

## MENDERES MASIFI'NİN METAMORFİK TARİHÇESİ VE JEOTEKTONİK KONUMU

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

I O. ÖZCAN DORA D.E.Ü, Müh, Mim. Fak. Jeoloji Müh. Böl, İzmir  
NEJAT KUN DJE.Ü, Müh. Mim, Fak. Jeoloji Müh, Böl, izmir  
OSMAN CANDAN D.E.Ü. Müh, Mim. Fak, Jeoloji Müh, Böl, İzmir

ÖZ: Menderes Masifi'nin temelini, gözlü, granitik ve bantlı gnayslarla migmatitten yapıli gnays birimi oluşturur. Bu % birimi uyumlu olarak, metavolkanit (dar anlamıyla leptit) birimi üstler. Leptitleri uyumlu izlenimi veren bir dokanakla 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 yaşli plaketli kırmızı mermerler yer alır. Litolojik istifi postmetamorfik sokulmuş granodiyoritik ve gabroik plüton I stokları tamamlar,

Menderes Masifi'nde alçak dereceli metamorfik kuşaktan yüksek dereceli metamorfik kuşağa kadar tüm metamorfik diziyi gözlemek olasıdır. Diaspor/korundum izogradmdan 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,

I Gözlü gnayslar 500 milyon yıl dolayında bir radyometrik yaş vermişlerdir. Bu da Menderes Masifi'nin ilk metamorfizmasını Kambriyen/Ördovisyen sınındageçirdiğini vurgular, İlk metamorfizmanın ürünleri olduğu düşünülen metagranodiyoritler de gene 480 milyon yıl dolayında bir yaş sergilerler. Metagranodiyoritlerin ytteysel eşlenikleri kabul edilen metavolkanitler (leptitler) Pan-African yay volkanikleriyle yaş, kimyasal bileşim ve jeolojik çerçeve yönünden yakın bir benzerlik sunarlar\* Benzer yaşli (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'mn yerindeki t Ebürnian kratonun\*parçaları olduğu söylenebilmektedir.

Paleosen'e kadar uzanan Menderes istifi, Paleosen-Geç Eosen aralığında, üzerinden geçen okyanusa! kabuk bileşeni! Likya naplan 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 i. upper levels. The schist series conformably overlain by the platformtype marbles-with emery lenses. Paleocene aged red-coloured, thinbanded 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\* According

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

The sequence of the Massif continued until Paleocene, was subjected to the "Main-Metamorphism"<sup>11</sup> 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 ton alan kaplayan "Menderes Masifi", KD-GB uzanım, yumurta biçimli bir görünüm sunar. Yaklaşık D-B uzanlı 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.

1960li yıllarda Menderes Masifi'nin Varistik ya da daha yaşlı dönemlerde metamorfizmaya uğradığı varsayıyordu (Schuiing, 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 altmış-yetmişli yıllarda; metamorfik kayaların ilksel malzemesinin çoğunlukla sediment 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.

## LİTOSTRATİGRAFİ

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 yeralan, 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 kayaçlarının leptitler gibi volkanik kökenli olduğunu göstermektedir (Kun ve Candan 1987 a). Gri açık pembe renkli olan metavolkanitler, kötü yapraklanmış, boynuztaşı benzeri kayalardan yapılmış 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 izlenimi veren bir dokanak ile şistler üstler. Şiddetli metamorfizma ve yapraklanma nedeniyle bu dokanağın uyumlu gözüktüğü, bölgedeki önemli rejim değişikliği ve bilinen ilk metamorfizma nedeniyle metavolkanitlerle şistler arasında bir uyumsuzluğun varlığı düşünülmemektedir. Ancak bugüne kadar yaptığımız çalışmalarda, Menderes Masifinde 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 dişten-staurolit-granat şistler, egemenken, tavanda granat-mika şistler bollaşır. Şistler içinde sürekli metakuarşit, kuvars şist ve kuvars-muskovit şist arakatmanlarına rastlanır. Disten-staurolit-granat şistlerde iri granat porfirblastları kapsayan, koyu renkli amfibolit mercikleri yaygındır. Buna karşın tavan şistlerinde fillit ve kalkışit düzeyleri artar. Çine Asması'nda ender de olsa bulunan fosillere dayanarak, şistlerin üst düzeylerinin sedkmentasyon yaşının Üst Devon-Üst Permiyen aralığına düştüğü söylenebilmektedir (Boray ve diğ., 1973),

Menderes Masifinin şist zarfı uyumlu bir dokanakla, platform tipi karbonatlı seriden türemiş, kalkışit ve mermerler örter. Tabanda şisüer ile aralanmalı olan ve iyi katmanlanma sunan mermerler, tavanda son, 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 (Dün; 1975; Çağlayan ve diğ., 1980).

