

KARADENİZ ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
MADEN YATAKLARI-JEOKİMYA DALI YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

ERZURUM GÜNEYİ ÜST MİYOSEN LAVRALARININ

PETROJENETİK İNCELENMESİ

KİTAP NO	
MERKEZ KÜTÜPHANESİ	
Kitap No: 1052	
Fiyat : 100	

Metin ANAÇ

Yönetici

Doç.Dr. Selçuk TOKEL

Trabzon-1986

İ Ç İ N D E K İ L E R

ÖZET

TEŞEKKÜR

BÖLÜM I GİRİŞ

1.1.	COĞRAFİK DURUM.....	1
1.2.	ÇALIŞMANIN AMACI.....	2
1.3.	ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	3

BÖLÜM II GENEL JEOLOJİ

2.1.	GİRİŞ.....	5
2.2.	STRATİGRAFI.....	6
2.2.1.	Ofiyolit Kavramı.....	6
2.2.2.	Ofiyolit Karmaşığı.....	8
2.2.2.1.	Serpantinitler.....	8
2.2.2.2.	Gabrolar.....	10
2.2.2.3.	Bazaltlar.....	10
2.2.2.4.	Kristalize Kireçtaşları.....	10
2.2.2.5.	Üst Kretase Çökelleri.....	13
2.2.3.	Eosen Çökelleri.....	13
2.2.4.	Olivinli Bazalt-Havayitik-Mugearitik Lavları... 15	15
2.3.	YAPISAL JEOLOJİ.....	16

BÖLÜM III PETROGRAFI

3.1.	GİRİŞ.....	18
3.2.	OLİVİN BAZALT VE HAVAYİTLER.....	19
3.2.1.	Minerolojik Bileşim.....	19
3.3.	MUGEARİTLER.....	23
3.3.1.	Minerolojik Bileşim.....	25

BÖLÜM IV PETROKİMYA

4.1.	GİRİŞ.....	28
4.2.	KULLANILAN ANALİTİK YÖNTEMLER.....	28
4.3.	KİMYASAL KRAKTERLERİNE GÖRE VOLKANİT DİZİLERİN SINIFLANDIRILMALARI.....	29
4.4.	ÇALIŞILAN ÖRNEKLERİN KİMYASAL KARAKTERİ.....	29
4.4.1.	Ana Element Özellikleri.....	29
4.4.2.	İz Element Derişimleri.....	35
4.4.2.1.	Büyük İyonlu Litofiller.....	35

4.4.2.2.	Kalıcılığı Yüksek Elementler.....	37
4.4.2.3.	Hafif Nadir Topraklar.....	39
4.4.2.4.	Uyumlu Elementler.....	39
BÖLÜM V PETROJENEZ VE SONUÇLAR		
5.1.	NEOJEN VOLKANİZMASININ GENEL ÖZELLİKLERİ VE DAĞILIMI.....	41
5.2.	DOĞU ANADOLU NEOJEN VOLKANİZMASININ PETROJENEZİ İLE İLGİLİ GÖRÜŞLER.....	41
5.3.	ÇALIŞILAN VOLKANİTLERİN PETROJENETİK YORUMU VE SONUÇLAR.....	42
KAYNAKÇA.....		45
EKLER		
1. Jeoloji Haritası		
2. Jeolojik Kesit		
3. Örnek Alım Haritası		

Ö Z E T

Erzurum güneyinde mostra veren Üst Miyosen yaşlı lavların petrografi ve petrokimyasal oluşum kökeninin açığa çıkarılması amacıyla incelenmiştir.

Çalışma alanında bulunan en eski kayalık topluluğunu Üst Kretase öncesi yaşlı olan ofiyolitler ve bunlarla tektonik dokanaklı Üst Kretase yaşlı flişe benzer çökeller oluşturmaktadır. Eosen çökelleri ise flişe benzer çökellerin üzerine transgresif olarak oturur. Üst Miyosendeki volkanizma ile alkali olivin bazalt, havayitik ve mugearitik lavlar karasal ortamda ofiyolitleri örtmüşlerdir.

Alkali olivin bazaltlar olivin, piroksen, labrador, havayitler, olivin, piroksen, andezin içerirler. Mugearitler ise andezin ve piroksen içerip trakitik doku gösterirler ve silisyumca aşırı doygunlardır. Ancak alkalin karakterini de korumuşlardır.

Bu lavlardan seçilmiş 10 adet örneğin ana element ve büyük iyonlu litofiller (Rb, Sr, Ba), hafif nadir toprak elementler (La, Ce), kalıcılığı yüksek elementler (Nb, Zr, Y) ile Cr, Ni gibi uyumlu iz element analizleri yapılarak, hesaplanan normatif bileşenleri ile birlikte sunulmuştur.

Petrografik ve petrokimyasal incelemeler büyük bir olasılıkla Miyosen sürecinde kabukta meydana gelen yatay gerilim kuvvetlerinin üst mantoda bölümsel ergimeyi oluşturabileceğini, oluşan magmanın kabuk içinde yükselirken kabuktan malzeme olarak silisyum bakımından zenginleştiğini ve kalk-alkalene benzer bir karakter kazandığını vurgulamaktadır. Özellikle kalıcılığı yüksek elementler ile hafif nadir toprak element içerikleri bunların büyük bir olasılıkla çarpışma sonrası oluşmuş manto kökenli volkanitler olduğunu göstermektedir.

T E Ş E K K Ü R

Çalışmalarım süresinde karşılaştığım tüm sorunların çözümlenmesinde her türlü yardımda bulunan Jeoloji Ana Bilim Dalı Başkanlığı'na ve değerli öğretim üyelerine içten teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmalarım sırasında arazi, büro ve laboratuvar çalışmalarımı yakından izleyip, değerli katkı ve yardımlarını esirgemeyen hocam Sayın Doç.Dr. Selçuk TOKEL'e teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

Paleontolojik tayinlerimi yapan hocam Sayın Prof.Dr. Türker ÖZSAYAR'a, Petrografik çalışmalarım esnasında yardımlarını gördüğüm Arş.Gör.Dr. Fikret İŞLER'e teşekkürlerimi sunarım.

Arazi çalışmalarım için gerekli olan araç ve gereçleri sağlayan ANAÇ Lmt. Şirketi'ne ve babam Sayın Şefik ANAÇ'a sevgi ve saygılarımı sunarım.

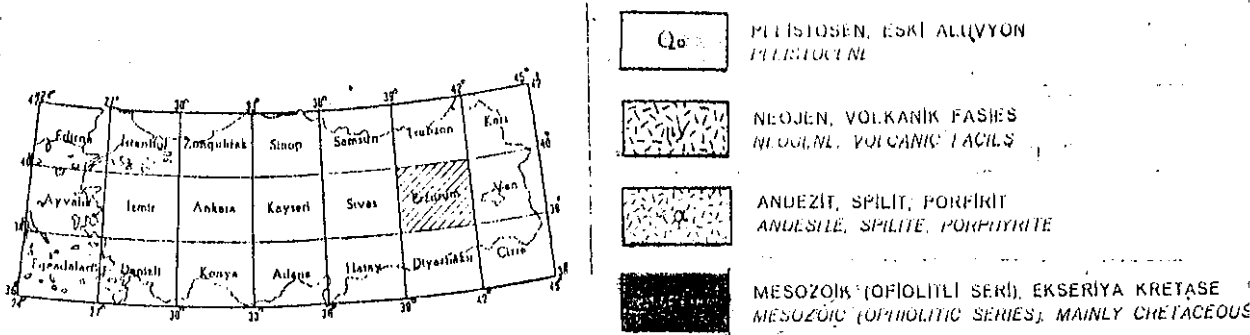
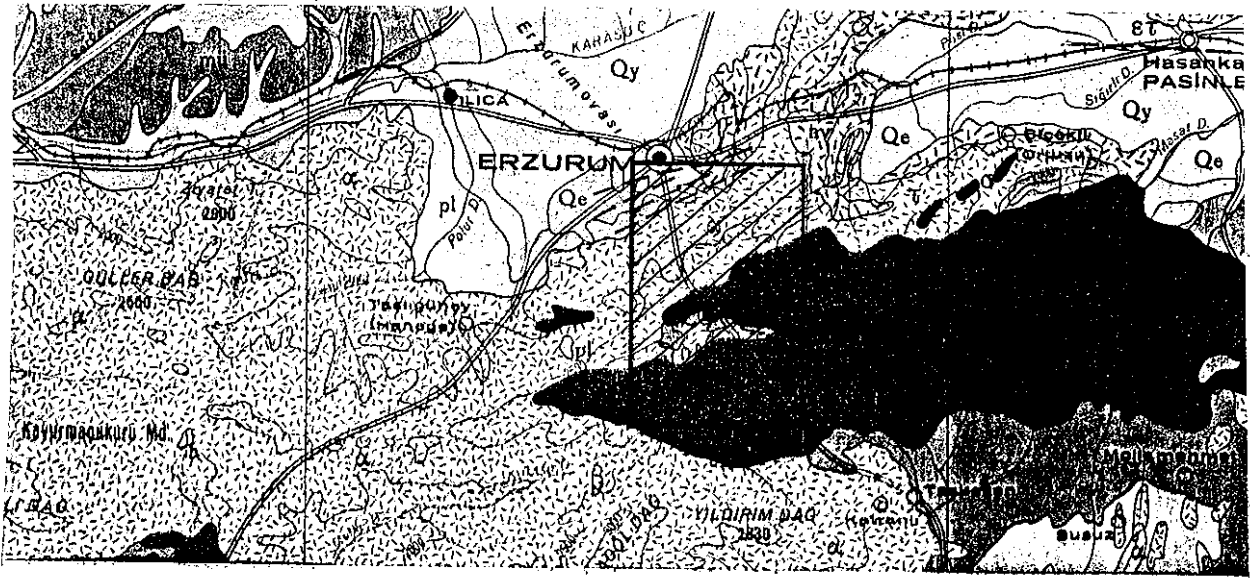
Trabzon, 1986

Metin ANAÇ

BÖLÜM I. GİRİŞ

1.1. COĞRAFİK DURUM

Çalışma alanı Erzurum ilinin güney yöresidir (Şekil 1.1). Saha çalışmalarında Erzurum I 46 b₄ paftasını kapsayan 1/25.000 ölçekli topoğrafik harita kullanılmıştır. Çalışma alanı yaklaşık 154 km² lik bir alanı kapsar. Kuzeyde Erzurum ili; doğuda Yerli dağ ve Mengüç Tepeleri, güneyde Kurtlugöze Tepesi ve Alişeref uçurumu civarı, batıda ise Dutçusolak Komu Mahallesi ile sınırlıdır.



Şekil 1.1. Çalışma alanı bulduru haritası

Kara iklimin etkisi altında bulunan bölgede kışlar soğuk ve karlı, yazlar ise sıcak ve kurak geçer. Yağışlar kış aylarında kar, ilkbahar aylarında yağmur şeklindedir. Bölge bitki örtüsü yönünden çok zayıftır.

Arazi dik ve oldukça engebelidir. Kuzeyde Gölçükgöz Tepe (2805m), İki Tepe (2725m), doğuda Yerliadağ Tepe (2874m), Mengüç Tepe (2650m), güneyde Kurtlugöze Tepe (2513m), Araplarmeza Tepe (2420m), batıda Sultanseki Tepe (2718m), Kapıkaya Tepe (2685m) büyük tepeleri oluştururlar. En alçak yer 1925m ile Erzurum ilidir. En yüksek yer ise Büyükejder Tepe (3170m) dir. Çalışma alanında bulunan dereler ancak ilkbahar aylarında su taşırlar. Diğer zamanlar ise hemen hemen kuru vadi özelliğindedirler.

Bölgenin ulaşım olanakları iyidir. Eski Erzurum-Tekman yolu arazinin içinden geçmektedir. Ayrıca çalışma alanının kuzey ve güneyinde stabilize yollar da mevcuttur.

1.2. ÇALIŞMANIN AMACI

Anadolunun yaklaşık yarısı Neojen volkanitleriyle kaplıdır. Bu formasyonlar özellikle Doğu Anadolu bölgesinde yoğun bir şekilde yerleşmişlerdir. Afrika ve Avrasyanın çarpışması sonucu oluşan orojenizmanın son evrelerinde meydana gelen bu volkanizma Anadoluyu da içine alarak İtalyadan İranın doğusuna kadar devam etmektedir.

Bu volkanizmanın kökenini ve oluşum mekanizmasını açıklamak için, özellikle jeokimyasal açıdan birçok çalışmalar yapılmaktadır. Bu amaçla Doğu Anadolu da önemli sayıda çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalar içinde en çok ihtiyaç duyulan, uyumsuz iz element konsantrasyonlarını da içeren hassas silikat analizleridir.

Bölgenin özellikle doğu kısmı önceki araştırmacılar tarafından ayrıntılı çalışılmış, genel jeolojisi ve stratigrafisi açığa çıkarılmıştır. Bu stratigrafi içerisinde Neojen çöküntüsüyle ilgili, ilk volkanizmanın ürünleri olan alkalin Üst Miyosen lavlarının, çalışma alanı olarak seçtiğimiz bölgede mostra verdiği görülmektedir. Ayrıntılı çalışılması konuya aydınlık getirecek olan bu lavların incelenmesi amacıyla, bu bölge çalışma alanı olarak seçilmiştir. Üst Miyosen lavlarının petrografik ince kesit incelemeleriyle, kimyasal analizlerine özel ağırlık

verilmiş ve bu lavlara ait herbiri çift olarak en güvenilir yöntemlerin seçilmesiyle yapılmış, uyumsuz iz elementleri de içeren 10 adet silikat analizi yapılarak bölgede bu amaçla yapılan, jeokimyasal çalışmalara bir katkıda bulunulmaya çalışılmıştır.

Elde edilen bu petrografik ve kimyasal verilerle bu lavların kökeni hakkında bilgi edinilmeye çalışılmış, özellikle kabuk bulaşmasının olabirirliiliği irdelenilmeye çalışılmıştır.

Ayrıca bölge jeolojisine 1/25.000 ölçekte ayrıntılı yapılmış bir pafta jeoloji haritası kazandırmak ve temeli oluşturan, ofiyolitleri de incelemek amacımız olmuştur.

1.3. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Doğu Anadolu bölgesini kapsayan geniş ölçekli ilk çalışma Pamir ve Baykal (1942) tarafından yapılmıştır.

Araştırmacılar Bingöl bölgesi ve buranın K ve G deki 'Jeolojik yapı' isimli raporunda şunları tesbit etmişlerdir. Çalışmalara göre temelde inceleme alanının, güneyinde yer alan ve Akdağ metamorfikleri olarak adlandırılan Paleozoik yaşlı mermerler ve şistler mevcuttur. Mesozoikte ise Ust Jura-Alt Kretasenin devamlı görülmediğini daha fazla ultrabaziklerin, geniş yayılım gösterdiklerini ve bu kireçtaşlarının ultrabazikler tarafından kesildiğini saptamışlardır. Eosende sahanın dışında kalan yerlerde altta fliş, üstte ise kalker fasiyesleri ayırmışlardır. Oligosende şistli ve bitümlü birimleri saptamışlar, bunlardan yapraklı şeyllerle temsil edilen Oligosenin gölsel olup bitümlü şist ve jipslerin aynı gölün değişik çökelleri olduğu düşünülebilir.

