

Magmatik Kayaçların Stronsiyum İzotop Oranı içeriklerinin Kökensel Yorumlamada Kullanılışı : Batı Anadolu Ve Ege Adalarındaki Volkanik Kayaçlardan Örnekler

*The use of strontium isotopic ratio contents of igneous rocks in the
genetic interpretation : Examples from the volcanic rocks of Western
Anatolia and Aegean island*

TUNCAY ERCAN Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, Ankara
ÖNDER ÖZTUNALI İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, İstanbul

ÖZ 1 Son yıllarda yapılan çalışmalarla, magmatik kayaçlarda ölçülen Stronsiyum izotop oranlarının ($87\text{Sr}/86\text{Sr}$), bu kayaçların kökensel sorunlarını aydınlatıcı çalışmalara büyük katkısı olduğu saptanmıştır. Makalede, bu tür çalışmalar özetlenerek, Ege denizi'ndeki ve Batı Anadolu'daki Senozoyik yaşlı volkanik kayaçlara uygulamaları belirtilecek ve bu volkanitlerin kökensel sorunlarıyla, magmatik evrimleri tartışılacaktır. Ege denizindeki Pliyo-Kuvaterner yaşlı ada yayivolkanitlerinde yapılan Sr izotop oranı ölçümleri bu yay volkanizmasının, dünyadaki diğer ada yaylarında-kinde çok yüksek $87\text{Sr}/86\text{Sr}$ içeriği olduğunu ve bunun yerel olarak da yer yer farklılıklar gösterdiğini ortaya koymuştur. Batı Anadolu'daki Senozoyik yaşlı volkanik kayaçlarda yapılan Sr izotop oranı ölçümleri ise, bu bölgede volkanizmanın tek kökenli olmadığını ve bir manto-kabuk ilişkisinin varlığını belirlemektedir.

ABSTRACT 1 Studies in the recent years have established that the strontium isotopic ratio ($87\text{Sr}/86\text{Sr}$) measured in igneous rocks have considerable contributed to the attempts aiming to light up the genetic problems of these rocks. In this paper, these studies are summarized, their applications to the Cenozoic volcanic rocks in the Aegean and in West Anatolia are stated, and the genetic problems and magmatic evolutions of these volcanics are discussed. The Sr isotopic ratio measurements carried out in the Pliocene-Quaternary island arcs in the Aegean sea have revealed that this arc volcanism has a much greater $87\text{Sr}/86\text{Sr}$ content than those of other island arcs in the world, and that this ratio also shows differences locally from one point to another. On the other hand, the Sr isotope measurements conducted in the Cenozoic volcanic rocks of West Anatolia imply that volcanism in this region is not monogenic, and that there is a mantle-crust relationship.

GİRİŞ

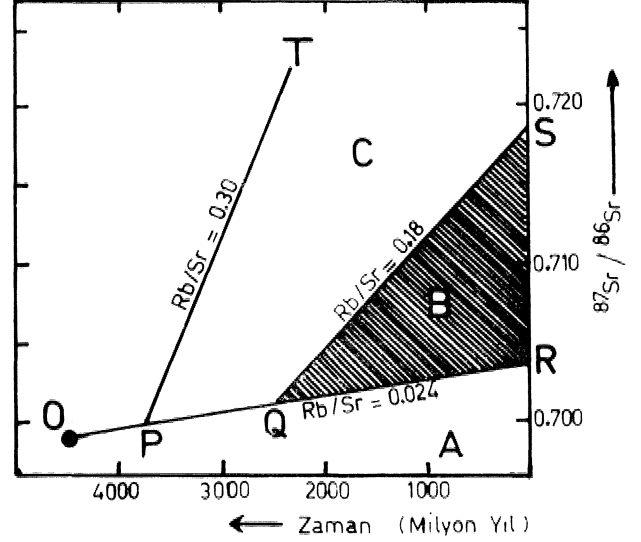
Atomların çekirdekleri proton ve nötronlardan oluşmaktadır. Her türdeki atom için, sabit tek bir proton sayısı olmasına karşın, nötron sayısı farklı olabilmektedir. Böylece aynı elementin farklı nötron sayısından oluşan atomlarına izotop adı verilmektedir. Bir elementin iki ayrı izotopunda çekirdekteki proton (pozitif yük) defilediği halele, nötron farklılığından kütleler arasında bir sapma söz konusudur, İzotoplar

birbirlerinden kütle sayılarının farklılıkları ile ayırtlanırlar.

Dünyamız için, genel olarak, mantodan yeryüzüne doğru artan bir izotop fraksiyonlaşması (farklı oranlarda kümelenme) vardır, örneğin,, manto kökenli kayaçlarda kükürt izotop oranı, meteoritlerdeki ortalama dağılıma yakın veya eşit def erdedir. Ve bu ilksel oluşumdaki defer olarak kabullenilir. Çökel kayalarda ise, bu ilksel bileşimden, ağır sapsmalar, artışlar sap-

tanınıştır, İzotopların doğadaki ortalama dağılım oranları çeşitli dofal oluşum alımlarında deflfmekte- dir, İzotop fraksiyonlaşmasını hızlandıran en önemli etkenlerden biri ısıdır, Magmatik kayaların kökenle- rini bulmada» bazı maden yataklarının Jenezlerinin a- çıkılanmasında, kabuk - manto ürünleri arasındaki göç olayların saptamada, Özellikle Sr, O, S» C gibi izotop- lar son derece yararlı olmaktadır,

