

Alaşehir kuzeyinde (Menderes Masifi, Demirci -Gördes Asması) gözlenen metagabroların petrografisi ve metamorfizması

Petrography and metamorphism of the metagabbros at the northern part of Alaşehir; Demirci- Gördes submassif of the Menderes Massif

Osman CANDAN

Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 35100 Bornova-İzmir

Öz

Demirci-Gördes Asması'nın güney kesiminde, Alaşehir-Kula arasında kalan yörede alttan üste doğru Menderes Masifi'nin çekirdek serisine ait, gnays ve lökokratik metagranit içeren şist, gnays, granitik kesimler içeren migmatit, asidik metavolkanit ve örtü serisine ait granat mika şistler yüzlek verir. Ayrıca, asidik metavolkanitler içerisinde bir metagabro stoğu ve çok sayıda metagabro sili yer almaktadır.

Çevre kayalarla birlikte etkilendikleri yüksek dereceli metamorfizma sonucunda, metagabro stoğunda çekirdeğe doğru mineralojik ve dokusal değişimler gelişmiştir. Bu değişimlere göre, metagabrolarda çeperden çekirdeğe doğru "Granatlı amfibolit çeper zonu"; "Amfibolitik metagabro ara zon" ve "Metagabro çekirdek" olmak üzere üç zon ayrılmıştır. Metamorfizmadan en fazla etkilenen çeper zonunda metagabrolar tümüyle granatlı amfibolitlere dönüşmüşlerdir. Çevre kayalardakilere paralel kuvvetli foliasyona sahip granatlı amfibolitler, tamamiyle metamorfizma ürünü mineral bileşim ve dokusuna sahiptir. Amfibolitik metagabro zonunda ise ilksel magmatik kayaya ait doku ve mineraloji kısmen korunmuştur. Stoğun iç kesimlerinde metagabrolar metamorfik etkilerden oldukça iyi korunmuş olup "Plagioklas + Orto/Klinopiroksen + Hornblend + Klinozoisit ± Granat ± Sfen ± Biotit ± Opak mineral" bileşimindedir. Ayrıca metagabro stoğunun yakın civarında amfibolitlere dönüşmüş yüz metre uzunluğa kadar erişebilen çok sayıda metagabro sili bulunmaktadır.

Alaşehir'in kuzey kesiminde, Masifin çekirdek serisine ait birim içerisinde gözlenen gabro bileşimindeki bu bazik magmatik kayalar çevre kayalarla birlikte yüksek dereceli metamorfizm aya uğramışlardır. Olasılıkla Prekambriyen / Kambriyen yaşlı bu metagabrolar ile masifin birçok yöresinde gözlenen ve önceki çalışmalarda post-metamorfik karakter ve Orta Miyosen yaşlı oldukları ileri sürülen gabrolar arasında jeolojik konum yapı, mineralojik bileşim ve dokusal özellikler açısından büyük benzerlikler bulunmaktadır. Bu yeni verilere göre, masifin diğer yörelerindeki gabroların da, Orta Eosen'de masifi etkileyen yüksek dereceli son ana metamorfizm adan etkilenebilir, olasıyla Prekambriyen/Kambriyen yaşlı bazik magmatik kayalar oldukları anlaşılmaktadır.

Abstract

The metamorphic rock succession between Kula-Alaşehir region, Demirci-Gördes submassif, can be given, in ascending order, as follows; micaschists comprising gneiss levels and leucocratic metagranite bodies; gneiss, migmatites associated with granites and acidic metavolcanites of the core series and garnet micaschists of the cover series. Also, metagabbro stock, approximately 1 km in wide, and a number of metagabbro sills occur in the acidic metavolcanites.

It was determined that the metagabbro stock represent some textural and mineralogical changes toward the core which were resulted from the highgrade metamorphism affected both the country rocks and metagabbros. These metaigneous rocks can be petrographically subdivided into three rock types from the margin to the core; garnet amphibolite, amphibolitic metagabbro and metagabbro. The metagabbros were completely converted to the garnet amphibolites at the marginal zone in which they were strongly affected by the metamorphism. In these zones were the rocks were strongly foliated parallel to those of the country rocks, the garnet amphibolites have a purely metamorphic mineralogy and texture. In the amphibolitic metagabbro zone, the primary igneous texture and mineralogy were partly preserved. In the inner parts of the stock, the metagabbros are remarkably free of metamorphic effects and consist of "Plagioclase + Ortho I Clinopyroxene + Hornblende + Clinzoisite ± Garnet ± Biotite ± Sphene ± Opaquioxide". A number of metagabbro sills, up to 100 m in length, which were partly or completely converted to garnet amphibolite occur in the country rocks around the metagabbro stock.

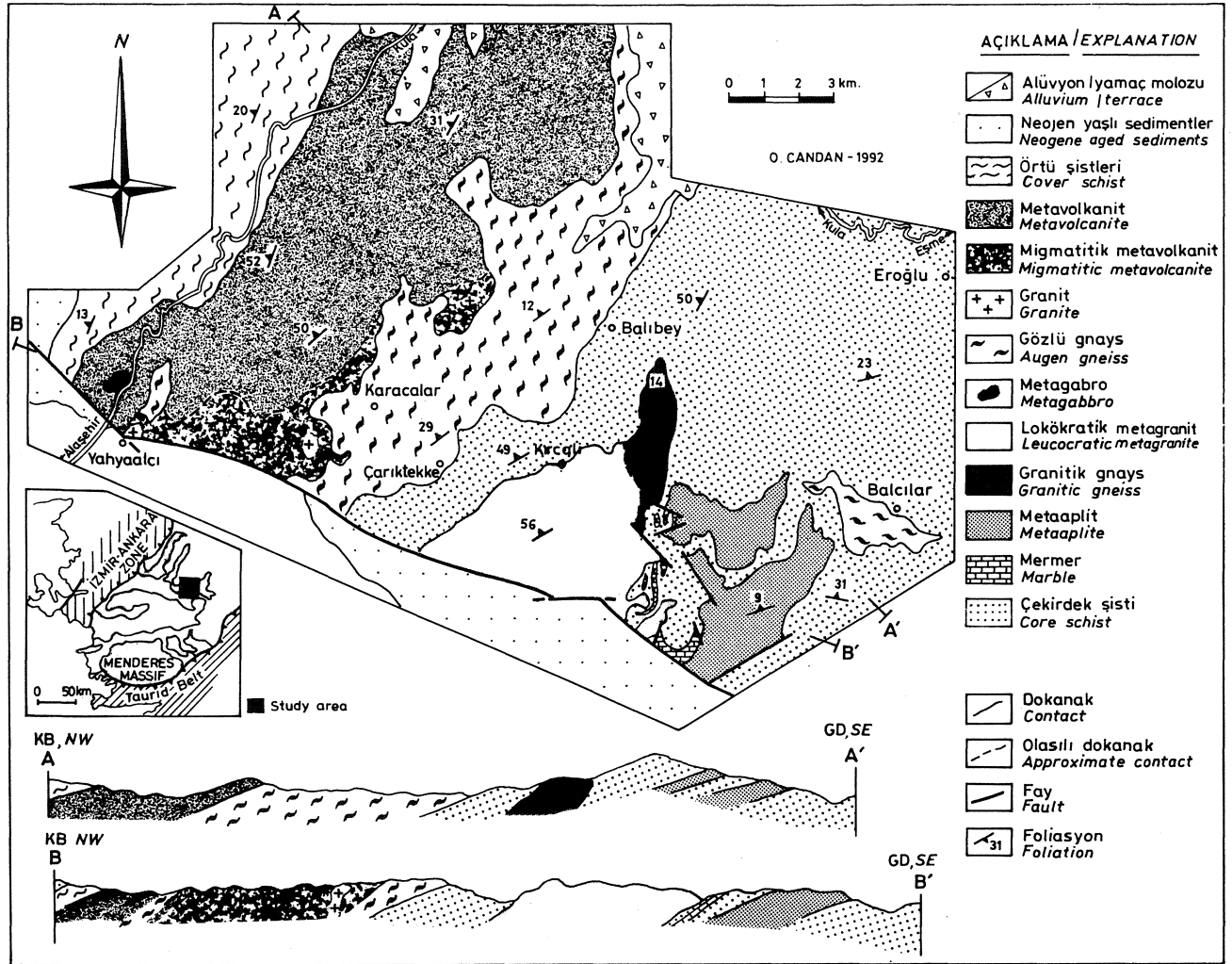
At the north part of Alaşehir, these basic igneous rocks gabbroic in composition occurring in the core series of the Menderes Massif were contemporaneously subjected to highgrade metamorphism with the country rocks. It is obviously understood that, in terms of the geological setting, structural features, mineralogical composition and textural evidence, the metagabbros, probably Precambrian-Cambrian in age, which are exposed in Alaşehir-Kula region have great similarities with the gabbros all over the Menderes Massif which are previously regarded to be Middle Mioce in age and post-metamorphic in character (According to these new evidences, it can be postulated that the gabbros which are exposed all over the Menderes Massif are of Precambrian-Cambrian in age and were subjected to high - grade metamorphism effected the Menderes Massif during the Middle Eocene time.

