotit ortognayslar, Seykel Köyü kuzeyi, (b) Biyotit ortognayslarda gözlenen, sünümlü deformasyon ürünü blastomilonitik doku, Dedebelem Tepe, (c) Biyotitçe zengin porfiritik granitlerin şiddetli sünümlü deformasyonu sonucu oluşan ultramilonitik ortognaysların genel görünümü, Katrancı kuzeyi, (d) Eş boyutlu, gelişigüzel dağılım sunan kuvars, plajiyoklas, ortoklas ve biyotit kristalleri ile karakterize olan granoblastik dokulu iri taneli granitlerden türeme masif biyotit ortognayslar, (e) Deformasyon sonucu plajiyoklaslarda gelişen kırıklanmalar ve bu kırıklanmalar boyunca gerçekleşen yeniden kristallenmeler (+nikol), (f) Ortoklas porfiroblastlarından itibaren gelişen, sünümlü deformasyon ürünü mikroklin kristalleri, (+nikol). ms:muskovit, pl:plajiyoklas, or:ortoklas, me:mikroklin

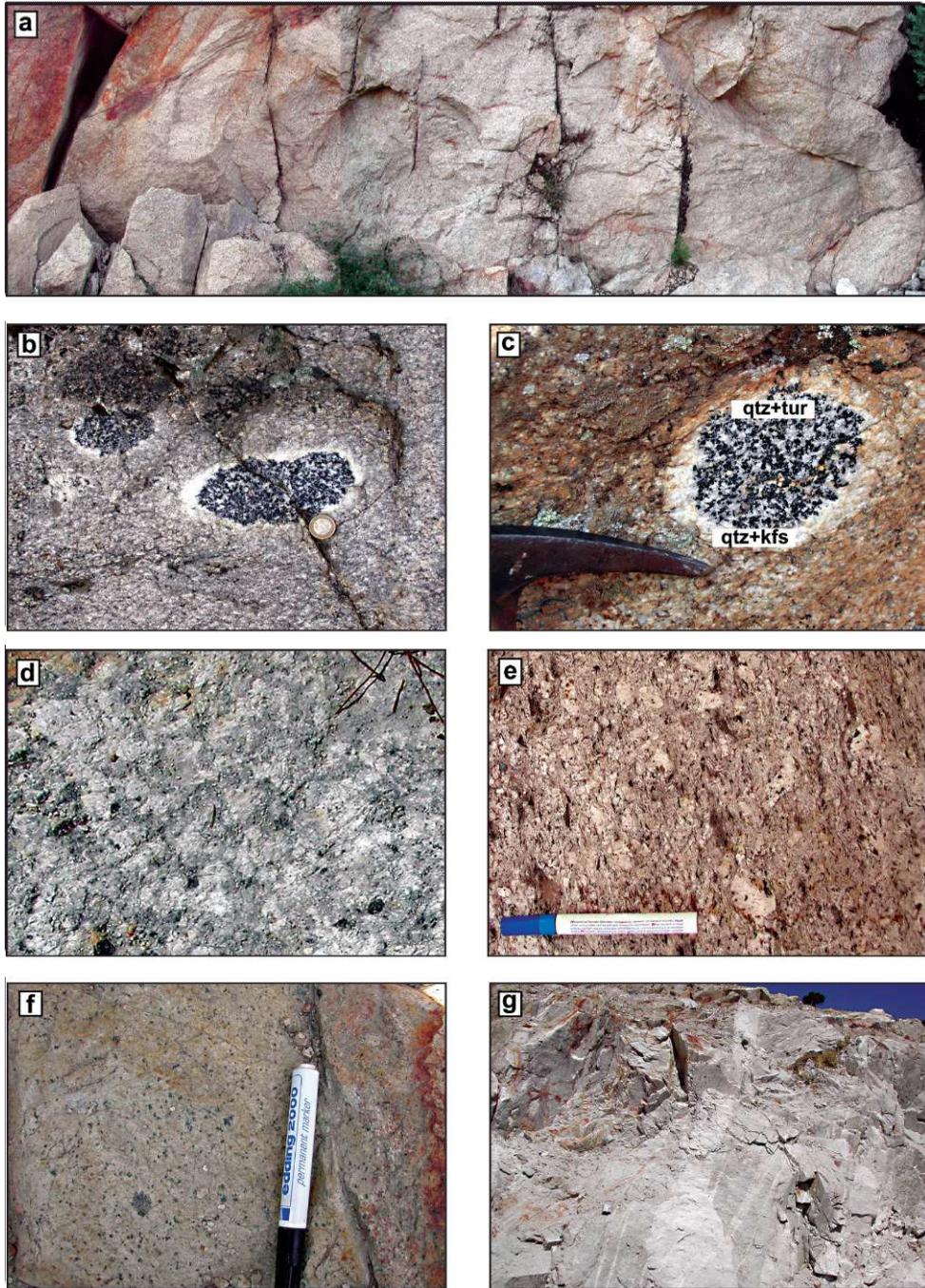
beyaz renkli bu kayaların en belirgin özelliği mafik faz olarak yüksek oranda turmalin içermeleridir (Şekil 10a). Bu kayalarda bir çok farklı yapı / dokuda turmalin oluşumu saptanmıştır (Bozkurt, 2004; Dora ve diğerleri, 2005). Bunlar içerisinde en tipik olanı nodüler yapıdaki 'turmalin-kuvars' oluşumlarıdır. Deformasyondan korunmuş kesimlerde söz konusu nodüller belirgin küresel veya elipsoidal şekil sunmalarına karşın makaslama zonlarının etkin olduğu bölgelerde bunlar uzayıp yassılaşılarak mineral lineasyonuna paralel uzanım sunan disk veya merceksi yapı kazanmaktadır. Turmalin - kuvars nodüllerinin en tipik örnekleri Çine otoyolu üzerinde ve Karpuzlu yöresinde görülmektedir. Çekirdeğini % 80'den fazla turmalin ve kuvarsin oluşturduğu nodüllerde kalınlığı 1-1.5 cm ye ulaşan kuvars ve feldspattan oluşan bir dış zon bulunmaktadır (Şekil 10b-c). Bu kayalardaki diğer turmalin oluşumları ise yanıl devamlılık sunmayan damar, bant ve şekilsiz kütleler şeklindedir. Ayrıca, bu ortognays türü içerisinde homojen olarak saçılmış, öz şekilli turmalin kristalleri ve rozet şekilli turmalin oluşumları da yaygın olarak gözlenmektedir.

İlksel granitlerinin yapısal / dokusal özellikleri ve yerleşen kütlelerin boyut ve geometrilerine göre lökokratik bu kayalar kendi içlerinde bazı farklılıklar sunmaktadır. Turmalin lökokratik ortognayslar özellikle Çine asmasifinde, Bafa - Bozdoğan arasında, iç içe girmiş, onlarca kilometre çapa ulaşabilen, büyük boyutlardaki plutonlar şeklinde gözlenmektedir. Bu kütleler çevre kayayı oluşturan gerek biyotit ortognayslar gerekse çekirdek serilerine ait geç Proterozoyik yaşlı şistlerle belirgin intruzif dokanak ilişkileri sunmaktadır. Ayrıca, lökokratik karakterli bu granitler, Çine asmasifinde Koçarlı güneyi ve Karıncalı Dağ kuzeyi, Ödemiş - Kiraz asmasifinde Kula güneyi ve Sarıgöl kuzeyinde de daha küçük boyutlarda stoklar şeklinde bulunmaktadır (Şekil 2). Pluton geometrisine sahip bu geniş kütleler kendi içerisinde ilksel magmatik fasiyes değişimlerine bağlı olarak bazı dokusal farklılıklar gösterebilmektedir. İri kristalli, eş boyutlu feldspat kristallerinden yapıllı, granoblastik doku sunan orto-

gnayslar en yaygın gözlenen turmalin lökokratik ortognays türünü oluşturmaktadır (Şekil 10d). Ayrıca gri renkli, ince taneli kuvarsofeldspatik bir zemin içerisinde iri ortoklas fenokristalleri ile tanımlanan porfiritik dokulu iri kristalli kayalar ikinci yaygın turmalin lökokratik ortognays türünü oluşturur (Şekil 10e). Bu magmatik fasiyeslere ait ara terimlerinin çok kısa mesafelerde bir arada gözlenebiliyor olması, ana hatları ile lökokratik karakterde olan bu granitlerin, ilksel magmatik fasiyeslerine dayalı olarak detaylı haritalanabilmesini son derece zorlaştırmaktadır.

Arazi çalışmalarında, yukarıda tanımlanan devasa lökokratik plutonların yaklaşık 50-150 metrelik şekilsiz kütleler veya merceğimsi yapılar şeklinde bulunan, yine lökokratik karakterli kayalar tarafından kesildiklerini gözlenmiştir. Oldukça ince taneli bir zemin içerisinde 4-5 mm boyutlarında feldspat fenokristallarının varlığı ile tanımlanan bu kayalar, ilksel dokusal özelliklerine dayanılarak 'lökokratik metagranit porfir' olarak adlandırılmıştır (Şekil 10f). Turmalinin yaygın varlığı ve belirgin lökokratik karakterleri bu kayaların turmalin lökokratik ortognayslarla kökensel bir bağa sahip olduğunu göstermektedir. Bu kayalara ek olarak özellikle Çine asmasifinde, biyotit ortognays ve turmalin lökokratik ortognays plutonlarını kesen lökokratik apilit damarları yaygın olarak gözlenmektedir (Şekil 10g). Albit yatakları olarak işletilen, beyaz renkli, çok ince taneli bu kayalar % 98 in üzerinde albit ve kuvarsdan oluşmaktadır. Lökokratik magmatik aktivitenin son ürünleri olan bu kayalar; 1- Zonal yapıda turmalinit nodülleri içermeleri, 2- İnce taneli oluşları, 3-Belirgin damar karakterleri ve 4- Yan kaya ile olan çeperlerinde rutil ve/veya sfence zengin düzeylerin varlığı ile karakterize olmaktadır.

Turmalin lökokratik ortognayslar petrografik incelemelere dayalı genel mineral bileşimleri kuvars, plajiyoklas, ortoklas, turmalin, muskovit ve (\pm mikroklin, serisit, biyotit, zirkon, opak) olarak saptanmıştır. Turmalin lökokratik ortognaysların deformasyondan korunmuş, yaklaşık



Şekil 10- (a) Belirgin gri - beyaz renkleri ile tanınan turmalin lökokratik ortogneysların genel görünüşleri, Viran Köy kuzeyi, (b,c) Dokusal / mineralojik zonlanma gösteren turmalinit nodülleri, (d) Eş boyutlu granoblastik doku sunan turmalin lökokratik ortogneyslar, (e) Porfiritik dokuya sahip turmalin lökokratik ortogneyslar, Viran köy kuzeyi, (f) İnce taneli, masif yapılu turmalince zengin lökokratik porfiritik meta-granitler, Kale tepe kuzeyi / Mesken Köyü, (g) Turmalin lökokratik gneysları kesen, tümüyle lökokratik karakterli damar kayaları, Çomakdağı köyü (qtz:kuvars, tur:turmalin, kfs:K-feldispat).

eş boyutlu kesimlerinde, kuvars, plajiyoklas ve K-feldispat (ortoklas + mikroklin) oranları ilksel granitin lökokratik karakterini yansıtacak şekilde % 90 değerine ulaşabilmektedir. Öte yandan K-feldispatlar içerisindeki levhamsı plajiyoklas kapanımları, K-feldispat ve kuvars birlikte büyümesinden oluşan grafik doku ve ilksel magmanın kristalizasyonu sırasında kısmen ergimiş plajiyoklas kristallerinin izleyen evrede büyüyen K-feldispatlar tarafından kapanlanması gibi dokusal veriler söz konusu kayaların magmatik kökenini destekleyen dokusal verilerdir. Magmatik kristalizasyonun son evre ürünü kuvarslar kayalarda yaklaşık eş boyutlu, öz şekilsiz kristaller şeklinde gözlenmektedir. Değişik boyutlarda öz şekilsiz ve yarı öz şekilli kristaller şeklinde gözlenen plajiyoklaslar yaygın birincil polisentetik ikizlenme göstermektedir. Karlsbad ikizlenmeli ve/veya ikizsiz kristaller şeklindeki ortoklaslar şerit ve yama türü yaygın pertileşmeler sunmaktadır. Ayrıca özellikle deforme örneklerde ortoklaslardan mikroklinlere dönüşümler yaygın bir şekilde gözlenmektedir. Bireysel turmalin kristalleri veya bunların bir araya gelmeleriyle oluşan turmalinit nodülleri içermeleri çalışma alanlarındaki lökokratik ortognaysların ayırtaç özelliklerinden biridir. Turmalinit nodüllerinde öz şekilsiz turmalin kristallerince zengin çekirdek, kuvars, mikroklin ve ortoklaslardan yapılabir dış kuşak ile çevrelenmektedir (Şekil 11a).

Arazi gözlemleri ve petrografik çalışmalarda turmalin lökokratik ortognaysların ana hatlarıyla masif, yönlensiz bir yapı sunmalarına karşın makaslama zonları boyunca protomilonitten ultramilonite kadar değişen sünümlü deformasyon verileri taşıdığı gözlenmiştir. Ana hatlarıyla kristal boyutu küçülmesi, yeniden kristalizasyon ve düzlemsel/çizgisel yapı kazanma olarak tanımlanabilecek amfibolit fasiyesi koşullarındaki bu sünümlü deformasyonun her aşamasına ait dokusal veriler kayaçlarda yaygın olarak izlenebilmektedir (Şekil 11b,c,d).

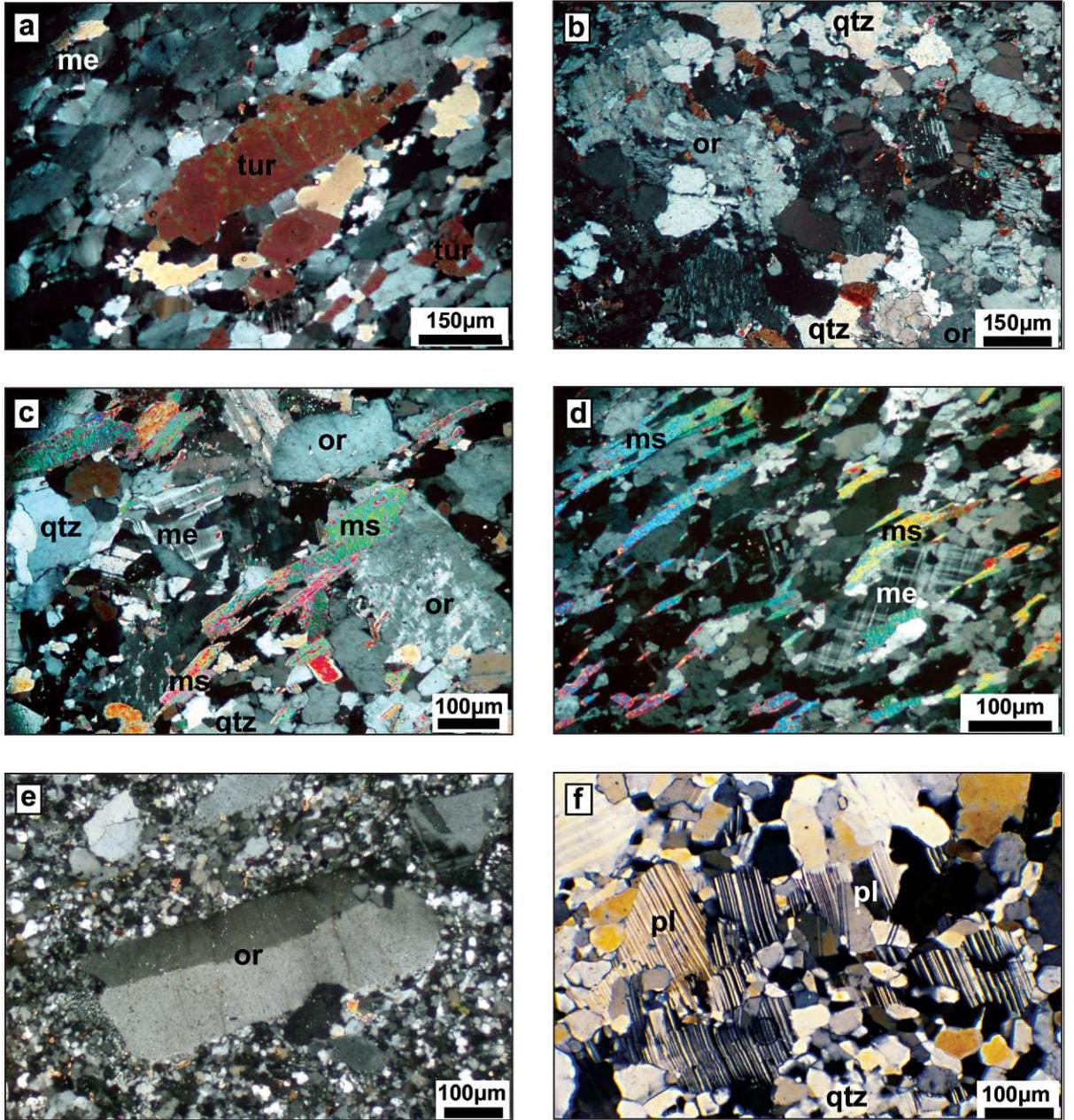
Lökokratik metagranit porfirler genel mineral bileşimleri kuvars, ortoklas, plajiyoklas, muskovit,

(± turmalin, biyotit, zirkon) olarak belirlenmiştir. İnce taneli kuvarsofeldispatik bir zemin içerisinde öz şeklini büyük oranda korumuş feldispat kristalleri içermeleri bu kayaların temel özelliğidir. Feldispat porfiroblastlarının büyük oranda öz şekillerini korumaları ve farklı yönelimlere sahip olmaları bu dokunun metamorfizma ile kısmen düzenlenmiş, ilksel magmatik kayaya özgü birincil porfiritik doku olduğunu göstermektedir. Feldispatlarda ilksel magmatik kayaya ait kalıntı grafik dokular yaygındır. Karlsbad ikizlenmesi sunan ortoklaslar kayadaki feldispatların büyük çoğunluğunu oluşturmaktadır (Şekil 11e). Sünümlü deformasyona uğramış kesimlerinde belirgin foliasyon gözlenen kayalarda bu düzlemler boyunca yaygın muskovit gelişimi gözlenmektedir. Turmalin oranının yüksek değerlere ulaşması, söz konusu kayaların turmalin lökokratik ortognayslarla kökensel bağlantılı olma olasılığını güçlendirmektedir.

Lökokratik metaaplitler Pan-Afrikan magmatik aktivitenin son ürünü, damar karakterindeki kuvars ve plajiyoklasca zengin kayalardır. Yapılan ince kesit çalışmalarında bu kayaların mineral bileşimleri kuvars, albit, rutil, (± ortoklas, sfen, zirkon) olarak belirlenmiştir. İnce taneli, eş boyutlu kristaller şeklinde gözlenen plajiyoklaslar polisentetik ikizlenme göstermekte olup albit bileşimi sunmaktadır (Şekil 11f). Özellikle apitlerin kenar zonlarında konsantre olan titanyumlu fazlar rutil ve sfenden yapılabir. Maksimum % 6 değerine ulaşan rutil ve sfen, kuvars ve albit kristalleri arasında homojen olarak dağılmış ufak kristallerden oluşmaktadır.

