

## MENDERES MASİFİ'NİN METAMORFİK TARİHÇESİ VE JEOTEKTONİK KONUMU

### *Geotectonic position and metamorphic history of the Menderes Massif*

O. ÖZCAN DORA D.E.Ü. Müh. Mim. Fak. Jeoloji Müh. Böl., İzmir  
NEJATKUN D.E.Ü. Müh. Mim. Fak. Jeoloji Müh. Böl., İzmir  
OSMAN CANDAN D.E.Ü. Müh. Mim. Fak. Jeoloji Müh. Böl., İzmir

**ÖZ:** Menderes Masifi'nin temelini, gözlü, granitik ve bantlı gnayslarla migmatit yapılı gnays birimi oluşturur. Bu birimi uyumlu olarak, metavolkanit (dar anlamıyla leptit) birimi üstler. Leptitleri uyumlu izlenimi veren bir dokanaka şistler örter.

Şistler, alt düzeylerinde disten-staurolit-granat şist, üst düzeylerinde ise granat-mikaşist ile temsil edilirler. Şistleri platform tipi kireçtaşlarından türemiş zımpara içeren mermerler uyumlu olarak örter. Masifin üst düzeylerinde de Paleosen yaşlı plakette kırmızı mermerler yer alır. Litolojik istifi postmetamorfik sokulmuş granodiyoritik ve gabroik plütön stokları tamamlar.

Menderes Masifi'nde alçak dereceli metamorfik kuşaktan yüksek dereceli metamorfik kuşağa kadar tüm metamorfik diziyi gözlemek olasıdır. Diaspor/korundum izogradından başlayarak sillimanit-ortoklas topluluğuna ulaşılması ve kimi yörelerde çok iyi gelişmiş migmatitlere rastlanması, metamorfizma esnasında 420° ile 650° C arasında sıcaklıkların ve genelde 5-6,5 Kb. arasında basınçların egemen olduğunu ortaya koyar.

Gözlü gnayslar 500 milyon yıl dolayında bir radyometrik yaş vermişlerdir. Bu da Menderes Masifi'nin ilk metamorfizmasını Kambriyen/Ordovisyan sınırında geçirdiğini vurgular. İlk metamorfizmanın ürünleri olduğu düşünülen metagranodiyoritler de gene 480 milyon yıl dolayında bir yaş sergilerler. Metagranodiyoritlerin eysel eşlenikleri kabul edilen metavolkanitler (leptitler) Pan-African yay volkanikleriyle yaş, kimyasal bileşim ve jeolojik çerçeve yönünden yakın bir benzerlik sunarlar. Benzer yaşlı (462 ± 48 milyon yıl) migmatitlere Menderes Masifi'nin batı uzantısı sayılan Kiklad adalarında da rastlanır. Buradan da Menderes Masifi'nin en azından bu temel birimlerinin günümüz Afrikası'nın yerindeki Ebüman kratonun parçaları olduğu söylenebilir.

Paleosen'e kadar uzanan Menderes istifi, Paleosen-Geç Eosen aralığında, üzerinden geçen okyanusa! kabuk bileşenli Likya napları nedeniyle Masife bugünkü görünümünü veren "Ana Metamorfizma"ya uğramıştır. Orta basınç/yüksek sıcaklık koşullarında gerçekleşen bu metamorfizma çoğunlukla Barrow tipi mineral topluluklarının oluşumuna neden olmuştur.

**ABSTRACT:** The gneiss complex which consists of augen, granitic and banded gneisses and migmatites, occurs at the lowest level of the metamorphic sequence in the Menderes Massif. This unit is conformably overlain by the metavolcanics (leptites) and these metavolcanics are covered by a schist series with an apparently conformable contact.

The schist series mainly consist of kyanite-staurolite-garnet schist at the lower levels and garnet-mica schist at the upper levels. The schist series conformably overlain by the platform type marbles-with emery lenses. Paleocene aged red-coloured, thin banded marbles occur at the uppermost level of the metamorphic sequence in the Menderes Massif. The postmetamorphic granodioritic and gabbroic plutons are the other units of the rock succession of the Massif.

It is possible to observe all the succession of the metamorphic zones from the low-grade to high-grade metamorphic conditions in the Menderes Massif. The presence of the widely-developed migmatites in same places and the variation of the metamorphic conditions from the diaspor/corundum isograd to sillimanite-orthoclase assemblage at the lowest level of the sequence indicate that in the course of the metamorphism, the temperature and pressure conditions have prevailed between 420-650° C and 5-6.5 Kb. respectively.

The age of the gneisses was determined to be about 500 Ma using Rb/Sr radiometric technique. This evidence suggests that the first metamorphism of Menderes Massif occurred between Cambrian/Ordovician and the metagranodiorites which are assumed to be product of the first metamorphism, were dated about 480 Ma. The metavolcanics (leptites) which are regarded to be surface equivalents of the metagranodiorites, show a great similarity with the Pan-African arc volcanics in terms of age, chemical composition and geological setting. The same aged migmatitic rocks (462 ± 48 Ma) are also observed at the Cyclade Islands which are regarded to be Western extension of the Menderes Massif. Accord-

ding to these evidences, it may be suggested that, at least, these major units of the Menderes Massif are the parts of the Eburnean Craton situated at the present position of the NE Africa.

The sequence of the Massif continued until Paleocene, was subjected to the "Main-Metamorphism" which has given the present position of the Menderes Massif related to the thrusting of the Lycian nappe complex between Paleocene-Late Eocene time. This metamorphism which was taken place under the medium Pressure/high temperature conditions, given rise to the formation of the Borrowian-Type mineral assemblages.

## GİRİŞ

Batı Anadolu'da binlerce km<sup>2</sup> alan kaplayan "Menderes Masifi", KD-GB uzanımlı, yumurta biçimli bir görünüm sunar. Yaklaşık D-B uzanımlı Büyük Menderes, Küçük Menderes, Gediz ve Simav grabenleri Masifi dört aşamalı bölgeler (Dora, 1975). Masifin KB kenarı İzmir-Ankara Zonu'nun (Brinkmann, 1966) ofiyolitik kaya topluluğuyla, G kenarı ise Toros kuşağı ile sınırlanır (şekil 1). Batı uzantısı Ege Denizi'ndeki Kiklad adalarında gözlenirken, doğuda parçalanarak kalın Neojen örtünün altında kaybolur.

1960'lı yıllarda Menderes Masifi'nin Varistik ya da daha yaşlı dönemlerde metamorfizmaya uğradığı varsayılıyordu (Schuiling, 1958, 1962). Zamanla Masifin Ana Metamorfizması'nın Alpin yaşı hakkında daha kesin veriler kazanılmıştır (Brinkmann 1967, Dürr, 1975; Çağlayan ve diğ., 1980, Dora 1981; Şengör ve diğ., 1984; Dora ve diğ., 1987). Gene altmışlı-yetmişli yıllarda; metamorfik kayaların ilksel malzemesinin çoğunlukla sedimentler kökenli olduğu görüşü egemendi. Ancak son yıllarda, Masif içinde çok kalın metavolkanit (leptit) istifi ve büyük metagranit ve metagranodiyorit kütleleriyle, pek çok yörede postmetamorfik asitik ve bazik sokulumlar ortaya çıkarılmıştır. Bu yayında Masifin günümüzdeki resminin kısa tanımlaması yapılmaktadır.

## LİTOSTRATİGRAFI

Menderes Masifi'nin temelini gözlü gnays, granitik gnays, bantlı gnays ve migmatitten yapılmış gnays birimi oluşturur (Şekil 2). Hiçbir yerde gnaysın tabanını görmek olası değildir. Görünür kalınlığı 2-3 km'yi bulmaktadır. Gnays birimini uyumlu olarak metavolkanitler (dar anlamda leptitler) üstler. Son yıllarda gnays birimi ile metavolkanit birimi arasında yer alan, 5-300 m kalınlığında bir "mavi gözlü gnays" düzeyi bulunmuştur (Kun ve diğ., 1988 a). Bu düzey içinde bol miktarda gnayslaşmamış leptit kalıntılarının gözlenmesi, bunların ilkel kayalarının leptitler gibi volkanik kökenli olduğunu göstermektedir (Kun ve Candan 1987 a). Gri açık pembe renkli olan metavolkanitler, kötü yapraklanmış, boynuztaşı benzeri kayalardan yapılmıştır ve kısmen porfirik doku sunarlar. Bu nedenle kayaların ilksel volkanik karakterleri hala tanınabilmektedir. Andezitten riyolite kadar değişen bir kimyasal bileşim sunarlar. Öte yandan, metavolkanitler içinde çok sık rastlanan bazik daykalar zengin anortit ve piroksen kapsarlar ve bu dinlenmiş yapılar sunarlar (Kun ve Candan 1987 b). Ra-

dyometrik yaş saptamalarına göre, gnays birimi ve metavolkanitler için Prekambriyen-Kambriyen arası bir yaş kabul edilmektedir.

Metavolkanit birimini, ilk bakışta uyumlu izlenimini veren bir dokanak ile şistler üstler. Şiddetli metamorfizma ve yapraklanma nedeniyle bu dokanağın uyumlu gözükmediği, bölgedeki önemli rejim değişikliği ve bilinen ilk metamorfizma nedeniyle metavolkanitlerle şistler arasında bir uyumsuzluğun varlığı düşünülmektedir. Ancak bugüne kadar yaptığımız çalışmada, Menderes Masifi'nde uyumsuzluk varsayımımızı kanıtlayacak kesin bir veri henüz elde edilmiş değildir. Masifin Güney sınırında Gökçay Dere/Kavaklıdere dolayında gnayslarla şistler arasında tanımlanan 5-20 m kalınlığındaki metakonglomeralar (Konak ve diğ., 1987) yukarıdaki varsayımımızı destekler niteliktedir. Özellikle Ödemiş ve Gördes aşamalarında şistlerin kalınlığı 4 km'ye erişir. Tabanda daha çok disten-staurolit-granat şistler egemenken, tavanda granat-mika şistler bollaşır. Şistler içinde sürekli metakuvarsit, kuvars şist ve kuvars-muskovit şist arakatmanlarına rastlanır. Disten-staurolit-granat şistlerde iri granat porfiroblastları kapsayan, koyu renkli anfibolit merclekleri yaygındır. Buna karşın tavan şistlerinde fillit ve kalkışit düzeyleri artar. Çine Asması'nda ender de olsa bulunan fosillere dayanarak, şistlerin üst düzeylerinin sedimentasyon yaşının Üst Devon-Üst Permiyen aralığına düştüğü söylenebilmektedir (Boray ve diğ., 1973).

