

# Malatya güneydoğusundaki Maden magmatik kayaçlarının jeolojisi ve tektonik ortamına jeokimyasal bir yaklaşım

**Geology of the Maden magmatic rocks, southeast Malatya, and a geochemical approach to their tectonic setting.**

MUSTAFA ÖZÇELİK, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.

ÖZ . Malatya güneydoğusundaki Poluşağı sahasında Maden Karmaşığına ait kayaçlar Pütürge Masifi üzerinde tektonik dokanakla yer alır. Orta Eosen yaşlı Maden Karmaşığı alttan üste doğru kireçtaşı, kalkşist, kırmızı-şist, aglomera ve volkanik kayaçlarla bunları kesen yarı derinlik kayaçlarından oluşur.

Kimyasal süreklilik gösteren volkanik kayaçlar, özellikle hareketlenmeyen iz element içeriklerine (Ti, Zr, Y, Nb, La, Ce) dayanılarak bazalt, andezit ve az miktarda dasit olarak sınıflandırılmıştır. Yarı-derinlik kayaçları gabro ve plajiogranittir. Poluşağı magmatik kayaçlarının hareketlenmeyen iz ve bir kısım ana elementler kimyası, bunların tipik bir toleyitik kayaç dizisi olduğunu ortaya koyar. Poluşağı toleyitik bazalt ve gabrolar hem okyanusal toleyitlerle hem de ada yayı toleyitleriyle yakın kimyasal benzerlikler gösterirler. Daha az farklılaşmış bazalt ve gabrolar okyanusal toleyitlerle ve daha fazla farklılaşmış bazalt ve gabrolarsa ada yayı toleyitleriyle yakın benzerlik sergilerler.

Jeokimyasal ve jeolojik olgular, Poluşağı kayaç dizisinin Orta Eosende, olasılıkla Pütürge Masifi kuzeyinde yer alan, Maden Marjinal Baseni'nin okyanusal kabuğu üzerinde gelişen ve henüz ilk aşamalarında olan erginleşmemiş ensimatik bir ada yayı volkanizmasının ürünü olduğunu ortaya koymaktadır.

**ABSTRACT :** Rocks of the Maden Complex in the Poluşağı area (southeast Malatya) lie over the Pütürge Massif with a tectonic contact. The Maden Complex of Middle Eocene age is locally composed from bottom to top of limestone, calc-schist, red-schist, agglomerate, volcanics and the intruding hypabyssal rocks.

The volcanic rocks which exhibit smooth chemical continuity are classified as basalt, andesite and **minor** dacite **based** mainly on immobile trace element concentrations (Ti, Zr, Y, Nb, La, Ce). The hypabyssal rocks are gabbro and plagiogranite. The immobile trace and some major element chemistry of the Poluşağı magmatic rocks clearly demonstrates that the rock suite is typically tholeiitic. The Poluşağı tholeiitic basalts and gabbros exhibit chemical characteristics of oceanic tholeiites as well as island arc tholeiites. The less differentiated basalts and gabbros are chemically more akin to oceanic tholeiites and the more evolved basalts and gabbros to island arc tholeiites.

Geochemical and geological considerations lead to the conclusion that the Poluşağı rock suite was **produced during** the initial stages of an ensimatic immature island arc volcanism developed on the oceanic crust of the Middle Eocene Maden Marginal Basin located probably to the north of the Pütürge Massif.

## GİRİŞ

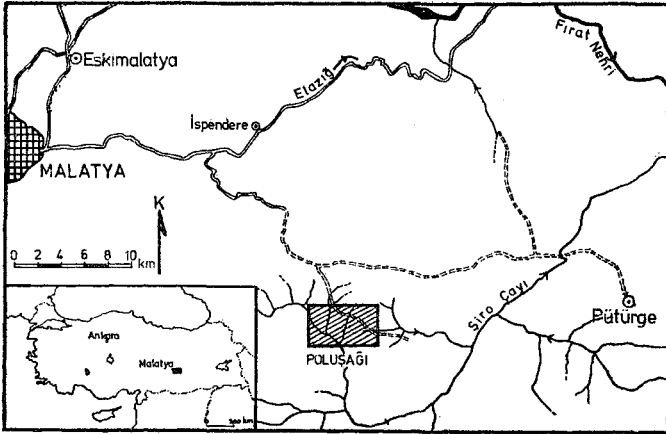
Son yıllarda Doğu Toroslar ve Güneydoğu Anadolu sürüklenim kuşağı yoğun ve ayrıntılı bir jeolojik araştırmaya konu olmuş ve bu konuda pek çok yazı yayımlanmıştır. Bu kuşak içerisinde Malatya güneydoğusundan başlayıp kuşak boyunca doğuya doğru uzanan, genelde Eosen yaşlı Maden karmaşığı hakkındaki ayrıntılı yerel/genel bilgiler ve konuyu içeren kaynaklar önceki çalışmacılar tarafından (örneğin: Perinçek, 1979; Perinçek ve Özkaya, 1981; Yazgan, 1981, 1983, 1984; Yazgan ve diğ., 1983) verilmiştir. Bu nedenle tekrar ayrıntılı olarak ele alınmayacak.

tır.

Maden karmaşığının en çok çalışılan ve en yaygın yüzlekler veren kesimleri Pütürge Masifi kuzeyi, Ergani-Ma-

den civarı ve daha doğuda Sason-Baykan yöresidir. Ergani-Maden - Elazığ-Hazar ve Malatya Pütürge civarındaki Maden karmaşığı kayaçları yaygın volkanik, volkanoklasik, volkanosedimanter ve yer yer de yan-derinlik kayaç içerirler. Ancak Maden volkanizmasına ait magmatik kayaçların niteliği ve oluşuktan tektonik ortam konusunda genel olarak kabul edilen bir görüş henüz ortaya çıkmamıştır. Genel özellikleriyle aym magmatik ve tektonik ortam Paçaları olarak gözükür. Ergani-Maden, Elazığ ve bu çalışmada incelenen sahayı da kapsayan Malatya güneydoğusundaki Maden volkanikleri konusunda farklı görüşler mevcuttur.

Yazgan (1983, 1984), Maden volkanizmasının İran'a kadar uzanan bir ölçekte hem sub-alkalen hem de alka-



Şekil 1. Yerbulduru haritası  
Figure 1. Location map

len olduğunu belirtir. Diğer yandan volkanizmanın, Malatya-Elazığ yöresindeki niteliğinin kalkalkalen (Michard ve diğ., 1982; Yazgan ve diğ., 1983) veya toleyitik eğilimli kalkalkalen (Yazgan, 1981; Yazgan, 1983, 1984) olduğu ve Ergani-Maden civarındaki niteliğinin ise toleyitik olduğu belirtilmektedir (Erdoğan, 1977, 1982).

Maden volkanizmasının olduğu tektonik ortam da çeşitli yörelerdeki detaylı çalışmalara rağmen bir bütün-lük sergilememektedir. En azından birbirinden farklı olarak kabul edilecek 5 tektonik ortam önerilmiştir:

1) Okyanus sırtı ortamı. İleri ve diğ. (1976) Ergani bakır yataklarını Kıbrıs tipi olarak saptarken, oluşum için okyanus sırtı açılma ortamını önermişlerdir.

2) Ensialik ada yayı volkanizması: Perinçek ve Özkaya (1981) Maden ve Yüksekova karmaşıklarının tamamen kıta kabuğu eklentisi üzerinde gelişmiş ada yayı malzemesi olabileceğini kabul ederken, Yazgan (1981) jeokimyasal bir yaklaşımla Maden magmatiklerinin kalın olmayan bir kıta kabuğu (Pütürge Masifi) üzerinde geliştiği sonucuna varır.

3) Yay ardı basen/marjinal basen ortamı: Bu görüş Şengör ve Yılmaz (1981) tarafından benimsenirken, Perinçek ve Özkaya (1981) tarafından bir seçenek olarak kabul edilir.

4) Marjinal basen/ada yayı karmaşık ortamı. Bu öneri ilk defa Erdoğan (1977, 1982) tarafından Ergani-Maden yöresindeki Maden «grubu» kayaçları için ileri sürülmüştür. Özçelik (1982) Malatya güneydoğusundaki ve Hempton (1984) Elazığ-Sivrice civarındaki Maden volkanikleri için aynı ortamı önerirler.

5) Kıta içi (intercontinental) basen ortamı: Perinçek (1979) Maden karmaşığının kıta içi yerel bir basende oluştuğunu belirtir. Michard ve diğ. (1982) ve Yazgan (1983, 1984) tarafından savunulan diğer bir görüşe göre Maden volkanizması post-orojenik olarak Pütürge ve Bitlis metamorfikleri ile Afrika-Arap kıtası arasında gelişen kıta içi bir dalım sonucu ortaya çıkmıştır.

Bu çalışmada Maden volkanizmasının Malatya güneydoğusunda yer alan bir kesimindeki (Şekil 1) magmatik ve ilgili kayaçlar incelenmiştir. Çalışmanın amacı sahadaki

Maden volkanik ve yarı-derinlik kayaçlarının jeolojik konumunu belirterek, kayaçların jeokimyasal sınıflandırılması, magma tipinin saptanması ve oluştukları tektonik ortamın yorumlanmasıdır. Bu şekilde Maden karmaşığının niteliğinin ve tektonik ortamının bölgesel boyutta yapılacak yorumlarına katkıda bulunulacağı ümit edilmektedir.

#### Yöntem

Bu incelemenin büyük bölümü bir doktora çalışmasının (Özçelik, 1982) parçasıdır. Tüm örnekler jeolojik harita çalışmaları sırasında sahadan alınmış, ince kesitleri yapılmış ve 129 örnek kimyasal olarak analiz edilmiştir. Ana ve iz element analizleri Philips PW 1400 tipi bir X-ışını spektrometresi ve tek bir rodyum tüpü aracılığı ile uluslararası standartlar kullanılarak aynı anda gerçekleştirilmiştir. Normatif parametre hesapları için  $Fe_2O_3/FeO=0.3$  sabit oranı kullanılmıştır. Daha ayrıntılı bilgi Özçelik (1982) tarafından verilmektedir.

#### JEOLOJİ

##### Kayaç birimleri ve stratigrafisi

İnceleme alanındaki kayaçlar birbirlerinden tektonik bir hatla ayrılan farklı yaşlara ait iki gruba ayrılırlar: temeli oluşturan yaşlı kristalen kayaçlar (Pütürge Masifi) üzerindeki Orta Eosen yaşlı volkanikler, volkano-sedimanter ve sedimanter kayaçlarla, volkanikleri kesen bazik ve asidik sokulular (Maden Karmaşığı). Maden karmaşığına ait birimler yer yer Pütürge metamorfiklerini uyumsuzlukla örter (Perinçek, 1979; Yazgan, 1981, 1983, 1984) ancak çalışılan sahada dokanak tektoniktir (Yazgan, 1972).

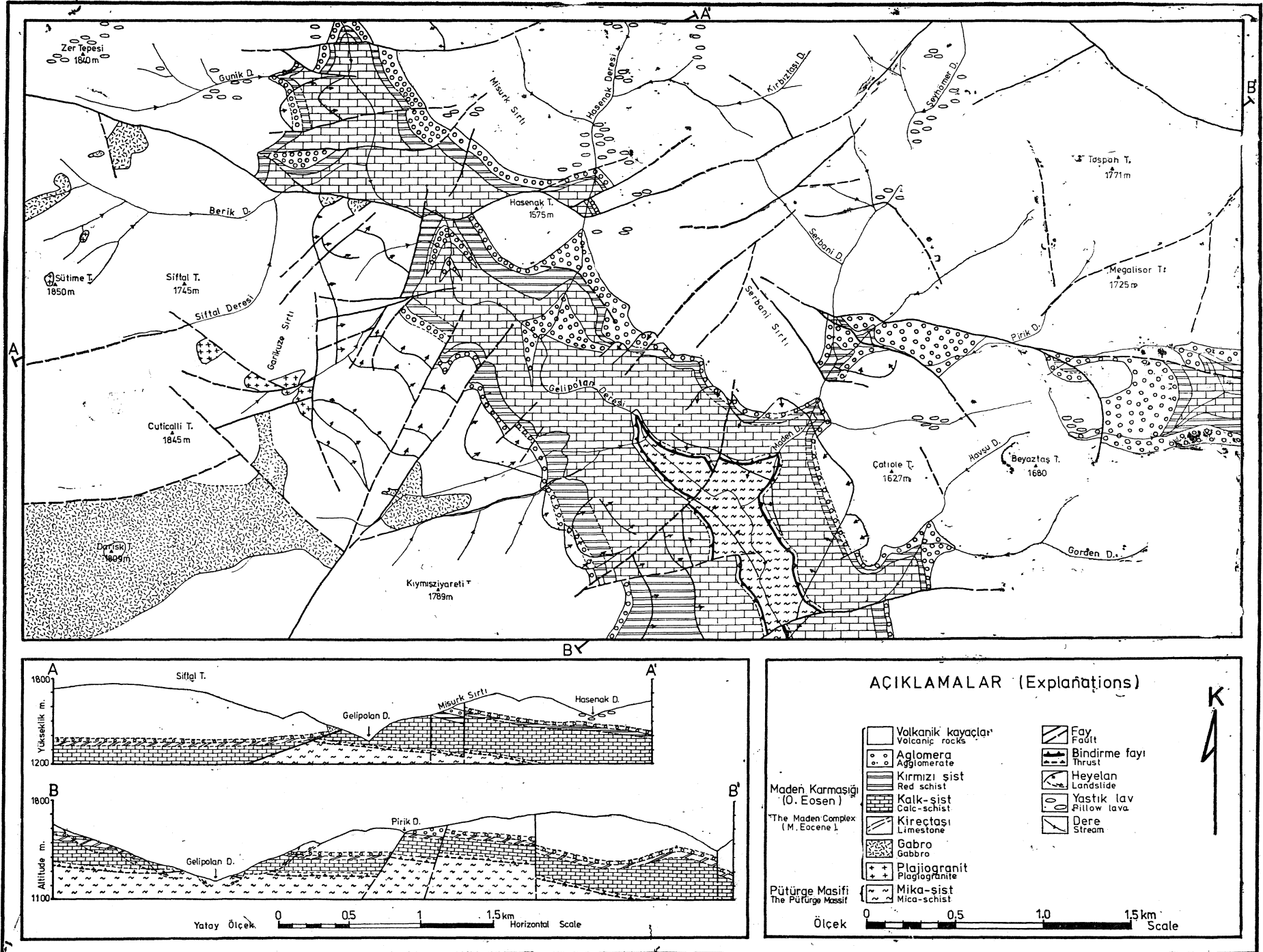
Bu bölümde sahanın jeolojisi (Şekil 2) ve kayaçların petrografik özellikleri detaylı yorumlardan kaçınılarak verilmeye çalışılmıştır.