3. Amfibol ortognayslar

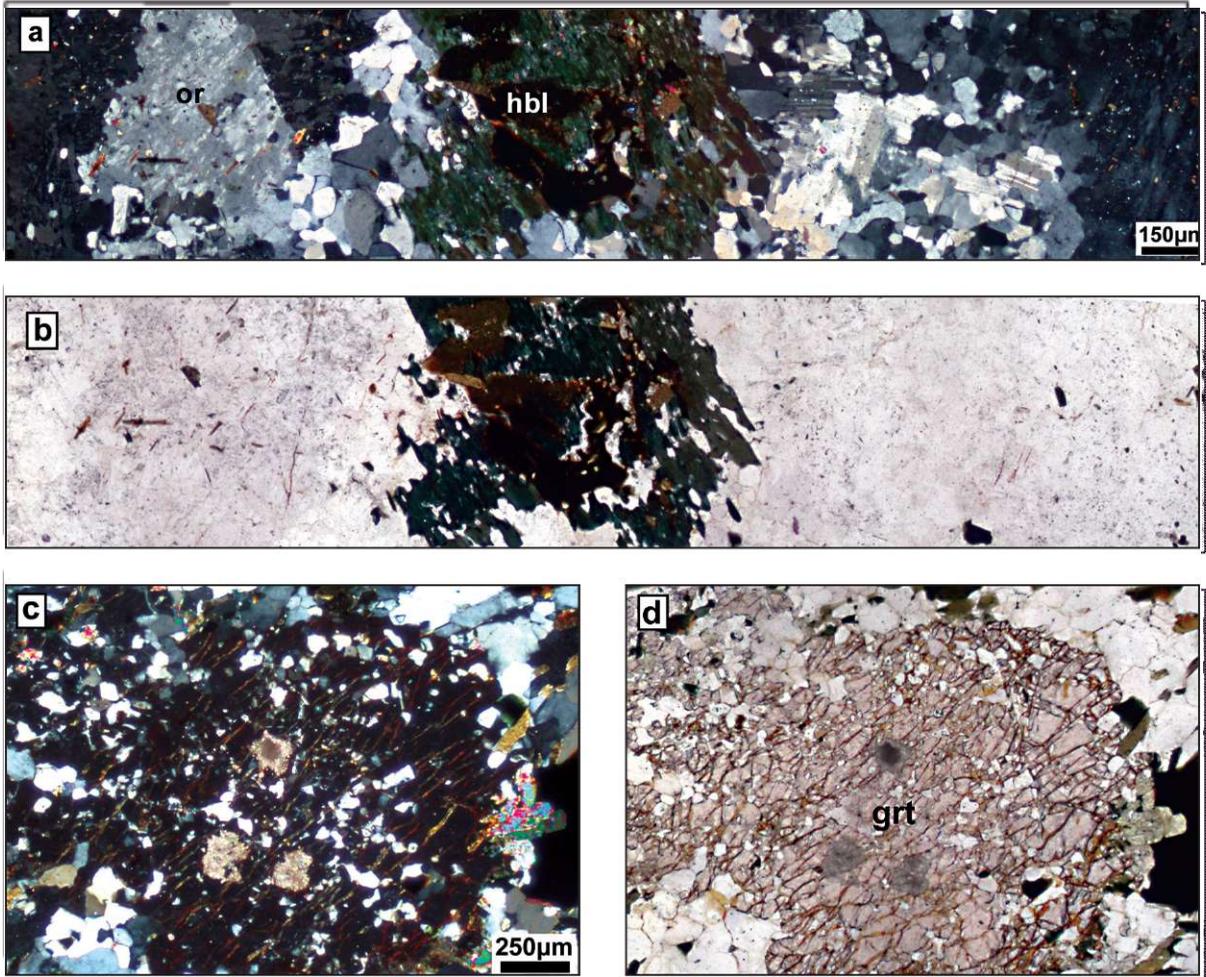
Menderes Masifi'nde sadece Karıncalı Dağ ve Buldan yöresinde gözlenen, hornblend ve granat porfiroblastlarının varlığıyla tanımlanan, granoblastik dokuda, ince/orta kristalli masif kayalardır. Prekambriyen temele ait biyotit ortognayslar ve şistler içerisine sokulan bu kütleler küçük stoklar şeklinde gözlenmektedir. 2 cm boyuta ulaşabilen, koyu yeşil renkli yönlensiz



Şekil 11- (a) Turmalin kristallerince zengin çekirdek ve kuvars, mikroklin ve ortoklaslardan oluşan lökokratik bir dış zondan yapıllı turmalinit nodülü, (b,c,d) Artan sünümlü deformasyon şiddetine bağlı olarak turmalin lökokratik ortogneyslarda gelişen dokusal değışimler, (e) Lökokratik metagranit porfirlerde ince taneli bir zemin içerisinde öz şeklini büyük oranda korumuş birincil ortoklas kristalleri, (f) Albit ve kuvarstan (±rutil) yapıllı metaaplitik kayaların mikroskobik görünümü. +nikol, me:mikroklin, tur:turmalin, or:ortoklas qtz:kuvars, ms:muskovit, pl:plajiyoklas.

amfibol kristalleri eş boyutlu granoblastik doku içerisinde homojen bir dağılım sunmaktadır (Şekil 12a,b). Kütlelerin çeperlerinde ve iç makaslama zonlarında kayalar gri - gümüş renkli, şiddetli düzlemsel ayrılma özelliği gösteren ultramilonitik gnayslara dönüşmüştür. Deformasyon şiddetinin daha zayıf olduğu kesimlerde ise ilksel kayaya ait kısmen düzenlenmiş doku gözlemlenmektedir. Amfibol ortognaysların genel mineral bileşimleri ortoklas, plajiyoklas, kuvars, hornblend, biyotit, granat ve muskovit (\pm turmalin,

zirkon, sfen, epidot) olarak belirlenmiştir. Bu tür ortognaysların karakteristik özellikleri amfibol porfiroblastları içermeleridir. Koyu yeşil renkli amfiboller hornblend bileşiminde olup kuvars, feldispat ve epidot inklüzyonlarından kaynaklanan poikilitik bir dokuya sahiptir. Bu gnayslardaki granat porfiroblastları amfibollere benzer şekilde öz şekilsiz kristal formlarına sahip olup bazı tanelerde inklüzyon miktarı ana mineralin oranına yaklaşmaktadır (Şekil 12c,d).



Şekil 12- (a,b) Granoblastik doku sunan, ortoklasça zengin amfibol ortognaysların genel görüntüsü, (c,d) Amfibol ortognayslardaki bol inklüzyon içeren, özşekilsiz granat kristali (a-c: haç nikoller, b-d: paralel nikoller) or:ortoklas, hbl:hornblend, grt:granat.

PAN-AFRİKAN MAGMATİZMASININ JEOKRONOLOJİSİ

Zirkon morfolojisi

Bu bölümde Menderes Masifi'nin genelinde biyotit ve turmalince zengin ortognayslardan zenginleştirilen zirkonların temel morfolojik özellikleri, iç yapılarına yönelik özellikler ve bunlara uygulanan inceleme yöntemleri kısaca özetlenmektedir. Bu çalışmalara ilişkin detaylı tanımlamalar Koralay (2001) de sunulmaktadır. Binoküler mikroskop altında seçilen zirkonlar yaş tayini çalışmaları öncesi taramalı elektron mikroskobu (SEM) altında incelenmiştir. Morfolojilerine göre sınıflandırmak ve iç yapılarını analiz edebilmek amacıyla zirkonlardan SEM ve katodoluminesans (CL) fotoğrafları çekilmiştir. Yapılan SEM çalışmalarında biyotit ortognayslardan ayrılan zirkonların büyük çoğunluğunun magmatik kökeni yansıtan, benzer morfolojik özelliklere sahip olduğu belirlenmiştir. Bunlar özşekilli, bazen asimetrik, genellikle renksiz, az oranda pembe, kahverengi renklerde, saydam, kısa (2:1) veya uzun (3:1, 4:1) prizmatik, bazen inklüzyon ve eski çekirdek içeren taneler şeklindedir (Şekil 13). Zirkonlar, Pupin ve Turco (1974) sınıflamasına göre baskın olarak S6, S7, S11 ve S12 tiplerinde, daha az oranda ise L1, S2, S13 ve S17 tiplerinde kristalleşmişlerdir. Bu baskın tiplere dayanılarak ilksel magmanın kristalleşme sıcaklığı 700-750 °C olarak belirlenmiştir (Loos ve Reischmann, 1999; Koralay, 2001). Pupin (1980), bu tip zirkonlar iki mikali granitler için tipik olduğunu belirtmektedir.

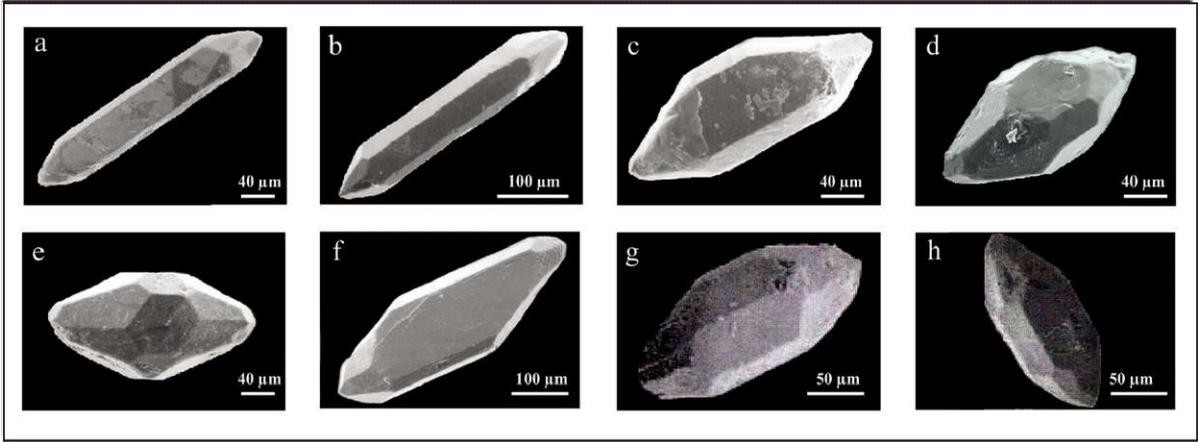
Katodoluminesans incelemeleri ortognayslardaki zirkonların magmatik kökenli olduklarını ortaya koymuştur (Şekil 14). Magmatik kayalardakilere özgü tipik zonlanma sunan bu zirkonlarda kristal yüzeyleri tanenin iç kesimlerinde gözlenen zonlanma desenlerine belirgin paralellik sunmaktadır. Bu veri, tüm tanenin benzer koşullar altında kristalleştiğini göstermektedir. Bazı zirkon taneleri çok evreli büyümeye ilişkin dokusal veriler sunmaktadır. Uzun çubuksu tanelerde eski

detritik çekirdeklere rastlanmazken (Şekil 14a-d) kısa ve kalın tanelerde değişken boyutlarda bir veya birkaç eski çekirdek gözlenebilmektedir (Şekil 14e). Bu eski tanelerin de magmatik zonlanma gösterdikleri saptanmıştır. Ortognaysların ilksel granitlerinin kristalizasyon yaşlarını belirleyebilmek amacıyla yaş tayini ölçümlerinde kalıntı çekirdek içermeyen, bir eriyikten kristalleşmeyi tanımlayan magmatik zonlanma desenlerine sahip ince uzun prizmatik taneler seçilmiştir. Turmalin lökokratik ortognayslardaki zirkonların da benzer şekilde magmatik kökenli oldukları görülmektedir (Şekil 14 f-h). Bu kayalara ait tüm tanelerde magmatik zonlanmaya özgü tipik desenler gözlenmektedir.

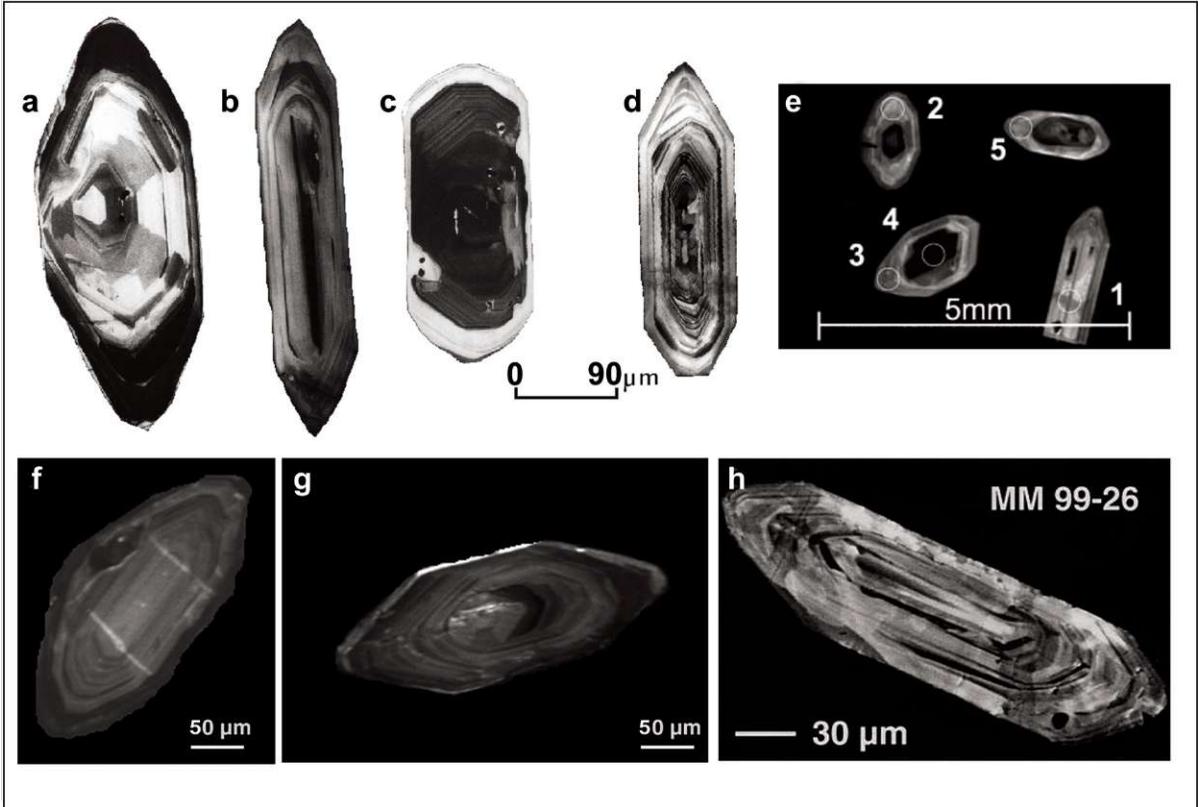
Elde edilen yaşlar

Yukarıdaki bölümlerde de değinildiği gibi önceki çalışmalarda ortognaysların farklı türlere ayırımı yapılmamış ve araştırmacılarca bütün gnayslar ayırım gözetilmeksizin gözlü veya granitik gnays olarak tanımlanmıştır. Oysa son yıllarda elde edilen bulgular Masif'teki gnaysların, özellikle mineral bileşimlerine dayalı olarak sınıflandırılması ve yaşlandırma çalışmalarının bu temel üzerine oturtulması gerekliliğini açıkça ortaya koymuştur. Günümüze değin Masifte gerçekleştirilen jeokronolojik çalışmaların büyük kısmı Çine Asmasıf'inde yüzlek veren ortognayslar üzerinedir. İlk jeokronolojik çalışmalarda, Menderes Masifi'nin güneyinde Çine Asmasıf'indeki ortognayslardan Rb-Sr toplam kaya yaş tayinleri yapılmış ve 490±90 My (Dora, 1975, 1976) ve 470±9 My (Satır ve Friedrichsen, 1986) yaşlar elde edilmiştir (Çizelge 1). 1990'lı yılların ortalarından sonra Masif'in genelinde jeokronolojik yaş tayini çalışmalarının hızlandığı görülmektedir. Yapılan bu çalışmalarda yeni yöntemler kullanılmış ve jeolojik ilişkilerle uyumlu, daha hassas yaşlar elde edilmiştir.

Bu makede, önceki çalışmalardan yapılan alıntılarda gnays adlamalarında yazarların tanımlamalarına sadık kalınmış, bu gnaysların yeni önerdiğimiz sınıflamadaki olası karşılıkları ise



Şekil 13- Biotit ortognayslardan elde edilen tipik zirkonların SEM görüntüleri (a-f: Koralay ve diğerleri, 2004, g-h: Loos ve Reischmann, 1999).



Şekil 14- a-e) Biotit ortognays ve f-h) turmalin lökokratik ortognayslardaki tipik uzun-prizmatik magmatik zirkonların katodoluminesans (CL) görüntüleri (a-d-f: Koralay ve diğerleri, 2004, e: Gessner ve diğerleri, 2004, h: Gessner ve diğerleri, 2001).

Çizelge 1- Menderes Masifi'nde Pan-Afrikan temelde yer alan ortognaysların önceki çalışmalarda önerilen jeokronolojik ve göreceli yaşları.

| Bölgeler | Kaynaklar | Ortognays Türleri | | Yöntem | Yaş (My) |
|--------------------------------|---|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------|---|
| | | Orijinal İsimlendirme | Bu Çalışmada | | |
| Demirci-Gördes asmasıfı | | | | | |
| Simav'ın GD'su | Dannat (1997) | Gözlü gnays | --- | Pb/Pb evapor. | 541.4±2.5 |
| Demirci'nin GB'si | | | | | 537.2±2.4 |
| Demirköprü barajı | | | | | 544.1±4.3 |
| Kula güneyi | Dora ve diğerleri,(2002) | Granitik gnays | Biyotit gnays | Pb/Pb evapor. | 549.7±7.6 |
| Ödemiş-Kiraz asmasıfı | | | | | |
| Kuyucak KD'su | Dannat (1997) | Gözlü gnays | --- | Pb/Pb evapor. | 528.0±4.3 |
| Buldan batısı | | Gözlü gnays | --- | | 528.1±1.6 |
| Kiraz GD'su | | Gözlü gnays | Biyotit gnays | | 538.1±2.6 |
| Alaşehir güneyi | Koralay ve diğerleri, (2004) | Ortognays | Biyotit gnays | Pb/Pb evapor. | 561.5±0.8 570.5±2.2 |
| Çine Asmasıfı | | | | | |
| --- | Dora (1975, 1976) | --- | --- | Rb-Sr top.kaya | 490±90 |
| Çine GB'si | Şengör ve diğerleri, (1984); Satır ve Friedrichsen (1986) | Metagranit | --- | Rb-Sr top.kaya | 470±9 |
| Selimiye K'yi | Hetzl ve Reischmann (1996) | Gözlü gnays | Turmalin lökokratik ortognays | Pb/Pb evapor. | 546.0±1.6 546.4±0.8 |
| Selimiye K'yi | Loos ve Reischmann (1999) | Granitik gnays | Turmalin lökokratik ortognays | Pb/Pb evapor. | 563±3, 536±9 572±7, 521±8 556±4, 546±5 551±5 |
| Çine GB'si | Gessner ve diğerleri, (2001) | Metagranit | Turmalin lökokratik ortognays | Pb/Pb evapor. | 547.2±1.0 |
| Bafa Gölü doğusu | Gessner ve diğerleri, (2004) | Metagranit | Turmalin lökokratik ortognays | U-Pb SHRIMP | 541±14 |
| Çine GB'si | | Metagranit | Biyotit gnays | U-Pb SHRIMP | 566±9 |
| Yatağan kuzeyi | Dora ve diğerleri, (2006) | Granitik gnays | Biyotit gnays | Pb/Pb evapor. | 552.1±2.4 |
| Kavaklıdere KB'si | | Porfiritik metagranit | Lökokratik metagranit porfir | Pb/Pb evapor. | 551.5±2.9 |
| Yatağan kuzeyi | | Turmalin lökokratik ortognays | Turmalin lökokratik ortognays | Pb/Pb evapor. | 545.6±2.7 |
| Yatağan kuzeyi | | Turmalin lökokratik ortognays | Turmalin lökokratik ortognays | U-Pb izotop seyreltme | 549±26 |
| Karacasu KB'si | Koralay ve diğerleri, (2007) | Amfibol gnays | Amfibol gnays | Pb/Pb evapor. | 530.9±5.3 |
| Göreceli Yaşlar | | | | | |
| Selimiye K'yi | Bozkurt ve Park (1994) | Gözlü gnays | Turmalin lökokratik ortognays | | Erken Oligosen |
| Selimiye K'yi | Bozkurt ve diğerleri, (1995) | Gözlü gnays | Turmalin lökokratik ortognays | | Geç Oligosen / Erken Miyosen |
| Bafa Gölü doğusu | Erdoğan (1992); Erdoğan ve Güngör (1994) | Gözlü gnays | Turmalin lökokratik ortognays | | Geç Kretase / Erken Senozoyik |
| Yatağan K'yi | Bozkurt (2004) | Turmalin lökokratik ortognays | Turmalin lökokratik ortognays | | Geç Oligosen / Erken Miyosen |
| Çine asmasıfı güneyi | Bozkurt ve diğerleri, (2006) | Turmalin lökokratik ortognays | Turmalin lökokratik ortognays | | Tersiyer |

parantez içerisinde italik olarak verilmiştir. Buna karşın tarafımızca yapılan çalışmalarda yaşlandırılan ortognayslar ise önceki bölümlerde belirtilen kriterlere dayalı olarak adlandırılmıştır (Çizelge 1). Çizelgede görüldüğü gibi bir çok çalışmada (Dannat, 1997; Dora ve diğerleri, 2002; Koralay ve diğerleri, 2004; Dora ve diğerleri, 2005) gözlü/granitik gnays olarak tanımlanan gnayslar yeni sınıflamadaki biyotitce zengin gnayslara karşılık gelirken çok sayıda çalışmada (Bozkurt ve Park, 1994; Bozkurt ve diğerleri, 1995; Hetzel ve Reishmann, 1996; Loos ve Reischmann, 1999; Gessner ve diğerleri, 2001; Gessner ve diğerleri, 2004; Erdoğan, 1992; Erdoğan ve Güngör, 2004; Bozkurt, 2004; Bozkurt ve diğerleri, 2006) önerilen gözlü/granitik gnays ve metagranit tanımlamaları ise turmalin lökokratik ortognayslara karşılık gelmektedir. Masifte ortognaysların yaşlandırılmasına yönelik gerçekleştirilmiş çalışmalara ait sonuçlar asmasifler bazında aşağıda verilmektedir.

Demirci-Gördes asmasifi.- Demirci-Gördes Asmasifi'nde yaş tayinine yönelik ilk çalışmalar Dannat (1997) tarafından gerçekleştirilmiştir. Araştırmacı, yaşlandırdığı gözlü gnays (biyotit ortognays) örneklerinden Simav GD'sundan 541.4 ± 2.5 My, Demirci GB'sından 537.2 ± 2.4 My ve Demirköprü Barajı çevresinden 544.1 ± 4.3 My'lık yaşlar elde etmiştir (Şekil 15, Çizelge 1). Bu yaşlar araştırmacı tarafından gözlü gnaysların (biyotit ortognays) ilksel kayalarının sokulum yaşları olarak kabul edilmiştir. Dora ve diğerleri (2002), Kula güneyinde, paragnayslar içerisine sokulum yapan granoblastik dokulu granitik gnaysların (biyotit ortognays) ilksel kayalarının sokulum yaşını benzer şekilde 549.7 ± 7.6 My olarak belirlemiştir (Şekil 15, Çizelge 1).