Menderes Masifi'nin şist zarfını uyumlu bir dokanaka, platform tipi karbonatlı seriden türemiş, kalkışit ve mermerler örter. Tabanda şistler ile ardalanmalı olan ve iyi katmanlanma sunan mermerler, tavanda som, kaba taneli ve katmansız bir görünüm kazanırlar. Beyaz, som mermerlerin alt düzeyleri dolomitiktir; üst düzeylerinde özellikle Masifin güney kanadında kilometrelerce uzanan, eski emersiyon horizonlarını yansıtan zımpara cevherli kuşak yer alır. Mermer ve rekristalize kireçtaşlarının Üst Triyas-Üst Kretase yaşlı oldukları bildirilmektedir (Dürr, 1975; Çağlayan ve diğ., 1980).

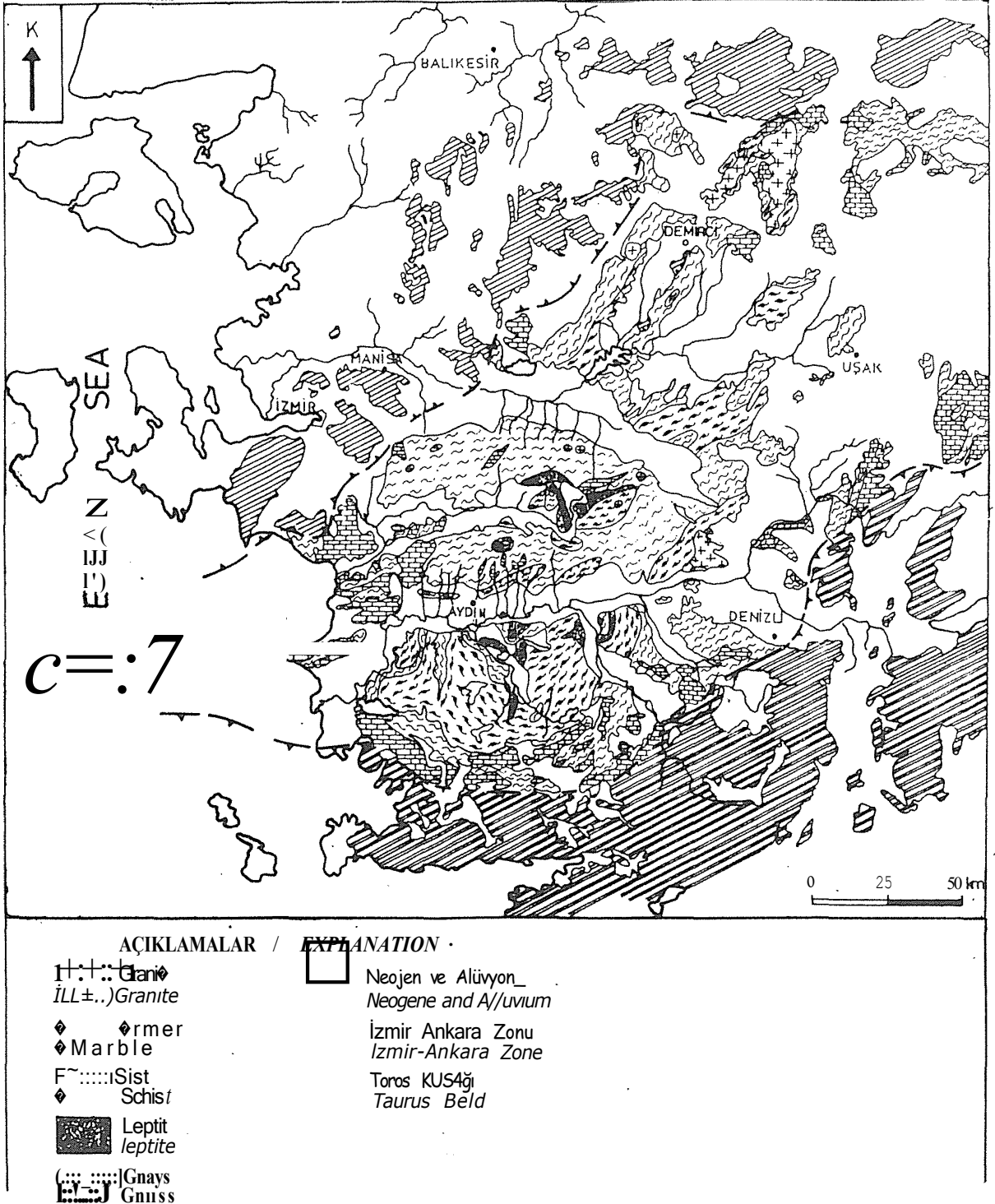
Zımpara düzeyli mermerleri uyumlu olarak Menderes Masifi istifinin en üst birimini oluşturan Paleosen yaşlı, plaketsi kırmızı mermerler üstler.

Menderes Masifi'nin 6-7 km'ye ulaşan görünür metamorfik kaya istifi postmetamorfik granodiyoritik-tonalitik plütonlar ve bunların volkanik türevleriyle, daha genç gabroik plütonlar ve bunların volkanitleri tarafından katedilmektedir. Granodiyoritik tonalitik plütonlar güneyde (Çine Asması) ancak metavolkanit düzeyine kadar sokulurken, Masifin orta kesiminde

(Ödemiş-kiraz Asması, Bozdağ yöresi) mermer düzeyine kadar yükselirler. Derin sokulumların stok türü yerleşimlerine karşın, sığ sokulumlarda değişik kalınlıkta, yatay tektoniğin etkisiyle budinlenmiş siller egemendir. Granodioritin şist ve kalkıştıle yaptığı dokanıklarda andalusitli felsler gelişmiştir. Yazıbaşı/Bayındır tonalitinden alınan kayalarda K/Ar yöntemiyle  $18,2 \pm 0,7$  m.y.lık bir toplam kaya yaşı saptanmıştır (United Na-

tions, 1974). Buyaş, Batı Anadolu'daki sıkışma rejiminin gençleşme rejimine dönüştüğü devreye rastlar.

Gabroik stoklar ise genellikle çizgisel tektonik hatlar boyunca dizilirler (Kun, 1983). Kimi zaman asitik stokları da keserler, ancak hiçbir zaman gnays ve leptit biriminden daha üst düzeylere sokulmamışlardır. Derin sokulum olmaları nedeniyle, önemli sayılabacak dokanak metamorfizmasına neden olmamışlardır.



Şekil 1: Menderes Masifi'nin yerbulduru haritası. **Figure 1:** Location map of Menderes Massif.

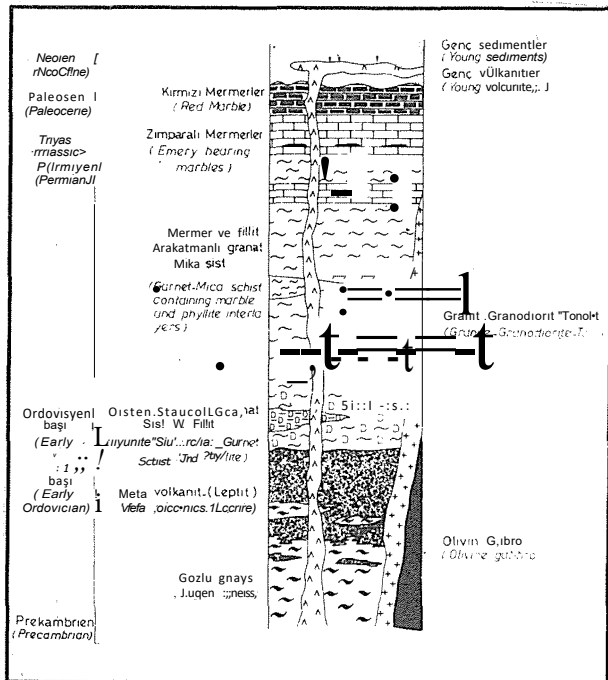
# MENDERES MASİFİ'NİN META-MORFİZMASI

Menderes Masifi en az iki progresif (ilerleyen) metamorfizmanın etkisinde kalmıştır.

Bugün ilke olarak son "Ana Metamorfizma"ya ait mineral topluluklarıyla karşılaşmaktayız. Birinci metamorfizmanın izleri hemen hemen silinmiştir. Ancak eski mineral kalıntıları, farklı şistozite ve lineasyon doğrultuları, kimi evrelerde kümelenen radyometrik yaşlar ve magmatizma en az iki progresif metamorfizmanın varlığına işaret sayılmaktadır. Birinci metamorfizmanın etkisinde kalmış olan gnays ve metavolkanitler çoğunlukla asmasiflerin en derin kesilmiş çekirdeklerinde yer alırlar. Genelde asmasiflerde, dıştan içe doğru, aşağıdaki zonları ayırtlamak olanaklıdır. Her asmasifin ilksel kayalarındaki küçük sapmalar, metamorfik zanların mineral bileşimine de hemen yansımaktadır.

## 1. Alçak Dereceli Metamorfik Zon

Menderes Masifi'nin en dış zarfını mermerler ve onların altında bulunan alçak dereceli metamorfik şistler oluşturur (Şekil 3). Mermer içinde metamorfizma koşullarını belirleyici anahtar minerallerin bulunmasına karşın (Şekil 4a), zımpara mercekleri içinde saptanan 420°C lik diaspor/korundum izogradı, sıcaklık ölçüsü olarak kullanılabilir. Çine Asmasifi'nin alçak de-



Şekil 2: Menderes Masifinin genelleştirilmiş sütun kesiti.

Figure. 2: Generalized columnar section of Menderes massif.

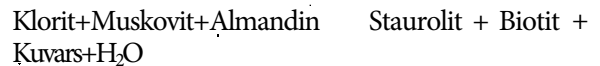
receli metamorfik şistleri yeşilşist fasiyesinin üç alt fasiyesini de, yani klorit- biotit- ve almandin zonunu kapsarlar. Üç alt fasiyesin içinde de kloritoide rastlanmaktadır. O nedenle Çine Asmasifi'nin alçak dereceli metamorfik zonunda orta basınç ve 420°C-540°C arası sıcaklıklar hüküm sürmüştür.

Ödemiş Asmasifi'nde alçak dereceli metamorfik şistler fillitlerle temsil edilir (Şekil 4b). Fillitler, granat-biotit-muskovit, granat-kloritoid-staurolit mineral topluluklarını kapsarlar. Bu yörede ilginç olarak "staurolit-kloritoid" parajenezi dengededir (Şekil 4c). "Staurolit-kloritoid topluluğu birkaç yüz metreden sonra "granat-staurolit" parajenezine, yani orta dereceli metamorfik zona geçer. Anılan mineral topluluklarına dayanarak, Ödemiş Asmasifi alçak dereceli metamorfik zonunun, Çine Asmasifi'ndekilerle benzer koşullarda oluştuğunu söyleyebiliriz. Buna karşın Gördes Asmasifi'nde kloritoide rastlanmaz. Buradaki alçak dereceli metamorfik şistler kalın bir granat şist (1500 m) ile temsil edilirler (Şekil 4d). Granat şistlere staurolitin eklenmesiyle orta dereceli metamorfik zon başlar. Yukarıdaki mineral topluluklarına göre, Menderes Masifi Ana Metamorfizmasında basıncın güneyden kuzeye doğru göreceli bir azalma gösterdiğini söyleyebiliriz. Bu olgu, orta dereceli ve yüksek dereceli metamorfik zanların mineral topluluklarında da ortaya çıkar.