Magmatik kayalarda; köken sorununu en iyi a« çıklayıcı izotoplar İçeren elementlerden biri de. Stron- siyum olup 4 tane duraylı izotopa sahiptir. Bunlardan en ilginç- olanı ^{87}Sr izotopudur ve ^{87}Rb elementinin radyoaktif parçalanmasıyla oluşmaktadır, Bu olay, dünyanın oluşmasından bu yana milyarlarca yıldır süregelmekte ve sonuç olarak hem dofa da Sr oranı artmakta, hem de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ve $^{87}\text{Sr}/^{87}\text{Rb}$ oranları gerek mantoda, gerekse asitik kıtasal kabukta değış- mektedir. Bir başka deyişle, doğada bir Sr artması vardır ve radyoaktif parçalanma süresinin yarı ömrü çok uzun olduğundan, bu olay sonucu bir milyar yılda yaklaşık %0.8 kadar bir ^{87}Sr artışı meydana gelmek- tedir. Yapılan çalışmalara göte, 4,6 milyar yıl önce (yeryuvarının oluşmasından bu yana geçen zaman) $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 4,6 ilksel oranı 0,698 ve $^{87}\text{Sr}/^{87}\text{Rb}$ ilksel oram ise 0,708 değerindedir, Rb, eş iyon değerinde ve benser yarıçapta olduğu için kayaç meydana getiren birçok mineralde Potasyumun yerine yerleşmektedir. Bu yüzden özellikle kıtasal yörelerde Potasyumca zen- gin asitik kabukta ^{87}Rb bollaşması izlenmektedir. Bu da, manto koşullarındaki daha çok ^{87}Rb parça- lanmasına ve daha hızlı $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ değışimine neden olmaktadır. Bu defer de yaklaşık 1 milyar yılda %0.01 kadar fazla bir def erdir (Hurley, 1987), Böylece kabuk ve manto malzemelerinin ayırdedilebilmesi ve aynı zamanda üst manto _ kabuk değışimi evresi konu- sunda bilgi edinilmesi mümkün olmaktadır. Dünya- mızda $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ nin gelişim evrimine göz atacak o» hırsak (Şekil İ), yaklapk 4,6 milyar yıl önce (dünya- nın oluşmaya bağlamasından bu yana geçen zaman) ilksel meteorik bileşimdeki mantonun $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ oranının en düşük olup yaklaşık 0,698 - 0,899 dolayında oıdufunu izleriz, Bu miktar, ^{37}Rb *nin radyoaktif parçalanması ile giderek daha yüksek değerlere ulaşmak- tadır. Yaklaşık 8,8 milyar yıl önce dünyada ilk kez, artık katman ultrabazıkların yofun kabuk oluşturması başlamıştır. 3ranitik kıtasal kabuk kayaçlanmn o- lugumu ise yaklaşık 2,8 milyar yıl önce başlamıştır (Hurley, 1987), Şekil 1 de O noktası, yaklaşık 4,6 mil- yar yıl önce ilksel kondritik mantonun $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ o- ramı olan 0,698 deferini göstermektedir, Papanastasiou ve Wasserburg (1969) tarafından ilksel bazal tik kondritlerde yapılan ölçüm ile bu defer 0,69898 \pm 0.00003 olarak bulunmuştur. Bu defer, toleyitik okya- nus bazaltlarının ortalama bileğimi ile temsil edilen günümüzdeki R noktasına dofru zamanla artacaktır, Birçok yeni okyanus toleyitleri 0,704'e yakın $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ oranlarına sahiptir. Faure ve Powel (1972) tarafından günümüz okyanus toleyitlerinde ya- pılan hassas ölçümler sonucu 0,7037 \pm 0.0002 de- İ-eri bulunmuştur. Bu değer, şekilde tek evre- li büyüme çizgisinin uç noktası alınırca, teorik olarak



Şekil 1: Yeryuvarındaki $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ içeriğinin gelişim evresi diyagramı (Cox ve diğerleri, 1979'dan)
Figure 1: A; diagrammatic presentation of the phases of evolution of the $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ content of the earth - From Cox and others, 1979