Pütürge Metamorfikleri. Haritalanan sahada Gelipolan vadisinin güneydoğusunda düşük kotlarda yüzeylenirler. Yazgan (1972), yöresel metamorfikleri yukarıdan aşağıya doğru olmak üzere 3 bölüme ayırır. Arkozik grovaklar, Üst mika-şistler ve Alt mika-şistler. Bunlar içinde bulunan karbonca zengin seviyelere dayanarak çalışılan saha civarındaki metamorfiklerin sedimanter kökenli olduğunu savunur. Harita alanındaki metamorfik kayaçlar granat, beyaz-mika, biyotit ve kuvars içeren mika-şistlerdir ve Yazgan (1972) tarafından tanımlanan Altmika-şistlere dahil edilebilirler.

Maden Karmaşığı. Alttan üste doğru aşağıdaki birimleri kapsar.

Kireçtaşı. 10 m. kalınlığa kadar varan gri renkli bir kireçtaşı Pütürge metamorfiklerinin üzerinde tektonik bir dokanakla yer alır. En alt kesimlerinde köşeli ve boylanmamış, Pütürge metamorfiklerine ait çeşitli boyutta parçalar karbonatlı ve kumlu bir hamurla tutturulmuştur. Hamur içerisinde 5 mm boyunda polikristalen kuvars taneleri ve rekrystalize nümülit parçaları yaygındır. Yer yer bu kesimde kireçtaşı boylanmamış ve iri taneli bir kumtaşı görünümündedir. Bu kataklastik doku üst seviyelere doğru azalarak yok olur ve birim metamorfik kırıntılardan yoksun, normal rekrystalize ve fosilli kireçtaşına döner. Yazgan (1972) nümülitlerin Orta Eosen yayı verdiğini belirtir.

Kalk-şist. Kireçtaşı uyumlu olarak gri-açık yeşil renkli ve 200 m. kadar kalınlık gösteren kalk-şiste geçer. Şistozitesi, kendini renk, dokuve tane boyu farklılıklarıyla



Şekil 2. Sahanın jeolojik haritası ve kesitleri

Figure 2. The geological map and cross-sections of the studied area.

ortaya koyan tabakalanma düzlemlerine paralel olarak gelişmiştir. Detritik ve klastik özellikler gösteren bu birim esas olarak kalsit, kuvars ve beyaz-mika minerallerinden oluşur. Genel olarak çok ince taneli olan kalk-şistteki kuvars taneleri çoğunlukla 50 mikrondan daha küçüktür ama 200 mikrona varan taneler de mevcuttur. 50 m. kalınlığa kadar varan aglomera mercekleri içerirler.

Kırmızı-şist. Kalk-şist dereceli olarak, çok ince taneli, aynı derecede şistozite gösteren kahverengi, pembe, kırmızı ve morumsu şistlere geçer. Ortalama kalınlığı 50 m. civarındadır. Başlıca hematit olmak üzere bol miktarda demir-oksit içerir. Kalk-şiste oranla daha az karbonat ve daha fazla çok ince taneli kuvars ihtiva eder. Tatabakalanmaya paralel gelişen şistozite genelde beyaz-mika minerallerinin ürünüdür. Diğer mineraller klorit, prehnit, pumpelleyit ve epidottur. Kırmızı-şist 10-15 mikron kadar ince olabilen iyi boylanmış detritik malzemeli bantlardan, tüf merceklerinden ve ender ojit tanelerinden oluşur.

Aglomera. Haritalanan sahadaki aglomera birimi kırmızı-şist üzerinde kalınlığı 20-50 m. arasında değişen sürekli bir seviye oluşturur. Esas olarak üzerinde yer alan lavlarla aynı malzemeden oluşmuştur. 30-40 cm ye varan lav parçaları hematitik ve karbonatlı bir hamurla tutturulmuştur. Yaygın bileşenleri devitriyfe volkanik cam, klorit, albit ve bazan da ojit ve pumpeleyittir.

Volkanik kayaçlar. Koyu-yeşilimsi renklerin hakim olduğu, ince taneli ve genelde fenokristallerden yoksun olan volkanik kayaçlar haritalanan sahadaki en yaygın kayaç birimini oluştururlar (Şekil 2). İki ayrı tipte izlenirler: yastık-lavlar ve akıntılar.

1) Yastık lavlar. Volkanizmanın denizaltı volkanizması olduğunu vurgulayan bu tip lavlar sahanın kuzeydoğu yarısında yüzeylenirler. Hasnak Deresi civarında yastık-lavların boyutları 2 m. ye erişir. Yastıkların kenar kesimleri yaygın olarak kloritleşmiştir ve yastıklararası boşluklar genel olarak kırmızı renkli çamurtaş ve çörtler ile dolguludur.

2) Lav akıntıları. Volkanikler esas olarak akıntı şeklinde bulunurlar. Farklı akıntıların sahada tanımlanması mümkün olmamakla birlikte, lav istifi içerisinde yer yer rastlanan ince ve bazan kısmen sürekli seviyeler oluşturan çört ve çamurtaş çökelleri volkanizmanın sürekli fakat zaman zaman bu çökellerin oluşmasına fırsat veren sakin dönemleri de olduğuna işaret eder.

Volkanik kayaçlar çapı 1 cm. ye varan gaz boşlukları içerirler. Boşluklar kuvars, klorit, kalsit, prehnit, pumpelleyit, epidot ve pirit gibi ikincil mineraller tarafından doldurulmuştur.

Volkanikleri oluşturan ana mineraller plajioklas, klinopiroksen (ojit), amfibol, klorit, kuvars ve kalsittir. Tali minerallerse epidot, prehnit, pumpelleyit, manyetit, pirit, sfen ve az da olsa hematittir. Bir kısmı tipik metamorfik minerallerin gelişmesiyle birlikte kayaçlar yaygın alterasyona uğramıştır. Alterasyondan sadece magmatik kalıntılar olarak klinopiroksen ve plajioklasların (albit) primer dokusu korunabilmiştir.

Klinopiroksen bütün volkanik kayaçlarda bulunmaz. Bir kısım volkanikler klinopiroksence zenginken diğerleri yoksun ve aynı zamanda albitleşmiş plajioklasca daha zengindirler. Bu anlamda volkanikleri iki kategoriye ayırmak mümkündür:

a) Klinopiroksen içeriği en az %1-2 olanlar.

b) Klinopiroksenden yoksun ve plajioklas kabaca % 30 dan fazla olanlar .

Bu çok kaba saha kriterleri, daha sonra açıklandığı üzere, yapılan kimyasal sınıflandırmadaki bazalt ve andezitlere denk düşmektedir.

Volkaniklerin üzerini sahanın daha kuzeyinde aglomeralar örter (Yazgan, 1972).

Volkanikler içerisinde ve sahanın esasen kuzeydoğu yarısında sülfid cevherleşmeleri mevcuttur. Cevherleşme çeşitli yönleri ve ayrıntılarıyla başka bir yazıda ele alınacaktır.

Yarı-derinlik kayaçları. Orta taneli olan bu kayaçlar sahanın batı ve güney batısında, volkanikleri kesen saçılmış yüzlekler olarak bulunurlar. Yazgan (1972) yarı-derinlik kayaçlarının lakolitik tipte olduklarını savunur. Mineral bileşenleri açısından iki tip ayrılır:

1) Bazik kayaçlar. Ana bileşenleri albitleşmiş plajioklas, klinopiroksen (ojit), amfibol, klorit ve opak minerallerdir (esasen manyetit ve ilmenit). Tali bileşenleri epidot, sfen ve ikincil kuvarstır. Tane boyu genelde 5 mm ve daha azdır, ama plajioklas taneleri yer yer 1cm. uzunluğa erişir.

2) Asidik kayaçlar. Esasen 1 cm. uzunluğa varan plajioklas tanelerinden ve kuvarstan oluşurlar. Tali mineralleri klorit, epidot, opak mineraller ve ender amfiboldür.

Yapısal jeoloji

Paleozoik Pütürge Masifi ile Orta Eosen Maden karmaşığı kayaçları arasındaki şaryajın varlığı, sahada daha önce çalışma yapanlar tarafından da kabul edilmektedir (Yazgan, 1972; Karşoğlu, 1978). Şaryaj boyunca olan hareketlenmenin boyutları bilinmemektedir.

Sahada genel olarak D-B ve KDD-GBB doğrultuları boyunca uzanan pek çok önemli ve küçük boyutlu faylar mevcuttur. Gelipolan ve Maden derelerinin dik yamaçlarındaki sedimanter birimlerde oluşan önemli sayılabilecek heyelanlar buralarda güvenilir eğim ve doğrultu ölçümlerini zorlaştırmaktadır. Diğer yerlerdeki sedimanter birimlerden, volkanikler içindeki çört seviyelerinden ve kısmen de yastık lavlardan alınan ölçümler sahanın kesitlerinin çıkarılmasında kullanılmıştır (Şekil 2). Eğim ve doğrultu ölçümleri Eosen yaşlı birimlerin 20-45° arasında değişen değerlerle genelde KD ya eğimli olduğunu göstermektedir. Sahada büyük boyutlu sayılabilecek kıvrımlar mevcut değildir.

#### MADEN MAGMATİK KAYAÇLARININ JEOKİMYASI

Örneklenen sahanın darlığı, Maden magmatik kayaçlarının jeolojisi, kimyasal bileşimindeki devamlılık ve dereceli geçiş (Özçelik, 1982) bu kayaçların magmatik bir birlik olarak ele alınabileceğini gösterir. Bu anlamda, bu kayaçlardan bundan sonra «Poluşağı kayaç dizisi» olarak bahsedilecektir. Bu bölümde Poluşağı kayaç dizisinin magma tipi, magmatik ürünlerinin niteliği ve oluştuğu tektonik ortam esasen kimyasal ve kısmen de jeolojik yargılamalarla belirlenmeye çalışılacaktır.

Bu çalışmada esasen Irvine ve Baragar (1971) tarafından derlenip önerilen aşağıdaki magma tipleri sınıflandırılması benimsenmiştir: Kayaç dizileri önce iki grupta toplanır; sub-alkalen kayaçlar ve alkalen kayaçlar. Sub-alkalen kayaçlar toleyitik ve kalk-alkalen dizileri kapsar. Alkalen

kayaçlar ise alkalin-olivin bazalt dizisini ve şoşonitik grubu kayaçlarını içerir. Kuna (1960, 1968) in «yüksek alüminyum, bazalt dizisi»nin kalk-alkalin dizinin bazik üyelerini temsil ettiği kabul edilmiştir.

Bu perspektif içerisinde Poluşağı kayaç dizisinin magmatik niteliğini incelemeye önce, dizi kimyasal olarak sınıflandırılacaktır. Çünkü yukarıda bahsedilen kayaç dizilerinin kimyasal olarak ayırt edilmesinde esas olarak dizilerdeki bazik ürünlerin kimyasal karakteri tayin edici bir rol oynamaktadır.

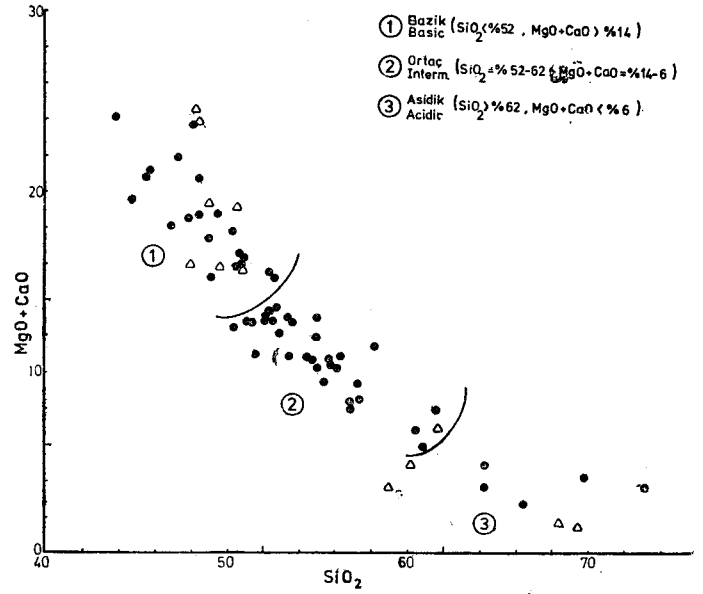
#### Magmatik kayaçların kimyasal sınıflandırılması

Magmatik kayaçların birincil mineral içerikleri hem yüzeysel alterasyon, hem de prehnit-pumpiellit ve yeşilist fasiyesinde metamorfik alterasyon nedeniyle yaygın bir değişikliğe uğramıştır. Dolayısıyla, düşük dereceli alterasyon koşullarına uygun kimyasal bir sınıflandırma tercih edilmiştir. Alterasyon sırasında oluşan önemli element hareketlenmeleri nedeniyle (Özçelik, 1984 b) bu sınıflandırmada sadece, hareketlenmeyen Zr, Nb, Y, La, Ce ve Ti gi-bi iz elementler esas alınmıştır.

