



TÜRKİYE BİLİMSEL VE  
TEKNİK ARAŞTIRMA KURUMU

THE SCIENTIFIC AND TECHNICAL  
RESEARCH COUNCIL OF TURKEY

TÜBİTAK - YDABÇAG-564

1971081

Yer Deniz Atmosfer Bilimleri ve  
Çevre Araştırma Grubu

Earth Marine Atmospheric Sciences and  
Environmental Researches Grant Group

2000 - 00058

**ANKARA OFİYOLİTLİ MELANJ İÇİNDEKİ OKYANUS  
LİTOSFERİ MALZEMESİNİN YAPISAL ÖZELLİKLERİ VE  
PETROLOJİSİ**

**TÜBİTAK -YDABÇAG-564**

**1971081**

Prof. Dr. Ayla TANKUT  
Assoc. Dr. Yıldırım DİLEK  
Y. Doç. Dr. A.Pırl Önen  
Araş. Gör. Arda Arcasoy  
Akademik Uzman Erhan Kansu

Haziran, 1999  
ANKARA

## ÖNSÖZ

Bu raporda TÜBİTAK tarafından desteklenen YDABÇAG 564 numaralı araştırma projesinin sonuçları sunulmaktadır.

Yürütülen proje Neo-Tetis okyanus tabanının yapısal ve jeokimyasal özelliklerinin belirlenmesini amaçlamıştır. Jeoloji ve petrografi çalışmaları ve uydu analiz çalışmaları Orta Doğu Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünde, kayaçların jeokimyasal analizleri Miami, Hawaii, Washington State, ve San Diego State Üniversitelerinde (ABD) gerçekleştirilmiştir. Proje kapsamında çalışmalar, daha önce konuları belirlenmiş Edige ve Kalecik ofiyolit kütleleri ile alkali bazalt niteliğindeki bazaltik bloklar üzerine yoğunlaştırılmıştır.

Proje araştırmacıları projenin gerçekleştirilmesinde katkıları olan yukarıda adı geçen kurumlara ve uydu analiz çalışmalarının yapıldığı GIS laboratuvarının kullanılmasında yardımlarını esirgemeyen Prof.Dr. Vedat Doyuran'a teşekkürü borç bilirlir.

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖNSÖZ.....	ii
ŞEKİLLER.....	v
ÇİZELGELER.....	vii
ÖZ.....	viii
ABSTRACT.....	x
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
1.1. AMAÇ.....	1
1.2. YÖNTEM.....	2
1.3. ÇALIŞMA ALANINI KONUMU.....	3
<b>2. GENEL JEOLojİK ÖZELLİKLER.....</b>	<b>5</b>
2.1. OFİYOLİTLİ MELANJİN JEOLojİSİ.....	5
2.1.1. Uydu Görüntü Çalışmaları.....	5
2.1.2. Arazi Çalışmaları.....	7
2.2. EDİGE VE KALECİK PERİDOTİT KÜTLELERİ.....	8
2.3. BAZALTİK KAYAÇLAR.....	9
2.4. MELANJİN YAŞI (jeokronolojik çalışmalar).....	9
<b>3. PETROGRAFİ.....</b>	<b>10</b>
3.1. ULTRAMAFİK KAYAÇLAR.....	10
3.2. DAYK KAYAÇLARI.....	11
3.3. BAZALTLAR.....	11
<b>4. JEOKİMYA.....</b>	<b>12</b>
4.1. ANA VE İZ ELEMENTLER.....	12
4.1.1. Doleritik Dayk Kayaçları.....	12
4.1.2. Plajiyogranit Dayk Kayaçları.....	13

4.1.3. Toleyitik Bazaltlar.....	13
4.1.4. Alkali Bazaltlar.....	21
4.2. İZOTOP ANALİZLERİ.....	24
5. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	27
5.1. PETROJENEZ.....	27
5.2. TEKTONİK GELİŞME.....	28
6. SONUÇLAR.....	30
DEĞİNİLEN BELGELER.....	31
EKLER.....	34
EK 1. Edige kütlesi doleritik dayklarda ana-iz element analizi (XRF, REE NAA ile Toronto Üniversitesi) (a) tektonit birimi içindeki dayklar; (b) kümülat birimi içindeki dayklar (Tankut, 1990 dan alınmıştır).....	34
EK 2. Ofiyolitik melanj içindeki toleyitik bazaltlarda ana-iz element analizleri (XRF, REE NAA ile Toronto Üniversitesi). BM1, BM5, EK3: toleyitik bazaltlar;BM3 ince taneli gabro (Tankut, 1990 dan alınmıştır).....	36
EK 3. Proje döneminde gerçekleştirilen yayınlar.....	37
EK 4. Çalışma alanının Landsat 5 TM görüntüleri.....	38

## ŞEKİLLER

	Sayfa
<b>Şekil 1.</b> Ankara melanjinin basitleştirilmiş jeoloji haritası (Bailey and McCallien, 1950; Çapan ve diğ., 1983; İndex harita: Koçyiğit, 1991).....	4
<b>Şekil 2.</b> Gököy dolayındaki arazi çalışması ile ilgili özet jeoloji haritası ve örnek yerleri.....	6
<b>Şekil 3.</b> Edige kütlesi ile ilgili basitleştirilmiş harita (Tankut and Sayın, 1985).....	7
<b>Şekil 4.</b> Edige ve Kalecik kütlelerinin basitleştirilmiş düşey kesitleri (Tankut ve. diğ., 1995).....	8
<b>Şekil 5.</b> Ankara ofiyolitli melanjına ait tüm kayaçların $P_2O_5 - Zr$ değişimi (ayırım çizgisi, Floyd ve Winchester, 1975).....	13
<b>Şekil 6.</b> Edige ve Kalecik doleritlerinin ve plagiogranitlerinin Kondrit'e göre normalize edilmiş REE değişimi (a) Edige dolerit, $SiO_2 > 51$ ; (b) Edige dolerit, $SiO_2 < 51$ ; (c) Kalecik doleritleri (both $SiO_2 > 51$ ve $SiO_2 < 51$ ) ve plajiyogranitleri. (Kondrit'e göre normalize değerleri: Sun ve McDonough, 1989).....	16
<b>Şekil 7.</b> Edige ve Kalecik doleritlerinin ve plagiogranitlerinin MORB'a göre normalize edilmiş çok-element değişimi (a) Edige dolerit, $SiO_2 < 51$ ; (b) Edige dolerit, $SiO_2 > 51$ ; (c) Kalecik doleritleri ve plajiyogranitleri (MORB'a göre normalize değerleri: Sun ve McDonough, 1989).....	17
<b>Şekil 8.</b> Edige kütlesi içindeki ada yayı (IA) etkili doleritlerin Kondrit'e göre normalize edilmiş REE değişimi (Kondrit'e göre normalize değerleri: Sun ve McDonough, 1989).....	18

<b>Şekil 9.</b> Edige kütlesi içindeki ada yayı (IA) etkili doleritlerin MORB'a göre normalize edilmiş çok-element değişimi. (MORB'a göre normalize değerleri: Sun ve McDonough, 1989).....	18
<b>Şekil 10.</b> Ankara ofiyolitli melanji içindeki toleyitik bazaltların Kondrit'e göre normalize edilmiş REE değişimi. (Kondrit'e göre normalize değerleri: Sun ve McDonough, 1989).....	20
<b>Şekil 11.</b> Ankara ofiyolitli melanji içindeki toleyitik bazaltların MORB'a göre normalize edilmiş çok-element değişimi. (MORB'a göre normalize değerleri: Sun ve McDonough, 1989).....	20
<b>Şekil 12.</b> Ankara ofiyolitli melanji içindeki alkali bazaltların Kondrit'e göre normalize edilmiş REE değişimi. (Kondrit'e göre normalize değerleri: Sun ve McDonough, 1989).....	21
<b>Şekil 13.</b> Ankara ofiyolitli melanji içindeki alkali bazaltların MORB'a göre normalize edilmiş çok-element değişimi. (MORB'a göre normalize değerleri: Sun ve McDonough, 1989).....	23
<b>Şekil 14.</b> Ankara ofiyolitli melanjına ait tüm kayalarda $Nbx2-Zr/4-Y$ değişimi (Meschede, 1986).....	23
<b>Şekil 15.</b> Dolerit ve plajiyogranitlerde $\epsilon_{Nd}(t)$ vs $(^{87}Sr/^{86}Sr)_t$ diyagramı (Mahoney ve diğ., 1998).....	25
<b>Şekil 16.</b> Dolerit ve plajiyogranitlerde $\epsilon_{Nd}(t)$ vs $(^{206}Pb/^{204}Pb)_0$ diyagramı (Mahoney ve diğ., 1998).....	25
<b>Şekil 17.</b> Dolerit ve plajiyogranitlerde (a) $(^{207}Pb/^{204}Pb)$ vs $(^{206}Pb/^{204}Pb)$ diyagramı (Wilson, 1989); (b) $(^{208}Pb/^{204}Pb)$ vs $(^{206}Pb/^{204}Pb)_0$ diyagramı (Mahoney ve diğ., 1998).....	26

**ÇİZELGELER**

	Sayfa
<b>Çizelge 1.</b> 97AM5 numaralı plajyogranitin U/Pb zirkon yaşı.....	9
<b>Çizelge 2.</b> Kalecik kütlesi (a) ve kuzeydoğusundaki küçük kütlenin (b) mafik dayk kayaların ana-iz element analizleri (XRF, REE CP-MS ile Miami Üniversitesi).....	14
<b>Çizelge 3.</b> Kalecik kütlesinin kuzeydoğusundaki küçük kütlenin plajiyogranit dayk kayalarında ana-iz element analizleri (XRF, REE CP-MS ile Miami Üniversitesi).....	19
<b>Çizelge 4.</b> Alkali bazaltların ana ve iz element analizleri (XRF, REE CP-MS ile Miami Üniversitesi).....	22
<b>Çizelge 5.</b> Dayk kayalarının (a) izotop analizleri; (b) izotop seyreltilmiş element miktarları.....	24



## ÖZ

Ankara Melanjı içinde bir yığışım karmaşasını temsil eden Kretase yaşlı ofiyolitik melanj kuşağı Neo-Tetise ait çeşitli boyutlardaki okyanusal malzemeyi içerir. Melanjın karmaşık iç yapısına karşın, içersindeki ofiyolitik kütleler (km boyutlarında) ve bir kaç yüz metre büyüklüğünde plaka içi alkali bazalt niteliğindeki bazalt blokları okyanus litosferini temsil eden iyi korunmuş litolojilerdir. Neo-Tetis okyanus tabanının yapısal ve jeokimyasal özelliklerini belirlemek amacı ile yürütülmüş olan proje çalışmaları, Edige ve Kalecik ultramafik kütleleri ile alkali bazaltlardan oluşan mega-blokları kapsamına almıştır. Ultramafik kütleler Neotetise ait okyanus malzemesinin alt kabuk ve üst manto birimlerini içeren eksik dizilimli kütlelerdir. Bunlar, genel olarak birbirine paralel uzanan, keskin dokanaklı ve genellikle çabuk soğuma zonuna (chilled margin) sahip dayklar tarafından kesilmektedir, ve peridotitler dokanakta serpantinleşmiştir.

Ultramafik kütlelerin tektonit zonları içindeki daykları oluşturan dolerit ve plajiyogranitler, REE, uyumsuz element ve izotop içeriklerine göre E-MORB, melanj içindeki toleyitik bazaltlar ise tipik N-MORB niteliğindedirler ve tüm kayaçlar LIL elementlerce hafifçe zenginleşmiştir. Edige biriminin gabroları içindeki doleritler ise ada yayı (IA) ortamı etkisini belirten LIL element zenginleşmesi ve HFS element fakirleşmesi gösterirler. Dolerit ve toleyitik bazaltların jeokimyası bunların, tüketilmiş astenosferik mantonun bölümsel ergimesi ile oluşan N- veya E- MORB tipi magmadan oluştuğunu açığa çıkarmaktadır. Edige kümülat gabro birimini kesen ve kuvvetli ada yayı etkisi gösteren daykların ise, tüketilmiş astenosferik mantonun daha sonraki bir evrede ergimesi ile oluşan ve yitim zonu etkisinde kalan bir magmadan oluştuğu sanılmaktadır. Alkali bazaltlar REE ve çok element içeriklerine göre okyanus adası bazalt (OIB) niteliğindedirler. Alkali bazaltların magma kaynağı büyük olasılıkla ofiyolitik kayaçlardan farklı olarak, manto sorgucu (mantle plume) ergimesi ile oluşmuştur.

MORB veya E-MORB nitelikli doleritik dayk kayalar ve toleyitik bazaltlar Neo-Tetis okyanusunun kuzey koluna ait litosfer malzemesini temsil etmektedirler. Ancak, IA nitelikli dayk kayalarının varlığı, Neo-Tetis'in kuzey koluna ait okyanus tabanının, okyanus ortasında oluştuktan sonra üzerindeki tüm volkanik malzeme ile birlikte, supra - yitim zonu yerleşiminde de yer almış olabileceği varsayımını ortaya çıkarmaktadır. Ankara melanjı içindeki alkali bazaltik megabloklar ise büyük olasılıkla deniz tepeciklerini oluşturan bazaltlardan kopmuş bloklardır.

---

**Anahtar kelimeler:** Ankara melanjı, Neo-Tetis, Ofiyolit, Okyanus ortası basalt, Alkali bazalt.

## ABSTRACT

Ophiolitic melange unit of Cretaceous age represents a typical accretionary wedge in the Ankara melange and contains Neo-Tethyan oceanic material. Although the ophiolitic melange has a chaotic internal structure, it includes well preserved remnants of the Neo-Tethyan oceanic lithosphere and rift type alkaline basalt blocks.

The current interdisciplinary study, aims to determine the tectonic setting and age of the ocean floor material and hence to obtain information and constraints on the magmatic activities, volcanism and metamorphism during the construction of the Neo-Tethyan oceanic lithosphere. The project comprises Elmadağ and Kalecik ophiolitic massifs, and mega-blocks of alkaline basalts. The ultramafic massifs contain the lower crustal and upper mantle units of the Neo-Tethyan oceanic lithosphere. Mafic dikes, striking parallel to each other intrude these massifs. They commonly have well developed chilled margins, and the peridotites at the contacts are strongly serpentinised.

Mafic and felsic dike rocks intruding tectonite units of the ophiolitic massifs show REE, incompatible element and isotope abundances characteristic of E-MORB, whereas tholeiitic basalts are in N-MORB character. They all are slightly enriched in LIL elements. Their geochemical characteristics imply that they are produced from a parental magmas which were generated by the partial fusion of depleted asthenospheric upper mantle source. However, the mafic dike rocks intruding the gabbro unit of Edige massif display typical island arc signatures with LIL element enrichment and HFS element depletion compared to N-MORB. They seem to be genetically different from those in the tectonites. They may represent another episode of magma generation, subsequent to the emplacement of the former, from a similar depleted asthenospheric mantle source which was modified by a hydrous component associated with subduction.

Alkaline basalts in the ophiolitic melange have REE and incompatible element concentrations characteristic of a Ocean Island type (OI) alkaline basalts. Their geochemistry suggest that they represent sea-mounts formed from magmas which were generated by melting of mantle plumes.

N-MORB and E-MORB type doleritic dikes and toleitic basalts represent remnants of the Neo-Tethyan oceanic lithosphere. The occurrence of island arc toleite type doleritic dikes imply that following its generation at a Mid-Ocean rich environment, the Neo-Tethyan ocean floor with its volcanic build-ups was placed in a supra subduction zone setting.

---

***Key words:*** Ankara melange, Neo-Tethys, Ophiolite, Ocean ridge basalt, Alkali basalt.

## 1.GİRİŞ

### 1.1. AMAÇ

Üzerinde pek çok çalışmanın günümüzde yoğun olarak evrensel düzeyde sürdürüldüğü Alpin orojenezinin Alp-Himalaya kuşağının içinde bulunan Anadolu, Tetis evrimi içinde Asya ile Akdeniz sistemlerinin buluştuğu önemli kilit noktalarından biridir. Anadolu orojeninin başlıca tektonik öğelerinden olan Pontid-Anatolid yitim kuşağı içinde yer alan Ankara melanjı bir yığılım karmaşasını temsil eder. Ancak, Alp-Himalaya kuşağının, batı sistemleri (Avrupa) ile karşılaştırıldığında, en az jeokronolojik, jeokimyasal, ve yapısal bilgi birikiminin olduğu bir bölgedir. Bu çerçevede, Pontid-Anatolid yitim kuşağından elde edilecek her yeni bilginin, Tetis evriminin daha iyi anlaşılmasına katkıda bulunacağı düşünülmektedir. Melanjın karmaşık iç yapısına karşın, içersindeki iyi korunmuş okyanus kalıntıları sistematik jeokimyasal, yapısal, ve jeokronolojik çalışmalar için uygun malzeme niteliğindedir.