manto diliminin Rb/Sr oranı da tanımlanmış olur, Ya- pılan incelemeler sonucu bu def erin 0.024= 0.001 oldu- fu saptamıştır. (Cox ve dif erleri, 1079), Dif er yan- dan, juvenil magmatik eklenme, metamorfik katılaş- ma, erozyon ve sedimantasyon süreçlerinin bir arada ve çoğu zaman tekrarlanarak etkili olması sonucu mantodan diferensiyasyon yoluyla ayrılmış olan kıta- sal kabuk! daha yüksek Rb/Sr oranları ile ve daha yük- sek ^{87}Sr içeriği ile karakterime edilecektir. Böylece daha yüksek Rb/Sr oranlarına sahip olan kıtasal ka- buktaki Sr, mantodan etMli ayrışma sırasında OR trendinden ayrılarak, gok daha dik trendler boyunca gelişecektir. Kabuksal kayaçların Rb/Sr oranları ve yafları çok geniş bir daflım göstermektedir, Şekil V de bunlardan tipik iki örnek verilmiştir, PT, en yaşlı oıdufu bilinen kabuksal kayaçları temsil etmektedir. Bunlar, Batı Grönland'aaiki yaklaşık. 3,8 milyar yıl yaşlı Amitsoq [gnaysları olup dünyada ilk kez artık katman ultrabazüderinin oluşturduğu kabuktur, Eb/ Sr oram yaklaşık 0.3 def erindedir ve başlangıçta İlkel $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ oranlarının yaklaşık 0.700-0.701 olduğu (P noktası) saptanmıştır (Moorbath, 1878), Şekildeki QS trendi ise, bilinen en eski granitik kıtasal kabuk kayaçları olan yaklaşık, 2,8 milyar yıl yaşlı Kuzey A- merikadaki (Kanada Kalkanı) kayaçları temsil etmek- tedir, Bu kıtasal kabuk kayaçlanmn ortalama Rb/Sr oranları ise yaklaşık 0,18 deferindedir (0,18 \pm 0,08, Faure ve Powell, 1972), Böylece diyagram A, B ve O bölgelerine ayrılmıştır. Bu suretle ilksel manto köken- li, okyanus kabuğu kökenli ve kıta kabuğu kökenli kayaçların, yaşlarına göre $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ oranlarının sınırlarını ve kabuksal Stronsiyumun, mantosal Stronsiyum ile olan bafıl ilişkilerini ortaya koymak mümkün ol- muştur. Sonuç olarak, bu kimyasal veriler kullanıldı- ğında, kabuk ve manto kökenli kayaçların ayırdedile-

bilmesi ve üst mantewkabuk degim evresi hakkında sağlam veriler elde edilmektedir, Çizelge I de magmatik kayagların ilksel 87Sr/86Sr oranları sunulmuştur:

Çizelge I de görüldüğü üzere* en geniş dağılımlı 87Sr/86Sr oranını granitler gösterirler (0,70004,7400).

Esasen, izotopik çalışmaların uygulandığı petrokimyanın en büyük sorunlarından biri de granitlerin kökenidir, Granitik bileşimli kayaların, yer kabuğunun içindeki kimyasal olarak evrim geçirmiş malzemenin ayrışması ile mi, ya da mantodan kökenleştiğini birin-

KAYA TÜRÜ	87Sr/86Sr	AÇIKLAMA
Okyanusal bazaltlar	0,7023-0,7070	Okyanus adalarındaki bazaltların ortalaması : 0,7037 Abisal toleyitler : ≤0,7030
Ada yayı volkanikleri	0,7030-0,7070	Andezitler > 0,7050
Kıtasal mafik kayalar	0,7000-0,7180	Çoğunlukla ≤ 0,7100 Gondwana'nın Jura yaşlı volkanikleri ortalama : 0,7120
Alkali volkanikler	0,7040-0,7140	
Karbonatit	0,7020-0,7070	Ortalama 0,7034
Granitler	0,7000-0,7400	Fanerozoik orojenik batolitlerde ortalama : 0,7040 - 0,7090
Ultramafik intrüsyonlar ve nodüller	0,7030-0,7300	
Kimberlitler	0,7040-0,7180	

Çizelge 1

cü magmanın aşırı derecede farklılaşması (differentiation) ile mi oluştuğu sorunu henüz tartışılmalıdır, Granitik kayalardaki geniş 87Sr/86Sr izotop oran dağılımı pek çok farklı petrojenetik faktörleri yansıtır. Faure ve Powell (1972), düşük - orta ve yüksek 87Sr/86Sr oranı üzerine kurulu 3 grup tanımlamışlar ve bu tanımlama Cox ve diğerleri (1979) tarafından kabul edilerek Şekil 1 de kullanılanıdır. Birinci grup olarak Şekil 1 de A alanına yakın veya bu alan içindeki granitler ayrılmış olup, bunlar kabuğa ilişkin herhangi bir izotopik kamt sunmaklar. Bu granitler, ya birincil manto magmasından, ya da içinde önemli derecede 87 Sr birikimi için yeterli zaman olmaya juvenil orta kaynakların parçalanması sonucunda oluşmuşlardır. Bu granitlerin büyük bir bölümü, Prekambriyen kalkan alanlarının temel parçalarıdır. İkinci grup olarak O alanındaki granitler saptanmıştır, Bunlar, eski kabuksal kaynaklardan, çok yüksek oranlarda saptanmışlardır, Ve sıkça küçük peralüminli ve peralkalin nitelikte intrüzyonlar şeklinde izlenirler, Üçüncü grup olarak B alanındaki granitler saptanmıştır, Fanerozoik orojenik batolitlerin pek çoğu da dahil olmak üzere intrüsyon granitlerin çok büyük bir kısmı bu gruptan olup, orta derecede 87Sr/86Sr oranına sahiptirler, B alanına düşen bu grup granitlerin 3 olasılıkla oluşabileceği öne sürülmektedir:

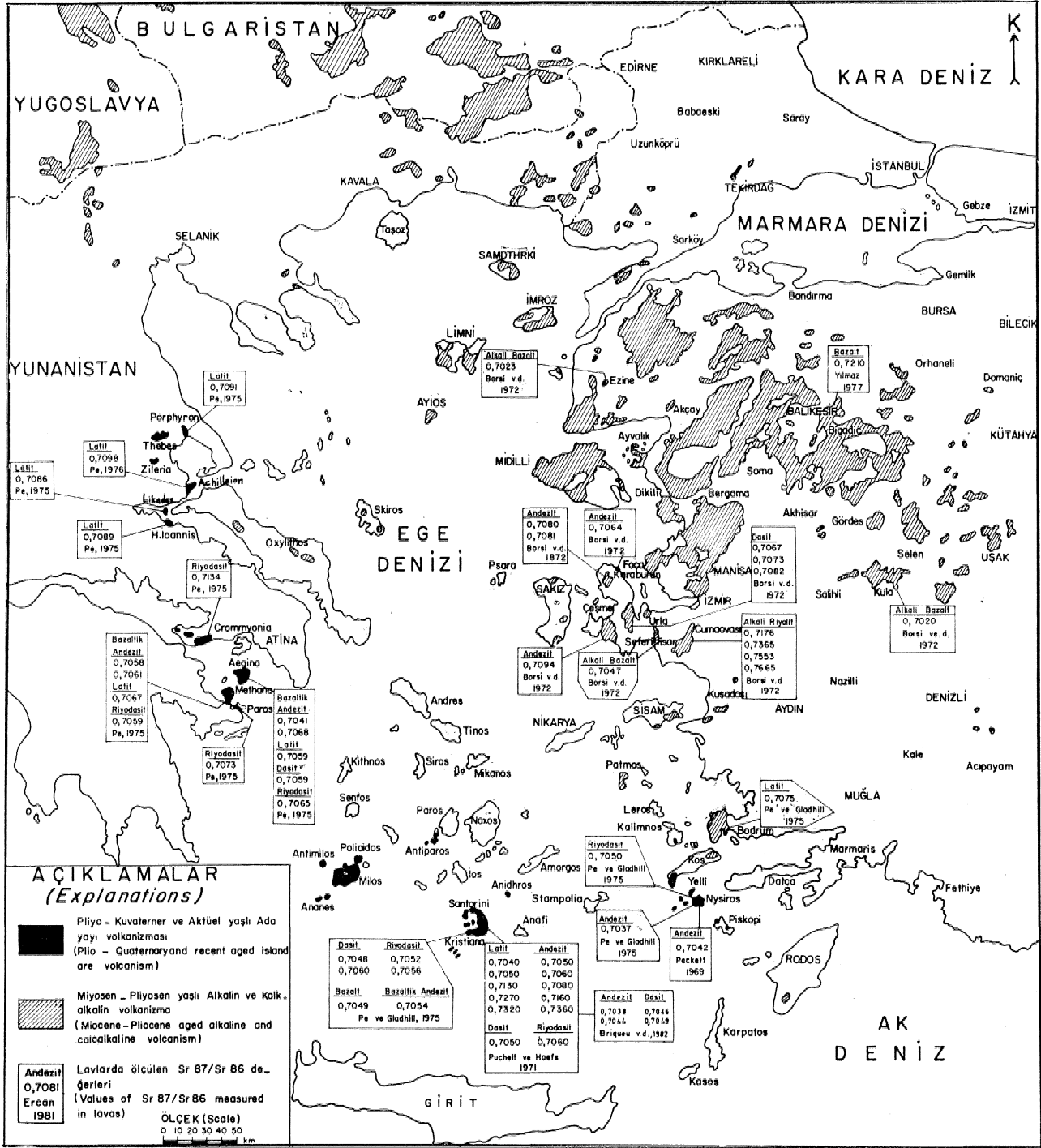
ŞL. Ortalama Rb/Bv oranından daha düşük oranda, yada 2,5 milyar yıldan daha genç yafta olan kıtasal kabusun parçalanmasıyla

b, Manto kökenli magmanın, daha eski kabuk tarafından asimile edilmesi sonucu kontaminasyon ile

c. Litofil iz elementleriyle anormal derecede zenginleşmiş mantodan oluşabilirler,

Bu makalede, bugüne değin elde edilebilen veriler ışığında Ege denizindeki ve Batı Anadolu'daki genç volkanik kayaların Sr izotop oranları göz önüne alınarak karşılaştırılacak ve köken sorunları tartışılacaktır, EGE DENİZİNDEKİ PLİYÖ - KUVATEBNEB YAŞU ADA YAYI VOLKANİZMİNİNDEKİ Sr İZOTOP OBAKLARI

Dofu Akdeniz'de, Olrit adasının güneyinde, Afrika plakasının, Ege - Anadolu plakasıyla altma dalmasıyla oluşan yitim sonundan, daha kuzeyde Ege denizinde Mr Ada yayı volkanizması sisteminin türediği uzun zamandan beri bilinmektedir (Ercan ve diğerleri, 1979, Ercan, 1979, Ercan, 1980, Ercan* 1981-A, Ercan, 1983), Bu ada yayı volkanizması sistemi, çift yay Şekil 2) içinde gösteren volkanik merkezlerden oluşmuştur (Şekil 2), Bu yaylardan Ouneyde Wndô Cronimyonina, Aegina, Methana, Poros, Milos, Santorini, Khristiana, Anidhros, Nysiros ve Yelli volkanik merkezleri sıralanır. Kuzeydeki yayda ise Porphyron, Thebes, Zilerla, Achüleion, Likades, H, İoannis, Antiparoe ve Koş volkanik merkezleri yer alırlar, Yaklaşık 12 milyon yıl önce oluşmaya başlayan yitim zonu (Fytikas ve diğerleri, 1976), Ege denizinde ilk volkanik ürünlerini yaklaşık 4 milyon yıl önce vermeye başlamış (8,9 milyon yıl, Crommyonla, Bellon ve diğerleri, 1979) ve bu volkanik etkinlik günümüze kadar süregelmiştir (Santorini adaları, 1960 püskürmesi). Günümüzde tek aktif volkan Santorini Adalarıdır ve en son M,S, 1950 püskürmesini bilmekteyiz. Diğer adalarda bilinen en genç püskürmeler, Methana i.M.Ö, 250) v© Nysiros