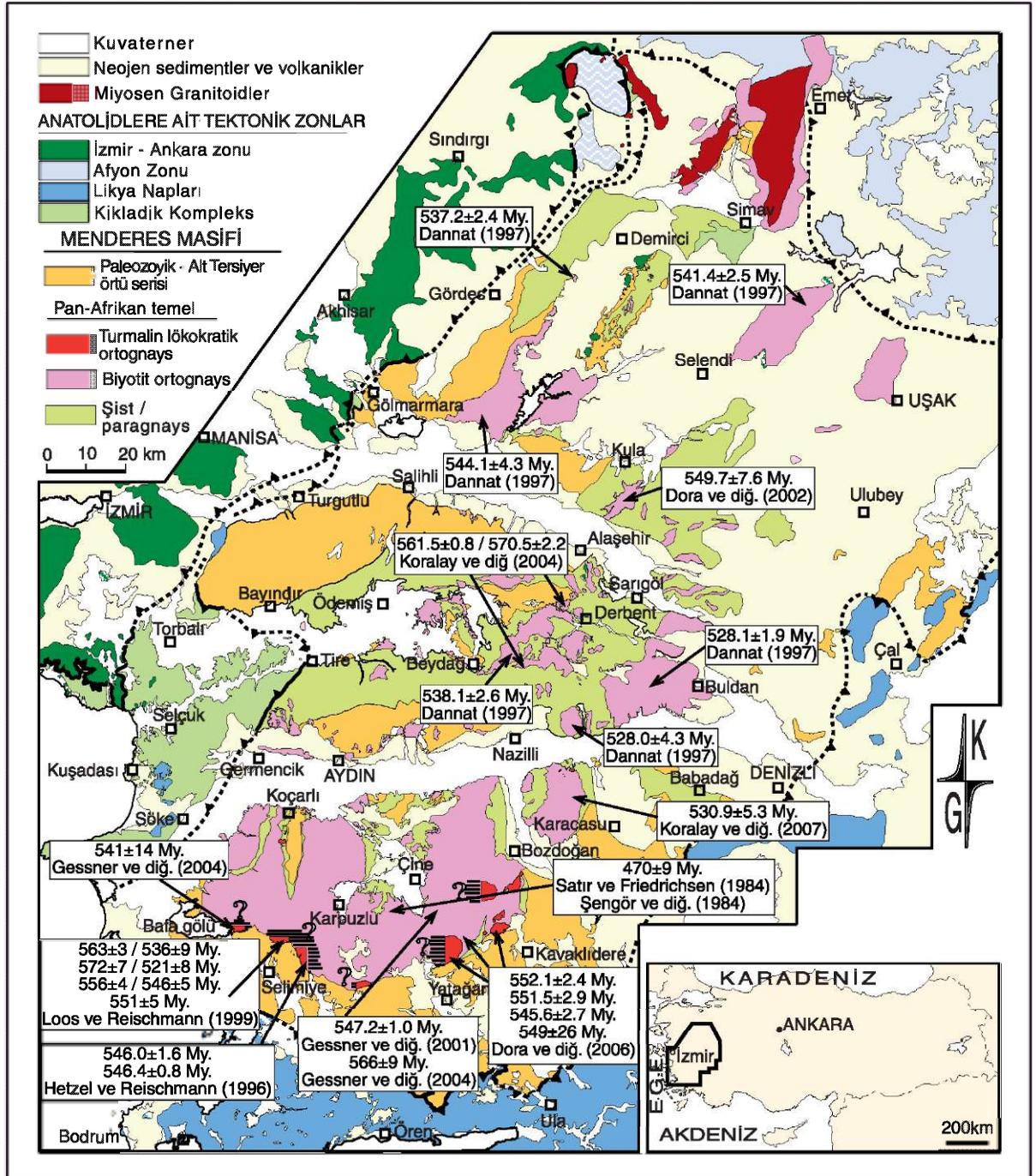
Ödemiş-Kiraz asmasifi.- Bu asmasifte de ortognayslar üzerine sınırlı sayıda yaş tayini çalışması mevcuttur. Dannat (1997) tarafından üç farklı bölgeden alınan gözlü gnays örneklerinden (biyotit ortognays) Kuyucak KD'sindeki-lerden 528.0 ± 4.3 My, Buldan batısında yer alan kütleden 528.1 ± 1.6 My ve Kiraz GD'sinde yer

alan gnays kütesinden ise 538.1 ± 2.6 My'lık yaşlar elde edilmiştir (Şekil 15, Çizelge 1). Araştırmacı tarafından bu yaşlar gözlü gnaysların (biyotit ortognays) ilksel kayalarını oluşturan granitlerin sokulum yaşları olarak yorumlanmıştır. Koralay (2001) ve Koralay ve diğerleri (2004), Alaşehir güneyinde yer alan gözlü gnayslardan (biyotit ortognays) 561.5 ± 0.8 My ve 570.5 ± 2.2 My sokulum yaşlarını elde etmiştir (Şekil 15, Çizelge 1).

Çine asmasifi.- Bu asmasifteki gnayslar jeokronolojik açıdan çok yoğun olarak çalışılmıştır. Hetzel ve Reischmann (1996) Selimiye kuzeyinde yüzeyleyen ve az deforme gnays olarak adlandırdığı kayaçların ilksel granitlerinin intrüzyon yaşlarını 546.0 ± 1.6 My ve 546.4 ± 0.8 My olarak vermektedir (Şekil 15, Çizelge 1). Bu kayaçlar, aynı bölgede Dora ve diğerleri (2005) tarafından yapılan çalışmada turmalin lökokratik ortognays olarak tanımlanmıştır. İzleyen yıllarda yine, Selimiye'nin kuzeyindeki gnayslardan (turmalin lökokratik ortognays) sokulum yaşı olarak 521 ± 8 - 572 ± 7 My arasında değişen yaşlar (Loos ve Reischmann, 1999) saptamıştır (Şekil 15, Çizelge 1).

Gessner ve diğerleri (2001), Eskiçine ile Akçova arasındaki yol boyunca (Çine güneydoğusu) ortognaysların metagranitler tarafından kesildiğini ve göreceli olarak daha genç olan metagranitlerin sokulum yaşlarının tek zirkon Pb/Pb evaporasyon yöntemine dayalı olarak 547.2 ± 1.0 My olduğunu belirtmektedir (Şekil 15, Çizelge 1). Gözlü gnaysları (biyotit ortognays) kesen bu metagranitlerin son yıllarda yapılan çalışmalarda turmalin lökokratik ortognayslara karşılık geldiği görülmektedir (Dora ve diğerleri, 2005). İzleyen yıllarda, aynı bölgeden alınan örneklerden, U-Pb SHRIMP yöntemiyle gözlü gnayslardan (biyotit ortognays) 566 ± 9 My ve onları kesen turmalin lökokratik ortognayslardan 541 ± 14 My yaşları elde edilmiştir (Gessner ve diğerleri, 2004).

Çine asmasifinin güney sınırı boyunca ortognays tiplerinin yaşlandırılmasına yönelik Dora



Şekil 15- Menderes Masifi'nde Pan-Afrikan temel içerisinde yer alan yaşlandırılmış ortogneyslerin lokasyon ve yaşları.

ve diğerleri (2005) tarafından yapılan çalışmada, arazi ilişkilerinin göreceli olarak biyotit ortognaysların en yaşlı evreye ilişkin granitleri temsil ettiklerini ve bunların diğer granit türleri tarafından kesildiğini belirtmektedir. Jeokronolojik çalışmalardan da bu ilişkiyi destekler nitelikte veriler elde edilmiştir. Yatağan kuzeyindeki biyotit ortognaysların sokulum yaşı 552.1 ± 2.4 My olarak belirlenirken Kavaklıdere kuzeyinde biyotit ortognaysları kesen lökokratik metagranit porfirlerden 551.5 ± 2.9 My'lık sokulum yaşı elde edilmiştir. Yatağan kuzeyinde Seykel Köyü çevresinde yer alan ve yine biyotit ortognaysları kesen turmalin lökokratik ortognayslardan U-Pb ve tek zirkon Pb/Pb evaporasyon yöntemleriyle sırasıyla 549 ± 26 My ve 545.6 ± 2.7 My'lık daha genç sokulum yaşları elde edilmiştir (Dora ve diğerleri, 2005). Çine Asmasıf'i'nde Karacasu ilçesinin batısında yer alan bölgede Prekambriyen şistler içerisinde küçük sokulumlar şeklinde gözlenen amfibol ortognaysların sokulum yaşları tek zirkon evaporasyon yöntemiyle 530.9 ± 5.3 My olarak bulunmuştur (Koralay ve diğerleri, 2007).

TRİYAS MAGMATİZMASI

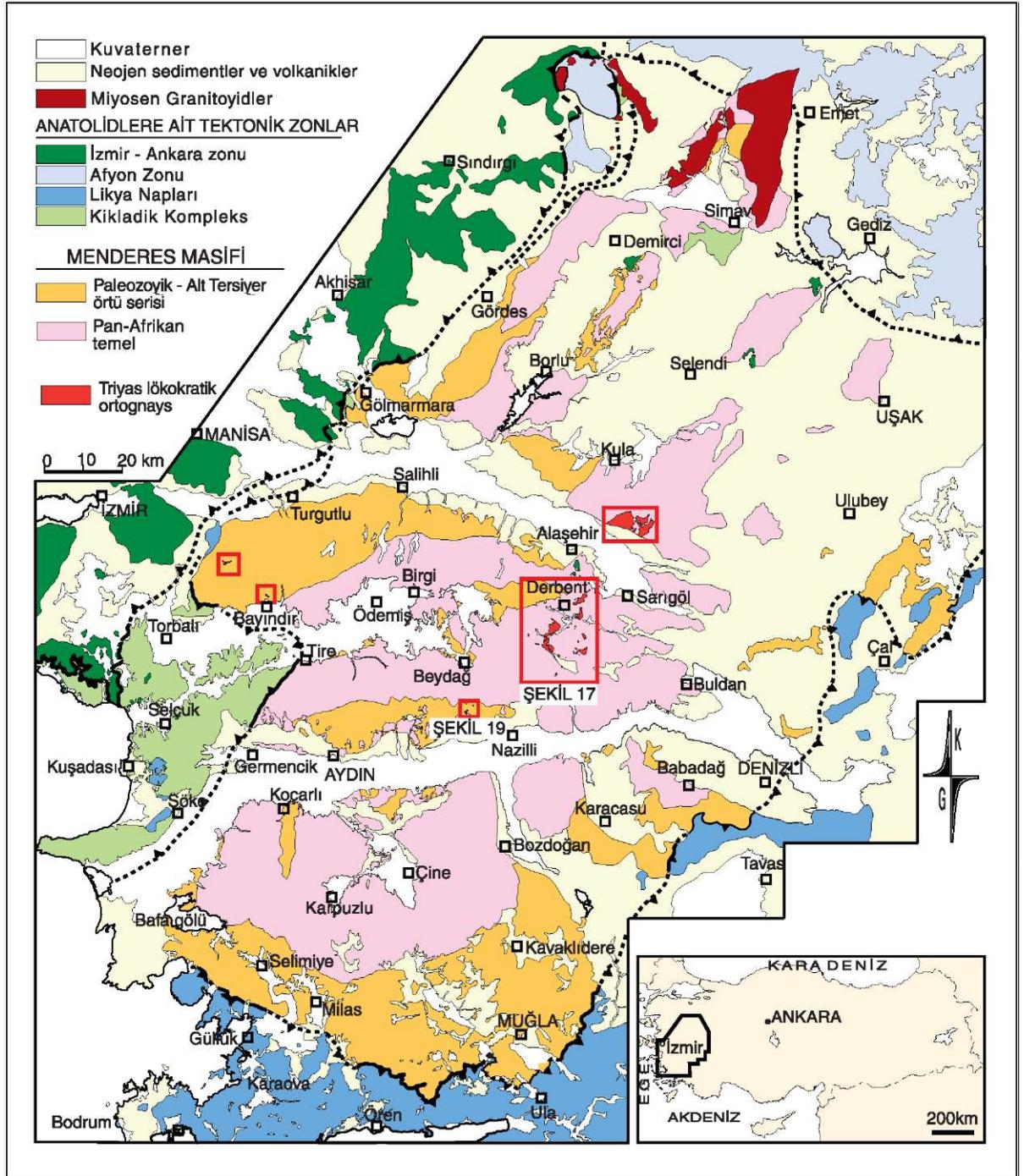
TRİYAS MAGMATİZMASININ MENDERES MASİFİ'NDEKİ DAĞILIMI

Menderes Masifi'nde yaygın olarak gözlenen Orta Triyas yaşlı granitlerin varlığı Masifteki ikinci ana magmatik aktiviteyi göstermektedir. Triyas yaşlı lökokratik ortognayslar Masifte KD-GB yönlü bir zon boyunca farklı bölgelerde gözlenmektedirler (Şengör ve diğerleri, 1984). Ödemiş-Kiraz Asmasıf'i'nde Alaşehir'in güneyinde Derbent çevresinde ve Atça'nın kuzeyinde Demirhan Köyü çevresinde gözlenmektedirler (Koralay ve diğerleri, 2001). Bu granitler ayrıca, Demirci-Gördes Asmasıf'i'nde Kula güneyinde Kırcaali Köyü çevresinde yine değişik boyutlarda kütleler şeklinde bulunurlar (Candan, 1994) (Şekil 16).

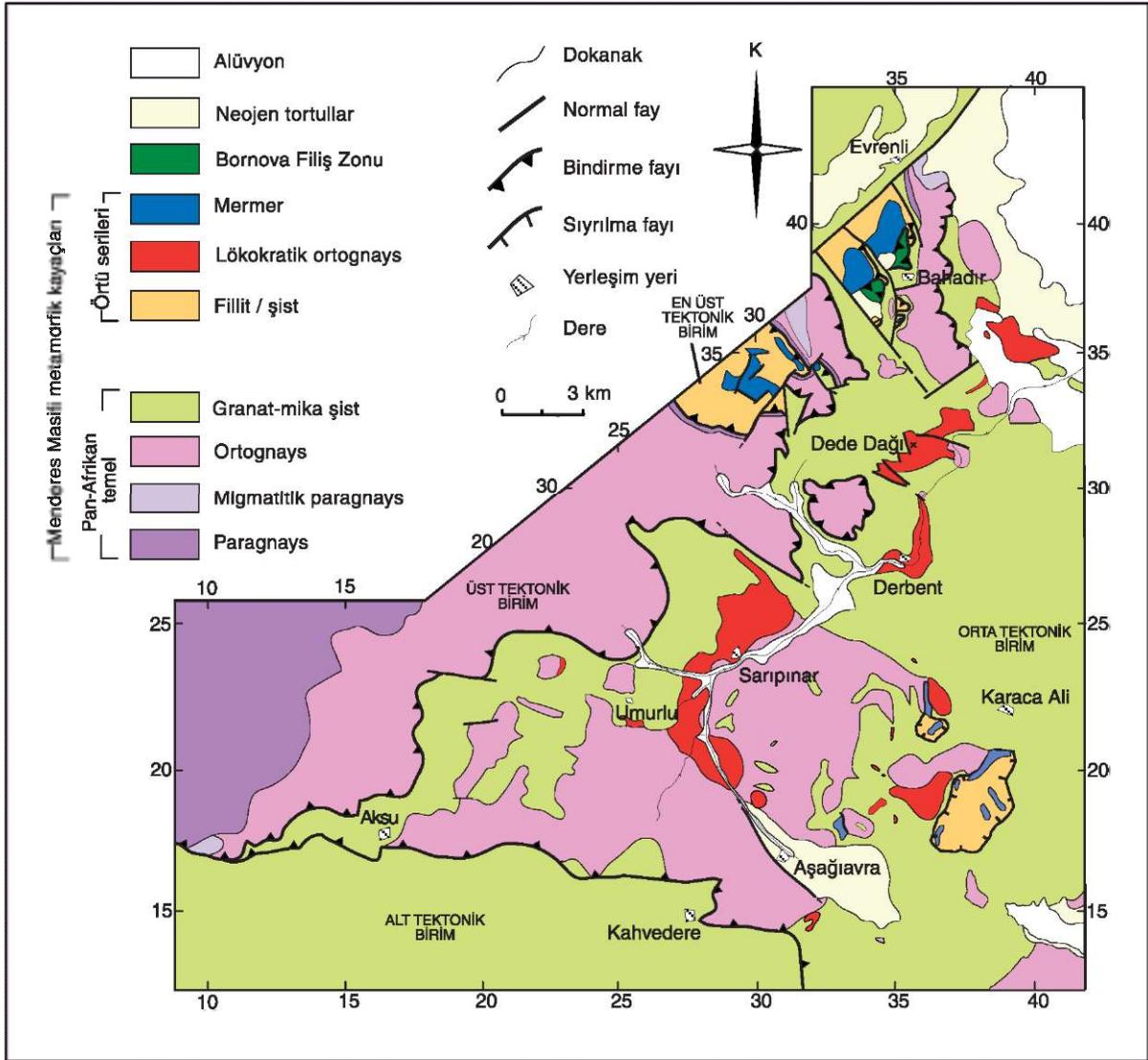
Lökokratik ortognayslar, Derbent çevresinde içsel ekaylanmalı bir yapı sunan Pan-Afrikan temele ait şist ve ortognayslar içerisinde intrüziif

dokanaklarla yer almaktadır (Şekil 17). Bölgedeki dört tektonik dilimden alttan üste doğru Pan-Afrikan temele ait olan üç tektonik dilimi, Paleozoyik yaşlı fillit, kuvarsit ve mermerleri içeren tektonik dilim tarafından üzerlenmektedir. Pan-Afrikan temele ait ilk dilim tamamen granat mika şistlerden yapıldır. Orta dilimde yer alan Triyas yaşlı lökokratik ortognayslar Dede Dağı ve Derbent çevresinde büyük oranda Prekambriyen yaşlı granat-mika şistlerle intrüziif dokanak yapmaktadır (Şekil 18a). Güneyde Sarıpınar Köyü çevresinde yer alan en büyük lökokratik ortognays kütlesi Prekambriyen yaşlı şistler ve $560-570$ My yaşlı (Koralay ve diğerleri, 2004) biyotit ortognaysları kesmektedir. Derbent bölgesinde, Karacaali Köyü'nün batısında yer alan lökokratik ortognayslar olasılı Paleozoyik yaşlı bir mermer merceği ile dokanak yapmaktadır. Belirgin kontak metamorfizma özellikleri sunan bu zonda vollastonit, grosular, vezüvyanit ve epidot'tan oluşan kontak metamorfik mineral topluluğuna rastlanmaktadır (Koralay, 2001). Alaşehir'in kuzeyinde Balcılar ve Kırcaali Köyleri arasında kalan bölgede benzer şekilde değişik boyutlarda lökokratik ortognayslar ve bunların meta-aplitlerine rastlanmaktadır (Candan, 1994). Bu bölgede gözlenen Triyas yaşlı lökokratik ortognayslar temel serilerine ait şistler ve Paleozoyik örtü serilerine ait fillitler içerisinde intrüziif dokanaklarla sokulum yapımlardır (Şekil 16). Özellikle Paleozoik yaşlı mermer arakatıklarında epidot ve amfibolden oluşan skarn zonları gelişmiştir. Fillitlerdeki kontak metamorfik etkiler ise masif granat oluşumları ile tanımlanmaktadır.

Triyas yaşlı lökokratik ortognayslar ayrıca Atça (Aydın) kuzeyinde Demirhan Köyü çevresinde (Şekil 19) Permo-Karbonifer yaşlı örtü serileri içerisinde ufak kütleler şeklinde gözlenmektedir (Koralay ve diğerleri, 2001). Bölgede 600 m boyutlarına ulaşan lökokratik ortognaysların çevresinde bu magmatizma ile ilişkili bir kaç metre kalınlıkta sayısız apolit damarı da gözlenmektedir. Dannat (1997) tarafından Demirci-Gördes Asmasıf'i'nde Simav'ın kuzeyinde ve güneyinde benzer yaşta kayaçların varlığından söz



Şekil 16- Triyas yaşlı lökokratik ortognaysların Menderes Masifi'ndeki dağılımları.

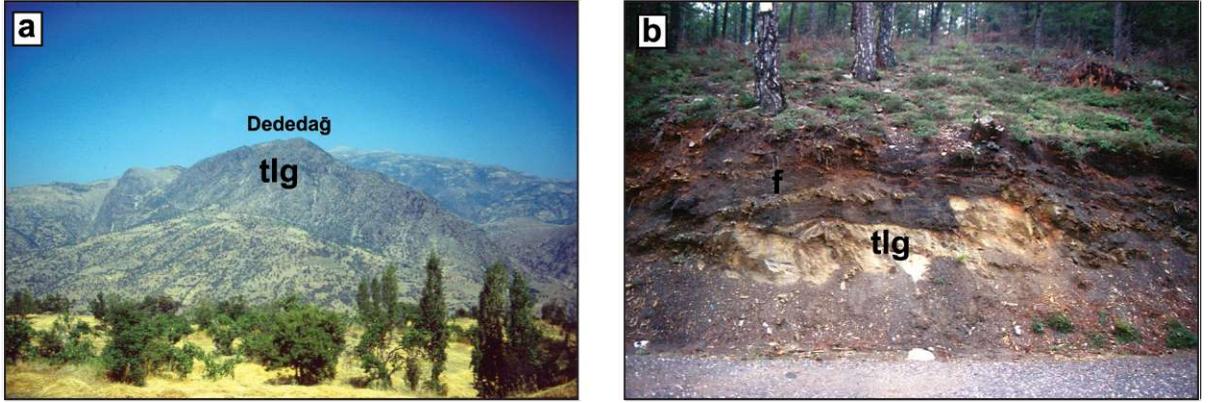


Şekil 17- Ödemiş-Kiraz asmasifinin doğusunda yer alan Derbent bölgesinin jeoloji haritası (Koralay ve diğerleri, 2001).