## 2. Orta Dereceli Metamorfik Zon

Menderes Masifi şistlerinde alçak ve orta dereceli metamorfik zanların geçişi çok iyi gözlenebilmektedir. Ödemiş ve Gördes Asmasiflerinde granatlı şistlerin altında çok kalın staurolit-granat şistler yer alır. Özellikle Gördes Asmasifinde bu şistlerin kalınlığı 2 km'ye erişir.

Staurolitin ortaya çıkışını çeşitli tepkimelere bağlamak olanaklıdır. Çine ve Ödemiş Asmasiflerinde staurolit büyük olasılıkla kloritoidin tüketilmesi sonucu kuvarsla birlikte ortaya çıkmaktadır. Özellikle Ödemiş Asmasifi'nde granat-kloritoid zonu önce bir ara basamak olan granat-kloritoid-staurolit zonuna geçmekte ve sonra da granat-staurolit zonunu türetmektedir. Gördes Asmasifi'nde ise staurolit zonu doğrudan granat-mika şistlerle geçişlidir. Burada büyük olasılıkla Froese ve Gasparrini (1975) tarafından önerilen,



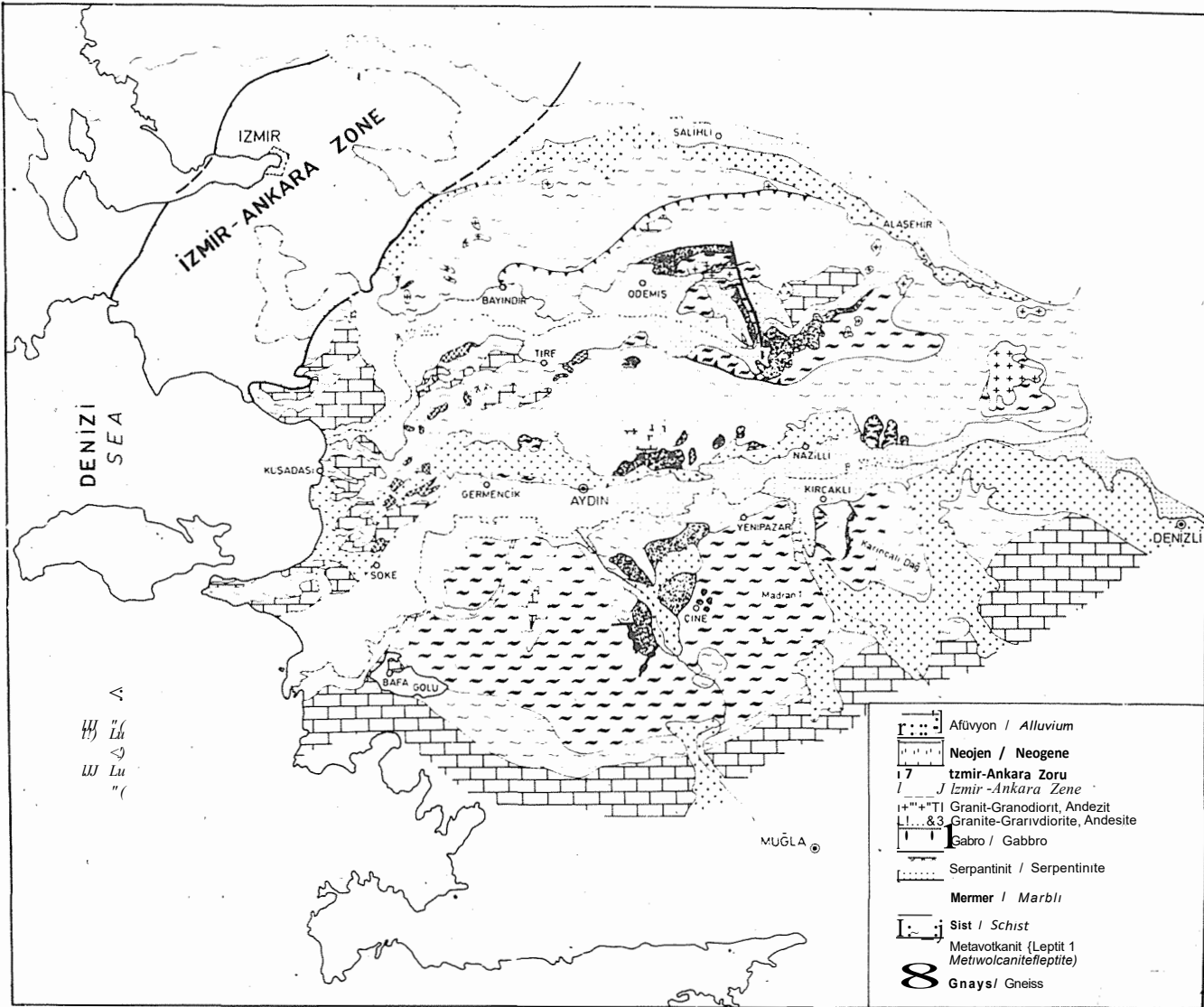
tepkimesiyle Staurolit ortaya çıkmaktadır (Candan, 1988b).

Gerek ödemiş gerekse Gördes Asmasiflerinde granat-staurolit şistlerin altında disten-staurolit-granat şistlere rastlarız (Şekil 5). Her iki yörede de staurolit ve disten mineralleri bir süre birlikte bulunurlar. Benzer ara zonla-

ra Dünya'nın diğer bölgesel metamorfik bölgelerinde de rastlanır (Alpler, Britisch Colombia v.b.). Turner (1968)'e göre buparajenezler almandin/amfibolit zonu-  
nun  $K_2O$  yönünden fakir şistlerinde oluşabilmektedir. Gerçekten de bu şistler % 2  $K_2O$  kapsarken, yalnız disten şistlerdeki  $K_2O$  içeriği % 2,5 değere ulaşır.

Menderes Masifi'ndeki disten-staurolit-granat şistlerin içinde çok yaygın granat-amfibolit mercceklerine rastlanır. Merccekler 10 m ene ve birkaç yüz metre uzunluğa sahip olabilirler. Bir cm boya ulaşan granat kristalleriyle özellikle göze batarlar. Çok karmaşık bir mineral topluluğu sergilerler: Kuvars-plajiyoklas (An 27-55)-hombland (aktinolit)- granat (almandin)- epidot- zoisit- klorit-biotit-sfen-zirkon-apatit-opak mineraller. Büyük olasılıkla eski bazik sillerin ya da tuf düzeylerinin metamorfizmasıyla oluşmuşlardır.

Gördes Asması'nın staurolit-disten-granat şistlerindeki staurolitler bazen 10 cm'ye ulaşabilir. Bu şistlerdeki  $Al_2O_3$  zenginliği, pegmatoid damarlarında 20 cm'ye ulaşan dev disten kristallerinin büyümesine de neden olmuştur. Gördes Asması'nın bu zonunda sillimanit de rastlanır. Sillimanit özellikle feldspat, disten ya da staurolit sınırlarında büyümektedir. Sillimanitin ortaya çıkmasıyla staurolit kaybolur ve sillimanit-disten-granat şistlere geçilir. Bu zonu orta ve yüksek dereceli metamorfik zanlar arasında bir geçiş kuşağı olarak saymak mümkündür. Bu geçiş zonunun pegmatoidik damarlarında üç  $Al_2SiO_5$  modifikasyonunu bir arada görmek olasıdır (Candan, 1988 a). Buradan da, oluşum koşulları olarak,  $600^\circ C$  dolayında sıcaklıkların ve 5-6 Kb dolayında basınçların hüküm sürmüş bulunduğunu söyleyebiliriz.

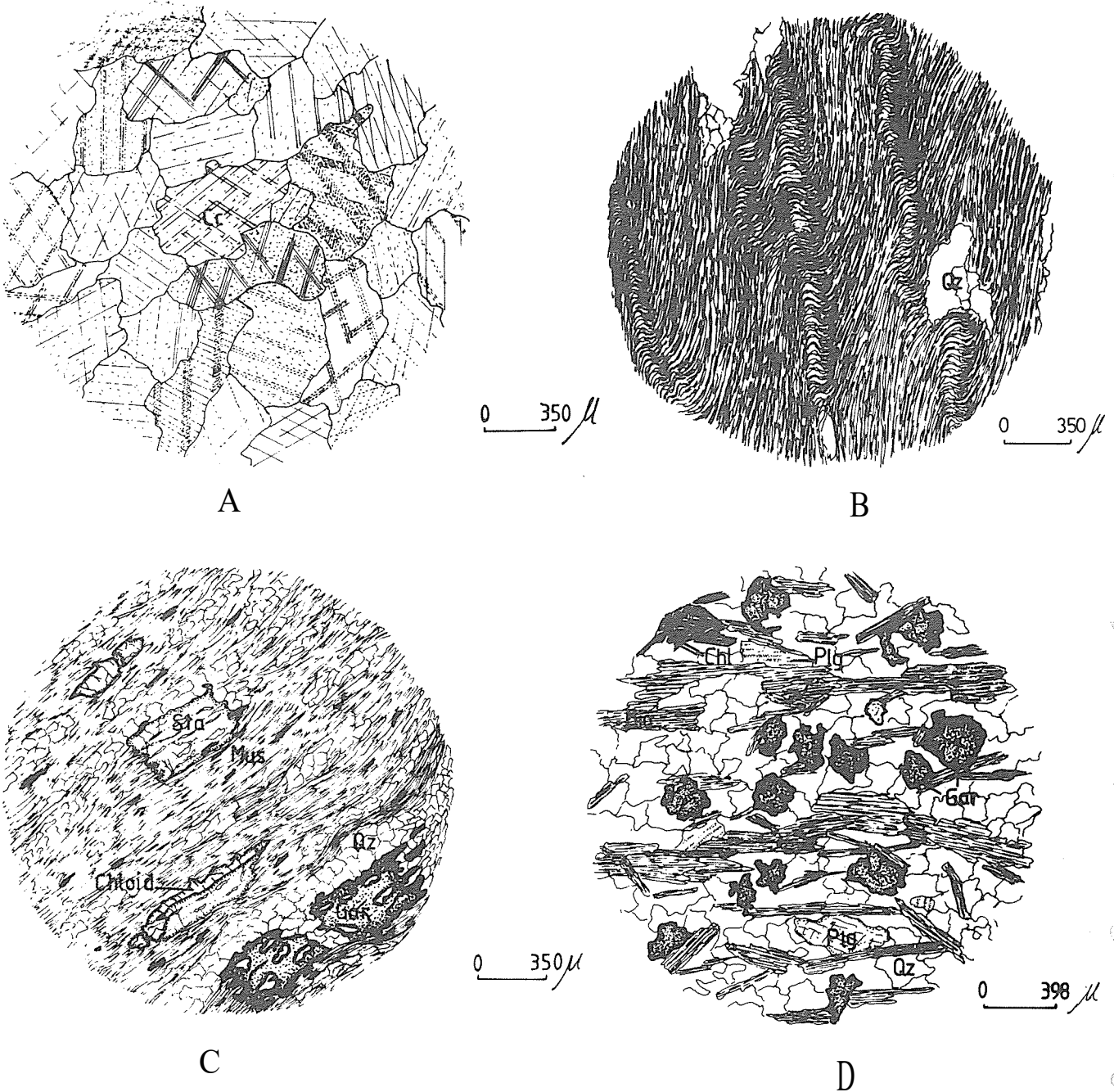


Şekil 3: Menderes Masifinin sadeleştirilmiş jeoloji haritası.  
Figure 3: Simplified geological map of Menderes Massif.