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

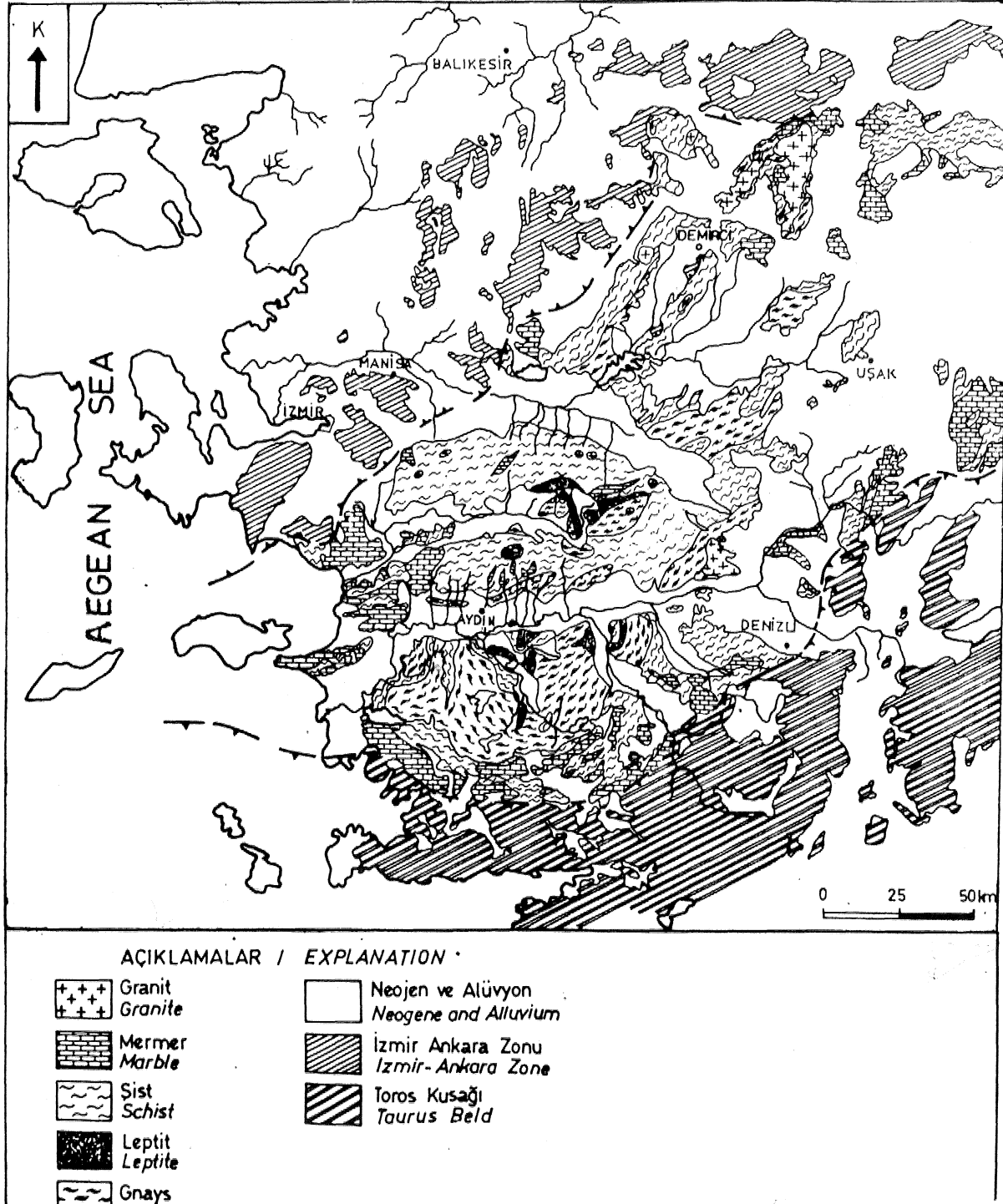
Menderes Masifi'nin 6-7 km'ye ulaşan görünür metamorfik kaya istifi postmetamorfik granodiyorit-tonalitik plütonlar ve bunların volkanik türevleriyle, daha genç gabroik plütonlar ve bunların volkanitleri tarafından katedilmektedir. Granodiyorit tonality plütonlar güneyde (Çine Asması) ancak metavolkanit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

## MENDERES MASM

(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 dokanaklarda andalusiü felsler gelişmiştir, Yazıbaşı/Bayındır tonaliünden alman kayalarda K/Ar yöntemiyle  $1g,2 \pm 0,7$  m.ylık bir toplam kaya yaşı saptanmıştır (United Na-

tions, 1974). Bu yaş, 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 sayılacak dokanak metamorfizmasına neden olmamışlardır.



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

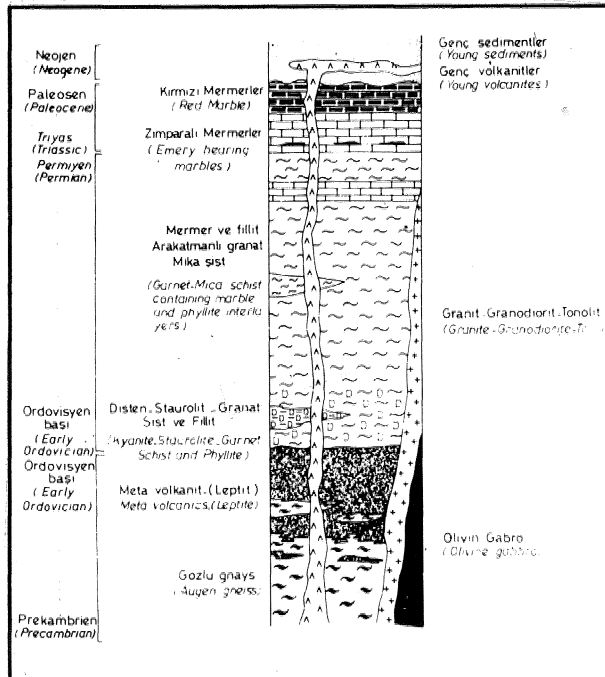
## MENDERES MASİFİ'NİN METAMORFİZMASI

Menderes Masifi en az İM progresif (İlerleyen) 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 ayırmak olanaklıdır. Her asmasifin ilksel kayalarındaki küçük sapmalar, metamorfik zoniarm mineral bileşimine de hemen yansımaktadır,

### L 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 Asmasifinin alçak de-



Şekil 2: Menderes Masifinin genelleştirilmiş sütun kesiti.

Figure 2: Generalized columnar section of Menderes massif.

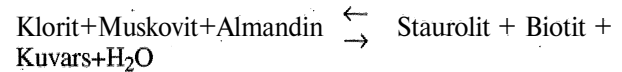
reçeli metamorfik şistleri yeşilşist fasiyesinin üç alt fasiyesini de, yani klorit- biotit\* ve almandin zonunu kapsarlar. Üç alt fasiyesin içinde de kloritoide rastlanmaktadır. Ö nedenle Çine Asmasifi'nin alçak dereceli metamorfik zonunda orta basınç ve 420°O540°C arası sıcaklıklar hüküm sürmüştür,

Ödemiş Asmasifi'nde alçak dereceli metamorfik şistler filitlerle temsil edilir (Şekil 4b). Fillitler, granat-biotit-muskovit, granat-kloritoid-staurolit mineral topluluklarını kapsarlar. Bu yöre de İlginç 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 zonların mineral topluluklarında da ortaya çıkar.

### 2. Orta Dereceli Metamorfik Zon

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

Staurolitin ortaya çıkışını çeşitli tepkimelere bağlamak olanaklıdır. Çine ve Ödemiş Asmasiflerinde stauromt 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 Asma silinde ise staurolit zonu doğrudan granat-mika şistlerle geçilidir. Burada büyük olasılıkla Froese ve Gasparrini (1975) tarafından öne sürülen,



tepkimesiyle Staurolit ortaya çıkmaktadır (Candan, 1988b).

