

# Kuzeybatı Anadolu'da Yer Alan Metamorfik Kuşaklar

Metamorphic Belts in Northwest Anatolia

ARAL I. OKAY İTÜ, Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Teşvikiye - İstanbul

**ÖZ:** Kuzeybatı Anadolu'da farklı zamanlarda gelişmiş, değişik tipte metamorfik kuşaklar yer almaktadır. Kuzeyde, Pontidlerdeki Karakaya metamorfitleri, yaşı bilinen en eski metamorfik kuşağı teşkil eder. Büyük bir bölümü bazik volkanik kayalardan oluşan ve Kuzeybatı Anadolu'da geniş bir yayılıma sahip olan bu kuşak, Triyas sırasında metamorfizmaya uğramıştır; Liyas ve yer yer de Orta-Üst Triyas çökelleri metamorfik kayalar üzerinde transgressif olarak durur. Metamorfizma, orta basınç Barroviyen tipindedir; sahada izogradlar çizilmiş olup saptanan en yüksek derecedeki parajenez, metabazik kayalarda görülen «granat - hornblend - albit»tir. Sodic amfibol yer yer, daha düşük dereceli metamorfizma gösteren metabazik kayalarda görülür.

Karakaya metamorfitlerinin güneyinde, Pontidleri Toridlerden ayıran kenet kuşağı boyunca ve peridotit kütlelerinin altında metabazit, metaçört, mermer ve fillitlerden oluşan bir yüksek basınç/düşük sıcaklık kuşağı yer alır. Bu kuşak içerisindeki metabazitlerde «glokofan - lavsonit», «lavsonit - sodik piroksen - klorit» parajenezleri yaygın olarak bulunur, ve ayrıca ekojİtler tasvir edilmiştir. Yüksek basınç/düşük sıcaklık metamorfizması Kretase sırasında, muhtemelen Turoniyen-Alt Senonyen'de meydana gelmiştir. Paleosen-Eosen çökelleri bu metamorfik kayalar üzerinde yer yer transgressiftir.

**SİG:** Yüksek basınç/düşük sıcaklık kuşağıının güneyinde ise Üst Paleozoyik - Üst Kretase arası metaçökellerini kapsayan Afyon metamorfitleri yer alır. Afyon metamorfitleri, platform tipi kıritaklı ve karbonat çökellerinden oluşmuştur. Metamorfizma yaşı muhtemelen Geç Kretase ve daha sonrasıdır. Yeşilşist fasyesindeki düşük dereceli metamorfizma istifte yukarı doğru cıktıdıkça azalır. Bu üç önemli metamorfik kuşak dışında, Kuzeybatı Anadolu'da gnays, amfibolit ve mermerlerden oluşmuş Uludağ Masifi yer alır. Metamorfizma yaşı bilinmeyen bu Masif, Karakaya metamorfitlerinin altından bir tektonik pencere olarak yüzeylemektedir.

**ABSTRACT:** Metamorphic belts of distinctive character and various ages are found in Northwest Turkey. In the north, Karakaya metamorphic rocks of the Pontides constitute the oldest known metamorphic belt; the major rock type is metabasite, and the age of metamorphism is Triassic; Liassic and locally Middle - Up-

per Triassic sediments are transgressive over the Karakaya metamorphic rocks. Metamorphism is medium pressure Barrovian type; isograds have been drawn in the field, and the highest grade paragenesis observed in the metabasic rocks is «garnet - hornblende - albite». Sodic amphibole is locally observed in low grade metabasites. South of the Karakaya metamorphic belt and south of the suture separating Pontides from the Taurides, are the high pressure/low temperature (HP/LT) metamorphic rocks comprising metabasite, metachert, marble and phyllite. «Glaucophane - lawsonite» and «lawsonite - sodic pyroxene - chlorite» paragenesis are widespread in the metabasites. The age of HP/LT metamorphism is Cretaceous, probably Turonian to Lower Senonian. Paleocene and Eocene sediments are transgressive over the HP/LT metamorphic rocks.

South of the HP/LT metamorphic belt are the Afyon metamorphic rocks comprising metasediments of Upper Palaeozoic - Mesozoic age. They consist of platform type clastic and carbonate sediments, which have undergone greenschist facies metamorphism; the grade of metamorphism decreases upwards in the sequence. The age of greenschist facies metamorphism is probably Uppermost Cretaceous or later. Apart from these three major belts, there is the Uludağ Massif of high-grade gneisses, amphibolites and marbles. It outcrops as a tectonic window underneath the Karakaya metamorphic rocks.

## GİRİŞ

Yakınsıyan litosfer sınırlarında gelişen orojenez olayının önemli bir parçası bölgesel (regional) metamorfizmadır. Değişik bölgesel metamorfizma tiplerinin ve bunların jeolojik yayılımlarının ortaya konması, orojenik kuşakların gelişimine neden olan olayların anlaşılmasıında yararlı olacaktır. Büyük bir bölümle Alpin orojenik kuşak içerisinde yer alan Türkiye'de bu orojenez, kuzeye Pontidlerle temsil edilen Lavrasya kitasının güneyde Torid ve Anatolidlerle (Ketin, 1966) temsil edilen Gondwanaland kitasıyla Kretase ve Tersiyer'de çarşımı sonucu meydana gelmiştir. Toridlerin kuzeye doğru metamorfik uzantısı olan Anatolidler, Mesozoik ve Paleozoik sırasında Toridlerle beraber Gondwanaland kitasının kuzey kenarında Anatolid-Torid platformu (Şengör,

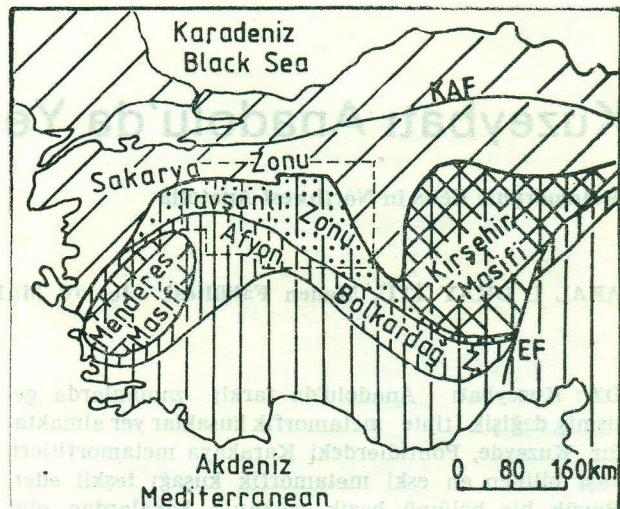
1979) diye isimlendirilen sıç denizel bir platform oluşturmaktaydı. Alpin orojenezi sırasında bu platform naplar halinde parçalanmış ve kuzey kısımları metamorfizmaya uğramıştır.

Pontidleri, Anatolid-Toridlerden ayıran Tetis okyanusu bugün bu iki kıtayı kenetleyen İzmir - Erzincan kenet çizgisi ve Anatolid ve Toridler üzerinde yaygın olarak bulunan ofiyolitler ile temsil edilmektedir. Kuzeybatı Anadolu, Pontidlerin güney ve Anatolidlerin kuzey kesimini, ve bu iki kıta arasındaki okyanusu temsil eden ofiyolitleri kapsar.