GİRİŞ

Menderes Masifi'nde bazik bileşimli magmatik kayaların varlığı uzun yıllardan beri bilinmektedir. Bu konudaki ilk kayıtlara, masifin platform türü karbonatlarındaki zımpara yatakları üzerinde çalışan Onay

(1949)'da rastlanmaktadır. Sonraki yıllarda Çin'e Asması'nın genelini kapsayan çalışmasında Schuiling (1962) benzer kayaların varlığına değinmiş ve bunları "lampofir" ve "amfibolit" olarak adlandırmıştır.

Aradan geçen yirmi yıla yakın bir zamanda masifte bu konuda kayda değer bir çalışma gerçekleştirilmemiştir.



Şekil I. Kula-Alaşehir arasında kalan çalışma alanının jeoloji haritası.

Figure 1. Geological map of the study area located between Kula and Alaşehir.

Bazik magmatik kayalar üzerine ilk ayrıntılı çalışma Kun (1983) tarafından Çine yöresinde gerçekleştirilmiştir. Araştırmacı bunların post-metamorfik karakterli, gabro bileşimli kayalar olduklarını belirterek yerleşimlerinin düşey tektonik hatlarca denetlendiğini ileri sürmektedir. Benzer özelliklerdeki bu kayalar daha sonraki yıllarda Ödemiş-Kiraz Asması, Birgi çevresi (Kun ve Candan 1988) ve Çine Asması doğusu, Karıncalı Dağ yörelerinde de (Kun ve Candan 1991) yaygın olarak saptanmıştır. Dolayısıyla bu görüşlere dayalı olarak geliştirilen Menderes Masifi'nin evrim modellerinde (Dora ve diğ., 1987; Kun ve diğ., 1988; Dora ve diğ., 1990 ve 1992) gabrolar düşey tektonik hatlarca denetlenen, olasılıkla Orta Miyosen yaşlı, post-metamorfik bazik plutonlar olarak yorumlanmıştır. Ancak son yıllarda, Candan (1992) tarafından Kula-Alaşehir dolayında gerçekleştirilen çalışmada Ma-

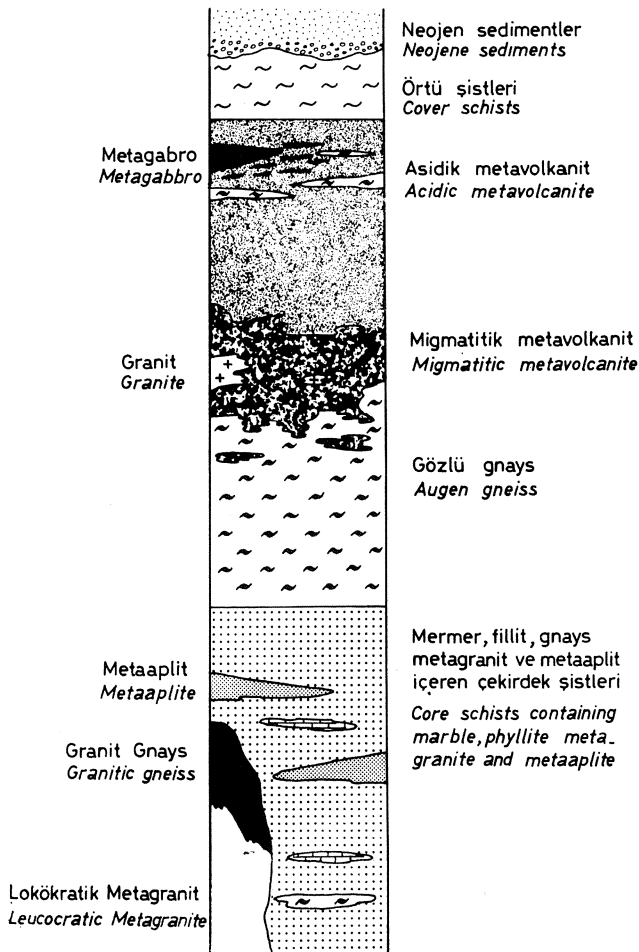
sifteki gabroların metamorfik olduğu belirtilmiş ve bunu izleyen yılda, bu görüşü destekler veriler Ödemiş/Birgi (Candan 1993), Çine/Madran ve Karacasu/Karıncalı Dağ yörelerinde de elde edilmiştir. Bu makalede, Menderes Masifi'ndeki gabroların metamorfik karakterlerinin çok açık olarak gözlemlendiği, Alaşehir-Kula arasında kalan yöredeki (Şekil 1) metagabro stok ve sillerinin petrografileri ve metamorfizma özelliklerinin irdelenmesi amaçlanmaktadır.

LİTOSTRATİGRAFİ

İnceleme alanındaki metamorfik istifin en alt düzeyini kalın bir granat-mika şist serisi oluşturur. Oldukça homojen bir bileşime sahip bu kayalar içerisinde ender olarak ince mermer düzeyleri ve fillit arakatmanları gözlenir. Ayrıca, Kırcaali, Balcılar köyleri çevresinde, malik mineral içermeyen lökokratik karakterde yaygın

meta-asidik magmatik kayalar bulunmaktadır. Yer yer gnayslara geçişler gösteren bu kayalar lökokratik metagranit ve meta aplit karakterindedir. Bunların yanı sıra, yine şist serisi içerisinde çeşitli boyutlarda gnays düzeyleri mevcuttur. Bunlar özellikle inceleme alanının batıya doğru uzantısında geniş alanlarda yüzeylenmektedir.

Olasılıkla Kambriyen-Prekambriyen yaşlı, masifin çekirdek serisine ait bu yaygın mika şistler uyumlu ve geçişli dokanaklarla gnayslar tarafından üstlenir (Şekil 2). Dokanak ilişkileri Çakırteke ve Balıbey köyleri çevresinde çok net olarak izlenmektedir. Gnayslar, gözlü-granitik ve bantlı yapılarda olup değişik boyutlarda ve çeşitli yapılarda migmatitik odaklar içerir. Gnayslar, geçişli dokanaklarla, alt düzeylerinde ileri derecede migmatizasyona uğramış asidik metavolkanitler tarafından üstlenir. Migmatitler ile gnaysların dokanaklarının son derece giri oluşu ve her iki kaya türünün birbiri



Şekil 2. İnceleme alanının genelleştirilmiş sütun kesiti.

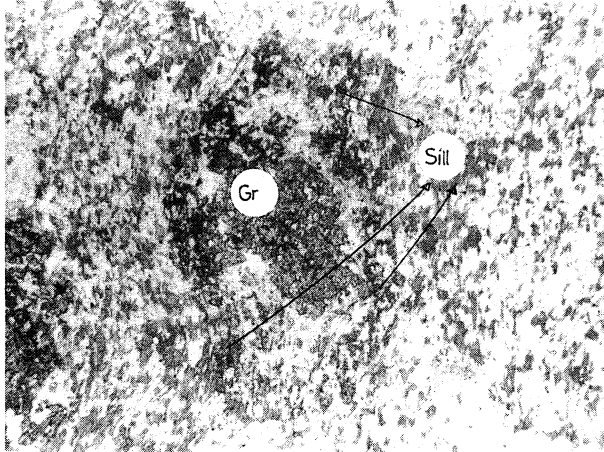
Figure 2. Generalized columnar section of the study area

içerisinde yaygın olarak bulunuşu bölgedeki gözlü gnaysların migmatitik karakterini ortaya koymaktadır.

Bölgede gözlenen en yaygın migmatit türleri kıvrımlı, ptigmatik ve şiliren olup bazı yörelerde migmatizasyon nebulitik aşamaya kadar ulaşmaktadır. Bunun sonucunda migmatitler içerisinde düzensiz dokanaklı, irili ufaklı çok sayıda anateksi ürünü granit kütleleri gelişmiştir. Bu granitler, çevre kayayı oluşturan migmatitlere benzer şekilde sillimanit ve granat içermektedir. Migmatizasyon etkilerinin azaldığı, serinin üst düzeylerinde asidik metavolkanitler morumsu renkleri ve masifert yapılarıyla masifin diğer yörelerindekiyle benzer, karakteristik bir görünüm kazanırlar. "Sillimanit + Ortoklas" parajenezinin gözlemlendiği, yüksek dereceli bu metamorfik kayalar içerisinde piroksen ve anortitçe zengin kalsilikat felsler ve değişik kalınlıklarda şist düzeylerine de sıkça rastlanmaktadır. Ayrıca Yahyaalçı köyü kuzeyinde, asidik metavolkanitler içerisinde metagabro stok ve silleri gözlenmektedir. Özellikle bu kesim, değişik kalınlıklarda, yaygın gözlü/ince taneli gnays ve şist düzeylerinin varlığı ile karakterize olmaktadır. İnceleme alanında asidik metavolkanitler uyumlu dokanaklarla, bölgedeki metamorfik istifin en üst düzeylerini oluşturan ve Menderes Masifi'nin örtü serilerine ait granat-mika şistler tarafından üstlenir.