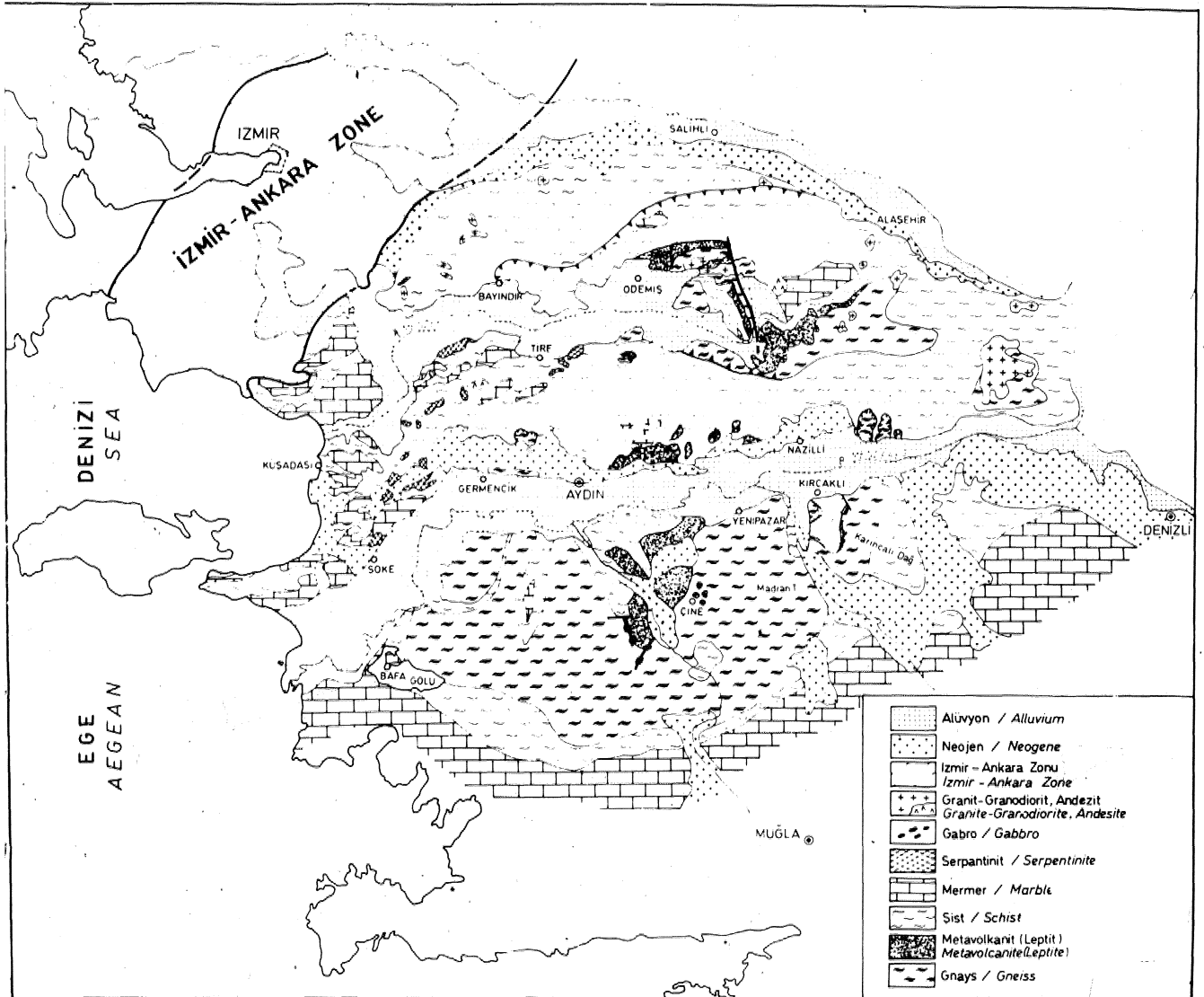
Gerek ödemiş gerekse Gördes Asmasiflerinde granat-staurolit şistlerin altında disten-staurolit-granat şistlere rastlarız (Şekil 5), Her üç yörede de staurolit ve disten mineralleri bir süre birlikte bulunurlar. Benzer ara zont=

## KÖENDERES MASİFİ

ra Dünya'nın diğer bölgesel metamorfik bölgelerinde de rastlanır (Alpler, Britisch Colombia v.b.). Turner (1968)'e göre bu parajenezler almandin/amfibolit zonu-nun K<sub>2</sub>O yönünden fakir şistlerinde oluşabilmektedir. Gerçekten de bu şistler % 2 K<sub>2</sub>O kapsarken, yalnız diş-ten şistlerdeki K<sub>2</sub>O içeriği % 2\*5 değere ulaşır,

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

Gördes Asmasıfı'nın staurolit-disten-granat şistlerindeki staurolitler bazen 10 cm'ye ulaşabilir. Bu şistlerdeki Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> zenginliği, pegmatoid damarlarında 20 cm'ye ulaşan dev dişten kristallerinin büyümesine de neden olmuştur, Gördes Asmasıfı'nın bu zonunda sillimanit de rastlanır. Sillimanit özellikle feldspat, dişten ya da staurolit sınırlarında büyümektedir. Sillimanitin ortaya çıkmasıyla staurolit kaybolur ve sillimanit-disten-granat şistlere geçilir. Bu zonu orta ve yükselr de-receli metamorfik zonlar arasında bir geçiş kuşağı olarak saymak mümkündür. Bu geçiş zonunun pegmatoidik da-marlarında üç Al<sub>2</sub>SiO<sub>5</sub> modifikasyonunu bir arada görmek olasıdır (Candan, 1988 a). Buradan da, oluşum koşulları olarak, 600°C dolayında sıcaklıkların ve 5-6 Kb dolayında basınçların hüküm sürmüş bulunduğunu söyleyebiliriz. ,