Tütüncü (1965) inceleme alanının kuzey kısmını teşkil eden Erzurum I 46 b₄ paftasında, içine alan çalışmalarını Erzurum ovası kuzey ve güneyinin genel jeolojisi ve petrol imkanları adlı raporunda toplamıştır. Araştırmacı daha fazla inceleme alanında rastlanamayacak, genç gölsel çökellerde çalışmış olup, ayrılabilir formasyonları haritalamıştır. Yıldırımdağ bazaltları en yaşlı birimini teşkil etmiştir.

Havur (1972) inceleme alanının 25-30 km kadar doğusunda çalışmıştır. Araştırmacı bölgenin stratigrafisini ve doğuya doğru gelişen fasiyes değişimlerini sıhhatli olarak aydınlatmaya ça-

lıştır.

Aziz (1977) çalışma alanını ve güneyindeki I 46 C₁ paftalarının jeolojisini yaparak bölgeyi petrol olanakları yönünden incelemiştir.

Tokel (1979) çalışma alanımızın batı sınırından başlayarak, Kars yöresine kadar olan bölgedeki Neojen volkanitlerini bölge stratigrafisiyle beraber incelemiş ve üç ayrı volkanit grup saptamıştır. Farklı kimyasal özellik gösteren volkanitleri ERTS imajlarından da faydalanarak 1/250.000 ölçekte haritalanmıştır. Bazalt jeokimyasını inceliyerek, volkanitleri tektonik yerleşim açısından plaka içi bazaltlarla benzerlik gösterdiğini vurgulamıştır.

Pelin ve diğerleri (1980) Erzurum-Pasinler havzasını petrol olanakları yönünden değerlendirmişler ve bu amaçla bölgenin stratigrafisini ve yapısal gelişimini irdemişlerdir.

BÖLÜM II.

GENEL JEOLOJİ

2.1. GİRİŞ

Çalışma alanı olarak seçilen bölge Erzurum-Kars yöresi boyunca uzanan Neojen çöküntüsü ve bu çöküntüyle eş yaşlı volkanitleri içeren kuşağın doğu kısmında yer almaktadır.

Bölgenin öz yapısını ofiyolitik temel, çöküntü dolgusu limnik çökeller ve bununla arakatkılı volkanitler oluşturmaktadır. Çöküntünün başlangıç yaşı Üst Miyosendir. Önce alkali olivin bazaltlar püskürmüş buna izleyen mugearitik-trakitik lav ve kül akıntıları kalkan şeklinde volkanik merkezleri oluşturmuşlardır. Panoniyende bölge toleyitik karakterdeki yayla bazaltlarıyla örtülmüştür (Tokel, 1979).

Üst Miyosen bazik lavlarının en belirgin olarak mostra verdiği çalışma alanı içinde kalan bölgede en yaşlı birim olan ofiyolitler oldukça geniş bir yayılım gösterip Üst Kretase öncesi yaşlıdır. Bu ofiyolit karmaşasını başlıca serpantinitle ve bu serpantinitle içinde bozulmamış gabro ve bazaltlar, tamamen kristalize kireçtaşları, kırmızı çörtler ve ayrıca çok ince kumtaşı, şeyl arakatkılı killi kireçtaşlarından oluşan Üst Kretase yaşlı fliş tipi çökeller oluşturmaktadır. Eosen ise bu flişe benzer çökellerin üzerine transgresif olarak oturur. Tabanda konglomeralar, daha üstte ise kumtaşlarından meydana gelmiştir.

Üst Miyosen volkanizması olan ayrımlılaşmamış alkali olivin bazalt ve ayrımlılaşmış havayitik-mugearitik lavlar ofiyolitlerin aşınma yüzeyleri üzerini karasal ortamda örtmüşlerdir.

Çalışma alanındaki en genç birim Kuvaterner yaşlı olan alüvyonlardır.

2.2. STRATİGRAFI

Stratigrafik açıdan çalışma alanı içindeki kaya birimleri Neojen öncesi temel ve Neojen çöküntüsüyle oluşmuş birimler olarak iki grupta toplanabilir. Temelin esasını ofiyolitik karmaşa oluşturmaktadır. Bu karmaşa kavramına ofiyolitik kayalar, Üst Kretase öncesi kristalize kireçtaşları ve bunlarla tektonik dokanaklı flişe benzer Üst Kretase çökelleri dahil edilmişlerdir. Temeli oluşturan ikinci kaya birimi bunları transgresif örten Eosen çökelleridir. Çalışma alanı içinde saptanan bu birimler genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesitte gösterilmiştir (Şekil 2.1).

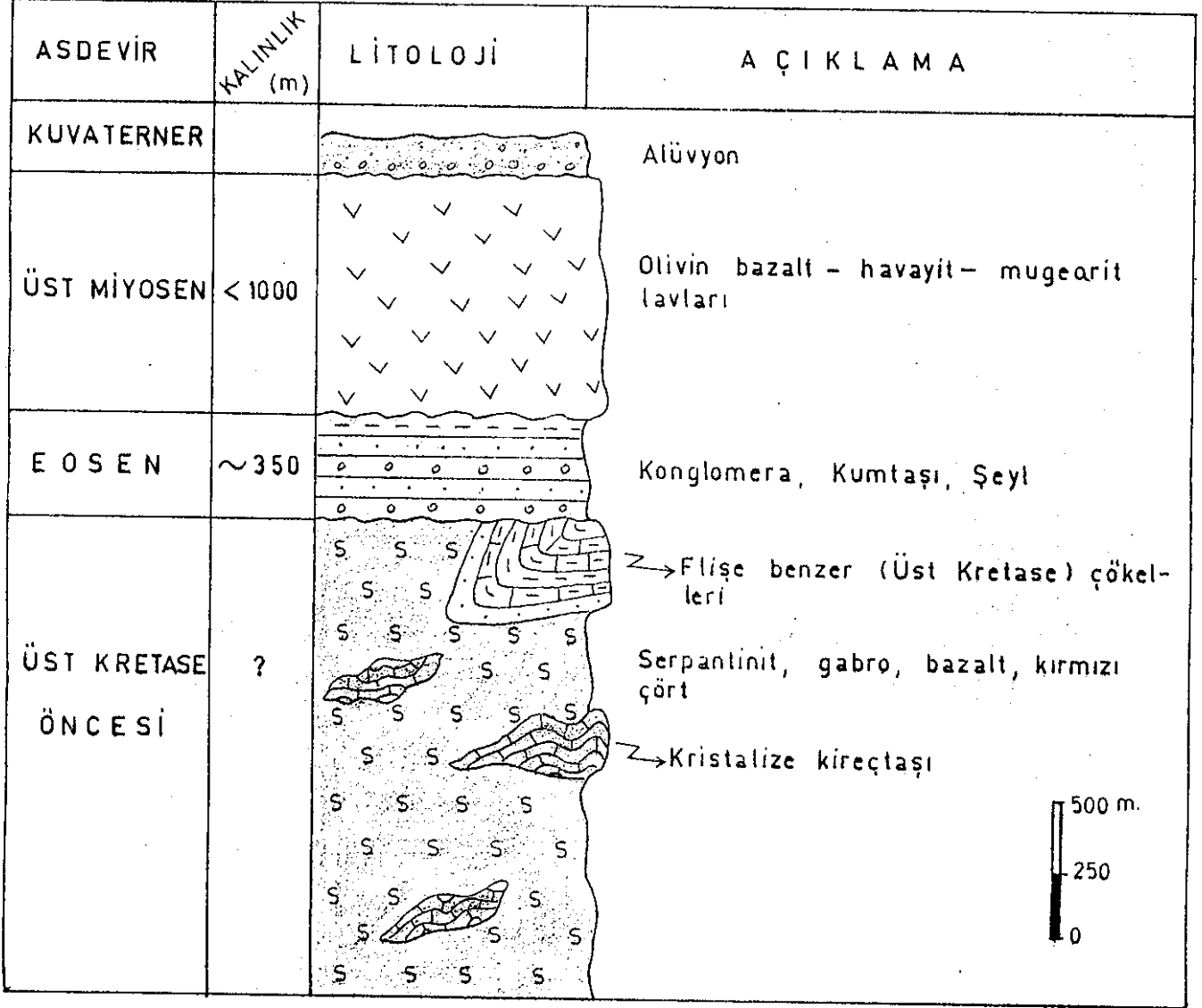
Petrografi ve petrokimyasal ayrıntılı incelenecek olan Neojen volkanitlerinin yalnızca genel stratigrafik özellikleri bu bölümde belirtilmiştir.

2.2.1. Ofiyolit Kavramı

Günümüzdeki jeoloji literatüründe, ofiyolit olarak adlandırılan son derece karmaşık, birbirine karışmış bir şekilde bulunan özel bir kayaç grubu anlatılır. Bu karmaşanın içinde çoğunlukla radyolaritler, çakmak taşları gibi tortul kayalar, peridotit, gabro gibi ultramafik kayalarla, bu kayaların çeşitli derecede serpantinleşmiş ürünleri, ayrıca derin deniz fasiyesini yansıtan kireçtaşı blokları da bulunabilir. Ofiyolitler içindeki kireçtaşı blokları bir kaç m den, küçük bir dağ boyutuna kadar değişebilir.

Bu çalışmada kullanılan ofiyolit tanımı 1972 yılında toplanan PENROSE konferansında kabul edilen ofiyolit kavramı ilkeleri (Çapan, 1977 den) göz önüne alınarak yapılmıştır. Bu konferansta öz yapısı açıklanan ofiyolitik dizi bir okyanus kabuğuyla eş değerlidir. Böyle bir kabuğun genelleştirilmiş kesiti Şekil 2.2. de gösterilmiştir.

Doğu Anadolu'da Sivas, Erzincan yöreleri ile Erzurumdan Kağızman'a kadar kesiksiz uzanan ofiyolit karmaşığı yüzeylenmelerinin bir kısmını kapsayan çalışma alanındaki ofiyolit karmaşıklarına Doğu Karadeniz ve Doğu Anadolu'yu da içine alan bir perspektifle bakıldığında bunların Kuzeyde, Kuzey Anadolu (Pontid) Kıtası ile güneyde Akdağ ve Bitlis masiflerini Anadolu-İran Kıta-



Şekil 2.1- Erzurum'un güney yöresine ait genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesit.

cığının arasında, D-B uzantısında var olan bir okyanusun kalıntıları olduğu günümüz yazarlarınca kabul edilmektedir.

Bu okyanus tabanı kalıntıları içindeki volkanit ve plutonitlerin yaşı -Üst mantodan litosfere eklenme- var olduğu düşünülen bu okyanusun açılım süreciyle ilgilidir. Bu süreci kanıtlayacak kesin radyometrik yaş verileri henüz çalışmalarla ortaya konamamıştır. Ofiyolitlerin yerleşim yaşı olarak, okyanus taban parçalarının hendek ve derin deniz tortularıyla ekaylanarak pozitif karalar haline geçmesi ve kıtaya eklenmesi düşünülürse bu olayların, başlangıcı kesin olarak bilinmemekle birlikte, Üst Kretase boyunca süregeldiği ileri sürülebilir. Bölgede Paleosenin bulunmayışı ve molas tipindeki Eosen çökellerinin ofiyolit karmaşığını uyumsuz olarak örtmesi bunun kanıtıdır.

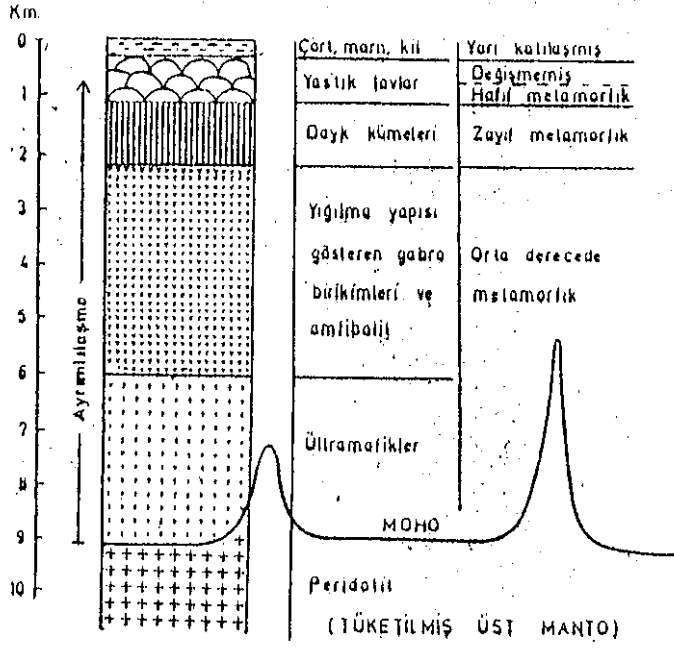
2.2.2. Ofiyolit Karmaşığı

Çalışma alanının güneyinde oldukça geniş bir yayılım gösterirler. Yüzeyleme alanı yaklaşık 90 km² dir. Bu ofiyolitik karmaşa içinde serpantinitler, gabrolar, bazaltlar kristalize kireçtaşları ve Üst Kretase yaşlı flişe benzer çökeller ayırtlanıp incelenmiştir. 1/25.000 lik harita üzerinde serpantinit-gabro-bazalt topluluğu bir kaya birimi, kristalize kireçtaşlarıyla fliş tipi çökeller ayrı kaya birimleri olarak işlenmişlerdir.

2.2.2.1. Serpantinitler

Ofiyolitik karmaşa içinde dağınık bloklar halinde bulunan serpantinitler sahada yeşil ve siyahın açık ve koyu tonlarında izlenir. Yüzeyleri oldukça kaygandır ve oldukça çatlaklı bir yapıda olup, yüzeysel ayrışma genellikle çatlaklar boyunca olmuştur (Şekil 2-3).

Serpantinitlerin mikroskobik incelemeleri sonucu kayacın tamamen serpantin minerallerinden oluştuğu görülmüştür. Kesit alanında genellikle kafes doku egemendir (Şekil 2-4). Yer yer iri fenokristal olarak piroksen mineralleri görülürse de büyük bir çoğunluğu serpantinleşerek muhtemelen antigorit ve bastit minerallerine dönüşmüştür. Çatlaklarda krizotil görülür. Opak mineral boldur. Çoğunlukla ferromagnezyen minerallerin bozuş-



Şekil 2.2- Okyanus kabuğu genelleştirilmiş kesiti. (Tokel 1984 den)



Şekil 2.3- Ofiyolitler içindeki serpantin ve bazalt bloklarının görünümü, Araplar mezarlığı eski Erzurum Tekman yolu üzeri.

masından açığa çıkan demir minerali ilmenitlerdir.