Şekil 2: Batı Anadolu, Ege adaları ve Yunanistan'daki Senozoyik Volkanitlerinde yapılan 87Sr/86Sr ölçümleri

Figure 2: Map showing 87Sr/86Sr measurements of Cenozoic volcanics cropping out in Western Anatolia, Aegean islands and Greece

(M.S.- 1888) adalarındadır. Ege ada yayı volkanizmasında, çeşitli defişik Özellikler gösteren her türde (bazalt -, andezit m, dasit - riyolit) volkanik ürünler bulunmaktadır, Lavların büyük bir kısmı kalkalkalin niteliktedir, Şekil 2 de Ege ada yayı sistemindeki volkanik merkezlerde çeşitli aragatırıcılarca değişik za-

manlarda yapılmış olan 87Sr/86Sr Stronsiyum izotop oranları belirlemeleri gösterilmiştir, ilk bakışta bu Sr izotop oranlarının dünyada bilinen diğer bir ada yayı larındaki Sr izotop oranlarından son derece daha yüksek olduğu (0,7037 -0,7360) ve yersel olarak volkanik merkezlerde değişiklikler gösterdiği göze çarpmakta-

dır. Oysaki dünyada diğer ada yaylarında ortalama $87\text{Sr}/88\text{Sr}$ oranları 0,7030 - 0,7070 arasındadır,

Kuzey Ege ada yayının; Batı ucundaki volkanik merkezlerde (Porphyron, Thebes, Zileria Aehilleion, Likades, H, İoannis) Sr izotop oranları, ortalama ada yayı def erleri için biraz yüksektir (**0.7086 _ 0.7098**). Bunlardan, Likades adasındaki hariç diğer beşi tammamın maar tıpte volkanlardır (Marines, 1963), Porphyron volkanik merkezinde Sr izotop oranı 0,7091 dir (Pe* 1975) ve yapılan radyometrik yaş belirlemeleriyle en eski lavın 1,6 milyon yıl yaşlı olduğu saptanmıştır (Innocent! ve diğerleri, 1979). Zileria'da yaş belirlemesi ve Sr izotop belirlemesi henüz yapılmamıştır. Aohilleion'da latit bileimli bir lavda yapılan ölçümde $87\text{Sr}/86\text{Sr}$ oranı 0,7098 (Pe, 1975) olarak saptanmıştır ve en eski bazaltik lavlar 3,4 milyon yıl yaşlıdır (Innocenti ve diğerleri, 1979), Likades adasının da yine latitik bir lavda Sr izotop oranı 0,7086 olarak bulunmuştur (Pe, 1975) ve bilinen en eski andezitik lavlar 500,000 yıl yaşlıdır (Fytikao ve diğerleri, 1978), Haghios İoannis volkanik merkezinde yine latitik bir lavda Sr izotop oranı 0,7089 (Pe, 1975) ve bilinen en eski andezitik lav 1,6 milyon yıl yaşlıdır (Bellon ve diğerleri, 1979), Tüm bu volkanik merkezlerde volkanik etkinlik tarihsel zamanlara kadar devam etmiştir (Marines, 1963)

Güneydeki yayın batı ucundaki volkanik merkezlerde (Crommyonia, Aegina, Methana, Poros) ise, izotop oranları, Crommyonia hariç, kuzeydeki yayın batı ucundakilerden daha düşüktür. Bu bölgede volkanizma yaklaşık 3,9 milyon yıl önce başlamış ve tarihsel zamanlara kadar devam etmiştir (Ercan, 1981-A), Crommyonia'da riyodasitik bir lavda Sr izotop oranı çok yüksek (0,7134) olarak (Pe, 1975) bulunmuştur ve en eski lav 3,9 milyon yıl yaşlıdır. (Bellon ve diğerleri, 1979), Aegina'da Sr izotop oranları normal olup, 0,7041-0,7068 arasında (Pe, 1975) değişmektedir, Methana'da Sr izotop oranı aynı özellikte olup 0,7058 _ 0,7067 arasındadır (Pe, 1975), Poros volkanik merkezinde riyodasitik bir lavda Sr izotop oranı 0,7073 olarak saptanmıştır (Pe, 1975) ve bilinen en eski lav 900.000 yıllıktır (Fytikas ve diğerleri, 1976),

Kuzeydeki ada yayının orta kısmında Antiparos adasında ayrıntılı çalışma henüz yapılmamıştır. Yayın en doğu ucu olan Kos adasında yay volkanizması yaklaşık 2,7 milyon yıl önce başlamış olup (Bellon ve diğerleri, 1979), tarihsel zamanlara kadar devam etmiştir (Ercan, 1981-B),