## GENEL JEOLOJİ KONUMU

Kuzeybatı Anadolu'da Pontid ve Anatolidere ait üç tektonik zon yer alır (Şekil 1). Kuzeyde Pontid'lere dahil olan Sakarya Zonu (Okay, 1984 a) bulunur. Sakarya Zonu yaklaşık olarak Brinkmann (1966)'ın «Mysisch-Galatische Scholle», İzdard (1975)'in «Kuzeybatı Anadolu Eşiği», Bergougnan ve Fourquin (1980)'in «İç Pontidler» ve Şengör ve Yılmaz (1981)'in «Sakarya Kıtası»na karşılık gelir. Bu Zonun özelliği Permotriyas yaşlı kayaların metamorfizma ve deformasyona uğramış olması ve genellikle Liyas ile başlayan sedimentler bir istifin bu metamorfik temel üzerine transgressif olarak gelmesidir. Bu bakımından Sakarya Zonunun stratigrafisi, yine Pontidlerin bir parçası olan fakat Paleozoyik yaşlı sedimentler kayaların yaygın olarak bulunduğu İstanbul - Zonguldak arasındaki bölgenin stratigrafisinden önemli farklılık sunar. Sakarya Zonunun temelini oluşturan metamorfitler Karakaya Formasyonu (Bingöl ve diğerleri, 1975) veya Karakaya Kompleksi diye adlandırılan, kuvvetli bir deformasyon ve metamorfizma geçirmiş, bazik volkanit, grovak ve kireçtaşlarından oluşan kalın bir istif oluşturur. Bu istifin Kuzeybatı Anadolu'da, Pontidleri Anatolidlerden ayıran kenet çizgisinin kuzeyinde geniş bir yayılımı vardır (Şekil 2). Karakaya Kompleksinin altından Uludağ ve Kazdağ yükseltimlerinde tektonik pencereler halinde gnays ve amfibolitler yüzeyler. Bu yüksek dereceli metamorfik kayalar Pontidlerdeki ikinci metamorfik birimi teşkil eder.

Kuzeybatı Anadolu'da, Pontidleri Anatolidlerden ayıran İzmir-Erzincan kenet çizgisinin hemen güneyinde yüksek basınç/düşük sıcaklık metamorfizması (YB/DS) geçirmiş kalın bir volvano-sedimentler istif, ve bu istifin üzerinde tektonik olarak yer alan ofiyolitler bulunur. Yazar tarafından Tavşanlı Zonu diye adlandırılan ve geniş bir yayılımı olan bu volvano-sedimentler istif (Şekil 2), Anatolidlerin en kuzeydeki metamorfik kuşağını teşkil eder. Tavşanlı Zonu günde doğru Afyon Zonu diye adlandırılan (Okay, 1984 a) yeşilşist fasiyesinde metamorfizma geçirmiş kalın bir sedimentler istif üzerine itilmiştir (Şekil 3). Kuzeybatı Anadolu'da yer alan bu üç büyük metamorfik kuşak - Karakaya Kompleksi, Tavşanlı ve Afyon zonları - ve bunlarla yakın ilişkili görülen Uludağ Metamorfitleri ve ofiyolitler aşağıda kısaca tanımlanacaktır.



### PONTİDLER (PONTIDES)

#### ANATOLİDLER (ANATOLIDES)

mavjışt fasiyesi  
(blueschist facies)

yeşilşist fasiyesi  
(greenschist facies)

yüksek dereceli metamorfizma  
(high-grade metamorphism)

### TORİDLER (TAURIDES)

kenet çizgisi (suture)

zon sınırı (zone boundary)

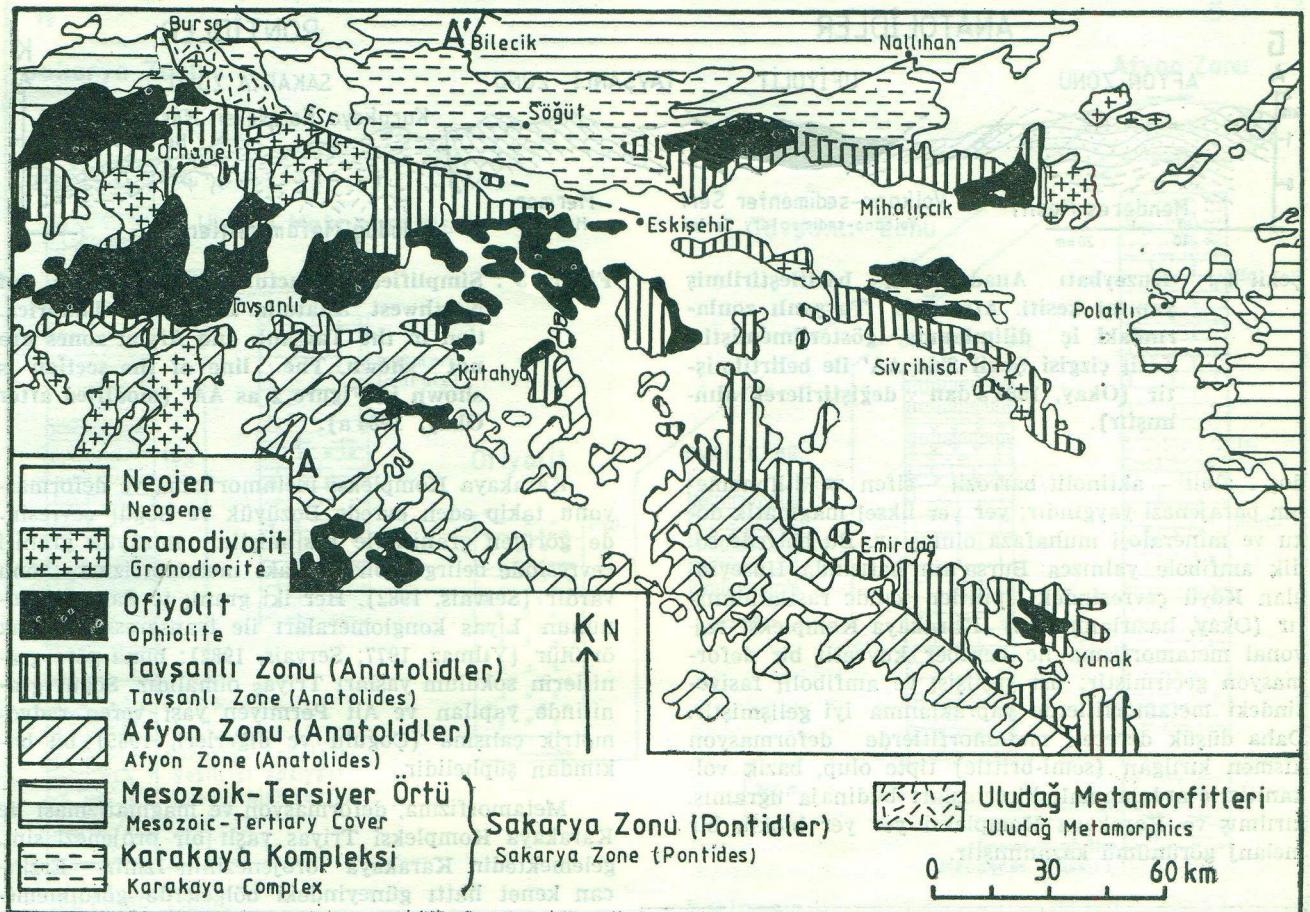
Şekil 1 : Batı ve İç Anadolu'nun tektonik birlikleri; yalnızca Anatolid zonları ayrıntı edilmiştir. Şekil 2'deki bölge kesikli çizgilerle gösterilmiştir. KAF, Kuzey Anadolu Fayı; EF, Ecemis Fayı.

Figure 1 : Tectonic units of Western and Central Anatolia; only the Anatolide zones are differentiated. Area of Figure 2 is indicated by dashed lines. KAF, North Anatolian Fault; EF, Ecemis Fault.