Bu kuşağın, Bailey ve McCallien (1950) tarafından yapılan ilk tanımından beri sürdürülen çeşitli çalışmalarla genel jeolojik yapısı açığa çıkarılmış, içerdiği kayaç türleri tanımlanmıştır (Gansser,1959; Norman, 1973; 1985; Akyürek ve diğ., 1979; Çapan ve Floyd 1985; Şengör ve Yılmaz 1981; Koçyiğit, 1991; Tankut and Sayın, 1989; Tankut ve Gorton, 1990; Tankut, 1990; Floyd, 1993; Tankut ve diğ.,1995). Ancak melanjın karmaşık iç yapısı, sistematik yapısal ve petrolojik çalışmaların yapılmasını zorlaştırdığından, güneydeki Torid tektonik kuşağı ile karşılaştırıldığında, Ankara melanjı ve Neo-Tetis'in kuzey kolu kuşağından elde edilen bu bilgiler düzensizdir. Son yıllarda iyi korunmuş Neo-Tetis litosferini ve okyanus tabanını temsil eden kütle ve bloklar üzerine yapılan, içinde 1985 yılında tamamlanan TÜBİTAK-TBAG646 no'lu projenin de bulunduğu, çalışmalar sonucunda melanjın oluşumuna ışık tutabilecek veriler elde edilmiş ve melanj içindeki bazik kayaçların genel jeokimyasal nitelikleri (Çapan ve Floyd 1985; Tankut,1985; Tankut,1990; Tankut ve diğ., 1995), kütlelerin jeolojisi, (Norman, 1985; Akyürek ve diğ., 1979; Tankut ve Sayın, 1989) konumları ve kütleler içindeki kayaçların jeokimyasal özellikleri (Tankut ve Sayın, 1990; Tankut ve Gorton, 1990; Tankut,1990; Tankut ve diğ., 1995) belirlenebilmiştir. Kütleleri kesen bazik (doleritik) dayklar ve melanj içindeki bazik kayaç klastlarının jeokimyasaları bunların abisal toleyit ile yay toleyiti arasında bir bileşimi olduğunu gösterdiği için tektonik yerleşim ortamlarının kenar baseni (marginal basin) olabileceği ileri sürülmüştür (Tankut, 1990). Bazaltik lav blokları ile yapılan

## 1.GİRİŞ

### 1.1. AMAÇ

Üzerinde pek çok çalışmanın günümüzde yoğun olarak evrensel düzeyde sürdürüldüğü Alpin orojenezinin Alp-Himalaya kuşağının içinde bulunan Anadolu, Tetis evrimi içinde Asya ile Akdeniz sistemlerinin buluştuğu önemli kilit noktalarından biridir. Anadolu orojeninin başlıca tektonik öğelerinden olan Pontid-Anatolid yitim kuşağı içinde yer alan Ankara melanjı bir yığılma karmaşasını temsil eder. Ancak, Alp-Himalaya kuşağının, batı sistemleri (Avrupa) ile karşılaştırıldığında, en az jeokronolojik, jeokimyasal, ve yapısal bilgi birikiminin olduğu bir bölgedir. Bu çerçevede, Pontid-Anatolid yitim kuşağından elde edilecek her yeni bilginin, Tetis evriminin daha iyi anlaşılmasına katkıda bulunacağı düşünülmektedir. Melanjın karmaşık iç yapısına karşın, içersindeki iyi korunmuş okyanus kalıntıları sistematik jeokimyasal, yapısal, ve jeokronolojik çalışmalar için uygun malzeme niteliğindedir.

Bu kuşağın, Bailey ve McCallien (1950) tarafından yapılan ilk tanımından beri sürdürülen çeşitli çalışmalarla genel jeolojik yapısı açığa çıkarılmış, içerdiği kayaç türleri tanımlanmıştır (Gansser,1959; Norman, 1973; 1985; Akyürek ve diğ., 1979; Çapan ve Floyd 1985; Şengör ve Yılmaz 1981; Koçyiğit, 1991; Tankut and Sayın, 1989; Tankut ve Gorton, 1990; Tankut, 1990; Floyd, 1993; Tankut ve diğ.,1995). Ancak melanjın karmaşık iç yapısı, sistematik yapısal ve petrolojik çalışmaların yapılmasını zorlaştırdığından, güneydeki Torid tektonik kuşağı ile karşılaştırıldığında, Ankara melanjı ve Neo-Tetis'in kuzey kolu kuşağından elde edilen bu bilgiler düzensizdir. Son yıllarda iyi korunmuş Neo-Tetis litosferini ve okyanus tabanını temsil eden kütle ve bloklar üzerine yapılan, içinde 1985 yılında tamamlanan TÜBİTAK-TBAG646 no'lu projenin de bulunduğu, çalışmalar sonucunda melanjın oluşumuna ışık tutabilecek veriler elde edilmiş ve melanj içindeki bazik kayaçların genel jeokimyasal nitelikleri (Çapan ve Floyd 1985; Tankut,1985; Tankut,1990; Tankut ve diğ., 1995), kütlelerin jeolojisi, (Norman, 1985; Akyürek ve diğ., 1979; Tankut ve Sayın, 1989) konumları ve kütleler içindeki kayaçların jeokimyasal özellikleri (Tankut ve Sayın, 1990; Tankut ve Gorton, 1990; Tankut,1990; Tankut ve diğ., 1995) belirlenebilmiştir. Kütleleri kesen bazik (doleritik) dayklar ve melanj içindeki bazik kayaç klastlarının jeokimyasaları bunların abisal toleyit ile yay toleyiti arasında bir bileşimi olduğunu gösterdiği için tektonik yerleşim ortamlarının kenar baseni (marginal basin) olabileceği ileri sürülmüştür (Tankut, 1990). Bazaltik lav blokları ile yapılan

ön çalışmalar ise bunların rift tipi alkali bazalt bileşiminde olduğunu göstermiştir (Floyd, 1993; Rojay ve diğ., 1995; Tankut ve diğ., 1995).

Bu güne kadar yapılan ve yukarıda özetlenen, çalışmalar sonucunda Ankara melanjının genel jeolojik yapısı açığa çıkarılmış, içindeki kütlelerin ve klastların genel özellikleri ve kayaçların jeokimyasaları ile ilgili bazı parametreler elde edilmiş ise de, kayaçların petrojenezine ışık tutacak, Neo-Tetis okyanus kabuğunun yapısal ve metamorfik evrimini açıklayacak, ve melanj malzemesinin yerleşme mekanizması ve ilk oluşum ortamını (palinspatic reconstruction) açıklığa kavuşturacak veriler henüz yeterli değildir. Raporun konusu olan araştırma çalışması, okyanus kabuğu malzemesinin tektonik yerleşim ortamı ve magmatik ve metamorfik süreçlerin yaşı ile ilgili bilgilerin sağlanmasını ve böylece Neo-Tetis okyanus tabanının yapısal ve jeokimyasal özelliklerinin (özellikle izotop içeriklerinin) belirlenmesi, ve bunların yığılma karmaşası içindeki yerleşim mekanizmasının irdelenmesi, amacı ile yürütülmüştür. Bu amaçla çalışmalar, daha önce konumları belirlenmiş Edige ve Kalecik ofiyolit kütleleri ile alkali bazaltlardan oluşan bazaltik bloklar üzerine yoğunlaştırılmıştır.

## 1.2. YÖNTEM

Proje bilgi derleme, hava ve uydu fotoğrafı analizleri, arazi çalışmaları, laboratuvar çalışmaları ve sonuçları değerlendirme aşamalarında gerçekleştirilmiştir. İzlenmiş olan yöntem aşağıda verilmektedir. Çalışmalar Kalecik kütlesi ile yapılmıştır. Edige ile ilgili veriler önceki çalışmalarda (Tankut, 1985; Tankut ve Sayın, 1989) elde edildiğinden, sonuçlar bunlardan alınmıştır.

### *Hava ve uydu fotoğraf analizleri*

- Arazi çalışmalarının planlama aşamasında Türkiye jeoloji haritasının 1:25000 ölçekli Çankırı H30 ve H31 paftalarına ait 1: 60 000 ölçekli hava fotoğrafı çalışması.
- Ofiyolitik birimlerin arazi çalışmasına ve haritalamaya yardımcı olmak üzere Uzaktan Algılama (RS-GIS) laboratuvarında uydu görüntü analizleri yapılmıştır. İlk aşamada ofiyolitli melanj içindeki peridotitlerin ayrılması, peridotit ve gabroları kesen dayk kümelerinin ayıklanması, Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA)

laboratuvarında, Landsat Thematic Mapper <sup>TM</sup> uydu verisinin ilişkisiz gerdirme yöntemi ile yapılmıştır.

#### *Arazi çalışmaları*

- Neo-Tetis okyanus tabanının mimarisinin ve ofiyolitik birimlerin dokanak ilişkileri ve iç yapısal özelliklerinin belirlenmesi için çeşitli peridotit-gabro kütleleri ve bloklarla ayrıntılı jeolojik haritalama (1:25000) ve yapısal jeoloji çalışmaları yapılmıştır. Gököy dolayında yapılan arazi çalışması ile yalnızca litolojilerin dağılımını gösteren harita yapılmış ve peridotit ve bazalt birimlerinden ve peridotit içindeki dayklardan yaklaşık 200 adet kayaç örneği toplanmıştır.

#### *Petrografik çalışmalar*

- Toplanan kayaç örneklerinin (Kalecik ve Edige'den) ince kesitleri hazırlanmış ve jeokimyasal analizlere uygun örnek seçimi için polarize mikroskopla petrografik tanımlamalar yapılmıştır.

#### *Jeokimyasal çalışmalar*

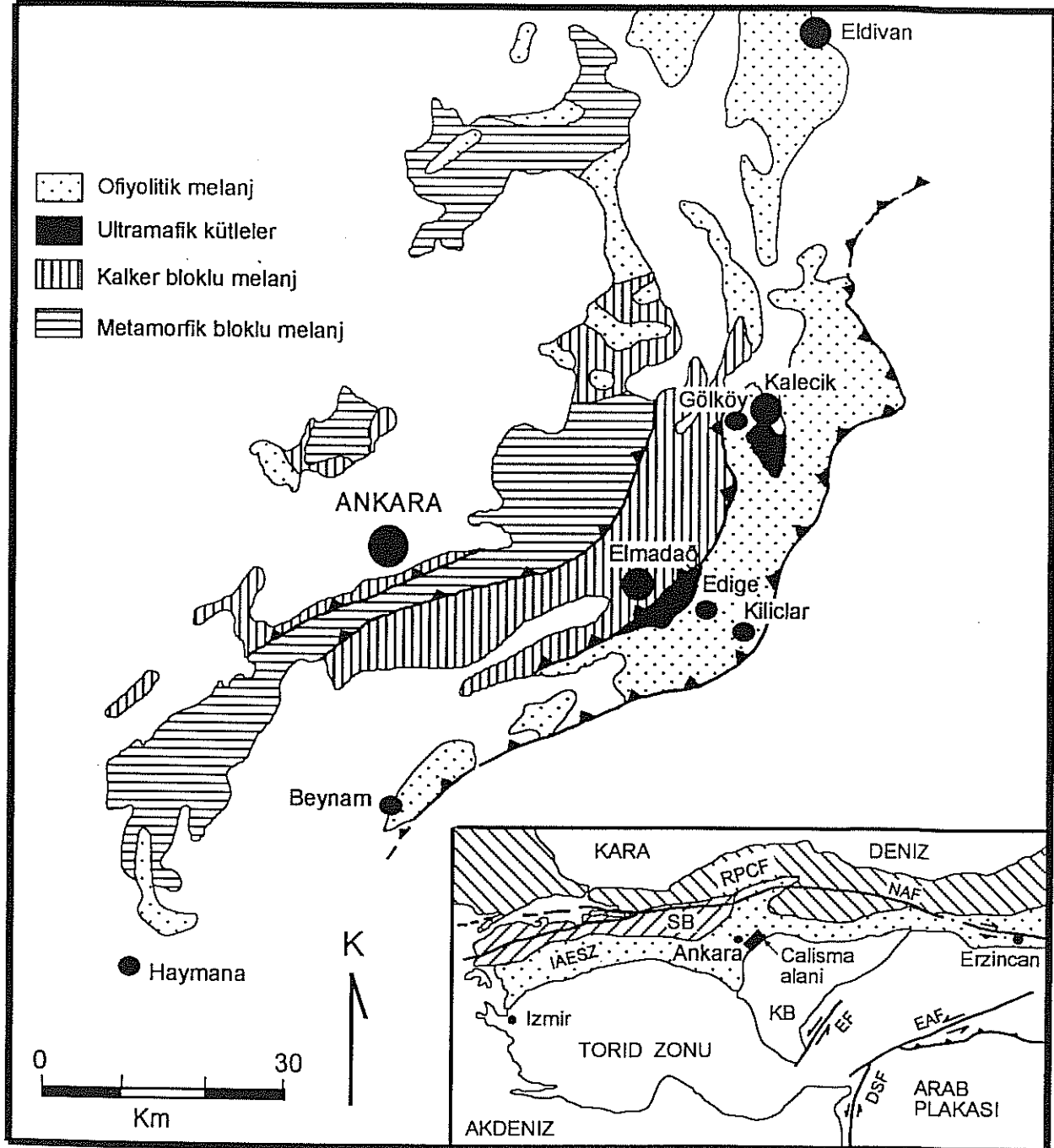
- okyanus kabuğu malzemesinin tektonik yerleşim ortamının belirlenmesi için ana ve iz element analizleri (XRF ve ICP analizleri, Miami, Washington State ve Kaliforniya Üniversitelerinde);
- mineral kimyası için Elektron Mikroprob (EMP) analizi, Kaliforniya Üniversitesinde
- Rb, Sr, Nd, U, Pb izotop analizleri, Miami ve Hawaii, Washington State ve San Diego State Üniversitelerinde A.B.D.).
- magmatik ve metamorfik süreçlerin yaşının belirlenmesi için radyometrik yaş çalışmaları (zirkon kristallerinde U/Pb yaşı analizi) Miami ve Hawaii, San Diego State ve Stanford Üniversitelerinde.

### **1.3. ÇALIŞMA ALANININ KONUMU**

Öngörülen proje, Ankara ofiyolitik melanj içinde, Edige ve Kalecik kütlelerinin ve alkali bazalt bloklarının yer aldığı Elmadağ ve Kalecik arasındaki alanda yapılmıştır. Kalecik kütlelerinin bulunduğu çalışma alanı, Ankara'nın 60 km KD da bulunan Kalecik ilçesinin yaklaşık 5 km GB



sında ultramafik ve mafik kayaç birimlerinin yoğun olarak toplandığı Gök köy dolayındadır (Şekil 1). Türkiye jeoloji haritasının 1:25000 ölçekli Çankırı H30 c3, H30 c4 ve H31 paftaları içinde yer almaktadır. Edige kütlesi, Ankara'nın Elmadağ ilçesinin GD da Edige köyü dolaylarında Türkiye jeoloji haritasının 1:25000 ölçekli Çankırı İ30 a2,a3, b1, b4 paftaları içinde yer almaktadır (Şekil 1)



Şekil 1. Ankara melanjının basitleştirilmiş jeoloji haritası (Bailey & McCallien, 1950; Çapan ve diğ., 1983; Index harita: Koçyiğit, 1991) (NAF:Kuzey Anadolu Fayı; IAESZ: İzmir-Ankara-Erzincan Yitim Zonu; RPCF: Rodop Pontid Kıtasal Parça; SB: Sakarya Bloku; DSF: Ölü Deniz Fayı; KB: Kırşehir Bloku; EF: Ecemiş Fayı; EAF: Doğu Anadolu Fayı).

## 2. GENEL JEOLÖJİK ÖZELLİKLER

Ankara melanjı, Anadolu'nun Tetis evrimi sırasında, Neo-Tetis okyanusunun Pontid-Anatolid çarpışması (Şengör and Yılmaz, 1981) sonucunda Kretasede kapanması ile oluşan Ankara-İzmir-Erzincan yitim zonu içinde yer alır. Melanj biri Geç Triyas yaşlı Karakaya kompleksi, diğeri Kretase yaşlı Anadolu kompleksi (Koçyiğit, 1987) olarak tanımlanan iki ayrı nap sisteminden oluşur (Şekil 1).

İkincisi ofiyolitli melanj kuşağı olarak bilinmektedir (Bailey ve McCallien, 1950; Norman, 1985). Melanjın polijenetik evrimi, Neo-Tetisin Miyosende Rodop Pontid kıta parçası altına kuzeye doğru oblik dalımı sırasında (Norman, 1985; Koçyiğit, 1991) gelişmiştir. Melanj içindeki Kretase yaşlı (Norman, 1973) ofiyolitli kuşağı oluşturan malzemenin çarpışmanın ilk aşamasında Kırşehir masifinin kuzey kenarına yerleştiği varsayılmaktadır.