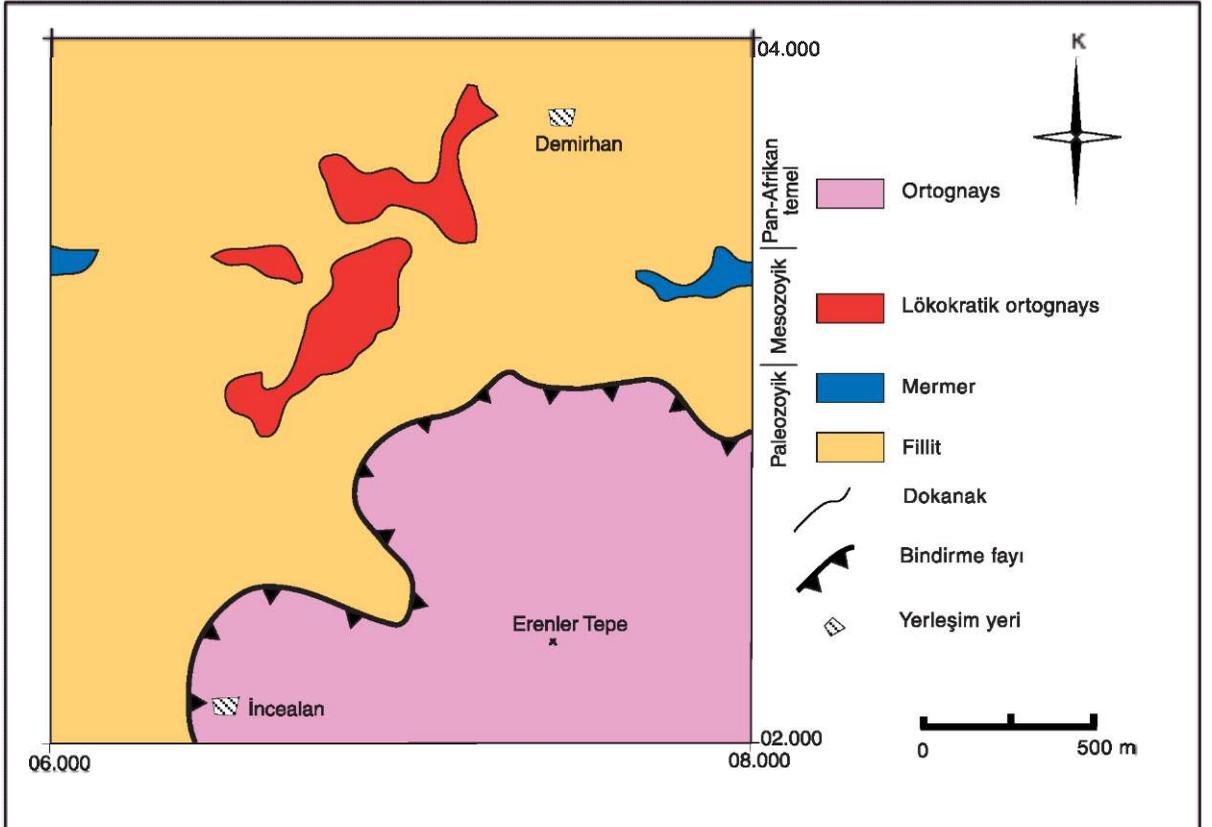
edilmektedir. Son yıllarda yapılan çalışmalarda Ödemiş-Kiraz asmasifinde Paleozoyik yaşlı örtü serileri içerisinde küçük boyutta siller şeklinde yeni lökokratik ortognays görünümleri saptanmıştır. Bunlar Bayındır'ın 2 km kuzeydoğusunda, Kemalpaşa'nın güneydoğusundaki Bayramlık Köyü çevresinde ve Salihli'nin güneyindeki Allahdiyen Köyünün 4 km güneyinde yer almaktadır (Şekil 18b).

LÖKOKRATİK ORTOGNAYSLARIN MAKROSKOPİK VE MİKROSKOPİK ÖZELLİKLERİ

Triyas yaşlı lökokratik ortognayslar beyaz, kirli beyaz, yeşilimsi beyaz, eş boyutlu, ince taneli ve genellikle belirgin bir foliasyona sahip kayalardır (Şekil 20a). Deformasyondan korunmuş kesimlerinde masif yapı görülmektedir. Kaya muskovit



Şekil 18- (a) Prekambriyen yaşlı şistleri kesen Triyas yaşlı lökokratik ortognayslardan yapıllı Dededağ sokulumu, Derbent güneyi, (b) Paleozoyik fillitler içerisindeki Triyas yaşlı lökokratik ortognays damarı, Bayramlık Köyü/Kemalpaşa, (tlg: Triyas lökokratik ortognays, f: fillit).



Şekil 19- Ödemiş-Kiraz asmasifinin güneyinde, Aydın / Demirhan Köyü çevresinde yer alan Triyas lökokratik ortognaysların jeoloji haritası (Koralay ve diğerleri, 2001).

oranının artmasıyla orantılı olarak daha yeşil bir renk kazanmaktadır. Manyetit içeren türleri ise grimsi renkte gözlenmektedir (Şekil 20b). % 10-15 oranına ulaşabilen muskovitler kayaçta foliasyon düzlemlerini belirlemektedir. İlksel granitik bileşime işaret eden kuvars, plajiyoklas ve ortoklas oranı % 88-95 değerine ulaşmaktadır.

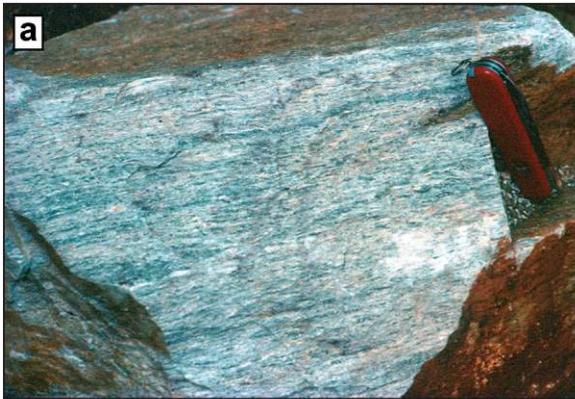
Mineralojik bileşimlerine göre Triyas yaşlı lökokratik ortognayslar üç farklı grup altında toplanmaktadır. Bunlar; i) Biotit-muskovit lökokratik ortognays, ii) Manyetit lökokratik ortognays ve iii) Biotit lökokratik ortognaystır. Lökokratik ortognaysların genel mineral bileşimi kuvars, ortoklas, plajiyoklas ve muskovit (\pm biyotit, turmalin, granat, apatit, zirkon ve manyetit) ten oluşmaktadır. Kayaçta kuvars % 42-54, ortoklas % 10-38 ve plajiyoklaslar ise % 6-15 oranındadır. Kayacın ana bileşenlerinden olan K-Feldispatlar (ortoklas ve mikroklin) yarı öz şekilli ve şekilsiz taneler şeklinde gözlenmekte ve boyutları 6-7 mm'ye ulaşmaktadır. Kayaçlarda sünümlü koşullardaki deformasyonun şiddetine bağlı olarak kristal boyutları küçülmekte ve kuvvetli foliasyon gösteren ve milonitik karakterdeki lökokratik ortognayslara geçilmektedir (Şekil 21a-d). Açık yeşil pleokroizma sunan muskovitler Derbent ve Alaşehir kuzeyinde yer alan kütlelerde % 21 değerine kadar ulaşırken Demirhan çevresinde yer alan lökokratik ortognayslarda %

10 değerinin altında kalmaktadır. Manyetit lökokratik ortognayslarda manyetit oranı % 15'lere kadar ulaşabilmektedir. Manyetit kristalleri tek tek veya yığınlar şeklinde gözlenebilmektedir (Şekil 21e,f).

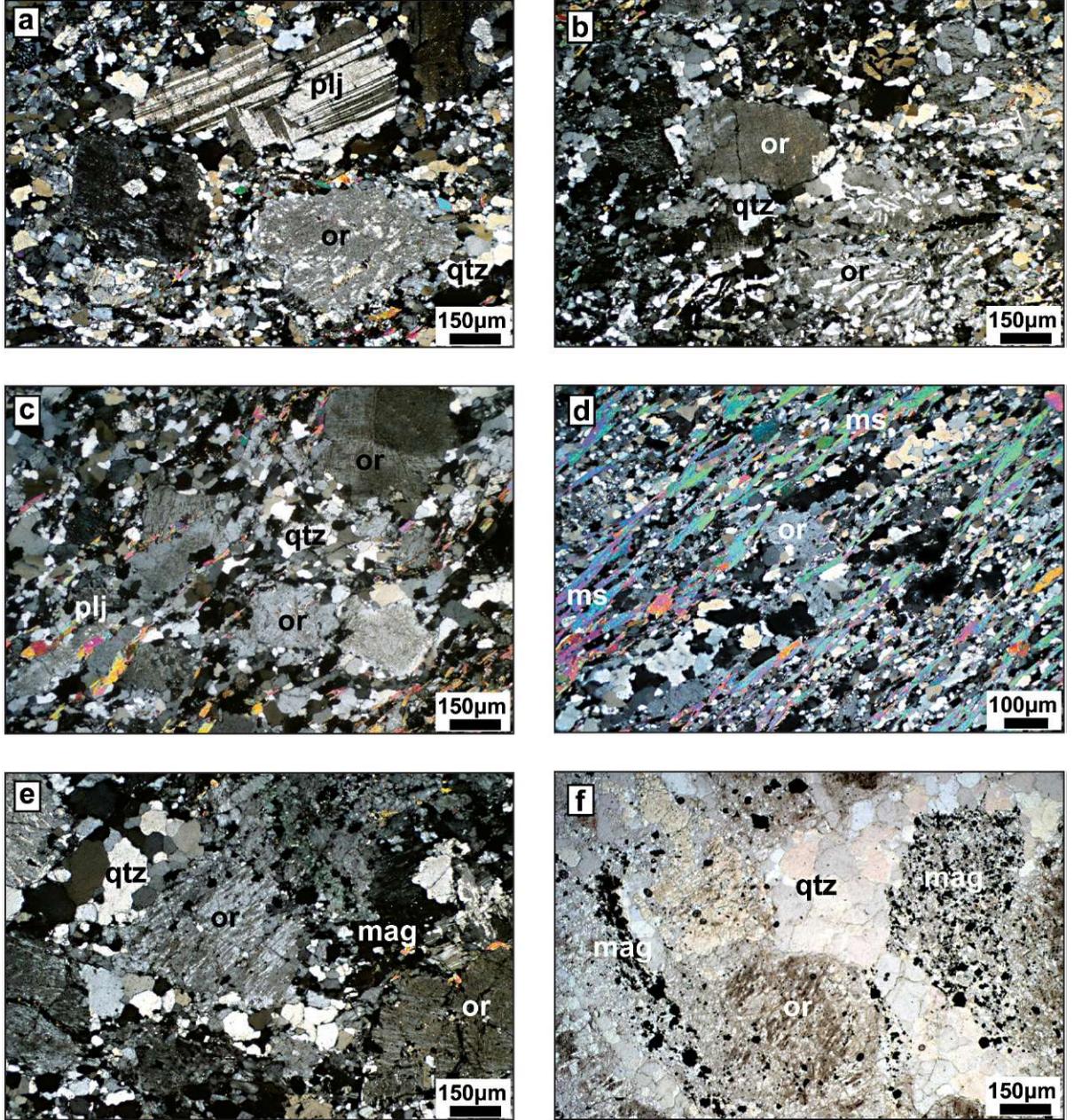
TRİYAS MAGMATİZMASININ JEOKRONOLOJİSİ

Zirkon morfolojisi

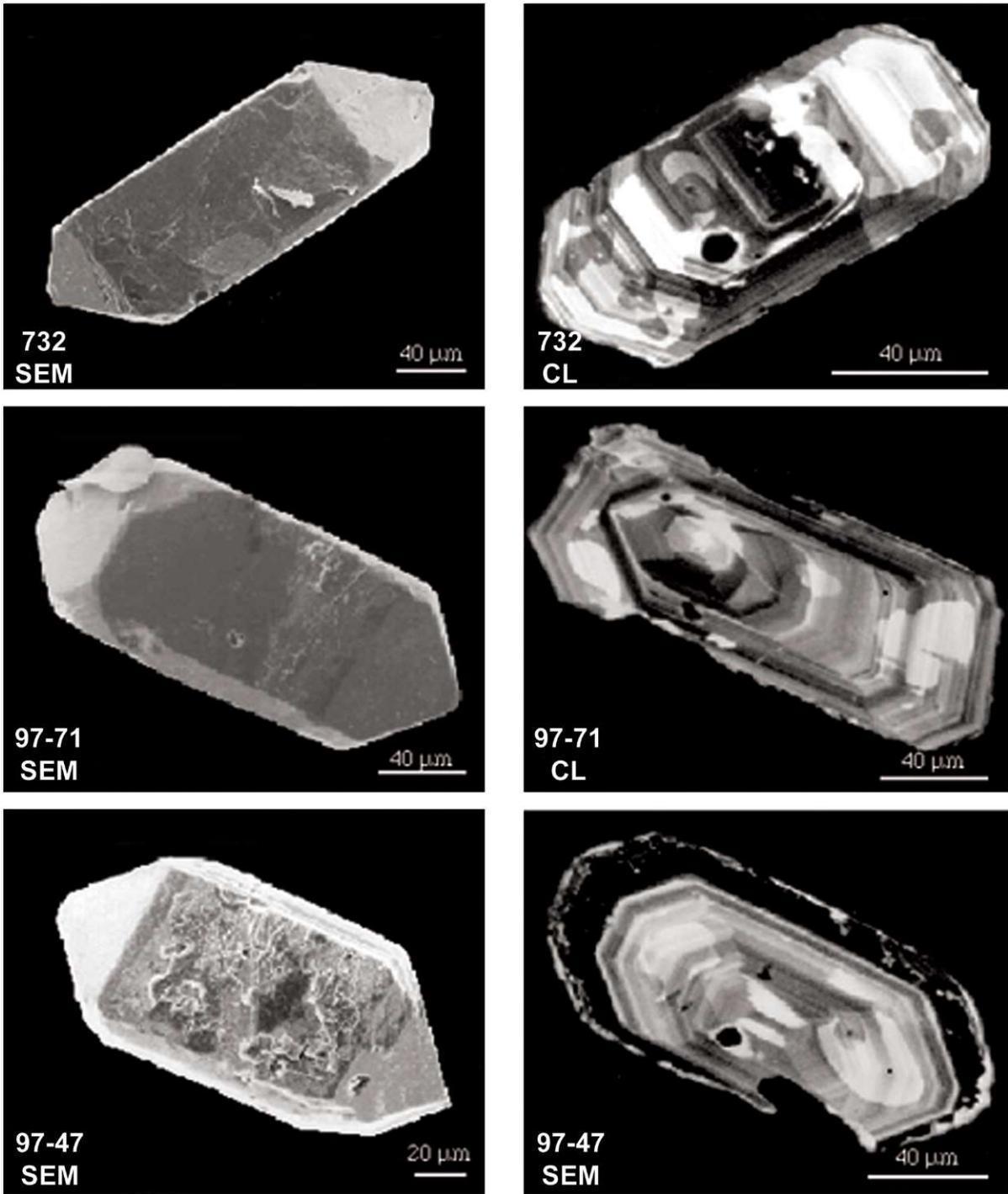
Ortognayslardan ayrılan zirkonlar yaş tayini çalışmaları öncesinde taramalı elektron mikroskop (SEM) altında incelenmişlerdir. Morfolojilerine göre sınıflandırmak ve iç yapılarını analiz edebilmek için zirkonlardan SEM ve katodoluminesans (CL) fotoğrafları çekilmiştir. Yapılan SEM çalışmalarında lökokratik ortognayslardan ayrılan zirkonların büyük çoğunluğu magmatik kökeni yansıtan benzer morfolojiye sahiptir. Bunlar özşekilli, genellikle saydam olmayan, beyaz renkte, kısa (2:1) veya uzun (3:1, 4:1) prizmatik ve bazen inklüzyon ve eski çekirdekler içeren, yüzeyinde çukurlar bulunan taneler şeklindedir (Şekil 22). Zirkonlar, Pupin ve Turco (1974) sınıflamasına göre baskın olarak P3, P4 ve P5 tiplerinde daha az oranda ise P1, P2, D, S7 ve S17 tiplerinde kristalleşmişlerdir. Bu baskın tiplere dayanılarak kristalleşme sıcaklığı 750-850 °C olarak verilmektedir (Koralay, 2001). Pupin



Şekil 20- (a) Belirgin yönlenme sunan Triyas yaşlı biyotit-muskovit lökokratik ortognayslar, (b) Masif yapılı manyetit lökokratik ortognayslar.



Şekil 21- (a-d) Artan sünümlü deformasyon şiddetine bağlı olarak Triyas lökokratik ortogneyslarda gelişen dokusal değişimler, (e-f) Manyetit lökokratik ortogneyslardaki tek manyetit kristalleri ve manyetit yığılımları, (e: +nikol, f: // nikol, pl:plajiyoklas, or:ortoklas, qtz:kuvars, ms:muskovit, mag:magnetit).



Şekil 22- Triyas lökokratik ortogneislara ait zirkonların SEM ve CL görüntüleri (Koralay ve diğerleri, 2001).

(1980)' e göre bu tip zirkonlar subvolkanik ve anorojenik komplekslerdeki hibrid magmalardan türeyen alkali kökenli granitlerde gözlenmektedir.

Yapılan katodoluminesans fotoğraf incelemelerinde zirkonların tipik magmatik zonlanma sunmaları bu kayaların magmatik kökenine işaret etmektedir (Şekil 22). Uzun çubuksu tanelerin büyük çoğunluğunda eski detritik çekirdekler bulunmamaktadır. Kimi tanelerde ise sedimanter kökenli bir kaynak kayasından ergimeyi yansıtan aşınmaya uğramış eski çekirdekler gözlenmektedir. Yaş tayinleri eski çekirdek içermeyen uzun prizmatik taneler seçilmiştir.

Elde edilen yaşlar

Herhangi bir jeokronolojik yaş verisi mevcut olmamasına karşın, bölgesel jeolojiye dayanarak 1990'ların sonlarına kadar lökokratik ortognaysların yaşı Geç Triyas olarak kabul edilmiş ve bu yaş Karakaya Okyanusu'nun Geç Triyas'ta kapanması ile ilişkilendirilmiştir (Akkök, 1983; Şengör ve diğerleri, 1984). Lökokratik ortognaysların Menderes Masifi'ndeki yaygın varlığı görüldükten sonra jeolojik, jeokimyasal ve jeokronolojik çalışmalar bu kayalar üzerine yoğunlaşmıştır. Dannat (1997) ve Dannat ve Reischmann (1998) Ödemiş-Kiraz ve Gördes as-masiflerindeki lökokratik ortognayslardan 227-240 My arası değişen yaşlar elde etmişlerdir (Çizelge 2, Şekil 22). Bu

yaşlar, yazarlarca lökokratik ortognaysların ilksel kayalarının sokulum yaşları olarak yorumlanmıştır. Ödemiş-Kiraz Asması'nda Derbent çevresindeki Prekambriyen şistleri kesen lökokratik ortognayslardan benzer şekilde tek zirkon Pb/Pb yöntemiyle 245.7 ± 4.6 My ve 241.1 ± 5.2 My sokulum yaşları elde edilmiştir (Koralay, 2001; Koralay ve diğerleri, 2001). Aynı araştırmacılar, Atça'nın kuzeyinde Demirhan Köyü çevresinde yer alan, Paleozoyik yaşlı örtü serilerini kesen lökokratik ortognaysların sokulum yaşını ise 234.9 ± 5.8 My olarak vermektedir (Çizelge 2, Şekil 23).

TARTIŞMA

Menderes Masifi'nin Pan-Afrikan temel ve Paleozoyik örtü serileri içerisinde yaygın bir şekilde gözlenen, iki farklı magmatik aktiviteye ait gnaysların köken kayaları, yaşları ve tektonik ortamları üzerine uzun yıllar değişik görüşler önerilmiştir. Aşağıda, bu konulara yönelik ileri sürülen temel fikirler, önceki bulgular ve bu makale yazarlarının özgün verileri doğrultusunda ele alınıp tartışılmaktadır.

PAN-AFRİKAN MAGMATİZMASI

Ortognaysların köken kayaları

Menderes Masifi'nde en yaşlı magmatik aktiviteyi oluşturan Pan-Afrikan ortognaysların kö-

Çizelge 2- Menderes Masifi'ndeki Triyas yaşlı lökokratik ortognayslardan elde edilen radyometrik yaşlar.

| | Yöntem | Yaş (My) | Kaynaklar |
|--|---------------------------------|---|--|
| Simav güneyi Simav KD'su | Tek zirkon Pb/Pb evaporasyon | 230-240 | Dannat (1997) Dannat ve Reischmann (1998) |
| Derbent GB'sı Alaşehir K'yi | Tek zirkon Pb/Pb evaporasyon | 227-240 | Dannat (1997) Dannat ve Reischmann (1998) |
| Derbent GB'sı Derbent kuzeyi (Dededağı) Atça kuzeyi (Demirhan Köyü) | Tek zirkon Pb/Pb evaporasyon | 245.7 ± 4.6 241.1 ± 5.2 234.9 ± 5.8 | Koralay (2001) Koralay ve diğerleri (2001) |

ken kayaları son yıllara kadar büyük oranda tartışmalı kalmıştır. Bir çok çalışmada tam olarak ifade edilmiş olmamasına karşın, gnaysların ilksel kayaçları konusundaki görüşler ana olarak iki grup altında toplanmaktadır. Bunlar;

i) *Tortul köken.*- Schuiling (1962) tarafından Çine Asması'nde gerçekleştirilen çalışmada, ortognayslar genel anlamda migmatit olarak tanımlanmış ve bunların yüksek dereceli metamorfizma sonucu tortul kayaçlardan türedikleri ileri sürülmüştür. Öztürk ve Koçyiğit (1983), Akkök ve diğerleri (1984), Şengör ve diğerleri (1984) ve Satır ve Friedrichsen (1986) Menderes Masifi'ndeki gnaysların büyük çoğunluğunun kırıntılı tortul kayaçlardan türediğini ve kısmi ergime sonucunda migmatitik karakter kazandıklarını belirtmektedir. 1970 ve 1980'lerde gerçekleştirilen diğer çalışmaların büyük çoğunluğunda da bu görüş yaygın destek bulmuştur (Akat ve diğerleri, 1975; Akdeniz ve Konak, 1979; Akkök, 1983). Başarı (1970), Bafa Gölü kesiminde ince taneli gnays olarak tanımladığı kayaçların tortul kökenli olduğunu ileri sürmektedir. Dora ve diğerleri (1990) tarafından sunulan Menderes Masifi'nin evrimine yönelik çalışmada da bu görüş benimsenmektedir.

ii) *Magmatik köken.*- Sedimanter kökene alternatif olarak bir çok araştırmacı gnaysların magmatik kökenli olduğunu önermiştir (Graciansky, 1965; Başarı, 1970; Konak, 1985; Konak ve diğerleri, 1987). Menderes Masifi'nde 1990 dan sonra yapılan son çalışmaların büyük çoğunluğunda tortul kökenin aksine tüm gnaysların magmatik bir köken kayasından türediği yönünde son derece sağlam jeolojik, jeokimyasal ve jeokronolojik veriler elde edilmiştir (Erdoğan, 1992, 1993; Bozkurt ve diğerleri, 1992, 1993, 1995; Bozkurt, 1994; Bozkurt ve Park, 1994; Loos, 1995; Dora ve diğerleri, 1995; Hetzel ve Reischmann, 1996; Dannat, 1997; Dannat ve Reischmann, 1998; Loos ve Reischmann, 1999; Bozkurt, 2004; Gessner ve diğerleri, 2001, 2004; Erdoğan ve Güngör, 2004; Koralay ve diğerleri, 2004; Bozkurt ve diğerleri, 2006).