## KARAKAYA KOMPLEKSİ

Pontidlerde geniş yayılmış olan, başlıca bazik volvanit, kireçtaşları ve grovaktan oluşan, Triyas sırasında metamorfizma ve deformasyona uğramış birime Karakaya Kompleksi adı verilmiştir. Karakaya Kompleksi batıda Edremit'ten (Bingöl ve diğerleri, 1975), Ankara'ya (Erol, 1956; Özkaya, 1981), Tokat (Özcan ve diğerleri, 1980) ve Ağvanı (Okay, 1984 b) masiflerine kadar uzanır (Tekeli, 1981). Kuzeybatı Anadolu'da Karakaya Kompleksi Bursa çevresinden Nallıhan'a kadar 200 km uzunluğunda, 20 km genişliğinde bir kuşak oluşturur (Şekil 2). Bu bölgede Karakaya Kompleksinin büyük bir bölümü bazik

## KUZEYBATI ANADOLU'DA METAMORFİK KUŞAKLAR



**Şekil 2 :** Kuzyebati Anadolu'nun jeotektonik haritası. ESF, Eskişehir Fayı (Okay, 1984 a' dan değiştirilerek alınmıştır).

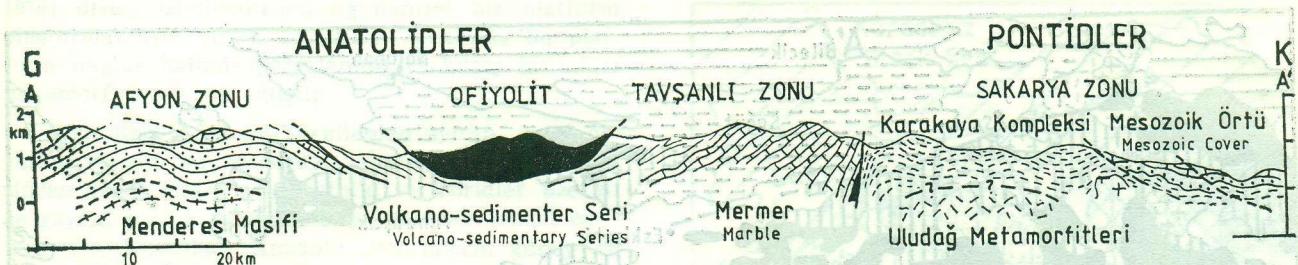
volkanitlerden oluşmuştur. Genellikle piroklastikler olarak görülen bazik volkanitlerin yanı sıra, bunlarla ardalanmamış olarak kireçtaşları, grovaklar, şeyller, kireçtaşı olistolitleri, az miktarda çört ve ufak serpentinit küteleri bulunur (Yılmaz, 1977, 1981; Ayaroglu, 1979).

Karakaya Kompleksi içerisinde bulunan bazik volkanitlerle ardalanmamış kireçtaşlarında Söğüt ve Bursa çevresinde Üst Permilen (Sungur, 1973; Ketin, 1947), Ankara kuzyeyinde Alt Triyas (Akyürek ve diğerleri, 1979) yaşıları veren fosiller tespit edilmiştir. Biga yarımadasında (Bingöl ve diğerleri, 1975), Bozüyüük (Servais, 1981) ve Söğüt çevresinde Karakaya Kompleksinin metamorfik kayalarını uyumsuzlukla ve transgressif olarak Orta-Üst Triyas ve Liyas çökelleri örter. Şu halde Karakaya Kompleksi, Üst Permilen ve Alt Triyas'ta çökelmesini takiben Triyas içerisinde metamorfizmeye uğramıştır (Tekeli, 1981). Liyas'ta satha yükselserek önemli ölçüde aşınmış ve Sakarya Zonunun Liyas ile başlıyan ve Paleosen'e kadar kesiksiz devam eden çökel istifile transgressif

**Figure 2 :** Geotectonic map of Northwest Anatolia. ESF, Eskişehir Fault (modified after Okay, 1984 a).

olarak örtülüdür (Şekil 4, Altınlı, 1975; Saner, 1980).

Karakaya Kompleksinin metamorfizması yüksek basınç yeşilist fasiyesindedir. Yılmaz (1977) Söğüt çevresinde Karakaya Kompleksi içerisinde spilitlerin tedrici olarak granatlı amfibolitlere geçişini gösteren dört metamorfik zon ayırtlamıştır (Çizelge 1). Çizelge 1'de görüldüğü gibi, plajiyoklasın dört metamorfik zonda da albit bileşiminde oluşu, amfibolitlerde hornblendeden ziyade sodyumca zengin olan barrozinin bulunumu (Leake, 1978 sınıflamasına göre), yüksek basınç metamorfizmasını simgeleyen sodik amfibolun bazı metabazit ve metaçörtlerde bulunumu, bu bölgede Karakaya Karmaşığının metamorfizmasının orta basınç veya Barrovien tipinde olduğunu gösterir (Yılmaz, 1977, 1979; Miyashiro, 1961, 1973). Bursa'nın batısında Nilüfer Çayı boyunca, Bursa'nın doğusunda İnegöl-Pazaryeri çevresinde yapılan çalışmalar bu bölgelerde de Karakaya Kompleksinin yeşilist fasiyesinde metamorfizmeye uğradığını göstermiştir; bazik volkanitlerde klorit - epi-



**Şekil 3 :** Kuzeybatı Anadolu'nun basitleştirilmiş yapısal kesiti. Afyon ve Tavşanlı zonlarındaki iç dilimlenme gösterilmemiştir. Kesit çizgisi Şekil 2'de AA' ile belirtilmiştir (Okay, 1984 a'dan değiştirilerek alınmıştır).

dot - albit - aktinolit/barrozoit - sifen  $\mp$  stilpnomelan parajenezi yaygındır; yer yer ilksel magmatik doku ve mineraloji muhafaza olmuştur. Bu bölgede sondak amfibole yalnızca Bursa'nın batısında Hüseyinalan Köyü çevresindeki spilitler içinde rastlanılmıştır (Okay, hazırlanmaktadır). Karakaya Kompleksi regional metamorfizma ile beraber kuvvetli bir deformasyon geçirmiştir; üst yeşilist ve amfibolit fasyesindeki metamorfitlerde yapraklanma iyi gelişmiştir. Daha düşük dereceli metamorfitlerde deformasyon kısmen kırılgan (semi-brittle) tipte olup, bazık volkanitlerle ardalanmamış kireçtaşları budinaja uğramış, kırılmış ve Karakaya Kompleksi yer yer blokları bir melanj görünümü kazanmıştır.

son mineral	zon 1	zon 2	zon 3	zon 4
kalsik amfibol	aktinolit		barrozoit/hornblend	
sodik amfibol				
epidot				
klorit				
albit				
kuvaro				
beyaz mika				
granat				
stilpnomelan				
kalsit				
sifen				

**Çizelge 1 :** Karakaya Kompleksinin Söğüt çevresindeki metabazitlerinde metamorfik zonlar ve mineraller; çift çizgiler ana mineralerleri, tek çizgiler tali mineralerleri, kesikli çizgiler ise yer yer bulunan mineralerleri gösterir (Yılmaz, 1979'dan).

**Table 1 :** Metamorphic zones and minerals in the metabasites of the Karakaya Complex around the town of Söğüt; double lines, major mineral; single lines, minor mineral; dashed lines, sporadic occurrence (after Yılmaz, 1979).

**Figure 3 :** Simplified structural cross-section of Northwest Anatolia. The internal imbrication in the Tavşanlı and Afyon zones are not shown. The line of the section is shown in Figure 2 as AA' (modified after Okay, 1984 a).