PETROGRAFI

Morumsu gri renkli, ince taneli bu kayalar genelde masif yapıdadır. Metagabro stoğunun özellikle kuzey-kuzeybatı kesimlerinde oldukça geniş alanlarda yüzeylenen bu kayalara ayrıca gnays ve şist ardalanmalı seri içerisinde, ince düzeyler şeklinde de rastlanmaktadır. Yapılan arazi gözlemlerinde bu kayaların ender olarak birkaç cm boyuta ulaşabilen, genelde birkaç milimetrelik, elips şeklinde mineral yuvaları içerdikleri belirlenmiştir. Çoğu zaman siyah/yeşilimsi siyah, ender olarak beyaz renkli sillimanitçe çok zengin bu yuvaların metamorfizma sonucu deforme olmuş eski porfiroblastlar oldukları düşünülmektedir. Yapılan petrografik çalışmalarda asidik metavolkanitlerin genel mineral bileşimleri "Kuvars + Plajiolklas + Ortoklas + Biotit + Muskovit + Sillimanit + Granat + Zirkon" olarak belirlenmiştir. Plajiolklaslar polisentetik ikizlenmeli olup ortoklaslarda ender olarak pertitik yapılar gözlenmektedir. Kayacın masif veya yönlü bir yapıya sahip olmasına bağlı olarak biotit ve muskovitlerin doku içerisindeki konumları değişmektedir. Sillimanitler feldspat dokanaklarının yanı sıra özellikle elipsoid şekilli mineral yuvaları içerisinde de yaygın olarak bulunmaktadır (Şekil 3). Pseudomorf karakterdeki bu yuvaların merkezlerinde genelde özşekli granat kristalleri bulunmakta, bu mineral sillimanit ve kuvarşça zengin, az oranda biotit içeren bir kuşak ile çevrelenmektedir.



Şekil 3. Asidik metavolkanitlerdeki beyaz beneklerin mikroskopik görüntüsü. Merkezde granat yer almakta ve bu mineral sillimanit ve kuvarşça zengin bir kuşakla sarılmaktadır. Paralel nikol, 10 x, Gr= Granat, Sill= Sillimanit.

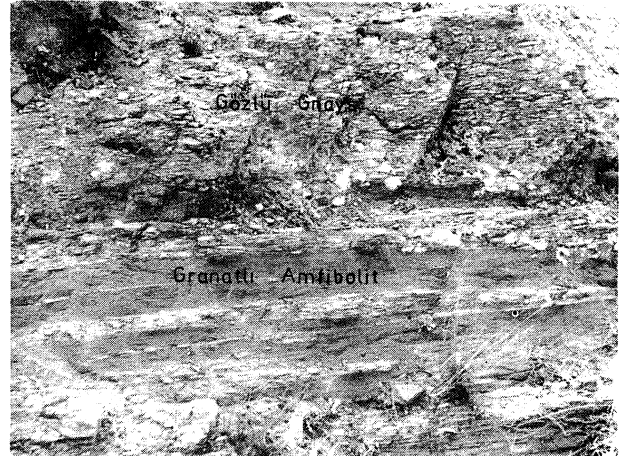
Figure 3. Photomicrograph of the white-spots in acidic metavolcanite. The garnet occurring in the center are surrounded by sillimanite and quartz-rich shell. Plain light, 10X, Gr= Garnet, Sill=Sillimanite.

Migmatizasyon aşamasında yüksek dereceli metamorfizmaya uğramış asidik metavolkanitlerde genelde ince taneli poligonallı doku, bazı yönlendirilmiş örneklerde ise lepidoblastik doku gözlenmektedir.

Gözlü ve ince Taneli Gnays

Özellikle metagabro stoğunun güneydoğu-doğu kesimlerinde, kalınlıkları 10-20 cm ile birkaç yüz metre arasında değişen yaygın gözlü gnays düzeyleri bulunmaktadır (Şekil 4). Potasyum feldspattan oluşan gözler genelde beyaz renkli olup bazı örneklerde, masifin diğer yörelerinde de gözlendiği gibi mavi/lacivert bir renk tonu kazanmaktadır. Bunların dışında, öncelikle metagabro stoğunun güneydoğu kesimlerinde gri/beyaz renkli, ince taneli, masif yapıları gnays oluşumlarına yaygın olarak rastlanmaktadır. Gözlü gnays/ince taneli gnays arasındaki ayrım, kristal boyutundaki bölgesel değişimler nedeniyle bazı durumlarda mümkün olmamakta ve bu özellik haritalama çalışmalarına yansıtılmamaktadır.

Yapılan incekesit çalışmalarında gözlü ve ince taneli gnaysların yaklaşık benzer mineral bileşimlerine sahip oldukları belirlenmiştir. Bu kayaların genel mineral bileşimleri "Kuvars + Plajiyoklas + Ortoklas + Muskovit + Biotit + Granat + Sfen ± Zoisit ± Apatit ± Zirkon" olarak verilebilir. Özellikle gözlü gnayslarda,



Şekil 4. Bölgede gözlenen değişik kalınlıklardaki gözlü gnays düzeyleri.

Figure 4. Augen gneiss Heels different in thickness observed in the region.

feldspat porfiroblastları çevresinde gelişen ve bu minerallerin iki ucunda kuyruklu oluşturan ince taneli kuvarşların yaygın olarak gözlenmesi masifteki etkin sünek (Ductile) deformasyonu yansıtmaktadır. Bölgedeki gözlü gnayslarda milonitik/mortar doku, ince taneli gnayslarda ise poligonallı doku en yaygın gözlenen doku türleridir.

Granat-Mika Şist

Metagabro stoğunun özellikle kuzey ve batı dokanaklarında yaygın olarak gözlenen granat-mika şistleri saumsu renkleri ve belirgin foliasyonları ile diğer birimlerden kolaylıkla ayrılırlar. Yapılan petrografik çalışmalarda granat-mika şistlerin genel mineral bileşimleri "Kuvars + Plajiyoklas + Biotit + Muskovit + Granat ± Klorit ± Zirkon" olarak belirlenmiştir. Baskın mineral biotit ve muskovittir. Özellikle biotitlerde retrograd etkilerle klorite dönüşümler gelişmiştir. Granatlar birkaç milimetre boyutlarında özşekilli kristaller olup genelde bol kuvars kapanımı içermektedir. Granat-mika şistlerinde lepidoblastik/porfiroblastik doku gelişmiştir. Metagabro Stoğu

Yaklaşık 800 X 300 m boyutlarındaki metagabro stoğu Yahyaalıcı köyü'nün 2 km kuzeyinde, eski Alaşehir - Kula yolu üzerinde gözlenmektedir. Bu stok ve ona ait çok sayıda damar kayası asidik metavolkanit, gözlü/ince taneli gnays ve şist ardalanmasından oluşan bir topluluk içerisinde yer almaktadır (Şekil 5). Stoğa ait ilksel intruzif dokanak, uğradığı migmatizasyon aşamasındaki yüksek dereceli metamorfizma sonucunda büyük oranda yeniden düzenlenerek çevre kayaca uyumlu bir yapı kazanmıştır. Şekil 6'daki yaklaşık D-B yönlü ayrıntılı kesitte metagabro stok ve damar kayalarının konumları gösterilmektedir.