Dora ve diğerleri (1994, 2005), farklı yapıdaki ortognaysların ilksel kayalarının Pan-Afrikan orojenezine bağlı yerleşmiş, sin- ve/veya post-metamorfik granitler olduğunu önermektedir. Benzer görüş bir çok araştırmacı tarafından da kabul görülmektedir (Hetzel ve Reischmann, 1996; Loos ve Reischmann, 1999; Dannat 1997; Hetzel ve diğerleri, 1998; Gessner ve diğerleri, 2004; Koralay ve diğerleri, 2004). Öte yandan jeokimyasal veriler bu granitlerin kalkalkalen kökenli, peralümine karakterli, S-tip, sin-/post-tektonik granit / granodiyoritler olduğunu göstermektedir (Bozkurt ve diğerleri, 1992, 1993, 1995; Dannat, 1997; Koralay ve Dora, 1999; Koralay ve diğerleri, 2004; Bozkurt ve diğerleri, 2006). Bunlara ek olarak son yıllarda yaygın bir şekilde araştırılan ortognayslara ait zirkonların morfolojileri ve iç zonlanma desenleri bu kayaçların magmatik kökenlerini açık bir şekilde ortaya koymaktadır (Hetzel ve Reischmann, 1996; Loos ve Reischmann, 1999; Dannat, 1997; Gessner ve diğerleri, 2004; Koralay ve diğerleri, 2004; Dora ve diğerleri, 2005).

Sonuç olarak, güncel saha verileri ve petrografik, jeokimyasal ve jeokronolojik bulgular Menderes Masifi'ndeki Pan-Afrikan gnaysların ilksel kayalarının granit bileşimli derinlik kayaları olduğunu açıkça ortaya koymaktadır.

Ortognaysların ilksel granitlerinin sokulum yaşları

Son yıllarda yayımlanan makaleler incelendiğinde, ortognaysların ilksel granitlerinin özellikle sokulum / kristalizasyon yaşları konusunda büyük görüş ayrılıklarının bulunduğu açıkça görülmektedir. Bu konudaki görüşler iki ana başlık altında toplanabilir. Birinci görüşte Masifteki ortognayslar genç sokulumlar (Tersiyer / Geç Oligosen: Bozkurt ve diğerleri, 1992, 1993, 1995; Mittwede ve diğerleri, 1995a, 1995b, 1997; Bozkurt ve Park, 1994, 1997a, 1997b, 2001; Kretase-Erken Senozoyik: Erdoğan, 1992, 1993; Erdoğan ve Güngör, 2004) olarak tanımlanmaktadır. Ana hatlarıyla bölgesel jeoloji, arazi ve

kinematik verilere dayandırılan bu görüşte, bu güne değin elde edilen zirkon yaşlarının geniş bir saçınım sunduğu vurgulanmakta ve bunlar eriyik içerisinde korunmuş, granitlerin türediği tortullarda bulunan kırıntı zirkonlara ait kalıntı taneler olarak yorumlanmaktadır. Ayrıntıda bazı görüş farklılıklarının mevcut olmasına karşın söz konusu araştırmacıları bu sonuca götüren muhakeme başlıca beş arazi gözlemine dayanmaktadır. Bunlar; 1) Menderes Masifi'ndeki meta-kırıntılı ve meta-karbonatlardan yapıli istif Paleozoyik - Erken Tersiyer yaş aralığına sahiptir, 2) Bu istif süreklilik içermekte olup herhangi bir stratigrafik veya yapısal kesiklik içermemektedir, 3) Ortognaysların ilksel granitleri Erken Tersiyer'e kadar uzanan bu kesiksiz seriyi intruzif dokanaklarla kesmektedir, 4) Gnays ve çevre kayalara ait kinematik veriler bu granitlerin Alpin metamorfizmasına göre post-metamorfik sokulumlar olduklarını göstermektedir, 5) Granitlerin gnaysa dönüşümleri Masif'in Geç Oligosen'deki yüzeylemesi ile ilişkilidir. Bu muhakemeye dayanarak araştırmacılar Menderes Masifi'ndeki ortognaysları ana hatlarıyla Alpin yaşlı metamorfizmanın son evresinde kabuk kalınlaşması ve neticesinde yüksek dereceli kırıntılı sedimentlerin kısmi ergimesi sonucu oluşmuş genç asidik sokulumlar olarak yorumlamaktadır.

İkinci görüşte ise, ortognaysların Pan-Afrikan orojenezi ile ilişkili granitler oldukları ve Geç Proterozoyik yaşlı paragnays ve şistlerin içerisine Geç Prekambriyen-Erken Kambriyen'de yerleştikleri ileri sürülmektedir (Şengör ve diğerleri, 1984; Satır ve Friedrichsen, 1986; Dora ve diğerleri, 1990; Hetzel ve Reischmann, 1996; Dannat, 1997; Dannat ve Reischmann, 1998; Hetzel ve diğerleri, 1998; Loos ve Reischmann, 1999; Gessner ve diğerleri, 2001; Okay, 2001; Dora ve diğerleri, 2002; Gessner ve diğerleri, 2004; Koralay ve diğerleri, 2004; Dora ve diğerleri, 2005). Araştırmacıların bu görüşü ana hatlarıyla; 1) Ortognaysların örtü serilerine ait Paleozoyik birimler ve Pan-Afrikan temele dahil edilen, kalınlığı 6 km ye ulaşan metakırıntılılar ile olan dokanak ilişkileri ve 2) Ortognays, onun çevre kaya-

larını oluşturan metakırıntılı seri ve örtü serilerine ait Paleozoyik metakırıntılılardan elde edilen radyometrik verilere dayanmaktadır.

Çevre kaya.- Önceki bölümlerde detaylı olarak açıklandığı gibi Menderes Masifi'ndeki ortognaysların çevre kayaları karbonat düzeyleri içermeyen homojen metakırıntılılardan oluşmaktadır. Alaşehir kuzeyi ve Birgi-Kiraz çevresinde yapılan çalışmalarda söz konusu metakırıntılı istifin kendi içerisinde altta litarenitik kumtaşlarından türeme paragnays ve onu uyumlu olarak üzerleyen subarkozik kumtaşı-çamurtaşı aralanmasından türeme şist birimlerinden oluştuğu belirlenmiştir (Dora ve diğerleri, 2001, 2002). Kalınlığı 6 km'ye ulaşan bu kırıntılı seri biyotit ortognayslar tarafından açık dokanak ilişkileri ile kesilmektedir (Candan, 1994; Dora ve diğerleri, 2002; Candan ve diğerleri, 2010). Söz konusu granitlerden elde edilen Pb-Pb zirkon evaporasyon yaşları ve metakırıntılı seri içerisindeki en genç klastik zirkon yaşlarına dayanarak bu metaklastik serinin ilksel tortullarının çökelim yaşları 550-600 My arasına (Geç Proterozoyik) sıkıştırılmaktadır (Dora ve diğerleri, 2002, Koralay ve diğerleri, 2005). Petrografik veriler ve arazi çalışmaları söz konusu metaklastiklerin Masif'te çok yaygın bulunduğunu, örneğin Çine Asması'nın güneyinde, 100 km uzunluğa ulaşan gnays sınırı boyunca ortognaysların içerisine sokulduğu şistlerin de aynı Geç Proterozoyik yaşlı metakırıntılı seriye ait şistlerle korale edilebileceğini göstermektedir. Ayrıca bu sınır boyunca uzanan metakırıntılılardan elde edilen kırıntı zirkon yaşları (En genç kırıntı zirkon yaşı: 594 My; Dora ve diğerleri, 2005) ve ortognaysların kesme ilişkileri söz konusu kayaların Pan-Afrikan temele ait Üst Proterozoyik şistler olma görüşünü açık bir şekilde desteklemektedir. Buna karşın, günümüze değin Masif'in hiçbir yerinde, fosil veya diğer verilerle Paleozoyik yaşlı olduğu ispatlanmış bir metakırıntılı kesen ortognaysın (Triyas yaşlı lökokratik ortognayslar hariç) varlığına ilişkin sağlam veri elde edilememiştir. Aksine, örtü serilerine ait Paleozoyik yaşlı olduğu düşünülen metakırıntılılardan bir çok lokasyonda, kaynak

kayasının ortognayslar olduğunu destekleyecek şekilde, 550-560 My'lık kırıntı zirkon yaşları elde edilmiştir (Loos, 1995; Dora ve diğerleri, 2005). Öte yandan Paleozoyik örtü serilerinin bu magmatik aktiviteye ilişkin ürünlerden tamamen steril olması zaten ortognaysların ilksel granitlerinin sokulumlarına genel anlamda bir yaş sınırlaması getirmektedir.

Radyometrik veriler.- Menderes Masifi'ndeki ortognayslardan günümüze kadar elde edilen radyometrik yaşlar çizelge 1'de verilmektedir. Açıkça görüleceği gibi zirkonlardan elde edilen yaşlar, 550 My da yoğunlaşacak şekilde 570 - 520 My arasında değişen yaşlar vermektedir. Tüm araştırmacılar, yaşlandırılan zirkonların morfoloji ve zonlanma desenlerine dayanarak bir eriyikten itibaren kristalleşmeyi tanımladıklarını belirtmekte ve bu yaşları ortognaysların ilkel granitlerinin kristalizasyon / sokulum yaşları olarak yorumlamaktadır. Araştırmacılara göre saçılmış gibi gözükten yaşlar, yaşlandırılmış bazı zirkon tanelerinin tortul köken kayasına ait kalıntı çekirdek içermesinden kaynaklanmaktadır. Makalenin önceki bölümlerinde de açıkça belirtildiği gibi önceki çalışmalarda Masif'teki ortognaysların sınıflandırılması ve adlandırılmasında bazı karışıklıklar mevcuttur. Buna karşın son yıllarda elde edilen petrografik veriler ve arazi bulguları Masif'teki ortognaysların mineralojik bileşimlerine göre biyotit, turmalin ve amfibol ortognayslar olmak üzere üç ana grup altında toplanabileceğini göstermektedir. Arazi verileri ve dokanak ilişkileri bu gnays türlerinin göreceli yaş ilişkilerine göre, yaşlıdan gence doğru 'biyotit ortognayslar, turmalin lökokratik ortognayslar ve amfibol ortognayslar' olarak sıralanabileceğini göstermektedir. Çizelge 1'e bakıldığında, önceki çalışmalarda yaşlandırılan örneklerin tanımlanmasından kaynaklanan bazı problemler olmasına karşın radyometrik yaş verilerinin ana hatlarıyla bu göreceli ilişkiyle uyum gösterdiği görülmektedir. Biyotit ortognaysların sokulum yaşları genelde 550 - 570 My arasında değişim göstermektedir (Dora ve diğerleri, 2002; Koralay ve diğerleri, 2004; Gessner ve diğerleri, 2004; Dora ve diğerleri,

2005). Turmalin lökokratik ortognaysların ise Masif genelinde yaş aralıkları olarak biyotit gnayslara yakın yaşlar vermelerine karşın arazide net kesme ilişkilerinin gözlemlendiği yerlerden yapılan yaşlandırılmalarda bu göreceli ilişkiyi destekler şekilde, 541 - 547 My arasında değişen nispeten daha genç yaşlar verdiği belirlenmiştir (Hetzl ve Reischmann 1996; Gessner ve diğerleri, 2001, 2004; Dora ve diğerleri, 2005). Amfibol ortognayslardan elde edilen 531 My'lık yaş ise (Koralay ve diğerleri, 2007) bu granit türünün daha genç bir magmatik fazı ifade ettiğini göstermektedir. Yukarıdaki veriler birlikte değerlendirildiğinde, radyometrik yaşların kendi içerisinde genel bir tutarlılık gösterdiği ve saha verileriyle uyduğu anlaşılmaktadır.

Sonuç olarak, tüm jeokronolojik yaşlar, dokanak ilişkiler ve petrografik / mineralojik veriler birlikte değerlendirildiğinde, ortognaysların içlerine sokuldukları metakirintililerin Pan-Afrikan temele ait Geç Proterozoyik yaşlı birimler oldukları ve farklı karakterde granitlerden türeme ortognayslarının Pan-Afrikan orojenezle ilişkili aynı bir magmatik aktivitenin birbirini izleyen evrelerine ait, ayrılaşma ürünü sokulumları tanımladıkları anlaşılmaktadır.

ORTOGNAYSLARIN İLKSEL GRANİTLERİNİN TEKTONİK ORTAMLARI

Yukarıdaki veriler, Menderes Masifi'nin genelinde, ortalama 550 My da yoğunlaşacak şekilde 520 - 570 My yaş aralığında yaygın bir magmatik aktivitenin varlığını açık bir şekilde ortaya koymaktadır. Menderes Masifi'nin dışında Türkiye'de benzer yaşta magmatik aktivitenin varlığı; 1-İstanbul Zonu (Chen ve diğerleri, 2002; Ustaömer ve diğerleri, 2005), 2-Sandıklı bölgesi (Kröner ve Şengör, 1990; Gürsu ve diğerleri, 2004), 3-Afyon Zonu (Gürsu ve diğerleri, 2005) ve 4-Bitlis Masifi'nde de (Ustaömer ve diğerleri, 2009) saptanmıştır (Şekil 23). Ayrıca bölgesel ölçekte bakıldığında Avrupa'da (Neubauer, 2002) ve Afrika'da da benzer yaşta magmatik aktivitelerin yaygın varlığı açıkça görülmektedir. Söz konusu yaş

aralığındaki magmatik aktivite bölgesel ölçekte iki ana orojenik olayla ilişkilendirilmektedir. Bunlar; 1-Kadomiyen ve 2- Pan-Afrikan orojenezleridir. Yukarıda belirtilen bölgelerde tanımlanan ortalama 550 My yaşlı magmatik aktiviteye ilişkin düşünceler ve Menderes Masifi'ndeki magmatik aktivitenin bu tektonik çatı içerisindeki olası yeri aşağıda tartışılmaktadır.

Kadomiyen Orojenezi ile ilişkilendirilen magmatizma

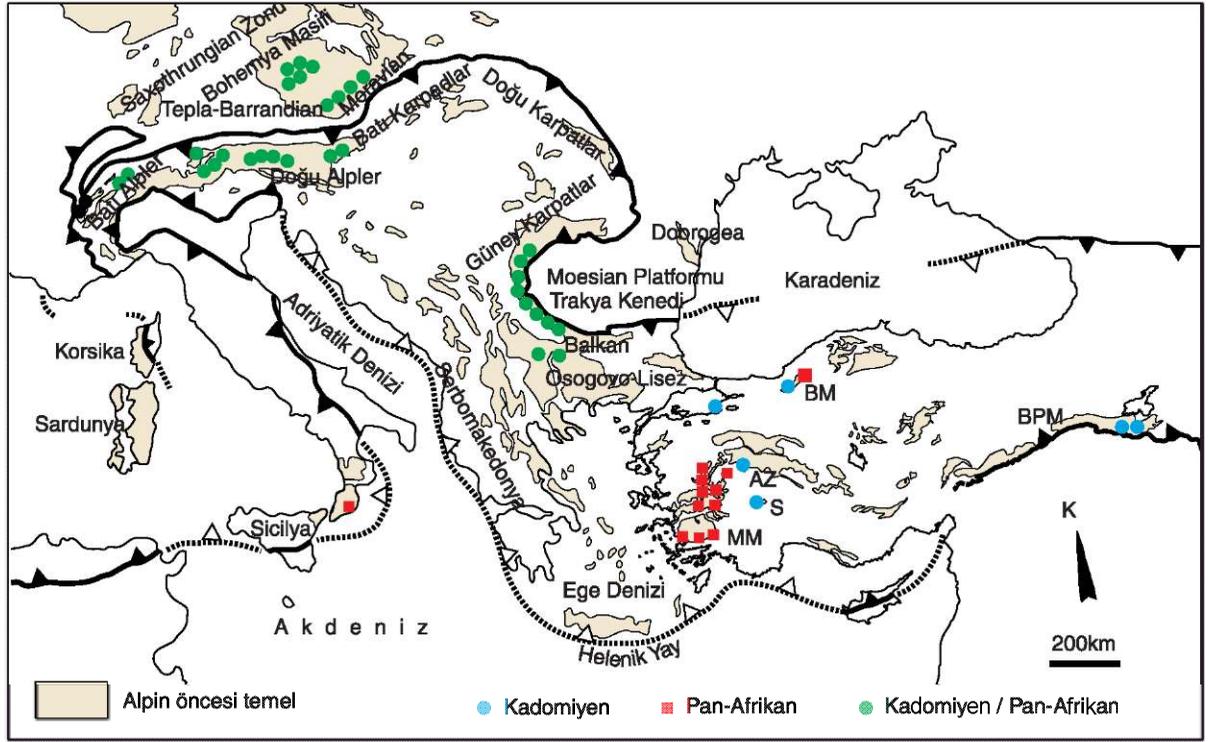
İstanbul Zonu'nun doğusunda Karadere çevresinde, temel kayaları içerisinde yer alan granitlerden 560-590 My arasında değişen sokulum yaşları (Chen ve diğerleri, 2002) elde edilmiştir (Şekil 24). Araştırmacılar, düşük $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ oranlarına ve yüksek ϵ_{Nd} değerine göre bu granitlerin eski bir okyanusun (Iapetus?) Gondvana kıtasının altına dalmasıyla oluşan bir yay magmatizmasının ürünü olduğunu öne sürmektedir. Bu bölgenin doğusunda kalan Bolu Masifi'nde, Kapıkaya ve Tülükiriş plütonlarından sırasıyla 576 ± 6 My ve 565 ± 2 My yaşlar (Ustaömer ve diğerleri, 2005) elde edilmiştir (Şekil 24). Jeokimyasal veriler kalk-alkali ve I-tipi bu granitoidlerin And-tipi bir yay magmatizmasının ürünü olduğunu göstermektedir. Son yıllarda bu yaş bulguları ve jeokimyasal verilere dayanılarak Batı Pontidler'in Paleozoyik temelinin Batı Avrupa'da gözlenen Kadomiyen kuşağının bir devamı olduğu ileri sürülmektedir (Ustaömer ve Kipman, 1998; Ustaömer ve Rogers, 1999; Ustaömer, 1999; Ustaömer ve diğerleri, 2005). Benzer şekilde Okay ve diğerleri (2008) Armutlu Yarımadası'nın batısında yer alan granitoidlerden yaklaşık 570 My yaşları elde etmişlerdir. Araştırmacılar bunları İstanbul Zonu'nun Kadomiyen temeline dahil etmektedirler.

Sandıklı bölgesinde milonitik granit olarak tanımlanan kayaların sokulum yaşları tek zirkon evaporasyon yöntemiyle 543 ± 7 My olarak (Kröner ve Şengör, 1990) bulunmuştur (Şekil 24). Gürsu ve diğerleri (2004) aynı kayaları meta-kuars porfir olarak adlandırmakta ve bunların jeokimyasal olarak post-orojenik, I-tip granitler

olduğunu belirtmektedir. Son yıllarda söz konusu meta-kuars porfirlerden tek zirkon evaporasyon yöntemiyle benzer şekilde 541 ± 9 My yaş elde edilmiştir (Gürsu ve Göncüoğlu, 2005). Afrika'nın kuzeyinde yer aldığı düşünülen Toridler'de gözlenen bu granit ve ona eşlik eden metariyolitler, Pan-Afrikan orojenezini izleyen evrede gerçekleşen genleşme ile ilişkilendirilen, I-tip bir magmatizmanın ürünleri olarak yorumlanmaktadır (Gürsu ve diğerleri, 2004; Gürsu ve Göncüoğlu, 2005, 2006). Araştırmacıların önerdikleri modelde Gondvana'nın kuzey kenarı altına dalmakta olan okyanusal levhanın kıtanın kuzeyinde genleşmeye sebep olduğu ve bunun sonucunda 550-540 My zaman aralığında, Toridler ve Güney Avrupa'yı içerecek şekilde kıtanın kenarı boyunca yaygın granitik sokulumlarının gerçekleştiği belirtilmektedir. Tüm bu bölgelerde gözlenen metamorfizmanın ve magmatik aktivitelerin Kadomiyen orojenezinin ürünleri olduğu düşünülmektedir (Bozkaya ve diğerleri, 2006, Gürsu ve Göncüoğlu, 2006).

Afyon Zonu'nda benzer şekilde, tek zirkon evaporasyon yöntemiyle 541.1 ± 3.6 My yaş veren meta-kuars porfirlerin varlığı belirlenmiştir (Şekil 24). Alkalin karakterli ve I-tipindeki bu magmatik kayalar Kadomiyen Orojenezi sırasında gelişen post-orojenik, kabuksal genleşmenin ürünü sokulumlar olarak yorumlanmaktadır (Gürsu ve diğerleri, 2005).

Bitlis Masifi'nde yer alan Mutki graniti ve ona eşlik eden dayklardan sırasıyla 545.5 ± 6.1 My ve 531.4 ± 3.6 My zirkon yaşları (Ustaömer ve diğerleri, 2009) elde edilmiş ve bu yaşlar söz konusu magmatiklerin sokulum yaşları olarak yorumlanmıştır (Şekil 24). Jeokimya ve Nd izotopik analiz sonuçları bunların mantodan türeme, yitim ile ilişkili yay-tipi granitler olduğunu göstermektedir. Aynı yazarlarca, Bitlis Masifi, Sandıklı, Menderes Masifi ve İstanbul Zonu'nun Paleozoyik temelinde gözlenen Ediakaran-Erken Kambriyen yaşlı magmatik aktivitelerin tümünün Kadomiyen yay-tipi magmatizmasının ürünleri olduğu düşünülmektedir (Ustaömer ve diğerleri, 2009).