Karakaya Kompleksi metamorfizma ve deformasyonu takip eden evrede Bozüyüük ve Söğüt çevresinde görülen granitlerle kesilmiştir. Bozüyüük graniti çevresinde belirgin bir kontakt metamorfizma zonu vardır (Servais, 1982). Her iki granit te Sakarya Zonunun Liyas konglomeralleri ile transgressif olarak örtülür (Yılmaz, 1977; Servais, 1982); buna göre granitlerin sokulum yaşları Triyas olmalıdır. Söğüt granitinde yapılan ve Alt Permiyen yaşı veren radyometrik çalışma (Coğulu ve diğerleri, 1965) bu bakımdan şüphelidir.

Metamorfizma, deformasyon ve magmatizması ile Karakaya Kompleksi Triyas yaşı bir orojenezi simgelemektedir. Karakaya orojenezinin İzmir - Erzincan kenet hattı güneyindeki bölgelerde görülmemesi, Pontidlerin Triyas ve belki de daha öncesinden beri Anatolid - Toridlerden ayrı bir jeolojik evrim geçirdiğinin en güzel ifadesidir.

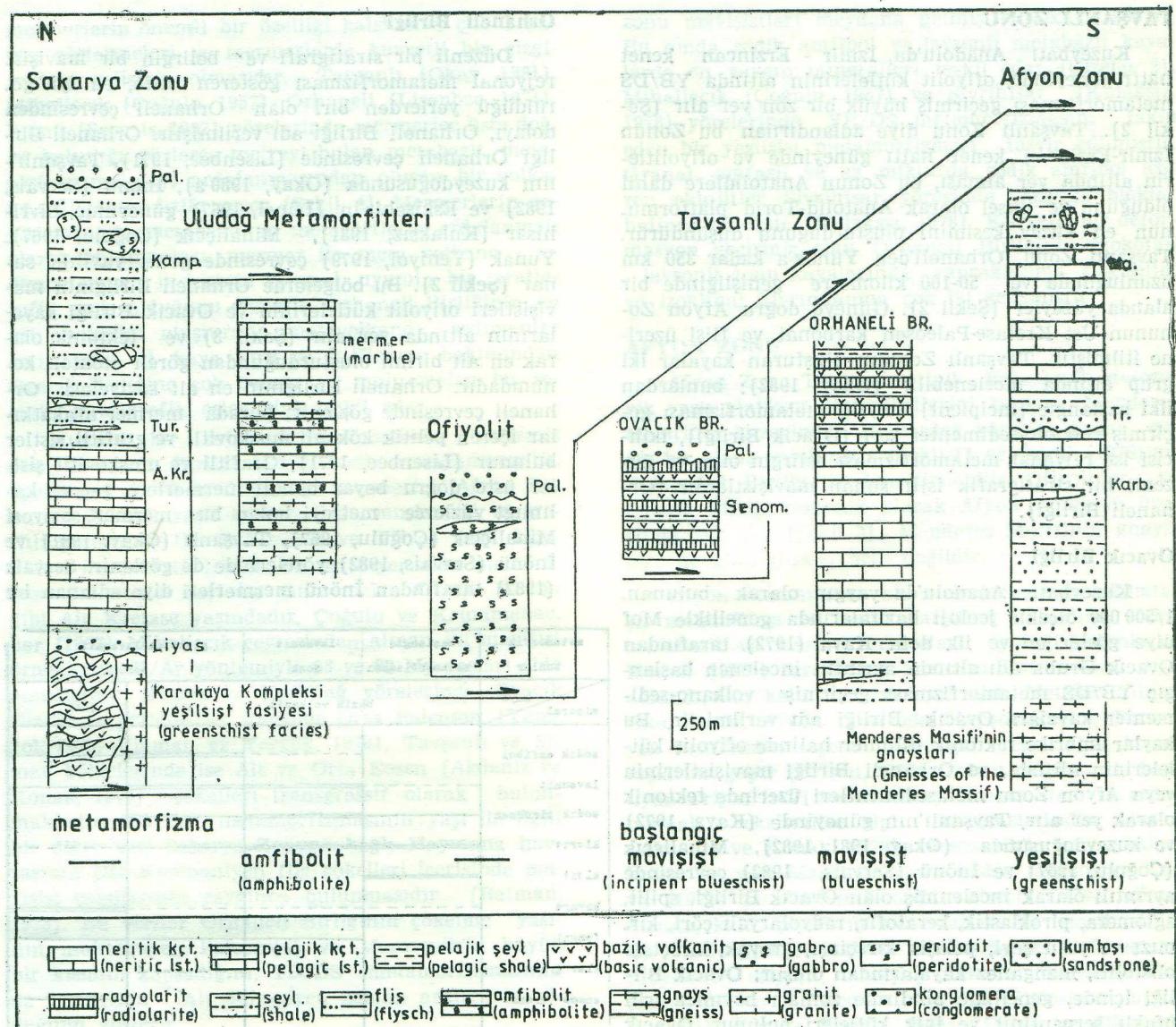
### ULUDAĞ METAMORFİTLERİ

Bursa'nın güneyindeki Uludağ yükseliminde Karakaya Kompleksini oluşturan düşük dereceli yeşilist fasyesinde metamorfizma geçirmiş spilit, kireçtaşı ve şeyllerin altından bir tektonik pencere halinde mermer, gnays ve amfibolitlerden olmuş yüksek dereceli bir metamorfik seri açığa çıkar (Ketin, 1947). Uludağ metamorfitleri alta gnays ve amfibolit ardalanmasından, üstte ise kalın mermerlerden oluşur (Şekil 4). Üzerinde ayrıntılı petrografik çalışmalar yapılmamış olan Uludağ metamorfitlerinin çökelleme ve metamorfizma yaşı hakkında da yeterli jeolojik veri yoktur. Uludağ metamorfitleri genellikle Oligosen yaşları veren bir granodiyorit tarafından kesilmiştir (Bürküt, 1966; Öztunalı, 1973; Bingöl ve diğerleri, 1982).

### OFİYOLİT

Pontidleri Anatolidlerden ayıran Tetis Okyanusunun kalıntıları büyük ofiyolit küteleri halinde İzmir - Erzincan kenet hattının güneyinde yer alır. Kuzeybatı Anadolu'da bulunan ofiyolitler, Penrose Konferansı (1973) tanımlanan ofiyolit kavramından farklıdır. Büyük bir bölümü ( $> 90\%$ ) harzburgit ve

## KUZEYBATI ANADOLU'DA METAMORFİK KUŞAKLAR



**Sekil 4 :** Kuzeybatı Anadolu'daki tektonik zonların sintetik stratigrafi kesitleri. BR, birliği; Karb., Karbonifer; Tr., Triassic; Senom., Senomaniyen; A. Kr., Alt Kretase; Tur., Turoniyen; Kamp., Kampaniyen; Ma., Maastrichtyen; Pal., Paleosen (Saner, 1980; Yılmaz, 1981; Kettin, 1947; Lisenbee, 1971; Okay, 1980 a, 1982; Akdeniz ve Konak, 1979'dan faydalananarak çizilmiştir).

dunit tipi peridotitlerden oluşur (Çoğulu, 1967; Lisenbee, 1971; Okay, 1980 c). Gabro, ofiyolit kütelerinin çok ufak bir bölümünü oluşturur ( $<5\%$ ) ve bilesimsel bandlaşma gösteren genellikle birkaç yüz metrelük ufak küteler halinde bulunur (Lisenbee, 1971; Uz, 1978; Tankut, 1980). Yanal devamlılığı olmayan seyrek mikrogabro daykları peridotitleri keser. Mikrogabro daykları iyi taneli oluşları ve seyrek

**Figure 4 :** Synthetic stratigraphic sections of the tectonic zones of Northwest Anatolia. BR, unit; Karb., Carboniferous; Tr., Triassic; Senom., Cenomanian; A. Kr., Lower Cretaceous; Tur., Turonian; Kamp., Campanian; Ma., Maastrichtian; Pal., Paleocene (mainly after Saner, 180; Yılmaz, 1981; Kettin, 1947; Lisenbee, 1971; Okay, 1980 a, 1982; Akdeniz and Konak, 1979). Bulunmalar ile «tipik ofiyolitlerde görülen levha dayk komplekslerinden (sheeted dyke complex) farklılık arz eder. Gabroların «piroksen - olivin - plajiyoklas»tan, daykların ise «albit - hornblend - pumppellit»ten oluşan mineralojileri (Lisenbee, 1971; Okay, 1982), ofiyolitlerin YB/DS metamorfizması geçirmeyenlerini gösterir.