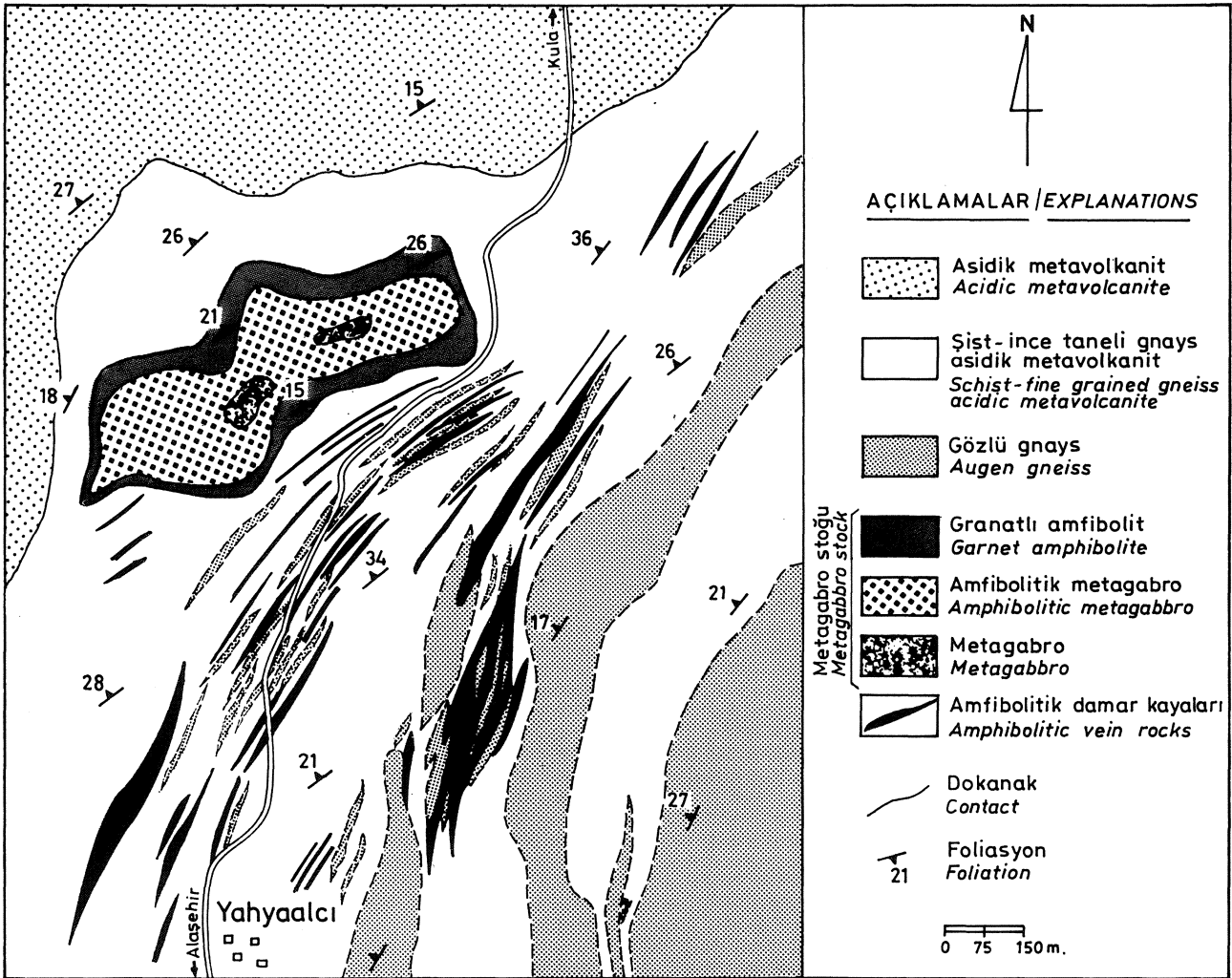
Arazi çalışmalarında metagabro stoğunun geçirdiği yüksek dereceli metamorfizma ve buna eşlik eden deformasyon sonucunda yapısal, dokusal ve mineralojik bileşim açısından belirgin bir değişime uğrayarak zonlanma kazandığı açıkça görülmektedir. Menderes Masifi'ndeki metagabrolar içerisinde zonlanmanın çok net olarak gözleendiği bu yörede metagabro stoğunun saha çalışmalarında, metamorfizma etkilerinin azalmasına bağlı olarak kenardan merkeze doğru ana hatlarıyla "Granatlı amfibolit çeper zonu", "Amfibolitik metagabro ara zon" ve "Metagabro çekirdek" olmak üzere üç zona ayrılarak haritalanması mümkün olmuştur. Çeperde yer alan ve metamorfizmanın en şiddetli hissedildiği kesimlerde ilksel gabro tümüyle granatlı amfibolitlere dönüşmüştür. Koyu yeşil/siyah renkli, hornblend ve granatın çıplak gözle rahatlıkla saptanabildiği bu kesimlerde, amfibolitlerde çevre kayacın foliasyonuna paralel belirgin foliasyon gelişmiştir. Stoğun merkezine doğru foliasyon kaybolmakta ve metagabro masif bir

yapı kazanmaktadır. Amfibolitik metagabro olarak tanımlanan, nispeten ince taneli kayacın rengi bu kesimlerde açılarak yeşile dönüşmektedir. Stoğun en iç kesimlerinde, sınırlı bölgelerde ilksel kayaya ait mineral bileşimi ve doku büyük oranda korunmuştur. Metagabro olarak adlandırılan kayacın bu kesimlerde, masif yapı ve gabroya özgü koyu gri/siyah rengi ile tanınabilmektedir.

Bu stoktan toplanan çok sayıda örneğin mikroskop altında dokusal ve mineralojik açıdan incelenmesiyle, çekirdekteki en iyi korunmuş kesimlerden izlendiği çeperdeki granatlı amfibolitlere geçişin altı aşamada izlendiği belirlenmiştir.

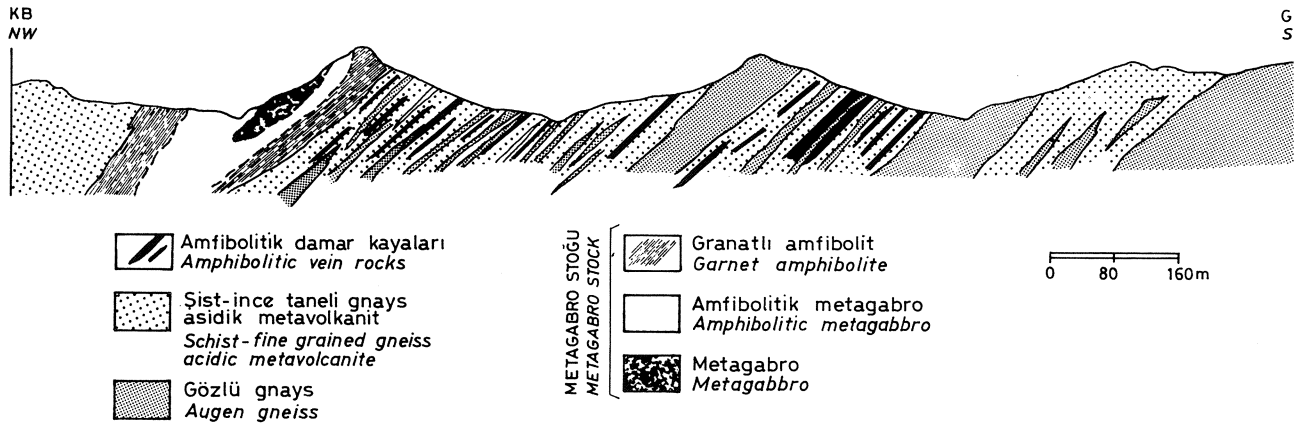
Arazi çalışmalarında haritalanmaları mümkün olmayan bu altı aşamaya ait petrografik özellikler ayrıntılı olarak aşağıda verilmektedir.

I. Aşama: Bu aşama, stoğun çekirdeğinde metamorfizmadan büyük oranda korunmuş kesimlerde göz-



Şekil 5. Metagabro stoğunun ayrıntılı jeoloji haritası.

Figure 5. Detailed geological map of the metagabro stock.



Şekil 6. Metagabro stoğu ve amfibolitik damar kayalarının dokanak ilişkisi.

lenmektedir. Bu zondaki ilksel magmatik kayaya ait korunmuş mineral bileşimi "Plajyoklas + Ortopiroksen + Klinopiroksen + Opak mineral (İlmenit)"dir. Metamorfizma sonucu gelişen mineral topluluğu ise "Biotit + Homblend + Klinozoisit + Granat" olarak belirlenmiştir (Çizelge 1).

Plajyotetik ikizlenmeli plajyoklaslar labrador bileşiminde olup içlerinde ince kristaller şeklinde klinozoisit oluşumları gelişmiştir. Özellikle zonlu yapıya sahip plajyoklaslarda klinozoisitlerin seçimli olarak kalsiyumca zengin çekirdek kesimlerinde geliştiği açıkça gözlenmektedir (Şekil 7). Yoğun klinozoisit kristalleri içeren bu tür plajyoklasların bileşimindeki bir kısım kalsiyumun klinozoisite bağlanması sonucu, ilksel bazik bileşimlerini kaybederek albitçe zengin daha asidik bir üyeye dönüştükleri düşünülmektedir.

Diopsit bileşimindeki klinopiroksenin yanında kayta ortopiroksenin de varlığı bazı örneklerde bileşimin gabronun yanısıra norite doğru da kaydığını göstermektedir. Piroksenlerde, kuşaklar şeklinde çeperden itibaren başlayan ve mineralin tümüyle dönüşmesi ile son bulan amfibolleşme oldukça yaygındır.

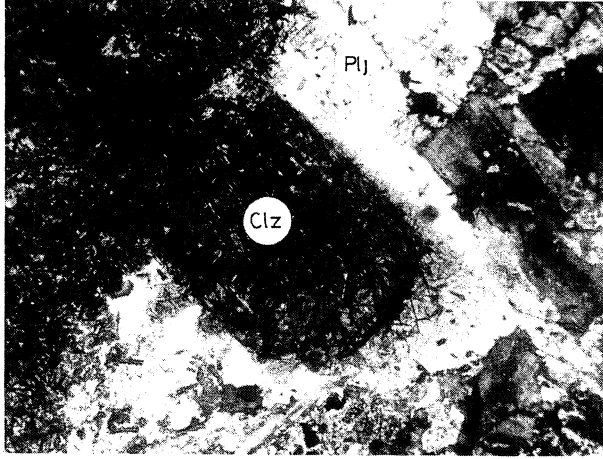
Çekirdekte % 5 oranına kadar ulaşabilen biotitler daima hornblendlerle birarada bulunmaktadır. Bu dokusal veri, biotitlerin ilksel magmatik kayaya ait bir faz olmadığı metamorfizma sonucu homblendle birlikte piroskenlerden itibaren geliştiğini göstermektedir.

Figure 6. Contact relation of the metagabro stock and amphibolitic vein rocks.