Güneydeki yayın orta kısmında yer alan Milos adalarında Sr izotopik çalışmaları henüz sonuçlanmamıştır. Bilinen en eski lavlar 3,2 milyon yıl yaşlıdır (Ferrara ve diğerleri, 1978) ve volkanizma yine tarihsel zamanlara kadar devam etmiştir. Ancak, Briquet ve diğerleri (1982) henüz bitmemiş çalışmalarında, Milos adalarında Sr izotop oranlarının yüksek olduğunu ve bunları oluşturan magmaya, kısmi ergimesi sırasında bir kabuk bulaşması olduğunu savlamışlardır. Santorini adalar gurubu ise, bölgedeki tek aktif volkanizmanın bulunmasıyla tanınan ve tarihsel kayıtlara geçmiş pek çok püskürmelerin olduğu bir bölgedir, ilk volkanik etkinlik yaklaşık 1,6 milyon yıl önce (Ferrara

ve diğerleri, 1978) başlamıştır, Santorini adalarında saptanan Sr izotop oranları farklılıklar göstermektedirler. Bu nedenle değişik araştırmacılar farklı yorumlar yapmaktadırlar. Örneğin Briquet ve diğerleri (1982)* Santorini'nin çok genç lavlarında Sr izotop oranlarının 0,7038 - 0,7049 arasında değiştiğini, normal olduğunu ve bundan dolayı bunları oluşturan magmaya şok güçlü bir kabuksal bulaşma veya karışma olmadığını, önermişlerdir. Buna karşın, Puchelt ve Hoef (1971), Lavlarda yaptıkları Sr izotop belirlemelerinde 0,7040-0,7360 (gibi çok yüksek değerler elde etmişlerdir, Fichier ve Kussmaul (1972), bu yüksek Sr izotop oranlarının, lavların bir bazaltik ana magmadan fraksiyonel kristalleşme yoluyla veya tek evrede doğrudan ilksel mantodan türemediklerini gösterdiklerini belirtmişler ve üst kabukta oluşan ilksel andezitik erimelerin değişken bulagma dönemleri olduğunu belirlediğini savlamışlardır. Bunların yanı sıra, Pe ve Gledhill (1975), yine Santorini lavlarında yaptıkları Sr izotop ölçüm sonuçlarının 0,7048 - 0,7068 arasında normal değerler verdiğini, bu bakımdan, Puchelt ve Hoef's'in ölçtüğü yüksek def erlerin kabulünü çok güç bulduklarını belirtmişlerdir,

Güneydeki ada yayının en doğu ucunda yer alan Nisyros ve Yelli adalarıyla bilinen en yaşlı lav 200,000 yıllıktır (Fytikas ve diğerleri, 1976) ve volkanizma en son M.S, 1888 yılında püskürmüştür (Ercan ve diğerleri, 1980), Nisyros adasında yapılan Sr izotop ölçümleri normal değerler vermektedir (0,7042 Feekett, 1969; 0,7037 ve **0.7060** Fe ve Gledhill, 1975),

Ege ada yaylarında yapılan Sr izotop ölçümleri bu ada yayı volkanizmasının, dünyada bilinen diğer ada yaylarındakilerden farklı olduğunu ve defelerinin çok yüksek olduğunu göstermiştir, Ege ada yayında bu izotop ölçüm değerleri 0,7037 - 0,7360 arasında olmasına karşın, dünyadaki diğer ada yaylarında ortalama 0,7030 _ 0,7070 (Cox ve diğerleri, 1979) arasındadır. Örneğin, Mariana adalarında bu defelerinin 0,7031 « 0,7047 arasında (Pushtar, 1968), Güney Sandwich adalarında 0,7034 _ 0,7044 arasında (Gledhill ve Baker, 1973) olduğu saptanmıştır, Ege ada yaylarındaki Sr izotop ölçümleri, çok yüksek olan sonuçlar göz önüne alınmazsa, genelde 0,7037 - 0,7090 arasındadır ve Şili yayları (0,7035 - 0,7077, Mc Nutt ve diğerleri, 1975) ile Yeni Zelanda'daki yaydaki değerlere (**0.7042-0.7068**, Ewart ve Stipp, 1968) daha yakındır. Böylece ada yaylarında yüksek Sr izotop değerlerinin kıtasal kabuk üzerinde oluşmuş ada yaylarını karakterize etmesi, normal Sr izotop değerlerini ise bilinen bir kıtasal temeli bulunmayan okyanusal alanlardaki, ada yaylarını karakterize etmesi de belirtilmektedir. Ayrıca, Pichler ve Zeil (1972), şüi yayındaki latit ve latit » andezit türdeki lavların Sr izotop oranlarının 0,7042 - 0,7077 arasında olduğunu belirterek, bu yüksek defelerinin, kabuksal ergimesinin bir sonucu olduğunu belirtmişlerdir. Ege ada yayında Batı uçtaki tüm latitik lavların Sr izotop oranlarının da en yüksek olduğu göz önüne alınmalıdır,

Bunların yanı sıra, Ege ada yaylarında $87\text{Sr}/86\text{Sr}$ oranı ile $\text{K}^2\text{O}/\text{SiO}_2$ oranı arasında doğru orantı olduğu

ve bir yükseldikçe, diterinin de yükseldiği saptanmıştır ve $87\text{Sr}/86\text{Sr}$ oranı arasında da yine doğru orantı olduğu Pe ve Gledhill (1975) tarafından saptanmıştır. Bell ve Powell (1969), bu ilişkilerin, ya eski kabuksal kayaların kısmi ergimesini, ya da kayaların tiplerinin karışmasını (melezleşmesi) gösterdiğini öne sürmüştür.