## TAVŞANLI ZONU

Kuzeybatı Anadolu'da, İzmir - Erzincan kenet hattı güneyinde, ofiyolit kütelerinin altında YB/DS metamorfizması geçirmiş büyük bir zon yer alır (Şekil 2). Tavşanlı Zonu diye adlandırılan bu Zonun İzmir-Erzincan kenet hattı güneyinde ve ofiyolitlerin altında yer olması, bu Zonun Anatolidlere dahil olduğunu ve ilksel olarak Anatolid-Torid platformunun en kuzey kesimini oluşturduğunu düşündürür. Tavşanlı Zonu, Orhaneli'den Yunak'a kadar 350 km uzunluğunda ve 50-100 kilometre genişliğinde bir alanda yüzeysel (Şekil 2). Güneye doğru Afyon Zonunun Üst Kretase-Paleosen karbonat ve flişi üzerinde itilmiştir. Tavşanlı Zonunu oluşturan kayalar iki grup altında incelenebilir (Okay, 1982): bunlardan ilki başlangıç (incipient) YB/DS metamorfizması geçirmiş volkano-sedimentler seri (Ovacık Birliği), ikinci ise reyjonal metamorfizması belirgin olan ve düzenli bir stratigrafik istif sunan mavişistlerdir (Orhaneli Birliği).

### Ovacık Birliği

Kuzeybatı Anadolu'da yaygın olarak bulunan, 1/500 000 ölçekli jeoloji haritalarında genellikle Mof diye gösterilen ve ilk defa Kaya (1972) tarafından Ovacık Grubu adı altında ayrıntılı incelenen başlangıç YB/DS metamorfizması geçirmiş volkano-sedimentler kayalara Ovacık Birliği adı verilmiştir. Bu kayalar imbrike tektonik dilimler halinde ofiyolit kütelerinin altında, ve Orhaneli Birliği mavişistlerinin veya Afyon Zonu metasedimentleri üzerinde tektonik olarak yer alır. Tavşanlı'nın güneyinde (Kaya, 1972) ve kuzeydoğusunda (Okay, 1981, 1982), Mihaliçcik (Çoğulu, 1967) ve İnönü (Servais, 1982) çevresinde ayrıntılı olarak incelenmiş olan Ovacık Birliği, spilit, aglomera, piroklastik, keratofir, radyolaryalı çört, kırmızı ve yeşil şeyl, pelajik kireçtaşları, grovak, kireçtaşlı olistoliti, manganez kayalarından oluşur; Ovacık Birliği içinde, genellikle bindirme zonları boyunca irili ufaklı serpantinit ve talk küteleri bulunur. Ovacık Birliği kayalarının çökelme yaşı ile ilgili veriler sınırlıdır; Gediz doğusunda (Akdeniz ve Konak, 1979) ve Murat Dağı çevresinde (Bingöl, 1977) muhtemelen bu bırığa dahil pelajik kireçtaşlarında Senomaniyen yaşı fosiller bulunmuştur. Servais (1982) İnönü kuzyeyinde Ovacık Birliği içindeki radyolaryalı çortlerde muhtemel Üst Jurasik - Alt Kretase yaşasını gösteren radyolaryaların varlığını belirtir.

Sahada hiçbir metamorfizma emaresi göstermeyen bu volkano-sedimentler kompleksin kayaları ve özellikle bazik volkanitler içinde lavsonit, aragonit, sodik piroksen gibi tipik YB/DS mineralerini damarlarda ve amigdoyerde gelişmiştir (Okay, 1981, 1982). Pelajik kireçtaşları metamorfizma sonucu aragonit mermelerine dönüşmüştür. Bu başlangıç YB/DS metamorfizması ile birlikte geniş ölçekte bir sodyum metasomatizması meydana gelmiştir. Başlangıç metamorfizması koşullarının 5-8 kbar basınç, 250 - 300°C sıcaklık olduğu söylenebilir (Okay, 1982).

### Orhaneli Birliği

Düzenli bir stratigrafi ve belirgin bir mavişist reyjonal metamorfizması gösteren istife, en iyi görüldüğü yerlerden biri olan Orhaneli çevresinden dolayı, Orhaneli Birliği adı verilmiştir. Orhaneli Birliği Orhaneli çevresinde (Lisenbee, 1971), Tavşanlı'nın kuzeydoğusunda (Okay, 1980 a), İnönü (Servais, 1982) ve Eskişehir'in (Lünel, 1967) güneyinde, Sivrihisar (Kulaksız, 1981), Mihaliçcik (Çoğulu, 1967), Yunak (Yeniyol, 1979) çevresinde geniş yayılmış suhar (Şekil 2). Bu bölgelerde Orhaneli Birliğinin mavişistleri ofiyolit kütelerinin ve Ovacık Birliği kayalarının altında yer alır (Şekil 3) ve tektonik olarak en alt birimi oluşturduğundan görelî otokton konumdadır. Orhaneli Birliğinin en alt seviyeleri Orhaneli çevresinde gözlenir; burada mermer arakatkılar içeren pelitik kökenli muskovitli ve grafitli sistler bulunur (Lisenbee, 1971). Grafitli ve muskovitli sistemler üstte doğru beyaz bandlı mermerlere geçer; kalınlığı yüzlerce metreyi bulan bu mermer seviyesi Mihaliçcik (Çoğulu, 1967), Tavşanlı (Okay, 1981) ve İnönü (Servais, 1982) yörelerinde de gözlenir. Servais (1982) tarafından İnönü mermerleri diye adlanan bu

metamorfik zonlar	başlangıç metamorfizması	lavsonit zonu	gleofan-lavsonit zonu
		bazik volkanit	gört
kaya mineral			
sodik amfibol			
lavsonit			
sodik piroksen			
klorit			
alunit			
kuvarz			
fengit			
alma granit			
spesial granit			
pumta			
ep-tio			
erzen			
manyetit			
nematis			
aragonit			
artık ejit			

Çizelge 2 : Tavşanlı Zonu içinde yer alan Tavşanlı bölgesindeki değişik mavişist zonlarında gözlenen mineraller; çift çizgiler ana mineraler (20 %), tek çizgiler tali mineraler, kesikli çizgiler ise yer yer bulunan mineralerini gösterir (Okay, 1984 a'dan)

Table 2 : Minerals and metamorphic zones in the Tavşanlı Zone around the town of Tavşanlı; double lines, major mineral; single lines, minor mineral; dashed lines, sporadic occurrence (after Okay, 1984 a).

mermerlerin önemli bir özelliği kalsitlerin çubuk yapısı gösterneleri ve mermerlerde kuvvetli bir çizgilişin gelişmiş olmasıdır. Tavşanlı (Okay, 1981), Mihalıçık (Çoğulu, 1967), Orhaneli (Lisenbee, 1971), İnönü (Servais, 1982) yörelerinde mermerler üstte doğru kalınlığı yüzlerce metreyi bulan metabazit, metaçört ve metaşeyl ardalanmasından oluşan bir volkano-sedimenter istife geçer (Şekil, 4). Mermerlerin, geçiş zonunda metabazit ve metaçörtlerle ardalanmalı olarak bulunmaları, mermer ile meta volkano - sedimenter seri ilişkisinin normal, uyumlu bir stratigrafik geçiş olduğunu gösterir. Orhaneli Birliği'nin en üst seviyesini oluşturan metavulkano - sedimenter seri (Şekil 4) kaya türü ve istiflenme bakımından Ovacık Bölgesine çok benzer ve muhtemelen bu serinin stratigrafik eşlenegini teşkil eder.