Ana elementler kimyasına dayanan geleneksel sınıflandırmalarla, hareketlenmeyen iz elementlere dayanan sınıflandırmanın birbirine denk ve uygun olması için şu yol izlenmiştir: Önce kayaçlar petrografik çalışmalarla «en az altere», «altere» ve «çok altere» olarak gruplandırılmış ve «en az altere» kayaçlarda ana element kimyasının önemli değişikliklere uğradığı belirlenmiştir (Özçelik, 1984 b). Bu grup kayaçların ana element kimyasına dayanan bir sınıflandırmaya denk düşen hareketlenmeyen iz elementlerin eşik değerleri saptanmıştır. Bu yeni hareketlenmeyen iz element eşik değerleri, ana element kimyası önemli ölçülerde değişmiş olan diğer «altere» ve «çok altere» grup kayaçlarının sınıflandırılmasında aynen uygulanmıştır. Böylece düşük alterasyon koşullarında değişime uğramış olan tüm kayaçlar için geçerli ve geleneksel kimyasal sınıflandırmalara denk bir sistem geliştirilmiştir. Aşağıdaki ana element kullanan tüm diyagramlarda sadece «en az altere» kayaçlar kullanılmıştır.

Volkanik kayaçların sınıflandırılması. «En az altere» olmuş volkaniklerin silika miktarı % 44 - % 74 arasında değişerek volkaniklerin bazik, ortaç ve asidik bileşimler içerdiğine işaret eder. Bazik volkaniklerin ortaç volkaniklerden ve ortaç volkaniklerin asidik volkaniklerden ayırt edilmesi için kullanılan en yaygın silika eşik değerleri sırasıyla % 52 ve % 62 dir. Mg bir kısım çalışmalarda volkanik kayaçların sınıflandırılmasında kullanılmıştır. Ancak magnezyumun kayaçlar içerisinde kısmen hareketlenmiş olması ve genelde magnezyum azalmalarının benzer oranlarda kalsiyum zenginleşmesi ile telafi edilmesi ve magnezyum zenginleşmesinin aynı şekilde kalsiyum azalması ile telafi edilmesi nedeni ile (Özçelik, 1982) MgO+CaO miktarının sınıflandırmada kullanılmasının daha sağlıklı sonuçlar vereceği düşünülmüştür. Şekil 3 kayaçlardaki SiO<sub>2</sub> - (MgO+CaO) değişimini ve buna dayanan sınıflandırmayı göstermektedir.

SiO<sub>2</sub> - (MgO+CaO) diyagramındaki sınıflandırma temel alınarak; Zr, Nb, Y, La, Ce elementlerinin silika ile pozitif korrelasyon oluşturmaları ve Zr ile Ti elementlerinin en hareketsiz kalmış elementler olması nedeniyle sahadaki volkanikler için aşağıdaki kimyasal sınıflandırma önerilmiştir.



Şekil 3. SiO<sub>2</sub>-(MgO+CaO) değişimi ve magmatik kayaçların sınıflandırılması. ● : Volkanik kayaçlar, ▽ : yarı-derinlik kayaçları.

Figure 3. Variation of SiO<sub>2</sub> with MgO+CaO and the subdivision of the magmatic rocks. ● : Volcanic rocks, ▽ : Hypabyssal rocks

Bazik (bazaltik) kayaçlar: (SiO<sub>2</sub> < % 52, MgO+CaO > % 14)

Zr	< 200 ppm
Nb	< 15 ppm
Y	< 60 ppm
La	< 13 ppm
Ce	< 30 ppm

Zr/TiO<sub>2</sub> % < 120 veya Zr x10<sup>3</sup>/Ti ppm < 20

Ortaç (andezitik) kayaçlar: (SiO<sub>2</sub> = % 52-62, CaO+MgO = % 6-14)

Zr	= 200 — 400 ppm
Nb	= 15 — 25 ppm
Y	= 60 — 90 ppm
La	= 13 — 25 ppm
Ce	= 30 — 55 ppm

Zr/TiO<sub>2</sub> % = 120 - 500 veya Zr x10<sup>3</sup>/Ti ppm = 20-80

Asidik (dasitik) kayaçlar: (SiO<sub>2</sub> > % 62, CaO+MgO < % 6)

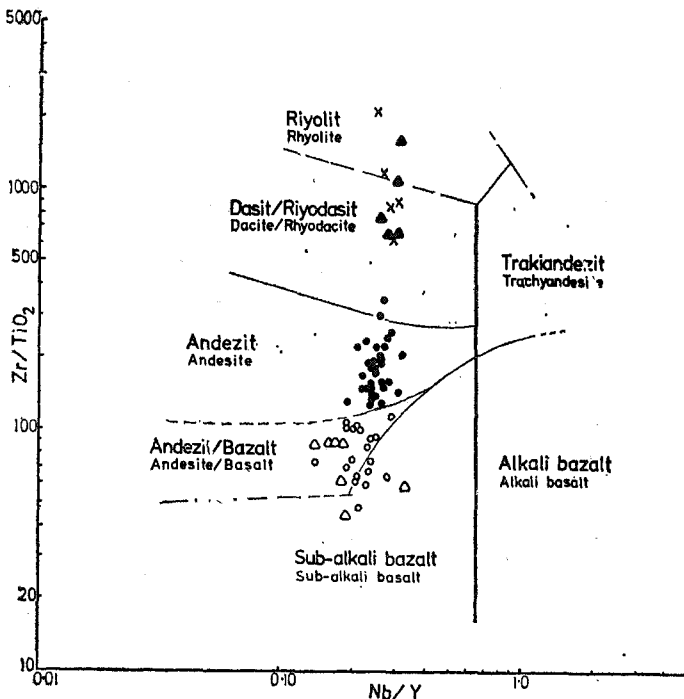
Zr	> 400 ppm
Nb	> 25 ppm
Y	> 90 ppm
La	> 25 ppm
Ce	> 55 ppm

Zr/TiO<sub>2</sub> % > 500 veya Zr x10<sup>3</sup>/Ti ppm > 80

Volkanik kayaç sınıflarının diğer kimyasal sınıflandırma yöntemleri ile denştirilmesi. Hareketlenmeyen iz elementler kimyası temelinde, farklı tip magmalara ait vol-

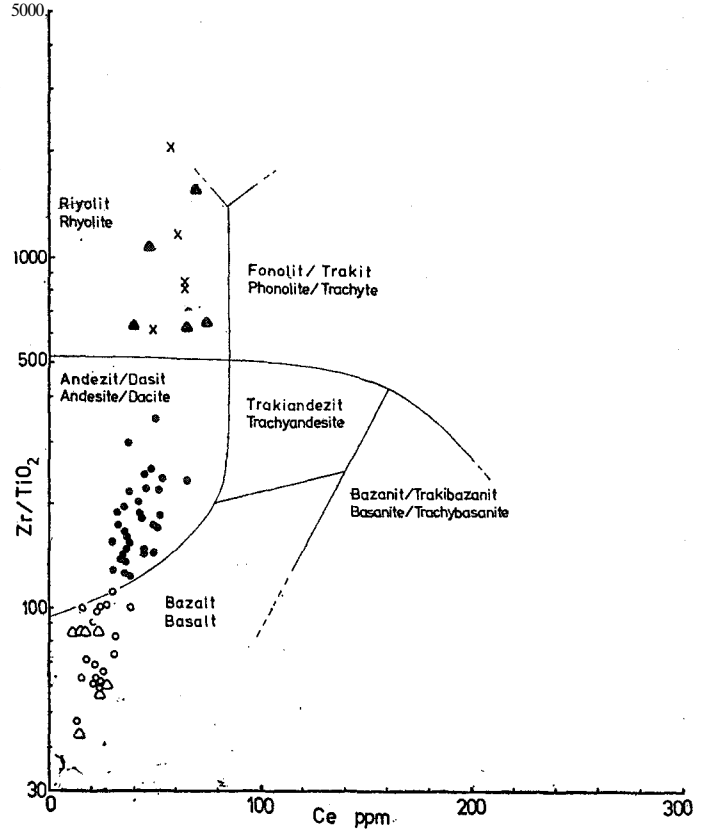
kanik ürünlerin sınıflandırılması için önemli bir yöntem Winchester ve Floyd (1977) tarafından önerilmiş ve Floyd ve Winchester (1978) tarafından bir kısım altere ve metamorfize olmuş kayalar için başarı ile uygulanmıştır. Bu sınıflandırma yöntemi  $Zr/TiO_2$ ,  $Nb/Y$  ve  $Ce$  parametrelerini kullanarak kayaları sub-alkalen ve alkalen tiplere ayırdığı gibi, bunları bazaltik, andezitik, dasitik vs. olarak ayırır. Yukarıda önerilen sisteme göre sınıflandırılmış olan Poluşağı volkanikleri Winchester ve Floyd (1977) diyagramları ile Şekil 4 ve 5 te denştirilmektedir. Volkanikler sarıh olarak sub-alkalen bölgeye düşmekte ve bazalt-andezit ayrılmasında tam bir uyum göstermektedirler. Hemen hemen tüm andezitlerin gerekli bölgeye düşmelerine rağmen, dasitik volkaniklerin bir kısmı, riyodasit ve riyolit gibi daha asidik kayalara ayrılan bölgelere düşmektedir. Bu açıklanabilir bir olgudur. Çünkü bu diyagramlardaki dasit ve riyolit bölgeleri kalk-alkalen dizisi kayalara dayanılarak düzenlenmiştir (Winchester ve Floyd, 1977), Halbuki daha sonra belirtileceği gibi, Poluşağı kayaç dizisi toleyitiktir ve andezit ve dasitlerin  $Zr$  içerikleri diğer benzer kayalara göre genelde daha yüksektir (Özçelik, 1984 a).

Irvine ve Baragar (1971) volkaniklerin sınıflandırılması için hem renk indisini hem de normatif plajioloklas bileşimini kullanan bir diyagram önerir ve Poluşağı volkaniklerinin bu diyagramdaki yerleri Şekil 6 da gösterilmiştir. Bütün bazaltlar, andezitlerin % 90 ı ve tüm dasit-



Şekil 4. Poluşağı magmatik kayaç sınıfları ve Winchester ve Floyd (1977) nin  $Zr/TiO_2$  -  $Nb/Y$  ayırtaç diyagramı. O: Bazalt, • : Andezit, x : Dasit, ^- : Gabro, V: Plajiogranit

Figure 4. The Poluşağı magmatic rock classes and the discriminant diagram of Winchester and Floyd (1977). O: Basalt, • : Andesite, x: Dacite, ^- : Gabbro, V: Plagiogranite



Şekil 5. Poluşağı magmatik kayaç sınıfları ve Winchester ve Floyd (1977) nin  $Zr/TiO_2$ - $Ce$  ayırtaç diyagramı. Semboller Şekil 4 teki gibidir.

Figure 5. The Poluşağı magmatic rock classes and the discriminant diagram of Winchester and Floyd (1977). Symbols as in Figure 4.

ler bu diyagramda düşmeleri gereken yerlere düşerler. Bu, yukarıda önerilen sınıflandırmanın geçerliliğinin bir göstergesidir. Dahası, Poluşağı andezitlerinin normal andezitlerle aynı renk indisine sahip olmalarına karşın daha sodik oldukları ve bu anlamda toleyitik andezitler bölgesine düştikleri gözlenir.

**Yarı-derinlik kayaçlarının sınıflandırılması** Yarı-derinlik kayaçlarının kimyasal sınıflandırılması esasen volkanik kayalar ile aynıdır ve volkanikler için kullanılan tüm diyagramlarda yarı-derinlik kayaçları da gösterilmiştir. Bu diyagramlarda bazik yarı-derinlik kayaçlarının ( $SiO_2 < \% 52$ ) ve asidik yarı-derinlik kayaçlarının ( $SiO_2 > 62$ ) bazalt ve dasitin kimyasal eşdeğerleri olduğu görülür. Bazaltın iri taneli yarı-derinlik eşdeğeri gabro olarak isimlendirilir ama dasitin yarı-derinlik eşdeğerinin isimlendirilmesinde bir kısım sorunlar vardır.

Mafik mineral miktarına bağlı olarak bu kayalar granodiyorit, kuvars-diyorit, tonalit ve tronjemit gibi isimler alırlar. Poluşağı asidik yarı-derinlik kayaları çok az  $K_2O$  içerirler (ortalama % 0.05) ve bunun sonucu olarakta çok düşük normatif ortoklas değerlerine sahiptir (daima % 0-3 ten küçük). Plajioloklasın normatif anortit içerikleri % 24 ve % 11.7 arasında değişir. Silika değerleri %

59 ve % 70 arasında olup, Na<sub>2</sub>O yüksek ve kısıtlı değişim gösterir (% 7.5-8)- Ofiyolitlerle ilişkili böyle kayalara Coleman ve Peterman (1975) topluca «okyanusal plajio-granit» ismini verir ve Coleman (1977) plajio-graniti şöyle tanımlar: «Okyanusal plajio-graniti yüksek silika, düşük-orta alumina, düşük toplam demir + maznezyum ve çok düşük potasyum değerleri karakterize eder. Normatif ortoklas genelde % 4 ten azdır ve plajio-klas normatif anorit değerleri An<sub>21</sub> - An<sub>61</sub> arasındadır»

**Sınıflandırılan magmatik kayaların genel kimyasal özellikleri.** Bu çalışmada kimyasal analizleri yapılan ve sahada dengeli bir yayılımı olan 129 örneğin yukarıda önerilen sınıflandırmaya göre 46 sı bazalt, 57 si andezit, 14 ü dasit, 7 si gabro ve 5 i plajio-granittir. Bunlar içerisinde «en az altere» olan volkanik kayaların ve yanderinlik kayalarının ortalama ana ve iz element bollukları Çizelge 1 de gösterilmiştir. Aşağıda verilen özellikler sadece bu kayaları kapsar. «Altere» ve «çok altere» kayaların ana element bollukları güvenilir olmadığı için (Özçelik, 1984 b) kapsam dışı bırakılmıştır.