Metagabrolardaki diğer bir metamorfizma ürünü mineral son derece az oranda bulunan granattır. En yaygın oluşum türü, opak mineral/plajyoklas dokanaklarında gelişen granatlardır (Şekil 8). Ayrıca daha ender olarak plajyoklas/pirosken dokanaklarında gelişen granatlar da belirlenmiştir. En iyisi korunmuş bu kesimlerde ilksel gabroya ait korunmuş subofitik/holokristalen doku net olarak gözlenebilmektedir (Şekil 9).

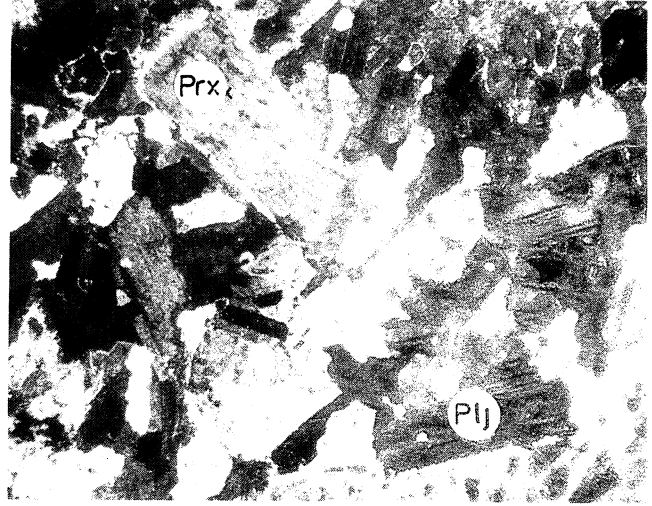
II. Aşama: Bu aşama temel olarak pirosken ve plajyoklaslardaki bazı dönüşümlerin başlamasıyla karakterize olmaktadır. İlksel magmatik kayaya ait dokunun tümüyle korunduğu, "Plajyoklas + Homblend + Granat + Klinozoisit + Opak (İlmenit) + Rutil + S fen ± Apatit ± Zoisit" bileşimindeki bu zonda piroskenler tümüyle amfibole dönüşmüşlerdir (Çizelge 1). Kayadaki plajyoklaslar ise büyük oranda ilksel kristal formlarını korumalarına karşın çeperlerinden itibaren kuşaklar şeklinde son derece ince taneli, metamorfizma ürünü genç plajyoklaslara dönüşmeye başlamışlardır (Şekil 10).

Bu zondaki granatlar, plajyoklas/amfibol dokanaklarında yersel kuşaklar şeklinde gözlenmektedir. Masifin diğer yörelerindeki metagabrolarda da yaygın olarak gözlenen bu reaksiyon kuşakları (Candan 1993), büyük olasılıkla ilksel olarak plajyoklas/pirosken dokanaklarında gelişmekte ve bunu izleyen evrede piroskenlerin tümüyle amfibole dönüşmeleriyle bugünkü görünümünü kazanmaktadır (Şekil 11).



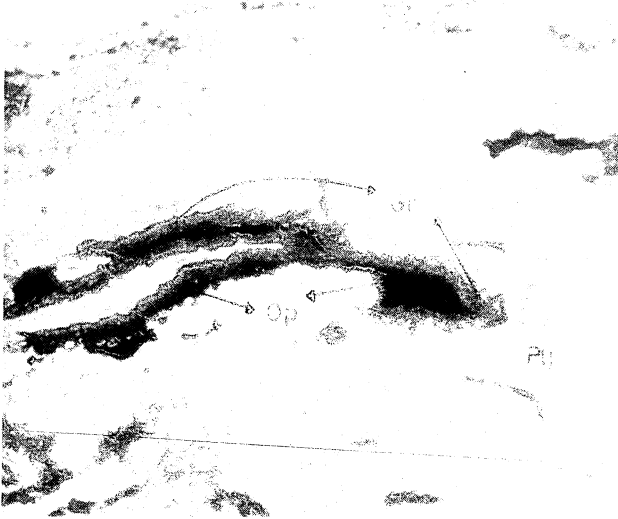
Şekil 7. Zonlanma gösteren plajioklasların merkezlerinde seçimli klinozoisit oluşumları. Haç nikoller, 10X, Clz= Klinozoisit, Plj= Plajioklas.

Figure 7. Selective clinozoisite occurrence in the core of the zoned plagioclase. Crossed nicols, 10X, Clz= Clinozoisite, Plaj= Plagioclase



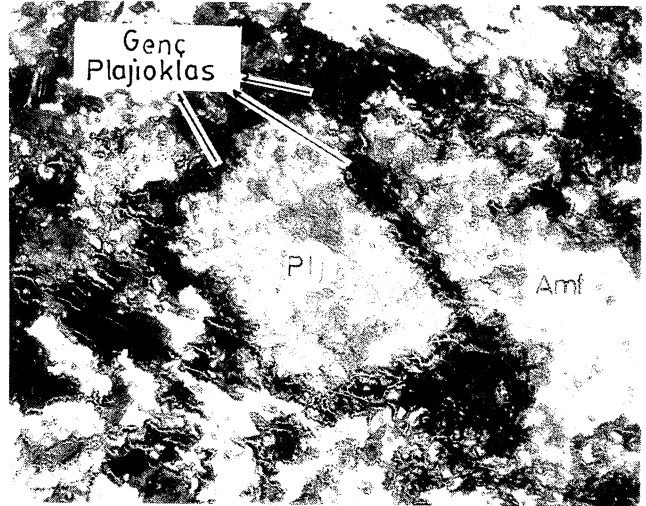
Şekil 9. Metagabro stoğunun çekirdek kesiminde ilksel magmatik kayaya ait korunmuş mineralojik bileşim ve doku. Haç nikoller\ 2.5X, Prx= Piroksen, Plj= Plajioklas.

Figure 9. Preserved igneous texture and mineralogy at the center parts of the metagabbro stock. Crossed nicols, 2.5X, Prx= Pyroxene, Plj= Plagioclase.



Şekil 8. Opak mineral/Plajioklas dokanaklarında gelişen granat koronaları. Paralel nikol, 10X. Op= Opakmin, Gr= Granat Plj= Plajioklas

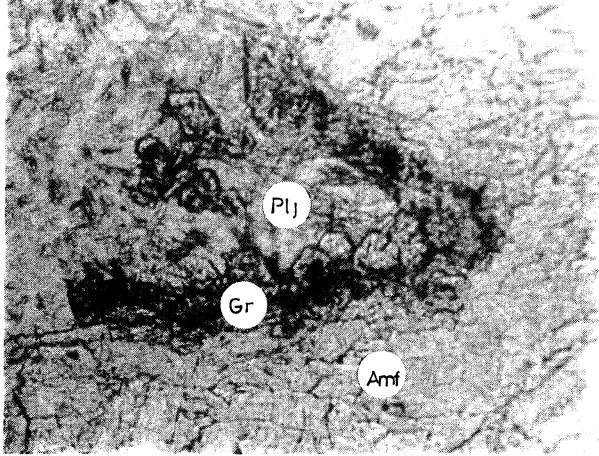
Figure 8. Garnet corona between opaqueoxide and plagioclase. Plain light, 10X, Op= Opaqueoxide, Gr= Garnet, Plj= Plagioclase.



Şekil 10. İlksel magmatik kıyaşa ait plajioklas fenokristallerini çevreleyen yeni plajioklas oluşumları. Haç nikoller, 10X, Plj= Plajioklas, Amf: Amfibol.

Figure 10. Occurrence of the new plagioclase crystals rimmed the primary igneous plagioclase phenocrysts. Crossed nicols, 10X, Plj= Plagioclase, Amf= Amphibole,

II. zondaki diğer bir çarpıcı dokusal özellik Opak mineral (ilmenit) - Rutil - Sfen arasında izlenmektedir. Örneklerin hemen hemen tümünde, ilksel bazik magmatik kayaya ait faz olan ilmenit çekirdeğin ilk aşamada



Şekil 11. Plajiyoklas/amfibol arasında gözlenen granat koronası. Paralel nikoller, 10X, Plj= Plajiyoklas, Gr= Granat, Amf= Amfibol.

Figure 11. Garnet corona occurring between plagioclase and amphibole. Plain light, 10X Plj= Plagioclase, Gr= Garnet, Amf= Amphibole.

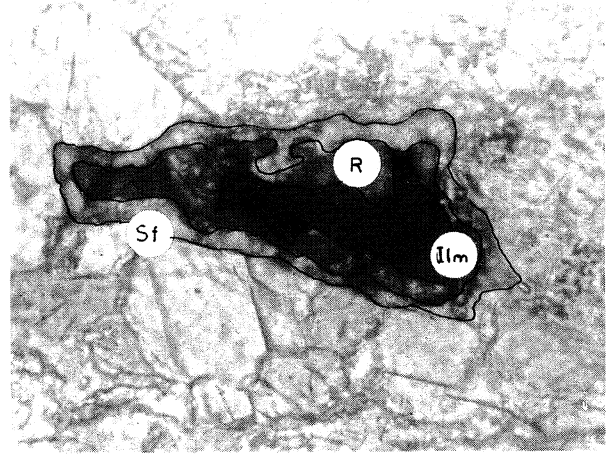
rutilden oluşan bir ara kuşakla sarıldığı ve en dışta ise sfenden oluşan bir zon bulunduğu gözlenmektedir (Şekil 12). Dünyadaki birçok yörede yaygın olarak gözlenen bu tür dokusal ilişkiler, ekolitik aşamaya kadar ulaşan yüksek basınç metamorfizması fazı ve onu izleyen aşamada, almandin-amfibolit fasiyesi koşullarındaki retrograd karakterdeki ikinci bir metamorfizma ile açıklanmaktadır. Ödemiş/Birgi yöresindeki metagabrolarda, retrograd karakterli almandin-amfibolit fasiyesi koşullarındaki son metamorfizma ile büyük oranda amfibolite dönüşmüş, olası ekolitik karakterdeki zonlarda da benzer dokusal ilişkilere yaygın olarak rastlanmaktadır (Candan 1993).