Kuvvetli bir reyonal metamorfizma geçirmiş olan Orhaneli Birliği içinde fosile rastlanmamıştır. Spekulatif olarak istif içindeki mermerler, Afyon Zonunun Jurasik yaşı karbonatları, muskovitli ve grafittli sistler ise Üst Paleozoyik ve Triyas yaşı klastikleri ile deneştirilebilir. En üstte yer alan metavulkano-sedimenter seri ise muhtemelen Ovacık Bölgesi gibi Alt Kretase yaşıdadır. Çoğulu ve Krummenacher (1967) Mihalıçık çevresinden alınan iki mavişist örneğinden K/Ar yöntemiyle 65 ve 82 My yaşıları elde etmişlerdir. Yunak ve Emirdağ yörelerinde Ovacık Bölgesi ve peridotitler üzerinde Orta Paleosen (Yeniyol, 1979; Uzman ve Yergök, 1979), Tavşanlı ve Sınav bölgelerinde ise Alt ve Orta Eosen (Akdeniz ve Konak, 1979) çökelleri transgressif olarak bulunmaktadır. YB/DS metamorfizmasının yaşı ile ilgili bir diğer veri Sakarya Zonuna bağlı Haymana havzasının Üst Kampaniyen fliş çökelleri içerisinde mavişist çakıllarının yaygınca bulunmasıdır (Batman, 1978). Bu veriler Orhaneli Bölgesinin gökelme yaşıının muhtemelen Paleozoyik ve Mesozoyik'in büyük bir kısmını kapsadığını, YB/DS metamorfizmasının da Turonyen - Alt Senonyen zaman aralığında olduğunu gösterir.

YB/DS metamorfizması etkisini en iyi şekilde Orhaneli Bölgesi istifinin en üst seviyesini oluşturan metavulkano-sedimenter birim içerisinde belli eder. Bu birime ait örnekler üzerinde yapılan çalışmalar sonunda lavsonit, glokofan-lavsonit ve glokofan-epidot zonları ayrıt edilmiştir (Çoğulu, 1967; Okay, 1980 a, b). Tavşanlı bölgesinde metabazit ve metaçörtlerde gelişen değişik mineral toplulukları Çizelge 2'de gösterilmiştir. Kuzeybatı Anadolu YB/DS metamorfizmasının önemli bir özelliği, metamorfizmanın ilerleyen (progressive) tipte oluşudur. YB/DS metamorfizmasının ilk safhasında bazik volkanik kayalarda lavsonit - sodik piroksen - klorit parajenezi gelişmiştir; bu safhada magmatik doku korunmuş olup metamorfik mineraler genellikle magmatik mineralerle ornatılmış olarak bulunur (Çoğulu, 1967; Okay, 1980 b). Metamorfizmanın ikinci safhasında sodik piroksen ile klorit arasındaki bir reaksiyon sonucu sodik amfibol oluşmuş, kayalar sünük (ductile) bir şekilde deform olmuş ve glokofan-lavsonit

zonu mavişistleri meydana gelmiştir (Okay, 1980 b). Bu zonda sodik amfibol ve lavsonit metabazit kaya larda en yaygın mineraleri teskil eder (Çizelge 2). Mihalıçık (Çoğulu, 1967) ve Sivrihisar (Kulaksız, 1978) yörelerinde YB/DS metamorfizmasını takip eden bir yeşilşist metamorfizması tasvir edilmiştir. Granat, omfasisit ve az miktarda sodik amfibol içeren eklojiter Sivrihisar yöresinde ekzotik bloklar halinde bulunur (Kulaksız, 1978). Kuvvetli bir deformatıon geçirmiş olan Orhaneli Bölgesi'ndeki glokofan - lavsonit zonu kayalarında yapraklanması, çizgiselliğ ve izoklinal kıvrımlanma çok iyi gelişmiştir.

## AFYON ZONU

Afyon Zonu Torosların tipik Paleozoyik-Mesozoyik yaşı platform tipi çökellerini kapsar. Menderes Masifinin kuzeyinden Bolkardag yöresine kadar geniş bir alana yayılmıştır (Şekil 1) ve Özgül (1976)'ın Bolkardag Bölgesi ile deneştirilebilir. Ofiyolitler ve Ovacık Bölgesi tektonik olarak Afyon Zonunun üzerinde yer alır (Şekil 3); Menderes Masifinin gnaysları ile olan ilişkisi belli değildir.

Afyon Zonunun en alt seviyelerinde metakumtaşı, metamiltaşı ve metakuvarsitten oluşmuş, ender metabazit ve mermer seviyeleri içeren, Akdeniz ve Konak (1979) tarafından Sarıcasu Formasyonu diye adlandırılan kalın bir istif yer alır. Metakirintililar üstte doğru, Afyon civarında Karbonifer-Üst Permian fusulinidleri içeren, koyu gri rekristalize kireçtaşlarına geçer (Erişen, 1972). Taban çakıltası ile başlıyan Triyas istifi metakumtaşı, metamiltaşı ve ardalanmalı rekristalize alçı kireçtaşlarından oluşur (Akdeniz ve Konak, 1979). Mesozoyik'in geri kalan kısmı ise yaşı Maastrichtiyen'e kadar uzanan ve Kaya (1972) tarafından Budağan kireçtaşı diye adlandırılan, kalın platform karbonatları ile temsil edilir. Bu platform karbonatları üzerinde çeşitli kireçtaşları, radyolarit, ofiyolit, mavişist blokları kapsayan Üst Maastrichtiyen - Paleosen yaşı bir olistostrom bulunur (Akdeniz ve Konak, 1979; Özcan ve diğerleri, 1984). Bu olistostrom, ofiyolit ve mavişist biriminin Afyon Zonu üzerine yerleşmesini simgeler.

Afyon Zonu düşük yeşilşist fasıyesinde bir reyonal metamorfizma geçirmiştir. Metamorfizmanın şiddetini alttan üstte doğru azaltır. En alta yer alan metakirintililarda kuvars - albit - fengit - klorit - biyotit parajenezi gelişmiştir; üstteki karbonat istifi ise metamorfizmadan çok az etkilenmiştir.