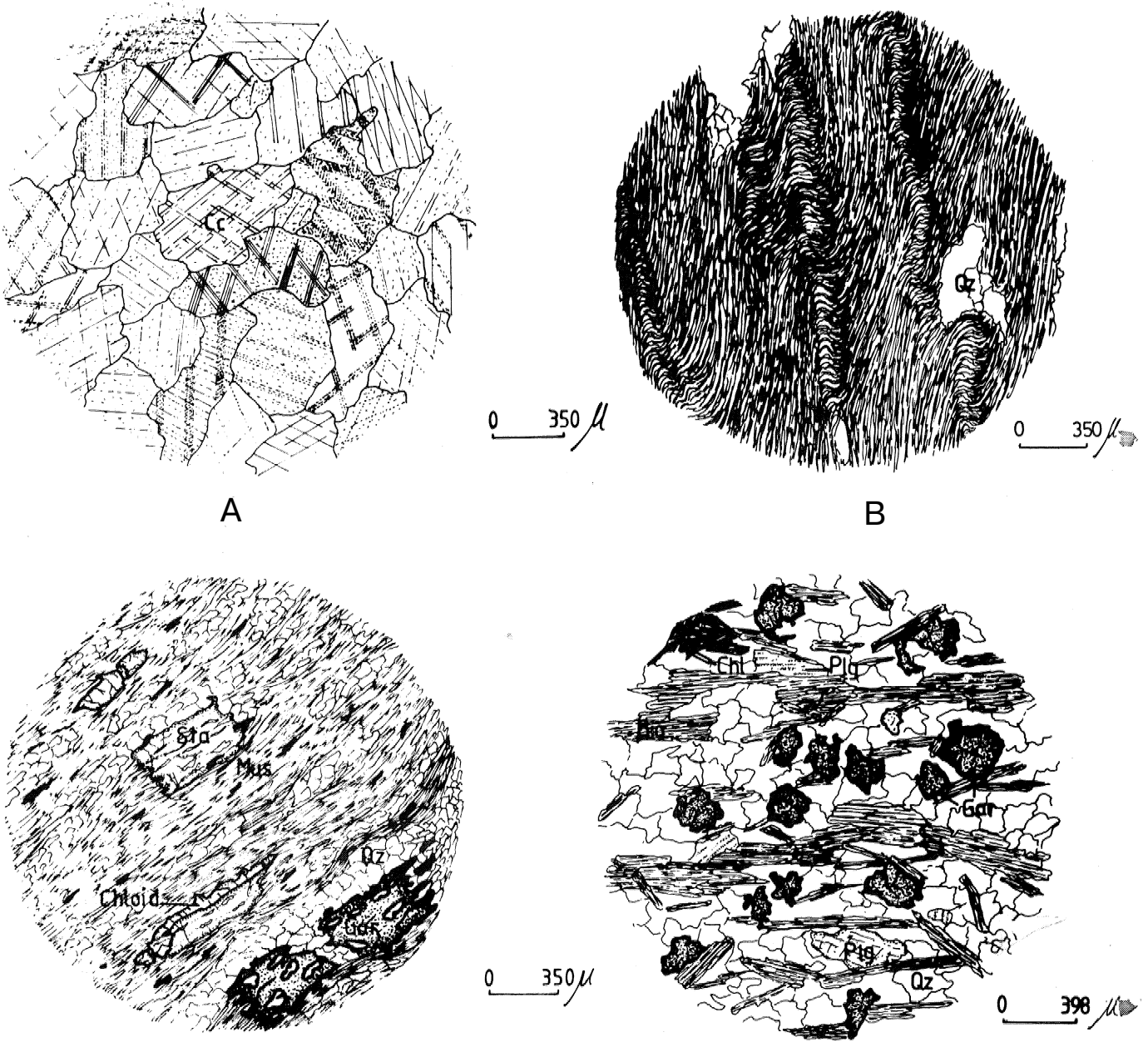
Şekil 3: Menderes Masifinin sadeleştirilmiş jeoloji haritası.

Figure 3: Simplified geological map of Menderes Massif.

### 3, Yüksek Dereceli Metamorfik Zem

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

sillimanit dışın minerallerine rastlanır. Bu nedenlerle Menderes Masifinin 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-plajiolklas (oligoklas)-K-feldspat-bioit-muskovit-granat-tunnalm-zirkon-apatit, Gnays benzeri doku sunan yaşlı metagranitler de aynı



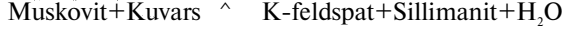
Şekil 4: Alçak dereceli metamorfik zona ait kayaçlar. A: Mermer, B; Fillii, C: Slaurolit-Kloritoid şist, D: Granat mika şist.

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

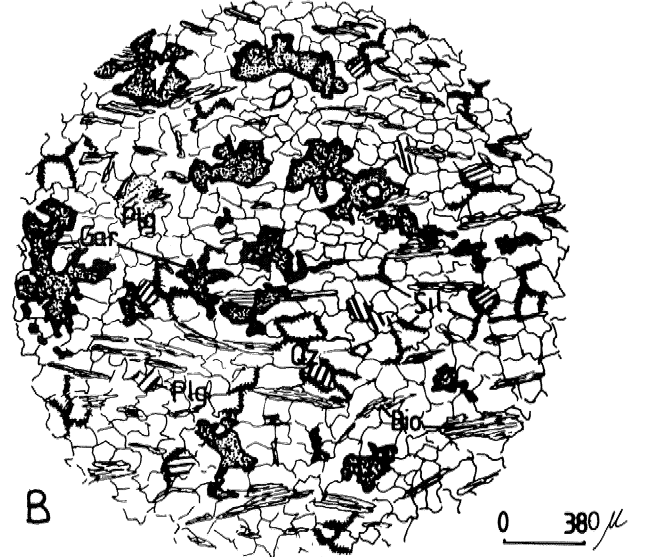
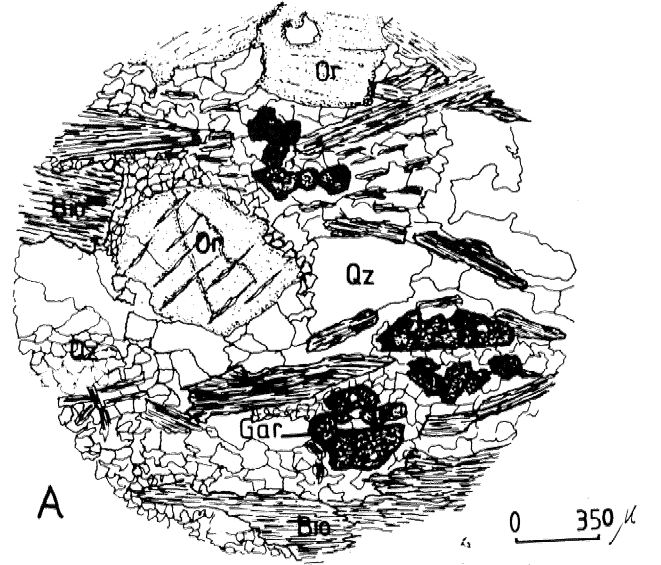
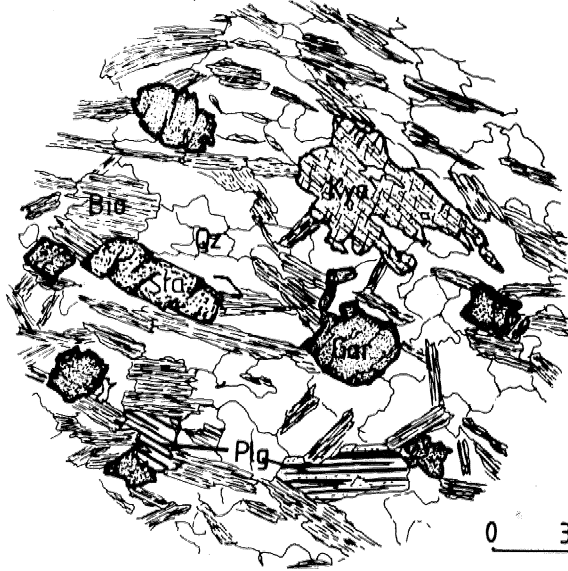
## MENDERES MASİFİ