III. Aşama: "Plajiyoklas + Hornblend + Klinozoisit + Granat + Sfen + Rutil + Opak mineral (ilmenit)" bileşimine sahip bu zon plajiyoklas fenokristallerinin büyük oranda genç plajiyoklaslara dönüşmeleri ile temsil edilmektedir (Çizelge 1). Bu aşamada hala ilksel plajiyoklasa ait yuvaların çekirdeklerinde kısmen korunmuş plajiyoklasları gözlemek mümkün olmaktadır (Şekil 13).

Bu zonda İlmenit - Rutil - Sfen dizisinin en dışında, plajiyoklas içerisine doğru büyüyen ayrıca, bir granat kuşağının da geliştiği gözlenmektedir. Bunun yanısıra plajiyoklas/amfibol dokanalarında, yine plajiyoklas içerisine doğru büyüyen özşekilli granatlardan oluşan reaksiyon kuşaklarına yaygın olarak rastlanmaktadır.

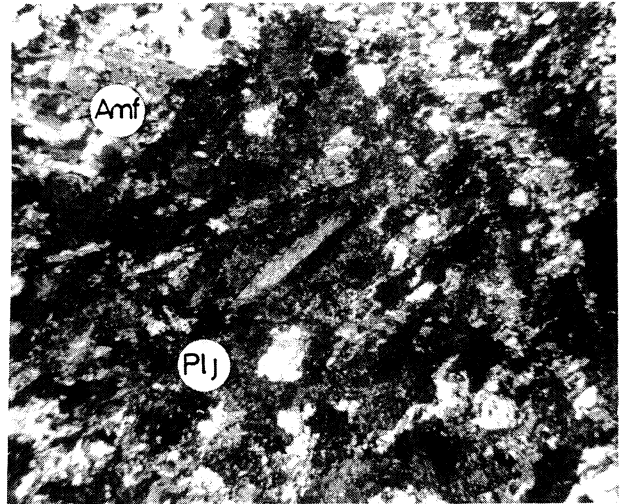
IV. Aşama: İlksel magmatik kayaya ait faz olarak sadece ilmenitin gözlendiği, "Plajiyoklas + Hornblend +

Klinozoisit + Granat + Opak mineral (İlmenit) + Rutil + Sfen" bileşimindeki bu zonda ilksel plajiyoklas tümüyle tüketilmektedir. Yapılan difraktometrik çalışmalarla - ince taneli olan bu genç plajiyoklasların



Şekil 12. Rutil ve sfen halkalarıyla çevreleyen ilmenit kristali, Paralel nikol, 16X, Ilm= İlmenit, R= Rutil, Sf= Sfen.

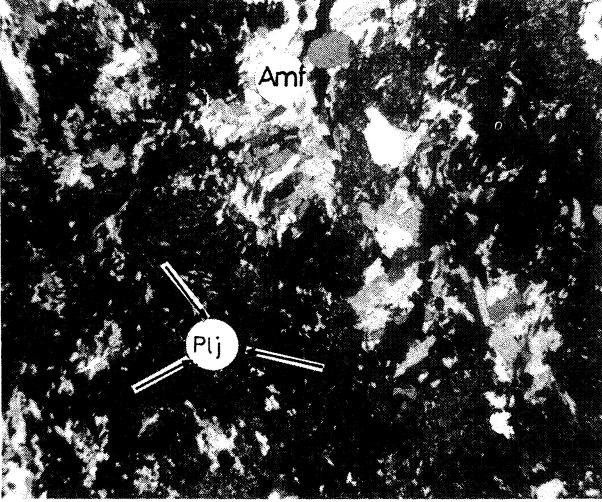
Figure 12. Central ilmenite surrounded by rutile which is rimmed by sphen Plain light, 16X, Ilm= Ilmenite, R= Rutil Sf= Sphen.



Şekil 13. İlksel magmatik kayaya ait plajiyoklas fenokristallerinin büyük oranda yeni plajiyoklas kristallerinden oluşan topluluğa dönüşmesi. Haç nikoller, 2.5X, Plj= Plajiyoklas, Amf= Amfibol.

Figure 13. Igneous plagioclase phenocrysts mostly converted to the finegrained new plagioclase cry stalls. Crossed nicols, 2.5X, Plj= Plagioclase, Amf= Amphibole.

oligoklas bileşiminde oldukları belirlenmiştir. Hemen hemen tümüyle metamorfizma ürünü minerallerden oluşan bu zonda, henüz ilksel magmatik kayaya ait masif yapı ve holokristalen dokunun büyük oranda korunduğu görülmektedir (Şekil 14).



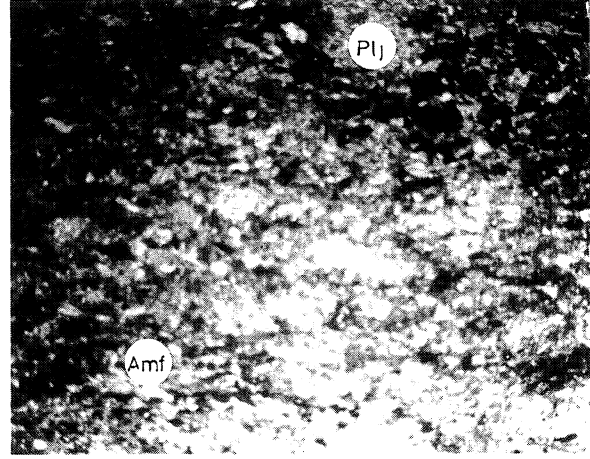
Şekil 14. İnce taneli plajiyoklas ve amfibolden oluşan amfibolitik metagabro. Haç nikoller, 2.5X, Plj= Plajiyoklas, Amf= Amfibol.

Figure 14. Amphibolitic metagabbro consisting of fine grained plagioclase and amphibole. Crossed nicols, 2.5X, Plj= Plagioclase, Amf= Amphibole.

V. Aşama: Granatlı amfibolit çeper zonuna geçişi temsil eden bu zondaki kayalar, yukarıda değinilen zonlarla benzer mineral bileşimine sahiptir. Buna karşın bu zonun karakteristik özelliği, kayaçta giderek masif yapının kaybolarak, hornblendlerdeki yönelim ve feldispat fenokristallerinin yuvalarındaki şekil bozukluklarından kaynaklanan düzlemsel yönlenmelerin gelişmeye başlamasıdır (Şekil 15).

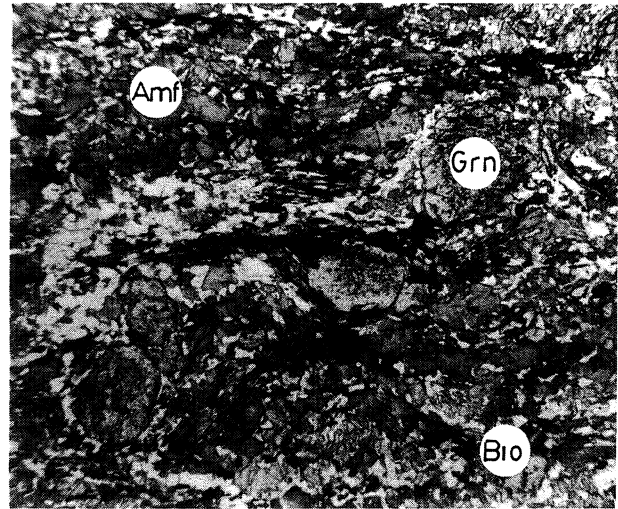
VI. Aşama: Metagabro stoğunun çeper kesiminde gelişen bu aşamada ilksel gabro tümüyle metamorfizma ürünü doku, yapı ve mineral bileşiminde granatlı amfibolitlere dönüşmektedir. "Plajiyoklas + Hornblend + Granat + Rutil + Sfen + Kuvars + Klinozoid" bileşimindeki bu kayalarda amfibolitlere özgü, nematoblastik doku gelişmiştir (Şekil 16). V. aşamadan VI. aşamaya geçişte ilksel piroksen yuvalarında gelişen amfiboller piroksenlere ait mineral formlarından kurtularak bağımsız kristaller şeklini almaktadır. Buna koşut olarak eski plajiyoklas fenokristallerinin yuvalarını dolduran ince taneli genç plajiyoklaslar da rekristalizasyon sonucu irileşerek, poligonaldokulu plajiyoklaslara dönüşmektedir. Yine bu aşamada, plajiyoklas/amfibol dokanıklarındaki granatlar porfiroblastik yapı kazanarak doku içerisinde bağımsız kristaller konumuna geç-

mektedir. Bu gelişmelerin sonucunda, metamorfizmanın en etkin olduğu çeper zonunda gabronun tümüyle granatlı amfibolite dönüşümü tamamlanmaktadır.