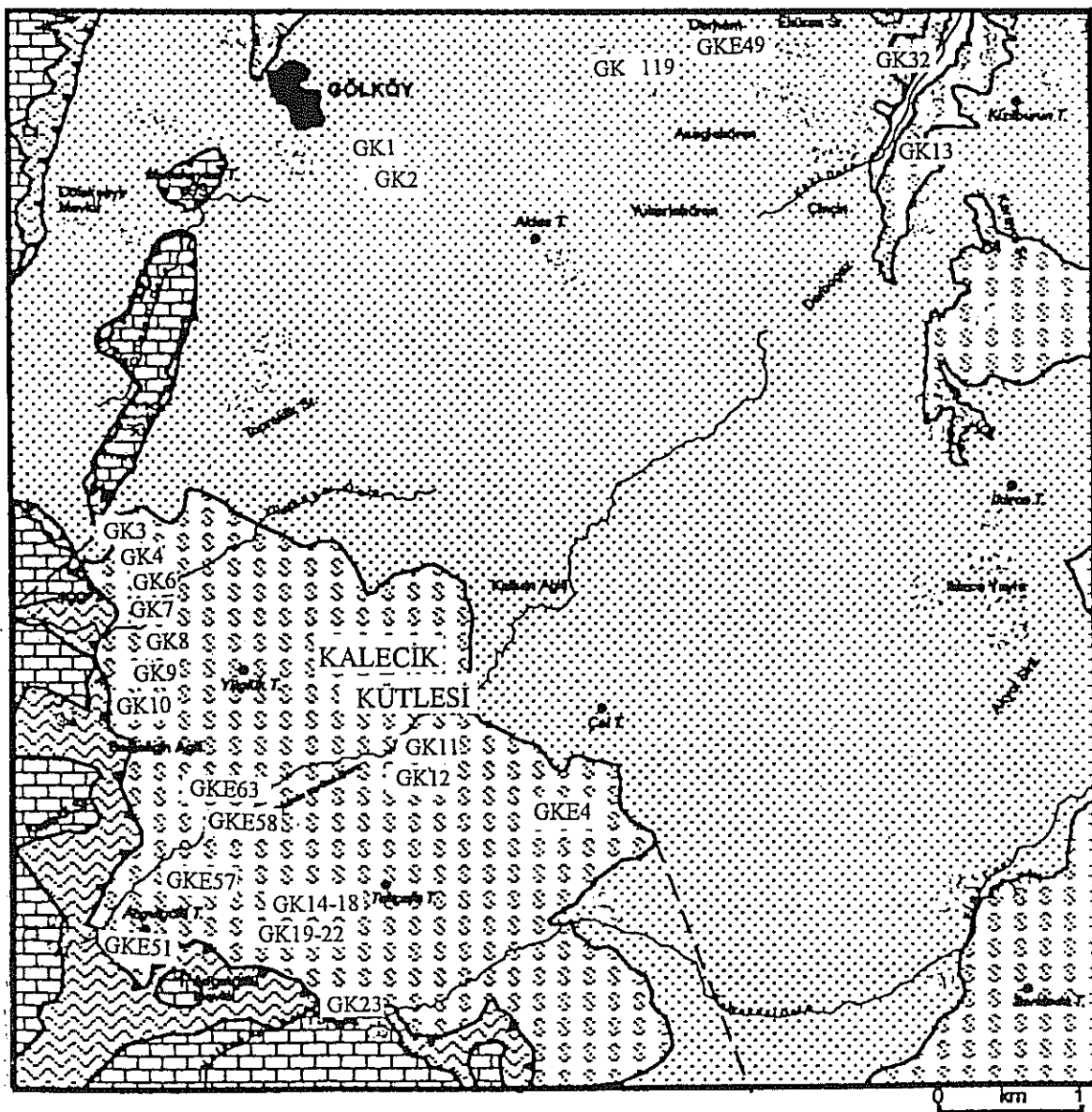
### 2.1. OFİYOLİTLİ MELANJIN JEOLÖJİSİ

Kretase yaşlı ofiyolitli melanj kuşağı İzmir-Ankara-Erzincan yitim zonunda yer alan Ankara Melanjı içinde bir yığışım karmaşasını temsil eder ve Neo-Tetise ait ofiyolitik dizilimi meydana getiren (i) rudit sınıfından çeşitli boyutlardaki sedimanter parçalar, (ii) serpantinleşmiş peridotit ve kümülat gabro blokları ve çakılları, (iii) eksik dizimli ofiyolitik kütleler (km boyutlarında) ve, iv) bir kaç yüz metre büyüklüğünde plaka içi alkali niteliğindeki bazalt mega bloklarını içerir. Ofiyolit kütleleri ve blokları serpantinli bir hamur (matriks) içinde, bazalt mega bokları ise tuf ve şeylden oluşan bir hamur içinde yer alırlar. Hamur malzemesi genellikle milonitleşmiş ince tanelidir ve yarı şistoz makaslanma yapısı gösterir. Ofiyolit kütlelerinden biri Elmadağ dolaylarındaki Edige köyünde (Norman, 1985) diğeri ise Kalecik yöresinde (Akyürek ve diğ., 1979) bulunmaktadır.

#### 2.1.1. Uydu Görüntü Çalışmaları

Elmadağ ile Kalecik arasındaki alanda bulunan ana birimlerin (peridotit-gabro kütleleri, dayklar ve bazaltlar) ayrımı için kullanılan Landsat Thematic Mapper <sup>TM</sup> uydu görüntüleri Levha 1 de verilmektedir. Daha önceki çalışmalarda belirlenmiş olan Edige ve Kalecik peridotit-gabro

kütelleri uydu görüntülerinde ayırd edilebilmektedir (sınırları kesik çizgilerle belirtilmiştir). A ve B'deki görüntüler farklı spektral bant kombinasyonları ile elde edilen arazinin genel görünümünü vermektedir. C ve D'de ise Landsat Thematic Mapper™ uydu verisinin ilişkisiz gerdirme yöntemi ile zenginleştirilmiş görüntüleri sergilenmektedir. Zenginleştirilmiş görüntülerin (C ve D) incelenmesi sonucunda Edige ve Kalecik kütellerine benzer başka peridotit-gabro kütellerinin sınırları kabaca belirtilmiştir. Bunlar içinde Kalecik kütesinin kuzeydoğusundaki bir küçük küteden alınan GK13 ve GK32 numaralı örneklerin (Şekil 2) jeokimyasal analizler sonucunda elde edilen element içerikleri (Bölüm 4) yapılan değerlendirmenin doğruluğunu kanıtlamıştır (Şeki 2).



Şekil 2. Gökçöy dolayındaki arazi çalışması ile ilgili özet jeoloji haritası ve örnek yerleri.

§ § § Ultramafik kütleler

· · · · · Ofiyolitik melanj

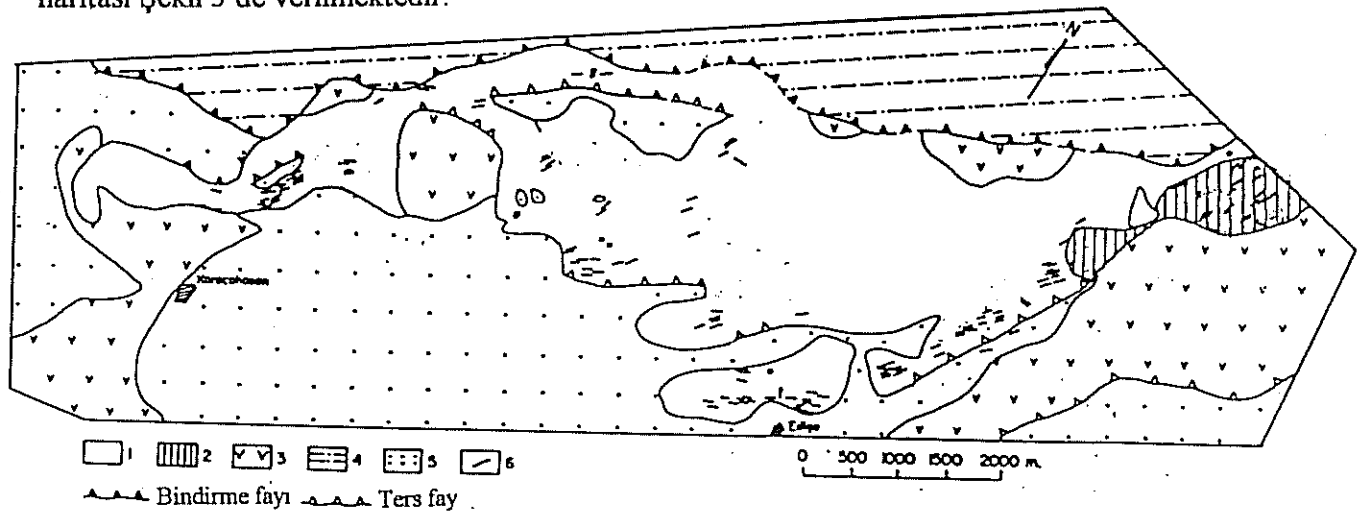
~ ~ ~ Kalker bloklu melanj

### 2.1.2. Arazi çalışmaları

Proje çerçevesindeki arazi çalışması Gököy dolayında yapılmıştır. Bu yöredeki başlıca kayalık birimleri, kumtaşı, şeyl, çamurtaşı, kumlu kireçtaşı ve kireçtaşı ardalanmasından oluşan kahverengi, sarı renkli arenit ve bu birim tarafından tektonik olarak üzerlenen peridotit kütleleridir. Kütlelerin en büyüğü proje kapsamında ayrıntılı olarak çalışılan Kalecik külesidir. Ayrıca çalışma alanının kuzeydoğusunda da üç küçük kütle ayırd edilmiştir. Gököy dolayının özet jeoloji haritası Şekil 2'de, verilmektedir.

Arenitler içinde alloktan kireçtaşı blokları yer almaktadır, alınan örneklerde fosile rastlanmamıştır. Gököy yakınında killi tuf matriksi içinde, alloktan görünümlü 30-100 m büyüklüğünde breşleşmiş yastık bazalt parçaları (clast) ve mega-blokları bulunmaktadır. Bunlar yer yer turbiditik kireç taşı, kırmızı kil taşı, radyolarit breş ile arakatlıdır, siyah renkleri ve bolca gaz boşlukları ile ayırdedilirler. Lav yastıklarından oluşan bloklar, birbirine az çok paralel olan faylarla kesilmektedir. Fay düzlemleri hematit, epidot, silis mineralleri ile kaplanmıştır.

Edige dolayının jeolojisi daha önce Sayın (1985) ve Tankut ve Sayın (1989) tarafından belirlendiği için yeni bir çalışma yapılmamıştır. Melanjın bu yöresinde de ofiyolitli malzeme ve Tersiyer yaşlı tortul formasyonlar bulunmaktadır. Ofiyolitli malzeme, serpantinli bir hamur (matriks) ve içinde bulunan peridotit blokları ve Edige peridotit külesini ve bazalt serpantin çakıllarıdır (Sayın, 1985). Edige dolayının ve Edige peridotit külesinin basitleştirilmiş jeoloji haritası Şekil 3 de verilmektedir.

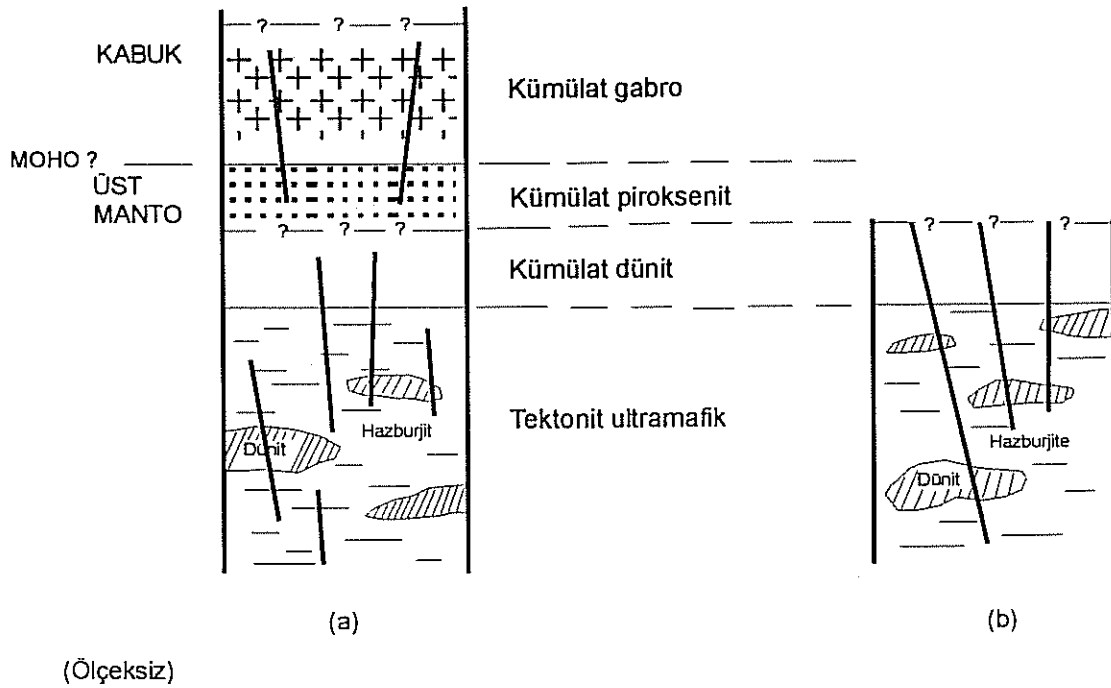


1. Ultramafik tektonit, 2. Kümülat gabro, 3. Ofiyolitik melanj, 4. Kalker bloklu melanj,  
5. Neojen, 6. Doleritik dayklar

Şekil 3. Edige külesini ile ilgili basitleştirilmiş harita (Tankut and Sayın, 1985).

## 2.2. EDİGE VE KALECİK PERİDOTİT KÜTLELERİ

Her iki kütle de batı sınırlarında kalker bloklu melanj kuşağı tarafından üzerlenirler. Kalecik peridotit kütlesi yaklaşık 10 km<sup>2</sup> lik alan kaplamaktadır (Şekil 2). Kütlenin tümünü az oranda dünit içeren peridotit oluşturur (Tankut ve Sayın, 1990). Edige peridotit kütlesi kuzeydoğu-güneybatı doğrultusunda uzanan ve 20 km<sup>2</sup> lik bir alan kaplayan mercek şekilli bir bloktur. Kütlenin büyük bir bölümünü peridotit ve dünit oluşturur, kütlenin kuzey doğu ucunda 1.5 - 2 km<sup>2</sup> lik bir alanda doğal dokanakla gabrolar yer almaktadır (Şekil 3). Edige ve Kalecik peridotit kütleleri Neotetise ait okyanus malzemesinin üst manto ve alt kabuk birimlerini içerirler ancak, tipik bir ofiyolit dizilimi tamamlayan dayk kümeleri, yastık lavlar ve bunları üzerleyen tortul örtü bulunmamaktadır (Şekil 4). Kütleler, genel olarak birbirine paralel uzanan koyu gri-yeşil renkli dayklar tarafından kesilmektedir. Keskin dokanaklı olan bu faylar genellikle çabuk soğuma zonuna (chilled margin) sahiptirler ve peridotitler dokanakta serpantinleşmişlerdir. Edige kütlesindeki gabrolar içinde de mafik dayklara rastlanmıştır. Kalecik kütlesinin kuzeydoğusundaki küçük kütle içinde açık gri renkli felsik dayklar da bulunmaktadır.



Şekil 4. Edige ve Kalecik kütlelerinin basitleştirilmiş düşey kesitleri (Tankut ve diğ., 1995).

### 2.3. BAZALTİK KAYAÇLAR

Bazaltik kayaçlar iki grup oluşturmaktadırlar. Bunlar Beynam dolayındaki serpantinli hamuru içinde bulunan bazalt çakılları, ve Gölköy dolayında bulunan bir kaç yüz metre büyüklüğündeki bazalt mega bloklardır.

Metabazaltic bloklara ait kayaçlar killi tuf matriksi içinde siyah renkleri ve bolca gaz boşlukları ile ayırdedilirler. Bunlar allokton görünümlü 30-100 m büyüklüğünde breşleşmiş yastık bazalt mega-bloklardır, yer yer turbiditik kireç taşı, kırmızı kil taşı, radyolarit breş ile arakatlıdır. Lav yastıklarından oluşan bloklar, birbirine az çok paralel olan faylarla kesilmektedir. Fay düzlemleri hematit, epidot, silis mineralleri ile kaplanmıştır.

### 2.4. MELANJİN YAŞI (jeokronolojik çalışmalar)

Melanjin yaşı için AM5 numaralı plajiyogranit örneği içindeki zirkon kristallerinin temiz U/Pb izotopik analizi yapılmıştır. Daha önce planlanan hornblend tanelerinin Ar/Ar analizi, kayaçların mineral parajenezi uygun olmadığından gerçekleştirilememiştir. Çok küçük zirkon kristallerinin kayaç içinden toplanmasının zorluğu ve lazer yöntemi kullanılarak yapılan U/Pb izotop analizinin Ar/Ar yönteminden pahalı olması yüzünden proje bütçesi içinde ancak bir kayacın analizi yapılabildiği. U/Pb zirkon analizi dört basamakta gerçekleştirilmiş ve ortalama yaş olarak 179 milyon yıl bulunmuştur (Çizelge 1).