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

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



tepkimesi yanında Dişten  $\rightarrow$  Sillimanit dönüşümü de yaygındır. Birçok sillimanit  $\rightarrow$  plajioklas/plajioklas, plajioklas/K-feldspat dişten/plajioklas ve granat/plajioklas sınırında büyümektedir. Kimi zaman da biotitin (001)



Şekil 5: Orta dereceli metamorfik zonda gözlenen dişten-stauroolit granat şistler.

Bio: Biotit, Kya: Dişten, Gar: Granat, Plg: Plajioklas, Qz: Kuvars,

Figure 5: Kyanite-stauroite-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: Plajioklas, GaK Granat, Or: Ortoklas, Qz: Kuvars, K-Fel: Kfeldspat.

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 bilinci metamorfizmanın kalıntı mineralleri çok güç seçilebilmektedir. Genelde K35B doğrultulu kıvrımların K20D kıvrımlarından daha yaşlı oldukları bilinmektedir.

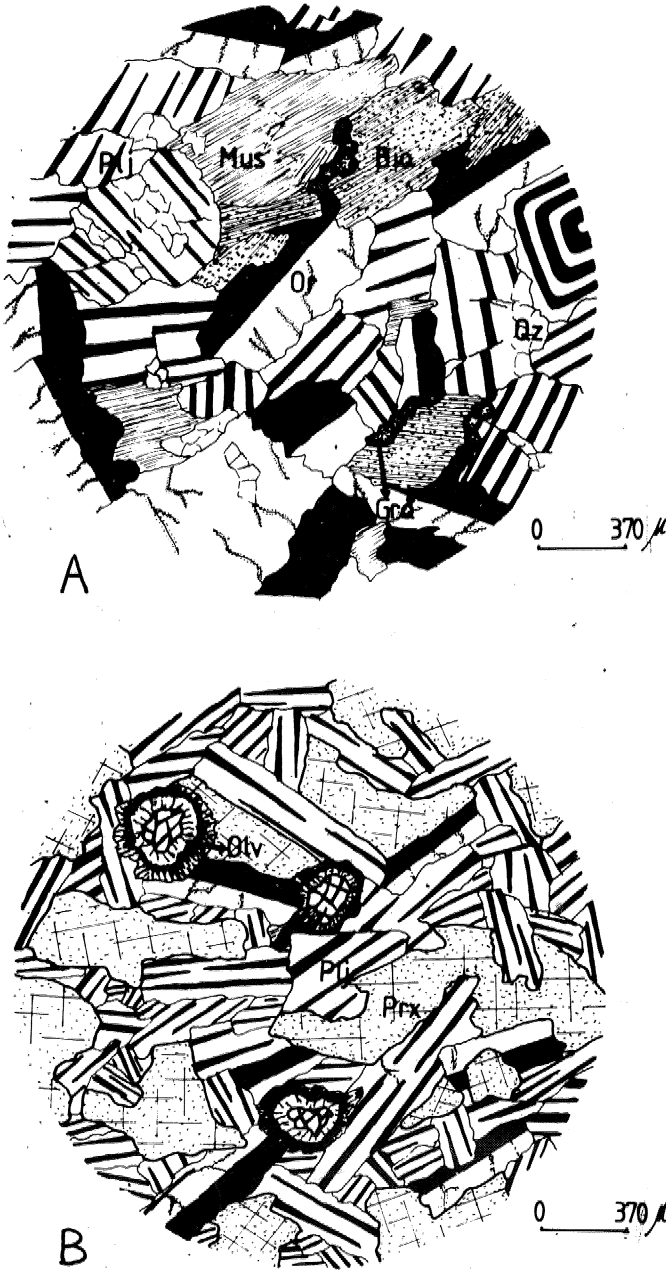
#### POSTMETAMORFİK PLUTONLAR

Menderes Masifi'nin tüm metamorük 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, plajioMas (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, plajioklas (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 hidrotermai etkiler nedeniyle bu kayalarda belirgin bir Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> zenginleşmesi olmuştur» Tüm asmasıflerdeki gabro stokları düşey tektoniği simgeleyen kink hatları boyunca dizilmektedir.

#### MENDERES MASİFİNİN METAMORFİK EVRİMİ VE JEOTEKTONİK KONUMU

Menderes Masifi'nin gözlü gnayslarından Rb/Sr yöntemiyle saptanmış 529, 490 ± 90 ve 520 ± 10 m.y. lık toplam kaya yaşları elde edilmiştir (Schuiling 1973, Dora, 1975; Satır ve Friedrichsen 1986), 500 m.y. (dolayındaki bu değerler ilk metamorfizma yaşını simgelemektedir. Duraylı izotop değerleri OöisO: % 10,4-14,6 gnays için, % 9-11 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. delayımda olası bir yaş saptamışlardır.