Şekil 24- Türkiye'de ve Avrupa'da gözlenen Pan-Afrikan ve Kadomiyen yaşlı magmatik aktivitelerin yerleri (Neubauer, 2002'den değiştirilerek). Kadomiyen lokasyonları Kröner ve Şengör (1990), Gürsu ve Göncüoğlu (2005), Gürsu ve diğerleri (2005), Ustaömer ve diğerleri (2005), Okay ve diğerleri (2008), Ustaömer ve diğerleri (2009)'nden; Pan-Afrikan lokasyonlar Dannat (1997), Hetzel ve Reischmann (1996), Loos ve Reischmann (1999), Gessner ve diğerleri (2001, 2004), Chen ve diğerleri (2002), Dora ve diğerleri (2002), Koralay ve diğerleri (2004), Dora ve diğerleri (2006)'nden ve Kadomiyen-Pan-Afrikan lokasyonları Neubauer (2002)'den alınmıştır. AZ:Afyon Zonu, BM:Bolu Masifi, BPM:Bitlis-Pötürge Masifi, MM:Menderes Masifi, S:Sandıklı.

Avrupa'nın geneline bakıldığında, Kadomiyen'e ait tektonik ünitelerin (Şekil 24), Alpler'den Türkiye'ye kadar uzanan Alpin-Akdeniz dağ kuşağında yüzlek veren geç Neoproterozoyik-Erken Paleozoyik yaşlı temel birimleri içerisinde farklı bölgelerde gözlemediği görülmektedir (Neubauer, 2002). Ustaömer ve diğerleri (2009) Kadomiyen tektonik birliklerin İran ve Hindistan'a kadar uzandığını belirtmektedir. Bu kuşağın Avrupa'daki en doğu uzantısının ise İberya Masifi'nde 590-510 My arasında değişen Kadomiyen magmatik aktivite ile tanımlandığı kabul edilmektedir (Ochsner, 1993, Bandres ve diğerleri, 2004 ve içerisindeki ilgili referanslar). Kadomiyen tektonik birlikleri, Helvetik, Penninik, Austroalpin ve

Güney Alpin tektonik ünitelerden yapıları, Alpin temel içerisinde yer almaktadır (Müller ve diğerleri, 1995; Neubauer, 2002). Bu zonda yer alan magmatik kayaların sokulum yaşları 520-570 My arasında değişim göstermektedir. Ayrıca, bu zonun kuzeyinde yer alan Erzgebirge, Saksonya bölgelerinde ve Bohemya Masifi'nde de sırasıyla 550-555 My ve 567 My yaşlı magmatizmaların varlığına değinilmektedir (Kröner ve diğerleri, 1995; Müller ve diğerleri, 1995; Friedl ve diğerleri, 2004). Güney Karpatlar-Balkan bölgesinde, 567-563 My, ve Sırp-Makedonya Masifi'nde, 545-568 My, yaşlı benzer magmatik sokulumlar saptanmıştır (Neubauer, 2002). Aynı şekilde, Polonya ve Çek Cumhuriyeti'nde gözlenen

533±9 My, 540±10 My ve 548±9 My yaşlı, Kadomiyen orojenize bağlı yaygın granitoyid sokulumların varlığı bilinmektedir (Zelazniewicz ve diğerleri, 2004). Son yıllarda yapılan çalışmalarda, Pelagonian Zonu içerisindeki gnayslardan 546±10 My sokulum yaşı elde edilmiştir (Anders ve diğerleri, 2007) (Şekil 24).

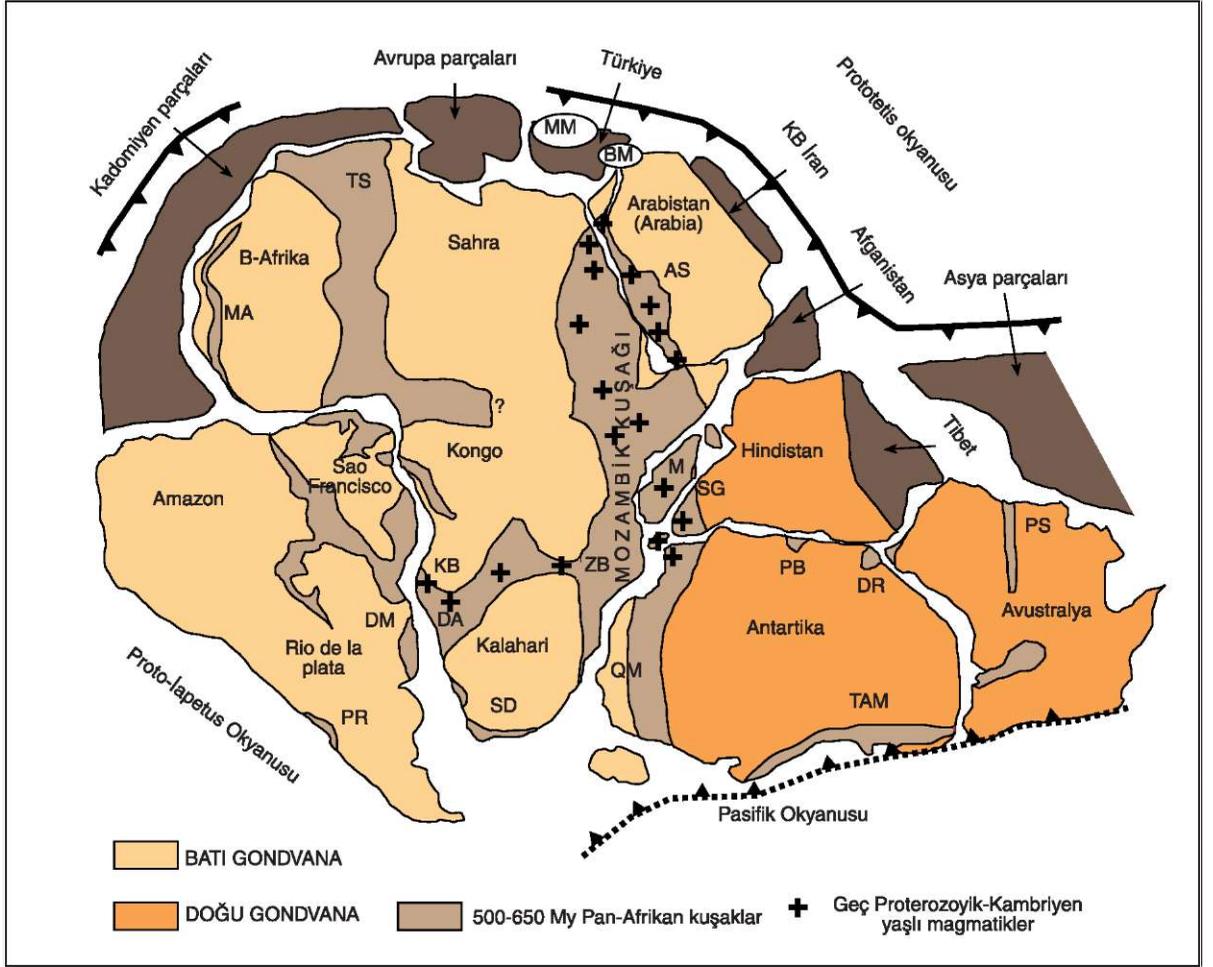
Özetle, Avrupa'da yukarıda belirtilen 520-570 my yaş aralığındaki granitoyidlerin büyük bir çoğunluğu Kadomiyen orojenezi ile ilişkilendirilmekte ve bu orojenezin, Gondvana süperkitasının kuzeyinde yer alan And-tipi aktif kıta kenarında, güneye doğru gerçekleşen dalma-batma zoununda yerleşmiş, kalk-alkali ve I-tipi bir magmatizmasının ürünleri ile temsil edildiği kabul edilmektedir (Neubauer, 2002).

Pan-Afrikan Orojenezi İle İlişkilendirilen Magmatizma

Pan-Afrikan orojenezi genel olarak, Gondvana süperkitasının bütünleşmesi, bununla ilişkili yitim, çarpışma ve kenetlenme süreçlerini kapsayan ve orojenik kuşakların oluşumunu sonuçlayan çok evreli bir orojenik olaylar dizisini tanımlamaktadır. Pan-Afrikan orojenezi bir çok araştırmacı tarafından farklı zaman aralıkları ile tanımlanmaktadır; 950 - 450 My (Kröner, 1984), 1000-540 My (Stern, 1994), 650-550 My (Wilson ve diğerleri, 1997; Veevers, 2004) ve 1000-550 My (Unrug, 1996). Bu olay sadece Afrika kıtası ile sınırlı kalmamakta, tüm Gondvana kıtası içerisinde güney Amerika'da, Madagaskar, Sri Lanka, güney Hindistan, Antarktika ve Avustralya'da gerçekleşen olayları da içine almaktadır (Kröner ve Stern, 2005). Neoproterozoyik'te, Doğu Gondvana ile Batı Gondvana'nın Mozambik Okyanusu olarak adlandırılan (Dalziel, 1991) büyük bir okyanus ile ayrıldığı görüşü genelde kabul görmektedir (Stern, 1994; Wilson ve diğerleri, 1997). Rodinia kıtasının 800-850 My önce parçalanmasıyla oluşan bu okyanusun kapanması, Doğu ve Batı Gondvana kıtalarının çarpışması, günümüz Afrika kıtasının doğu kenarı boyunca K-G uzanımlı bir kuşağın oluşumunu sonuç-

lamıştır (Şekil 25). Bu kuşak "Mozambik Kuşağı" veya "Doğu Afrika Orojeni" olarak isimlendirilmektedir (Stern, 1994; Kröner ve Stern, 2005).

Afrika kıtasına bakıldığında, Pan-Afrikan Orojenezi sürecinde birçok küçük levhanın çarpışmasıyla oluşan değişik kuşaklar boyunca, Menderes Masifi'nde gözlenen ortognayslarla benzer yaş ve özelliklerde sokulumların yaygın varlığı görülmektedir (Şekil 25). Menderes Masifi'nin Geç Proterozoyik-Erken Kambriyen'deki paleocoğrafik konumu değerlendirildiğinde, Pan-Afrikan kuşakları içerisinde Mozambik Kuşağı'nın özel bir yeri bulunduğu anlaşılmaktadır. Bu kuşak içerisinde Stern (1994), güney Somali'de 540 My yaşlı granitlerin varlığına değinmektedir. Wilson ve diğerleri, (1997), Tanzanya'da 500-538 My, Hindistan ve Sri Lanka'da yaklaşık 550 My ve Prydz Bay / Antartika'da yaklaşık 550 My yaşlı S-tip, granit ve granitoyidlerin varlığını belirtmektedir. Doğu Etiyopya'da S-tip ve 560 My yaşlı granitlerin varlığı bilinmekte ve bunların batı Etiyopya ve Arap-Nübye Kalkanı ile denestirilebileceği vurgulanmaktadır (Teklay ve diğerleri, 1998). Güney Etiyopya'da ayrıca 529 - 557 My arasında değişen yaşlarda, post-tektonik granit ve tonalit sokulumların varlığı birçok araştırmacı tarafından saptanmıştır (Yibas ve diğerleri, 2002 ve ilgili referanslar). Menderes Masifi'ne en yakın yerlerden biri olabilecek Mısır'ın Kuzeydoğu Çölü'nde 563 - 611 My arasında değişen yaşlarda magmatik aktiviteler rapor edilmiştir (Gessner ve diğerleri, 2004 ilgili referanslar içerisinde). Kröner ve Stern (2005), Kaoko Kuşağından yaklaşık 550 My yaşlı, kabuktan türeme granitlerin varlığına değinmektedir. Afrika haricinde, İtalya'nın güneyinde Kalabriya bölgesinde 526 My ile 562 My arasında değişen, yüksek potasyumlu, kalk-alkali, çarpışma sonrası gözlü gnayslar belirlenmiştir (Micheletti ve diğerleri, 2007). Yazarlarca bu gnaysların, Pan-Afrikan yaşlı çarpışma sonrası granitler oldukları ve Batı Afrika kratonu ile büyük benzerlikler sundukları düşünülmektedir. Goodenough ve diğerleri (2010), Madagaskar'ın kuzeyinde, 550 My yaşlı Doğu Afrika Orojenezi'ni izleyen evrede çarpışma son-



Şekil 25- En Geç Neoproterozoyik / Erken Cambriyen'de Gondvana süper kıtasının paleocoğrafik haritası (Wilson ve diğerleri, 1997 ve Kröner ve Stern 2005'den değiştirilerek). Haritada Mozambik Kuşağı ve bu kuşak içerisindeki Geç Neoproterozoyik - Cambriyen yaşlı magmatik kayaç lokasyonları gösterilmektedir. AS:Arap Kalkanı, DA:Damara, DM:Dom Feliciano, DR:Denman Darling, M:Madagaskar, MA:Mauretanes, MM:Menderes Masifi, PB: Pryolz Bay, PR:Pampean Ranges, PS:Paterson, QM:Queen Maud Land, SD:Saldania, SG: Güney Granulit Bölgesi, TAM:Transantarktik Dağları, TS:Trans Sahara Kuşağı, ZB:Zambezi. Magmatik kayaç lokasyonları Unrug, (1996); Teklay ve diğerleri (1998); Hefferean ve diğerleri (2000); Yibas ve diğerleri (2002) ve Kröner ve Stern (2005)'den alınmıştır.

rası granitoidlerin yaşlarını 522-537 My olarak vermektedirler.

MENDERES MASIFI'NDEKİ ORTOGNAYSLARIN TEKTONİK ORTAMLARI

Menderes Masifi'nde gerçekleştirilen öncü jeokronolojik çalışmalarda 500 ± 10 My yaşlı

deformasyon / metamorfizma ve 471 ± 9 My yaşlı tonalitik ve granitik sokumlara ilişkin veriler elde edilmiştir (Satır ve Friedrichsen 1986). Bu verilere dayanarak, Menderes Masifi'nin çekirdek serilerinin magmatik ve metamorfik evrimlerinin Pan-Afrikan orojenezi ile ilişkilendirilebileceği görüşü ilk kez Şengör ve diğerleri, (1984) tarafından önerilmiştir. Araştırmacılar tarafından, Erken

Kambriyen kıta düzenlenmesinde Menderes Masifi için Mozambik Kuşağı'nın en kuzeyinde, Arap Yarımadası'nın batı kesimi önerilmektedir. Anadolu'nun geneli için bu konum başka jeolojik verilerle de (Geç Siluriyen buzullaşması, Monod ve diğerleri, 2003; kırıntı zirkon kaynak kayası, Gessner ve diğerleri, 2004 gibi) desteklenmekte ve genel haritalarda Anadolu Arap Yarımadası kuzeyine konumlandırılmaktadır (Stern, 1994; Kröner ve Stern, 2005). İzleyen yıllarda Dora ve diğerleri (1994), bölgesel jeolojiye dayanarak Menderes Masifi'nde gözlenen ortognaysların ilksel kayalarının Pan-Afrikan orojenezine bağlı sokulan sin- ve/veya post-metamorfik granitler olduğunu belirtmiştir. Bu görüş, son yıllarda yapılan yoğun araştırmalar sonucunda bir çok araştırmacı tarafından kabul görmüştür (Hetzl ve Reischmann, 1996; Dannat, 1997; Dannat ve Reischmann, 1998; Loos ve Reischmann, 1999; Hetzel ve diğerleri, 1998; Gessner ve diğerleri, 2001; Okay, 2001; Dora ve diğerleri, 2002; Gessner ve diğerleri, 2004; Koralay ve diğerleri, 2004). Jeokimyasal veriler bu granitlerin kalkalkalen kökenli, peralumüno karakterli, S-tip, sin-/post-orojenik granit / granodiyoritler olduğunu göstermektedir (Bozkurt ve diğerleri, 1992, 1993, 1995; Dannat, 1997; Koralay ve Dora, 1999; Koralay ve diğerleri, 2004; Bozkurt ve diğerleri, 2006).

Son yıllarda Menderes Masifi'nde ortognaysların yanı sıra ayrıca çekirdek serisinin polimetamorfik evriminin petrolojik ve jeokronolojik açıdan incelenmesine yönelik çok sayıda çalışma gerçekleştirilmiştir. Petrolojik çalışmalar, çekirdek serilerinde granulit, eklojit ve üst amfibolit fasiyesi koşullarında çok evreli bir metamorfik evrimin varlığını göstermektedir (Çetinkaplan, 1995; Candan, 1995; Candan ve Dora, 1998; Candan ve diğerleri, 1994, 2001, 2006; Oberhänsli ve diğerleri, 1997). Bu metamorfizmaları yaşlandırmaya yönelik jeokronolojik çalışmalarda, granulit fasiyesi metamorfizmasının 583.0 ± 5.7 My (Koralay ve diğerleri, 2006), eklojit fasiyesi metamorfizmasının 529.9 ± 22 My (Oberhänsli ve diğerleri, 2009) ve üst amfibolit fasiyesi metamorfizmasının 551 ± 1.4 My (Hetzl ve diğerleri, 1998)

yaşlı oldukları belirlenmiştir. Radyometrik yaşlar ve göreceli dokusal ilişkiler bu metamorfizmaların aynı bir orojenik olayın birbirini izleyen evreleri ile ilişkili olduklarını açıkça ortaya koymaktadır. Kadomiyen Orojenezinin bir kıta-kıta çarpışması ile sonuçlanmaması nedeniyle bu orojenezle ilgili metamorfik alanlarda granulit ve eklojit fasiyesi koşullarında bir metamorfizma gerçekleşmemiştir. Bunun aksine Pan-Afrikan Orojenezinin Mozambik okyanusu'nun Geç Proterozoyik - Erken Kambriyen'de kapanması ile ilişkili evrimi 610 - 520 My (ortalama 550 My) yaşlı yaygın granulit fasiyesi (Paquette ve diğerleri, 1994; Hölzl ve diğerleri, 1994; Shiraishi ve diğerleri, 1994; Ayalew ve Gichile, 1990; Key ve diğerleri, 1989) ve 530-500 My yaşlı (Ring ve diğerleri, 2002) eklojit fasiyesi metamorfizmaları ile tanımlanmaktadır. Menderes Masifi'nin Prekambriyen / Kambriyen'deki paleocoğrafik konumu ve Mozambik Kuşağı'nın metamorfik evriminin zamansal / mekansal benzerliklerine dayanılarak Menderes Masifi'nin çekirdek serilerinin evrimi Mozambik okyanusu'nun kapanması ve Doğu-Batı Gondvana kıtalarının çarpışması ile ilişkilendirilmektedir (Candan ve diğerleri, 2006, Oberhänsli ve diğerleri, 2009).

Menderes Masifi'ndeki ortognaysların 570-520 My arasında değişen sokulum yaşlarının, çevre kayaların 580 - 550 My aralığındaki çoklu metamorfik evrimleri ile büyük bir uyum sunuyor olmaları magma gelişimi ve metamorfizmanın aynı bir orojenik olayla jenetik bir bağ içerisinde bulunduğunu açıkça ortaya koymaktadır. Menderes Masifi'nin geç Proterozoyik - Erken Kambriyen'deki paleocoğrafik konumu, metamorfizma ve magmatizma arasındaki yakın zamansal ilişki, metamorfizmanın karakteri ve ortognaysların belirgin S-tipi bileşim sunmaları birlikte değerlendirildiğinde, Menderes Masifi'ndeki 570-520 My yaşlı asidik magmatik aktivitenin Mozambik Okyanusu'nun kapanması, Doğu-Batı Gondvana'nın çarpışması, kabuk kalınlaşması ve bunun sonucu alt kabukta gerçekleşen kısmi ergime süreci ile ilişkilendirilebileceği sonucuna varılmaktadır.

TRİYAS MAGMATİZMASI

Lökokratik ortognaysların ilksel granitlerinin sokulum yaşları

Menderes Masifi'ndeki Triyas yaşlı magmatik aktivite Pan-Afrikan magmatizmasından sonra gözlenen ikinci büyük magmatik aktiviteyi oluşturmaktadır. Mesozoyik platformun tabanında bulunan ve olasılı Triyas yaşlı bir bazaltik volkanizmayı tanımlayan amfibolitler bir yana bırakılacak olursa Masifte Triyas magmatizması lökokratik ortognayslarla temsil edilmektedir. Bu probleme yönelik ilk çalışmalarda, jeokronolojik bir veri mevcut olmamasına karşın Alaşehir güneyinde, Dededağı'nda yüzlek veren ortognays kütlesi için olasılı Triyas yaşı önerilmiştir (Akkök, 1983; Şengör ve diğerleri, 1984). Yukarıdaki bölümlerde detaylı verildiği gibi 1990 li yıllarda bu ortognayslardan ayrıntılı radyometrik yaşlar elde edilmiştir (Dannat, 1997; Dannat ve Reischmann, 1998; Koray, 2001; Koray ve diğerleri, 2001). Dokusal / yapısal veriler, dokanak ilişkileri, çevre kaya yaşları ve tek zirkon Pb/Pb evaporasyon yöntemiyle elde edilen radyometrik yaşlar bu lökokratik kütlelerin granitik kökenli olduğunu ve sokulum yaşlarının 227 - 246 My (Orta Triyas - Gradstein ve diğerleri, 2004'e göre) arasında değiştiğini açıkça ortaya koymaktadır.

Lökokratik ortognaysların ilksel granitlerinin tektonik ortamları

Yukarıda da belirtildiği gibi Triyas magmatizması sadece Menderes Masifi ile sınırlı bir aktivite olmayıp bölgesel boyutlu bir tektonik olayla ilişkilendirilecek şekilde, Anadolu'da ait Likya, Afyon ve Tavşanlı zonlarında, Karaburun'da, Kikladlar'da ve İç Hellenid'lerde de gözlenmektedir.