Çizelge 1. 97AM5 numaralı plajiyogranitin U/Pb zirkon yaşı.

Basamak	[U]ppm	[Pb]ppm	Hesaplanmış yaşlar, milyon yıl		
			206*/238	207*/235	207*/206*
1	144.35	4.1262	170.09	171.25	187.33
2	114.86	3.5078	175.06	175.67	183.89
3	331.41	9.508	171.16	172.08	184.61
4	32.253	1.0302	184.59	190.54	-

### 3. PETROGRAFI

Gölköy dolayındaki Kalecik ve kuzeydoğusundaki küçük peridotit kütleli kayaçlarının ve mega bazaltların petrografik tanımlamaları proje çalışması sırasında yapılmıştır. Elmadağ dolayındaki Edige kütleli kayaçlarının petrografileri ile ilgili bilgi önceki çalışmalara ait rapor ve makalelerden alınmıştır (Tankut, 1985; Tankut and Sayın, 1989).

#### 3.1. ULTRAMAFİK KAYAÇLAR

Üst mantoya ait ultramafik kayaçlar harzburjit, az oranda dünitten oluşur. Kayaçlar ileri derecede serpantinleşmiştir ve genel olarak ezik dokuludurlar. Yer yer çok ince kromit bantları dünitler içinde yer almaktadır. Kalıntı (relict) olivin ve piroksen kristallerinde izlenen dalgalı sönme ve deformasyon şeritleri kayaçlardaki manto kaynaklı ilksel tektonit dokuyu belirtir. Alt kabuğu temsil eden (Tankut and Sayın,1990) kümülat gabrolar ayrı bir birim olarak Edige kütlelerinde bulunmaktadır. Genelde koyu renkli olan gabrolar açık renkli feldispat kristallerinin ortaya çıkması ile ayırd edilmektedirler. Feldispat veya mafik minerallerin yoğunlaşması ile belirlenen bantlı doku gösterdikleri gibi pegmatitik doku ve tabakalı bileşim (compositional layering) de sıklıkla görülür. Tektonit (ultramafik) ve kümülat (mafik) birimlerinde bulunan piroksenit mercek, bant ve daykları ortopiroksenit ve vebsteritten oluşmuştur. Tektonitler içindeki piroksenitler eşboyutlu orta ve iri tanelidirler, ve ortopiroksen kristalleri dalgalı sönme ve deformasyon şeritleri göstererek deformasyon etkilerini belirlerler. Kümülatlar (Edige'deki) içindeki peridotitler pegmatitiktir ve deformasyon etkisi göstermemektedirler.

Harzburjit içindeki başlıca mineral fazları olivin, ortopiroksen, klinopiroksen ve anhedral pikotit bileşimindeki krom spineldir. Dünitler, serpantin hamuru içinde yüzen olivin kalıntıları ve serpinti opak kromit taneciklerinden oluşmuştur. Piroksenitler içinde en yaygın olan kayaç ortopiroksenittir. Klinopiroksen oranının artması (%15'e kadar) ile kayaç vebsterite (Streckeisen, 1973) dönüşür. Edige kütlelerindeki gabrolar iri ve çok iri pegmatitik taneli ve

hipidiyomorfik granüler dokuludurlar. Plajiyoklaz, klinopiroksen, ortopiroksen kristalleri birbirine kilitlenerek kümülat dokuyu oluştururlar. Tektonitlerle dokanaktaki alt düzey gabrolarda feldispat olivin ve piroksen ana minerallerdir. Stratigrafik olarak üst düzeyde bulunan gabrolarda hornblend ana mafik mineral olarak ortaya çıkmaktadır.

### 3.2. DAYK KAYAÇLARI

Dayklar genellikle ince taneli mafik kayalardan, ve az miktarda orta ve iri taneli mikrogabro ve felsik kayalardan oluşmaktadır. Kayalar çoğunlukla milonitleşme ve yapraklanma dokusu gösterirler. Mafik kayalar tipik doleritik dokuludur, tane boyutları dayk içinden kenarlara- çabuk soğuma zonlarına- doğru azalarak değişmektedir. Soğuma zonlarında tane boyutları 0.02 mm dayk içinde genellikle 0.5-1.5 mm arasında değişmektedir. Klinopiroksen, amfibol ve plajiyoklaz ana mineral fazlarıdır. Feldispatlarda kaolinleşme, piroksenlerde kloritleşme ve uralitleşme tipik değişim süreçleridir. Felsik kayalar feldispatın egemen olduğu genellikle plajiyogranitlerdir. Plajiyogranitlerde mafik mineral hornblendir, genellikle çatlaklarında opak manyetit kristalleri bulunur. Feldispatın ayrışması ile kaolin, serizit ve epidot, hornblendin ayrışması ile klorit ve limonit meydana gelmiştir.

### 3.3. BAZALTLAR

Serpantinli hamuru içinde bulunan çakıllardan alınan bazaltlar genellikle holokristalin, afiric veya az fenokristalli porfiritik doku gösterirler. Ayrışma uğramış bu kayalarda ortopiroksen, klinopiroksen ve plajiyoklaz ana minerallerdir. Sık rastlanan yeşil amfibol ve klorit piroksenin ayrışma ürünleridir (Tankut, 1985) .

Ayrı bir blok olarak görülen yastık lavlara ait bazaltlar genellikle holokristalin dokuludur. Piroksen, ve plajiyoklaz mikrolitleri ve ender olarak çok az miktarda cam içerirler. Küçük manyetit taneleri kayaların içinde yaygın olarak dağılmışlardır, ve bir çok örnekte mikrolitlerin üzerini kaplamaktadırlar. Gaz boşlukları tümüyle ikincil klorit ve kalsit kristalleri ile dolmuştur. Uralit ve kaolen başlıca değişim ürünleridir.



## 4. JEOKİMYA

### 4.1. ANA VE İZ ELEMENTLER

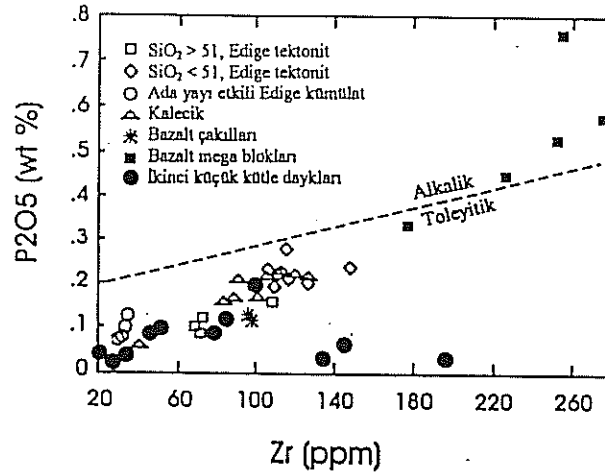
Kayaçların petrojenezi ve okyanus kabuğu malzemesinin tektonik yerleşim ortamı ile ilgili bilgilerin sağlanması amacı ile yürütülen bu araştırmada en uygun kayaç türü olarak bazik bileşimli kayaçlar kimyasal analizler için seçilmiştir. Bunlar doleritik dayk kayaçları, bazalt çakılları ve mega bloklara ait alkali bazaltlardır. Kayaçlardaki ayrışmanın oldukça fazla olması yüzünden, ilksel jeokimyasal özelliklerin belirlenmesi uyumsuz iz elementler (Ti, P, Zr, Y, Hf, Th, Ta, REE) ve Cr, Ni kullanılarak yapılmıştır. Rapor döneminde çalışmaların yoğunlaştırıldığı Gölköy dolayındaki Kalecik peridotit kütesinden, dayklardan ve bazalt mega-bloklarından seçilen kayaç örneklerinin yerleri Şekil 1' deki şematik haritada gösterilmektedir. Jeokimyasal analizler New York ve Miami Üniversitelerinde yapılmıştır. Edige kütesi ile ilgili, Toronto Üniversitesinde elde edilmiş olan veriler Tankut ve Gorton (1990)'dan alınmıştır .

#### 4.1.1. Doleritik dayk kayaçları

Kalecik kütesi ve kuzeydoğusundaki küçük kütenin (Şekil 2) dayklarından alınan 14 kayaç örneğinin jeokimyasal analizleri Çizelge 2'de, Edige kütesi doleritlerinin ve melanj içindeki bazalt çakıllarının ana ve iz element içerikleri Ek 1' de verilmektedir. Kayaçların ana ve iz element içerikleri bazik kayaç bileşimi vermektedir. Kalecik kütesinin doğusundaki bir küçük küteden alınan GK13 ve GK32 numaralı örneklerin bileşimleri bunların peridotit olduğunu göstererek, uydu görüntüsü değerlendirmesini doğrulamaktadır.

Doleritlerin içerikleri %42.33 ile %56.03 arasında değişmektedir.  $K_2O$  düşük (%0.01- %1.31),  $MgO$ , 95GK3 örneği (%16.24) dışında, %4.33 ile %12.86 arasındadır, (Çizelge 2).  $P_2O_5$  - Zr içeriklerine göre toleyitik niteliktedirler (Şekil 5). Ender toprak element (REE) içerikleri,  $SiO_2$  içeriği %51 den büyük doleritlerde (Çizelge 2 a,b) kondrit değerlerinin 9-25 katında olup, bunlar az miktarda hafif ender toprak element (LREE) fakirleşmesi gösterirler (Şekil 6a) ve okyanus sırtı bazaltı (N-MORB) ile karşılaştırabilirler. % 51 den az  $SiO_2$  içeren doleritlerde REE miktarları kondrit değerlerinin 25-50 katı olup hafif LREE zenginleşmesi gösterirler ve "zenginleşmiş okyanus sırtı bazaltına (E-MORB)" benzerler (Şekil 6 b,c). Aynı

zamanda tüm Kalecik ve Edige tektonit birimindeki doleritlerin çok-element profillerinde HFS içerikleri tipik N-MORB'a göre zenginleşmiş olup E-MORB tipi kayalarla karşılaştırılabilirler. Bunun yanında, tüm kayalarda E-MORB'a göre daha fazla LIL element zenginleşmesi de görülür (Şekil 7 a,b,c). Ayrıca, Edige biriminin gabroları içindeki doleritler LIL element zenginleşmesi ile birlikte HFS elementlerince fakirleşmişlerdir, böylece hem MORB hem de ada yayı bazalt (IAB) özelliklerini taşımaktadırlar (Şekil 8, 9).



Şekil 5. Ankara ofiyolitli melanjına ait tüm kayaların P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ve Zr içerikleri (ayırım çizgisi, Floyd ve Winchester, 1975).

#### 4.1.2. Plajiyogranit dayk kayaları

Plajiyogranitlerin SiO<sub>2</sub> içerikleri %59 ile %74 arasında değişmektedir. K<sub>2</sub>O düşük (%0.02- %1.40), Na<sub>2</sub>O %4.09 ile %5.59 arasındadır (Çizelge 3). P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - Zr diyagramında toleyitik alana düşerler (Şekil 5). REE ve çok-element içerikleri (Şekil 6c ve 7c) okyanus sırtı plajiyogranitleri ile uyumludur (Coleman, 1977).

#### 4.1.3. Toleyitik Bazaltlar

Ofiyolitli melanj hamuru içindeki üç bazalt ve bir ince taneli gabro çakılının kimyasal bileşimleri (Ek, Ek 2) bunların da tipik N-MORB niteliğinde olduğunu göstermektedir (Şekil 5). Bu bazaltların REE ve çok element içerikleri tüketilmiş okyanus sırtı bazaltınkilere (N-MORB) uymaktadır (Şekil 10 ve 11) (BM3 örneği diğerlerine göre çok düşük REE içermektedir).

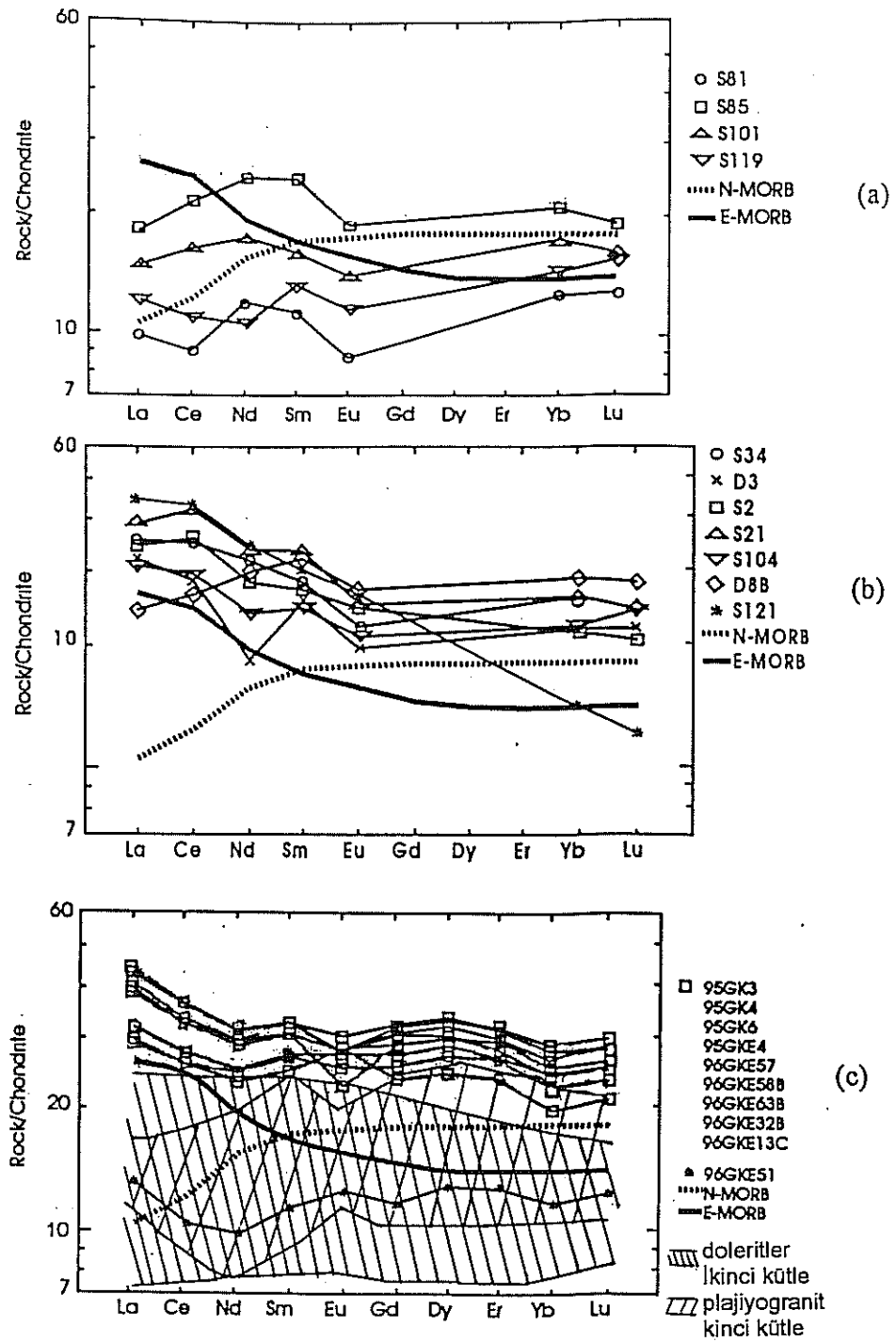
**Çizelge 2.** Kalecik kütlesi (a) ve kuzeydoğusundaki küçük kütlenin (b) mafik dayk kayalarında ana-iz element analizleri (XRF, REE CP-MS ile Miami Üniversitesi).