**Bazaltlar.** Tüm örnekler % 59 ile % 27.4 arasında değişen normatif olivin içerirler. SiO<sub>2</sub> değerlerinin düşük olmasına rağmen bunlar pikritik-bazalt olarak tanımlanamazlar. Irvine ve Baragar (1971) pikritik-bazalt için % 25 normatif-olivini minimum olarak kabul eder ve Mac Do-

nald ve Katsura (1964) pikritik-bazaltların normatif Ab+An +Or içeriğinin % 30 dan az olduğunu belirtir. Poluşağı bazaltların hiç biri % 35 ten az normatif Ab+An+Or içermez ve 19 örnekten sadece biri % 25 ten fazla normatif-olivine sahiptir.

Bazalt örneklerinin kendi içlerinde iki grupta toplanması hem mümkün hem de kaçınılmaz görünmektedir. 6 bazalt örneği tutarlı bir şekilde daha primitif veya daha bazik olarak kendini diğerlerinden ayırmaktadır. Bu altı örnek bir grup olarak diğerlerine göre en düşük Zr, Nb, Y, La, Ce, TiO<sub>2</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ve en yüksek Ni ve Cr gibi hareketlenmemiş element değerlerine sahiptir. Bu grup bazaltlardan bundan sonra «daha primitif» ve diğer bazaltlardan da «daha gelişmiş» bazaltlar olarak bahsedilecektir. «Daha primitif» ve «daha gelişmiş» bazaltların ortalama ana ve iz element değerleri Çizelge 1 de verilmektedir. «Daha primitif» bazaltlar «daha gelişmiş» bazaltlara kıyasla daha fazla K<sub>2</sub>O, MgO, CaO ve daha az SiO<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>O, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içermektedir.

**Gabrolar.** Gabro örneklerinin normatif mineralojisi bazaltlarla aynı özelliklere sahiptir. Bazaltlardaki belirgin kimyasal gruplaşma gabrolar için de kalitatif olarak geçerli ve hatta daha da belirgindir. Bu nedenlerle gabrolar da «daha primitif» ve «daha gelişmiş» gabrolar olarak iki kimyasal gruba ayrılmıştır (Çizelge 1). «Daha primitif» gabrolar daha düşük Zr, Y, Nb, Ce, TiO<sub>2</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>O ve daha yüksek Ni, Cr, K<sub>2</sub>O ve MgO içerikleri ile «daha primitif» bazaltlardan bile daha primitif ve bazik olarak görünmektedirler.

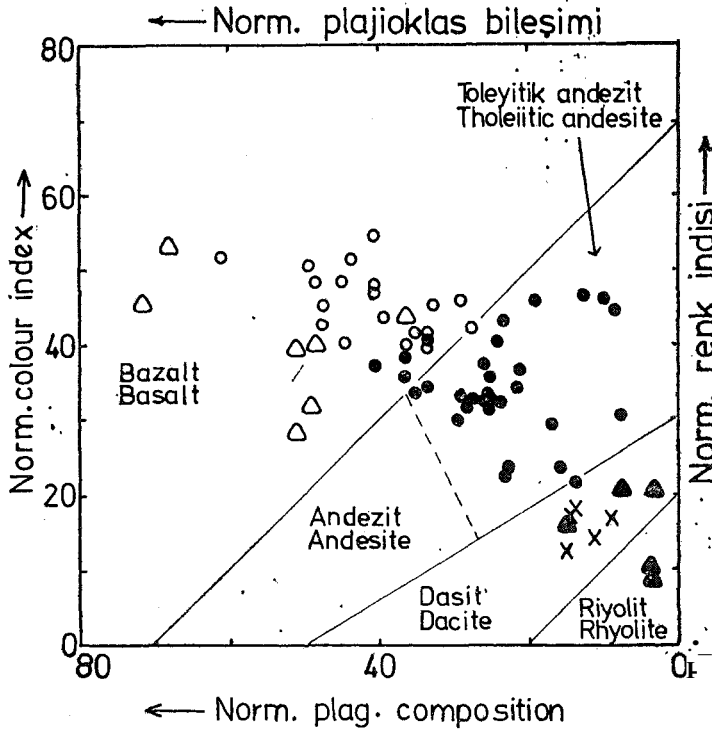
**Andezitler.** Bu örnekler % 14 e varan değerlerle genel olarak kuvars-normatiflerdir. 32 örneğin sadece 2 tanesi çok az da olsa normatif-olivini gösterir. Plajio-klas kompozisyonuna normatif-albit hakimdir ve ortoklas miktarı % 2 yi geçmez. 19 örnek %2-14 oranlarında normatif-korundum içerir.

Andezitlerin ortalama silika miktarı (% 54.8) Jakes ve White (1972) tarafından belirlenen ortalama töleyitik andezit (% 57.4), kalk-alkalen andezit (% 59.6) ve düşük potasyumlu andezitlerin (% 59.0) silika miktarlarından daha düşüktür. Coat (1968) ve Carmichael ve diğ. (1974) bazalt ve andezit arasında geçiş gösteren kayaları bazaltik-andezit olarak tanımlar. Deneştirme amacı ile Poluşağı andezitleri % 56 lık bir silika değerine karşılık gelen Zr = 300 ppm eşik değeriyle «bazaltik-andezitler» ve «asidik andezitler» olarak ikiye ayrılmıştır (Çizelge 1). Bazaltik-andezitler % 54 ortalama silika miktarı ile Jakes ve White (1972) de verilen düşük-silikalı andezitlere denk düşmektedir.

#### Poluşağı kayaç dizisinin niteliği

**Poluşağı magma tipi: Sub-alkalen mi? Alkalen mi?** Toplam alkali-silika diyagramı (Şekil 7) Poluşağı kayaç dizisinin sub-alkalen karakterini net şekilde ortaya koymakta ve 68 örneğin sadece 3 ü alkalen bölgeye düşmektedir.

Kayaçların sub-alkalen niteliği hareketlenmeyen iz elementler ile de pekiştirilebilir. Genelde alkalen bazaltlar sub-alkalen töleyitik bazaltlara göre Ti, Y, Zr, P ca daha zengindir (Manşon, 1968; Prinz, 1968) ve bu olgu Pearce ve Cann (1973) tarafından ikimagma tipinin ayırtılmasına-



Şekil 6. Poluşağı magmatik kayaç sınıfları ve normatif renk indisi-normatif plajio-klas bileşimi diyagramı. Semboller Şekil 4 teki gibidir.

Figure 6. The Poluşağı magmatic rock classes and the normative colour index-normative plagioclase composition diagram. Symbols as in Figure 4.

	BAZALT (BASALTS)			ANDEZİT (ANDESİTES)			DASİT (5) DACİTE	GABRO (GABBROS)			PLAJOGİRANİT (5) PLAJOGİRANİT	
	Tüm Bazaltlar (19) All Basalts	Daha primitif (6) More primitive	Daha gelişmiş (13) More evolved	Tüm Andezitler (32) All Andesites	Bazaltik (20) Basaltic	Asid (12) Acid		Tüm Gabrolar (7) All Gabbros	Daha primitif (6) More primitive	Daha gelişmiş (2) More evolved		
SiO <sub>2</sub> wt%	48.51	47.49	48.98	54.83	53.47	57.10	67.64	49.19	49.36	48.78	64.06	SiO <sub>2</sub> wt%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.13	14.05	14.16	15.86	15.70	16.11	14.35	15.86	16.42	14.46	16.00	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.83	12.33	13.05	11.33	11.97	10.27	7.13	10.60	9.22	14.04	7.61	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
MgO	9.35	10.15	8.98	7.06	7.97	5.55	1.63	10.23	11.35	7.45	1.64	MgO
CaO	9.40	10.96	8.68	3.91	4.17	3.48	2.17	8.93	9.13	8.43	2.04	CaO
Na <sub>2</sub> O	3.58	3.13	3.79	4.57	4.27	5.05	6.02	2.79	2.54	3.40	7.73	Na <sub>2</sub> O
K <sub>2</sub> O	0.18	0.30	0.12	0.15	0.12	0.20	0.21	0.87	1.00	0.55	0.02	K <sub>2</sub> O
TiO <sub>2</sub>	1.59	1.20	1.77	1.59	1.65	1.49	0.60	1.16	0.70	2.30	0.60	TiO <sub>2</sub>
MnO	0.21	0.22	0.20	0.22	0.23	0.19	0.10	0.18	0.17	0.21	0.05	MnO
S	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.01	0.00	0.02	0.00	0.05	0.00	S
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.23	0.16	0.26	0.44	0.43	0.46	0.15	0.17	0.11	0.34	0.25	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Nb ppm	9	7	10	19	17	22	32	6	4	12	31	Nb ppm
Zr	128	85	147	288	255	343	571	79	56	134	495	Zr
Y	42	30	47	74	68	84	105	29	22	48	106	Y
Sr	144	122	154	120	112	132	138	237	276	140	144	Sr
La	10	7	11	18	16	21	30	7	7	9	29	La
Ce	24	18	27	42	38	50	60	19	16	25	60	Ce
Rb	4	6	4	3	3	3	3	11	13	7	1	Rb
Ba	88	70	96	99	69	149	80	185	193	164	39	Ba
Zn	78	87	83	155	158	144	131	50	48	59	0	Zn
Cu	34	43	30	50	71	16	102	35	36	30	4	Cu
Ni	42	95	18	6	6	6	0	107	140	25	1	Ni
Cr	117	254	53	29	35	19	11	205	265	54	7	Cr

Çizelge 1. «En az altere» magmatik kayaların ortalama kimyasal bileşimleri, bazalt, andezit ve gabroların alt-sınıf ortalama bileşimleri. Parantez içindeki rakamlar örnek sayılarını belirtir.

Table 1. Average chemical compositions of the subdivisions of «the least altered» magmatic rocks and the sub-classes of basalt, andesites and gabbros. Numbers in parentheses represent number of samples.

da kullanılmıştır. Buna göre bazaltların Y/Nb oranı alkalenlik yükseldikçe azalmaktadır. Oran toleyitik bazaltlarda 2 den büyük, alkalin bazaltlarda ise 1 den küçüktür. Poluşağı bazik kayalarının Y/Nb oranı ortalama 5 tir ve 3 ile 75 arasında değişerek bu kayaların sub-alkalin niteliğini gösterir.

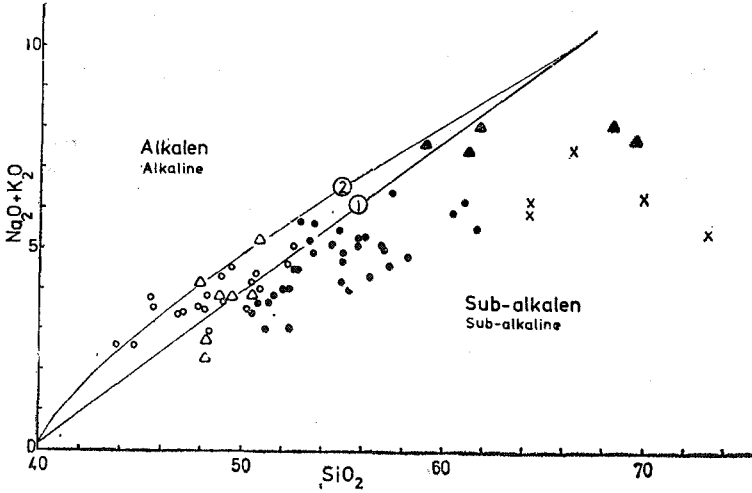
Alkalin bazaltların toleyitik bazaltlardan ayrılmasında Floyd ve Winchester (1975) kayaların Y/Nb, Zr/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> oranlarına ve Ti, Zr ve P gibi hareketlenmeyen iz elementler çokluğuna dayanan bir dizi diyagramlar önermişlerdir. Poluşağı kayalarının bu diyagramlardaki yerleri bu kayaların sub-alkalin karakteri ile tamamen uyum göstermektedir (Şekil 8).

Bu bölümde kullanılan diyagramlar Poluşağı kayaç dizisinin subalkalin olduğunu açık bir şekilde ortaya koymalarına rağmen bu dizinin toleyitik mi yoksa kalk-alkalin mi olduğunu açıklığa kavuşturamamaktadır. Gerçi ba-

zik kayaların Y/Nb oranları ve Şekil 8 dizinin toleyitik olabileceğini göstermektedir ama bu diyagramlardaki bölgelerin saptanmasında kalk-alkalin bazaltların ve ada yayı toleyitlerinin kullanılmamış olması (Floyd ve Winchester, 1975), Poluşağı subalkalin kayaç dizisinin hangi diziyeye ait olduğunu henüz aydınlanmadığına işaret eder.

**Poluşağı sub-alkalin kayaç dizisi: Toleyitik mi? Kalk-alkalin mi?** Toleyitik ve kalk-alkalin dizilerin ayrılmasında kullanılan en önemli faktör magmanın farklılaşması sırasında demirce zenginleşip zenginleşmediğidir (Kuno, 1968; Jakes ve Gül, 1970; Kushiro, 1979). Kalk-alkalin dizi kayalar demir zenginleşmesinden yoksunluklarıyla karakterize edilirler. Kuno (1965) toleyitik dizi farklılaşmasının giderek demirce zengin artık sıvılar oluştururken, kalk-alkalin dizinin silisçe zengin artık sıvılar ürettiğini göstermiştir. Toleyitik magmalardaki demir zenginleşmesinin dereceleri de farklıdır. Coleman (1977) ofiyolitlerde demir





Şekil 7. Toplamı alkali-SiO<sub>2</sub> diyagramı ve Poluşağı kayaç dizisi. (1) : MacDonald (1968), (2) : Irvine and Baragar (1971). Semboller Şekil 4teki gibidir.