2.2.2.2. Gabrolar

Serpantinitletler içerisinde yer yer bozulmamış koyu siyah renkli, oldukça kırıklı bir yapıda gabrolar izlenmektedir. Mikroskobik olarak incelendiğinde gabrolar taneli bir doku gösterirler. Plajiyoklaslarda yer yer zonlu bir yapı görülür. Plajiyoklaslarda O10 yüzeyine göre yapılan sönme açısı tayinlerinden bunların labrador bileşimli oldukları saptanmıştır. Plajiyoklasların büyük bir kısmı ise kalsitleşmişlerdir. Ferromagnezyen minerallerden piroksenler egemen olup ksenomorf kristaller halinde izlenirler. Piroksenler büyük bir ölçüde uralitleşmişlerdir. Ayrıca ksenomorf kristaller halinde gözlenen hornblendlerde eğik açılı dilinimleri ve tek nikeldeki yeşil renkli pleokroizmaları net bir şekilde izlenir. Ferromagnezyen minerallerin ayrışmasından oluşan kloritlerde bol miktarda mevcuttur (Şekil 2-5).

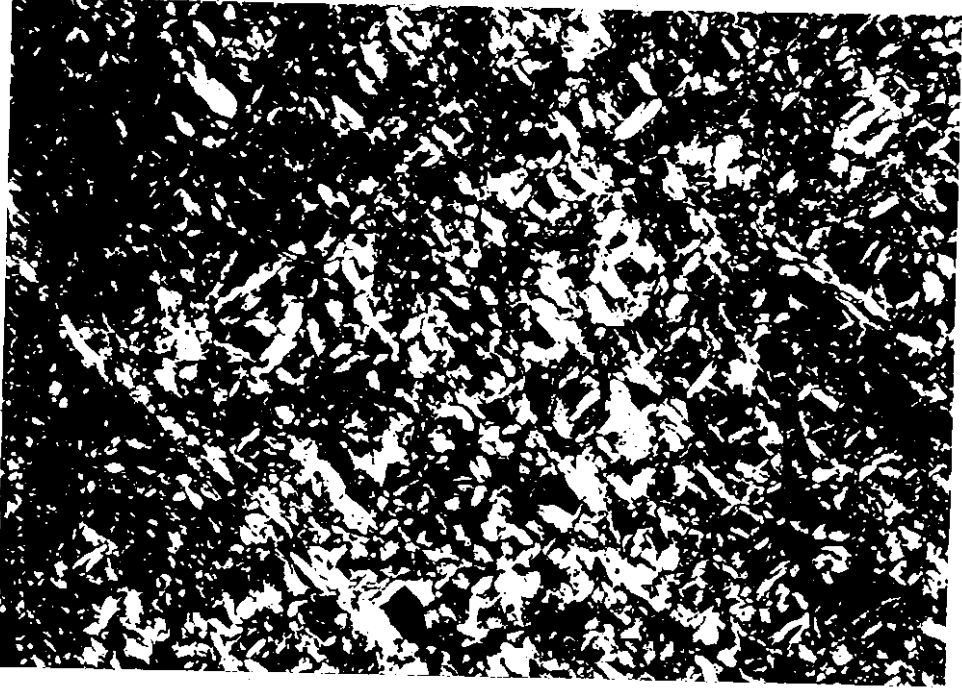
2.2.2.3. Bazaltlar

Ofiyolitik karmaşa içinde gabrolarla birlikte dağınık bloklar halinde bazalt mostraları izlenir. Sahada koyu gri ve siyah renkli olup oldukça kırıklı bir yapı gösterirler. Kırıklar boyunca hematitleşme izlenir. Çatlaklarda yer yer kalsit dolgusu görülür.

Mikroskobik olarak incelendiğinde dokuda akıntı yapısı belirgindir. Plajiyoklas mikrolitleri belli bir istikamette yönelmişlerdir. Plajiyoklaslarda zonlanma mevcuttur. O10 yüzeyine göre yapılan sönme açısı tayinlerinden labrador bileşimli oldukları saptanmıştır. Mikrolitler arasında ksenomorf kristaller halinde piroksenler mevcuttur. Opak mineral olarak ilmenitler olağandır (Şekil 2-6).

2.2.2.4. Kristalize Kireçtaşları

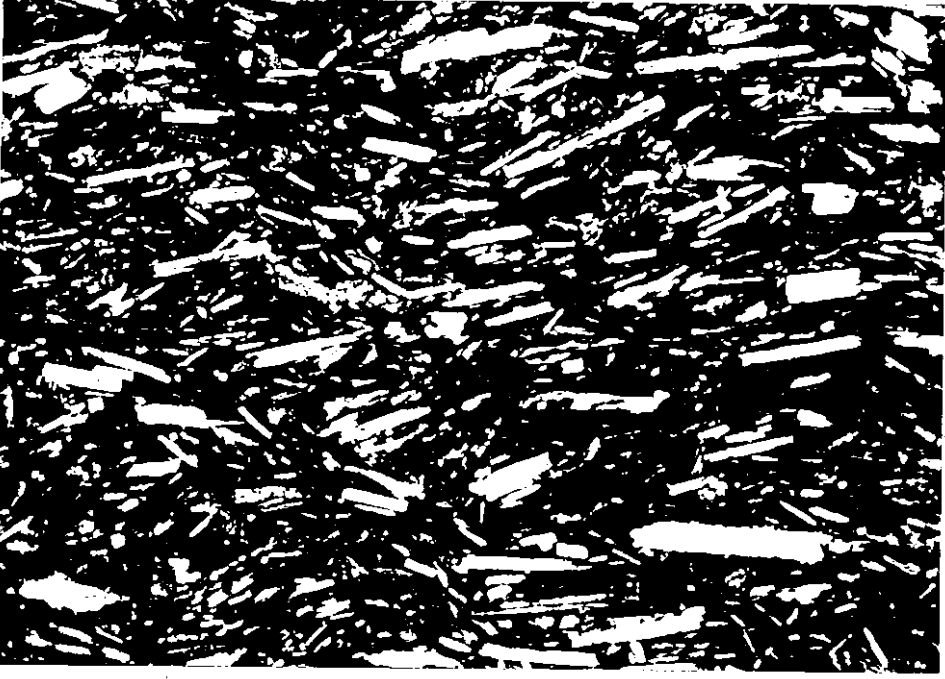
Ofiyolitler içinde tektonik karmaşık şekilde ve Üst Kre-tase kireçtaşlarına benzemeyen bütünüyle yeniden kristallenmiş kireçtaşları ve kırmızı renkli silisli tabakalar görülür.



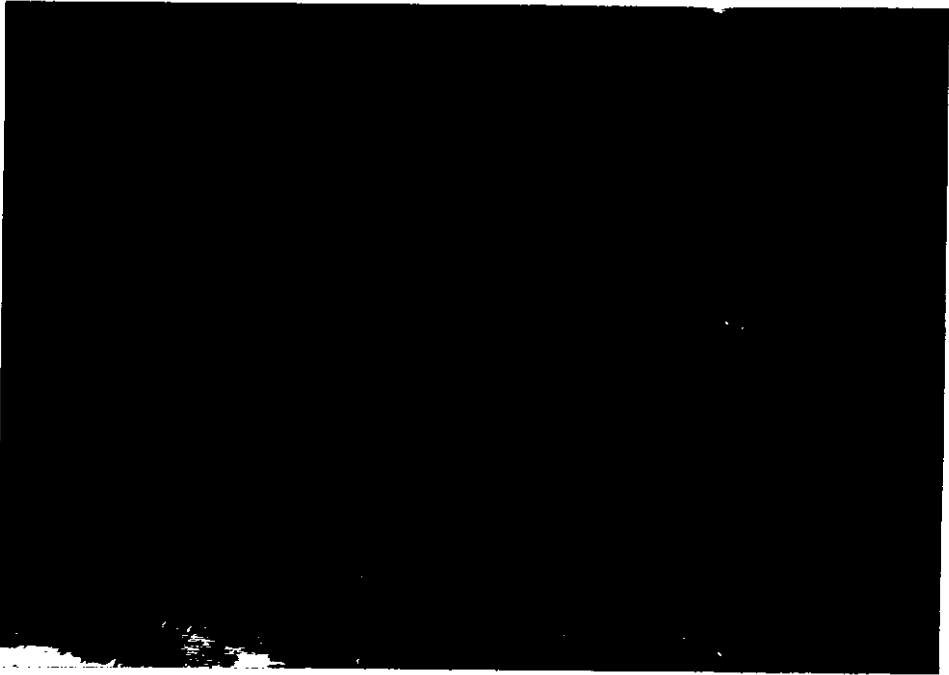
Şekil 2.4- Seprantinitlerde görülen kafes doku. Örnek No.81.
Çapraz Nikol x63.



Şekil 2.5- Ofiyolitler içinde gabro örneğinin mikroskopik görünümü. Örnek No. 54. Çapraz Nikol, x63.



Şekil 2.6- Ofiyolitler içindeki bazalt örneğinde yönlenmiş labrador ve aralarındaki piroksenlerin mikroskopik görünümü. Örnek No.29. Çapraz Nikol, x63.



Şekil 2.7- Ofiyolitler içindeki kristalize kireçtaşı bantının görünümü. Türkgücü Tepesi.

Palandöken dağlarındaki ofiyolit yüzeylenmeleri içinde yaklaşık D-B uzanımlı ince uzun bantlar halinde görülen bu mermerleşmiş kireçtaşları ilginçtir. Bu kireçtaşlarının ofiyolitlerle ardalanmış bir şekilde görülmesi bunların ofiyolitlerle uyumlu stratigrafisi varmış gibi anlaşılmaktadır (Şekil 2-7).

Ancak bir çok yerlerde kireçtaşı parçaları serpantinlerle ilginç bir şekilde karmaşık duruma girmişlerdir. Sahada 3 m lik bir alan içinde gözlenen bu karmaşa (Şekil 2-8 de) gösterilmeye çalışılmıştır.

2.2.2.5. Üst Kretase Çökelleri

Çalışma alanının güneydoğu kısmında Mengüç Tepenin kuzeyinde ve güneyinde çok ince kumtaşı ve şeyl arakatkılı killi kireçtaşı özelliğinde izlenir (Şekil 2-9). Ofiyolitlerin kuzeyden güneye doğru oluşturduğu ters fay (bindirme) sonucu kuzey kanattaki tabakalar devriktir. Güney kanattaki tabakalar ise normal konumdadır.

Mikroskobik Gözlemler :

Kesit No: 134

Alındığı yer: Mengüç Tepenin 500 m güneyi

Bileşenler :

- Biyojen : % 40

- Opak madde: % 1

Bağlama fazı: Mikrit

Enerji seviyesi : Düşük

Ortam : Derin deniz

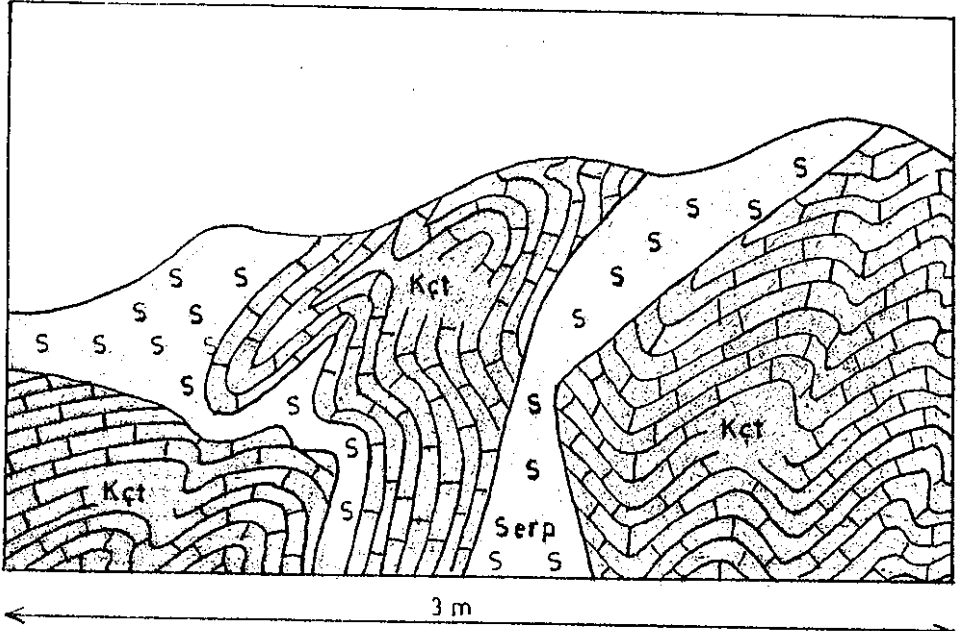
Özellikler : Bol miktarda Globotruncana ve çeşitli planktik foraminifer faunası içermektedir.

Kayaç adı : Biyomikrit.

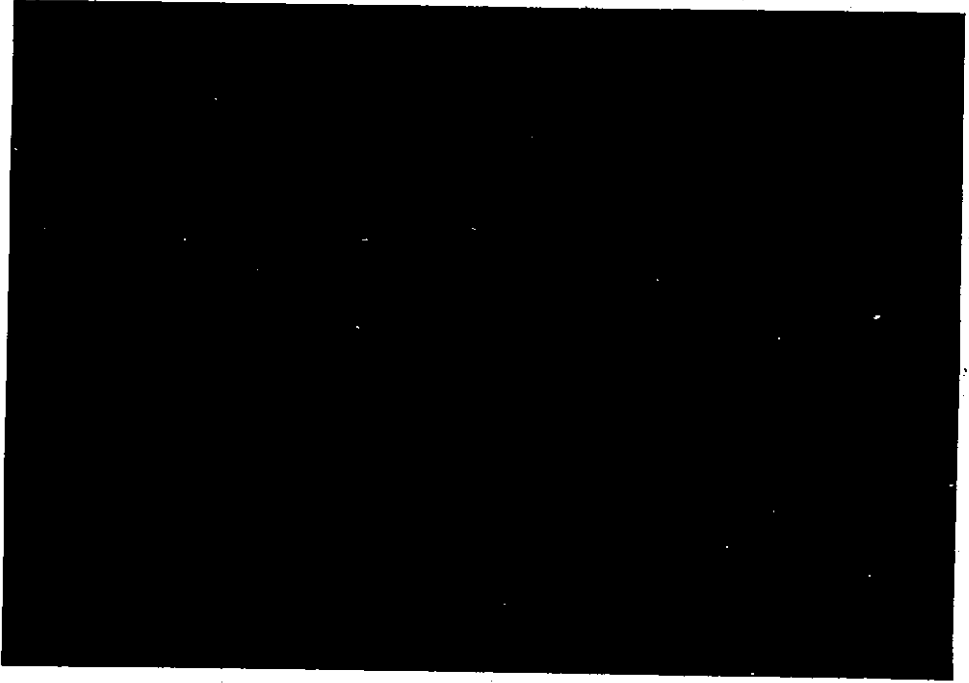
Bu birim içindeki kireçtaşları seviyelerinden alınan örneklerde aşağıdaki mikro fosiller saptanmıştır.

- Globotruncana mariei BANNER ve BLOW, 1960
- Globotruncana linneiana (d'ORBIGNY, 1839)
- Globotruncana tricarinata (QUEREAU, 1893)
- Rosita cf. fornicata (PLUMMER, 1931).

Bu faunaya dayanılarak birime Üst Kretase (Kampaniyen) yaşı verilmiştir (Fosil tayini ve yaş saptama Prof.Dr. Türker Özsayar tarafından yapılmıştır).