Ege ada yaylarında Sr izotop oranlarının çok farklı defterlerde olmaları, Pe ve Gledhill (1975)'e göre, ya değişik bölgeelerde farklı magmaların bulunduğunu, ya da farklı miktarda magmasal özümleme (assimilation) olduğunu işaret eder. Araştırmacılara göre, volkanik kayaların oluşumu esnasında etkin olan bu özümleme, ya tüm kayaların özümlemesi, ya belirli minerallerden yüksek 87Sr içeren belirli elementlerin seçilerek özümlemeleri He, ya da sulu bir fazın etkisiyle olmaktadır. Pé ve Gledhill (1975), tüm kayaların özümlemesinin, çok yüksek Sr izotop oranları için tek başlarına yeterli olamayacaklarını, yani kayadan yüksek 87Sr 'nin bir miktar eklenmesi gerektiğini belirtmişler, ancak en büyük olasılıkla sulu bir faz etkisi olabileceğini öne sürmüşlerdir. Magmadaki bu sulu fazın kökeni, meteorik kökenli, ya da sedimanter kökenli olabilir. Ege ada yayında, çokellerin yitim zonunda yitim ile gelen sulu fazın magmayı kirletmiş olabilir. Böylece sulu Sr izotopik bileşimleri yüksektir (0,7075-0,7092 Hoffman ve diğerleri, 1972) ve bu nedenle magmaya katılarak, magmanın Sr izotop oranını yükseltmiş ve aynı zamanda yan kayadan 87Sr , Rb, K özümlemesine de yardımcı olmuş olabilir. Belki de yitim sonundaki çokellerden magmaya sulu giriş ile birlikte aynı zamanda yeraltı sulu faz da girmiştir. Ancak böyle yüksek Sr izotop oranlarının neden dünyada salt Ege ada yaylarında olduğu henüz tam bilinmemektedir.

BATI ANADOLU'DAKİ SENZOYİK YAŞLI VOLKANİK Sr İZOTOP ORANLARI

Batı Anadolu'da büyük bir çoğunluğu kaolinitli, yer yer alkin ve bazı bölgelerde de şofonitik nitelikteki volkanizmanın varlığı özellikle son yıllarda yapılan volkanolojik, petrolojik ve jeokronolojik çalışmalarla giderek açıklık kazanmaktadır. Salt, Mudanya, Gemlik çevresinde, Balya yakınlarda ve Biga yarımadasında yüzlekler veren Eosen yaşlı volkanizma (Ercan ve Gedik, 1983) hariç tutulursa, Batı Anadolu Senzozyik volkanizmasının Üst Oligosenden sonra şiddetlenmeye başladığı ve tüm Miyosen boyunca çeşitli evrelerde etkin olduğu görülür. Pliyosen de yer yer az miktarda izlenen volkanizma tarihsel zamanlara kadar devam etmiştir. Batı Anadolu'da bugüne değin saptanan en genç volkanizma, Kula çevresinde görülen ve en yeni evresi yaklaşık 12000 - 14000 yıl önce oluşan alkin bazaltik volkanitlerdir (Ercan, 1982). Batı Anadolu'daki volkanizmanın kökeni konusunda çeşitli görüşler öne sürülmekte olup, tüm bu araştırmalar göz önüne alındığında volkanizmanın tek kökenli olmadığı ve bir manto kabuk ilişkisinin varlığı ortaya çıkmaktadır. Volkanizmanın Üst Oligosen'den sonraki ni telifi ele alınarak; bölgede tansiyon tektoniğinin, daha önce kalınlaşmış ve kısmen ergimiş bulunan lara kabuğunu etkilediği ve kalkalkalin kıta

kabuğu He alkin nitelikli manto kökenli! Wr magmanın kaçışmasına yol açtığı, bu kanıma kuvatemere kadar çıkararak tükendiği ve Alt Kuvaterner'den itibaren normal, rift tipi alkin bir magmatizmanın etkin olduğu (Yılmaz ve Şengör, 1982; Ercan ve Öztuna, 1983) öne sürülebilir. Eosen yaşlı volkanik kayalarda yapılan ayrıntılı çalışmalar henüz sonuçlanmamıştır. Miyosen ve Pliyosen Kuvaterner yaşlı volkanik kayalarda da iz element ve nadir toprak elementleri (REE) yönünden yapılan petrolojik çalışmalar çok azdır ve bilinen Sr izotop ölçümleri 10 ayrı bölgede, salt 18 tanedir.

Bodrum yarımadasında Orta-Üst Miyosen yaşlı volkanizma çeşitli volkanik ürünler oluşturmuştur. Orta Miyosen sonlarına doğru, yaygın tüf ve af loma yataklarıyla andezit dasit, riyodasit, riyolit türde ve kalkalkalin nitelikte lavlar feniş yer kaplarlar. Olasılıkla, kıtasal kabuk anateksisi ile oluşan ve bu yüksek potasyumlu kalkalkalin birinci evre volkanitleri veren kalkalkalin magma, zaman geçtikçe alkin nitelikli ve manto ürünü birincil magma ile karışmaya başlamış ve şofonitik türde, İtaliye ve trakiandezit büşiminde lavlarla birinci evre volkanizma sona ermiştir. Üst Miyosene dojrnu İkinci volkanik evre etkin olmaya başlamış ve başlangıçta yine şofonitik özellikler gösteren şofonitik bazaltik lavlar, daha sonra da tamamen manto ürünü alkin nitelikli trakiandezit, trakit ve komenditik trakit türde lavlar oluşmuştur (Ercan ve diğerleri, 1988-A). Aynı zamanda yapılan radyometrik yaş belirlemeleri ile bunların 10,8 ve 10,5 milyon yıl (İnnoçenti ve diğerleri, 1982), 9, $T \pm 1$ ve 9, $S \pm 1$ milyon yıl (Pilkın, 1980) yaşlı oldukları, daha genç alkin bazaltların ise 7, 90 ± 0.26 ve T, 75 ± 0.25 (Robert ve Cantagrel, 1977) milyon yıl yaşlı oldukları saptanmıştır. "Latit türde bir lavda yapılan $87\text{Sr}/86\text{Sr}$ ölçümü sonucu 0,7075 gibi bir değer bulunmuş olup (Pe ve Gledhill, 1975), bu yüksek değer, kabuksal ergimenin varlığını kanıtlamaktadır.