### 3. Yüksek Dereceli Metamorfik Zon

Tüm asmasiflerde yüksek dereceli metamorfik zon genellikle gnayslarla temsil edilir (Şekil 6a). Çine ve Ödemiş Asmasiflerinde bu birime metavolkanitler (leptitler) eklenir (Şekil 6b). Gnays ve metavolkanitlerde migmatizasyona uğramış kesimler boldur (Şekil 6c). Öte yandan bu birimler içinde sürekli sillimanit ya da

sillimanit disten minerallerine rastlanır. Bu nedenlerle Menderes Masifi'nin yüksek dereceli metamorfik zonlarında sıcaklığın 600-650° C ye ve basıncın da 6-6,5 Kb'a çıktığını rahatlıkla kabul edebiliriz (Kun, 1983). Çoğunlukla gözlü yapı sunan gnaysların mineralojik bileşimi şöyledir: Kuvars-plajiyoklas (oligoklas)-K-feldspat-biotit-muskovit-granat-turmalin-zirkon-apatit. Gnays benzeri doku sunan yaşlı metagranitler de aynı

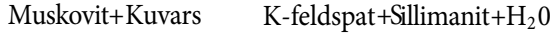


**Şekil 4:** Alçak dereceli metamorfik zona ait kayalar. A: Menner, B: Fillit, C: Stauroilit-Kloritoid şist, D: Granat mika şist.

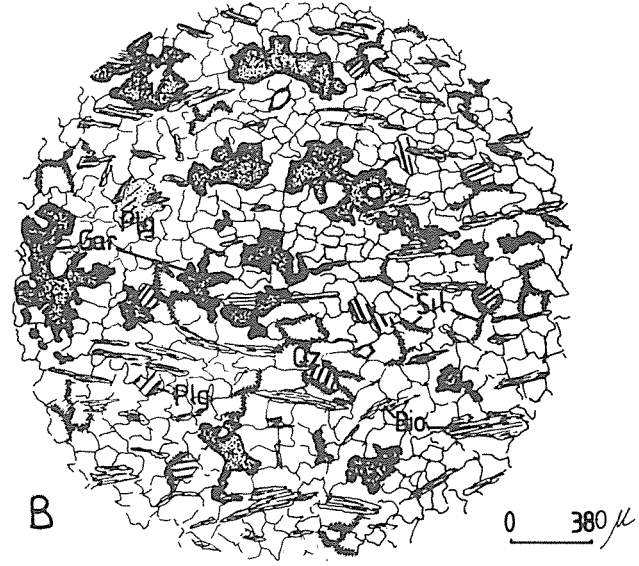
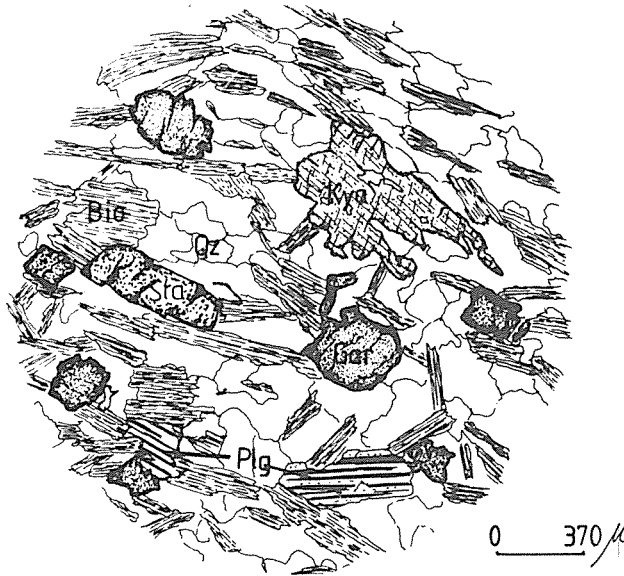
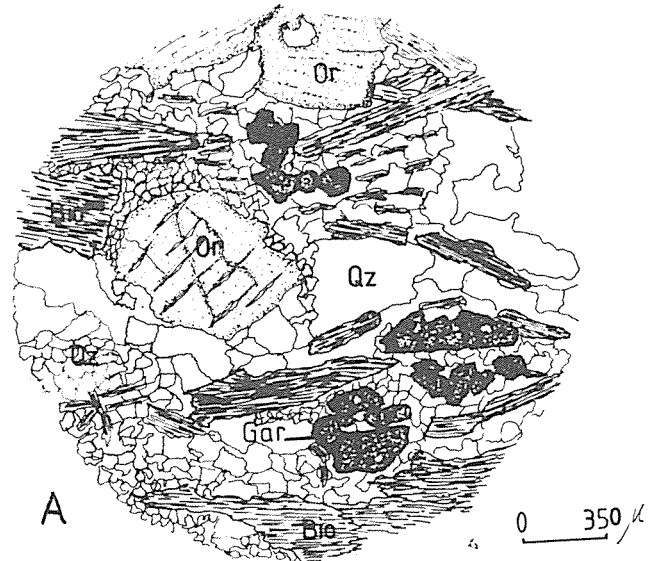
**Figure 4:** Rocks of the low-grade metamorphic zone. A: Marble, B: Phyllite, C: Stauroilite-Chloritoid schist, D: Garnet mica schist.

mineralojik bileşime sahiptirler. Mavi gözlü gnaylarda ve metavolkanitlerde bu topluluğa sillimanit ve disten mineralleri eklenir. Kimi metavolkanitler leopara benzer lekeler sunarlar. Bu lekeler, halen granat, sillimanit, muskovit ve biyotit mineralleri tarafından doldurulmuş mineral yuvaları olup, eski fenokristallerin yerlerini simgелеmektedirler.

Yüksek dereceli metamorfik zondaki sillimanitler çeşitli tepkimeler sonucu ortaya çıkarlar. Klasik



tepkimesi yanında Disten Sillimanit dönüşümü de yaygındır. Birçok sillimanit, plajiolklas/plajiolklas, plajiolklas/K-feldspat disten/plajiolklas ve granat/plajiolklas sınırında büyümektedir. Kimi zaman da biyotitin (001)



Şekil 5: Orta dereceli metamorfik zonda gözlenen disten-staurolit granat şistler.

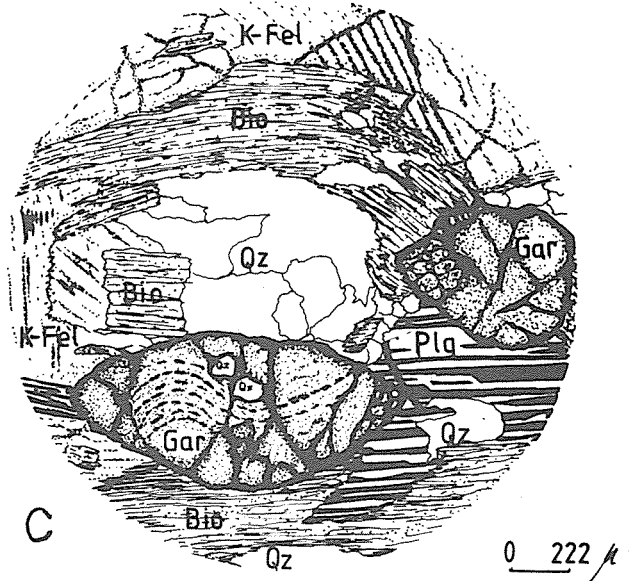
Bio: Biotit, Kya: Disten, Gar: Granat, Plg: Plajiolklas, Qz: Kuvars.

Figure 5: Kyanite-staurolite-garnet schist observed in the medium-grade metamorphic zone.

Bio: Biotite, Kya: Kyanite, Gar: Garnet, Plg: Plagioclase, Qz: Quartz.

Şekil 6: Yüksek derece metamorfik zona ait kayalar. A: Gözlü gnays, B: Sillimanit-granat leptit, C: Migmatit. Sill: Sillimanit, Bio: Biotit, Plg: Plajiolklas, Gar: Granat, Or: Ortoklas, Qz: Kuvars, K-Fel: K::feldspar.

Figure 6: Rocks of the high-grade metamorphic zone. A: Augen gneiss, B: Sillimanite-garnet leptite, C: Migmatite. Sill: Sillimanite, Bio: Biotite, Plg: Plagioclase, Gar: Garnet, Or: Orthoclase, Qz: Quartz, K-Fel: K-Feldspar.



yüzeyine yerleşen sillimanit iğneleri, biotit basis yüzeyini 60° lik açı ile Widmannstaetten kafesine benzer bir şekilde bölerler.

Gnayslar ve metavolkanitler en az iki progresif (iler-

leyen) metamorfizmanın etkisinde kalmışlardır. Ancak bugün birinci metamorfizmanın kalıntı mineralleri çok güç seçilebilmektedir. Genelde K35B doğrultulu kıvrımların K20D kıvrımlarından daha yaşlı oldukları bilinmektedir.