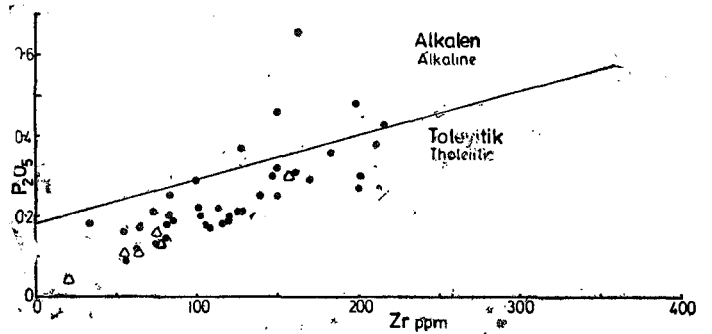
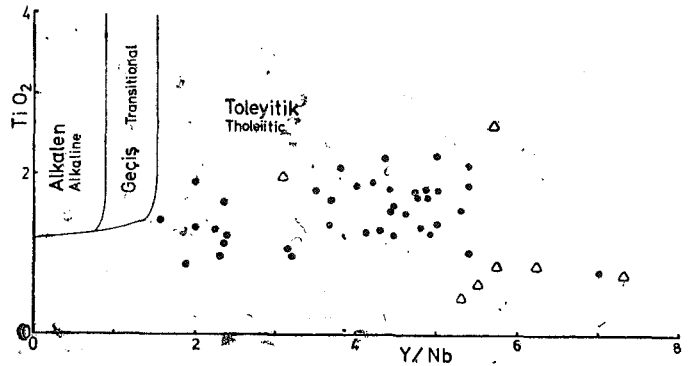
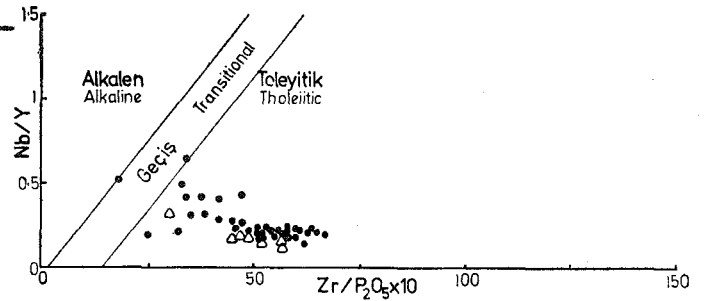
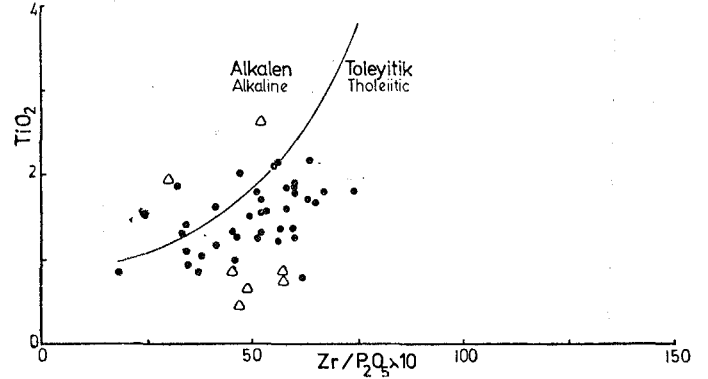
Figure 7- Total alkali-SiO<sub>2</sub> diagram and the Poluşağı rock suite, (1) : MacDonald (1968), (2) : Irvine and Baragar (1971). Symbols as in Figure 4.

zenginleşmesinin genelde yüksek olduğunu belirtirken, Laurent ve diğ. (1980) alpin ofiyolitlerinde zenginleşme derecesinin orta ve düşük olduğunu not ederler.

Mağmatik kayaç dizilerindeki demir zenginleşmesi genelde geleneksel AFM diyagramı ile belirlenir. Ancak AFM diyagramında sodyum, potasyum gibi Poluşağı kayaç dizisinde hareketlenmiş olma olasılığı yüksek ana elementlerin kullanılması nedeniyle diyagram Poluşağı kayaç dizisindeki demir zenginleşmesini tartışmasız olarak ortaya koyamamaktadır. Bu nedenle demir zenginleşmesi yerine hareketlenmeyen bir element olan titanın zenginleşme özelliği tercih edilmiştir. Çünkü toleyitik kayaç dizileri demir zenginleşmesiyle olduğu kadar titan zenginleşmesi ile de kalk-alkalen kayaçlardan ayırtedilebilirler (Miyashiro, 1973, 1974; Miyashiro ve Shido, 1975). Poluşağı kayaç dizisinin farklılaşma ile birlikte titan zenginleşmesi gösterdiği Zr un farklılaşma indisi olarak kullanılmasıyla çok açık olarak ortaya çıkmaktadır (Şekil 9).

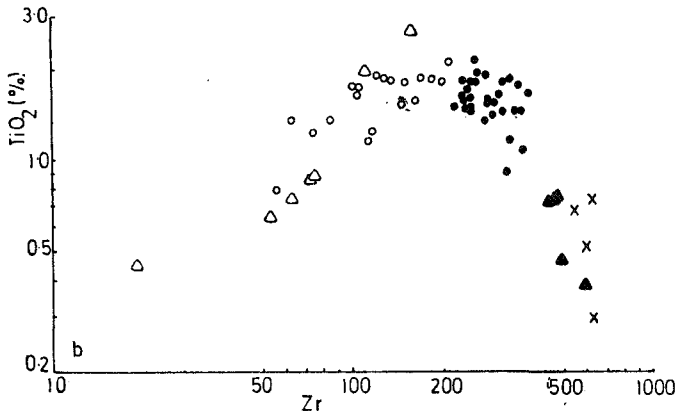
Kalk-alkalen bazalt ve andezitlerin Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içerikleri (%16–20) toleyitik eşdeğerlerinin Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> miktarlarından (%12–16) genel olarak daha yüksektir. Bu kimyasal farklılık Irvine ve Baragar (1971) tarafından toleyitik ve kalk-alkalen dizilerin ayırımında kullanılan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Normatif plajyoklas bileşimi diyagramında kullanılmıştır. Irvine ve Baragar (1971) bu diyagramın dizilerin ayırt edilmesinde AFM diyagramından daha etkin olduğunu iddia eder ve diyagramın esasen dizilerin bazik ürünlerinin ayırımı için geçerli olduğunu vurgularlar. Diyagram (Şekil 10) Poluşağı magmatizmasının bazik kayaçlarının toleyetik karakterini sarih olarak vurgular.

Jensen (1976) nın geliştirdiği bir üçgen diyagram toleyitik ve kalk-alkalen dizilerin demir ve titan zenginleşmesi. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve MgO içeriklerinin farklarına dayanarak, bu kayaç dizilerinin ayırımında kullanılır. Poluşağı kayaç di-



Şekil 8. Magma tipleri ayırtaç diyagramları (Floyd ve Winchester, 1975) ve Poluşağı bazik kayaçları. ● : Bazalt, ▽ : Gabro

Figure 8. Discriminant diagrams for the magma types (Floyd and Winchester, 1975) and the Poluşağı rock suite. ● : Basalt, ▽ : Gabbro



Şekil 9. Poluşağı kayaç dizisi ve titan zenginleşmesi. Semboller Şekil 4 teki gibidir.

Figure 9. Titanium enrichment in the Poluşağı rock suite. Symbols are as in Figure 4.

zisi bu diyagramda (Şekil 11) net demir-titan zenginleşmesi gösteren toleyitik bir dizi olarak ortaya çıkar.

Genel olarak toleyitik ve kalk-alkalen diziler silika ve potasyum çokluk piklerinde (mode) ve  $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$  oranlarında farklılıklar gösterirler. Bir kısım toleyitik kayaç dizilerindeki silika çokluk değişiminin (% 45-70) kalk-alkalen kayaç dizilerindeki silika çokluk değişimine (% 53-70 benzemesine rağmen, toleyitik kayaçların silika çokluk piki %53 ve kalk-alkalen kayaçların silika çokluk piki % 59 civarındadır (Jakes ve Gill, 1970). Aynı zamanda, toleyitik kayaçların  $\text{K}_2\text{O}$  içerikleri kalk-alkalen kayaçlara göre çok daha az ve  $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$  oranları daha yüksektir ( $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O} > 4$ ). Poluşağı kayaç dizisinin silika miktarı %44-74 arasında değişir ve çokluk piki %54 iken potasyum içerikleri çok düşüktür (Çizelge 1) ve ortalama  $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$  oranı 19 dur. Kalk-alkalen dizilerin Ni (0-30 ppm) ve Cr (0-50 ppm) miktarları toleyitik dizilerin Ni (0-200 ppm) ve Cr (0-400 ppm) miktarlarından gelen olarak daha düşüktür. Poluşağı kayaç dizisi Ni ve Cr içerikleriyle (Çizelge 1) toleyitik dizilerle denkleştirilebilir.

Sonuç olarak, Poluşağı kayaç dizisinin tüm yönleriyle tipik bir toleyitik kayaç dizisi olduğu açıkça söylenebilir.

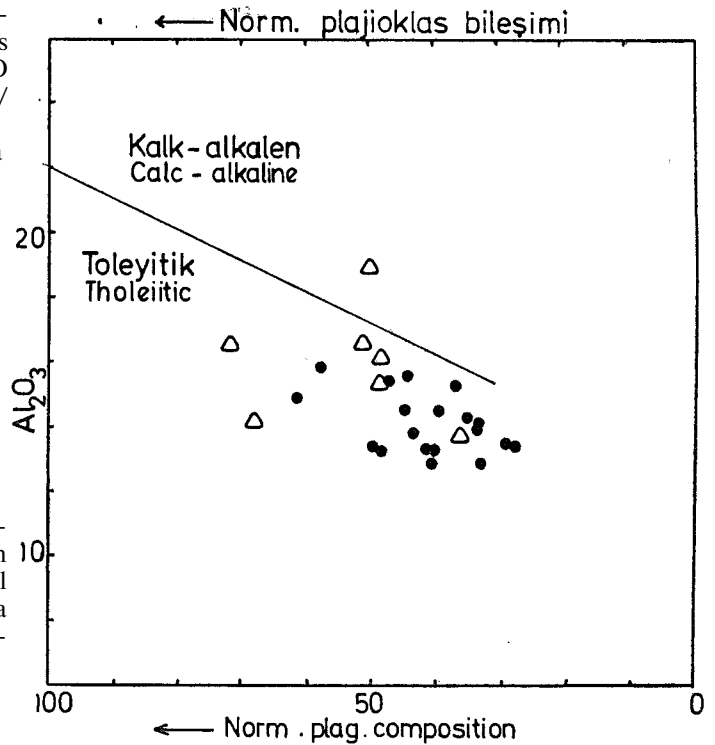
#### Poluşağı toleyitik kayaç dizisinin oluştuğu tektonik ortam

Levha tektoniği teorisinin dünya çapında kazandığı geçerlilik ve çeşitli volkanik kayaçların analiz sayılarında yakın geçmişte ortaya çıkan hızlı artış, magma tiplerini kimyasal yollarla çeşitli tektonik ortamlara göre sınıflandırma çabalarını da artırmıştır. Volkanik kayaçların tektonik ortamlara göre ayırtlanmasında, bir ortamdan diğerine sistematik farklılıklar gösteren ve hareketsiz olan Ti, Zr, Y, Nb, P, Cr, Ni gibi iz elementlerin ve nadir toprak elementlerinin kullanılmasıyla önemli adımlar atılmıştır (Pearce ve Cann, 1971, 1973; Bickle ve Nisbet, 1972; Pearce, 1975; Floyd ve Winchester, 1975; Pearce ve Gale, 1977; Smith ve Smith, 1976; Church ve Coish, 1976). Geçmişte oluşmuş olan bazik volkanik kayaçların orijinal tektonik ortamının saptanmasındaki ilke, basit olarak bu kayaçların hareketlenmeyen iz element içeriklerinin, günümüzde bilinen tektonik ortamlarda olu-

şan benzer kayaçların aynı iz element içerikleriyle denleştirilmesidir. Açıkta ki bu yöntem tektonik ortamın jeolojik bulgularla sağlıklı olarak tayin edilemediği şartlarda başvurulacak geçerli bir yöntemdir.

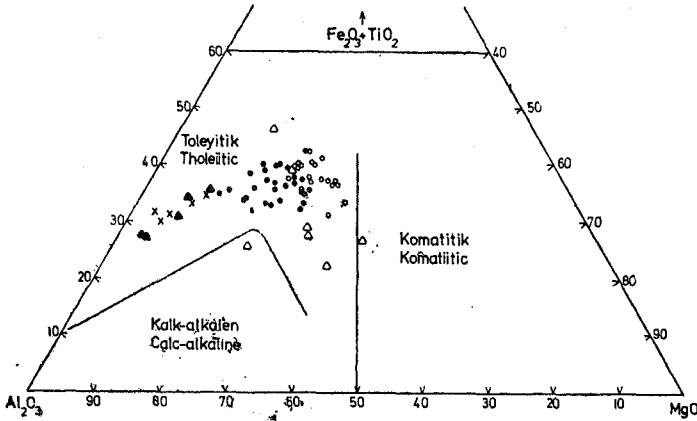
Bazik volkanik kayaçların farklı tektonik ortamlara göre sınıflandırılmasında en yaygın olarak kullanılan sistem Pearce ve Cann (1973) tarafından ortaya atılmıştır. Bu yazarlarca tanımlanan tüm tektonik ortamlar toleyitik bazalt üretebilirler. Bu yüzden Poluşağı toleyitik kayaçları için olası tektonik ortamların tümü göz önünde tutulacak ve eliminasyon yöntemiyle sonuca gitmeye çalışılacaktır.