## SONUÇLAR

Kuzeybatı Anadolu'da, Karakaya Kompleksi, Tavşanlı ve Afyon zonları olmak üzere üç büyük metamorfik kuşak ayırt edilmiştir. Kuzeyde Pontidlerdeki Karakaya Kompleksi Triyas sırasında bölgesel metamorfizmaya uğramıştır ve Alpin orojenezi ile doğrudan bir ilişkisi yoktur. Tüm Pontidlerde olduğu gibi, Kuzeybatı Anadolu'daki Sakarya Zonunda da Alpin orojenezi bölgesel metamorfizma meydana getirmemiştir. Buna karşın güneyde Anatolidlerde

Alpin orojenezi sırasında iki metamorfik kuşak oluşmuştur. Kuzeydeki Tavşanlı Zonu muhtemelen ilksel olarak Anatolid-Torid platformunun okyanusa bakın kuzey kenarında çökelmış, ve bu kıta kenarının Kretase sırasında dalgıç-batma zonuna girmesi sonucu YB/DS metamorfizmasına uğramıştır (Okay, 1984 a). Erkan (1981)'ın dikkat çektiği gibi Tavşanlı Zonunun doğusunda kordiyerit, sillimanit, vollarstonit gibi yüksek sıcaklık/düşük basınç mineraleri içeren (Ayan, 1963; Erkan, 1976; Seymen, 1981; Göncüoğlu, 1981) Kırşehir Masifinin düşük-orta basınç /yüksek sıcaklık metamorfitleri yer alır. Üst Kretase - Paleocene yaşı çok sayıda granitik kütelerle (Ayan, 1963; Ataman, 1972) kesilmiş olan Kırşehir metamorfitlerinin oluşumu, granitleri oluşturan kısmı ergime ve yüksek sıcaklık koşullarıyla ilişkisi olması gereklidir. Nitekim Ketin'in (1959)'da belirttiği gibi Kırşehir metamorfitlerinin Paleozoyik yaşı oldukça dair hiçbir jeolojik veri yoktur. Kırşehir Masifi metamorfitlerinde yapılan tek radyometrik çalışma Maastrichtyen yaşıını vermiştir (Erkan ve Ataman, 1981). Şu halde metamorfizma yaşı muhtemelen Kretase olan ve benzer yaşı granitlerle kesilmiş Kırşehir metamorfitleri, Tavşanlı Zonunun ofiyolitlerle ilişkili Kretase'de YB/DS metamorfizması geçirmiş kayalar ile Miyashiro (1961)'in modeline çok uyan bir eşli (paired) metamorfik kuşak oluşturur. Daha güneyde yer alan Afyon Zonunun metamorfizmasının ise ofiyolit küteleri altında çökken platformun alt kesimlerinin ısnaması sonucu olduğu spekulatif olarak söylenebilir.

## KATKI BELİRTME

Kuzeybatı Anadolu'nun jeolojisi üzerinde tartışığım ve fikirlerinden yararlandığım Cemal Göncüoğlu, Necdet Özgül, A.M. Celal Şengör, Okan Tekei ve Yücel Yılmaz'a, yazımı okuyup eleştiren Necdet Özgül'e teşekkür ederim.

## DEĞİNİLEN BELGELER

- Akdeniz, N. ve Konak, N., 1979, Simav, Emet, Tavşanlı, Dursunbey, Demirci, Kütahya dolaylarının jeolojisi: Maden Tetkik Arama Enst. Rap. 6547 (yayınlanmamış), Ankara.
- Akyürek, B., Bilginer, E., Dağer, Z. ve Sunu, O., 1979, Hacilar (Kuzey Çubuk - Ankara) bölgesinde Alt Triyasin varlığı: Türkiye Jeol. Kur. Bult., 22, 169-174.
- Altınlı, E., 1975, Orta Sakarya jeolojisi; Cumhuriyetin 50. Yılı Yerbilimleri Kongresi'nde: Maden Tetkik Arama Enst. Ankara, 159-191.
- Ataman, G., 1972, Ankara'nın güneydoğusundaki granitik - granodiyoritik kütelerden Cefalik Dağın radyometrik yaşı hakkında ön çalışma: Hacettepe Fen Müh. Bilimleri Dergisi, 2, 44-49.
- Ayan, M., 1963, Contribution à l'étude petrographique et géologique de la région située au

- Nord-Est de Kaman: Maden Tetkik Arama Enst. Yayınları, 155, 332 s.
- Ayaroğlu, H., 1979, Bozüyüklü metamorfitlerin petrolojik özellikleri: Türkiye Jeol. Kur. Bult., 22, 101-107.
- Batman, B., 1978, Haymana kuzeyinin jeolojik evrimi ve yöredeki melanjin incelenmesi 1: stratigrafi birimleri: Yerbilimleri, 4, 95-124.
- Bergougnan, H. ve Fourquin, C., 1980, Un ensemble d'éléments communs à une marge active alpine des Carpates méridionales à l'Iran central le domaine irano-balkanique: Bull. Soc. Geol. France, 12, 61-83.
- Bingöl, E., 1977, Muratdağı jeolojisi ve anakayaç birimlerinin petrolojisi: Türkiye Jeol. Kur. Bult., 20, 13-66.
- Bingöl, E., Akyürek, B. ve Korkmazer, B., 1975, Biga Yarımadasının jeolojisi ve Karakaya Formatyonunun bazı özellikleri; Cumhuriyetin 50. Yılı Yerbilimleri Kongresi'nde: Maden Tetkik Arama Enst. Ankara, 70-76.
- Bingöl, E., Delaloye, M. ve Ataman, G., 1982, Granitic intrusions in western Anatolia: a contribution to the geodynamic study of this area: Eclogae Geol. Helv., 75, 437-446.
- Brinkmann, R., 1966, Geotektonische Gliederung von Westanatolian: N. Jb. Geol. Palaont. Monatshefte, 10, 603-618.
- Bürköt, Y., 1966, Kuzeybatı Anadolu'da yer alan plütonların mukayeseli jenetik etüdü: İTÜ Maden Fakültesi, Doktora Tezi, İstanbul, 272 s.
- Çoğulu, E., 1967, Etude petrographique de la région de Mihalıççık: Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt., 47, 683-824.
- Çoğulu, E., Delaloye, M. ve Chessex, R., 1965, Sur l'âge de quelques roches plutoniques acides dans la région d'Eskişehir, Turquie: Arch. Sci. Geneve, 18, 101.
- Çoğulu, E. ve Krummenacher, D., 1967, Problèmes géochronométriques dans la partie N de l'Anatolie Centrale (Turquie): Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt., 47, 825-833.
- Erışen, B., 1972, Afyon - Heybeli (Kızılkilise) araştırma sahasının jeolojisi ve jeotermal enerji olanakları: Maden Tetkik Arama Enst. Rap. 5490 (yayınlanmamış), Ankara.
- Erkan, Y., 1976, Kırşehir çevresindeki reyonal metamorfik bölgelerde saptanılan isogradlar ve bunların petrolojik yorumlanması: Yerbilimleri, 2/1, 23-54.
- Erkan, Y., 1981, Orta Anadolu Masifinin metamorfizması üzerinde yapılmış çalışmalarında yapılan sonuçlar; İç Anadolu'nun Jeolojisi Simpozyumu'nda: Türkiye Jeol. Kur. Ankara, 9-11.
- Erkan, Y. ve Ataman, G., 1981, Orta Anadolu Masifi (Kırşehir yörensi) metamorfizma yaşı üzerine K-Ar yöntemi ile bir inceleme: Yerbilimleri, 8, 27-30.