Şekil 7: Post-metamorfik asidik ve bazik plütonlar. A: Granodiorit, B: Olivin gabro, Ölv: Olivin, Plg: Plajioklas, 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. Ölv: Olivine, Plg: Plagioclase, Prx: Pyroxene, Mus: Muscovite, Bio: Biotite, Qz: Quartz, Or: Orthoclase, Gar: Garnet

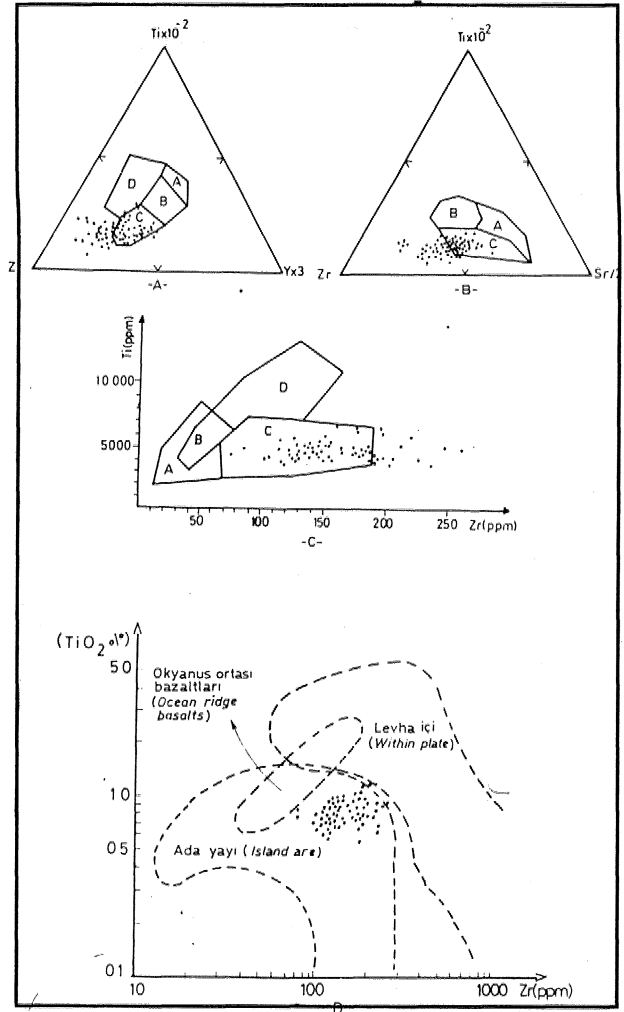


## MENDERES MASİFİ

Petrografik ve jeokronolojik veriler, Menderes Masifi'nin temelini oluşturan gnaysların Geç Proterozoyik-Kambriyen döneminde, kıta kenarında çökelmiş kırıntılı sedimentlerden türediklerini göstermektedir. Bu kıta, büyük olasılıkla günümüz Afrika'sının yerindeki Eburnian Kmtou'nun KD kenarıydı. Bu nedenle Menderes Masifi'nin gnayslarını Pan-Afrikan orojenik metasedimentleriyle eşleştirmek olasıdır. Bu eşleştirmede, Menderes Masifi'nin temel birimlerinden sayılan metagranodioritler ve metavolkanitler önemli rol oynar. Gerek Çine Asması'nda, gerek Ödemiş Asması'nda gnaysları ile Örtün metavolkanitleri (dar anlamda leptitler) gnayslarla birlikte ilk metamorfizmadan etkilenmişlerdir. Kalkalkalin soylu adayayı 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 Dora (1984) tarafından duyurulmuş olan Menderes masifi metavolkanitlerini ve Toroslardaki Karacahisar Dom'unda gözlenen-Piekambriyen yaşlı şist ve diabazları (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 çökelimi olmuştur,
- Kambriyen/Ordovisiyen sınırında, yaklaşık 500 m.y. önce bu sedimentler 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 de gnaysları, sokulum kayaların eşlenikleri olan riolitik-andezitik bileşimli tüffitler, metavolkanitler (leptitler) örtüştür. Üst Pan-Afrikan istifinde de çok bol riolit-andezit volkanitlerine rastlanır (Şekil 9a),
- Pan-Afrikan istifinin volkanitleri gibi, Menderes Masifi metavolkanitleri de kalkalkalin soylu, sialik kökenli ve adayayı türü kayalardır (Dora ve diğ., 1988).

Benzer Post Pan-Afrikan magmatizmasına Kiklad adalarında (los 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-Toleiyitler, C ve B: Kalkalkalin bazaltlar, B: Okyanus tabanı bazaltları, D: Plaka içi bazaltları.

B) A: Potasyumca fakir toleiyitler B: Okyanus tabanı bazaltları, C: Kalkalkalin bazaltlar, C) D ve B: Okyanus tabanı bazaltları, A ve B: Düşük potasyumlu toleiyitler, C ve B: Kalkalkalin bazaltlar»

D)  $TiO_2$  (%) /  $Zr$  (ppm) diagramı! (Pearce 1980; Gass 1982 den)

Figure 8:  $Ti \times 10^{-2}/Zr^{Yx3}$ ,  $Ti \times 10^{-2}/Zr/Sn$  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,

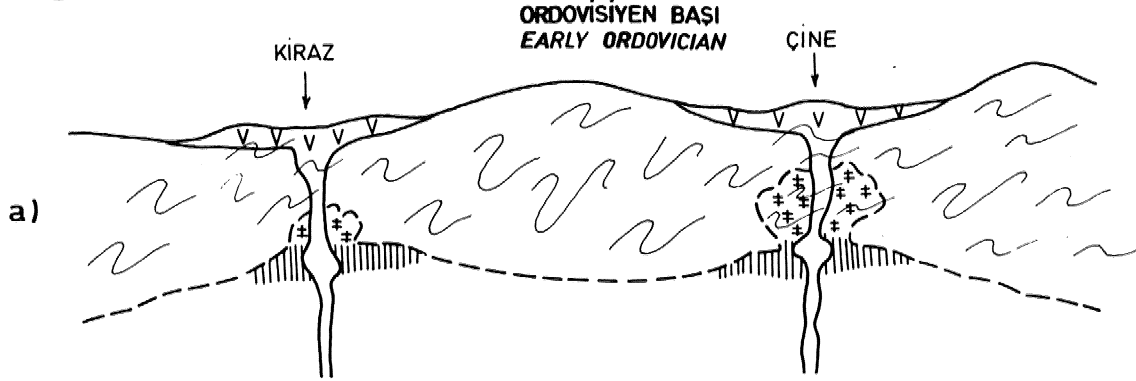
B) A: K-Poor Tholeiites, B: Ocean floor basalts, C: Calc-alkaline basalts,

C) D and B: Ocean floor basalts\* A and B: Low K-Tholeiites, C and B: Calc-alkaline basalts.