**Çizelge 2a.**

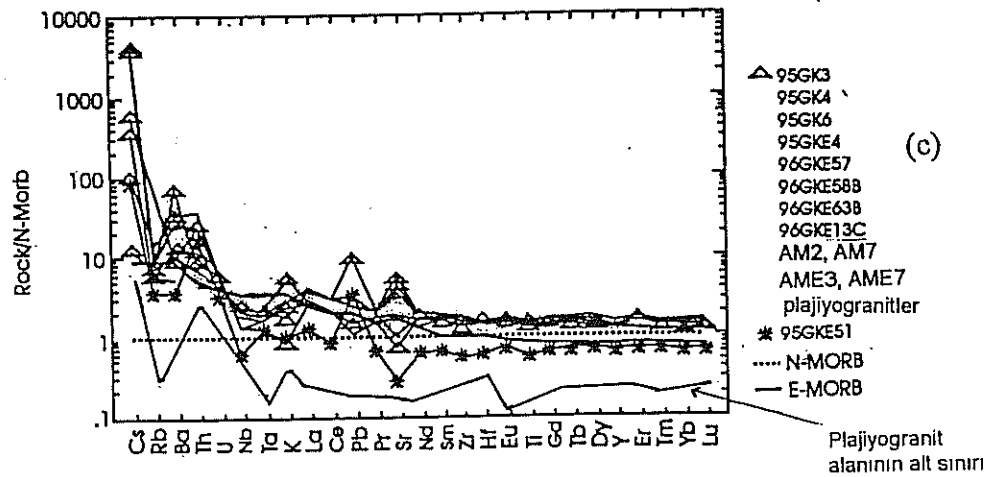
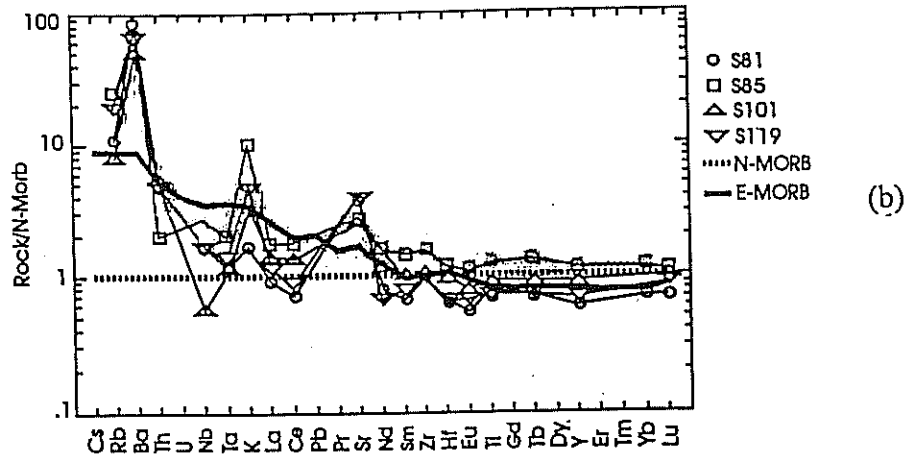
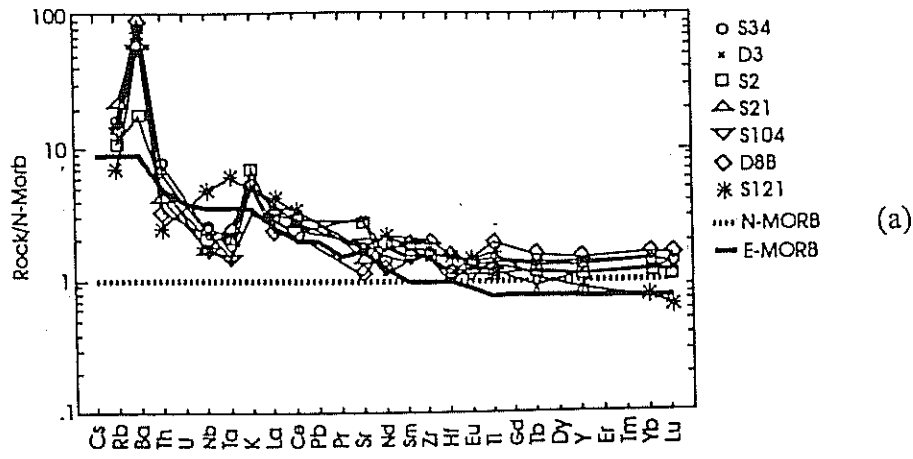
	95GK3	95GK4	95GK6	95GKE4	96GKE51	96GKE57	96GKE58B	96GKE63B
SiO <sub>2</sub>	42.33	51.08	49.45	52.53	48.93	50.45	47.08	44.73
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.9	13.45	13.52	12.53	11	12.97	11.18	13.45
TiO <sub>2</sub>	1.89	1.66	1.68	1.82	0.67	1.74	1.55	1.68
FeO	12.68	11.91	13.23	12.69	9.07	12.31	12.21	10.58
MnO	0.31	0.23	0.22	0.23	0.18	0.23	0.22	0.18
CaO	9.79	9.18	10.91	7.93	15.3	8.66	13.11	16.21
MgO	16.24	7.04	6.41	6.67	10.54	6.3	8.67	7.4
K <sub>2</sub> O	0.17	0.34	0.36	0.39	0.07	0.37	0.12	0.06
Na <sub>2</sub> O	0.39	3.79	2.89	3.89	0.41	3.41	1.22	0.55
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.17	0.17	0.21	0.22	0.06	0.21	0.23	0.16
LOI	2.54	1.20	1.04	0.85	3.12	1.69	3.06	3.65
<b>Total</b>	<b>99.41</b>	<b>100.05</b>	<b>99.92</b>	<b>99.75</b>	<b>99.35</b>	<b>98.34</b>	<b>98.65</b>	<b>98.65</b>
Ni	23	21	25	48	91	59	37	50
Cr	71	70	84	130	624	134	103	232
Sc	35	35	38	32	41	35	45	49
V	†471	363	383	378	273	†462	337	453
Ba	33	60	503	188	22	185	52	33
Rb	3	4	4	5	2	7	0	0
Sr	64	174	510	402	24	208	71	71
Zr	88	101	126	119	39	91	113	84
Y	33	37	40	41	18	39	39	39
Nb	5.6	3.7	5.7	4	1.3	3.4	4.8	2.8
Ga	11	17	21	16	11	17	15	18
Cu	19	53	29	55	72	55	80	0
Zn	64	86	77	95	70	92	90	59
Pb	0	0	1	0	1	0	3	0
Th	3	0	1	3	2	4	3	3
Hf	2.44	2.77	3.1	3.14	1.16	2.64	3.13	2.59
Ta	0.24	0.24	0.29	0.25	0.15	0.18	0.29	0.16
U	0.22	0.21	0.26	0.29	0.14	0.28	0.28	0.26
Cs					0.64	24.94	3.91	0.71
La	6.87	7.42	9.25	9.17	3.03	8.19	9.66	6.81
Ce	15.37	16.67	20.29	19.96	6.18	17.66	21.46	15.31
Pr	2.13	2.31	2.81	2.73	0.83	2.43	2.9	2.25
Nd	10.53	11.64	13.66	13.37	4.44	12.1	14.01	11.24
Sm	3.68	4.07	4.64	4.71	1.67	4.41	4.75	4.09
Eu	1.59	1.43	1.59	1.29	0.7	1.42	1.52	1.51
Gd	4.67	5.14	5.71	5.73	2.31	5.85	6.04	5.54
Tb	0.91	1.02	1.13	1.13	0.46	1.1	1.13	1.06
Dy	5.93	6.78	7.42	7.42	3.12	7.39	7.34	7.1
Ho	1.3	1.47	1.6	1.63	0.7	1.62	1.58	1.54
Er	3.76	4.3	4.59	4.78	2.03	4.58	4.39	4.33
Tm	0.54	0.61	0.65	0.68	0.3	0.67	0.65	0.65
Yb	3.21	3.71	3.94	4.18	1.89	4.09	3.9	3.98
Lu	0.51	0.58	0.63	65	0.3	0.63	0.61	0.61

Çizelge 2b.

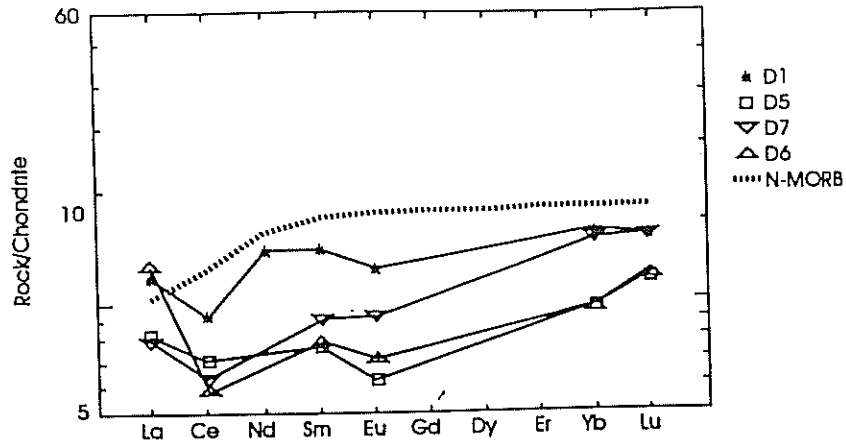
	96GKE13 C	96GK32	97AM2	97AM7	97AME 3	97AME 7	98ULK02	98SVS0 3
SiO <sub>2</sub>	40.86	34.71	56.03	53.86	50.24	51.73	50.93	49.83
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.32	13.60	15.95	16.03	15.95	16.34	19.29	14.30
TiO <sub>2</sub>	1.64	1.46	1.032	0.663	1.713	0.869	1.071	0.417
FeO	15.01	13.18	10.41	8.54	11.13	8.65	6.64	8.37
MnO	0.28	0.25	0.164	0.155	0.188	0.176	0.136	0.159
CaO	11.02	20.45	5.51	7.47	9.70	9.95	8.29	8.45
MgO	12.86	8.55	4.33	7.46	5.66	7.14	4.53	12.72
K <sub>2</sub> O	0.21	0.01	0.13	0.93	0.24	1.31	3.47	0.10
Na <sub>2</sub> O	0.84	0.26	5.59	3.92	4.00	2.81	3.16	5.05
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.22	0.187	0.084	0.061	0.180	0.082	0.639	0.030
LOI	5.42	-	2.58	2.55	1.51	3.06	3.85	6.54
Total	100.68	92.66	99.23	99.09	99.00	99.05	98.15	99.43
Ni	46	40	10	37	56	34	24	86
Cr	140	174	23	114	69	61	15	332
Sc	45	55	38	45	36	39	18	46
V	432	424	340	270	365	280	203	264
Ba	79	31	21	71	104	116	†2327	17
Rb	3	0	2	12	2	20	71	5
Sr	310	193	66	201	159	448	1243	89
Zr	107	96	49	30	101	48	230	18
Y	43	39	25	17	35	21	23	14
Nb	2.9	3.0	3.2	3.0	5.8	3.2	15.7	0.9
Ga	18	9	12	13	21	17	18	9
Cu	0	0	19	9	156	42	74	168
Zn	107	113	61	19	65	47	80	58
Pb	0	2	0	0	0	4	63	0
Th	5	4	2	1	2	2	25	0
Hf	3.05	2.72	1.40	0.88	2.77	1.31		
Ta	0.21	0.18	0.08	0.06	0.24	0.09		
U	0.37	0.34	0.08	0.10	0.23	0.10		
Cs	2.42	0.85	0.07	0.29	11.18	17.56		
La	10.02	9.16	2.59	1.41	8.14	3.85		
Ce	21.15	18.77	6.14	3.08	17.92	8.03		
Pr	2.83	2.57	0.93	0.50	2.47	1.13		
Nd	13.66	12.49	5.17	2.74	12.09	5.38		
Sm	4.73	4.37	2.15	1.21	4.08	1.92		
Eu	1.67	1.49	0.84	0.54	1.50	0.85		
Gd	6.24	5.82	3.19	1.92	5.34	2.87		
Tb	1.2	1.10	0.62	0.39	1.01	0.54		
Dy	8.05	7.50	4.31	2.69	6.62	3.65		
Ho	1.75	1.63	0.95	0.58	1.44	0.79		
Er	4.99	4.53	2.66	1.66	3.94	2.20		
Tm	0.73	0.68	0.39	0.24	0.58	0.32		
Yb	4.58	4.13	2.49	1.61	3.54	2.09		
Lu	0.71	0.66	0.40	0.26	0.55	0.33		



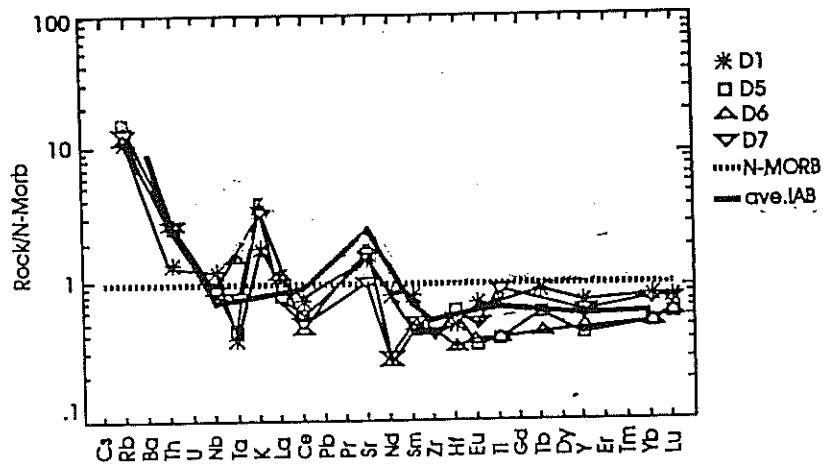
Şekil 6. Edige ve Kalecik doleritlerinin ve plajiyogranitlerinin Kondrit'e göre normalize edilmiş REE değişimi (a) Edige dolerit,  $\text{SiO}_2 > 51$ ; (b) Edige dolerit,  $\text{SiO}_2 < 51$ ; (c) Kalecik doleritleri (both  $\text{SiO}_2 < 51$  ve  $\text{SiO}_2 > 51$ ) ve plajiyogranitleri. (Kondrit'e göre normalize değerleri: Sun ve McDonough, 1989).



Şekil 7. Edige ve Kalecik doleritlerinin ve plajiyogranitlerinin MORB'a göre normalize edilmiş çok-element değişimi (a) Edige dolerit,  $\text{SiO}_2 < 51$ ; (b) Edige dolerit,  $\text{SiO}_2 > 51$ ; (c) Kalecik doleritleri ve plajiyogranitleri. (MORB'a göre normalize değerleri: Sun ve McDonough, 1989).



Şekil 8. Edige kütlesi içindeki ada yayı (IA) etkili doleritlerin Kondrit'e göre normalize edilmiş REE değişimi. (Kondrit'e göre normalize değerleri: Sun ve McDonough, 1989).

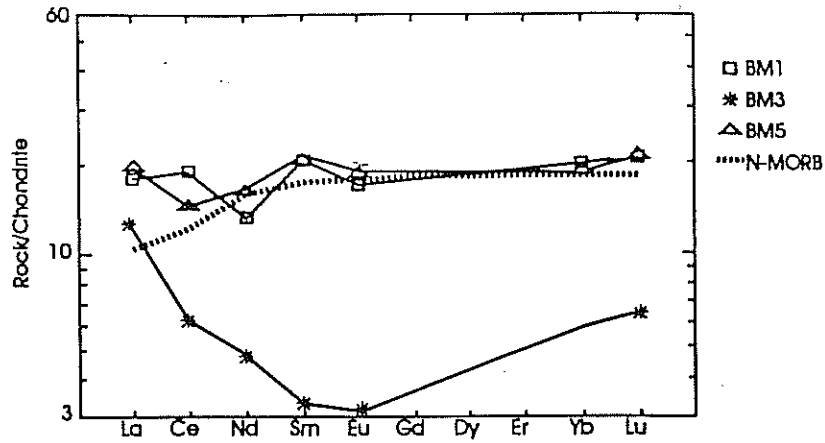


Şekil 9. Edige kütlesi içindeki ada yayı (IA) etkili doleritlerin MORB'a göre normalize edilmiş çok-element değişimi. (MORB'a göre normalize değerleri: Sun ve McDonough, 1989).

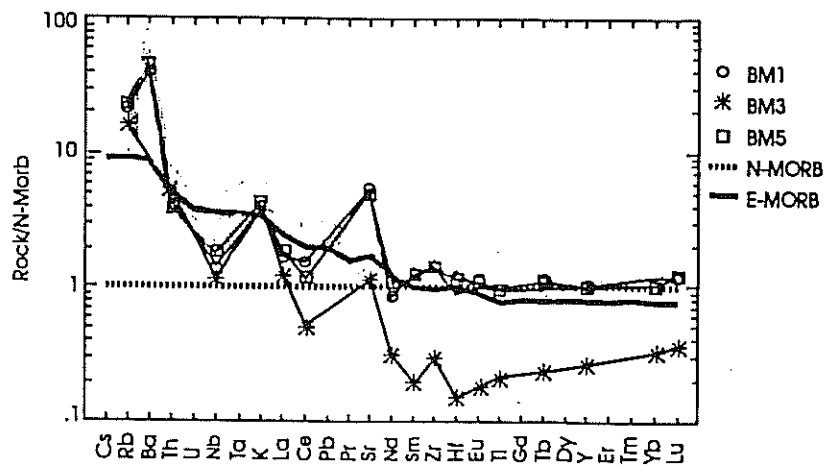
Çizelge 3. Kalecik kütlesinin kuzeydoğusundaki küçük kütleli plajiyogranit dayk kayalarındaki ana-iz element analizleri (XRF, REE CP-MS ile Miami Üniversitesi).