Şekil 2.8- Küçük bir ofiyolit mostrasında kristalize kireçtaşlarla serpantinlerin birbirinin içine karışmış düzensiz görünümü. Tabiye Dere güneyi.



Şekil 2.9- Üst Kretase formasyonlarında ince kumtaşı ve killi kireçtaşlarının görünümü. Mengüç Tepenin güneyi.

2.2.3. Eosen Çökelleri

Mengüç Tepe civarında yüzeylenen bu birim Üst Kretase çökelleri üzerine transgresif olarak oturur. Tabanda konglomera ile başlar. Boylanması iyi değildir ve iri bloklarla küçük çakıllar hatta kum boyutundaki taneler bir arada görülür. Üste doğru çakıllar küçülür ve oldukça iyi bir yuvarlaklaşma görülmektedir. Yer yer bantlı kumtaşı ve mikrokonglomerada olağandır. En üst seviyeler ise tamamen kumtaşı-konglomera tekrarlanması halinde olup taneler iyice yuvarlaklaşmış olarak görülür.

Üst seviyeler kumtaşı şeklinde olup yer yer şeyl arakatlıları kapsar. Birimde makrofosil bulunamamıştır. Ayrıca birimden alınan numunelerde yaş verebilecek mikro fosile rastlanılmamıştır. Ancak daha önceki çalışmalarda (Aziz, 1977) alanın dışındaki sahalardan yapılan numunelerde

Nummulites sp.

- *Nummulites* aff. *lubatacicus* H. DOUV

Cibicides *cushmani* NUTTALL

Globigerina *triloculinoidea* PLUMMER

lenticulina sp.

Saptanmış olup Eosen-lütesiyen yaşı verilmiştir. Bu çökeller, Pasinler havzasında mostra veren ve Bulkasım Formasyonu olarak adlandırılan (Pelin ve diğerleri, 1980) Eosen yaşlı birimin büyük bir olasılıkla devamıdır.

2.2.4. Olivinli Bazalt-Havayitik-Mugearitik Lavlar

Çalışma alanının kuzeyinde ve güneybatısında oldukça geniş bir yayılım gösterirler.

Ayrımlılaşmamış olivinli bazaltlar koyu siyah ve koyu gri renklerde olup, ayrımlılaşmış havayitik-mugearitik lavlar ise daha açık grinin renk tonlarında izlenir. Olivinli bazaltlar ve mugearitik lavlar arasında kesin bir sınır yoktur. Birbirlerine geçişlidir. Bunun için tek bir volkanik birim olarak haritalanmıştır.

Palandöken silsilesi boyunca çıkışı görülen bu kısımdaki bazaltlar yaklaşık olarak kuzey ve kuzeydoğuya akarak ofiyolitleri örtmüşlerdir. Bunlara Büyükejder Tepe ve bu tepenin batı-

sında Erzuruma inen yol boyunca, Küçükejder Tepe ile İkiz Tepe dolaylarında rastlanır. Diğer bir bazalt çıkışı ise yan baca olduğu sanılan Yeşildağ Tepede görülür. Burada akıntı yönü daha çok kuzeye doğrudur.

Bazaltlardaki mostra yüzeyinde yer yer hematitleşme, limonitleşme, kloritleşme izlenir. Masif yapıda olmalarına karşın yer yer oldukça çatlaklı bir yapı da gösterebilirler. Ayrıca plaka şeklinde soğuma debisi gösterip tabakalı bir yapı kazanmışlardır (Şekil 2-10).

2.3. YAPISAL JEOLoji

Anadolu-İran kıtacığının Eosen sonunda Pontid kıtasına çakışması (Tokel 1977, Şengör ve diğerleri 1980) sürecinde oluşan kabukta sıkışma çalışma alanı içindeki Miyosenden yaşlı formasyonların özellikle ofiyolit karmaşığı içindeki deformasyonlarda açıkça görülmektedir. Özellikle çalışma alanının güneydoğu kısmında yer alan Üst Kretase çökellerinin güneye devrik bir senklinal şeklinde ofiyolitlerle birlikte kıvrılması kuzey-güney yönündeki bu sıkışmayı açıkça göstermektedir. Bu senklinalin eksenini KDD-GBB yönünde uzanmaktadır. Kuzey kanadı 54° ile kuzeye ters dönmüş devrik, güney kanadı ise 68° ile kuzeye normal eğimli durumdadır.

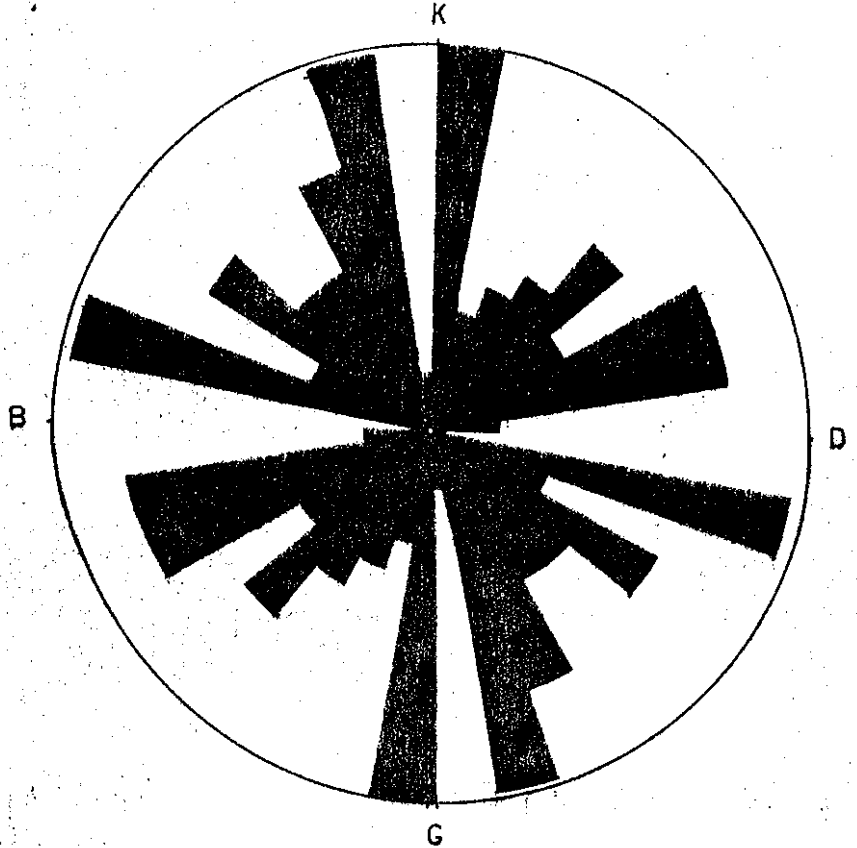
Çalışma alanındaki ofiyolit karmaşası 10 km güneyde Orta Miyosen yaşlı yumuşak çökellerin üzerine güneye doğru bindirmişlerdir (Tokel 1979). Bu bölgedeki sıkışmanın Orta Miyosen sonlarına kadar devam ettiğini göstermektedir.

Üst Miyosen çöküntüsüyle ilgili olan ve çalışma alanının hemen doğusunda gözlenen normal fayların (Tokel, 1979, Pelin ve diğerleri 1980) çalışma alanı içindeki devamları bazalt örtüleri dolayısıyla izlenememiştir.

Neojen lavlarındaki eklem yapıları özellikle incelenmiştir. Lavlardan alınan 125 adet eklem düzlemlerinin doğrultu diyagramı Şekil 2-11 de gösterilmiştir. Saptanan karmaşık eklem yapıları büyük bir olasılıkla bölgenin Pliyosen ve Kuvaterner süresince yükselimini ve Kuvaternerden beri süre gelen sıkışma rejimi ile ilgilidir (Tokel 1979, Şaroğlu ve Yılmaz 1984).



Şekil 2.10- Bazaltlardaki plaka şeklindeki soğuma debisinin görünümü. Alişeref uçurumu mevki.



Şekil 2.11- Üst Miyosen lavlarında ölçülen 125 adet eklem doğrultularının diyagramatik gösterilmesi.

BÖLÜM III.

PETROGRAFI

3.1. GİRİŞ

Çalışma alanında geniş yayılımlar gösteren, büyük bir olasılıkla aynı magma odasından türemiş Üst Miyosen volkanitlerinin petrografik özellikleri bu bölümde açıklanmaya çalışılmıştır. Olivin bazaltlar, havayitik ve mugearitik lavlardan oluşmuş bu volkanitler içerisinde birimler birbirine geçiş gösterirler. Aralarında kesin bir sınır yoktur.

Bu volkanitler alkali karakterdedir ve düzgün bir ayırmıllaşma gösterirler (SiO_2 % 47-64). En bazik ürün olarak olivin bazaltları oluşturan bu volkanizma ayırmıllaşma süreci içinde alkali karakterini muhafaza etmiş ancak özellikle mugearitik lavlarda silisyumca zenginleşerek aşırı doymuşlaşmışlardır. Bunun sonucu olarak olivinlerin hiperstene dönüştüğü belirgindir. Amfibol ve biyotit gibi sulu ferromagnezyenlere hemen hiç rastlanmamıştır. Plajiyoklas kristalleri genelde az çok yönlendirilmiştir. Mugearitlerde ise trakitik doku egemendir.

Plaka içlerinde oluşan volkanizmalarda görülen alkali olivin bazalt volkanik dizisinin sınıflandırılıp adlandırılması hakkında literatür incelenmiştir. Hatch, Wells ve Wells (1962) bazaltik andezitik ve andezitik bazalt gibi terimler yerine bunları birbirinden ayıran havayit, mugearit gibi terimlerin kullanılmasını önermişlerdir. "Mugearit" adı ilk defa 1904 de İskoçyada Skye adasında, lav ve küçük intrüzyonlar halinde oluşan sert, yoğun, ince taneli, trakitik dokuda mafik mineral içeriği bakımından bazalta benzeyen ancak plajiyoklasları oligoklas veya andezin olan taşlar için kullanılmıştır. "Havayit" terimi Hawaii adasındaki olivinli bazik lavlarda andeziti egemen olan lavları, oligoklası hakim olan lavlardan ayırmak için Mac Donald (1960) tarafından kullanılmıştır. Gerek Üst Miyosen volkanitlerinin, gerekse ofiyolit karmaşası içindeki birimlerin petrografik tayinlerinde Aslaner (1983)'den geniş ölçüde yararlanılmıştır.

Olivin bazalt-havayit-mugearit dizisi içindeki geçişler aşamalı olduğundan optik yöntemlerle taşları kesin olarak adlandırmak güç olmaktadır. Bu nedenle çalışma alanında incelenen ve kimyasal analiz yapılan örnekler Irvine ve Baragar (1971) tarafından tanımlanmış olan diyagram üzerinde gösterilmiştir. Normatif renk indisinin ve normatif plajiyoklas bileşiminin faktör olarak kullanıldığı bu diyagramda örnekler alkali bazalt-havayit mugearit alanlarında yer almışlardır (Şekil 3-1).

Örneklerin petrografik incelemelerinde başlıca polarizan mikroskoptan yararlanılmıştır. Plajiyoklas tayinlerinde Michel-Levy metodu kullanılmıştır.

Ayrıca seçilmiş 10 adet örneğin ana element analizleri yapılarak hazırlanmış bilgisayar programı yardımıyla bunların normatif bileşimleri bulunmuştur (Çizelge 4-1). Çalışma sahasında petrografik inceleme amacıyla alınan örneklerden ince kesitleri ve ayrıca kimyasal analizleri yapılanlar Ek.III de sunulan örnek alım haritasında gösterilmiştir.

3.2. OLIVİN BAZALT VE HAVAYİTLER

Sahada koyu gri ve koyu siyah renk tonlarında ince taneli, sert, yoğun lavlar olarak görülürler.

Entergranüler ve mikrolitik porfirik doku şekillerini gösterirler. Havayitik bileşimde olanlarda plajiyoklas çubuklarında yönelme görülür. Plajiyoklaslar entergranüler dokuda ferromagnezyen mineralleri üçgen şeklinde çevrelemiş, porfirik dokuda ise iri fenokristaller ve hamurda mikrolitler şeklinde izlenir.

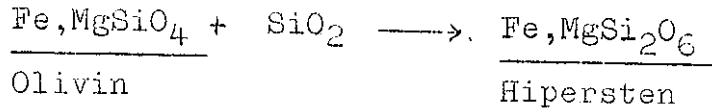
3.2.1. Mineralojik Bileşim

Hem naciimsel hem de normatif olarak plajiyoklaslar yaklaşık % 50 civarındadırlar (normatif % 41-56). Plajiyoklas fenokristallerinde O_{10} yüzeyine göre yapılan sönme açısı tayinlerinden bunların labrador bileşimli oldukları saptanmıştır. Bileşim An_{50} - An_{70} arası değişim gösterir. Ençok ölçülen bileşim asit labradordur. Havayitik bileşimde olanlarda ise, plajiyoklas bileşimi andezindir. Zonlanma genellikle nadirdir ve kesikli şekildedir.

Ayrılmış örneklerde plajiyoklaslar kalsitleşmişlerdir.

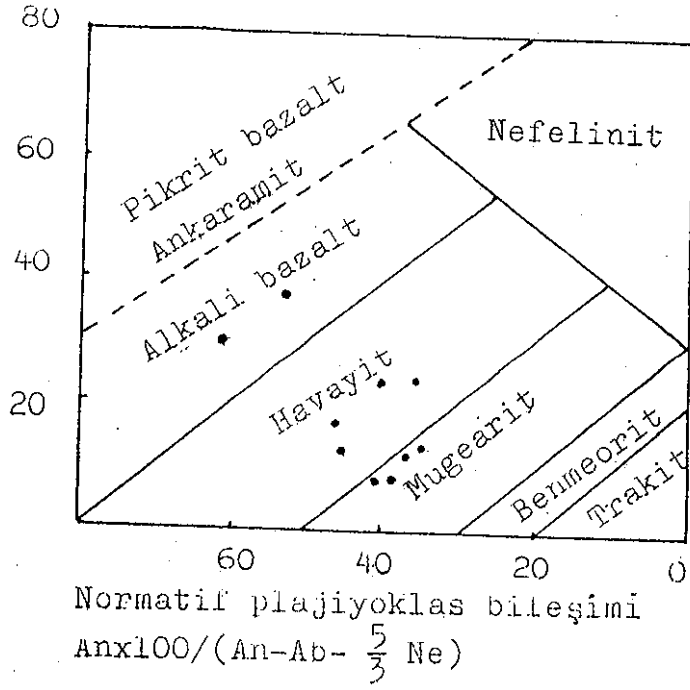
Olivin hemen her örnekte olağandır. Kenarları aşınmış iri fenokristaller ve bol sayıda küçük taneler şeklinde olup ilk önce kristallenmişlerdir (Şekil 3-2). Entergranüler dokuda plajiyoklas lataları arasında yer alır. Porfirik dokuda ise mikrolitler içinde yüzerler. Çift kırılma değerleri çok büyüktür (2 ve 3. mertebenin parlak renkleri). Tek nikolde renksiz veya çok soluk yeşilimsidir. Oldukça kırıklı bir yapı gösterip bu kırıklar boyunca serpantinleşmişlerdir. Bazı örneklerde yer yer kırmızı renkli iddingist'e dönüşme gözlenmiştir.