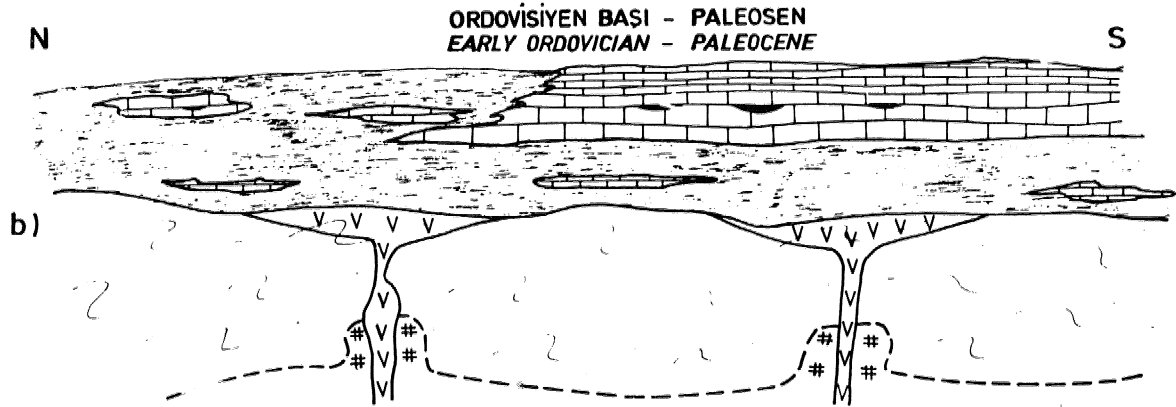
D)  $TiO_2$  (%) Versus  $Zr$ (ppm) diagram after Pearce (1980; in Gass 1982),

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

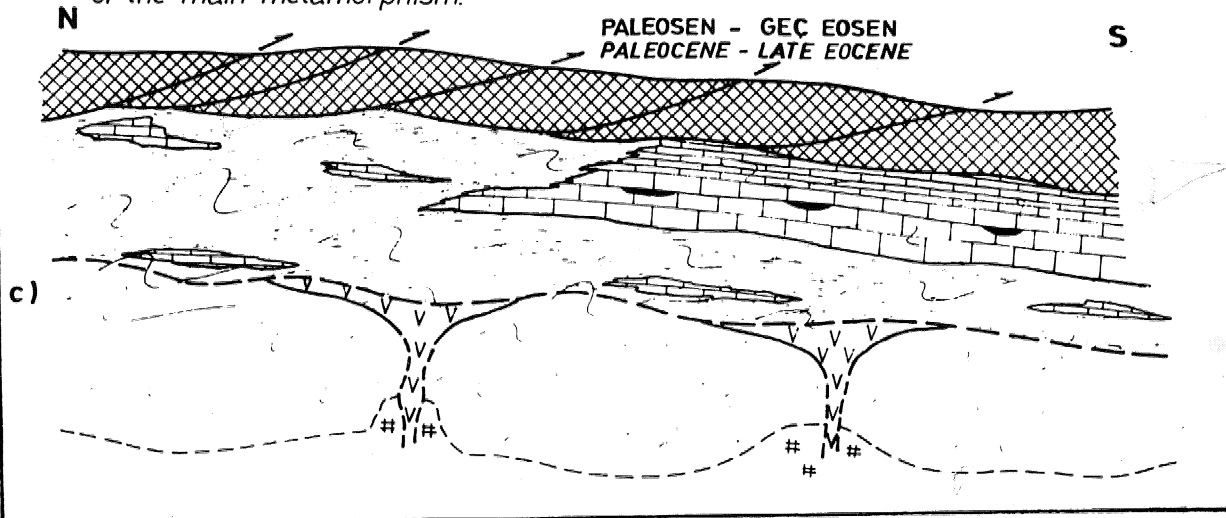
*The seating of volcanites on the original rocks of gneisses, the intrusion of old granites and the first metamorphism of the Massif.*



Menderes Masifi istifinin çökelişi  
*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.*