Likya Napları'na ait Gülbahar Napı'nda yer alan Orta Karniyen yaşlı plaka içi - MORB tipi geçiş bazaltları, Neotetis'in kuzey kolundaki okyanusal kabuğun ilk oluşum evresine ait ürünler olarak yorumlanmaktadır (Göncüoğlu ve

diğerleri, 2003). Afyon Zonu'nun Mesozoik yaşlı örtü serilerinin tabanında yer alan kaba kırıntılara eşlik eden dasitik ve riyolitik bileşimli metavolkaniklerin 224-243 My (Orta - Geç Triyas) yaşlı oldukları belirlenmiştir (Akal ve diğerleri, 2007a; Akal ve diğerleri, 2008). Bu volkanitler güneye dalarak kapanmakta olan Paleotetis okyanusunun Gondvana'nın kuzey kenarı üzerinde, yay ardı havzası olarak açılmakta olan Neotetis Okyanusu'nun riftleşme evresini karakterize ettiği düşünülmektedir (Göncüoğlu ve diğerleri, 2003; Akal ve diğerleri, 2007a). Tavşanlı Zonu'nda, platform türü kalın karbonatların alt düzeylerinde, metapelitler içerisinde mavişist metabazit düzeylerinin ve jadeit içeren asidik metamagmatiklerin varlığı bilinmektedir (Kulaksız, 1978; Okay ve Kelley, 1994; Çetinkaplan ve diğerleri, 2008). Olasılı Triyas yaşlı bu metabazitlerin jeokimyası ve tektonik ortamlarına yönelik herhangi bir çalışma yoktur. Karaburun Yarımadası'ndaki Triyas magmatizması Menderes Masifi ile benzer özellikler sunmaktadır. Olasılı Devoniyen-Karbonifer (?) yaşlı kırıntılı seriyi kesen granodiyoritlerin yaşı tek zirkon Pb/Pb evaporasyon yöntemiyle 229 ± 3 My (Akal ve diğerleri, 2007b), biyotitlerin yaşı ise Rb/Sr yöntemi ile 240 My (Ercan ve diğerleri, 2000) olarak bulunmuştur. Bunların Paleotetis'in güneye doğru dalarak kapanmasıyla ilişkili, Gondvana'nın kuzey kenarında Neotetis'in riftleşmesiyle eş yaşlı gelişen yay ardı magmatizmasının ürünleri olduğu önerilmiştir.

Anatolidler'in haricinde Menderes Masifi'ne en yakın metamorfik bölgelerden biri olan Kikladlar'da ve daha kuzeyde İç Hellenidler'de benzer yaşta magmatizmanın varlığı bilinmektedir (Reischmann, 1998; Himmerkus ve diğerleri, 2009). Naksos Adası'nda gözlenen granitlerden tek zirkon Pb/Pb evaporasyon yöntemiyle 233 ± 2 My yaş elde edilmiştir (Reischmann, 1998). İç Hellenidler'de yer alan Serbo-Makedonya Masifi'nde gözlenen lökokratik granitlerden tek zirkon Pb/Pb evaporasyon yöntemiyle 221 ± 2 My ile 241 ± 3 My arasında değişen yaşlar saptanmıştır. Bu bölge için ortalama yaş olarak 228 ± 6 My ve-

rilmektedir (Himmerkus ve diğerleri, 2009). Ayrıca, Vardar Zonu'nun doğusunda ve Pelagoniyen Zonu'nun doğusunda da Triyas yaşlı granitlerin varlığı bilinmektedir (Himmerkus ve diğerleri, 2009, ilgili referanslar içerisinde). Verilen literatür özetinden de görüleceği gibi Triyas magmatizması Türkiye ve yakın tektonik ünitelerde yaygın olarak gözlenmekte ve ana hatlarıyla Neotetis Okyanusu'nun açılması ile ilişkilendirilmektedir.

Menderes Masifi'nde Triyas granitleri üzerine yapılan ilk çalışmalarda bu kayalar, Masif'in kuzey kesimlerini etkilediği düşünülen deformasyon ve metamorfizmayı izleyen evrede sokulum yapmış plutonlar olarak yorumlanmıştır (Akkök, 1981, 1983; Şengör ve diğerleri, 1984). Bu olayın Geç Triyas'ta, Laurasya ve Gondvana arasındaki Paleo-Tetis'in güneye dalarak kapanmasıyla ilişkili olduğu önerilmiştir (Akkök, 1983; Şengör ve diğerleri 1984). Daha sonraki yıllarda yapılan çalışmalarda da benzer senaryo benimsenmiş ve bu kayalar Paleo-Tetis okyanusunun kapanmasıyla ilişkili, olasılı Erken Kimmeriyen Orojenezi'ni izleyen evrede yerleşmiş lökokratik ortognayslar olarak yorumlanmıştır (Koralay, 2001; Koralay ve diğerleri, 2001). Fakat henüz detaylı jeokimyasal veriler mevcut olmamasına karşın, Triyas döneminde Menderes Masifi'nin yukarıda tanımlanan tektonik ünitelerle olan yakın mekansal ilişkisi ve kökensel bağlantısı göz önüne alındığında Masif'teki Orta Triyas yaşlı lökokratik granit sokulumlarının Neotetis Okyanusu'nun kuzey kolunun riftleşmesi işleviyle ilişkilendirilmesinin daha gerçekçi olacağı düşünülmektedir.

SONUÇLAR

50 yılı aşkın süredir gerçekleştirilen çalışmalar sonucu elde edilen Menderes Masifi'ndeki Pan-Afrikan ve Triyas yaşlı asidik magmatik aktivite ürünü ortognaysların temel jeolojik özelliklerine ilişkin sonuçlar aşağıda verilmektedir.

1. Menderes Masifi'nin Pan-Afrikan temelli Geç Neoproterozoyik yaşlı metakırıntılılar ve

bunlar içerisinde sokulmuş asidik ve bazik magmatiklerden yapıldır. Bunlar içerisinde ortognayslar en yaygın magmatik kaya türünü oluşturur.

2. Menderes Masifi'ndeki gnaysların tümü granitik kökenli kayalar olup çevre kayaları oluşturan paragnays ve şistlerden yapılmış metakırıntılılarla iyi korunmuş intruzif dokanak ilişkileri sunmaktadır. Bu kayalar, boyutları onlarca kilometreye ulaşabilen, birbiri içerisinde sokulmuş plutonlar, birkaç km boyutunda stoklar veya birkaç yüz metreyi geçmeyen damar kayaları şeklindedir.

3. Ortognaysların ilksel granitleri mineralojik bileşim ve dokusal özelliklerine göre üç ana grup altında toplanabilir. Bunlar; i) biyotit ortognays, ii) turmalin lökokratik ortognays ve iii) amfibol ortognayslardır.

4. Dokanak ilişkileri göreceli olarak biyotit ortognaysların en yaşlı, amfibol ortognaysların ise en genç magmatik evreyi tanımladığını göstermektedir. Bazı zamansal çakışmalar mevcut olmasına karşın günümüze değin elde edilen radyometrik yaşlar söz konusu göreceli ilişkiyi (biyotit ortognays: 550-570 My; turmalin lökokratik ortognays: 540-550 My ve amfibol ortognays: 530 My) destekler niteliktedir.

5. Masif'in temelinin çok evreli metamorfik evrimi, ortognaysların sokulum yaşları, bu kayaların jeokimyasal özellikleri ve Türkiye'nin Geç Neoproterozoyik-Erken Kambriyen'deki paleocoğrafik konumu birlikte değerlendirildiğinde, söz konusu sokulumların Geç Neoproterozoyik'te Mozambik Okyanusu'nun kapanması ve Doğu - Batı Gondvana'nın çarpışmasını sonuçlayan Pan-Afrikan Orojenezi süreci ile ilişkilendirilebileceği anlaşılmaktadır.

6. Pan-Afrikan temel ve Paleozoyik örtü serileri içerisinde gözlenen Triyas yaşlı lökokratik ortognayslar granitik kökenli kayalar olup Masif'teki ikinci etkin asidik magmatik aktiviteyi temsil etmektedir.

7. Boyutları 5-6 km ye ulaşan plutonlar ve damar kayaları şeklinde bulunan bu gnayslar çevre kayalarla son derece iyi korunmuş intruzif dokanak ilişkileri sunmaktadır.

8. Jeokronolojik çalışmalar sonucu bu granitlerin sokulum yaşlarınının 227-246 My (Orta Triyas) olduğu belirlenmiştir.

9. Anatolitlere ait diğer tektonik zonlardaki Triyas magmatizması ve Triyas'taki bölgesel tektonik birlikte değerlendirildiğinde bu granitlerin gelişimi ve yerleşiminin Neotetis Okyanusu'nun kuzey kolunun riftleşmesi mekanizması ile ilişkilendirilebileceğini göstermektedir.

KATKI BELİRTME

Bu makale, Masifte yaklaşık 20 yıldır gerçekleştirilen çalışmalardan elde edilen sonuçları kap-samaktadır. Bu süreç içerisinde bizleri 5 proje ile destekleyen TÜBİTAK'a (TBAG-688 ve 937, YDABÇAG-495, 554 ve 101Y132 Nolu projeler), 1994-1998 ve 2002-2006 yılları arasında 2 projeye yurtiçi ve yurt dışında destek sağlayan Volkswagen-Stiftung'a ve çok sayıdaki projemize destek sağlayan Dokuz Eylül Üniversitesi Rektörlüğüne teşekkürlerimizi sunarız.

Yayına verildiği tarihi, 11 Aralık 2009

DEĞİNİLEN BELGELER

- Akal, C., Candan, O., Koray, O.E., Chen, F. ve Oberhänsli R., 2007a. Afyon Zonu'na ait olası Erken Triyas yaşlı metavolkaniklerin jeokimyası, jeokronolojisi ve tektonik ortamları. Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) Projesi No 103Y011.
- _____, Koray, O.E., Oberhänsli, R., Chen, F. ve Candan, O., 2007b. Karaburun Yarımadası kırıntılı seri içindeki Triyas diyorit-granodiyoritinin jeokimyası, jeokronolojisi ve tektonik ortamı. 60. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bilidiri Özleri, Ankara, 229-231 s.

- Akal, C., Candan, O., Koray, O.E., Okay, A., Oberhänsli, R. ve Chen, F., 2008. Afyon Zonu'nundaki Erken Devoniyen Asidik Magmatizmaya ait jeolojik, jeokimyasal ve jeokronolojik ön bulgular. 61. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bilidiri Özetleri Kitabı, s 204.
- Akat, U., Öztürk, Z., Öztürk, E. ve Çağlayan, A., 1975. Menderes Masifi güneyi-GB Toros Kuşağı ilişkisi (ön rapor), Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Rapor no:548, Ankara (yayımlanmamış).
- Akdeniz, N. ve Konak, N., 1979. Menderes Masifi'nin Simav dolaylarındaki kaya birimleri ve metabazik, metaultramafik kayaların konumu. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni, 22, 175-183.
- Akkök, R., 1981. Menderes Masifi'nin gnayslarında ve şistlerinde metamorfizma koşulları, Alaşehir / Manisa. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, C 24, 11-20.
- _____, 1983. Structural and metamorphic evolution of the northern part of the Menderes Massif: New data from the Derbent area and their implication for the tectonics of the massif. Journal Geology., 91, 342-350.
- _____, Satır, M. ve Şengör, A.M.C., 1984. Timing of tectonic events in the Menderes Massif and its implications. 38th Scientific and Technical Congress of the Geological Society of Turkey, 9-11.
- Alkanaoğlu, E., 1978. Geologisch-Petrographische und Geochemische Untersuchungen am Südostrand des Menderes-Massivs in West Anatolien/Turkei. Dissertation, Universität Bochum, 166 pp.
- Anders, B., Reischmann, T. ve Kostopoulos, D., 2007. Zircon geochronology of basement rocks from the Pelagonian Zone, Greece: constrains on the pre-Alpine evolution of the westernmost Internal Hellenides. International Journal of Earth Science., 96, 639-661.
- Ayalew, T. ve Gichile, S., 1990. Preliminary U-Pb ages from southern Ethiopia. In G.Rocci, M Deschamps (ed), Recent data in African Earth Sciences, CIFEG Occ. Publications. 22, 127-130.

- Bandres, A., Eguiluz, L., Pin, C., Paquette, J.L., Ordonez, B., Le Fevre, B., Ortega, L.A. ve Ibarguchi, G.J.A., 2004. The northern Ossa-Morena Cadomian batholith (Iberian Massif): magmatic arc origin and early evolution, *International Journal of Earth Science*, 93, 860-885.
- Başarı, E., 1970. Bafa gölünün doğusunda kalan Menderes Masifi güney kanadının jeolojisi ve petrografisi. Ege Üniversitesi Fen Fakültesi İlmî Raporlar Serisi No: 102, 1-44.
- Bingöl, E., Delaloye, M. ve Ataman, G., 1982. Granitic intrusions in western Anatolia: a contribution to the geodynamic study of this area. *Ecloga Geologica Helvetica*, 75, 437-446.
- Bozkaya, Ö., Gürsu, S. ve Göncüoğlu, M.C., 2006. Textural and mineralogical evidence for a Cadomian tectonothermal event in the eastern Mediterranean (Sandıklı-Afyon area, western Taurides, Turkey). *Gondwana Research*, 10, 301-315.
- Bozkurt, E., 1994. Effects of Tertiary extension in the southern Menderes Massif, western Turkey. PhD Thesis, University of Keel, 395 p.
- _____, 2004. Granitoid rocks of the southern Menderes Massif: field evidence for Tertiary magmatism in an extensional shear zone. *International Journal of Earth Sciences*, 93, 52-71.
- _____ ve Park, R.G., 1994. Southern Menderes Massif: an incipient metamorphic core complex in Western Anatolia, Turkey. *Geological Geology Society London* 151, 213-216.
- _____, Winchester, J.A. ve Park, R.G., 1995. Geochemistry and tectonic significance of augen gneisses from the southern Menderes Massif (West Turkey). *Geological Magazine*, 132, 287-301.
- _____ ve Park, R.G., 1997a. Evolution of a mid-tertiary extensional shear zone in the southern Menderes Massif, western Turkey. *Bulletin Society Geological France*, t.168,1, 2-14.
- _____ ve _____, 1997b. Microstructures of deformed grains in the augen gneisses of southern Menderes Massif (western Turkey) and their tectonic significance. *Geologische Rundschau*, 86, 103-119.
- Bozkurt, E. ve Park, G., 2001. Discussion on the evolution of the Southern Menderes Massif in SW Turkey as revealed by zircon dating. *Journal Geological Society*, 158, 393-395.
- _____, _____ ve Winchester, J.A., 1992. Evidence against the core/cover concept in the southern sector of the Menderes Massif. *International Workshop: Work in progress on the Geology of Turkey, Keel-England*, 9-10 April 1992, Abstracts, p22.
- _____, _____ ve Winchester, J. A., 1993. Evidence against the core/cover interpretation of the southern sector of the Menderes Massif, west Turkey. *Terra Nova* 5, 445-451.
- _____, Winchester, A.J., Mittwede, S. ve Ottley, C., 2006. Geochemistry and tectonic implications of leucogranites and tourmalines of the southern Menderes Massif, southwest Turkey. *Geodinamica acta*, 19/5, 363-390.
- Candan, O., 1994. Alaşehir kuzeyinde (Menderes Masifi, Demirci -Gördes Asması) gözlenen metagabroların petrografisi ve metamorfizması. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 37, 29-40.
- _____, 1995. Menderes Masifi'ndeki kalıntı granülit fasiyesi metamorfizması. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 4, 35-55.
- _____, 1996. Aydın - Çine Asması'ndeki (Menderes Masifi) gabroların metamorfizması ve diğer asmasılarla karşılaştırılması. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 5, 123-139.
- _____, Dora, Ö., Dürr, St. ve Oberhänsli, R., 1994. Erster Nachweis von Granulit und Eklogit-Relikten im Menderes - Massif / Türkei. *Göttingen Abh. Geol. Paläont. Sb.1* 5. Symposium TSK, 217-220.
- _____, _____, Oberhänsli, R., Ölsner, F. ve Dürr, St., 1997. Blueschist relics in the Mesozoic cover series of the Menderes Massif and correlations with Samos Island, Cyclades. *Schweiz Mineral. Petrol. Mitt.*, 77, 95-99.

- Candan, O. ve Dora, O.Ö., 1998. Menderes Masifi'nde granülit, eklojit ve mavi şist kalıntıları: Pan-Afrikan ve Tersiyer metamorfik evrimine bir yaklaşım. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 41/1, 1-35.
- _____, _____, Oberhänsli, R., Çetinkaplan, M., Partzsch, J.H., Warkus, F. ve Dürr, S., 2001. Pan-African high-pressure metamorphism in the Precambrian basement of the Menderes Massif, Western Anatolia, Turkey. *Int.J. of Earth Sci. (Geologische Rundschau)*, 89, 4, 793-811.
- _____, Koralay, E., Dora, O., Chen, F., Oberhänsli, R., Akal, C., Satır, M. ve Kaya, O., 2006. Menderes Masifi'nde Pan-Afrikan Sonrası Uyumsuzluk: Jeolojik ve Jeokronolojik Bir Yaklaşım. 59. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri özetleri, Ankara, s 25-27.
- _____, _____, _____, Chen, F., Oberhänsli, R., Çetinkaplan, M., Akal, C., Satır, M. ve Kaya, O., 2007. Menderes Masifi'nin Pan-Afrikan temel stratigrafisi ve örtü - çekirdek serilerinin ilksel dokanak ilişkisi. *Menderes Masifi Kolokyumu*, İzmir.
- _____, Dora, O.Ö., Oberhänsli, R., Koralay, O.E., Çetinkaplan, M., Akal, C., Satır, M., Chen, F. ve Kaya, O., 2010. Menderes Masifi'nin Pan-Afrikan Temelin Stratigrafisi ve Gondvana'nın Geç Neoproterozoyik/Kambriyen Evrimi ile ilişkisi. (bu sayıda)
- Catlos, E.J. ve Çemen, İ., 2005. Monazite ages and the evolution of the menderes Massif, western Turkey. *International Journal of Earth Sciences*, 94, 204-217.
- Chen, F., Siebel, W., Satır, M. ve Terzioğlu, M.N., 2002. Geochronology of the Karadere basement (NW Turkey) and implications for the geological evolution of the İstanbul Zone. *International Journal of Earth Sciences*, 91, 469-481.
- Çağlayan, A.M., Öztürk, E.M., Öztürk, Z., Sav, H. ve Akat, U., 1980. Menderes Masifi güneyine ait bulgular ve yapısal yorum. *Jeoloji Mühendisliği*, 10: 9-17.
- Çetinkaplan, M., 1995. Geochemical, mineralogical and petrographical investigation of the eclogites in southern part of Tire area, Ödemiş-Kiraz submassif of the Menderes Massif. Unpublished master theses, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, 92p.
- Çetinkaplan, M., Candan, O., Oberhänsli, R. ve Bousquet, R., 2008. Pressure-temperature evolution of lawsonite eclogitesin sivrihisar, Tavşanlı zone, Turkey. *Lithos*, 104, 12-32.
- Dalziel, I.W.D., 1991. Pasific margins of Laurentia and east Antarctica-Australia as a conjugate rift pair: Avidence and implications for an Eocambrian supercontinent. *Geology*, 19, 598-601.
- Dannat, C., 1997. Geochemie, geochronologie und Nd-Sm Isotopie der granitoiden Kerngneiss des Menderes Massivs, SW-Turkey. PhD thesis, Johannes Gutenberg Universität Mainz.
- Delaloye, M. ve Bingöl, E., 2000. Granitoids from Western and Northwestern Anatolia: Geochemistry and modelling of geodynamic evolution. *International Geology Review*, 42, 241-268.
- Dannat, C. ve Reischmann, T., 1998. Single zircon ages of migmatites from the Menderes Massif, SW Turkey. Program des Workshops 'Das Menderes Massif (Türkei) und seine nachbargebiete'. Mainz, Germany.
- Dora, O.Ö., 1975. Menderes Masifi'nde alkali feldspatların yapısal durumları ve bunların perojenetik yorumlarda kullanılması. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 24, 91-94.
- _____, 1976. Die Feldspäte als petrogenetischer Indikator im Menderes Massiv / Westanatolien. *Neues Jahrbuch für Mineralogie .Abh.*, 127, 289-310.
- Dora, O.Ö., Kun, N. ve Candan, O., 1990. Metamorphic history and geotectonic evolution of the Menderes Massif. *Proc. of International Earth Sciences Congress on Aegean Regions, İzmir/Turkey, Volume 2*, 102-115.
- _____, Candan, O., Kun, N., Koralay, O.E. ve Akal, C., 1994. Ödemiş-Kiraz Asması'ndeki yeni jeolojik bulgular ve sorunlar. 47. Türkiye Jeoloji Kurultayı, 32-33.