«Levha içi bazaltları» jeokimyasal olarak «levha kenarı bazaltlarından Y ve Cr hariç diğer litofil elementlerin çoğunun miktarlarının daha yüksek olmasıyla ayırt edilirler (Pearce ve Gale, 1977). Levha içi bazaltlarının Zr ve Ti elementlerince daha zengin olup Y içeriğinin daha zengin olmaması olgusu, bu bazaltların levha kenarı bazaltlarından ayırtlanmasında başarı ile kullanılmıştır (Pearce ve Cann, 1973; Pearce, 1975; Pearce ve Gale 1977). Zr/Y ve Ti/Y oranlarının kullanıldığı Şekil 12 te Poluşağı bazik kayaçları net bir şekilde levha kenarı bazaltlarına ait olan bölgeye düşerler. Ti, Zr ve Y içeriklerine dayanan üçgen diyagramda (Şekil 13) yine Poluşağı toleyitiklerinin levha içi bir tektonik ortamda üretilmiş olma ihtimali elimine edilmektedir ve analizler açık bir şekilde okyanus tabanı bazaltlarına ait olan B bölgesini kapsamaktadır. Ancak B bölgesi



Şekil 10.  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -normatif plajjoklas bileşimi diyagramı (Irvine ve Baragar, 1971) ve Poluşağı bazik kayaçları. ● : Bazalt, ▽ : Gabro

Figure 10.  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -normative plagioclase composition diagram (Irvine and Baragar, 1971) and the Poluşağı basic rocks. ● : Basalt, ▽ : Gabbro

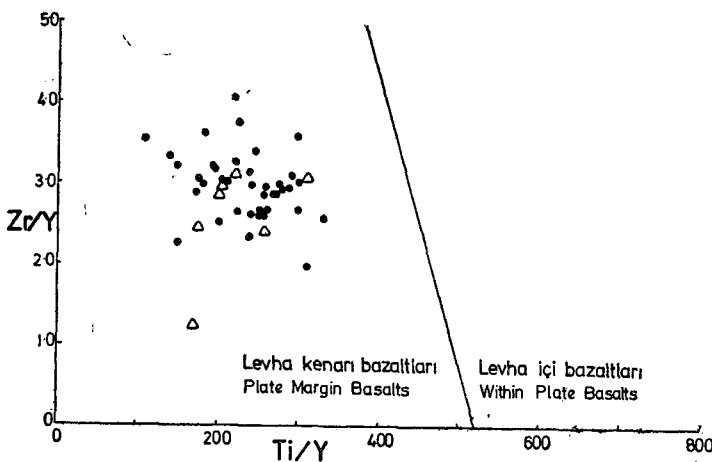


Şekil 11. Poluşağı kayaç dizisinde demir-titan zenginleşmesini gösteren üçgen diyagram (Jensen, 1976). Semboller Şekil 4 teki gibidir.

Figure 11. The iron-titanium enrichment trend in the Poluşağı rock suite shown on the triangular Jensen (1976) diagram. Symbols as in Figure 4.

aynı zamanda kalk-alkalen bazaltlara ve ada yayı toleyitlerine de aittir. Poluşağı kayaç dizisinin toleyitik olması kalk-alkalen bazalt ihtimalini ortadan kaldırırsa bile, bu diyagram kayaçların okyanus tabanında mı yoksa ada yayı ortamında mı oluştuklarına cevap verememektedir. Aynı durum yaygın olarak kullanılan Zr-Ti diyagramında da söz konusudur (Şekil 14). Poluşağı bazik kayaçları hem okyanus tabanı toleyitlerine hem de ada yayı toleyitlerine ait olan alanlarda dağılım göstermektedirler.

Ada yayı toleyitleri okyanusal toleyitler ile ana kimyasal özellikler açısından pek çok benzerlikler gösterirler, fakat onlardan daha düşük FeO, MgO, Ni, Cr, Ti, Zr, Nb ve



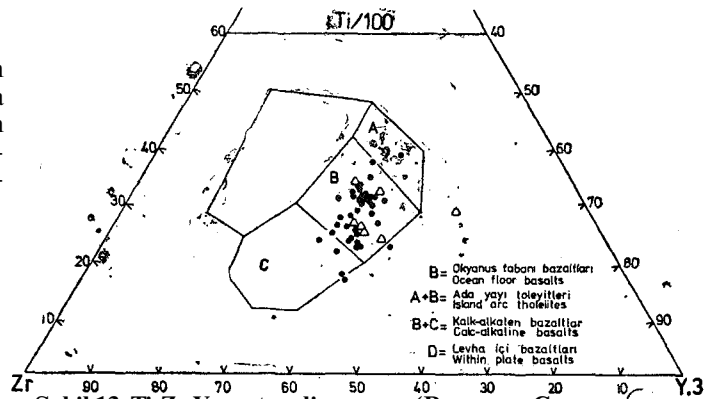
Şekil 12. Zr/Y - Ti/Y ayırtaç diyagramı (Pearce ve Gale, 1977) ve Poluşağı bazik kayaçları. • : Bazalt, ∇ : Gabbro

Figure 12. The Zr/Y - Ti/Y discriminant diagram of Pearce and Gale (1977) and the Poluşağı basic rocks. • : Basalt, ∇ : Gabbro

daha yüksek K, Rb, Ba, Sr içerikleri ile ayrılırlar (Jakes ve Gill-, 1970). Ada yayı toleyitlerinin  $P_2O_5$  ve nadir toprak element miktarlarının da okyanusal toleyitlere göre daha düşük olduğu bilinir (Hawkins, 1980). Bu kimyasal farklılıklar bu iki tip toleyitin ayırtılmasında kritik rol oynamaktadırlar. Ancak kimyasal farklar bazaltların primitif, yani en az farklılaşmış şekillerinde daha az belirgin olup, magmatik farklılaşma ile birlikte bu iki bazaltik dizinin kimyasal farklılığı da belirginleşmektedir (Gill, 1970; Hawkins, 1980).

Yukarıda bahsedilen kimyasal farklılıklar temel alınarak, ada yayı ve okyanusal bazaltlar çeşitli diyagramlarla birbirinden ayırtelebilir. Kayaçların Zr, Ti ve Sr içeriklerini kullanan bir üçgen diyagramın bu konuda etkin olduğu bilinir (Pearce ve Cann, 1973; Pearce, 1975) ama Poluşağı kayaç dizisinde Sr'un çok hareketlenmiş bir element olması (Özçelik, 1984 a) bu diyagramın etkinliğini ortadan kaldırmaktadır.

Aynı Ti değerlerine sahip iki toleyitik bazalttan, okyanusal bazaltın Cr içeriği ada yayı bazaltının Cr içeriğinden daima daha yüksektir (Pearce, 1975; Pearce ve Gale, 1977) ve aynı durum Ni için de doğrudur. Bu olgu okyanusal



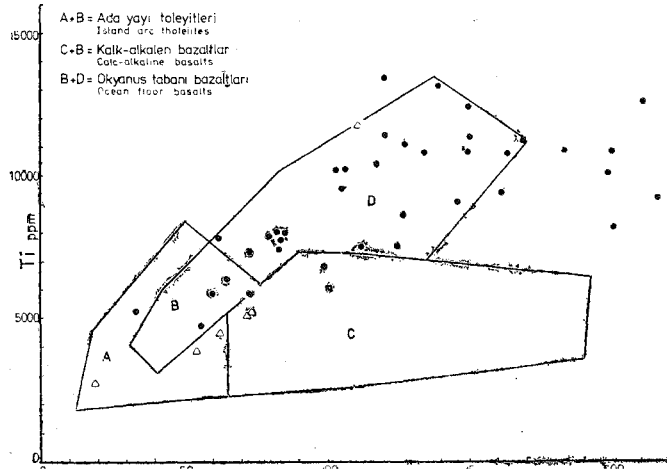
Şekil 13. Ti-Zr-Y ayırtaç diyagramı (Pearce ve Cann,

1973) ve Poluşağı bazik kayaçları. • : Bazalt, V : Gabbro

Figure 13. The Ti-Zr-Y discriminant diagram of Pearce and Cann (1973) and the Poluşağı basic rocks. • : Basalt, V : Gabbro

toleyitlerin ada yayı toleyitlerinden ayırtebilmesine yarayan çok önemli bir olgudur. Şekil 15 de 16 daki ayırım çizgileri bu gerçeğe dayanır. Bu diyagramlarda görüldüğü üzere Poluşağı bazik kayaçlarının çoğunluğu ada yayı toleyitleri alanına ve önemli bir kesimi de okyanusal toleyitler alanına düşmektedir. İğinc ve önemli olan bir gözlem ise her iki diyagramda da okyanusal toleyitler alanına düşen bazalt ve gabroların çoğunluğunun bu yazıda daha önce «daha primitif» olarak tespit edilen bazalt ve gabrolar olmasıdır. Kısaca bu diyagramlar «daha primitif» bazalt ve gabroların okyanusal toleyitlerle ve «daha gelişmiş» bazalt ve gabroların ada yayı toleyitleri ile olan kökensel akrabalıklarını vurgulamaktadır.

Poluşağı toleyitik bazalt ve gabroları okyanusal toleyitlerin veya ada yayı toleyitlerinin ana jeokimyasal özel-



Şekil 14. Zr-Ti ayırtaç diagramı (Pearce ve Cann, 1973) ve Poluşağı bazik kayaları. ●: Bazalt, V: Gabro

Figure 14. The Zr-Ti discriminant diagram of Pearce and Cann (1973) and the Poluşağı basic rocks, ●: Basalt, V: Gabbro

liklerini tutarlı bir şekilde ortaya koymaktan çok birinden diğerine geçiş gösteren bir tektonik ortamın jeokimyasal karakterini yansıtmaktadır. Özellikle, «daha primitif» bazalt ve gabroların yüksek Cr ve Ni içerikleri ve «daha gelişmiş» bazalt ve gabroların giderek azalan Cr ve Ni içerikleri, açılma gösteren okyanusal kabuk tabanlı bir marjinal basenin, ada yayı gelişiminin erken aşamasına karşılık gelen bir ortama geçişini sergilemektedir.

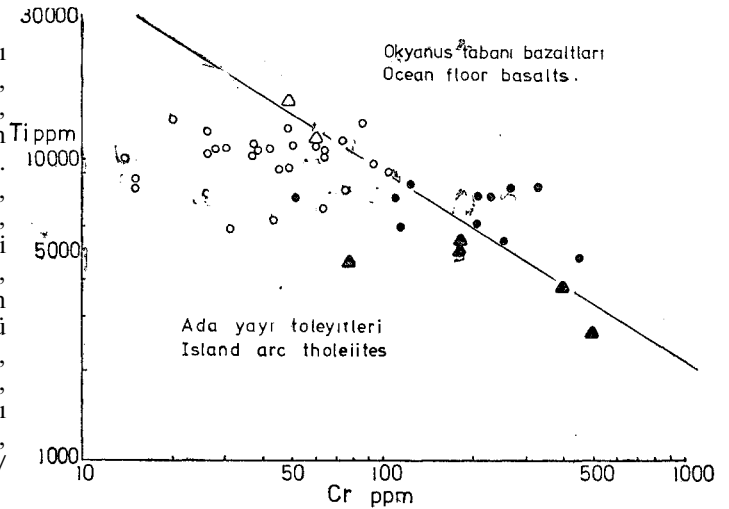
**Tartışma.** Yakın zamana kadar ofiyolitlerin okyanus ortası sirtlarında oluşmuş okyanusal kabuk malzemesi olduğu, yaygın olarak kabul edilen bir görüşü (kaynaklar için bkz., Coleman, 1977). Fakat okyanusal kabuk malzemesinin oluşabildiği tek ortam okyanus sırtı açılma merkezleri değildir. Okyanusal kabuk aynı zamanda yay gerisi (marjinal basen, Karig, 1971) açılma merkezlerinde, ada yaylarında, levhalararası volkanik merkezlerde ve açılma hareketli transform faylar boyunca da oluşabilir. Son dönemde, ofiyolitik karmaşıkların en azından çok önemli bir bölümünün yay gerisi ve marjinal basenlerde oluşmuş olduğu görüşü giderek yaygınlaşmaktadır (Dewey ve Bird, 1971; Dewey, 1974, 1976; Pearce, 1975; Upadhyay ve Neale, 1979; Saunders ve diğ., 1980; Hawkins, 1980; Brunn, 1983). Bir kısım ofiyolitler ada yayı karmaşıklarının temelinde (Jakes ve Gill, 1970; Miyashiro, 1973, 1975; Ewart ve Bryan, 1972; Hawkins, 1980) veya ada yayı/marjinal basen sistemlerinde (Pearce, 1975, 1980) oluşabilir.

Ada yayı gerisi veya marjinal basenlerin altındaki manto malzemesinin daha yüksek yüzebilirlik niteliği (buoyancy) nedeniyle. Dewey (1974) ve Hawkins (1976) marjinal basen litosferinin normal okyanusal litosferden daha kolay üzerleneceğini (obduction) öne sürmüşlerdir. Bu görüş, yay-yay ve yay-kıta çarpışması ihtimalinin kıta-kıta çarpışması ihtimalinden daha yüksek olduğunu belirten Saunders ve diğ. (1979) tarafından desteklenmiştir.

Bu anlamda, Poluşağı kayaç dizisinin toleyitik niteliği ve okyanusal ve ada yayı toleyitleri ile olan kimyasal akrabalıkları, bu kayaçların mutlaka okyanus ortası sırtı gibi bir tektonik ortamda oluştuğu anlamına gelmez. Kısa bir zaman önce, okyanus sırtı bazaltlarına kimyasal olarak eşdeğer bazalt örnekleri benzer kabuk açılmalarının oluştuğu yay gerisi basenlerden yüzeye çıkarılmıştır ve bir kısım ada yayı toleyitleri de bu yay gerisi basen bazaltları ile kimyasal benzerlikler göstermektedir (Hawkins, 1980). O halde Poluşağı toleyitik bazik kayaçlarının oluştuğu tektonik ortam için, üzerinde toleyitik bir ada yayı volkanizmasının geliştiği bir marjinal basen ortamının düşünülmesi, bazaltların yukarıda bahsedilen kimyasal karakterlerini açıklamak için yeterlidir.