	97AM1	97AM3	97AM4	97AM5	97AM6	97AME4	97AME6
SiO <sub>2</sub>	71.36	71.21	79.32	72.85	74.31	59.21	74.37
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.10	16.29	11.36	12.99	12.44	14.95	13.64
TiO <sub>2</sub>	0.278	0.203	0.133	0.331	0.306	0.578	0.191
FeO	2.02	2.04	1.80	3.64	3.38	7.88	1.98
MnO	0.043	0.020	0.016	0.025	0.029	0.190	0.028
CaO	3.54	2.74	0.56	2.52	2.58	7.02	3.14
MgO	0.72	0.40	0.23	0.74	0.82	5.98	0.60
K <sub>2</sub> O	1.40	0.75	0.23	0.20	0.04	0.32	0.02
Na <sub>2</sub> O	4.09	5.56	5.63	5.55	5.50	3.06	5.59
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.101	0.033	0.024	0.058	0.063	0.049	0.039
LOI	1.45	1.17	1.23	1.31	1.45	2.04	2.41
Total	98.65	99.25	99.30	98.91	99.47	99.24	99.60
Ni	3	7	8	3	7	56	6
Cr	1	1	0	2	1	244	0
Sc	7	19	15	15	12	36	5
V	42	13	8	33	19	174	42
Ba	508	89	33	11	2	61	11
Rb	36	9	4	2	2	3	1
Sr	251	228	68	61	30	108	41
Zr	141	196	135	78	84	33	30
Y	13	49	29	26	23	19	13
Nb	6.4	2.9	2.5	3.9	5.4	3.4	3.8
Ga	13	18	11	14	9	12	9
Cu	10	5	23	19	3	3	17
Zn	39	11	7	18	19	55	15
Pb	10	1	0	0	0	1	0
Th	8	2	0	1	1	2	1
Hf	3.70	6.30	4.30	2.36	2.73	1.08	1.25
Ta	0.44	0.16	0.06	0.15	0.14	0.11	0.09
U	1.86	0.35	0.24	0.20	0.22	0.13	0.14
Cs	1.24	0.19	0.33	0.06	0.14	0.25	0.31
La	18.89	5.41	3.67	3.95	4.60	2.05	1.40
Ce	31.02	12.72	8.65	7.55	9.54	4.15	2.68
Pr	3.06	1.90	1.27	0.94	1.19	0.61	0.36
Nd	11.41	10.60	7.17	4.68	5.78	3.11	1.85
Sm	2.43	4.36	2.87	1.76	2.14	1.40	0.80
Eu	0.71	1.20	0.83	0.90	0.73	0.55	0.50
Gd	2.28	6.27	4.14	2.88	2.95	2.32	1.29
Tb	0.38	1.27	0.81	0.57	0.57	0.46	0.25
Dy	2.26	8.72	5.44	3.99	3.83	3.21	1.73
Ho	0.44	1.92	1.19	0.93	0.84	0.73	0.39
Er	1.20	5.35	3.29	2.65	2.42	2.12	1.15
Tm	0.18	0.80	0.48	0.39	0.35	0.32	0.18
Yb	1.14	5.21	3.09	2.42	2.26	2.07	1.18
Lu	0.19	0.86	0.51	0.39	0.35	0.33	0.20





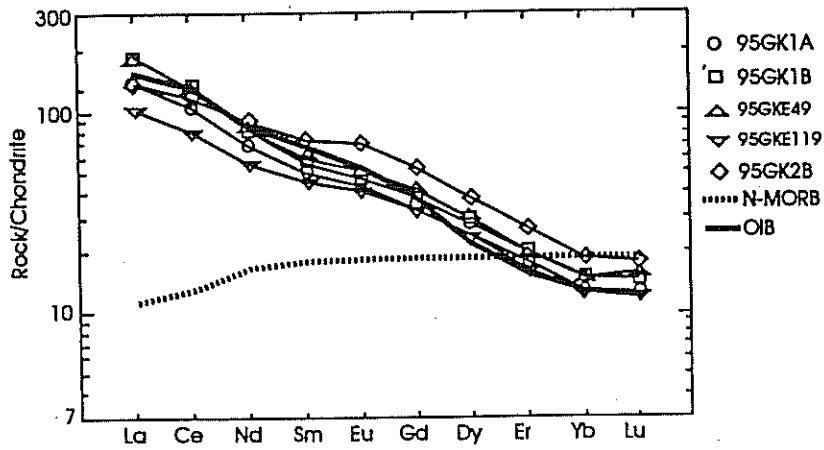
Şekil 10. Ankara ofiyolitli melanji içindeki toleyitik bazaltların Kondrit'e göre normalize edilmiş REE değişimi. (Kondrit'e göre normalize değerleri: Sun ve McDonough, 1989).



Şekil 11. Ankara ofiyolitli melanji içindeki toleyitik bazaltların MORB'a göre normalize edilmiş çok-element değişimi. (MORB'a göre normalize değerleri: Sun ve McDonough, 1989).

#### 4.1.4 Alkali bazaltlar

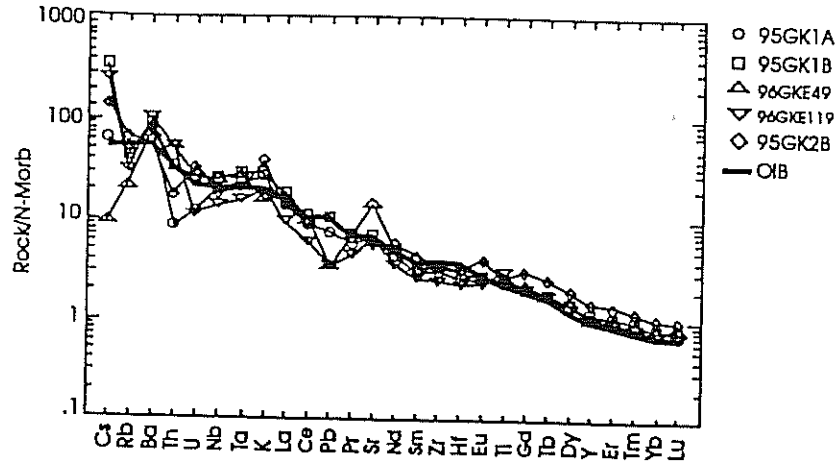
Bazalt mega bloklarını oluşturan lavlardan alınan kayaç örneklerinin  $\text{SiO}_2$  içerikleri % 45.18 ile %56.91 arasında değişmekte, ve toplam alkali içerikleri  $>5\%$  dir.(Çizelge 4). Bu kayaçların jeokimyası bazalt çakıllarından (toleyitik bazaltlar) farklı olup alkali niteliği gösterirler (Şekil5). REE, çok element (Şekil 12 ve 13) içerikleri ile rift tipi bazalta benzemektedir. Düşük Ni (40 - 57 ppm) ve Cr (57 - 109 ppm) değerleri ile 47 ile 54 arasında değişen Mg numaraları, ana magmanın püskürmeden önce bir miktar ayrılaşmaya uğradığını göstermektedir. Ancak, REE profillerinde Eu anomali olmaması (Şekil 12) plajiyoklazın bu süreçte katılmadığını göstermektedir. Nb<sub>x</sub>2 - Zr/4 - Y diyagramında (Şekil 14) tipik okyanus adası bazalt (OIB) alanına düşerler.



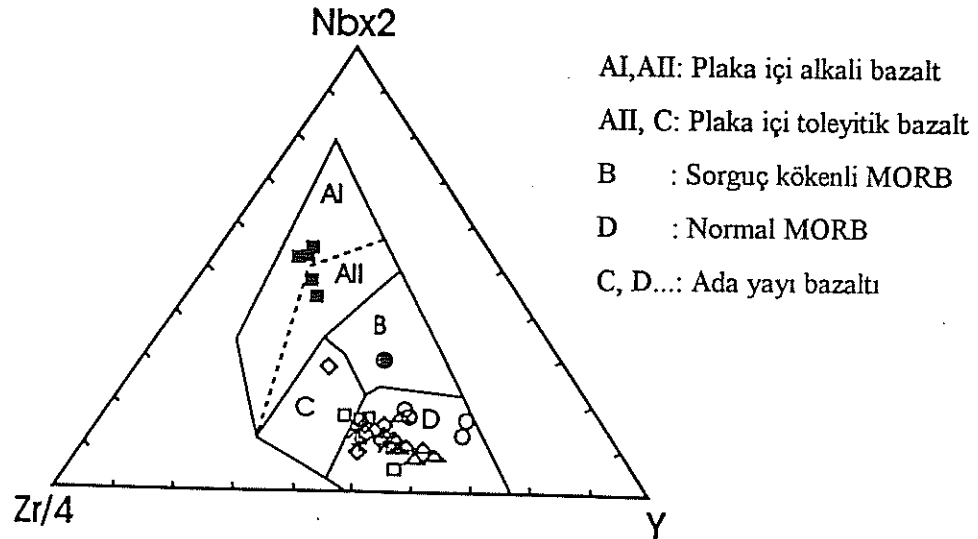
Şekil 12. Ankara ofiyolitli melanjı içindeki alkali bazaltların Kondrit'e göre normalize edilmiş REE değişimi. (Kondrit'e göre normalize değerleri: Sun ve McDonough, 1989).

Çizelge 4. Alkali bazaltların major ve iz element analizleri. (XRF, REE ICP-MS ile Miami Üniversitesi).

	95GK1A	95GK1B	96GKE49	96GKE119	96GK2B
SiO <sub>2</sub>	49.47	46.53	46.33	45.18	56.91
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.88	15.62	15.03	13.66	17.48
TiO <sub>2</sub>	2.85	3.22	3.26	3.70	3.13
FeO*	10.51	11.85	10.79	11.79	5.3
MnO	0.12	0.17	0.16	0.15	0.04
CaO	10.08	8.47	9.07	10.25	3.17
MgO	6.24	6.20	5.76	5.33	1.28
K <sub>2</sub> O	1.87	2.07	1.08	1.33	2.61
Nu <sub>2</sub> O	3.75	3.06	3.65	3.54	5.72
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.45	0.53	0.58	0.31	0.76
LOI	1.45	1.86	3.54	4.81	3.31
<b>Total</b>	<b>99.67</b>	<b>99.58</b>	<b>99.25</b>	<b>100.05</b>	<b>99.71</b>
Ni	40	50	54	57	12
Cr	57	65	1521	109	45
Sc	22	24	29	36	16
V	288	330	344	405	153
Ba	530	626	438	630	355
Rb	25	23	12	17	36
Sr	526	639	1248	557	488
Zr	226	252	275	179	255
Y	27	32	29	25	40
Nb	†47	†57	54.5	31.3	40.9
Ga	14	23	27	23	22
Cu	71	102	98	75	41
Zn	97	117	105	103	249
Pb	0	3	1	1	0
Th	1	4	6	6	2
Hf	5.35	6.1	6.14	4.44	6.43
Ta	2.96	3.67	3.55	1.97	2.46
U	0.56	1.22	1.12	0.49	1.48
Cs			0.06	1.73	1
La	32.56	42.85	42.02	23.07	32.54
Ce	64.73	80.5	79.46	46.23	68.84
Pr	7.54	8.92	9.04	5.63	8.78
Nd	31.72	36.65	37.3	25.01	40.22
Sm	7.59	8.41	8.78	6.6	0.82
Eu	2.45	2.68	2.84	2.28	3.92
Gd	6.77	7.5	7.95	6.4	10.68
Tb	1.1	1.19	1.22	1	1.63
Dy	6.15	6.7	6.94	5.81	9.12
Ho	1.13	1.29	1.29	1.06	1.66
Er	2.88	3.22	3.11	2.58	4.09
Tm	0.37	0.43	0.42	0.34	0.54
Yb	2.12	2.41	2.39	1.96	3.01
Lu	0.31	0.35	0.37	0.29	0.43



Şekil 13. Ankara ofiyolitli melanjı içindeki alkali bazaltların MORB'a göre normalize edilmiş çok-element değişimi. (MORB'a göre normalize değerleri: Sun ve McDonough, 1989).



Şekil 14. Ankara ofiyolitli melanjına ait tüm kayaçlarda Nb<sub>x</sub>2-Zr/4-Y değişimi (Meschede, 1986).

## 4.2. İZOTOP ANALİZLERİ

Kayaçlar şiddetle bozuşmaya uğradığından petridotit kütlesi içindeki dayklardan alınan 4 dolerit ve 2 plajiyogranit örneği izotop analizleri için uygun bulunarak seçilebilmiştir. Melanj içindeki çakıllara ait toleyitik bazaltların ve megabloklara ait alkali bazaltların izotop analizleri ayırışmadan dolayı yapılamamıştır. İzotop analizleri Mahoney ve diğ., (1998) tarafından geliştirilmiş bir yöntem uygulanarak gerçekleştirilmiştir. Seçilen 6 dayk kayacı örneğinin asit-yıkaması (acid leaching) yapılmadan elde edilen izotop analizleri Çizelge 5a'da verilmektedir. Yalnızca iki örneğin (S104, 96GKE4) ilksel bileşim izotop verileri elde edilebilmiştir. Diğerleri güncel (present day) değerleridir. İlksel bileşime göre düzeltme izotopça seyreltilmiş element miktarlarına göre yapılmıştır (Çizelge 5b).

**Çizelge 5a.** Dayk kayaçlarının güncel izotop analizleri

Örnek no	Kayaç türü	$\epsilon_{Nd}$ *	$^{87}Sr/^{86}Sr^*$	$^{206}Pb/^{204}Pb$	$^{207}Pb/^{204}Pb$	$^{208}Pb/^{204}Pb$
S-104	dolerit	+6.0	0.70407	18.214*	15.533*	38.243*
GKE3	dolerit	+5.9	0.70476	20.349	15.692	41.274
96GKE4	dolerit	+5.7	0.70471	18.303*	15.543*	38.189*
97AM7	dolerit	+5.5	0.70463	19.254	15.680	38.889
97AME4	plajiyogranit	+3.2	0.70578	19.210	15.648	39.246
97AM5	plajiyogranit	+3.9	0.70491	19.109	15.638	39.191

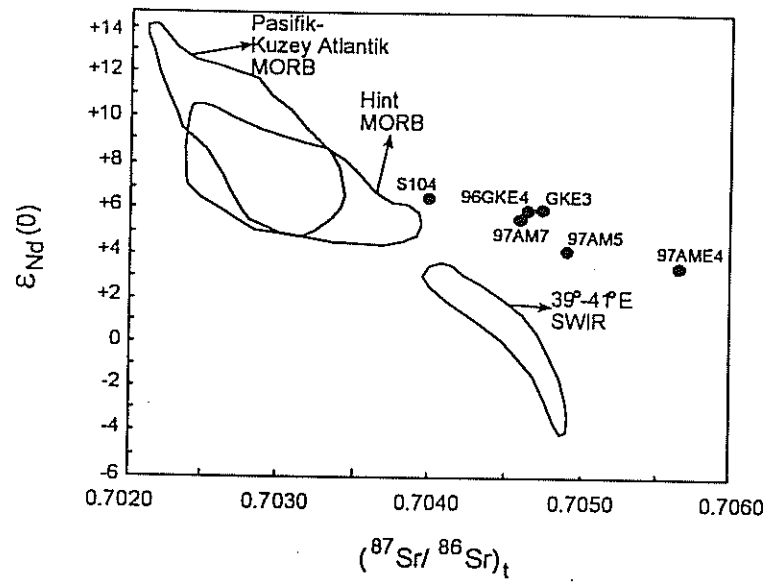
\* ilksel değere göre düzeltilmiş (age corrected)

**Çizelge 5b.** İzotop seyreltilmiş element miktarları

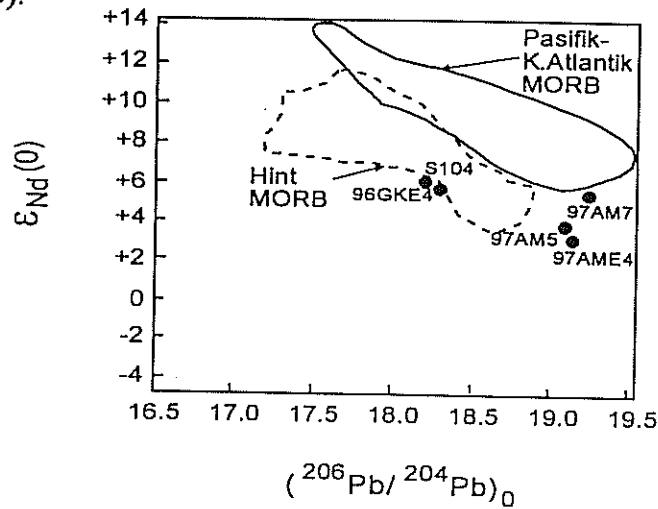
Örnek no	Kayaç türü	Nd	Sm	Sr	Rb	Pb	U	Th
S-104		11.61	3.561	167.2	12.4	1.013	0.1481	0.6667
96GKE4		11.26	3.447	672.6	4.39	0.3223	0.2094	0.9654

Kalecik ve Edige kütleleri doleritleri benzer izotop içeriği gösterirler (Çizelge 5a). Kayaçların  $^{87}Sr/^{86}Sr$  oranları doleritlerde 0.70407 ile 0.70476 arasında, plajiyogranitlerde 0.70491 ile 0.70578 arasında değişmektedir. Bu oranlar, tipik N-MORB (0.70229 ile 0.70360), ve E-MORB (0.70280 ile 0.70334) oranlarından (Rollinson,1993) yüksektir. Özellikle plajiyogranitler (AME4 ve AM5), Şekil 15'de okyanus sırtı bazalt alanlarının dışında yer

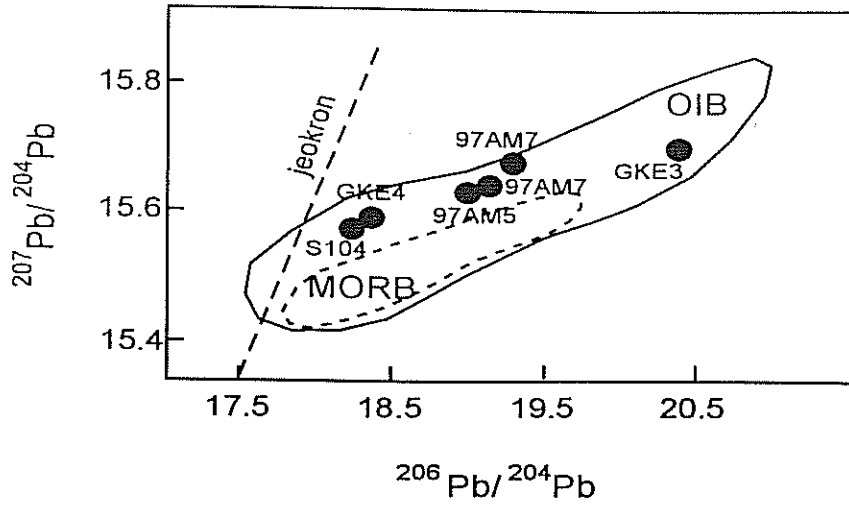
almaktadırlar. Ancak, asit yıkaması uygulanarak yapılan analizlerde Sr izotop oranlarının bir miktar daha düşük çıktığı Mahoney et al. tarafından yayınlanmıştır (1998), dolayısı ile elde edilen yüksek değerler, söz konusu yöntemin kullanılmamasına da bağlanabilir.  $\epsilon_{Nd}$  değerleri ve Pb izotop oranları Pasifik ve Kuzey Atlantik okyanus sırtındakilerden düşüktür (Şekil 16). Buna karşın, 18.210 ile 20.349 arasında değişen  $^{206}Pb/^{204}Pb$ , 15.533 ile 15.692 arasında değişen  $^{207}Pb/^{204}Pb$  (Şekil 17a), ve 38.189 ile 41.274 arasında değişen  $^{208}Pb/^{204}Pb$  oranları E-MORB' unkilere (Rollinson, 1993) yakındır ve Hint okyanusu sırtı bazaltlara (Mahoney ve diğ., 1998) benzemektedirler (Şekil 17b).