Bazı örneklerde erken kristallenmiş iri olivin fenokristallerinin dış kısımlarının hiperstene dönüştüğü gözlenmiştir (Şekil 3-3). Çekirdek kısmında olivin bütün özellikleriyle belirgin olduğu halde, dış kısımdaki düz sönme gösteren ve krakteristik dilinimiyle belirgin olan hipersten, olivinin krakteristik kristal şeklini korumuştur. (Pseudomorf). Bu olay ilk olivin kristalleşmesinden sonra sıvının ani olarak silisyumca zenginleştiğini göstermektedir. Büyük bir olasılıkla kabuk içinde yükselirken silisyumca zengin üst kabul malzemesi sıvı içinde özümlemiş olduğu düşünülebilir. Olivinin hiperstene dönüşmesi aşağıdaki formülle özetlenebilir.



Bazı örneklerde modal olarak olivin görüldüğü halde nor-matif analizlerde olivin görünmemiştir ve az miktarda serbest silisyum ortaya çıkmıştır. Bu durum da kabuktan silisyum bu-laşmasının olivin kristalleşmesinden daha sonra olduğunu (en azından hiperstenin kristallenme sıcaklığından sonra) bu ne-denle olivine etki edemiyerek, geç kristallenen mineraller ve cam içinde yoğunlaştığını göstermektedir.

Klinopiroksenler entergranüler doku gösteren örneklerde labrador kristallerinden sonra oluşmuş, lataların arasını doldurmuşlardır. Porfirik dokuda olanlarda ise, plajiyoklaslar-dan daha önce oluşmuş olup, mikrolitik bir hamur içersinde yüzerler. Bazı kesitlerde bu fenokristaller birarada toplanarak mafik kümeleri oluştururlar (Şekil 3-4).



Şekil 3.1- Sodik alkaleli olivin bazalt serisini adlandırmak için irvin ve Baragar (1971) tarafından önerilen normatif "Plajiyoklas-renk indisi" diyagramı üzerinde analiz edilmiş örneklerin yer alışı.



Şekil 3.2- Olivin bazaltlarında olivin fenokristallerinin mikroskopik olarak görünüşleri. Örnek No.84.Çapraz Nikol, x63.



Şekil 3.3- Havayitlerde olivinin silisyum ile reaksiyona girme-
siyle olivinlerin kenarlarının hiperstene dönüşmesi-
nin mikroskobik görünümü. Örnek No.82. Çapraz Nikol, x63.



Şekil 3.4- Havayitlerde piroksen fenokristalleri bir arada toplana-
rak mafik kümeler oluşturmuşlardır. Örnek No.98.
Çapraz Nikol, x63.

Tam şekilli kristallerden şekilsiz kristallere kadar izlenirler. Tam şekilli kristallerin enine kesitlerinde 8 köşeli ve birbirine dik yönde gelişmiş dilinimleri net olarak izlenir. O10 pinokoid yüzeyine paralel geçmiş kesitlerde, yapılan sönme açısı ölçümleri bunların ojit olabileceklerini göstermiştir. Ojitlerde yer yer ikizlenme izlenir (Şekil 3-5).

Prizmatik küçük ve iri fenokristaller şeklinde görülen ortopiroksen kristallerini, olivin bulunmayan veya çok az miktarda olivin içeren birkaç örnekte rastlanılmıştır. Magmanın yeteri kadar silisyum içermesi bir olasılıkla, bu örneklerde erken kristallenen olivinlerin sıcaklığın düşmesiyle ortopiroksene dönüşmesini sağlamıştır. Hiperstenlerin O10 yüzeyine göre birbirine paralel yönde gelişmiş dilinimleri net olarak izlenir ve dik sönme gösterirler.

Sadece bir örnekte hornblend ve biotite rastlanılmıştır. Hornblendlerde baklava şeklindeki dilinimleri iyi gelişmiş olup, net bir pleokroizma gösterir. Dik sönme gösteren biyotitler ise küçük şekilsiz kristaller şeklinde olup kahverenkli karakteristik bir pleokroizma gösterirler.

Tali minerallerden magnetit ve ilmenit örneklerde yaklaşık eşit çoklukta mevcuttur. Magnetit kristalleri yarı şekilli, ilmenitler ise iskelet şeklindedir. Olivince zengin bazı örneklerde şekilsiz, opak demir mineralleri olivine eşlik eder. Küçük iğne şeklindeki apatit kristalleri bazı örneklerde mevcuttur.

İkincil minerallerden klorit ve nadiren de kalsit görmek olağandır.

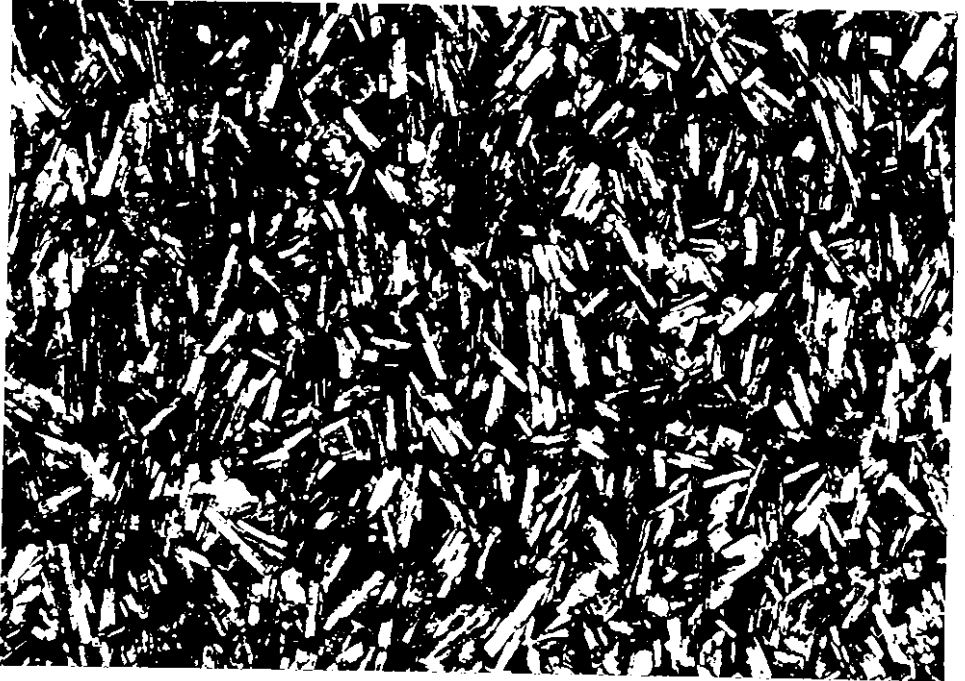
3.3. MUGEARİTLER

Çalışma alanında masif lavlar biçiminde mostra veren mugearitler çok ince taneli, taze kırık yüzey rengi açık gri tonlarda yoğun kayalardır.

Bütün örneklerde trakitik doku hakimdir. 50-100 mikron uzunluğunda 5-10 mikron genişliğinde plajiyoklas mikrolitleri yönlendirilmiş durumdadır (Şekil 3-6). Çok küçük boyutlu ferromagnezyen taneler bu mikrolitlerin aralarında yer almışlardır. Fenokristaller nadirdir. Erken kristallenmiş bu tanelerin akıntı sırasında etrafları yönlendirilmiş küçük mikrolitlerle çevrilmiştir (Şekil 3-7). Taneler arası boşluklarda cam görülür.



Şekil 3.5- Olivin bazaltlarda ikizlenme gösteren ojit kristalinin mikroskopik görünümü. Örnek No. 82.Çapraz Nikol, x63.

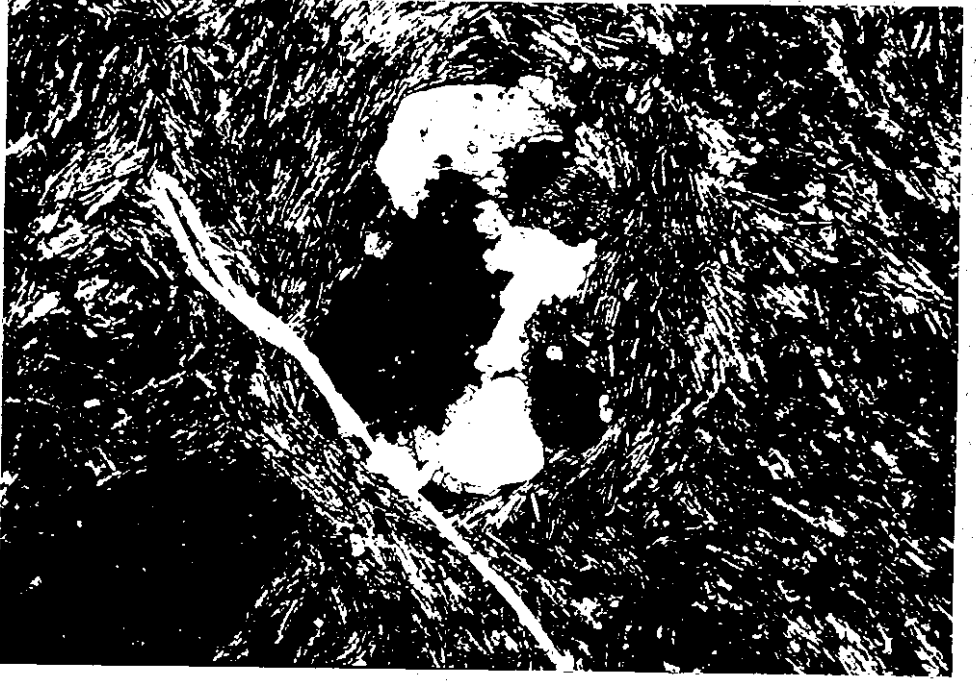


Şekil 3.6- Mugearitlerdeki plajiyoklas mikrolitlerinin yönelmesinin mikroskopik görünümü. Örnek No.8.Çapraz Nikol, x63.

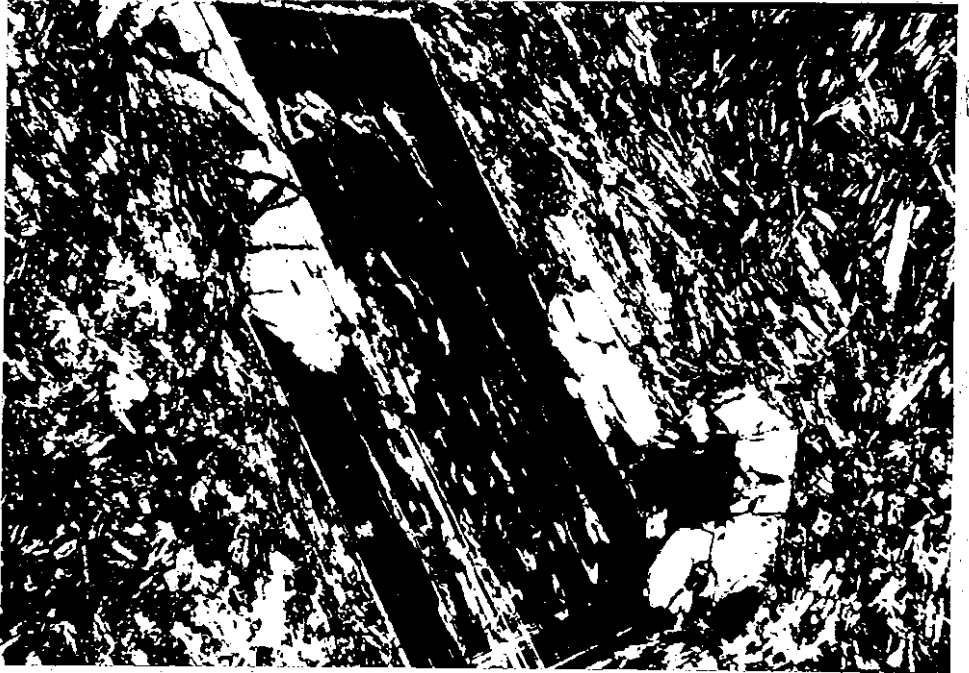
3.3.1. MİNERALOJİK BİLEŞİM

Plajiyoklaslar yer yer fenokristaller şeklinde olup O_{10} yüzeyine göre yapılan sönme açısı tayinlerinden andezin bileşimli olup $An_{35}-An_{50}$ arasında değişim gösterirler. Plajiyoklasların çoğunda zonlanma mevcuttur. Zonlanma genellikle ince bantlar şeklinde kesikli ve düzensizdir (Şekil 3-8). Mikrolitlerden kesin ölçü alınmasına olanak yoktur. Yaklaşık sönme açısı değerleri albit-oligoklas sınırındadır.

Ferromagnezyen mineral olarak klino ve orto piroksenler hakimdir. Nadir fenokristaller olarak, karakteristik kristal şekilleri ve dik yöndeki dilinimleriyle belirginler. Karakteristik çift kırılma renkleri ve sönme açılarıyla, ojit (Şekil 3-9) ve düz sönme gösteren hipersten fenokristalleri (Şekil 3-10) kolaylıkla tanınırlar. Mikrolitler arasındaki küçük intergranüler ferromagnezyen taneler büyük bir olasılıkla piroksendirler. Bu tanelerin büyük bir kısmı kalsitleşmiş ve kloritleşmiştir. Hamur içersinde tam ve yarı şekilli opak taneler olağandır.



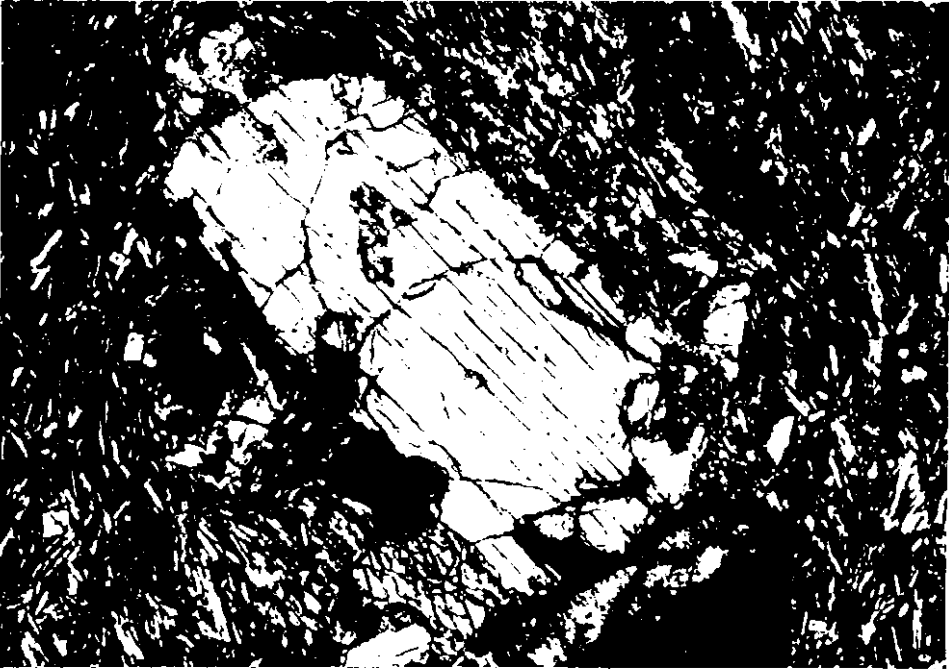
Şekil 3.7- Mugearitlerde erken kristallenen ojitin akıntı nedeniyle etrafının yönlenmiş plajiyoklas mikrolitleriyle çevrelenişi. Çapraz Nikol, x63.