Şekil 15. Amfibolitik metagabrodan granatlı amfibolite geçiş zonu. Haç nikoller, 2.5X, Plj= Plajiyoklas, Amf= Amfibol.

Figure 15. Transition zone between amphibolitic metagabbro and garnet amphibolites. Crossed nicols, 2.5X, Plj= Plagioclase, Amf= Amphibole.



Şekil 16. Amfibolitik çeper zonunda gözlenen karakteristik nematoblastik doku. Paralel nikoller, 2.5X, Amf= Amfibol, Gr= Granat, Bio= Biotit.

Figure 16. Characteristic nematoblastic texture observed in the amphibolitic marginal zone. Plain light, 2.5X, Amf = Amphibole, GP= Garnet, Bio= Biotite.

Amfibolitik Damar Kayaçları

Özellikle metagabro stoğunun batı kesimlerinde, yaklaşık 2 km'lik bir zonda büyük oranda granatlı amfibolite dönüşmüş damar kayaçlarının yaygın olarak rastlanmaktadır. Kalınlıkları 20-30 cm ile birkaç on metre arasında değişen bu kayaçlar, çevre kayayı oluşturan gnaysların arasında yer alır. Belirgin bir yanıl devamlılık sunan ve foliasyona paralel olan bu damarların ilksel yerleşimlerinin sil konumunda olabileceğini göstermektedir. Koyu yeşil/siyah renkli, düzlemsel ayrılma özelliğine sahip bu kayaçlarda ender olarak ilksel magmatik kayaya ait kısmen korunmuş doku gözlenebilmektedir. Mikroskopik incelemelerde genel mineral bileşimleri "Plajiolklas + Hornblend + Granat + Biotit + Sfen + Opak mineral + Kuvars + Klinozoisit " olarak belirlenmiştir. (Çizelge 1). Bazı örneklerde ender olarak meionit üyesine yakın bileşimde skapoliller bulunmaktadır.

Kayaçlar genel olarak hornblend ve biotitten oluşan mafik minerallerce zengin düzeyler ve bunların arasındaki, baskın olarak plajiolklas ve az oranda kuvarstan oluşan açık renkli düzeylerden oluşmaktadır. Granatlar porfiroblast karakterinde olup özşekilli kristaller şeklindedir. Damar kayaçlarında amfibolitlere özgü tipik nematoblastik/porfiroblastik doku gözlenmektedir.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Günümüze değin gerçekleştirilen birçok çalışmada Menderes Masifi'nin çekirdek serisini oluşturan gnays, migmatit ve asidik metavolkanitler içerisinde gabro bileşimindeki bazik magmatik kayaçların varlığına değinilmektedir. Bu konudaki ilk bulgular Çine Asmasıfi'nde Onay (1949) ve Schuiling (1962) tarafından elde edilmiştir. Bu her iki çalışmada, gabroların metamorfizma ile olan ilişkilerinden ayrıntılı olarak söz edilmektedir. Kun (1983), Çine Asmasıfi'ndeki asidik metavolkanitlerin petrografisi ve jeokimyası konulu çalışmasında bu yöredeki gabroları da ilk kez ayrıntılı olarak ele alıp incelemiştir. Araştırmacı, metagabro kütlelerinin yerleşiminin bölgedeki genç tektoniğin ürünleri olan düşey faylarla denetlendiğini belirtmektedir. Bu ilk bulguların ışığı altında, Dora ve diğ., (1987) tarafından geliştirilen Menderes Masifi'nin evrim modeli içerisinde gabrolar, anateksi ürünü granitlerle birlikte post-metamorfik plutonlar olarak yorumlanmışlardır.

Araştırmacılara göre gabrolar, Batı Anadoludaki Orta Miyosen sonrası, etkin olan genleşme sürecinde oluşan ve oldukça derinlere kadar uzanan düşey tektonik hatlar boyunca sokulmaktadır. Bu verilere dayalı olarak post-metamorfik karakterli gabrolar, Batı Anadolu'daki Urla-Foça-Akhisar-Ezine yörelerinde gözlenen Üst Miyosen-Alt Pliyosen yaşlı volkanizma ile deneştirilmiştir. Yine aynı araştırmacılara göre masif içerisinde Kula-Kiraz-

Söke yörelerindeki bazik volkanitler, gabroları oluşturan bazik magmatizmanın Pliyosen-Aktüel yaşlı ürünleridir.

Kun ve Candan (1988) tarafından Ödemiş-Kiraz yöresinde gerçekleştirilen çalışmada yine benzer birimler içerisinde, boyutları bir kilometreye ulaşan gabro stoklarının varlığı belirlenmiştir. Yer yer amfibolitleşmeye uğramış, granat içeren gabrolar bu çalışmada da yüksek dereceli metamorfite kesen, post-metamorfik karakterli genç bazik magmatikler olarak yorumlanmıştır. Aynı araştırmacılar tarafından, Çine Asmasıfi'nin Karıncalı Dağ yöresindeki çalışmada da (Kun ve Candan 1991) benzer sonuçlar elde edilmiştir.

Son olarak, Candan (1992)'nin Demirci-Gördes Asmasıfi'nin Kula-Alaşehir arasında kalan yöresinde gerçekleştirdiği çalışmada gabroik bileşimli bu bazik magmatiklerin metamorfik olabileceğini savunmuştur. Araştırmacı, metavolkanitler içerisinde yer alan bu kayaçların masifin ana metamorfizmasının gerçekleştiği Eosen'de çevre kayaçlarla birlikte yüksek dereceli bölgesel metamorfizmaya uğradığını belirtmekte ve bu görüş ışığı altında masifin diğer yörelerindeki gabroların da yeniden değerlendirilmesi zorunluluğuna değinmektedir. Yine aynı araştırmacı tarafından Ödemiş-Kiraz yöresindeki gabrolar üzerine yapılan çalışmada da (Candan 1993) metamorfik karakteri destekler sağlam veriler elde edilmiştir.

Alaşehir-Kula arasında kalan bölgede yüzeyleyen gabro stoğunun masifi etkileyen son ana metamorfizma ile olan ilişkisi oldukça açık olarak izlenebilmektedir. Bu yörede, yüksek dereceli metamorfite içerisinde gözlenen gabro stoğu, çalışmanın petrografi bölümünde ayrıntılı olarak açıklandığı gibi çeperden çekirdeğe doğru mineralojik, yapısal ve dokusal belirgin değişimler sergilenmektedir. Bu değişimler, gabro stoğunun çevre kayaçlarla birlikte migmatitik aşamada metamorfizmaya uğramasından kaynaklanmaktadır. Metamorfizmaya eşlik eden şiddetli deformasyonun yardımıyla, özellikle stoğun çeper kesimleri sisteme giren suyun etkisiyle tümüyle granatlı amfibolitlere dönüşmüştür. İlksel magmatik kayaya ait kalıntı hiçbir fazın gözlenmediği, tümüyle metamorfizma ürünü minerallerden oluşan zonda, çevre kayacın foliasyonuna tamamiyle koşut belirgin foliasyon ve bölgesel metamorfik amfibolitlere özgü nematoblastik doku gelişmiştir. Ayrıca stoğun ilksel intruzif karakterdeki dokasının da etkilendiği yüksek dereceli metamorfizma nedeniyle büyük ölçüde yeniden düzenlendiği açıkça görülmektedir. Metagabro stoğunun çekirdek kesimi, bu bölgenin daha rijit kalması ve suyun bu bölgelere girmemesi nedeniyle ilksel doku ve mineral bileşimi büyük ölçüde korunmuştur. Bu kesimlerde, sınırlı granat oluşumu gibi etkilerin dışında metamorfik veriler bulunmak oldukça zordur.

Dünyanın birçok yöresinde, almandin-amfibolit ve hatta granülit fasiyesi koşullarında bölgesel metamorfizmaya uğramış metagabrolarda, bölge metagabrosuna son derece benzer verilerden sıkça söz edilmektedir. Bu konuda en çok çalışılmış bölge ABD'de Adirondack yöresidir. Burada, granülit fasiyesi koşullarında metamorfizmaya uğramış, Prekambriyen yaşlı metagabrolarda belirgin amfibolitik çeper zonu gelişmekte, çekirdekte ise ilksel mağmatik kayaya ait mineralojik doku büyük oranda korunmaktadır (Buddington 1939, Whitney ve McLelland, Gasparik 1980; McLelland ve diğ., 1988). Bunların dışında Norveç ve İsveç'te yine granülit fasiyesinde metamorfizmaya uğramış bölgelerdeki gabro ve hiperitlerde benzer yapılar gelişmiştir (Zeck ve diğ., 1988).