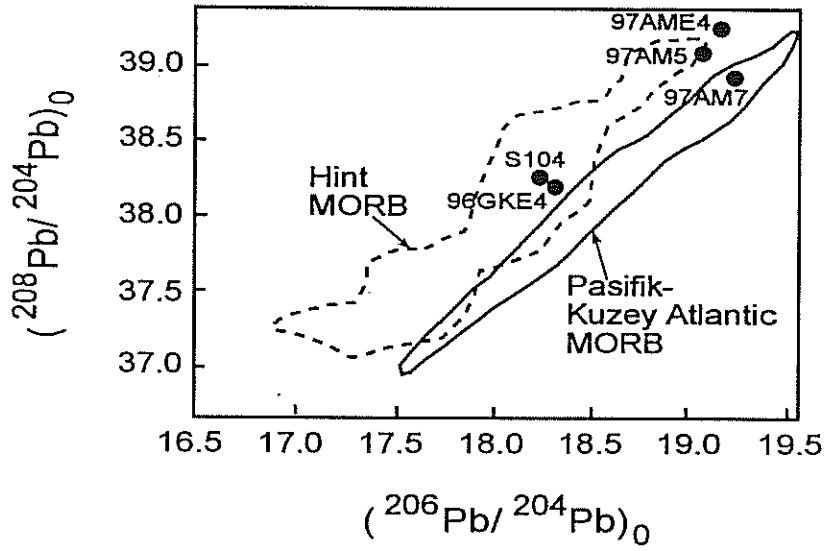
Şekil 15. Dolerit ve plajiyogranitlerde  $\epsilon_{Nd}(t)$  vs  $(^{87}Sr/^{86}Sr)_t$  diyagramı (Mahoney ve diğ., 1998).



Şekil 16. Dolerit ve plajiyogranitlerde  $\epsilon_{Nd}(t)$  vs  $(^{206}Pb/^{204}Pb)_0$  diyagramı (Mahoney ve diğ., 1998).



(a)



(b)

Şekil 17. Dolerit ve plajiyogranitlerde (a)  $(^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})$  vs  $(^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})$  diyagramı (Wilson, 1989); (b)  $(^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})_0$  vs  $(^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})_0$  diyagramı (Mahoney ve diğ., 1998).

## 5. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 5.1.PETROJENEZ

Ankara melanjının ofiyolitik melanj zonu iki farklı grup volkanizma ürünü içerir: i) birinci grup volkanik kayalar ofiyolitik türde olup, ultramafik kütlelerini kesen doleritik dayk kayaları, plajiyogranitler ve melanj içindeki çakılları oluşturan toleyitik bazaltlardır, ii) diğer grup volkanikler alkali nitelikte olup, melanj içindeki mega blokları oluşturan bazaltlardır. Elde edilen sonuçlar her iki grup için aşağıda ayrı ayrı irdelenmiştir.

**Ofiyolitik kayalar:** Kalecik ve Edige kütleleri içindeki daykları oluşturan doleritler ve melanj içindeki toleyitik bazalt çakılları ana ve iz elementlerine göre tüketilmiş okyanus sırtı bazaltı bileşimindedirler. Toleytik bazaltlar REE ve uyumsuz element içeriklerine göre tipik N-MORB niteliğini (Şekil 10 ve 11), tektonitler içindeki doleritler ise HFS içeriklerine göre tipik N-MORB'a göre (Şekil 8 ve 9) "zenginleşmiş okyanus sırtı bazaltı -E-MORB-" niteliğini gösterirler. Ayrıca, tüm ofiyolitik mafik kayalar E-MORB' a göre LIL elementlerce zenginleşmişler (Şekil 8,9,11). Diğer taraftan, Edige biriminin gabroları içindeki doleritler LIL element zenginleşmesinin yanı sıra HFS elementlerce fakirleşerek ada yayı (IA) ortamı etkisinin de izlerini taşımaktadırlar. Plajiyogranitler de toleyitik nitelikte olup (Şekil 5), REE ve çok-element içerikleri okyanus sırtı plajiyogranitleri ile uyumludur (Coleman, 1977).

Proje kapsamı içindeki kayaların izotop içerikleri ilk olarak bu çalışma ile elde edilmiştir. Dolerit ve plajiyogranitlerin yüksek Sr izotop oranları ve düşük Nd izotop içerikleri okyanus sırtı kayalardan farklı bir niteliğe işaret ettiği halde Pb izotop verileri N- ve E-MORB' a yakındır (Rollinson,1993). Benzer izotop verileri Hint oyanusu sırtı bazaltlarda da görülmüştür Mahoney ve diğ., 1998). Mahoney bu kayalardaki Sr değerlerinin yüksek olmasını, deniz suyunda yüksek olan Sr izotop oranı (0.709)'nın etkisi olarak açıklamaktadır. Deniz suyundaki Pb izotop oranları ise düşük olduğundan herhangi bir etkinin söz konusu olmadığını ve Pb izotop verilerinin Sr verilerine göre gerçeğe daha yakın olduğunu ileri sürmektedir. Ankara melanji içindeki dolerit ve plajiyogranitlerin izotop verileri için de aynı yorum yapılabilir.

Kalecik ve Edige tektonit birimlerindeki, E-MORB niteliğinde olan doleritlerin çok benzer olan jeokimyasal bileşimleri (ana, iz element ve izotop), bunların eşkökenli olabileceklerine işaret etmektedir. Çakıllara ait, RRE ve çok elementlerine göre N-MORB



niteliğinde olan toleyitik bazaltlar, büyük olasılıkla ofiyolitik dizilimin en üstündeki bazalt birimini temsil etmektedirler. Dolerit ve toleyitik bazaltların jeokimyası bunların, tüketilmiş astenosferik mantonun bölümsel ergimesi ile oluşan N- veya E- MORB tipi magmadan oluştuğlarına işaret etmektedir. Edige kümülat gabro birimini kesen ve kuvvetli ada yayı etkisi gösteren daykların kaynağının ise, tüketilmiş astenosferik mantonun sonraki bir evrede ergimesi ile oluşan ve yitim zonu etkisinde kalan bir magma olabileceği ileri sürülebilir.

**Alkali bazaltlar:** Ofiyolitik melanj içindeki mega-bloklara ait alkali bazaltların REE ve çokelement içerikleri, bunların okyanus adası bazalt (OIB) tipi olduklarını açığa çıkarmaktadır ve kayaçların magma kaynağının, ofiyolitik kayaçlardan farklı olarak, manto sorgucu (mantle plume) ergimesi ile oluşmuş olabileceğini göstermektedir. Bunların jeokimyası kuzeybatı Pasifikteki Tuzo Wilson (Cousens ve diğ., 1985) alkali bazaltik deniz tepciklerinin jeokimyasına benzemektedir. Ankara melanjı içindeki alkali bazaltik megabloklar da büyük olasılıkla deniz tepciklerini oluşturan bazaltlardan kopmuş bloklardır.

## 5.2. TEKTONİK GELİŞME

Ankara melanjının kuzeydoğusunda yer alan ofiyolitik melanj zonu, serpantinleşmiş peridotit ve kümülat gabro blokları ve bazalt çakılları, eksik dizimli ofiyolitik kütleler (km boyutlarında) ve plaka içi alkali niteliğindeki bazalt mega bloklarını içerir. Ofiyolitik kütlelerin diğer birimlerle dokanakları faylıdır. Doleritik dayk ve toleyitik bazalt çakıllarının MORB nitelikleri, bunların Neo-Tetis okyanusunun kuzey koluna ait litosfer malzemesini temsil ettiklerine işaret etmektedir. Kalecik ve Edige kütlelerinin tektonit birimlerindeki kayaçlarda görülen manto kökenli ilksel yüksek sıcaklık akma dokuları (mantle flow fabric) da bu yorumu desteklemektedir. Ofiyolitik kütleler için tahmin edilen oktanus sırtı kökeni, Geç Mezozoikde kuzeyde Rodop - Pontid kıtasal parçası ve güneyde Torid Anatolid platformu arasında kalan bir Neotetis baseni bulunduğu varsayılırsa (Şengör ve Yılmaz, 1981; Dilek ve Moores, 1990), Doğu Akdeniz Tetis alanının bölgesel rekonstruksiyonu ile uyumludur.

Daha önceki çalışmalarda (Çapan ve Floyd, 1985; Tankut, 1990; Floyd, 1993) deniz tepcik silsilelerinin kalıntısı olarak yorumlanan ve mega-blokları oluşturan alkali bazaltların, jeokimyasal içerikleri ve derin deniz tortulları ve döküntü akıntılarına ait (debris flow)

çakıllarda ile olan stratigrafik ilişkileri bunların okyanus tabanındaki volkanik oluşuklar olduğunu kanıtlamaktadır. Ancak, bunlar deniz tepecik silsileleri (Orta Pasifik okyanusundaki, Hawaii-Emperor tepecik silsileleri) olabilecekleri gibi küçük tepecik kalıntıları da olabilirler.

Proje çalışması kapsamında elde edilen veriler, Neo-Tetis okyanus litosferinin gelişim sürecinde üç farklı volkanizma evresinden geçtiğini göstermektedir; i) okyanus sırtında N-MORB veya E-MORB -tipi volkanizma, tüketilmiş astenosferik mantonun bölümsel ergimesi ile oluşmuş; ii) okyanus adası - rift tipi volkanizma, dar bir alanda gelişmiş, manto sorgucu ergimesi ile oluşmuş; iii) ada yayı etkisindeki MORB-IA tipi volkanizma. Ada yayı (IA) etkisi gösteren MORB nitelikli toleyitik dayk kayaların bulunması, Neo-Tetis okyanusunun kuzey koluna ait okyanus tabanının, daha sonra yitim zonu magmatizması ve sıvı akımı süreçlerinden etkilendiğini ortaya çıkarmaktadır. Bu da, Neo-Tetis okyanus tabanının, okyanus ortasında oluşuktan sonra, tektonik gelişme sürecinde, üzerindeki tüm volkanik malzeme ile birlikte, supra - yitim zonu yerleşiminde de yer aldığı izlenimini vermektedir. Benzer tektonik gelişme güneyde İç-Toros okyanusundaki Neo-Tetis okyanus kabuğunun gelişmesi için öne sürülmüştür (Dilek ve Thy, 1992; Lytwyn ve Casey, 1995; Dilek ve diğ., 1998). Volkanizmanın bu kronolojik gelişimi, Şengör ve Yılmaz (1981) ve Dilek ve Moores (1990)' un ileri sürdükleri Neo-Tetisin Geç Jura- Orta Kretasedeki tektonik evrimi ve Geç Kretasedeki bölgesel sıkışma ve çarpışma süreçleri ile uyumludur.

## 6. SONUÇLAR

1. Ofiyolitik melanj içinde ofiyolitik ve alkali bazalt olarak iki ayrı kayaç grubu bulunmaktadır.

2. Ofiyolitik dayk kayaçları ve toleyitik bazaltlar

\*Okyanus sırtı malzemesini temsil etmektedirler.

\*N- MORB ve E-MORB türü köken magmalardan gelmektedirler.

\*Magmaları tüketilmiş astenosferik mantonun bölümsel ergimesi ile oluşmuştur.

\*Magmalar değişik oranlarda yitim zonundan etkilenmişlerdir.

\*Neo-Tetis okyanusunun kuzey koluna ait litosfer malzemesinin kalıntılarıdır.

3. Alkali bazaltlar

\*Okyanus adası malzemesini temsil etmektedirler.

\*Magmaları manto sorgucu (mantle plume) ergimesi ile oluşmuştur.

\*Deniz tepeciklerini oluşturan bazaltlardan kopmuş bloklardır.

4. Ada yayı toleyiti

\*Magmaları tüketilmiş astenosferik mantonun yitim zonu ortamında ergimesi ile oluşmuştur.

\*Ada yayı ortamını temsil etmektedirler.

## DEĞİNİLEN BELGELER

- Akyürek, B., Bilginer, E., Dağar, Z., Soysal, Y., Sunu, O.,. Evidences for the ophiolite emplacement around Eldivanlı - Sabanözü (in Turkish), Chamber of Geological Engineers, 9, 5-11, (1979).
- Bailey, E.B. and McCallien, C., The Ankara melange in central Anatolia, Bull. Mineral Res. & Expl. Inst. Turkey (MTA), 40:12-22, (1950).
- Coleman, R.G., Ophiolites. Springer-Verlag, Berlin, (1977).
- Cousens, B.L., Chase, R.L., Schilling, J.-G., Geochemistry and origin of volcanic rocks from Tuzo Wilson and Bowie seamounts, northeast Pasific ocean, Can. J. Earth Sci., 22, 1609-1617, (1985).
- Çapan, U., Lauer, J.P., Whitechurch, H., The Ankara Melange (Central Anatolia): An important element for the reconstruction of Tethyan closure, Bull. Earth Sci. Hacettepe University, Ankara, 10, 35-43, (1983).
- Çapan, U.Z, Floyd, P.A., Geochemical and petrogenetic features of metabasalts within units of the Ankara melange, Turkey, Ofioliti, 10, 3-18. (1985).
- Dilek, Y., Moores, E.M., Regional Tectonics of the Eastern Mediterranean ophiolites: *Ophiolites, Oceanic Crustal Analogues* eds., Malpas, J., Moores, E.M., Panayiotou, A. and Xenophontos, C., Proceedings of the Symposium Troodos 1987, The Geological Survey Department, Nicosia, Cyprus, (1990), p. 295-309.
- Dilek, Y., Thy, P., Structure, petrology, and geochronology of mafic dike intrusions in the Tauride belt (S. Turkey) and Implications for the Neotethyan paleogeography, EOS Transactions, AGU, 73, 546, (1992).
- Dilek, Y., Thy, P., Hacker, B., Grundvig, S., Structure and petrology of Tauride ophiolites and mafic dike intrusions (Turkey): Implications for the Neo-Tethyan ocean, Bull. Geol. Soc. America, (1998).
- Floyd, P.A., Geochemical discrimination and petrogenesis of alkali basalt sequences in part of the Ankara melange, central Turkey, J. Geol. Soc. London, 150, 541-550, (1993).
- Floyd, P.A., Winchester, J.A., Magma type and tectonic setting discrimination using immobile elements. Earth Planet. Sci. Let., 27, 211-218, (1975).
- Gansser, A., Ausseralpine Ophiolit Problem, Eclog. Geol. Helv., 52, 659-680, (1959).
- Koçyiğit, A., Hasanoğlan (Ankara) yöresinin tektonostratigrafisi, Karakaya orojenik kuşağının evrimi, Yerbilimleri, 14, 269-293, (1987).