Şekil 3.8- Mugearitlerdeki plajiyoklas fenokristallerinde ince bantlar şeklinde kesikli ve düzensiz zonlanmanın mikroskopik görünümü. Örnek No. 96. Çapraz Nikol, x63.



Şekil 3.9- Mugearitlerde piroksen fenokristalinin mikroskopik olarak görünümü. Örnek No.10. Çapraz Nikol, x63.



Şekil 3.10- Mugearitlerde hipersten fenokristalinin mikroskopik olarak görünümü. Örnek No.97. Çapraz Nikol, x63.

B Ö L Ü M IV. PETROKİMYA

4.1. GİRİŞ

İnceleme alanındaki bazaltları kimyasal olarak sınıflamak, magma tipini bulmak ve bazaltların kimyasal özellikleriyle bölgenin tektonik gelişimi arasındaki ilgiyi bulmak amacı ile 10 adet örneğin ana (majör) ve iz element analizleri yapılarak Tablo 4-1 de sunulmuştur.

Bazaltların ince kesit çalışmalarıyla genel sınıflaması yapıldıktan sonra örnekler en ayrışmamış olanlar arasından seçilmiştir. Analiz için örnek seçiminde olanakların elverdiği ölçüde, ayrımlılaştırmanın her evresinden örnek alınmasına özen gösterilmiştir.

4.2. KULLANILAN ANALİTİK YÖNTEMLER

Analiz çalışmaları K.Ü. Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Jeokimya laboratuvarında Jeol-Sx2 X-ışınları fluoresans spektrogramfi, Perkin-Elmer 403 atomik absorpsiyon spektrofotometresi ve diğer analitik cihazlar ile yapılmıştır.

Ana elementlerde "boraksla ergitme" yöntemi kullanılmıştır. Ergitici olarak L-105 olarak isimlendirilen, % 47 lityum tetraborat, % 36,7 lityum karbonat, % 16,3 lantanyum oksitten meydana gelen flux kullanılmıştır. Örnek : flux oranı 1:7 olarak yapılmıştır.

Na ve Mg elementleri analizinde doğruluğu artırmak amacıyla örnekler teflon bombasıyla flöroborik asit yöntemiyle çözündürülmüş ve bu çözeltiden Na atomik emisyon, Mg ise atomik absorpsiyon yoluyla analiz edilmişlerdir.

iz element analizleri için preslenmiş toz örnek yöntemi kullanılmıştır. Standart örnek olarak U.S.G.S. standartlarından G-2, GSP-1, AGV-1, BCR-1 (flanagan, 1973) ve ayrıca Kanada Certified Reference Materials'dan MRG-1 ve SY-2 standartları (Steger, 1980) hesaplamalarında referans örnek olarak kullanılmıştır.

maştır. Matriks ve girişim etkenlerini düzeltmek için Nisbet ve diğerleri (1979)'inde açıklanan yöntemlerden faydalanılmıştır. H₂O ve CO₂ gibi uçucuların yaklaşık toplamına eşit olan ateşte kayıp için örnekler 900 °C de ısıtılmışlardır.

4.3. KİMYASAL KARAKTERLERİNE GÖRE VOLKANİT DİZİLERİNİN SINIFLANDIRILMALARI

Bugün kullanılmakta olan kimyasal sınıflamaların kökeni Kennedy (1933) ve Tilley (1950) tarafından kurulmuştur. Bu yazarlar alkali ve toleyitik magma tiplerini ayırt etmişlerdir. Peacock (1931) ilk defa kalkatkalen diziyi toleyitik diziden ayırt eden özellikleri belirterek bugünkü sınıflamanın çatısını kurmuştur.

Başlangıçta ana (majör) elementlere göre karakterlerine ayrılan bu diziler analitik yöntemlerin gelişip silikatlarda iz elementlerin analizlerinin kolaylaşmasıyla kimyasal karakterleri ayrıntılarıyla belirginleşmişlerdir. Günümüzde plaka dinamiğinin anlaşılır hale gelmesiyle bu volkanitlerin kökenleri kendilerini oluşturan petrojenetik mekanizmalar dolayısıyla tektonik ortamlarla oluşumları arasındaki ilgiler gittikçe belirginleşmektedir.

Hangi çeşit tektonik ortamda hangi tip magmatizmanın oluştuğu ve bunların ayırtman karakterleri üzerinde görüş birliği olmasına rağmen bir çok tektonik ortamlar geçişli tiplerde magmatizma oluşturmakta ve bunların kökeni hakkında görüş birliği sağlanamamaktadır. Çarpışma zonlarının oluşturduğu orojenik kuşaklarda, çarpışma sonrası meydana gelen volkanizmaların karakteri ve kökeninin açıklanması hakkında günümüzde yoğun çalışmalar sürdürülmektedir.

4.4. ÇALIŞILAN ÖRNEKLERİN KİMYASAL KARAKTERİ

4.4.1. Ana Element Özellikleri

Doğru ve hassas analizleri yapılmaya çalışılmış 10 adet örneğin ana ve iz element açısından, kimyasal karakterleri günümüz literatüründe kullanılan doğruluğu ve anlamlılığı yazarlarca kabul edilmiş diyagramlar üzerinde açıklanmaya çalışılmıştır.

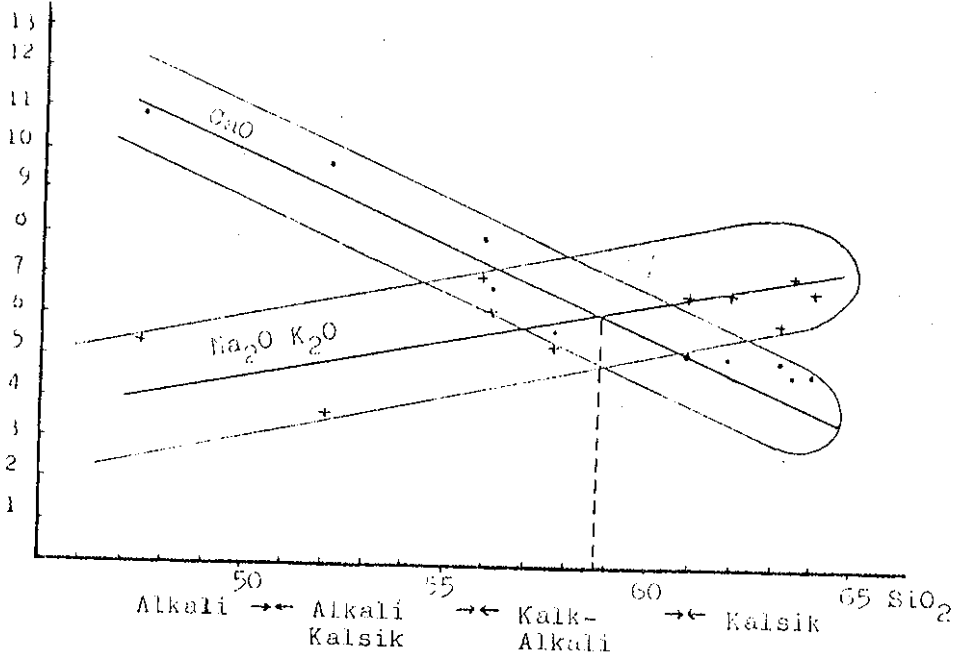
	<u>84</u>	<u>88</u>	<u>118</u>	<u>47</u>	<u>67</u>
SiO ₂	47,45	52,00	55,80	56,00	57,52
TiO ₂	1,50	1,04	1,22	1,96	1,26
Al ₂ O ₃	15,80	18,26	17,37	16,50	19,71
Fe ₂ O ₃	1,94	1,74	1,42	1,74	1,35
FeO	7,76	6,96	5,68	6,96	5,40
MnO	0,15	0,13	0,11	0,17	0,08
MgO	5,55	4,72	1,91	1,99	2,24
CaO	10,85	9,60	7,90	6,70	5,53
Na ₂ O	3,26	2,56	4,26	3,71	3,57
K ₂ O	2,05	1,05	2,69	2,41	1,80
P ₂ O ₅	0,93	0,26	0,51	0,48	0,38
H ₂ O	<u>2,36</u>	<u>1,68</u>	<u>0,54</u>	<u>2,36</u>	<u>1,16</u>
	99,60	100,00	99,41	100,98	100,00
Rb	24	85	38	51	54
K/Rb	709	103	588	392	277
Sr	763	488	570	330	433
Ba	400	470	505	350	505
Nb	22	25	26	22	25
Y	34	23	32	56	32
Zr	205	201	225	236	203
La	42	28	20	123	115
Ce	126	100	134	142	120
Ni	230	82	69	52	41
Cr	268	28	48	43	22
Kv	-	4,054	2,375	7,324	12,642
Or	12,112	6,204	15,893	14,239	10,635
Ab	19,404	21,652	36,030	31,378	30,194
An	22,429	35,235	20,336	21,257	24,948
Or	4,425	-	-	-	2,748
Or.P	-	17,290	5,645	9,620	12,445
Kl.P	20,755	8,787	13,036	7,448	-
Ol	10,302	-	-	-	-
Mt	2,813	2,523	2,059	2,523	1,957
Il	2,849	1,975	2,317	3,722	2,393
Ap	2,205	0,617	1,209	1,138	0,901

Tablo 4.1- İnceleme alanından seçilmiş Üst Miyosen lavlarına ait örneklerin kimyasal ve normatif bileşimleri 84: Olivin bazalt; 88: Olivin bazalt; 118: Havayit; 47: Havayit; 68: Havayit.

SiO ₂	<u>7</u> 60,90	<u>119</u> 61,90	<u>104</u> 63,20	<u>2</u> 63,50	<u>110</u> 64,00
TiO ₂	0,66	1,04	1,04	0,90	1,34
Al ₂ O ₃	18,61	16,80	17,86	16,53	16,60
Fe ₂ O ₃	0,94	1,19	1,11	0,84	1,00
FeO	3,76	4,76	4,44	3,36	4,00
MnO	0,08	0,06	0,09	0,11	0,11
MgO	2,15	0,83	0,41	2,32	0,41
CaO	5,12	5,10	5,00	4,70	4,70
Na ₂ O	3,30	4,05	3,64	3,94	3,37
K ₂ O	3,20	2,55	2,05	3,10	3,30
P ₂ O ₅	0,23	0,26	0,34	0,37	0,19
H ₂ O	<u>1,14</u>	<u>1,17</u>	<u>0,82</u>	<u>1,27</u>	<u>1,39</u>
	100,09	99,71	100,00	100,94	100,41
Rb	98	69	65	30	76
K/Rb	271	307	262	858	360
Sr	503	339	409	634	348
Ba	550	240	200	240	505
Nb	26	19	23	18	15
Y	25	30	23	22	21
Zr	205	217	250	156	237
La	64	79	57	35	35
Ce	92	116	144	130	178
Ni	69	47	97	163	53
Cr	25	43	22	138	43
Kv	13,591	15,119	21,246	14,763	19,943
Or	18,906	15,066	12,112	18,315	19,497
Ab	27,910	34,254	30,786	33,323	28,502
An	23,893	20,136	22,580	18,269	20,427
Cr	0,963	-	1,380	-	-
Or.P	10,539	6,696	6,706	9,241	4,794
Kl.P.	-	2,967	-	2,157	1,423
OL	-	-	-	-	-
Mt	1,363	1,725	1,609	1,218	1,450
IL	1,253	1,975	1,975	1,329	2,545
Ap	0,545	0,617	0,806	0,877	0,451

Tablo 4.1. (Devam) 7: Havayit; 119: Mugearit; 104: Mugearit; 2: Mugearit; 110: Mugearit.

Ayrımlılılaşmanın SiO_2 zenginleşmesiyle gösterildiği ve bu zenginleşme sürecinde CaO -Alkalilerin değişimini faktör olarak alan Peacock diyagramında analizi yapılan örnekler incelenmiştir (Şekil 4.1.).



Şekil 4.1. Peacock (1931) diyagramı üzerinde Üst Miyosen lavlarına ait örneklerin dağılımı.

Bu diyagramda örneklerin kalk-alkalen karakterde olduğu görülmektedir. CaO düzgün bir düşüş gösterirken, toplam alkaliler de düzgün olarak yükselmektedir. Kesişme noktası (indeks) 58-59 civarındır.

Alkali ve toleyitik serileri birbirinden ayıran alkali-silika diyagramı yerbilimciler tarafından geniş bir ölçüde kullanılmıştır. Bu grafik ayırımında MacDonald (1964) Hawaii volkanitlerinden elde edilen verilerle alkalen ve toleyitik, Kuno (1968) ise Japonya ada arkından elde edilen verilerle ayırımı yapmıştır.

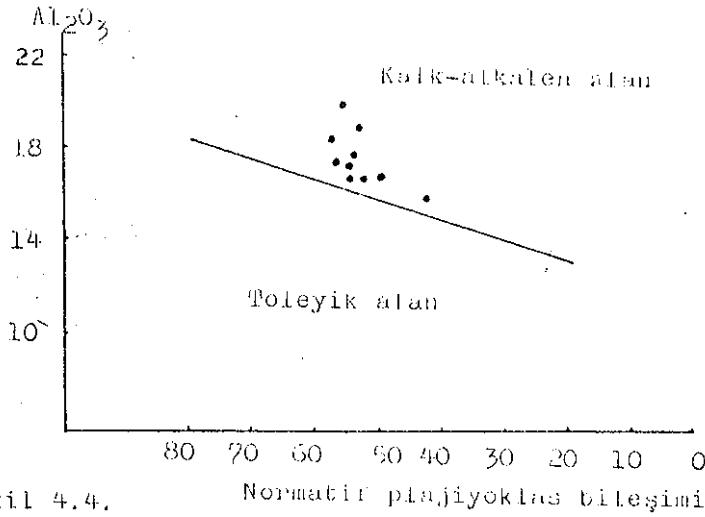
Bu diyagramda Alkali-Toleyitik çizgisinin okyanus adaları için ayrı, ada arkları için ayrı oldukları görülmektedir. Çarpışma zonlarındaki kıta volkanitleri için henüz hiçbir araştırmacı bir ayırım çizgisi önerememiştir.

Ne : nefelin + $\frac{3}{5}$ Albit

K' : kuvars + $\frac{2}{5}$ Albit + $\frac{1}{4}$ Ortopyroksen

OL' : olivin + $\frac{3}{4}$ Ortopyroksen

Alimünyum konsantrasyonunun esas faktör olarak ele alındığı ve Irvin ve Baragar (1971) tarafından önerilen % Al_2O_3 -normatif plajiyoklas diyagramında örnekler alimünyum zenginliği nedeniyle tümü kalk-alkalen alanda yer almışlardır (Şekil 4.4).