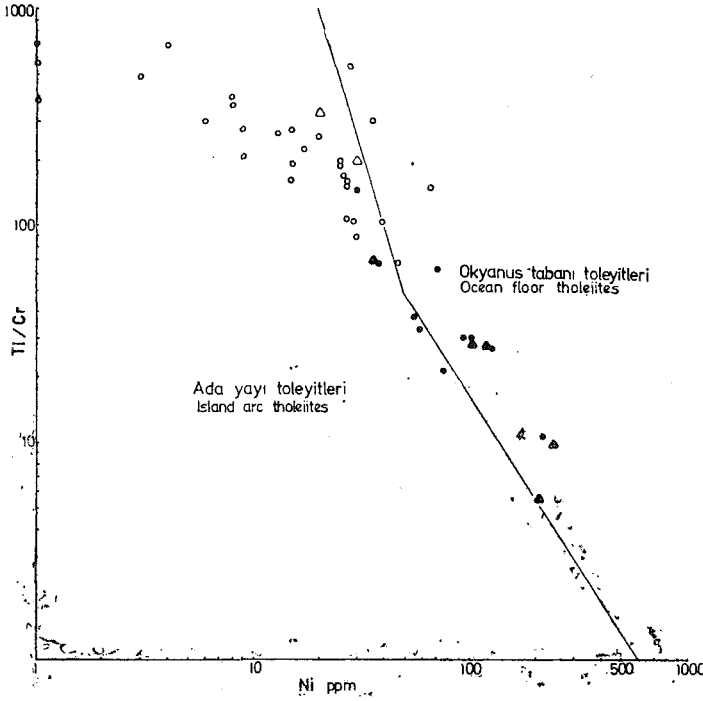
Önerilen tektonik ortam için şimdiye dek esas olarak Poluşağı kayaç dizisinin bazalt ve gabroları göz önüne alınmıştır. Diğer kayaç birimlerinin de söz konusu edilmesi bu öneriye daha fazla destek verecektir.

Poluşağı volkanik kayaçları sedimanter ve piroklastik kayaçlarla ardalanma gösterirler. Bu olgu ofiyolitik karmaşıkların en üst düzeylerinin değişmez bir özelliğidir ve benzer istiflerin günümüzdeki büyük okyanusların tabanlarında varlıkları tespit edilememiştir (Upadhyay ve Neale, 1979). Diğer yandan, ofiyolitik karmaşıkların en üst seviyelerinde gözlenen sedimanter/volkanoklastik istiflere benzer olarak yorumlanabilecek pek çok sismik seviyeler günümüzdeki marjinal basen tabanlarında saptanmıştır (kaynaklar için bkz. Upadhyay ve Neale, 1979). Sismik seviyeler civardaki muhtemel ada yayı volkanizmasının göstergesi olarak ele alınmaktadır.



Şekil 15. Ti-Cr ayırtaç diyagramı (Pearce, 1975) ve Poluşağı bazik kayaları. ●: «Daha primitif» bazalt, ○: «Daha gelişmiş» bazalt, Δ: «Daha primitif» gabro, ▽: «Daha gelişmiş» gabro

Figure 15. The Ti-Cr discriminant diagram of Pearce (1975) and the Poluşağı basic rocks. ●: «More primitive» basalt, ○: «More evolved» basalt, Δ: «More primitive» gabbro, ▽: «More evolved» gabbro



Şekil 16. Ni - Ti/Cr diyagramı (Beccaluva ve diğ., 1979) ve Poluşağı bazik kayaçları. Semboller Şekil 15 deki gibidir.

Figure 16. The Ni - Ti/Cr diagram of Beccaluva et al (1979) and the Poluşağı basic rocks- Symbols as in Figure 15.

Poluşağı toleyitik kayaç dizisinin en yaygın kayaçları bazalt ve andezitlerdir. Analiz edilen ve sahada dengeli bir yayılım gösteren 117 lav örneğinin 46 sı bazalt, 57 si andezit (35 bazaltik-andezit ve 22 asidik-andezit) ve 14 ü dasittir. Bazalt/andezit ayırımı için % 54 silika eşik değeri kullanılsa bile lavların önemli bir kesimi (117 örneğin 46 sı) andezit ve dasit olarak ortaya çıkmaktadır. Bu derece farklılaşmaya uğramış kayaçların ne ada yayı volkanizma-

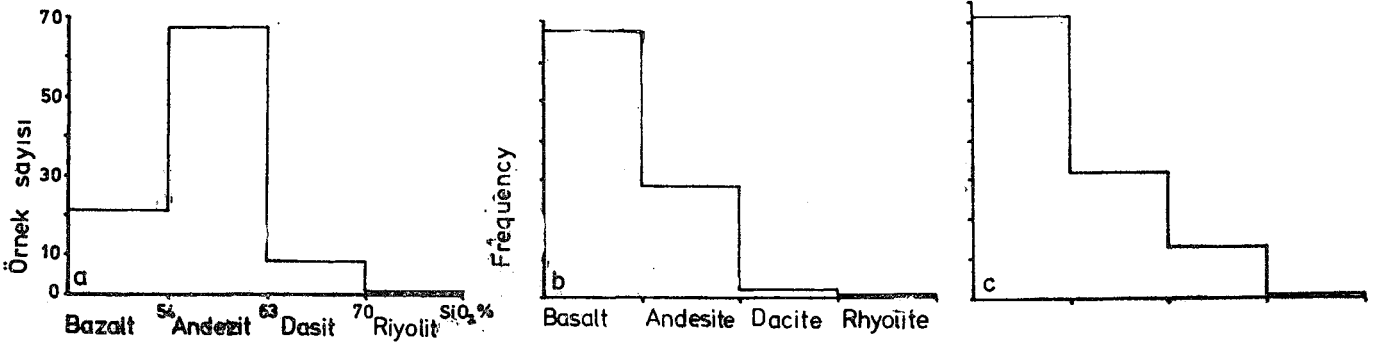
sının etkilemediği marjinal basenlerde, ne de okyanus sırtı toleyitleri içindeki varlıkları bilinmemektedir. Gerçi bir kısım asidik kayaç örnekleri okyanus tabanlarından yüzeye çıkarılmıştır (Engel ve Fisher, 1975; Coleman ve Peterman, 1975) ama bu kayaçların bazaltik kayaçlara olan oranı bugüne dek çok küçük kalmıştır. Diğer yandan, ada yayı toleyitik volkanizmalarına ait kayaç topluluklarında çok daha büyük oranlarda farklılaşmış kayaçlar izlenmektedir (Miyashiro, 1974).

Ada yayı toleyitik kayaçları, yay karmaşığının temelinin oluşturur ve ada yayı volkanizmasının ilk aşamalarının (erginleşmemiş ada yayı) ürünleri olarak kabul edilirler (Jakes ve Gill, 1970; Gill, 1970; Mitchell ve Reading, 1971; Ewart ve Bryan, 1972; Miyashiro, 1974, 1975; Hawkins, 1980) Erginleşmemiş ada yayları genel olarak yüksek oranda toleyitik bazalt içerirken, erginleşmiş ada yaylarında andezitler çoğunluktadır. Şekil 17 de erginleşmemiş olarak kabul edilen South Sandwich ada yayı volkanik ürün oranları ve erginleşmiş olarak kabul edilen Lesser Antilles ada yayı volkanik ürün oranları (Baker, 1968), Poluşağı volkanik kayaçları ile denştirilmiştir. Bu denştirmenin sağlıklı olması için Baker (1968) in kullandığı silika eşik değerlerine göre (örneğin, bazalt:  $SiO_2 < \% 54$ ) Poluşağı volkanikleri yeniden sınıflandırılmıştır. Poluşağı volkanik kayaç oranlarının erginleşmemiş ada yayı volkanik ürün oranlarıyla olan net benzerliği ortadadır.

#### GENEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA

1) Paleozoik yaşlı Pütürge Masifi üzerine çalışma alanında tektonik bir dokanakla oturan Orta Eosen yaşlı Maden volkanik kayaçları ve onları kesen yan-derinlik kayaçları kimyasal olarak sınıflandırılmıştır. Hareketlenmeyen iz elementler (Zr, Nb, Y, La, Ce, Ti, P) temelinde yapılan sınıflandırma, volkaniklerin büyük bölümünün bazalt, bazaltik-andezit, bir bölümünün andezit ve daha az bir bölümünün de dasit olduğunu ortaya koymuştur. Yan-derinlik kayaçları gabro ve plajiogranittir.

2) Volkanik kayaçlar (ve yan-derinlik kayaçları) en bazikten en asidik ürünlere değin devamlı ve sistematik



Şekil 17. Poluşağı ve aktüel ada yayı volkanik ürün oranları:

- Lesser Antilles (ergin ada yayı)
- South Sandwich adaları (erginleşmemiş ada yayı)
- Poluşağı ada yayı volkanikleri

Figure 17. Comparison of proportions of volcanic rock types of modern island arcs and the Poluşağı area:

- Lesser Antilles (mature arc)
- South Sandwich Islands (immature arc)
- Poluşağı island arc volcanics

bir kimyasal evrim gösterdiğinden «Poluşağı kayaç dizisi» olarak adlandırılmıştır.

3) Poluşağı kayaç dizisi sub-alkalendir ve tüm kimyasal yönleriyle tipik bir toleyitik farklılaşma çizgisi sergiler.

4) Poluşağı kayaç dizisinin gerek kimyasal özellikleri ve gerekse bağlantılı olduğu diğer kayaçlar, dizinin Maden marjinal baseninde oluşan ensimatik bir ada yayı volkanizmasının ürünü olduğunu vurgulamaktadır. Orta Eosen yaşlı Maden baseni okyanusal kabuk tabanlıdır ve olasılıkla Hempton (1984) un önerdiği gibi, Pütürge Masifi kuzyinde yer almıştır. Poluşağı kayaç dizisini üreten ada yayı volkanizması, gelişiminin erken bir aşamasında olan, erginleşmemiş (immature) bir ada yayı volkanizmasıdır.

Yukarıdaki sonuç. Ergani-Maden yöresinin Maden volkanik kayaçlarını, Maden baseninde gelişen ensimatik ve toleyitik bir ada yayı volkanizması ürünü olarak yorumlayan Erdoğan (1977, 1982) ve Sivrice yöresindeki Maden karmaşığı kayaçlarını ensimatik bir yay yakını basende oluşmuş olarak kabul eden Hempton (1984) ile uyum içindedir.

İncelenen sahadaki Poluşağı kayaç dizisinin kıta içi bir basende ve özellikle de kıtasal kabuk malzemesinin yine kıtasal kabuk altına daldığı bir ortamda oluştuğu şeklindeki öneriye aşağıdaki nedenlerle karşı çıkılabilir.

a) Kıtasal kabuk malzemesinin yine kıtasal kabuk altına dalmasının gerektirdiği özel tektonik şartların var olup olmadığı sorunu bir yana, böyle bir mekanizma hem kıtasal kabukta kaçınılmaz bir kalınlaşma oluşturacaktır, hem de bu tektonik ortamın oluşturabileceği magmatik işlevin Poluşağı kayaç dizisinin özelliklerini taşıyan toleyitik bir magmatizmayı geliştireceğini düşünmek oldukça zordur.

b) Maden volkanizmasının, önerilen tektonik ortamda keserek geleceği pekte ince sayılamayacak kıtasal malzeme oluşturulan Pütürge Masifinin en azından üst seviyelerini oluşturan kayaçlar alkali elementler taşıyan mineraller içerirler. Bir kısım mika-şistlerin silika içerikleri % 62-70 civarındadır ve Ba. Rb miktarları 100 lerce ppm olabilmektedir (Özçelik, 1980, yayınlanmamış analizler). Hempton (1984) Pütürge Masifinin % 80 metapelit, % 10 meta-kuvarsit ve % 5 rekrystalize kireçtaşlarından oluştuğunu belirtir. Kıtasal bir dalımın geliştireceği magmanın kıtasal kabuk kökenli asidik bir magma olma olasılığı bir yana, en azından kıtasal kabuk kontaminasyonuna uğraması çok olağandır. Halbuki Poluşağı kayaç dizisinin Sr, Ba ve özellikle Rb ve K içerikleri çok düşüktür (Çizelge 1). Volkanizma esas olarak, Sivrice yöresindeki Maden volkaniklerinde olduğu gibi (Hempton, 1984), silika içeriği düşük, bazaltik-andezitik bir volkanizmadır. Riyolit ve benzeri asidik volkanik ürünler saptanamamıştır. Bu olgular Maden volkanizmasında önemli derecede bir kıtasal kontaminasyon olasılığına ters düşmektedir.

c) Maden magmatik kayaçlarının Yazgan (1981) tarafından 0.70399 $\pm$ 5 ve 0.70496 $\pm$ 4 olarak verilen  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  ilksel izotop oranları, bu kayaçların kıta içi bir tektonik ortamda değil, ensimatik bir ada yayı volkanizması ortamında oluştuğunu vurgulamaktadır. Ada yayı toleyitik bazalt ve bazaltik-andezitlerinde  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  oranı tipik olarak 0.7035

-0.705 arasında değişir (Carmichael ve diğ., 1974). Maden magmatik kayaçlarının  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  oranları, Yazgan (1981) in de belirttiği gibi tipik ada yayı kayaçlarının değerleridir. Ancak Yazgan (1981) benzer ilksel izotop oranları gösteren anorojenik levha içi volkanizması olasılığını ve ilksel izotop oranlarının spilitleşme ile değişebilme olasılığının da tartışılması gerektiğini ileri sürmektedir.

Maden magmatik kayaçlarının iz element kimyası göz ardı edilse dahi  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  ilksel izotop oranları, bunların kıtasal levha içi toleyitler olamayacağını gösterir. Çünkü kıtasal toleyitlerde bu oran daha yüksektir. Örneğin, önemli bir kıtasal kontaminasyon dahi geçinmemiş olan Karoo kıtasal toleyitik bazaltlarında oran 0.06-0.710 arasındadır (Carmichael ve diğ., 1974). Yine aynı yazarlar, Dalradian gnayları ile kontaminasyona uğramış bir kısım kıta içi gabrolarda oranın 0.730 akadar yükseldiğini belirtirler.

Maden magmatik kayaçlarının «spilitleşmiş» olduğu gerçeği  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  ilksel izotop oranlarını değiştirmiş bile olsa, bu oran, deniz suyunun  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  izotop oranının 0.709 olması nedeniyle (Spooner, 1976) ancak yükselmiş olabilir. Bunun anlamı, Maden magmatik kayaçlarındaki «spilitleş-

me» öncesi  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  oranının daha da düşük olması gerektiğidir ki bu durum kıta içi bir volkanizmayı ve kıtasal kontaminasyonu daha da az olası kılmaktadır.