## POSTMETAMORFİK PLÜTONLAR

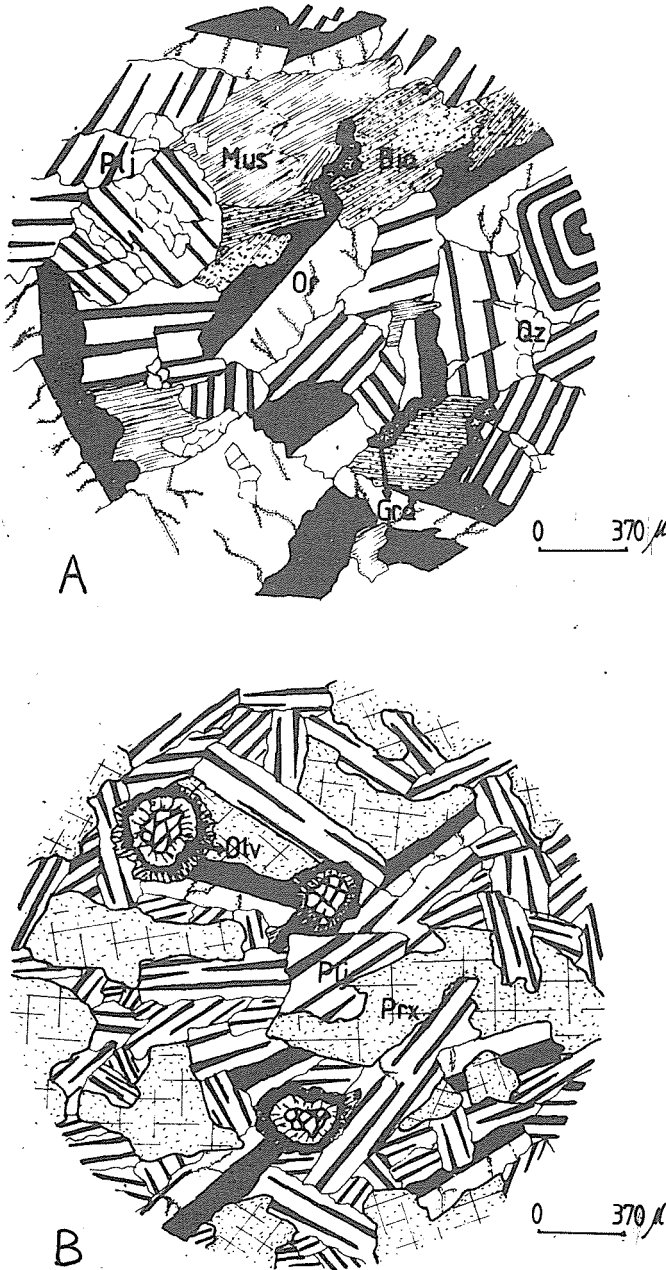
Menderes Masifi'nin tüm metamorfik istifini kesen Neojen yaşlı postmetamorfik plütonlarda metamorfik etkilere rastlanmaz. Asitik derin sokulumlarda sıkça sillimanit ve granat mineralleri gözlenir. Sillimanitler genelde feldspat sınırlarında, ya da biotitleri replase ederek büyümüşlerdir. Sokulumların kimyasal bileşimleri ve mineral içerikleri "S" tipi granitlerle uyum sağlar (Kun 1983). Genel mineralojik bileşimleri, kuvars, plajiolklas (oligoklas), ortoklas, biotit, muskovit, granat, sillimanit ve yan minerallerden apatit, zirkondur (Şekil 7a). Granitik, granodioritik ve tonalitik kaya türleri saptanabilmektedir. Sığ sokulumların şistlerle yaptığı dokanaklarda gelişen andalusitli felslerde andalusit-muskovit-kuvars parajenezi yaygındır. Bu plütonlar yatay tektoniğin neden olduğu milonitik kuşaklar boyunca Menderes Masifi'nin içine sokulmuşlardır.

Gabrolar asitik plütonları da kesmektedir. Ancak bunlar metavolkanit düzeyine kadar yükselirler. Çok taze olivin kristalleri yanında, plajiolklas (labrador), kenarları boyunca uralitlemiş orto ve klinopiroksen, granat, biotit, zoisit, apatit ve klorit kapsarlar (Şekil 7b). Olivinli noritik gabro olarak adlandırılmışlardır. Küçük boyutlu stoklar olduklarından ofitik doku yaygındır. Özşekilli granatlar büyük olasılıkla hidrotermal kökenlidir. Öte yandan gene hidrotermal etkiler nedeniyle bu kayalarda belirgin bir  $Al_2O_3$  zenginleşmesi olmuştur. Tüm asmasıflerdeki gabro stokları düşey tektoniği simgeleyen kırık hatları boyunca dizilmektedir.

## MENDERES MASİFİ'NİN METAMORFİK EVRİMİ VE JEOTEKTONİK KONUMU

Menderes Masifi'nin gözlü gnayslarından Rb/Sr yöntemiyle saptanmış  $529, 490 \pm 90$  ve  $520 \pm 10$  m.y. lık toplam kaya yaşları elde edilmiştir (Schuilling 1973, Dora, 1975; Satır ve Friedrichsen 1986). 500 m.y. dolayındaki bu değerler ilk metamorfizma yaşını simgelemektedir. Duraylı izotop değerleri  $V_{18}O: \%0,4-$

14,6 gnays için,  $\%09-11$  metagranit için) ilksel kayaların sedimenter kökenli olduklarına işaret etmektedir (Satır ve Friedrichsen 1986). Sahadaki korunmuş eski sedimenter yapılar ve katmanların birbirini ardalaması da bu görüşü desteklemektedir. Satır ve Freidrichsen (1986) yine Rb/Sr yöntemi ve Compton-Jeffery ve Nicolaysen birleşik diyagramı ile, gnaysların ilksel sedimentasyonu için 680 (?) m.y. dolayında olası bir yaş saptamışlardır.



Şekil 7: Post-metamorfik asidik ve bazik plütonlar.

A: Granodiorit, B: Olivin gabro. Oliv: Olivin, Plg: Plajiolklas, Prx: Piroksen, Mus: Muskovit, Bio: Biotit, Qz: Kuvars, Or: ortoklas, Gra: Granat.

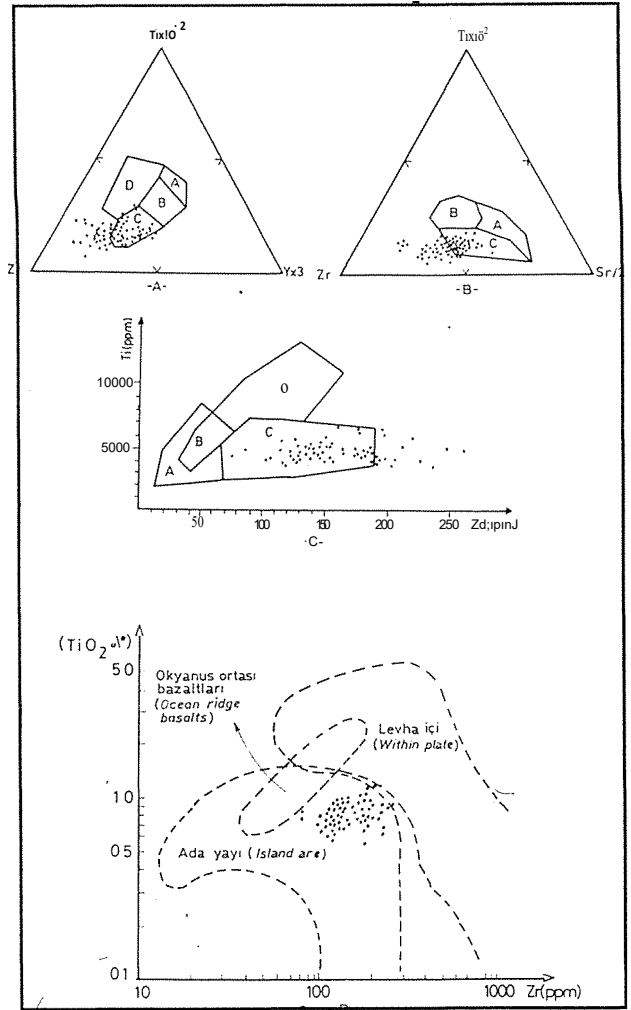
**Figure 7:** Post-Metamorphic acidic and basic plutons. A: Granodiorite, B: Olivine gabbro. Oliv: Olivine, Plg: Plagioclase, Prx: Pyroxene, Mus: Muscovite, Bio: Biotite, Qz: Quartz, Or: Orthoclase, Gar: Garnet.



Petrografik ve jeokronolojik veriler, Menderes Masifi'nin temelini oluşturan gneysların Geç Proterozoyik-Kambriyen döneminde, kıta kenarında çökelmiş kırıntılı sedimentlerden türediklerini göstermektedir. Bu kıta, büyük olasılıkla günümüz Afrika'sının yerindeki Ebürnian Kratonu'nun KD kenarıydı. Bu nedenle Menderes Masifi'nin gneyslarını Pan-Afrikan orojenik metasedimentleriyle eşleştirmek olasıdır. Bu eşleştirmede, Menderes Masifi'nin temel birimlerinden sayılan metagranodioritler ve metavolkanitler önemli rol oynar. Gerek Çine Asmasıfı'nda, gerek Ödemiş Asmasıfı'nda gneysları örten metavolkanitler (dar anlamda leptitler) gneyslarla birlikte ilk metamorfizmadan etkilenmişlerdir. Kalkalkalin soylu adayı türü (Şekil 8a, b, c, d) bu volkanitlerin derinlik kayaları olarak düşündüğümüz metagranodioritlerden  $471 \pm 9$  m.y. lık radyometrik yaş ölçülmüştür (Satır ve Friedrichsen, 1986). Menderes Masifi'nin metagranodioritlerine ve metavolkanitlere benzer kaya topluluklarına Pan-Afrikan karmaşığının üst serisinde de rastlamaktayız. Yukarıdaki veriler Menderes Masifi'nin jeotektonik açıdan Pan-Afrikan kuşağının Anadolu'daki uzantısı olduğunu kuvvetle vurgulamaktadır Şengör ve diğ., (1984) de; Dora (1982) ve Kun ve Dara (1984) tarafından duyurulmuş olan Menderes masifi metavolkanitlerini ve Toros'lardaki Karacahisar Dom'unda gözlenen Prekambriyen yaşlı şist ve di bazları (Dumont, 1979) kullanarak Pan-Afrikan kuşağının Menderes Masifi'ne kadar uzandığını belirtmişlerdir. Günümüze kadar sağlanan verilerin ışığında Üst Pan-Afrikan döneminin Menderes Masifi'ndeki tarihçesini şöyle yorumlayabiliriz:

- Menderes Masifi'nde Geç Proterozoyik ve Kambriyen'de Orta ve Üst Pan-Afrikan dönemindeki gibi zengin grovak ve arkoz çökelirni olmuştur.
- Kambriyen/Ordovisiyen sınırında, yaklaşık 500 m.y. önce busedimentler büyük olasılıkla yüksek dereceli bir metamorfizma geçirmişlerdir.
- Bu metamorfizmayı izleyen evrede ya da eş zamanlı, 470 m.y. önce tonolitik-granitik sokulumlar yükselmiştir. Bunu izleyen evrede degnaysları, sakulum kayaların eşlenikleri olan riyolitik-andezitik bileşimli tüffitler, metavolkanitler (leptitler) örtmüştür. Üst Pan-Afrikan istifinde de çok bol riyolit-andezit volkanitlerine rastlanır (Şekil 9a).
- Pan-Afrikan istifinin volkanitleri gibi, Menderes Masifi metavolkanitleri de kalkalkalin soylu, sialik kökenli ve adayı türü kayalardır (Dora ve diğ., 1988).