Şekil 4.4.

Normatif plajiyoklas bileşimi

SiO_2 ve Al_2O_3 gibi bileşenlerin ana faktör olarak kullanıldığı diyagramların çarpışma zonunda oluştuklarını bildiğimiz örneklerimiz için ayırtman olamamaktadır. Bunu iki nedenle açıklayabiliriz. Birincisi bu diyagramlar yazarları tarafından hazırlanırken okyanus ortası, yitim zonu, sıcak noktalar gibi petrojenetik mekanizmaları bilinen ortamlardan alınan örnekler kullanılmıştır. Çarpışma sonrası volkanitler bu diyagramlarda kullanılmamıştır. İkinci neden, ileride iz element içerikleriyle de kanıtlanacağı gibi bu volkanitler derinden sığa değişen derinliklerden kaynaklanmış manto kökenli alkalen karakterdedir. Kalın kıta kabuğu boyunca yukarı çıkarken ayrımlılaştırmanın çeşitli evrelerinde sialik kabuktan değişik miktarlarda parçalar özümlemiş, dolayısıyla özümlenen fazla miktarda SiO_2 ve Al_2O_3 alkalen karakteri kalk-alkalen yönünde (özellikle SiO_2 içeriği açısından) değişikliğe uğratmıştır.

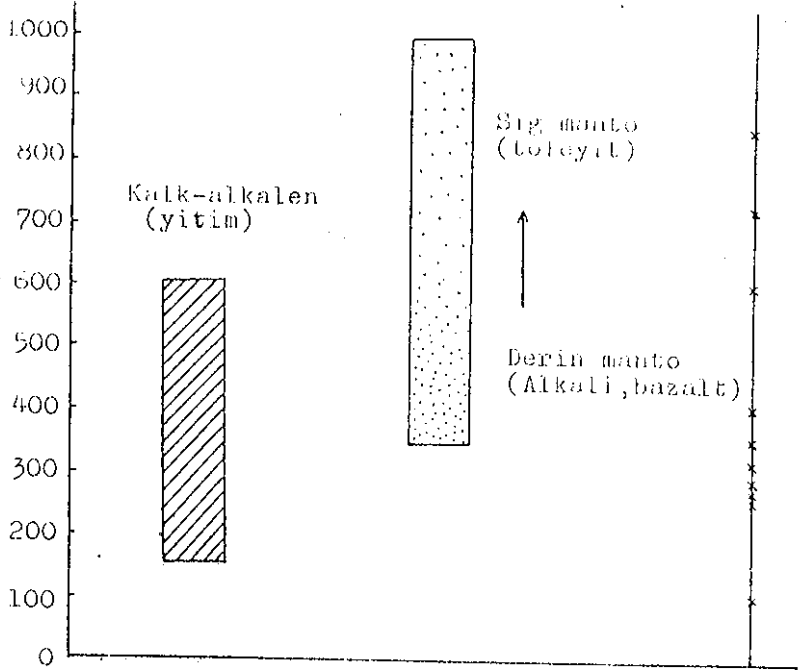
4.4.2. İz Element Derişimleri

Üst Miyosen volkanitlerinin kökenini araştırmak, kalınlaşmış kıta kabuğu içinde yükselirken kabuk malzemesi özömlenmesinin derecesini araştırmak, bölgesel tektonikle ilişkilerini açığa çıkarmak ve tektonik yerleşimi bilinen diğer dizilerle karşılaştırmak amacıyla büyük iyonlu titofiler (K,Rb,Sr,Ba), hafif nadir toprak elementler (La,Ce), kalıcılığı yüksek (high field strength-HFS-) elementler (Ti,Nb,Zr,Y) gibi uyumsuz elementler ile; Cr,Ni gibi uyumlu elementlerin analizi yapılmıştır.

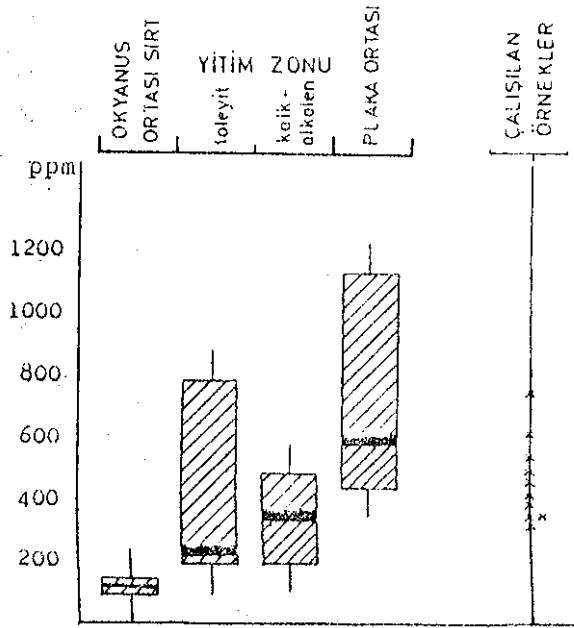
4.4.2.1. Büyük İyonlu Litofiller

Bunlar genellikle SiO_2 'le pozitif bir korelasyon gösterirler. Diğer bir değişle aynı serinin bazaltlarına göre andezitlerinde konsantrasyonu hafif bir artım gösterir (Gall,1981). Rb derişimi K_2O derişimi ile orantılıdır. K/Rb oranı ise köken açısından bir gösterge olarak kullanılabilir. Tüketilmiş üst mantodan türemiş toleyitler de çok yüksek (~ 1000) olurken derin manto kökenlilerde bu oran gittikçe düşer (Tokel, 1981). Yitim kökenli kalk-alkalenlerde ise kıta kabuğuna yakın bir değerde (~ 250) bulunur (Jakes and White, 1970). Analizi yapılan örneklerde ise K/Rb değeri değişken değerler vermiştir. Çoğunlukla kalk-alkalene yakın değerler (veya derin manto alkalen bazaltları) verdiği gibi, iki örnek yüksek sığ manto köken değerleri vermiştir. K/Rb oranı ile köken ilişkisi Şekil 4.5 de diyagramatik olarak özetlenmiştir.

Sr derişimleri yitim kökenli kalk-alkalenlerde genellikle ~ 400 civarındayken manto kökenli alkalen volkanitlerde genellikle ~ 600 kadardır (Tokel, 1984). Çalışılan örneklerde Sr derişimleri hem kalk-alkalen hem manto kökene benzer değerler vermiştir (Şekil 4.6).

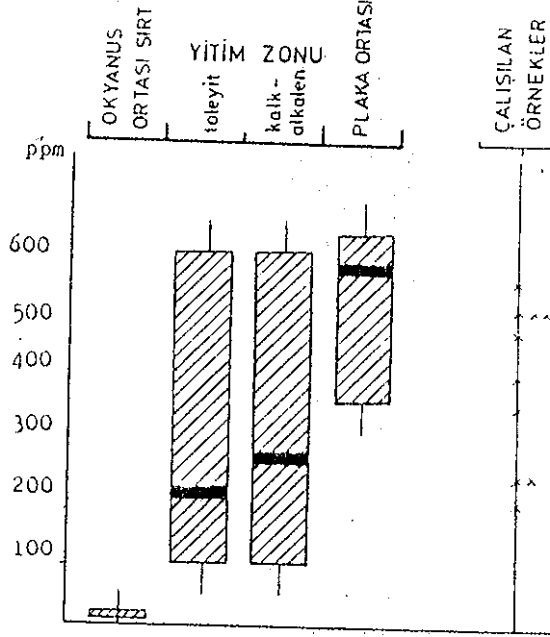


Şekil 4.5. K/Rb oranı ile köken ilişkisini gösteren diyagram



Şekil 4.6. Sr içeriklerinin, plaka dinamiğine göre konumlanmış diğer ortamlardaki volkaniklerle karşılaştırılması. Taramalı bölgeler alt ve üst olağan limitleri, siyah bant en yüksek frekansı veren değerlerdir. Ortam değerleri S.Tokel'den alınmıştır (sözlü görüşme).

Ba içeriği toleyit ve kalk-alkalenlerde genellikle 200-400 düzeyinde iken, derin manto kökenli alkalilerde 600 civarı değer verirler (Tokel, 1984). Çalışılan örneklerden elde edilen Ba değerleri ortalama kalk-alkalenlere göre yüksek, manto kökenlilere daha yakındır (Şekil 4.7.).



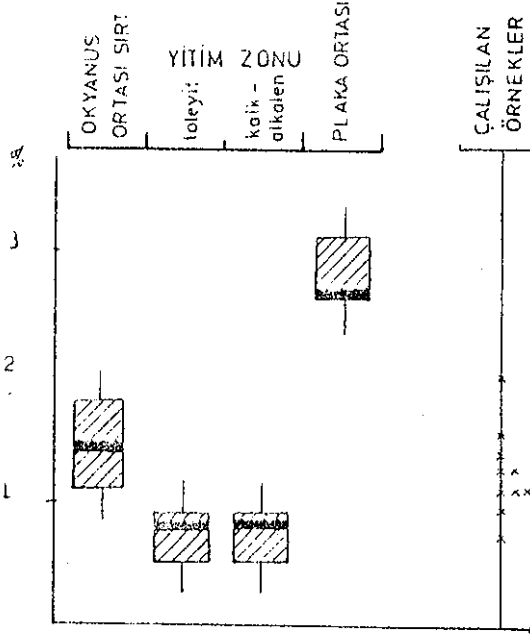
Şekil 4.7. Ba içeriklerinin, plaka dinamiğine göre konumlanmış diğer ortamlardaki volkaniklerle karşılaştırılması. Taramalı bölgeler alt ve üst olağan limitleri, siyah bant en yüksek frekansı veren değerlerdir. Ortam değerleri S.Tokel'den alınmıştır (sözlü görüşme).

4.4.2.2. Kalıcılığı Yüksek Elementler

Elektrik yükü/iyon yarı çapı 3-9 arası olan kalıcılığı yüksek bu imobil elementler (high field strength-HFS-), Titanyum ile ilmenitin ilgisi hariç kayaç yapıcı mineraller içinde yoğunlaşmamışlardır. Bu ve diğer nedenlerle bir çok araştırmacılar tarafından petrojenezde ayırtman olarak kullanılmaktadırlar.

TiO_2 derişimi kabuk-manto köken ayırımında son derecede belirtgendir (Tokel, 1981). Yitim kökenli kalk-alkalen, hatta toleyitiklerde hiç bir zaman % 0,90 nı aşmaz (Gill, 1981). Buna karşı sığ mantoyu temsil eden okyanus toleyitlerinde ~% 1,35, derin manto kökenli alkali bazaltlarda ise ~% 2,5 in üzerinde değerler verirler. Analizi yapılan örneklerde TiO_2 içeriği bir örnek hariç % 0,90 nın üzerindedir. Ortalama değer ise

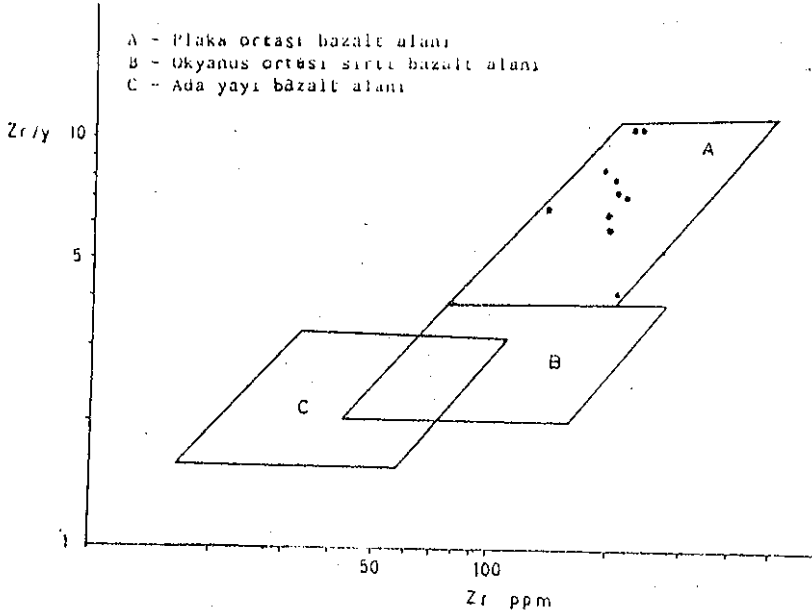
$\bar{X} = 1,12$ dir. Bu durum kesin olarak manto kökeni işaret etmektedir(Şekil 4.8.).



Şekil 4.8. Ti içeriklerinin, plaka dinamiğine göre konumlanmış diğer ortamlardaki volkanitlerle karşılaştırılması. Taramalı bölgeler alt ve üst olağan limitleri, siyah bant en yüksek frekansı veren değerlerdir. Ortam değerleri S.Tokel'den alınmıştır (sözlü görüşme).

Zirkonyum derişimi Pearce and Norry (1979) tarafından tektonik yerleşimde ayırtman olarak kullanılmıştır (Şekil 4.9). Zr/Y-Zr ilgisini gösteren bu diyagramda bütün örneklerin plaka ortası alanda konumlandığı görülmektedir. Yitim kökenli kalk-alkalen seride Zr derişimi 50-150 dir. Manto kökenli kayalarda ise genellikle 190 nin üzerindedir.

Niyobyum yitim kökenli kalk-alkalen kayalarla manto kökenli diğer kayaların ayrılmasında belirleyici bir elementtir. Kalk-alkalen seride ortalama değer $\bar{X} = 2,5$ olarak genellikle 5 in altındadır (Gill, 1981). Manto kökenli serilerde ise 20-30 a ulaşan değerler verirler. Örneklerde ise 15-26 arasında değişen değerler manto kökeni işaret etmektedir.



Şekil 4.9. Üst Miyosen lavlarının Zr/Y-Zr diyagramı (Pearce and Norry, 1979)'ında yer alırları.