#### KATKI BELİRTME

Bu çalışmanın büyük bölümü MTA Genel Müdürlüğü'nün mali desteği ile Durham Üniversitesi-İngiltere'de gerçekleştirilmiştir. Adı geçen kuruluşlara ve özellikle danışmanım Mr. R. Phillips'e, Dr. D. M. Hirst'e ve kimyasal analizlerin yapılmasını yönlendiren Dr. J. G. Holland ve R. G. Hardy'ye bu vesileyle teşekkür etmeyi görev saymaktayım.

#### DEĞİNİLEN BELGELER

- Baker, P.E., 1968, Comparative volcanology and petrology of the Atlantic island-arcs: Bull. Volcanol., 32, 189-209.
- Beccaluva, L., Ohnenstetter, O. ve Ohnenstetter, M., 1979, Geochemical discrimination between ocean-floor and island arc tholeiites - application to some ophiolites. Can. J. Earth Sci., 16, 1874-1882.
- Beccaluva, L., Ohnenstetter, D., Ohnenstetter, M. ve Venturelli, G., 1977, The trace element geochemistry of Corsican ophiolites: Contrib. Mineral. Petrol., 64, 11-31.
- Bickle, M.J. ve Nisbet, E., 1972, The oceanic affinities of some alpine mafic rocks based on their Ti-ZrY contents: Jl. Geol. Soc., 128, 267-271.
- Brunn, J.H., 1983, Oceans, continents and orogens. Tectonophysics, 99, 1-29.
- Carmichael, I.S.E., Turner, F.J. ve Verhoogen, J., 1974, Igneous Petrology: McGraw Hill, N.Y., 739 s.
- Church, W.R. ve Coish, R.A., 1976, Oceanic versus island arc origin of ophiolites: Earth and Planet. Sci. Lett., 31, 8-14.
- Coats, R.R., 1968, Basaltic andesites, de: H.H. Hess ve A. Poldervaart (Ed.), Basalts, 2, Interscience, N.Y., 689-736.

- Coleman, R.G., 1977, Ophiolites-Ancient oceanic lithosphere?: Minerals and Rocks. No. 12, Springer-Verlag, 229 s.
- Coleman, R.G. ve Peterman, Z.E., 1975, Oceanic plagiogranite: J. Geophys. Res., 80, 1099-1108.
- Dewey, J.F., 1974, Continental margins and ophiolite obduction. Appalachian Caledonian system: de: C. A. Burk ve C.L. Drake (Ed), The geology of continental margins. N.Y., Springer, 933-950.
- Dewey, J.F., 1976, Ancient plate margins-some observations: Tectonophysics, 33, 379-385.
- Dewey, J.F. ve Bird, J.M., 1971, Origin and emplacement of the ophiolitic suite; Appalachian ophiolites in Newfoundland: J. Geophys. Res., 76, 3179-3206.
- Engel, C.F. ve Fisher, R.L., 1975, Granitic to ultramafic rock complexes of the Indian Ocean ridge system, western Indian Ocean: Geol. Surv. Am. Bull., 86, 1553-1578.
- Erdoğan, B., 1977, Geology, geochemistry and genesis of the sulphide deposits of the Ergani-Maden region. SE Turkey: Yayınlanmamış doktora tezi, New Brunswick Üniversitesi, Kanada. 288 s.
- Erdoğan, B., 1982, Ergani-Maden yöresindeki Güneydoğu Anadolu Ofiyolit Kuşağının jeolojisi ve volkanik kayaları: Türkiye Jeol. Kur. Bült., 25, 49-59.
- Ewart, A. ve Bryan, W.B., 1972, Petrology and geochemistry of the igneous rocks from Eua, Tongan islands. Geol.Soc Am. Bull., 83, 3281-3298.
- Floyd, P. A. ve Winchester, J.A., 1975, Magma type and tectonic setting discrimination using immobile elements: Earth and Planet, Sci. Lett., 27, 211-218.
- Floyd, P.A. ve Winchester, J.A., 1978, Identification and discrimination of altered and metamorphosed volcanic rocks using immobile elements: Chem. Geol., 21, 291-306.
- Gill, J.B., 1970, Geochemistry of Viti Levu, Fiji, and its evolution as an island arc: Contr. Mineral- Petrol. 27, 179-203.
- Hawkins, J.W., 1976, Petrology and geochemistry of basaltic rocks of the Lau Basin: Earth and Planet. Sci. Lett., 28, 283-297.
- Hawkins, J.W., 1980, Petrology of back-arc basins and island-arcs: their possible role in the origin of ophiolites: de A. Panayiotou (Ed), Ophiolites. proceedings of international ophiolite symposium, Cyprus. Minist. Agric. Nat. Resour. Geol. Surv. Dept. Nicosia, Cyprus, 244-254.
- Hempton, M.R., 1984, Results of detailed mapping, near Lake Hazar, Eastern Taurus mountains: de: O. Tekeli ve M.C. Göncüoğlu (Ed.). Geology of Taurus Belt-Proceedings Int. Symp. Geol. Taurus belt, 26-29 Sept-1983. Ankara. Turkey, 223-228.
- Irvine, T.N. ve Baragar, W.R.A., 1971, A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks: Can. J. Earth Sci, 8, 523-548.
- İleri, S., Salancı, B., Bitem, M. ve Doğan, R. 1976, Ergani (Maden) bakır yatağı ve plaka tektoniği: Bült, 19, 133-142,
- Jakes, P. ve Gill, J., 1970, Rare earth elements and the island arc tholeiitic series. Earth and Planet. Sci- Lett-, 9, 17-28.
- Jakes, P. ve White, A.J.R., 1972, Major and trace element abundances in volcanic rocks of orogenic areas: Geol.Soc Am. Bull., 83, 29-40
- Jensen, L.S., 1976, A new cation plot for classifying subalkali volcanic rocks: Ontario Dep. Mines., Misc., Paper, 66, 22 s
- Karig, D.E., 1971, Origin and development of marginal basins in the western Pacific: J. Geophys. Res., 76, 2542-2561.
- Karşoğlu, Y., 1978, Malatya ili, Pütürge ilçesi, Poluşağı bakır sahasına ait jeoloji raporu: Yayınlanmamış rapor. MTA Arş. No: 1742. 14 s.
- Kuno, H., 1960, High alumina basalt. J. Petrol. 1, 121-145
- Kuno, H., 1965, Fractionation trends of basalt magmas in lava flows: J. Petrol, 6, 302-321.
- Kuno, H., 1968, Differentiation of basaltic magmas: de: H-H. Hess ve A. Poldervaart (Ed.), Basalts, 2, Interscience, N.Y., 623-688.
- Kushiro, I., 1979, Fractional crystallisation of basaltic magma, de: H.S. Yoder Jnr. (Ed.), The evolution of igneous rocks, 50 th ann. perspectives, Princeton Univ. Press, N.Y., 171-204.
- Laurent, R., Delaloye, M., Vaugnat, M. ve Wagner, J.J., 1980, Composition of parental basaltic magma in ophiolites: de. A. Panayiotou (Ed), Ophiolites: proceedings of international ophiolite symposium. CyprusMinist. Agric. Nat. Resour. Geol. Surv. Dept., Nicosia, Cyprus. 172-181.
- Mac Donald, G.A., 1968, Composition and origin of Hawaiian lavas: Geol. Soc. Am. Mem., 116, 477-522.
- Mac Donald, G.A. ve Katsura, T., 1964, Chemical composition of Hawaiian lavas: J. Petr., 5, 82-133.
- Manşon, P., 1968, Geochemistry of basaltic rocks: Major elements: de: H-H. Hess ve A. Poldervaart (Ed.), Basalts, 2, Interscience, N.Y., 215-269.
- Michard, A., Whitechurch, H., Ricou, L.E., Montigny, R. ve Yazgan, A., 1982, Tauric subduction (Malatya-Elazığ provinces) and its bearing on tectonics of the Tethyan Realm in Turkey. Paper presented at the symposium on the Geological evolution of the Eastern Mediterranean, Sept. 1982, Edinburgh.
- Mitchell, A.H., ve Reading, H.G., 1971, Evolution of island arcs: J. Geol., 79, 253-284
- Miyashiro, A., 1973, The Troodos ophiolite complex was probably formed in an island arc. Earth and Planet. Sci. Lett., 19, 218-224.
- Miyashiro, A., 1974, Volcanic rocks series in island arcs and active continental margins: Am. J. Sci., 274, 321-355.
- Miyashiro, A., 1975, Classification, characteristics and origin of ophiolites: J. Geol., 83, 249-281.
- Miyashiro, A. ve Shido, F., 1975, Tholeiitic and calc-alkaline series in relation to the behaviours of titanium, vanadium, chromium and nickel: Am. J. Sci., 275, 265-277.
- Özçelik, M., 1982, The petrology and geochemistry of volcanic rocks and associated sulphide deposits of the S.E. Anatolian ophiolite belt, near Malatya, Turkey: Yayınlanmamış doktora tezi. Durham Univ. İngiltere, 453 s

- Özçelik, M., 1984 a, Maden volkanizmasına ait Poluşığı toleyitik kayaç topluluğunun oluştuğı tektonik ortam T.J.K. 38. Bilim. Tekn. Kurult. bildiri özetleri, 62-63.
- Özçelik, M., 1984 b. Düşük dereceliyarışma koşullarında element hareketlenmesi ve jeokimyasal verilerin kullanımı: T.J.K. 38. Bilim. Tekn. Kurult. bildiri özetleri, 85-86.
- Pearce, J.A., 1975, Basalt geochemistry used to investigate past tectonic environments on Cyprus: Tectonophysics, 25, 41-67.
- Pearce, J.A., 1980, Geochemical evidence for the genesis and eruptive setting of lavas from Tethyan ophiolites: de: A. Panayiotou (Ed), Ophiolites: proceedings of international ophiolite symposium, Cyprus- Minist. Agric. Nat. Resour. Geol. Surv. Dept. Nicosia, Cyprus-261-272.
- Pearce, J.A. ve Cann, J.R., 1971, Ophiolite origin investigated by discriminant analysis using Ti, Zr and Y: Earth and Planet. Sci. Lett., 12, 339-349.
- Pearce, J.A. ve Cann, J.R., 1973, Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analysis. Earth and Planet. Sci. Lett, 19, 290-300.
- Pearce, J.A. ve Gale, G.H., 1977, Identification of ore-deposition environment from trace element geochemistry of associated igneous host rocks: Geol. Soc. Lond. Spec. Pub., 7, 14-24.
- Perinçek, D., 1979, Interrelations of the Arab and Anatolian plates: «Guide Book, Excursion B», First Geol. Congr. Middle East, Ankara. 34 s.
- Perinçek, D. ve Özkaya İ., 1981, Arabistan levhası kuzey kenarı tektonik evrimi: Yerbilimleri, 8, 91-101.
- Prinz, M., 1968, Geochemistry of basaltic rocks: trace elements: de: H.H. Hess ve A. Poldervaart (Ed), Basalts, 1, Interscience, N.Y., 271-323.
- Saunders, A.D., Tarney, J., Stern, C.R. ve Dalziel, I.W.D., 1979, Geochemistry of Mesozoic marginal basin floor igneous rocks from Southern Chile. Geol. Soc. Am.Bull, part 1, 90, 237-258.
- Saunders, A.D., Tarney, J., Marsh, N.G. ve Wood, D.A., 1980, Ophiolites as ocean crust or marginal basin crust: A geochemical approach: de: A. Panayiotou (Ed.), Ophiolites: proceedings of international ophiolite symposium, Cyprus. Minist. Agric. Nat. Resour. Geol. Surv. Dept., Nicosia, Cyprus, 193-204.
- Smith, R.E. ve Smith, S.E., 1976, Comments on the use of Ti, Zr, Y, Sr, K, P and Nb in the classification of basaltic magmas: Earth and Planet. Sci. Lett., 32, 114-120.
- Spooner, E.T.C., 1976, The strontium isotopic composition of seawater and seawater-oceanic crust interaction: Earth and Planet. Sci. Lett., 31, 167-174.
- Şengör, A.M.C ve Yılmaz, Y., 1981. Tethyan evolution of Turkey, A plate tectonic approach: Tectonophysics, 75, 181-241.
- Upadhyay, E.D. ve Neale, E.R.W., 1979, On the tectonic regimes of ophiolite genesis: Earth and Planet. Sci. Lett., 43, 93-102.
- Winchester, J.A. ve Floyd, P.A., 1977, Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements: Chem. Geol., 20, 325-343.
- Yazgan, E., 1972, Etude géologique et pétrographique du complexe ophiolitique de la région située au sud-est de Malatya (Taurus oriental, Turquie) et de sa couverture volcanosédimentaire: Thèse no: 1575, Univ. Genève. 236 s.
- Yazgan, E., 1981, Doğu Toroslar'da etkin bir paleo-kıta kenarı etüdü (Üst Kretase-Orta Eosen) Malatya-Elazığ, Doğu Anadolu: Yerbilimleri, 7, 83-104.
- Yazgan, E., 1983. A geotraverse between the Arabian Platform and the Munzur Nappes: Int. Symp. Geol. Taurus Belt, 26-29 Sept., Ankara, Guide Book for Excursion V.
- Yazgan, E., 1984, Geodynamic evolution of the Eastern Taurus (Malatya-Elazığ area, Turkey). O. Tekeli ve M.C. Göncüoğlu (Ed), Geology of Taurus Belt., Proceedings Int. Symp. Geol. Taurus Belt, 26-29 Sept., 1983, Ankara, Turkey, 199-208.
- Yazgan, E., Michard, A., Whitechurch, H. ve Montigny, R., 1983, Le Taurus de Malatya (Turquie orientale), élément de la suture sud téthysienne: Bull. Soc. géol. France, no: 1, 59-69.

**Yazının Geliş Tarihi : 14.12.1984**  
**Düzeltilmiş Yazının Geliş Tarihi : 3.11.1985**  
**Yayıma Verildiği Tarih : 3.11.1985**