Kula yöresindeki metagabrolarda piroksen/plajioloklas ve opak mineral/plajioloklas dokanaklarında granatlı korona yapıları gelişmiştir. Bu tür yapılar birçok araştırmacı tarafından granülit fasiyesi koşulları veya granülitten almandin-amfibolite retrogressif dönüşümün verileri olarak yorumlanmıştır (De Waard 1965, Griffin ve Heier 1969). Bunun yanısıra ilmenit-rutil-sfen arasındaki koronitik dokusal ilişkiler, eklojitik fasiyesteki yüksek basınç koşullarından almandin-amfibolit fasiyesi koşullarına retrograt dönüşümlerin verileri olarak kabul edilmektedir. Özellikle İsviçre ve İtalya'nın kuzey kesimindeki eklojitler üzerinde yapılan çalışmalarda ilksel mağmatik faz olan manyetit/ilmenitin eklojitik aşamada rutille çevrelendiği ve bunu izleyen geri gidimli almandin-amfibolit koşullarında ise en dışta sfen zonu oluştuğu vurgulanmaktadır (Ernst 1976, 1981, Cortesogno ve diğ., 1977, Magetti ve Galetti 1988). Kula yöresinin dışında Ödemiş-Kiraz asmasındaki meta-gabro stoğunun çeper zonunda, almandin-amfibolit fasiyesinde retrograt olarak amfibolitleşmeye uğramış, olasılıkla eklojitik karakterde düzeylerin varlığı (Candan, 1993) Masifteki metagabroların uğradıkları metamorfizma evreleri ve koşullarının ayrıntılı olarak ele alınması zorunluluğunu ortaya koymaktadır.

Menderes Masifi'nin Çine, Ödemiş-Kiraz ve Demirci-Gördes asmasıflerinin farklı kesimlerinde çok sayıda noktada incelenen metagabro sil ve stoklarının tümü Prekambriyen- Kambriyen yaşlı, Menderes Masifi'nin genel istifinde çekirdek serileri olarak adlandırılan birimler içerisinde yer almaktadır. Bu tür net metamorfik verilere sahip metagabroların, olası Ordovisiyen-Üst Kretase yaşlı örtü serileri içerisinde bulunmayışı bu kayaçların yerleşimlerinin örtü serilerinin ilksel sedimentlerinin çökeliminden önce gerçekleştiğini göstermektedir.

Sonuç olarak, gerek Kula-Alaşehir yöresindeki gabro stoğu, gerekse bu yöredekilerle son derece büyük benzerliklere sahip masifin diğer bölgelerindeki gabro-

lar, önceki çalışmalarda ileri sürüldüğü gibi Orta Miyosen sonrası yaşlı post-metamorfik plutonlar olmayıp, olasılıkla Prekambriyen-Kambriyen yaşlı kayaçlardır. Bu gabrolar, Masifi etkileyen Eosen yaşlı ana metamorfizma ile yüksek derece koşullarında metamorfizmaya uğramışlar ve bunun sonucunda çeperden çekirdeğe doğru dokusal ve mineralojik değişimlere dayalı zonlanma kazanmışlardır.

KATKI BELİRTME

Bu çalışmanın 0908.92.05.05 nolu AIF projesi kapsamında desteklenmesi nedeniyle Dokuz Eylül Üniversitesi Rektörlüğüne teşekkür ederim.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Buddington, A.F., 1939 Adirondack igneous rocks and their metamorphism: Geol. Society of Amer. Memoir., 7, 55-306.
- Candan, O., 1992, Menderes Masifi/Demirci-Gördes Asmasıf'inde Kula-Yeşilyurt kasabaları arasında kalan bölgenin jeolojisi, petrografisi ve metamorfizma evrimi: D.E.Ü. Rektörlüğü 0.908.90.05.02 nolu proje;11295.
- Candan, O., 1993, Kiraz-Birgi çevresindeki (Menderes-Masifi/Ödemiş-Kiraz Asmasıf) metagabroların petrografisi ve metamorfizma aşısı: H.Ü. Yerbilimlerinin 25. yılı sempozyumu (ilk gönderim).
- Cortesogno, L., Ernst, W.G., Galli, M., Messiga, B., Pedemonte, G.M. and Piccardo, G. B., 1977, Chemical petrology of eclogitic lenses in serpentinite, gruppo di Voltri, Ligurian Alps: Journal of Geol., 95, 255-277.
- Dora, O. Ö., Savaşçın, Y., Kun, N. ve Candan, O., 1987, Menderes Masifi'ndeki post-metamorfik plutonlar: H.Ü. Yerbilimleri, 14, 79-89.
- Dora, O. Ö., Kun, N. ve Candan, O., 1990, Metamorphic history and geotectonic evolution of the Menderes Masif: Int. Earth Sci. Cong, on Eagean Region, 102-115.
- Dora, O. Ö., Kun, N. ve Candan, O., 1992, Menderes Masifi'nin metamorfik tarihçesi ve jeotektonik konumu: Türkiye Jeoloji Bült., 35, 1-14.
- Ernst, W. G., 1976, Mineral Chemistry of eclogites and related rocks from the Voltri group. Western Liguria, Italy: Schweiz. mineral. Petrogr. Mitt., 56, 243-343.
- Ernst, W. G., 1981, Petrogenesis of eclogites and peridotites from the western and Ligurian Alps: Amer. Mineralojisi, 66,443-472.
- Gasparik, T., 1980, Geology of the Precambrian rocks between Elizabethtown and Mineville, eastern Adirondack, New York: Geol. Soc. of America Bull., 91, 78-88.
- Kun, N., 1983, Çine dolayının petrografisi ve Menderes Masifi'nin güney kesimine ait petrolojik bulgular: D.E.Ü. Fen Bil. Enst. Doktora Tezi (Yayınlanmamış).

Örnek No Mineral Bileşimi	I. AŞAMA		II. AŞAMA			III. AŞAMA			IV. AŞAMA			V. AŞAMA		VI. AŞAMA		DAMAR KAYALARI	
	G-28/6	G-28/4	G-40/5	G-3/A	G-40/23	G-40/9	G-40/6	G-7/A	G-40/7	G-40/8	G-40/11	G-17	G-40/15	G-37/1	G-14/C	G-24/A	
PLAJIOKLAS	42	46	39	47	43	36	40	44	42	38	36	38	25	24	24	27	
ORTO PİROKSEN	16	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
KLİNOPIROKSEN	24	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
HORNBLEND	8	15	52	39	48	52	53	52	51	58	57	57	42	61	38	32	
GRANAT	<1	<1	3	4	4	5	2	-	2	1	1	1	21	9	22	18	
BIOTİT	5	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	12	
KLİNOZOİSİT	2	2	1	3	<1	<1	1	<1	1	<1	2	<1	-	1	1	2	
SFEN	-	-	3	2	3	<1	3	2	2	-	3	1	4	2	3	5	
RUTİL	-	-	<1	3	1	4	1	<1	<1	1	1	<1	1	<1	-	-	
OPAK MIN.	2	1	<1	2	-	1	-	-	<1	1	-	1	-	-	4	-	
KUVARS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	2	2	4	
T O P L A M	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	

Çizelge 1. Metagabro stoğu içerisinde çekirdekten çepere doğru gözlenen mineral bileşim ve yüzde değerleri.

Table 1. Mineral assemblage and modal analyses of the zones from the core to margin observed in the metagabbro stock.

Kun, N. ve Candan, O., 1988 Ödemiş-Kiraz Asmasındaki leptitlerin dağılımı, kökenleri ve oluşum koşulları: TBAG-688 nolu proje., 133 s.

Kun, N. ve Candan, O., 1991, Menderes Masifi'nin güneydoğusunda kalan Karıncalı Dağ çevresinin jeolojisi, petrografisi ve metavolkanitlerin (leptit) kökeni: S.U. Müh. Mim. Fak. Derg., 1, 30-44.

Kun, N., Dora, O. Ö., Tuzcu, N. ve Candan, O., 1988, Menderes Masifi'ndeki post-metamorfik gabro stoklarının petrolojisi: Akdeniz Üniv. Isparta müh. Fak. Derg., 4, 304-325.

Magetti, M. and Galetti, G., 1988, Evolution of the Siluretta eclogites. metamorphic and magmatic events: Schweiz. mineral. Petrogr. Mitt., 68, 467-484.

McLelland, J., Lochbead, A and Vyhna, C, 1988, Evidence

for multiple metamorphic events in the Adirondack mountains, N. Y: Journal of. Geol, 96, 279-298.

Onay, T. S., 1949, Über die Smirgel gesteine Sudwest-Anatoliens: Schweiz. mineral Petrogr. Mitt., 24, 359-491.

Schuling, R. D., 1962, Türkiye'nin güneybatısındaki Menderes migmatit kompleksinin petrolojisi, yaşı ve yapısı hakkında: M.T.A., Derg., 58, 71-84.

Wniürel. Hb Db ve McLelland, J. M., 1973, Origin of Coronas in metagabbros of the Adirondack Mts. N.Y., Contr: Mineral. Petrol, 39, 81-98.

Zeck, H. P., Otlesen, C. ve Tüft, J., 1988, Volume effect of a gabbro-amphibolite transition: Chem. Geol., 67, 141-153.