Benzer Post Pan-Afrikan magmatizmasına Kiklad adalarında (İos adası tonalit ve granitlerinde saptanan  $462 \pm 48$  m.y. toplam kaya yaşı, Kunst ve Kreuzer, 1982), Niğde Masifi'nde (gnayslardan  $460 \pm 53$  m.y. toplam kaya yaşı, Göncüoğlu, 1986) ve Bitlis Masifi'nde (Metavolkanitlerin  $453 \pm 13$  m.y. toplam kaya yaşı, Yılmaz ve diğ., 1971) rastlanmıştır. Özellikle Bitlis

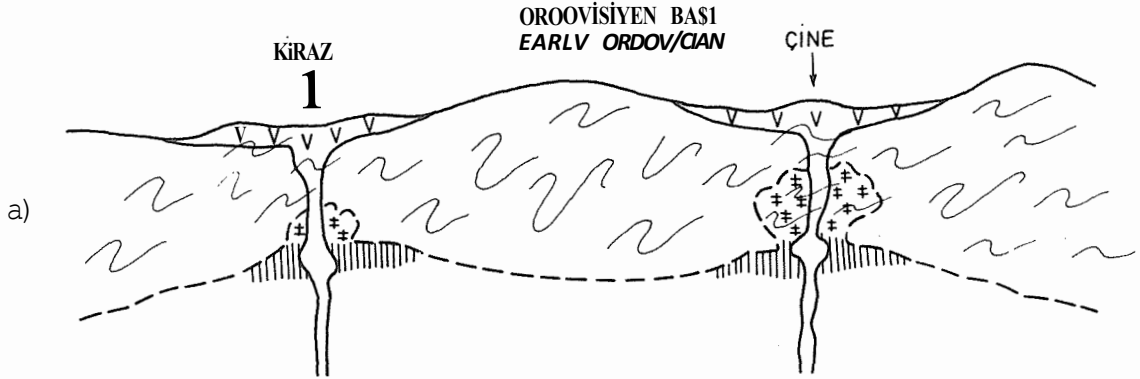


Şekil 8:  $Ti \times 10^{-2}/Zr/Yx3$ ,  $Ti \times 10^{-2}/Zr/Sr: 2$  ve  $Ti/Zr$  diagramları (Pearce and Cann (1973).

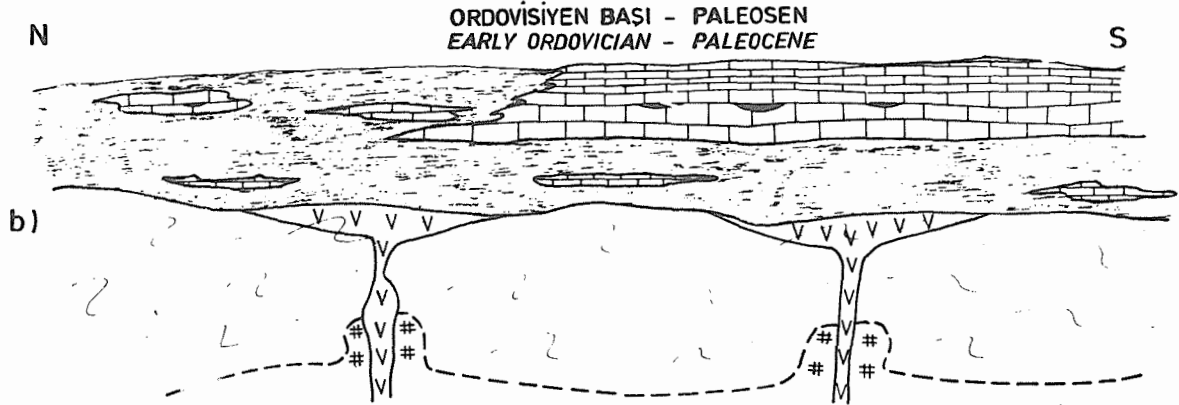
- A) A ve B: Düşük K-Toleyitler, C ve B: Kalkalkalen bazaltlar, B: Okyanus tabanı bazaltları, D: Plaka içi bazaltları.
  - B) A: Potasyumca fakir toleyitler B: Okyanus tabanı bazaltları, C: Kalkalkalen bazaltlar.
  - C) D ve B: Okyanus tabanı bazaltları, A ve B: Düşük potasyumlu toleyitler, C ve B: Kalkalkalen bazaltlar.
  - D)  $TiO_2$  (%) /  $Zr$  (ppm) diagramı (Pearce 1980; Gass 1982 den)
- Figure 8 :**  $Ti \times 10^{-2}/Zr/Yx3$ ,  $Ti \times 10^{-2}/Zr/Sr: 2$  and  $Ti/Zr$  diagrams after Pearce and Cann (1973).
- A) A and B: Low K-Tholeiites, C and B: Calc-alkaline basalts, B: Ocean floor basalts, D: Within plate basalts.
  - B) A: K-Poor Tholeiites, B: Ocean floor basalts, C: Calc-alkaline basalts.
  - C) D and B: Ocean floor basalts, A and B: Low K-Tholeiites, C and B: Calc-alkaline basalts.
  - D)  $TiO_2$  (%) versus  $Zr$ (ppm) diagram after Pearce (1980; in Gass 1982).

Gnaysların ilksel kayaları üzerine volkanitlerin yerleşimi, eski granitlerin sokulumu ve Masifin ilk metamorfizması.

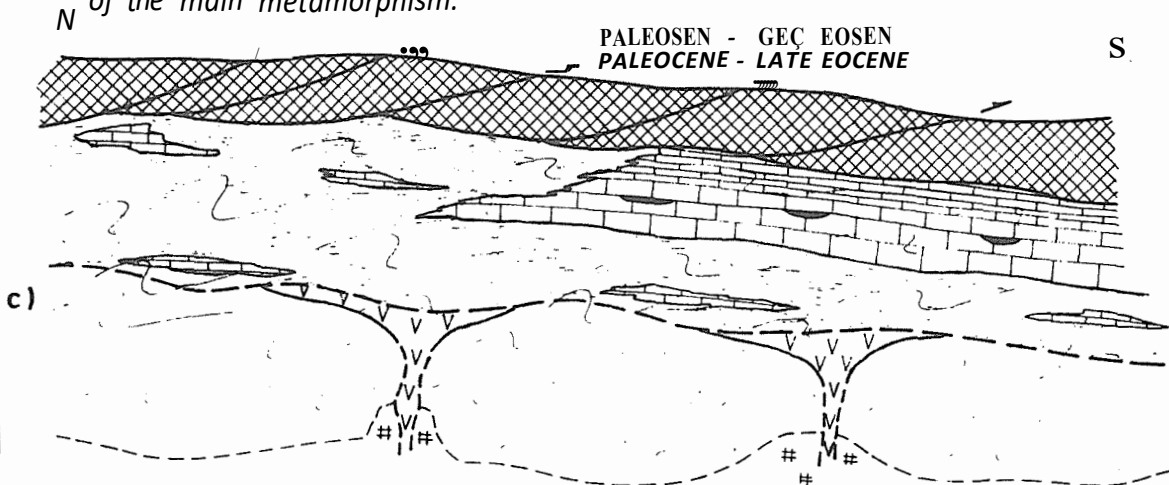
*The seating of volcanites on the original rocks of gneisses, the intrusion of old granites and the first metamorphism of the Massif.*



Menderes Masifi istifinin cökeli  
*Deposition of the Menderes Massif series*



Likya naplarının geçişi ve Menderes Masifinin ana metamorfizmasının tamamlanması.  
*Transportation of the Lycian nappes above the Menderes Massif and completion of the main metamorphism.*

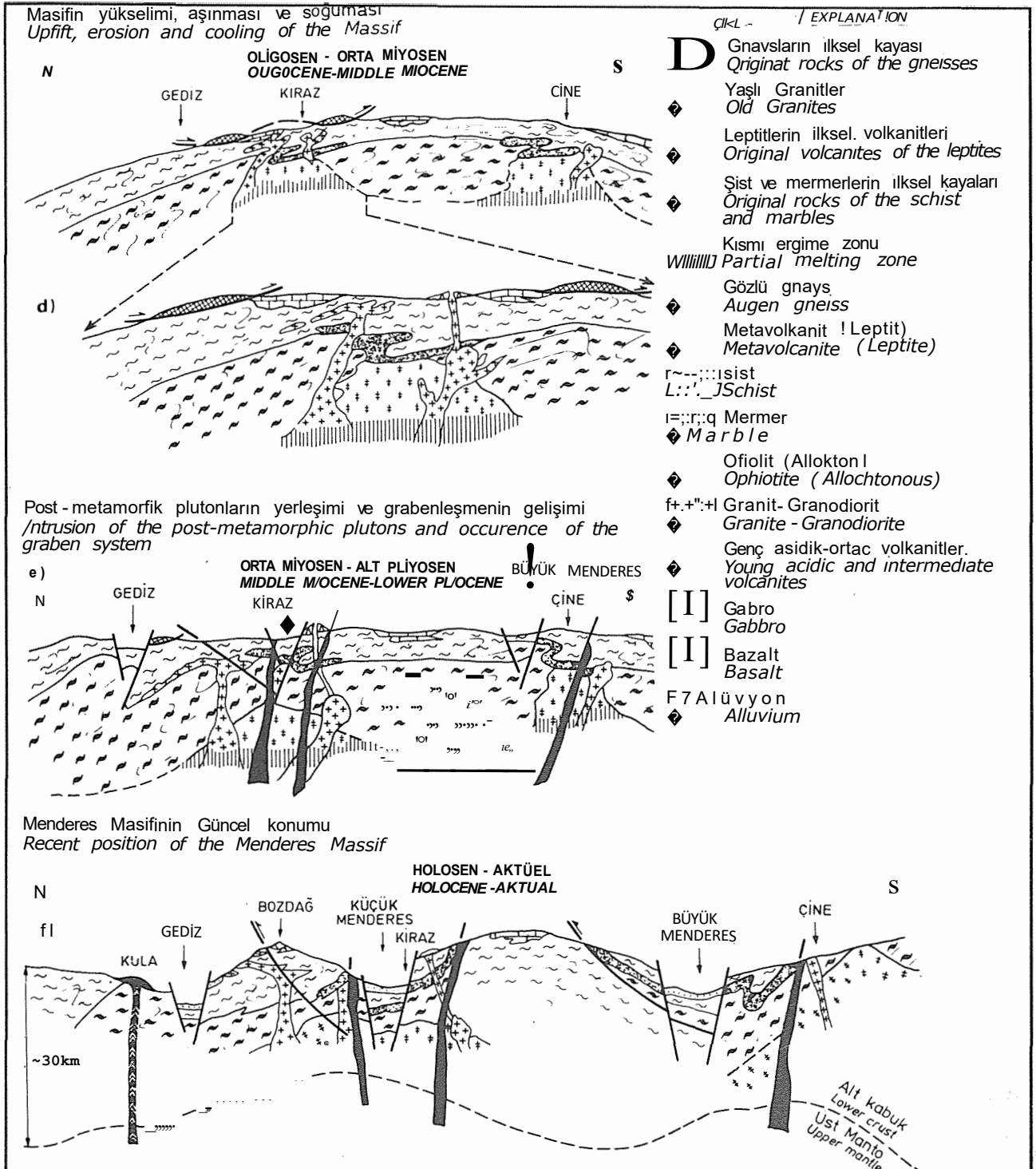


## MENDERES MASIFI

Masifi tabanda Menderes Masifi ile aynı kaya istifini sunar ve ilk metamorfizmasını Kambriyen/Ordovisiyen sınırında tamamlamıştır (Erdoğan ve Dora, 1983).