- Koçyiğit, A., An example of an accretionary forearc basin from northern Central Anatolia and its implications for the history of Neo-Tethys in Turkey, *Geol. Soc. America Bull.*, 103, 22-36, (1991).
- Lytwyn, J.N., Casey, J.F., The geochemistry of postkinematic mafic dike swarms and subophiolitic metabasites, Pozanti-Karsanti ophiolite, Turkey: evidence for ridge subduction, *Bull. Geol. Soc. America*, 107, 830-850, (1995).
- Mahoney, J.J., Frei, R., Tejada, X.X.Mo, Leat, P.T., Nagler, T.F., Tracing the Indian Ocean mantle domain through time: Isotopic results from Old West Indian, East Tethyan, and South Pacific sea floor, *J. Petrology*, 39, 7, 1285-1306, (1998).
- Meschede, M., A method of discriminating between different types of mid-ocean-ridge basalts and continental tholeiites with the Nb-Zr-Y diagram, *Chem. Geol.*, 56, 207-218, (1986).
- Norman, T.N., Ankara Yahşıyan bölgesinde Üst Kretase-Alt Tersiyer sedimentasyonu, *TJK Bült.*, 16, 41-66, (1973).
- Norman, T.N., The role of the Ankara melange in the development of Anatolia (Turkey). *The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean* eds: Dixon J.E. and Robertson A.H.F., *Geol. Soc. London, Spec. Publ.*, 17, (1985), p: 441-447.
- Pearce, J.A., Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries. *Orogenic Andesite Related Rocks* ed: Thorpe R.S., Wiley, Chichester, (1982), p:525-548.
- Rojay, B., Yılmaz, K., Altıner, D., Age and origin of some pillow basalts from Ankara melange and their tectonic implications to the evolution of northern branch of Neotethys, central Anatolia. *International Earth Sciences colloquium on the Aegean Region, Program abstracts*, Izmir, Turkey, (1995).
- Rollinson, H.R., *Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation*, Longman Scientific & Technical, (1993), 352p.
- Streckeiesn, A.L., Classification and nomenclature recommended by the IUGS Subcomission on the systematics of igneous rocks, *Geotimes*, 18, 26-30, (1973).
- Sun, S.-s., McDonough, W.F., Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. *Magmatism in the Ocean Basins*. eds: Saunders, A.D. and Norry, M.J., *Geol Soc. London Spec.Publ.*, (1989), 42, 441-447.
- Şengör, A.M.C., Yılmaz, Y., Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach, *Tectonophysics*, 75: 181-241, (1981).
- Tankut, A., Basic and ultrabasic rocks from the Ankara melange, Turkey. *The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean*. eds: Dixon, J.E. and Robertson A.H.F., *Special Publication of the Geological Society*, (1985), 17, 449-454.

- Tankut, A., Geochemical implications for tectonic setting of the ophiolitic rocks from the ophiolite melange belt of the Ankara Melange, Mineral. Res. Expl. Bull., 110, 17-28, (1990).
- Tankut, A, Sayın, M.N., Edige ultramafic body, Doğa Türk Müh. ve Çevre Bilim. Dergisi, 13-2, 229-224, (1989).
- Tankut, A, Sayın, M.N., Mineral phases in the Edige ultramafic body, Mineral. Res. Expl. Bull., 110, 97-11, (1990).
- Tankut, A., Gorton M.P., Geochemistry of a mafic-ultramafic body in the Ankara Melange, Anatolia, Turkey: Evidences for a fragment of oceanic lithosphere, Ophiolites-Crustal Analogues, 339-349, (1990).
- Tankut, A., Dilek, Y, Önen, A.P., Structure and Petrology of a Tethyan Ophiolite in the Ankara Melange (Ankara Province), Turkey, XXI General Assembly, IUGG, Boulder, Colorado-USA, (1995).
- Wilson, M., *Igneous Petrogenesis*, Unwin Hyman Ltd., (1989), 466p.

## EKLER

Ek 1. Edige kütlesi doleritik dayklarda ana-iz element analizi (XRF, REE NAA ile Toronto Üniversitesi) (a) tektonit birimi içindeki dayklar; (b) kümülat birimi içindeki dayklar (Tankut, 1990 dan alınmıştır).

Ek 1a.

	S81	S85	S101	S119	S34	D3	S2	S21	S104	D8B	S121
SiO <sub>2</sub>	55.36	51.86	55.61	51.59	48.49	48.57	49.19	44.82	49.11	50.78	48.98
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.46	15.33	14	15.33	14.79	14.78	15.53	14.75	14.71	14.17	14.57
TiO <sub>2</sub>	0.96	1.49	1.12	0.9	1.73	1.47	1.39	1.81	1.69	2.47	2.05
FeO*	8.18	6.96	10.75	9.01	12.29	10.8	9.9	11.68	11.97	13.2	11.33
MnO	0.11	0.1	0.17	0.13	0.2	0.2	0.15	0.18	0.2	0.25	0.13
CaO	4.07	6.84	6	7.84	8.64	10.25	9.96	8.39	10.19	6.38	8.25
MgO	6.36	5.27	4.02	6.39	6.05	6.64	6.09	7.8	5.88	4.69	7.67
K <sub>2</sub> O	0.12	0.7	0.23	0.34	0.4	0.24	0.52	0.33	0.38	0.38	0.34
Na <sub>2</sub> O	6.17	6.1	4.57	3.99	4.54	4.26	3.58	4.84	3.59	5.28	3.67
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.09	0.16	0.12	0.1	0.22	0.19	0.28	0.24	0.23	0.21	0.2
LOI	2.7	5.4	2.38	3.96	1.88	2.28	0.22	4.61	1.78	1	1.69
<b>Total</b>	<b>99.58</b>	<b>100.21</b>	<b>98.97</b>	<b>99.58</b>	<b>99.23</b>	<b>99.68</b>	<b>96.81</b>	<b>99.45</b>	<b>99.73</b>	<b>98.81</b>	<b>98.88</b>
Ni	146	209	nd	43	27	48	nd	nd	nd	4	nd
Cr	72	347	nd	146	81	138	nd	nd	nd	32	nd
Sc	45	42	39	45	42	48	41	42	38	43	48
Ba	496	426	324	450	480	452	112	419	333	605	398
Rb	5.89	13.54	4.43	9.95	9.15	7.93	5.75	12.05	6.24	8.18	3.84
Sr	339.19	237.62	218.74	343.79	156.06	263.35	247.55	127.23	178.73	101.41	163.56
Zr	70.4	109.08	72.05	68.48	111.77	109.75	116.41	148.34	106.69	117.27	126.79
Y	16.37	30.4	24.49	18.3	36.42	29.57	31.82	37.96	32.9	40.98	25.26
Nb	3.53	5.83	1.25	3.48	5.84	5.45	4.77	3.79	3.56	5.4	11.2
Th	0.52	0.23	0.52	0.50	0.92	0.75	0.60	0.50	0.62	0.40	0.30
Hf	1.3	2.28	2.04	1.3	2.5	2.21	2.3	3	2	3.2	3
Ta	0.15	0.25	0.14	0.17	0.29	0.2	0.27	0.33	0.19	0.25	0.8
La	2.29	4.05	3.4	2.77	8.3	7.56	8	9	7.3	5.75	10.5
Ce	5.39	12.5	9.8	6.51	21.6	17.11	21.6	25	17.9	15.99	26
Nd	5.5	10.93	8	4.81	14.7	8.42	13	15	11	14.17	16
Sm	1.7	3.57	2.4	1.98	4.2	3.85	4	5	3.7	4.86	4.6
Eu	0.5	1.04	0.8	0.65	1.25	1.12	1.4	1.4	1.2	1.53	1.5
Tb	0.45	0.84	0.6	0.47	0.9	0.61	0.8	0.87	0.76	1.06	0.7
Yb	2.1	3.4	2.9	2.4	4.27	3.63	3.5	4.2	3.7	4.8	2.3
Lu	0.32	0.46	0.4	0.38	0.61	0.54	0.5	0.6	0.6	0.7	0.3

Ek 1b.

	D1	D5	D6	D7
SiO <sub>2</sub>	45.08	53.56	52.48	54.79
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.56	16.07	16.05	15.11
TiO <sub>2</sub>	0.91	0.49	0.5	1.16
FeO*	7.41	6.54	8.04	10.44
MnO	0.12	0.1	0.16	0.21
CaO	13.18	7.55	6.64	7.29
MgO	9.98	7.15	7.57	5.2
K <sub>2</sub> O	0.13	0.28	0.27	0.26
Na <sub>2</sub> O	1.91	4.89	5.3	3.07
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.14	0.08	0.1	0.07
LOI	2.92	2.78	2.5	1.95
<b>Total</b>	<b>99.34</b>	<b>99.49</b>	<b>99.61</b>	<b>99.55</b>
Ni	204	86	91	21
Cr	156	178	199	69
Sc	60	44	45	51
Ba	0.26	-	-	-
Rb	5.99	7.95	6.31	6.87
Sr	130.19	140.08	161.5	95.4
Zr	30.57	30.75	33.21	29.04
Y	20.54	12.24	13.07	18.02
Nb	2.82	2.18	2.21	1.85
Th	0.16	0.34	0.34	0.31
Hf	1	1.2	0.7	1.3
Ta	0.05	0.06	0.21	0.1
La	2.7	1.9	3	1.86
Ce	5.5	4.2	3.4	3.78
Nd	6.3	nd	1.9	2.11
Sm	2.1	1.15	1.2	1.38
Eu	0.7	0.35	0.4	0.53
Tb	0.6	0.4	0.3	nd
Yb	2.5	1.6	1.6	2.48
Lu	0.37	0.29	0.3	0.38



Ek 2. Ofiyolitik melanj içindeki toleyitik bazaltlarda ana-iz element analizleri (XRF, REE NAA ile Toronto Üniversitesi). BM1, BM5, EK3: toleyitik bazaltlar; BM3 ince taneli gabro (Tankut, 1990 dan alınmıştır).

	BM1	BM3	BM5	EK3
SiO <sub>2</sub>	50.53	51.34	50.47	44.72
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.96	17.16	15.93	13.29
TiO <sub>2</sub>	1.12	0.26	1.13	0.75
FeO*	10.01	6.8	9.99	9.37
MnO	0.14	0.12	0.14	0
CaO	4.88	11.07	5.33	12.33
MgO	6.32	8.17	5.89	6.25
K <sub>2</sub> O	0.28	0.28	0.29	5.76
Na <sub>2</sub> O	3.31	2.3	3.34	0.38
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.13	0.07	0.12	0
LOI	6.81	2.05	6.94	5.54
Total	99.49	99.62	99.57	98.39
Ni	10	101	8	0
Cr	53	166	36	0
Sc				
V				
Ba	242	-	270	-
Rb	11	9	12	136
Sr	441	100	420	752
Zr	96	21	98	112
Y	25	7	25	36
Nb	3	2.6	4	4
Ga				
Cu				
Zn				
Pb				
Th	0.47	0.60	0.44	-
Hf	1.7	0.3	2.2	0
Ta	0	0	0	0
U				
Cs				
La	3.9	2.9	4.3	0
Ce	10.7	3.7	8.2	0
Pr				
Nd	5.7	2.2	6.9	0
Sm	2.9	0.5	3	0
Eu	0.9	0.18	1	0
Gd				
Tb	0.6	0.15	0.7	0
Dy				
Ho				
Er				
Tm				
Yb	3.1	0.96	2.9	0
Lu	0.49	0.16	0.5	0

### Ek 3. Proje Döneminde Gerçekleştirilen Yayınlar

1. Tankut, A., Dilek, Y. and Önen, P., 1998. "Petrology and Geochemistry of the Neo-Tethyan Volcanism as revealed in the Ankara Melange, Turkey", *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, Special Publication on Volcanism in Anatolia, 85/1-4, 265-284.
2. Dilek, Y., Thy, P., Tankut, A., Önen, P. and Hanan, B., 1999. "On the significance of the age and geochemistry of plagiogranite dikes from ophiolitic massifs in the Ankara Melange, (Turkey) for the Neo-Tethyan mantle dynamics", *Journal of the Geological Society of London* (in review).
3. Özgül, Erçin, 1998. "Geology, Petrography and Geochemistry of the Kalecik Ultramafik Body Around Gököy, Kalecik-Ankara". 142p. Tez yöneticileri: A. Tankut & Y. Dilek.
4. Dilek, Y., Thy, P., Tankut, A., and Mahoney, J.J., 1999. "Structure, petrology, and isotope geochemistry of ophiolitic massifs in the Ankara Melange, Turkey", *Geological Society of America Bulletin* (in preparation).

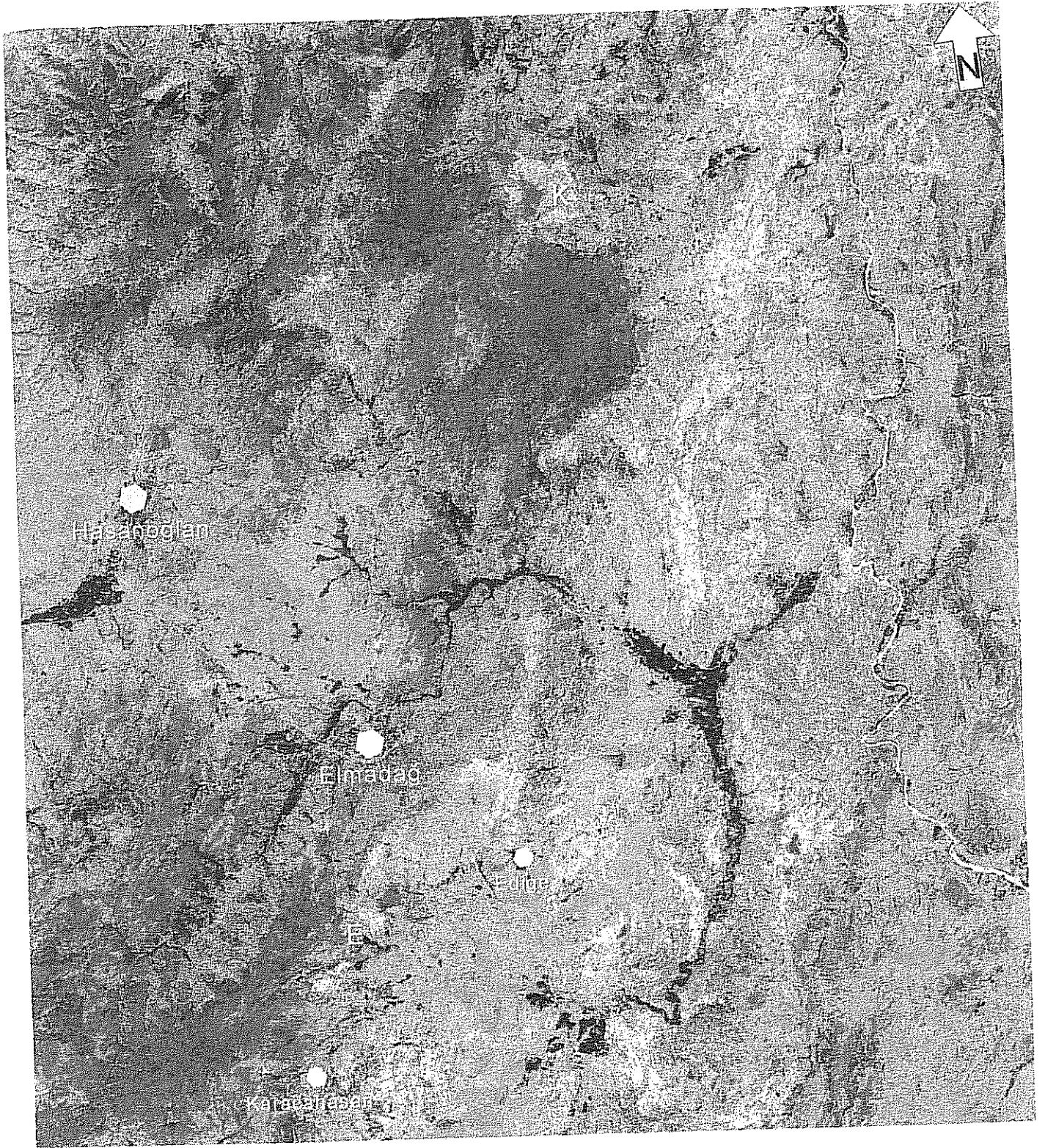
**Ek 4. Çalışma Alanının Landsat 5 TM Görüntüleri.**



(A) Çalışma alanının Landsat 5 TM uydu görüntüsü (RGB:432); E: Edige Kütlesi, K: Kalecik Kütlesi



(B) Çalışma alanının Landsat 5 TM uydu görüntüsü (RGB:531); E: Edige Kütlesi, K: Kalecik Kütlesi



(C) Çalışma alanının İlişkisiz Gerdirme (Decorrelation Stretching) yöntemi ile zenginleştirilmiş Landsat 5 TM uydu görüntüsü (RGB:135); (E: Edige Kütlesi, K: Kalecik Kütlesi)



(D) Çalışma alanının İlişkisiz Gerdirme (Decorrelation Stretching) yöntemi ile zenginleştirilmiş Landsat 5 TM uydu görüntüsü (RGB:123); (E: Edige Kütlesi, K: Kalecik Kütlesi)