- Erol, O., 1956, Ankara güneydoğusundaki Elmadağ ve çevresinin jeolojisi ve jeomorfolojisi üzerinde bir araştırma: Maden Tetkik Arama Ens. Yayınları D9.
- Göncüoğlu, C., 1981, Niğde Masifinin jeolojisi; İç Anadolu'nun Jeolojisi Simpozyumu'nda: Türkiye Jeol. Kur. Ankara, 16-19.
- İzdar, E., 1975, Batı Anadolu'nun jeotektonik gelişimi ve Ege denizi çevresine ait üniteleri ile karşlaştırılması: Ege Üniversitesi Müh. Bilim. Fak. yayınları No. 8.
- Kaya, O., 1972, Tavşanlı yöreni ofiyolit sorununun ana çizgileri: Türkiye Jeol. Kur. Bült., 15, 26-108.
- Ketin, İ., 1947, Uludağ Masifinin tektoniği hakkında: Türkiye Jeol. Kur. Bült., 1, 60-88.
- Ketin, İ., 1959, Über Alter und Art der kristallinen Gesteine und Erzlagerstätten in Zentral-Anatolien: Berg und Hüttenmannisches Monatshefte, 104, 163-169.
- Ketin, İ., 1966, Anadolunun tektonik birlikleri: Maden Tetkik Arama Ens. Dergisi, 66, 20-34.
- Kulaksız, S., 1978, Sivrihisar kuzeybatı yöreni eklogitleri: Yerbilimleri, 4, 89-94.
- Kulaksız, S., 1981, Sivrihisar kuzeybatı yöreninin jeolojisi: Yerbilimleri, 8, 103-124.
- Leake, B.E., 1978, Nomenclature of amphiboles: Amer. Mineral., 63, 1023-1052.
- Lisenbee, A., 1971, The Orhaneli ultramafic-gabbro thrust sheet and its surroundings: Campbell, A.S., ed., Geology and History of Turkey'de: Pet. Explor. Soc. Libya, Tripoli, 349-360.
- Lünel, T., 1967, Geology of Sübren-Karaalan area, Eskişehir county (Turkey): Doktora Tezi (yayınlanmamış), Bristol Üniversitesi, İngiltere.
- Miyashiro, A., 1961, Evolution of metamorphic belts: J. Petrol., 2, 277-311.
- Miyashiro, A., 1973, Metamorphism and metamorphic belts: George Allen and Unwin, Londra, 492 s.
- Okay, A. I., 1980 a, Mineralogy, petrology and phase reactions of glaucophane-lawsonite zone blueschists from the Tavşanlı region, Northwest Turkey: Contrib. Mineral. Petrol., 72, 243-255.
- Okay, A. I., 1980 b, Lawsonite zone blueschists and a sodic amphibole producing reaction in the Tavşanlı region, Northwest Turkey: Contrib. Mineral. Petrol., 75, 179-186.
- Okay, A. I., 1980 c, The petrology of blueschists in Northwest Turkey, Northeast of Tavşanlı: Doktora Tezi (yayınlanmamış), Cambridge Üniversitesi, İngiltere.
- Okay, A. I., 1981, Kuzeybatı Anadolu'daki ofiyolitlerin jeolojisi ve mavisist metamorfizması: Türkiye Jeol. Kur. Bült., 24, 85-95.
- Okay, A. I., 1982, Incipient blueschist metamorphism and metasomatism in the Tavşanlı region, Northwest Turkey: Contrib. Mineral. Petrol., 79, 361-367.
- Okay, A. I., 1984 a, Distribution and characteristics of the northwest Turkish blueschists; Robertson, A.H.F. ve Dixon, J.E., ed., The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean'da: Geol. Soc. London, Londra, 297-308.
- Okay, A. I., 1984 b, Ağvanis metamorfitleri ve çevre kayalarının jeolojisi: Maden Tetkik Arama Ens. Dergisi (baskıda).
- Özcan, A., Erkan, A., Keskin, A., Oral, A., Özer, S., Sümengen, M. ve Tekeli, O., 1980, Kuzey Anadolu Fayı - Kırşehir Masifi arasındaki temel jeolojisi: Maden Tetkik Arama Ens. Rap. 6722 (yayınlanmamış), Ankara.
- Özcan, A., Turhan, N., Göncüoğlu, M.C., Şentürk, K., İşık, A., Turşusu, A. ve Keskin, A., 1984, Küntahya - Çifteler - Bayat - İhsaniye yöreninin temel jeolojisi: Türkiye Jeol. Kur. 38. Bilimsel Teknik Kurultayı Bildiri Özeti, 135-136.
- Özgül, N., 1976, Torosların bazı temel jeolojisi özelilikleri: Türkiye Jeol. Kur. Bült., 19, 65-78.
- Özkaya, İ., 1981, Origin and tectonic setting of some melange units in Turkey: Journal of Geology, 90, 269-278.
- Öztunalı, Ö., 1973, Uludağ ve Eğrigöz masiflerinin petrolojileri ve jeokronolojileri: İstanbul Univ. Fen Fak. Monografileri No. 23.
- Penrose Konferansı, 1973, On the symposium on ophiolites in the earth's crust: Geological Newsletter, 3, 8.
- Saner, S., 1980, Mudurnu - Göynük havzasının Jura ve sonrası çökelim nitelikleriyle paleoçoğrafya yorumlaması: Türkiye Jeol. Kur. Bült., 23, 39-52.
- Seymen, İ., 1981, Kaman (Kırşehir) dolayında Kırşehir Masifi'nin stratigrafisi ve metamorfizması: Türkiye Jeol. Kur. Bült., 24, 101-108.
- Servais, M., 1981, Données préliminaires sur la zone de suture medio-tethysienne dans la région d'Eskişehir (NW Anatolie): C.R. Acad. Sc.
- Servais, M., 1982 Collision et suture tethysienne en Anatolie Centrale Etude structurale et métamorphique (HP-BT) de la zone Nord Kütahya: Doktora Tezi, Paris Üniversitesi, Fransa.
- Sungur, G., 1973, Söğüt-Kızılsaray alanının jeolojisi: Master Tezi (yayınlanmamış), İstanbul Üniversitesi.
- Şengör, A.M.C., 1979, The North Anatolian Fault: its age, offset and tectonic significance: J. Geol. Soc. London, 136, 269-282.
- Şengör, A.M.C. ve Yılmaz, Y., 1981, Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach: Tectonophysics, 75, 181-241.
- Tankut, A., 1980, The Orhaneli Massif, Turkey; Panayiotou, A., ed., Ophiolites'da: Proc. Int. Oph. Symp. Cyprus, 702-713.
- Tekeli, O., 1981, Subduction complex of pre-Jurassic age, northern Anatolia, Turkey: Geology, 9, 68-72.

- Umman, Ö. ve Yergök, F. A., 1979, Emirdağ (Afyon) dolayının jeolojisi: Maden Tetskik Arama Ens. Rap. 6604 (yayınlanmamış), Ankara.
- Uz, B., 1978, Sındırı-Akhisar bölgesi ofiyolit birlüğinin petrografik, petrojenetik ve jeokimyasal incelenmesi: Doçentlik Tezi (yayınlanmamış), İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Yeniyol, M., 1979, Yunak (Konya) magneztitlerinin oluşum sorunları, değerlendirilmeleri ve yöre kayaçlarının petrojenezi: Doktora Tezi (yayınlanmamış), İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Yılmaz, Y., 1977, Bilecik - Söğüt dolayındaki "eski temel karmaşıklı"nın petrojenetik evrimi: Doçentlik Tezi (yayınlanmamış), İstanbul Üniversitesi.
- Yılmaz, Y., 1979, Söğüt - Bilecik dolayındaki polimetamorfizma ve bunların jeotektonik anlamı: Türkiye Jeol. Kur. Bült., 22, 85-101.
- Yılmaz, Y., 1981, Sakarya kitası güney kenarının tektonik evrimi: İstanbul Yerbilimleri, 1, 33-52.