Menderes Masifi'nin ilk metamorfizmasından sonra, bu bölgede kalın bir klastik istif çökerir. Bölge, Epi-Gondwana platformunun kuzey uzantısını

oluşturmaktadır. Kalın klastik seri içinde seyrek olarak 5-20 m kalınlıkta tuf ya da silt arakatmanlarına rastlanır. Permokarbonifer'de özellikle Çine Asması'nde klastitler yerini bitümlü kalker arakatlı killi şistlere bırakır. "Göktepe Fonasyonu" adı verilen bu asbirim Fusulinler kapsar. Triyas-Üsl Kretase arasında tüm



Şekil 9: Menderes Masifinin jeolojik evriminin şematik gösterimi.

Figure 9: Schematized sequential cross-section showing the evolution of Menderes Massif.

bölge platform tipi kalın kireçtaşı çökeline sahne olur. Bugün mermerlere dönüşmüş olan kireçtaşlarının tabanı dolomitiktir. Mermerler içinde muhtemelen Jura yaşlı en az iki metaboksit (zımpara) düzeyi yer alır. Mermerlerin en üst düzeylerinde Üst Kretase yaşlı rudistlere rastlanmıştır (Dürr, 1975). Çine Asması'nda sediment çökeli kesintisiz Paleosen'e kadar devam eder (Şekil 9b). Paleosen pelajik kırmızı plakette kireçtaşlarıyla temsil edilir. Tüm bu metamorfik Menderes istifinin üzerine dev bir bindirme ile Likya naplarının metamorfik olmayan örtü serileri gelir (Şekil 9c). Likya napları, okyanus kabuğunu simgeleyen, devasa boyutlu peridotit ve diabaz dilimleri kapsarlar.

Yukarıdaki gözlemler, Menderes Masifi'ndeki "Ana Metamorfizma"nın Paleosen-Geç Eosen aralığına rastladığını vurgulamaktadır. İzmir-Ankara Zonu'na ait okyanusal ofiyolit naplarının Üst Kretase'den başlayarak kuzeyden güneye doğru Menderes Masifi istifinin üzerinden geçmesi, genelde Masifin "Ana Metamorfizması"nın nedeni sayılmaktadır (Kaya 1981, Şengör ve diğ., 1984; Dora, ve diğ., 1987). Masifin en kuzey ucunda okyanusal kabuk ve üst mantonun altında kalan serilerde mavi şist fasiyesine ait yüksek basınç ve düşük sıcaklık metamorfizmaları ortaya çıkmaktadır (Okay, 1985). Sonradan buradaki mavi şistler Paleosen yaşlı molas çökelleriyle örtülmüştür. İzmir-Ankara Ofiyolit kuşağının okyanusal kabuğu Menderes Masifi'nin güney kenarına Geç Eosen'de ulaşmıştır. Bu napların kalıntılarında, günümüzde de Masifin değişik yörelerinde klipler halinde rastlamaktayız (Kaya 1981; Candan 1988a). Böylece Paleosen-Geç Eosen arasında kalın bir okyanusal kabuğun altında kalan Menderes birimleri Barrovian tipi bir orta basınç ve yüksek sıcaklık metamorfizması geçirmişlerdir. Bu metamorfizma, şiddetli yatay hareketlerin, kıvrımlanmaların, bölümsel ergimelerin ve migmatitleşmelerin eşliğinde gerçekleşmiştir

(Şekil 9d). O nedenle Menderes Masifi kayalarında bugün gözlenen tüm yapı ve dokular, sözü edilen ikinci "Ana Metamorfizma"nın ürünleridir. Lineasyonlar ve kıvrım eksenleri Menderes Masifi'nin genel KKD doğrultusuna koşuttur. Kambriyen/Ordovisiyen sınırında ilk metamorfizmasını geçiren temel birimler (gnays ve metavolkanit) yeniden metamorfizmaya uğradıklarından karmaşık yapılar kazanmışlardır.

Gnayslardan Rb/Sr yöntemiyle elde edilen muskovit yaşları 63 ile 48 m.y. arasında oynamaktadır. Ortalama değer  $56 \pm 1$  m.y. dir (Satır ve Friedrichsen, 1986). Buna göre Menderes Masifi'ndeki "Ana Metamorfizma"nın Masifin Likya napları tarafından örtülmesinden (Üst Kretase) 10-15 m.y. daha geç başladığı görülmektedir.

Benzer gecikme Alplerde de gözlenir (Şengör ve diğ., 1984). Gnays ve metagranitlerdeki biotitler ise gene Rb/Sr yöntemiyle  $37 \pm 1$  m.y. ortalama yaş vermektedirler (Satır ve Friedrichsen, 1986). Bu son yaş, Alplerdeki gibi soğuma yaşı olarak yorumlanabilir. Menderes Ma-

sifi'nin Paleosen-Geç Eosen arasında seyreden ikinci "Ana Metamorfizması"nın, küçük zaman kaymalarıyla Kiklad adalarındaki metamorfizmayla eşleştirmek olanaklıdır.

Çünkü Kiklad adalarında 82 ile 26 m.y. arasında değişen muskovit yaşları saptanmaktadır. Böylece, Menderes Masifi'nde "Ana Metamorfizma"nın kuzeyde biraz daha erken başlayarak güneyde Alt Eosen-Çok Erken Oligosen aralığında geçmiş olabileceği, gerek litolojik istifle, gerekse radyometrik yaş verileriyle desteklenmektedir. Güneyde Tavas dolayında metamorfik birimleri uyumsuz olarak üstleyen molas Orta Oligosen yaşlıdır. Buna göre Masif, büyük olasılıkla Oligosen başında yükselmiş ve aşınmaya başlamıştır.

Menderes Masifi'nde sıkışma rejimi Oligosen-Orta Miyosen boyunca sürmüştür. Bu genç sıkışma rejiminin neden olduğu yataya yakın düşük açılı faylar boyunca Menderes Masifi'nin kimi yörelerinde (Şekil 3, Germencik-Nazilli hattı kuzeyi). gnays ve metavolkanit gibi yüksek dereceli metamorfik birimler, mermer, kalkışit ve fillit gibi düşük dereceli metamorfik birimler üzerine bindirmişlerdir. Gene sıkışma rejimi nedeniyle kalınlaşmış olan sialik kabuğun altında kimi yörelerde bölümsel ergimeler gerçekleşmiş ve granitik-tonalitik stoklar ezik zonlar boyunca metamorfik istifin içine sokulmuşlardır. Hiç metamorfik iz taşımayan bu post-metamorfik plütonlardan Yazıbaşı/Bayındır tonaliti, Orta Miyosene karşıt gelen  $18,2 \pm 0,7$  m.y. lık bir radyometrik yaş vennektedir. Kimi granodioritlerin granat ve sillimanit kapsamaları ve ancak gnays ve metavolkanitlerle dokanak yapıları, sokulumlarının kimi yörelerde (Çine ve Ödemiş Asmasıfleri) çok derinde kaldığını göstermektedir. Sokulumların Masifi kalbur gibi her yörede delmeleri, Menderes Masifi'nin altında devasa bir granitik-granodioritik kütle varlığına işaret etmektedir.

Orta Miyosen'den sonra tilin Anadolu'da Neotektonik rejim başlar (Şengör, 1980). Bu sistemde Menderes Masifi K-G yönlü genişleme kuvvetlerinin etkisinde kalmıştır. Bu döneme kadar tümüyle katılmış ve rijit bir kütle dönmüş olan Menderes Masifi D-B doğrultulu derin hatlar boyunca kırılarak, Batı Anadolu'nun ünlü grabenleri meydana gelmiş ve Masif de asmasıflere bölünmüştür. Blok tektoniğine koşut olarak, ana graben yönünü denetleyen, graben uzantısına çapraz büyük düşey faylar boyunca olivinli gabro stokları sokulmuştur (Şekil 9e). Üst manto kaynaklı bu kayalar, genelde daha sonraki hidrotermal süreçte  $Al_2O_3$  yönünden zenginleşmişlerdir ve klasik diyagramlarda farklı bölgelere düşmektedirler (Kun ve diğ., 1988 b). Gabroların, Batı Anadolu'da Üst Miyosen-Alt Pliyosen sınırında (9-10 M.y) gözlenen bazik-bazanitik volkanitlerin derinlik eşdeğerleri oldukları düşünülmektedir. Menderes Masifi içinde Kula, Kiraz ve Söke'de gözlenen genç bazaltik volkanitler, bazik volkanizmanın gabro

## MENDERES MASIFI

sokulununun ardından Masifte devam ettiğini vurgulamaktadır (Şekil 9t). Menderes Masifi graben zanları içinde saptanan zengin jeotermal aktivite, son bazik volkanizmanın günümüzdeki uzantısını oluşturmaktadır.

## SONUÇLAR

Menderes Masifi'nin gözlü, granitik ve bantlı gnaylarla, migmatik ve metavolkanitlerden yapılmış temel birimleri, yaklaşık 500 milyon yıl önce, Kambriyen/Ordovisiyen sınırında, ilk metamorfizmasını geçirmiştir. Metavolkanitlerin (Leptitler), radyometrik yaş, kimyasal bileşim ve jeolojik çerçeve yönünden Üst Pan-Afrikan adayayı volkanitleriyle benzerlik sunması, Menderes Masifi temel birimlerinin günümüz Afrikası'nın yerindeki Eburnian Kratonunun parçaları oldukları düşünülür. Kuvvetlendirmektedir.