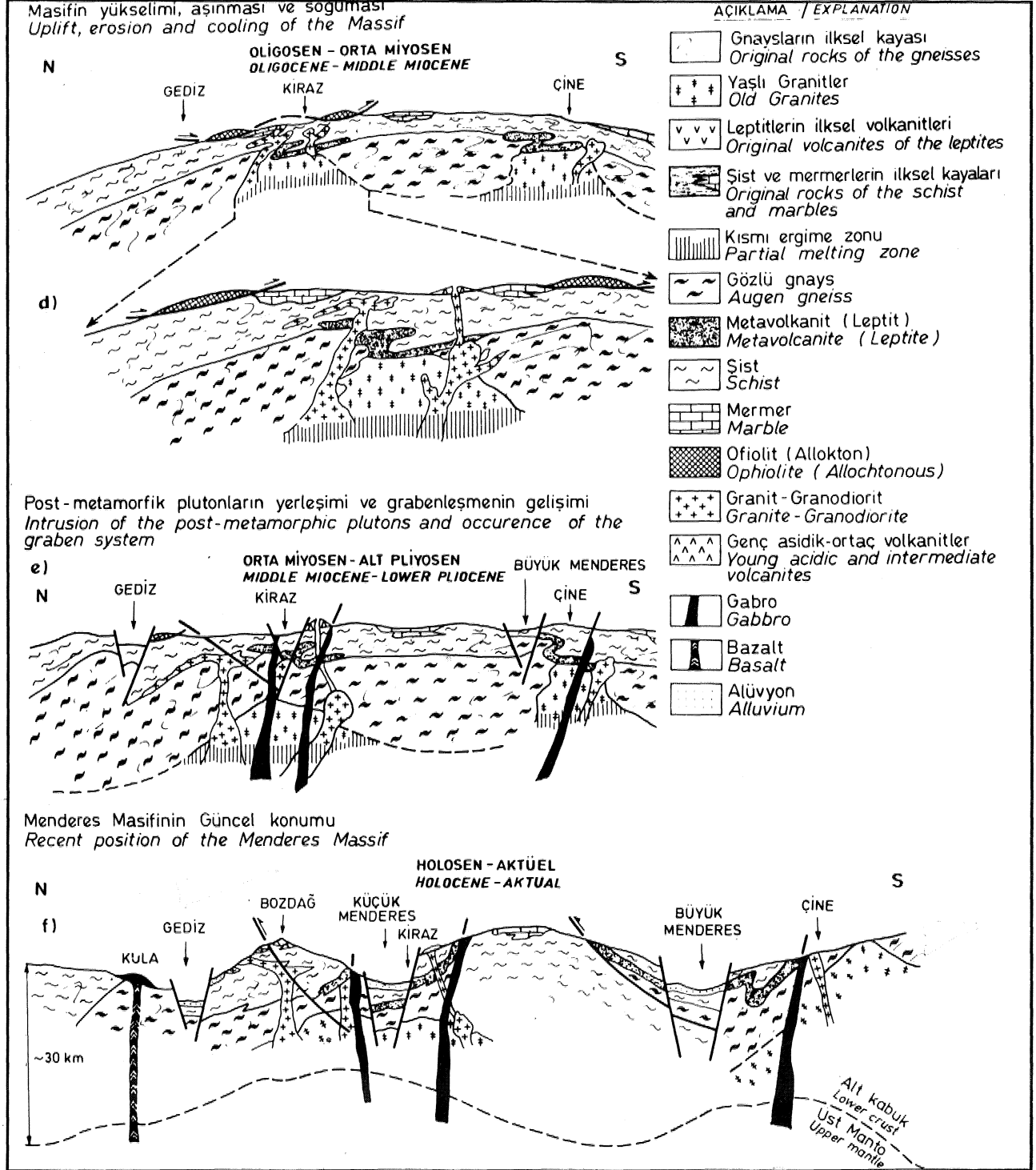


## MENDERES MASİFİ

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

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

oluşturmaktadır. Kaim klastik seri içinde seyrek olarak 5-20 m. kalınlıkta tuf ya da sili arakatmanianna rastlanılır. Permokarbonifer'de özellikle Çine Asması'nda klastitler yerini bitümlü kalker arakatlı killi şistlere bırakır. "Göktepe Formasyonu" adı verilen bu asbirim Fusulinler kapsar, Triyas-Üst 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 çökelimine 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 çökelimi kesintisiz Paleosen'e kadar devam eder (Şekil 9b). Paleosen pelajik kırmızı piaketli kireçtaşlarıyla temsil edilir. Tüm bu metamorfik Menderes istifinin üzerine dev bir bindirme ile Likya naplanın metamorfik olmayan örtü serileri gelir (Şekil 9c), Likya napları, okyanus kabuğunu simgeleyen; devâ boyutlu peridotit ve diabloz 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 Metamorfizma"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 metamorfizmi 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 kalıntılarına, günümüzde de Masifin değişik yörelerinde klipler halinde rastlamaktayız (Kaya 1981; Candan 1988a), Böylece Paleosen-Geç Eosen arasında kaim 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 Masif in 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"nı, 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 Masif Mn kimi yörelerinde (Şekil 3, Gemençik-Nazilli hattı kuzeyi), gnays ve metavolkanit gibi yüksek dereceli metamorfik birimler, mermer, kalkıştı 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. lik bir radyometrik yaş vermektedir. Kimi granodioritlerin granat ve siUmanit kapsamaları ve ancak gnays ve metavolkanitlerle dokanak yapmaları, sokulumların kimi yörelerde (Çine ve Ödemiş Asmasıları) çok derinde kaldığını göstermektedir. Sokulumların Masifi kalbur gibi her yörede delmeleri, Menderes Masifi'nin altında devasa bir granitik-granodioritik kütlelerin varlığına işaret etmektedir.

Orta Miyosen'den sonra tüm 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 kütleye dönüşmüş 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<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 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



- Dürr, S., 1975\* Über alter und geotektonische Stellung des Menderes-Kristallins/SW-Anatolian und seine aequivalente in der mittleren Aegaeis: Habilitation thesis, 107 pp. University of Marburg,
- Erdoğan, B., Dora, O.CX, 1983, Bitlis Masifi apatitli demir yataklarının jeolojisi ve oluşumu: Türkiye Jeol. Kur. Bült., 26, 133-144,
- Gass, LG., 1982, Upper Proterozoie (Pan-African) Calc-alkaline magmatism in north-eastern Africa and Arabia: In *Andésites* edited by R,S, Thorpe, John Wüey 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: ultramafik 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-Varisean 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) DJE.Ü, Fen Bil Ens, 124 s.
- Kun, R, Dora, Q.Ö., 1984. Menderes Masifi'nde metavolkanitler (leptitler), TJ.K. 38. Bilimsel ve Teknik Kurultayı Bildiri Özetleri. Ankara, s. 131432,
- Kun, N., Candan, O., 1987 a. Ödemiş Asması'nın jeolojik leptitlerin dağılımı, konumları ve oluşum koşulları, TBAG-688 nolu proje, 133 s,
- Kun, N., Candan, O., 1987 b. Menderes Masifi'ndeki erken paleozoik yaşlı bazik damar kayaları, H.Ü, Yer Bil Derg. c, 14.
- Kum 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, R, Dora, O., Tuzcu, N., Candan, O., 1988 b, Menderes Masifi'ndeki postmetamorfik gabro stoklarının petrolojisi: Akdeniz Üniv, İsparta Müh, Mim, Fak. Derg, 4, 304-324,
- Kunst, H,R, kreuzer, H., 1982, Isotopie dating of Pre-Alpidic rocks from the island of los (Cyclades, Greece): *Contrib. Mineral Pertol*, 80, 245-253.
- Pearce, J.A., Cann, J.R., 1973. Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analysis: *Earth and Planet, Sei, Lett*, 19, 250^300,
- Okay, A., 1985, Kuzeybatı Anadolu'da yeralan metamorfik kuşaklar: TJ.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.
- Schulung, R.D., 1958. Menderes Masifi'ne ait bir gözlü gnays üzerinde zirkon etüdü: *Maden Tetkik Arama Derg*. 51, 38-41.
- Schulung, R.D., 1962, Türkiye'nin GB'sındaki Menderes Migmatit Kompleksinin petrolojisi» yaşı ve yapısı hakkında: *Maden Tetkik Arama Derg*, 58, 71-84.
- Schuilung, R.D., 1973. Active role of continents in tectonic evolution, geothennal modals: In: De jong, K.A. and R, Schölten (Eds): *Gravity and Tectonics*, New York, 37-47.
- Şengör, A.M.C., 1980, Türkiye'nin neotektoniğinin esasları: *Türk, Jeol. Kur. Konf. Ser.* % 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*,