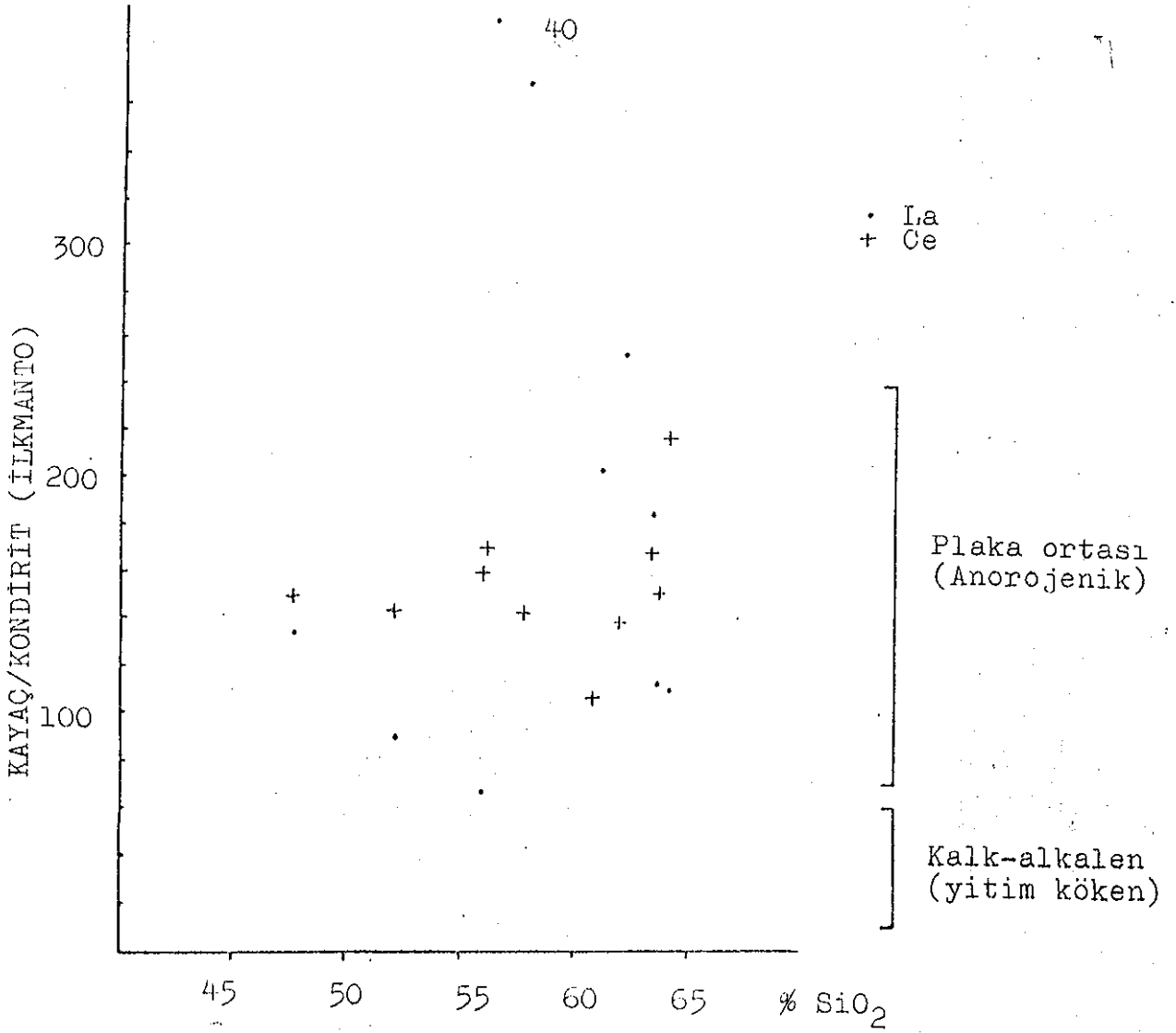
4.4.2.3. Hafif Nadir Topraklar

Volkanitlerde nadir toprakların konsantrasyonu ve kondiritlere karşı oranlanması köken belirtme açısından en güvenilir göstergedir. Özellikle hafif nadir toprak elementlerin manto kökenli volkanitlerde, yitim kökenli volkanitlere göre çok daha fazla zenginleşme gösterirler.

Hafif nadir topraklardan La ve Ce nun kondirit değerlerine oranları SiO_2 diyagramı Şekil 4.10 da gösterilmiştir. Bu diyagram üzerinde genellikle yüksek konsantrasyon değerleri vermesi dolayısıyla, analizi yapılan örnekler plaka ortası anorojenik alanda yer almışlardır.

4.4.2.4. Uyumlu Elementler

Bu grup elementlerden Ni ve Cr analizleri yapılmıştır. Ferromagnezyen mineraller içinde yoğunlaşan bu grup elementler dolayısıyla SiO_2 içeriği ile negatif bir korelasyon gösterirler. Bu açıdan diyagramlarda ayırtman olarak kullanılmalarında ihtiyatlı olmak gerekir. Kalk-alkalen bazalt ve andezitlerde Ni miktarı genellikle 40 dan az nadiren 100 e yakın değerlerdedir.



Şekil 4.10. Üst Miyosen lavlarında ayrımlılılaşmayla La ve Ce içeriklerinin kondiritlere oranlanması. Alan değerleri S.Tokel (sözlü görüşme) ile belirlenmiştir.

5 den küçük değerlerde olagandır (Gill, 1981). Analiz edilen örneklerde 41-230 arası bulunan değerler kalk-alkalen serilere benzerlik göstermemektedir.

Cr yitim kökenli kalk-alkalen serilerde genellikle 8-220 arasında değişken değerler vermektedir (Gill, 1981), Plaka ortası alkali olivin bazaltlarda da bu değer ~ 200 dür (Wedepohl 1975). Analizi yapılan örneklerden elde edilen ve 22-268 arasında değişen konsantrasyonlardan bir yorum yapmak mümkün değildir.

B Ö L Ü M V.

PETROJENEZ VE SONUÇLAR

5.1. NEOJEN VOLKANİZMASININ GENEL ÖZELLİKLERİ VE DAĞILIMI

Anadoluda geniş yayılımlar gösteren ve yaklaşık Anadolu'nun yarısını kaplayan Neojen yağlı volkanitler başlıca Batı Anadolu'da İzmir kuzeyi, Kula-Alıyon civarı, Ercan ve diğerleri (1979), Orta Anadolu'da Kayseri-Hasandağı arası Batum (1978) ve Kızılcahamam civarı; Doğu Anadolu'da ise yoğun bir yüzeylenme ile hemen her yerde görülürler. KD'ya uzanımları Küçük Kafkasların orta kısımlarına kadar gelir. Tebriz'den başlayarak bütün Zagros'lar boyunca genç çöküntülerle sınırlanmış Neojen volkanik yüzeylenmeleri haritalanmıştır (Ruttner and Stöcklin, 1967).

Bu volkanitler stratigrafi, morfoloji, petrografi ve jeokimya açısından birbirlerine benzer görünüştedirler ve Burdigaliyen sonrası başlayıp Kuvaterner ortalarına kadar süregelen volkanik etkinlik bölgelerinde riftleşme tektoniği ile eş zamanlı görülürler (Tokel, 1979; Savaşın, 1981, Ercan ve Öztunalı, 1962).

5.2. DOĞU ANADOLU NEOJEN VOLKANİZMASININ PETROJENEZİ İLE İLGİLİ GÖRÜŞLER

Doğu Anadolu Neojen volkanizması ile ilgili olan ilk köken araştırması amacıyla hazırlanmış ilk jeokimyasal çalışma Lambert ve diğerleri (1974) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada Ağrı dağı volkanitlerinin kökeninin yitim zonu olamayacağı, kabuksal makaslama teorisinin seçenek olabileceği öne sürülmüştür.

Innocenti ve diğerleri (1975,1976) Van gölü civarı ve İrandaaki volkanitlerin kökenini Neojen boyunca Arabistan plakasının Anadolu-İran plakası altında yitilmesi sonucuna bağlamıştır.

Çalışılan volkanik örneklerde saptanan olivinlerin hiperstene dönüşmesi, gerek ana element ve gerekse iz element derişimlerinde görülen anomaliler böyle bir karışımın olabileceğini göstermektedir.

Sonuç olarak, Üst Miyosen sürecinde meydana gelen yataç gerilim kuvvetlerinin üst mantoda bölümsel ergimeyi oluşturduğu, oluşan magmanın kalın kabuk içinde yükselirken özellikle alt kısımlardaki kabuk malzemesini ergitip özümlüerek hibridizasyona neden olduğu ve sonuçta ilginç petrografik ve petrokimyasal karakterler gösteren çarpışma sonrası volkanitlerin meydana geldiği, büyük bir olasılık olarak ileri sürülebilir.

K A Y N A K Ç A

- Aslaner, M., 1983, Kor ve kor kırıntılı kayalar, K.Ü. Müh. Mim.Fak. Yayını, genel yayın no 23, Trabzon
- Aziz, A., 1977, Erzurum I 46 b₄ ve I 46 C₁ paftalarının detay jeolojisi ve petrol olanakları M.T.A. Enstitüsü Petrol Servisi raporu.
- Batum, İ., 1978, Nevşehir güneybatısındaki Göllüdağ ve Acıgöl volkanitlerinin jeokimyası ve petrolojisi : Yerbilimleri, 4, 70-94.
- Çapan, U.Z., 1977, Ofiyolit olgusu: Türkiye Jeoloji Kurumu, Yerbilimleri Konferans Dizisi, Kış dönemi, 1-3.
- Ercan, T., Dincel, A. ve Günay, E., 1979, Uşak volkanitlerinin petrolojisi ve plaka tektoniği açısından Ege bölgesindeki yeri. T.J.K. Bülteni 22, 185-198.
- Ercan, T., ve Öztunalı, Ö., 1982, Demirci-Selendi (Manisa) çevresindeki Senozoyik yaşlı volkanitlerin petrolojisi ve kökensel yorumu: Hacettepe Yerbilimleri Derg., 10. 1-15.
- Flanagan, F.J., 1973, Values for international geochemical reference samples: Geoch. Cosm. Acta., 87, 1189-1200.
- Gill, J.B., 1981, Orogenic Andesites and Plate Tectonics, Springer-Verlag, New York.
- Hatch, F.H., Wells, A.K. and Wells, M.K., 1962, Petrology of the igneous rocks : Thomas Murby and Co.London.
- Havur, E., 1972, Erzurum I 47 C₁, C₄, d₂, d₃ paftalarının jeolojisi ve petrol imkanları M.T.A. Enstitüsü Petrol Servisi raporu.

- Innocenti, R., Mazzuoli, R., Pasquare, G., Radicati, F., Brozola, F. ve Villari, L., 1976, Evolution of the volcanism in the area of interaction between the Arabian Anatolian and Iranian plates, Lake Van, Eastern Turkey; Jour. Volc. Geoth. Res.1, 103-112.
- Irvine, T.N. and Baragar, W.R.A., 1971, Aquide to the chemical classification of the Common volcanic rocks : Canad. Jour. Earth. Sci., 8, 523-548.
- Innocenti, F., Mazzuoli, R., Pasquare, G., Radicati, F., Villari, L., 1975, Neogene and Quaternary volcanism along the Taurus belt: Inferences for a geodynamic model, Rapp. Comm. Int. Mer. Medit, 23, 205-206.
- Jakes, P. and White, A.J.R., 1970, K/Rb ratios of rocks from island arcs. Geochim Cosmochim Acta 34: 849-856.
- Kennedy, W.Q., 1933, Trends of differentiation in basaltic magmas. Amer. J. Sci. Ser. 5, 25, pp. 239-256.
- Kuno, H., 1968, Differentiation of basalt magmas, In Basalts, Volume 2. H.H. Hess and A. Poldervaart (Editors). pp. 623-688. Interscience, John Wiley and Sons, New York. 862 p.
- Lambert, R.J., Holland, G.J., Owen, F.P., 1974, Chemical Petrology of a suite of calc-alkaline lavas from Mount Ararat, Turkey, Jour. Geol. 82, 419-438.
- Mac Donald, G.A., 1960, Dissimilarity of continental and oceanic rock types. J. Petrol I: 172-177.
- Mac Donald, G.A., 1964, Chemical composition of Hawaiian lavas. J. Petrology, 5, pp. 358-369.
- Nisbet, E.G., Dietrich, V.J. and Esenwein, A., 1979, Routine trace element determination in silicate minerals and rocks by X-ray fluorescence.
- Pamir, H.N. ve Baykal, F., 1942, Bingöl bölgesi ve buranın Şimal ve cenubundaki jeolojik yapı M.T.A. Enstitüsü Arşiv No. 1447.

- Peacock, M.A., 1931, Classification of igneous rocks: J.Geol. 39, 54-67.
- Pearce, J.A., ve Norry, M.J., 1979, Petrogenetic implications of Ti,Zr,Y and Nb variations in volcanic rocks, Contrib.Min.Petr. 69, 33-47.
- Pelin, S., Özsayar, T., Gedik, İ., Tokel, S., 1980, Pasinler (Erzurum) havasının petrol olanakları yönünden Jeolojik incelemesi: MTA Rap. Derleme No. 7622, Ankara, (Yayınlanmamış).
- Poldervaart, A., 1964, Chemical definition of alkali basalts and Tholeiites. Bull. Geol. Soc. Amer. 75, pp 229-232.
- Rutner, A. and Stöcklin, J., 1967, Generalized tectonic map of Iran: Geological survey of Iran.
- Savaşçın, Y., 1981, Late Tertiary extensional tectonics and alkali basaltic magmatism in the West Anatolian coastal zone: Intern. Cong. Hellen. Arc. Trench. (HEAT) Abstracts, 90-91.
- Savcı, G., 1980, Doğu Anadolu volkanizmasının neotektonik önemi: Yeryuvarı ve insan, 5, 3-4, 46-49.
- Steger, H.F., 1980, Certified Reference Materials: Energy Mines and Resources, reference material project (CANMET Rep. No. 80-6E), Canada.
- Şaroğlu, F., Güner, Y., Kidd, W.S.F ve Şengör, A.M.C., 1980, Neotectonics of Eastern Turkey: new evidence for crustal shortening and thickening in a collision zone: EOS Transactions, American Geophysical Union, 61-17, 360.
- Şaroğlu, F. ve Yılmaz, Y., 1984, Doğu Anadolu'nun neotektoniği ve ilgili magmatizması: T.J.K. Ketin simpozyumu 149-162.
- Şengör, A.M.C., ve Kidd, W.S.W., 1979, Post-collisional tectonic of the Turkish-Iranian Plateau and comparison with Tibet: Tectonophysics, 55, 361-367.

- Şengör, A.M.C., Yılmaz, Y. and Ketin, I., 1980, Remnants of a pre-late Jurassic ocean in northern Turkey: fragments of Permian-Triassic Palaeo-Tethys. Geol. Soc. Am. Bull., 91/1: 499-609.
- Tilley, C.E. 1950, Some aspects of magmatic evolution : Quart. J. Geol. Soc. Lond., 106, 37-61.
- Turcotte, D.L., 1983, Mechanisms of crustal deformation: J.Geol. Soc. London, 140, 701-724.
- Tütüncü, K., 1965, Erzurum ovası kuzey ve güneyinin genel jeolojisi ve petrol olanakları M.T.A. Enstitüsü, petrol servisi Arşiv No.61.
- Tokel, S., 1977, Doğu Karadeniz bölgesinde Eosen yaşlı kalkalkalen andezitler ve jeotektonizma: T.J.K. Bülteni, 20, 49-54.
- Tokel, S., 1979, Erzurum-Kars yöresinde Neojen çöküntüsüyle ilgili volkanizmanın incelenmesi. Doçentlik tezi, K.T.Ü. (yayınlanmamış).
- Tokel, S., 1981, Plaka Tektoniğinde magmatik yerleşimler ve jeokimya: Türkiyeden örnekler: Yer yuvarı ve ins 6, 53-62.
- Tokel, S., 1984, Yeryuvarının yapısı ve bileşimi: "Jeokimya kavramları ve ilkeleri"de, T.J.K. Yerbilimleri eğitim dizisi, 207-238.
- Wedepohl, K.H., 1975, The contribution of chemical data to assumption about the origin of the magmas from mantle: Fortschr. Miner., 52, 141-172.
- Wyllie, P.J., 1984, Sources of granitoid magmas at convergent plate boundaries. Physics of the Earth and Planetary Interiors, 35, 12-18