Benzer yaşlı magmatitler Masifin batıya uzantısı sayılan Kiklad adalarında da bulunur. İlk metamorfizmanın yüksek dereceye ulaştığı düşünülmekte, ancak koşulları hakkında kesin veriler sunulmamaktadır.

İlk metamorfizmayı izleyen evrede, Ordovisiyen-Paleosen gibi geniş bir zaman aralığında, Menderes Masifi'nin bulunduğu yerde önce kalın bir klastit, daha sonra da kalın bir karbonat istif çökler. Üst Kretase'den başlayarak bölgede egemen olan sıkışma rejimi sonucu, İzmir-Ankara Zonu'na ait okyanus! ofiyolit naplarının kuzeyden güneye doğru Menderes Masifi istifinin üzerinden geçmesi, Masife esas görünümünü kazandıran "Ana Metamorfizma"ya neden olmuştur. Paleosen-Geç Eosen aralığında etkin olan "Ana Metamorfizma" Barrovian tipi mineral topluluklarının oluşumuna neden olmuş, 420-650°C sıcaklık ve 5-6,5 Kb basınç koşullarında seyretmiştir. Masifte alçak derece ile yüksek derece-li metamorfik zonlar arasındaki tüm metamorfik dizi sergilenir.

İkinci kez metamorfizmaya uğrayan temel birimler çoğunlukla migmatitleşmiş ve çok karmaşık yapılar kazanmıştır.

Menderes Masifi'nde sıkışma rejimi Oligosen-Orta Miyosen boyunca sürmüş ve kalınlaşmış olan sialik kabağın altındaki kimi yörelerde bölümsel ergimeler gerçekleşmiştir. Orta Miyosen'de granitik-tonalitik post metamorfik plütonlar ezik zonlar boyunca siller ve apofizler şeklinde metamorfik istifin içine sokulmuşlardır. Sokulumların Masifi kalbur gibi her yörede delmeleri, Menderes Masifi'nin altında devasa bir granitik-granodioritik kütle varlığına işaret etmektedir.

Orta Miyosen'den sonra tüm Anadolu'da egemen olan genişlemeli Neotektonik rejim, o döneme kadar rijit bir kütle dönüşmüş Menderes Masifi'ni D-B doğrultulu derin hatlar boyunca kırarak, Batı Anadolu'nun ünlü grabenlerini meydana getirir. Masif içinde blok tektoniğe koşut olarak, ana graben yönünü denetleyen, graben uzantısına çapraz büyük düşey faylar boyunca olivlinli

gabro stokları yükselir. Üst manto kökenli bu kayaların Batı Anadolu'da Üst Miyosen-Alt Pliyosen sınırında gözlenen bazik-bazanitik volkanitlerin derinlik eşlenikleri oldukları düşünülmektedir. Bazik volkanizma izlerine Menderes Masifi'nde Kula, Kiraz ve Söke yörelerinde rastlamaktayız. Masifin graben zanları içinde saptanan zengin jeotermal kaynaklar, volkanik aktivitenin günümüzde de sürdüğünü göstermektedir.

## DEĞİNİLEN BELGELER

- Boray, A., Akat, U., Akdeniz, N., Akçören, Z., Çağlayan, A., Günay, E., Korkmazer, B., Öztürk, E.M., Sav, H., 1973, Menderes Masifi'nin güney kenarı boyunca bazı önemli sorunlar ve bunların muhtemel çözümleri: Cumhuriyetin 50. yılı Yer. Bil. Kong. s. 11-20.
- Brinkmann, R., 1966. Geotektonische Gliederung von Westanatolien: N. Jb. Geol. Paleont. Mh. 10, 603-618.
- Brinkmann, R., 1967. Menderes Masifi'nin Milas-Bodrum-Ören civarındaki güney kanadı: E.Ü.F.F. İlim raporlar serisi 43, 12 s.
- Candan, O., 1988 a. Demirci-Borlu arasında kalan yörenin (Menderes Masifi kuzey kanadı) petrografisi, petrolojisi ve mineralojisi: Doktora tezi. D.E.Ü. Fen Bil. Ens. 163 s.
- Candan, O., 1988 b. Petrography, petrology and mineralogy of the region located between Dymirci-Borlu towns (Northern flank of the Menderes Massif): D.E.Ü. Fen Bil. Ens. Araş. Rap. 19 s.
- Çağlayan, M.A., Öztürk, E.M., Öztürk, Z., Sav, H., Akat, U., 1980, Menderes Masifi güneyine ait bulgular ve yapısal yorum: Jeol.Müh. Der., s. 9-17.
- Dora, O.Ö., 1975, Menderes Masifi'ndeki alkali feldspatların yapısal durumları ve bunların petrojenetik yorumlarda kullanılması: Türkiye Jeol. Kur. Bült., 18, 111-126.
- Dora, O. Ö., 1981. Menderes Masifi'nde petroloji ve feldspat incelemeleri: Yerbilimleri Derg. 7. 54-63.
- Dora, O.Ö., 1982. Menderes Masifi'nin jeolojisi paneli. Türkiye Jeol. Kur., Ankara, 50 s.
- Dora, O.Ö., Savaşçın, M.Y., Kun, N., Candan, O., 1987. Menderes Masifi'nde post metamorfik plütonlar: Yerbilimleri Derg., 14, 1-11.
- Dora, O.Ö., Kun, N., Candan, O., 1988. Metavolcanics (Leptites) in the Menderes Massif; A possible paleo-arc volcanism: O.D.T.Ü., Temel ve Uygulamalı Bil. Derg., 20, 4.
- Dumont, J.F., 1979. Les deux types de soubassements paleozoïques dans la coupole de Karacahisar (region d'Isparta, Turquie) et leur separation par un accident ante Triasique: Bull. Miner. Res. Explor. Inst. Turk., 90, 77-81.

- Dürr, S., 1975. Über alter und geotektonische stellung des Menderes-Kristallins/SW-Anatolien und seine aequivalente in der mittleren Aegaeis: Habilitation thesis, 107 pp. University of Marburg.
- Erdoğan, B., Dora, O.Ö., 1983, Bitlis Masifi apatitli demir yataklarının jeolojisi ve oluşumu: Türkiye Jeol. Kur. Bült., 26, 133-144.
- Gass, I.G., 1982. Upper Proterozoic (Pan-African) Calc-alkaline magmatism in north-eastern Africa and Arabia: In Andesites edited by R.S. Thorpe, John Wiley and Jons, 59-609.
- Göncüoğlu, C., 1986, Orta Anadolu Masifi'nin güney ucundan jeokronolojik yaş bulguları: Maden Tetkik Arama Derg., 105/106, 111-124.
- Frose, E., Gasparrini, E., 1975, Canad. Mineral. 13, 162-167.
- Kaya, O., 1981. Batı Anadolu alta bindirmesi: ultranafik birimin ve Menderes Masifi'nin jeolojik konumu: Doğa Bilimleri Dergisi, Atatürk özel sayısı s. 15-36.
- Konak, N., Akdeniz, N., Öztürk, E.M., 1987. Geology of the south of Menderes Massif: I.G.C.P. project no. 5, correlation of Varican and Pre-Variscan events of the Alpinemediterranean mountain belt, field meeting, Turkey, 42-53.
- Kun, N., 1983. Çine dolayının petrolojisi ve Menderes Masifi'nin güney kesimine ait petrolojik bulgular: (Doktora tezi) D.E.Ü. Fen Bil. Ens. 124 s.
- Kun, N., Dora, O.Ö., 1984. Menderes Masifi'nde metavolkanitler (leptitler), T.J.K. 38. Bilimsel ve Teknik Kurultayı Bildiri Özetleri. Ankara, s. 131-132.
- Kun, N., Candan, O., 1987 a. Ödemiş Asması'ndeki leptitlerin dağılımı, konumları ve oluşum koşulları. TBAG-688 nolu proje, 133 s.
- Kun, N., Candan, O., 1987 b. Menderes Masifi'ndeki erken p eozoik yaşlı bazik damar kayaları. H.Ü. Yer Bil. Derg. c.14.
- Kun, N., Candan, O., Dora, O.Ö., 1988 a. Kiraz-Birgi yöresinde (Ödemiş-Menderes Masifi) metavolkanitlerinin (leptitlerin) varlığı: Türkiye Jeol. Kur. Bült., 32, 21-35.
- Kun, N., Dora, O., Tuzcu, N., Candan, O., 1988 b. Menderes Masifi'ndeki postmetamorfik gabro stoklarının petrolojisi: Akdeniz Üniv. Isparta Müh. Mim. Fak. Derg. 4, 304-324.
- Kunst, H.F., kreuzer, H., 1982, Isotopic dating of Pre-Alpidic rocks from the island of Ios (Cyclades, Greece): Contrib. Mineral Pertol, 80, 245-253.
- Pearce, J.A., Cann, J.R., 1973. Tectonic setting of basic volcanic rocks detennined using trace element analysis: Earth and Planet. Sci. Lett. 19,250-300.
- Okay, A., 1985. Kuzeybatı Anadolu'da yeralan metamorfik kuşaklar: T.J.K. Ketin sempozyumu Bildiriler Kitabı, 83-92.
- Satır, M., Friedrichsen, H., 1986. The origin and evolution of the Menderes Massif, W-Turkey; A Rubidium/Strontium and Oxygen isotope study: Geol. Rdsch. 75/3, 703-714.
- Schuling, R.D., 1958. Menderes Masifi'ne ait bir gözlü gnays üzerinde zirkon etüdü: Maden Tetkik Arama Derg. 51, 38-41.
- Schuling, R.D., 1962. Türkiye'nin GB'sındaki Menderes Migmatit Kompleksinin petrolojisi, yaşı ve yapısı hakkında: Maden Tetkik Arama Derg. 58, 71-84.
- Schuling, R.D., 1973. Active role of continents in tectonic evolution, geothermal modals: In: De jong, K.A. and R. Scholten (Eds): Gravity and Tectonics. New York, 37-47.
- Şengör, A.M.C., 1980, Türkiye'nin neotektoniğinin esasları: Türk. Jeol. Kur. Konf. Ser. 2, 40 s.
- Şengör, A.M.C., Satır, M., Akkök, R., 1984, Timing of tectonic events in the Menderes Massif, Western Turkey: Implications for tectonic evolution and evidence for Pan-African bassement in Turkey: Tectonics, 3/7, 693-707.
- Turner, F.J., 1968, Metamorphic petrology: McGraw-Hill's, New York.
- United Nations (1974), Mineral exploration in two areas: Technical report 4, DP/DN/TUR-72-004/4, Turkey.