- Dora, O.Ö., Candan, O., Dürr, S. ve Oberhänsli, R., 1995. New evidence on the geotectonic evolution of the Menderes Massif. *International Earth Sciences Colloquium on the Eagean Region, Izmir-Turkey*, V.1, 53-72.
- _____, _____, Kaya, O., Koralay, E. ve Dürr, S., 2001. Revision of the so-called "leptite-gneisses" in the Menderes Massif: A supracrustal metasedimentary origin. *International Journal Earth Sciences. (Geologische Rundschau)*, 89/4, 836-851.
- _____, _____, _____ ve Koralay, E., 2002. Menderes Masifi'ndeki Leptit - Gnaysların Kökenlerinin Yeniden Yorumlanması, Metamorfizmaları ve Jeotektonik Ortamları. YDABÇAG - 554 nolu Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) projesi, 165s.
- _____, _____, _____ ve Akal, C., 2005. Menderes Masifi Çine Asması'ndeki Koçarlı - Bafa - Yatağan - Karacasu arasında uzanan gnays / şist dokanağının niteliği: Jeolojik, tektonik, petrografik ve jeokronolojik bir yaklaşım. YDABÇAG - 101 Y 132 nolu Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) projesi, 197s.
- Dürr, S., 1975. Über Alter und geotektonische Stellung des Menderes Kristallins / SW -Anatolien und seine Äquivalente in der Mittleren Aegean. *Habilitation Thesis University of Marburg pp 1-107*.
- _____, Alther, R., Keller, J., Okrusch, M. ve Seidel, E., 1978. The median Aegean crystalline belt: Stratigraphy, structure, metamorphism, magmatism. In: Closs, H., Roeder, D.R., Schmidt, E. (Ed), *Alps, Apennines, Hellenides*. Schweizerbart, Stuttgart, 445-477.
- Ercan, T., Türkecan, A. ve Satır, M., 2000. Karaburun Yarımadası'nın Neojen volkanizması. Cumhuriyetin 75. yıldönümü Yerbilimleri ve Madencilik Kongresi Bildiriler Kitabı, 1, 1-18.
- Erdoğan, B., 1992. Problem of core - mantle boundary of Menderes Massif. In proceedings of the international Symposium of Eastern Mediterranean Geology Geosound, 314-315.
- Erdoğan, B., 1993. Menderes Masifi'nin kuzey kanadının stratigrafisi ve çekirdek örtü ilişkisi. *Özetler, Türkiye Jeoloji Kurultayı*, s 56.
- _____, _____ ve Güngör, T., 2004. The problem of the core - cover boundary of the menderes Masif and an emplacement mechanism for regionally extensive gneissic granite, Western Anatolia Turkey. *Turkish Journal of Earth Science*, 13, 15-36.
- Friedl, G., Finger, F., Paquette, J.L., von Quadt, A., McNaughton, N.J. ve Fletcher, I.R., 2004. Pre-Variscan geological events in the Austrian part of the Bohemian Massif deduced from U-Pb zircon ages. *International Journal of Earth Science*, 93, 802-823.
- Gessner, K., Piazzolo, S., Güngör, T., Ring, U., Kröner, A., ve Passchier, C.W., 2001. Tectonic significance of deformation in granitoid rocks of the Menderes nappes, Anatolide belt, southwest Turkey. *International Journal of Earth Sciences*, 89, 766-780.
- _____, Collins A. Ring, U. ve Güngör, T., 2004. Structural and thermal history of poly-orogenic basement: U-Pb geochronology of granitoid rocks in the southern Menderes Massif, Western Turkey. *Journal Geologie Society London.*, 161, 93-101.
- Glodny, J. ve Hetzel, R., 2007. Precise U-Pb ages of syn-extensional Miocene intrusions in the central Menderes Massif, western Turkey. *Geological Magazine* 144(2), 235-246.
- Goodenough, K.M., Thomas, R.J., De Waele, B., Key, R.M., Schofield, D.I., Bauer, W., Tucker, R.D., Rafahatelo, J.M., Rabarimanana, M., Ralison, A.V. ve Randriamananjara, 2010. Post-collisional magmatism in the central East African Orogen: The Maevarano Suite of North Madagascar. *Lithos*, 116, 18-34.
- Göncüoğlu, M.C., Turhan, N. ve Tekin, K., 2003. Evidence for the Triassic rifting and opening of the Neotethyan İzmir -Ankara Ocean, northern edge of the Tauride-Anatolide Platform, Turkey. *Bulletin Geological Society Italy, Special Volume 2*, 203-212.
- Graciansky, P., 1965. Menderes Masifi'nin güney kıyısı boyunca (Türkiye'nin GB'sı) görülen metamor-

- fizma hakkında açıklamalar. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Bülteni, 64, 8-22.
- Gradstein, Ogg, J.G., Smith A.G.B. ve Lourens, L.J., 2004. A new Geological Time Scale, with special reference to Precambrian and Neogene. *Episodes*, 27, 83-100.
- Gürsu, S. ve Göncüoğlu, M.C., 2005. Early Cambrian back-arc volcanism in the Western Taurides, Turkey: implications for the rifting along northern Gondwanan margin. *Geological Magazine*, 142(5), 617-631.
- _____ ve _____, 2006. Petrogenesis and tectonic setting of Cadomian felsic igneous rocks, Sandıklı area of the western Taurides, Turkey. *International Journal of Earth Sciences*, 95, 741-757.
- _____, _____ ve Bayhan, H., 2004. Geology and geochemistry of Pre-early Cambrian rocks in the Sandıklı area: Implication for the Pan-African evolution of NW Gondwana. *Gondwana Research*, 7, 923-935.
- _____, _____ ve Turhan, N., 2005. Geology and petrology of Cadomian felsic magmatism in Afyon area, western central Turkey. *International Earth Sciences Colloquium on the Aegean Regions, Abstracts*, pp 46-47.
- Hetzl, R., Ring, U., Akal, C. ve Troesch, M., 1995. Miocene NNE-directed extensional unroofing in the Menderes Massif, southern Turkey. *Journal Geological Society, London*, 152, 639-654.
- _____ ve Reischmann, T., 1996. Intrusion age of Pan-African augen gneisses in the southern Menderes Massif and the age of cooling after Alpine ductile extensional deformation. *Geological Magazine*, 133(5): 565 - 572.
- _____, Romer, R. Candan, O. ve Passchier, C.W., 1998. Geology of the Bozdağ area, central Menderes Massif, SW Turkey: Pan - African basement and Alpine deformation. *Geologische Rundschau*, 87, 394-406.
- Himmerkus, F., Reischmann, T. ve Kostopoulos, D., 2009. Triassic rift-related meta-granites in the Internal Hellenides, Greece. *Geological Magazine*, 146 (2), 252-265.
- Hözl, S. Hofmann, A.W. Todt, W. ve Köhler, H., 1994. U-Pb geochronology of the Sri Lankan basement. *Precambrian research* 66:123-149.
- Işık, V. ve Tekeli, O., 2001. Late orogenic crustal extension in the northern Menderes Massif (western Turkey): evidence for metamorphic core complex formation. *International Journal Earth Science* 89, 757-765.
- _____, _____ ve Seyitoğlu, G., 2004. The Ar/Ar age of extensional deformation and granite intrusion in the northern Menderes core complex: implications for the initiation of extensional tectonics in western Turkey. *Journal of Asian Earth Science*, 23, 555-566.
- Jacobshagen, V., 1986. *Geologie von Griechenland. Beiträge zur regionalen Geologie der Erde Band 1*, Gebrüder Bornträger Berlin, 363 p.
- Key, R.M. Charsley, T.J. Hackman, B.D. Wilkinson, A.F. ve Rundle, C.C., 1989. Superimposed Upper Proterozoic collision-controlled orogenies in the Mozambique orogenic belt of Kenya. *Precambrian Research*, 44, 197-225.
- Konak, N., 1985. Menderes Masifi'nde çekirdek - örtü ilişkilerinin yeni gözlemler ışığında tartışılması. *Türkiye Jeoloji Kurultayı, bildiri özleri*, 33s.
- _____, Akdeniz, N. ve Öztürk, E.M., 1987. Geology of the south of Menderes Massif, I.G.C.P. project no:5, Correlation of Variscan and pre-Variscan events of the Alpine Mediterranean mountain belt, field meeting, Mineral Research and Expl - anatory Institute Turkey, 42-53.
- _____, Çakmakoğlu, A., Elibol, E., Havzoğlu, T., Hepşen, N., Karamanderesi, I.H., Keskin, H., Sarıkaya, H., Sav, H. ve Yusufoglu, H., 1994. Development of thrusting in the median part of the Menderes Massif. *Abstracts 47th Geologic Congress Turkey-Ankara*: 34 (Abst).
- Koralay, O.E., 2001. Geology, geochemistry and geochronology of granitic gneisses and leucocratic orthogneisses at the eastern part of Ödemiş-Kiraz submassif, Menderes Massif: Pan-African and Triassic magmatic activities. PhD Thesis, Graduate School of Natural Science Dokuz Eylül University, İzmir, 191 p.

- Koralay, O.E. ve Dora, O.Ö., 1999. Menderes Masifi'nde Derbent (Alaşehir) yöresinin jeolojisi ve olasılı Kimmeriyen metamorfizması. *Yerbilimleri (Geosound)*, 34, 151-172.
- _____, Satır, M. ve Dora, O.Ö., 2001. Geochemical and geochronological evidence for Early Triassic calc-alkaline magmatism in the Menderes Massif, western Turkey. *International Journal of Earth Science*, 89, 822-835.
- _____, Dora, O.Ö., Candan, O., Chen, F. ve Satır, M., 2003. Menderes masifindeki paragneysların ilksel çökelme yaşına tek zirkon Pb/Pb evaporasyon jeokronolojisi yöntemi ile yaklaşım. 56. Türkiye Jeoloji Kurultayı, s.64-65.
- _____, _____, Chen, F., Satır, M., ve Candan, O., 2004. Geochemistry and geochronology of orthogneisses in the Derbent (Alaşehir) area, Eastern part of the Ödemiş - Kiraz submassif, Menderes Massif: Pan-African magmatic activity. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 13, 37-61.
- _____, Chen, F., Candan, O., Dora, O.Ö., Satır, M., ve Oberhänsli, R., 2005. Pb-Pb geochronology of detrital zircons from Neoproterozoic paragneisses in the Menderes Massif, Turkey. *International Earth Science Colloquium on the Aegean Regions*, İzmir-Turkey, 69.
- _____, Candan, O., Dora, Ö., Satır, M., Oberhänsli, R. ve Chen, F., 2007. Menderes Masifi'ndeki Pan-Afrikan ve Triyas yaşlı metamagmatik kayaların jeolojisi ve jeokronolojisi, Batı Anadolu, Türkiye. *Menderes Masifi Kolokyumu*, İzmir.
- Kröner, A., 1984. Late Precambrian plate tectonics and orogeny: a need to redefine the term Pan-African. In: Klerkx, J., ve Michot, J. (ed) *African Geology*, 23-28. Tervuren: Musccc. R. l'Afrique Centrale.
- _____, Willner, A.P., Hegner, E., Frischbutter, A., Hofmann, J. ve Bergner, R., 1995. Latest Precambrian (Cadomian) zircon ages, Nd isotopic systematics and P-T evolution of granitoid orthogneisses of the Erzgebirge, Saxony and Czech Republic. *Geologische Rundschau.*, 84, 437-456.
- Kröner, A. ve Şengör, A.M.C., 1990. Archean and Proterozoic ancestry in the Late Precambrian to Early Palaeozoic crustal elements of southern Turkey as revealed by single zircon dating. *Geology*, 18, 1186-1190.
- _____, ve Stern, R.J., 2005. Pan-African Orogeny. *Encyclopedia Geology*, Volume-I, A to E, 1-12, Elsevier.
- Kulaksız, S., 1978. Sivrihisar kuzeybatı yöresi eklojitleri. *Yerbilimleri*, 4, 89-94.
- Lips, A.L.W., Cassard, D., Sözbilir, H., Yılmaz, H. ve Wijbrans, J.R., 2001. Multistage exhumation of the menderes Massif, western Anatolia (Turkey) *International Journal of Earth Science*, 89, 781-792.
- Loos, S., 1995. Alterbestimmungen im SW Menderes Massiv, Türkei, mit der einzirkon - Pb/Pb evaporationsmethode. Diplomarbeit, Johannes Gutenberg Universität Mainz, 95p.
- _____, ve Reischmann, T., 1999. The evolution of the southern Menderes massif in SW Turkey as revealed by zircon dating. *Journal Geological Society London*, 156, 1021-1030.
- Micheletti, F., Barbey, P., Fornelli, A., Piccarreta, G. ve Deloule, E., 2007. Latest Precambrian to Early Cambrian U-Pb zircon ages of augen gneisses from Calabria (Italy), with inference to the Alboran microplate in the evolution of the peri-Gondwana terranes. *International Journal Earth Science* 96, 843-860.
- Mittwede, S.K., Karamandereci, İ.H. ve Helvacı, C., 1995a. Tourmaline-rich rocks of the southern part of the Menderes Massif, southwestern Turkey. *International Earth Sciences Colloquium on the Aegean Region*, 1995 Excursion Guide, DEU, Department of Geological Engineering, İzmir, 25p.
- _____, Sinclair, W.D., Karamandereci, İ.H. ve Helvacı, C., 1995b. Geochemistry of quartz-tourmaline nodules from Irmadan (Muğla-Yatağan), Türkiye. Abstracts of the Second International Turkish Geology Workshop, September 6-8, 1995, Sivas, Turkey, p74.

- Mittwede, S.K., Sinclair, W.D., Helvacı, C. ve Karamanderesi, İ.H., 1997. Quartz-tourmaline nodules in leucocratic metagranite, southern flank of the menderes Massif, SW Turkey. *Tourmaline 97*, International Symposium on Tourmaline, Abstract Volume, Czech Republic, pp 57-58.
- Monod, O., Kozlu, H., Ghienne, W., Dean, W.T., Günay, Y., Herisse, A. ve Paris, F., 2003. Late Ordovician glajiation in southern Turkey. *Terra Nova*, 15, 4, pp.249-257.
- Müller, B., Klötzli, U.S. ve Flisch, M., 1995. U-Pb and Pb-Pb zircon dating of the older orthogneiss suite in the Silvretta nappe, eastern Alps: Cadomian magmatism in the upper Austro-Alpine realm. *Geologische Rundschau*, 84, 457-465.
- Neubauer, F., 2002. Evolution of Late Neoproterozoic to early Paleozoic tectonic elements in central and southern European Alpine mountain belt: review and syntesis *Tectonophysics*, 352, 87-103.
- Oberhänsli, R. Candan, O. Dora, O.Ö., ve Dürr, S., 1997. Eclogites within the Menderes Crystalline Complex / western Turkey / Anatolia. *Lithos* 41: 135-150.
- _____, _____ ve Wilke, W., 2009. Geochronologic Evidence of Pan-African Eclogites from the Menderes Massif, Turkey. *Precambrian Research* (Submitted).
- Ocshner, A., 1993. U-Pb geochronology of the Upper proterozoic-Lower Paleozoic geodynamic evolution in the Ossa-Morena Zone (SW Iberia): constraints on the on the timing of the Cadomian Orogeny. PhD Thesis no. 10392, ETH, Zurich Switzerland, 430 pp.
- Okay, A.I., 1984. Distribution and characteristics of the northwestern Turkish Blue schists. In: Dixon, J.E. ve Robertson, A.H.F. (ed). *The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean*. Geological Society Special Publication 17, 455-466.
- _____, 2001. Stratigraphic and metamorphic inversions in the central Menderes Masif. a new structural modal. *International Journal of Earth Science*, 89, 709-727.
- Okay, A.I. ve Kelley, S.P., 1994. Tectonic setting, petrology and geochronology of jadeite + glaucophane and chloritoid + glaucophane schists from northwest Turkey. *Journal Metamorphic Geology* 12: 455-466.
- _____, Bozkurt, E, Satır, M., Yiğitbaş, E., Crowley, Q.G., ve Shang, C.K., 2008. Defining the southern magrin of Avalonia in the potides: Geochronological data from the Late Proterozoic and Ordovician granitoids from NW Turkey. *Tectonophysics*, 461, 252-264.
- Özer, S., Sözbilir, H., Özkar, İ., Toker, V. ve Sarı, B., 2001. Stratigraphy of Upper Cretaceous-Palaeogene sequences in the southern and eastern Menderes Massif (Western Turkey). *International Journal of Earth Science*, 89(4): 852-866.
- _____, ve Sözbilir, H., 2003. Presence and tectonic significance of Cretaceous rudist species in the so-called Permo-Carboniferous Göktepe Formation, central Menderes metamorphic massif, western Turkey. *International Journal of Earth Science*, 92 (3), 397-404.
- Öztunalı, O., 1973. Petrology and geochronology of Uludağ (NWAnatolia) and Eğrigöz (WAnatolia) massifs. *İstanbul Üniv. Science Faculty Monographs*, 23, 1-115.
- Öztürk, A. ve Koçyiğit, A., 1983. Menderes grubu kayalarının temel-örtü ilişkisine yapısal bir yaklaşım (Selimiye-Muğla). *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 26, 99-106.
- Paquette, J.L., Nedelec, A., Monie, B. ve Rakotondrazafy, M., 1994. U-Pb single zircon Pb-evaporation and Sm-Nd isotopic of granulitic domain in SE Madagascar. *Journal Geology*, 102, 523-538.
- Partzsch, J. H. Oberhänsli, R. Candan, O. ve Warkus, F., 1998. The Menderes Massif, W-Turkey: A complex nappe pile recording 1.0 Ga of geological history. *Third International Turkish Geology Symposium*, Middle East Technical University (METU) - Ankara, 281.

- Pupin, J.P., 1980. Zircon and granite petrology. *Contributions Mineralogy Petrology*, 73, 207-220.
- _____ ve Turko, G., 1974. Application a quelques roches endogenes du massif franco-italien de l'Argentera-Mercantour, d'une typologie originale du zircon accessoire. Etude comparative avec la methode des R.M.A. *Bulletin Society For. Mineralogical Cristallogrph.* 97, 59-69.
- Reischmann, T., 1998. Pre-Alpine origin of tectonic units from the metamorphic complex of Naxos, Greece, identified by single zircon Pb/Pb dating. *Bulletin of the Geological Society of Greece, Proceedings of the 8th International Congress., Patras, XXXII/3*, 101-111.
- _____, Kröner, A., Todt, W., Dürr, S. ve Şengör, A.M.C., 1991. Episodes of crustal growth in the menderes Massif, W Turkey, inferred from zircon dating. *Terra Abstracts*, 3, 34.
- Ring, U. Gessner, K. Güngör, T. ve Passchier. C., 1999. The Menderes Massif of western Turkey and the Cycladic Massif in the Aegean-do they really correlate? *Journal Geologie Society London*, 155, 3-6.
- _____, Kröner A., Buchwald, R., Toulkeridis, T. ve Later, P., 2002. Shear zone patters and eclogite-facies metamorphism in the Mozambique belt of northern Malawi, east-central Africa: implication for assembly of Gondwana. *Precambrian Research*, 116, 19-56.
- Satir, M. ve Friedrichsen, H., 1986. The origin and evolution of the Menderes Massif, W-Turkey: A rubidium/ strontium and oxygen isotope study. *Geologische Rundschau*, 75/3, 703-714.
- Schüiling, R.D., 1962. On petrology, age and structure of the Menderes migmatite complex (SW - Turkey). *Bulletin Mineral Research Exploration Institute Turkey*, 58, 71-84.
- Shiraishi, E.D.J., Hiroi, Y., Fanning, C.M., Motoyoshi, Y. ve Nakai, Y., 1994. Cambrian orogenic belt in east Antarctica and Sri Lanka: Implications for Gondwana assembly. *Journal Geology*, 102, 47-65.
- Stern, R.J., 1994. Arc assembly and continental collision in the Proterozoic east African orogen: Implications for the consolidation of Gondwanaland. *Annual Review Earth Planetary Sciences*, 22, 319-351.
- Şengör, A.M.C. ve Yılmaz, Y., 1981. Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach. *Tectonophysics*, 75: 181-241.
- _____, Satir, M. ve Akkök, R., 1984. Timing of tectonic events in the Menderes Massif, western Turkey. Implications for tectonic evolution and evidence for Pan-African basement in Turkey. *Tectonics* 3(7): 693-707.
- Teklay, M., Kröner, A., Mezger, K. ve Oberhänsli, R., 1998. Geochemistry, Pb-Pb single zircon ages and Nd-Sr isotope composition of Precambrian rocks from southern and eastern Ethiopia: implications for crustal evolution in East Africa. *Journal of African Earth Science*, V 26/2, 207-227.
- Thomson, S.N. ve Ring, U., 2006. Thermochronologic evaluation of postcollision extension in the Anatolide orogen, western Turkey. *Tectonics*, 25, TC3005, doi:10.1029/2005TC001833.
- Unrug, R., 1996. The assembly of Gondwanaland. *Episodes*, 19, 1-2, 11-20.
- Ustaömer, P.A., 1999. Pre-Early Ordovician Cadomian arc-type granitoids, the Bolu Massif, West Pontides, northern Turkey: geochemical evidence. *International Journal Earth Sciences*, 88, 2-12.
- _____ ve Kipman, E., 1998. An example for a Pre-Ordovician Arc magmatism from northern Turkey: geochemical investigation of Çaçurtepe Formation (Bolu, W Pontides). *Bulletin Mineral Research Exploration Institute*, 120, 61-77.
- _____ ve Rogers, G., 1999. The Bolu Massif: remnant of a pre-Early Ordovician active margin in the west Pontides, northern Turkey. *Geological Magazine*, 136(5), 579-592.
- _____, Mundil, R. ve Renne, P.R., 2005. U/Pb and Pb/Pb zircon ages for arc-related intrusions of

- the Bolu Massif (W Pontides, NW Turkey): evidence for Late Precambrian (Cadomian) age. *Terra Nova*, 17/3, 215-223.
- Ustaömer, P.A., Ustaömer, T., Collins, A.S. ve Robertson, A.H.F., 2009. Cadomian (Ediacaran -Cambrian) arc magmatism in the Bitlis Massif, SE Turkey: Magmatism along the developing northern margin of Gondwana. *Tectonophysics*, 473, 99-112.
- Veevers, J.J., 2004. Gondwanaland from 650-500 Ma assembly through 320 Ma merger in Pangea to 185-100 Ma break up: supercontinental tectonics via stratigraphy and radiometric dating. *Earth-Science Reviews*, 68, 1-132.
- Wilson, T.J., Grunow, A.M. ve Hanson, R.E., 1997. Gondwana assembly: The view from southern Africa and East Gondwana. *Journal of Geodynamics*, 23, 3/4, 263-286.
- Yibas, B., Reimold, W.U., Armstrong, R., Koeberl, C., Anhaeusser, C.R. ve Phillips, D., 2002. The tectonostratigraphic, granitoid geochronology and geological evolution of the Precambrian of southern Ethiopia. *Journal of African Earth Science*, 34, 57-84.
- Zelazniewicz, A., Dörr, W., Bylina, P., Franke, W., Haack, U., Heinisch, H., Schastok, J., Grandmontagne, K. ve Kulicki, C., 2004. The eastern continuation of the Cadomian orogen: U-Pb zircon evidence from Saxo-Thuringian granitoids in south-western Poland and the northern Czech Republic. *International Journal of Earth Sciences*, 93, 773-781.
-

bos sayfa