İzmit güneyinde yer alan Cumaovası çevresinde riyolitik ve alkin riyolitik bir volkanizma ürünleri vermekte olup bunlar yer yer perlit türündedir ve belirgin volkanik domları oluştururlar (Özgenç, 1975). Alkin riyolitlerde yapılan bir radyometrik yaş belirleme ile 12,5 milyon yıllık bir değer elde edilmiştir (Borsari ve diğerleri, 1972). Alkin riyolitlerde yapılan $87\text{Sr}/86\text{Sr}$ ölçümleri ile 0,7176 - 0,7365 - 0,7553 ve 0,7685 gibi çok yüksek sonuçlar elde edilmiş ve orta-kaolinitli Sr oranının 0,7121 olduğu belirtilerek bu değerlerin üst kabuk kökenli materyal anateksisi için tipik olduğu belirtilmiştir (Borsari ve diğerleri, 1972). Üst kabuğun bu kısmi ergimesi ise olasılıkla jeotermal gradyanı arttıran bir bazaltik magma kaynağının varlığı ile gerçekleşmiş, bir başka deyişle, bu volkanizma bazaltik magma yükselimi sonucu gelişen anatektik olaylarla üst kabuğun kısmi ergimesi ile oluşmuştur (İnnoçenti ve Mazzuoli, 1972).

Daha batıda Urla çevresinde ise alkin bazaltik ve alkin trakitik bir volkanizma etkin olmuştur. Alkin bazaltlar daha çok hawaiiit türündedir ve yapılan radyometrik yaş belirlemesi ile 11,3 milyon yıl yaşlı oldukları, trakitlerin de 11,9 milyon yıl önce oluştuğu

lan ortaya konmuştur (Borsa ve diferleri, 1972), Hawaüt türde bir lavda yapılan Sr izotop ölçümü ile 0,7047 deferi elde edilmiştir ve nispeten yüksek olması sonucu bu lavların oluşturduğu kanığını vermiştir (Borsinin kabuk içine yavaş yerleşmesi ve bu yerleşme sırasındaki ortaç kimyadaki depolanmanın farklaşması sonucu bu lavların oluşturu kanısını vermiştir (Borsi ve diferleri, 1972), Ayrıca, yine aynı araştırmacılarca, bu lavlarda yine yüksek uranyum (5,9 Ppm) ve toryum (9,6 Ppm) içeriği de saptanmış ve magmanın bir miktar kabuk materyali ile karışmış olabileceği içinde yorumlanmıştır, Savaşçın (1982) bu hawaii türde lavlarda ayrıca kükürt izotop oranları ölçümü de yapmış (32S/34S) ve bunların manto kökenli olduklarını bir kes daha belirlemiştir., Yine aynı lavlarda nadir toprak elementleri (REE) analizleri yapan innocent! ve diferleri (1977), bunların gerek hafif gerekse ağır nadir element (La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu) içerikleriyle manto kökenli olduklarını saptadığını belirtmilerdir,

Urla'nın batısında Kocadag ve Çeşme çevresinde ise volkanizma kalkalkalin nitelikte ve Alt Miyosen yaşlıdır. Andezit dasit ve latit türde lavlar izlenirler, Yapılan radyometrik yaş belirlemeleri ile Kocadag volkanitlerinin 17,3 ve 16,6 milyon yıl, Çeşme volkanitlerini de 17 ve 18,2 milyon yıl (Borsi ve diferleri, 1972) yaşlı oldukları saptanmıştır. Kocadag volkanitlerinden dasitik örneklerde Sr izotop ölçümleri 0,7067 - 0,7073 - 0,7082 defelerini, Çeşme volkanitlerindeki andezitik lavda ise 0,7094 gibi yüksek defeler vermiştir (Borsi ve diferleri, 1972), Böylece bu bölgelerdeki volkanitlerinde kabuk - üst mantonun bölümsel ergimesi ile oluşabileceği belirginleşmiştir (innocenti ve Mazzuoli, 1972), Aynı sonuçlara hemen yalındaki üoha. kuzeydeki Karaburun volkanitlerinde de ulaşılmaktadır. Karaburun volkanitleri de latit - andezit ve dasit türde olup, yaşları 19,2 ve 21,1 milyon yıl, Sr izotop defeleri ise 0,7064 - 0,7080 - 0,7081 dir (Borsi ve diferleri, 1972), Ancak Karaburun bölgesinde yer yer de Urla'da Mler gibi, daha genç alkali bazaltik lavlar bulunduğunu da son yapılan çalışmalarla ortaya çıkmıştır (Savaşçın, 1982), Karaburun ve Kocadag çevresindeki kalkalkalin lavlarda nadir toprak elementleri (REE) analizleri yapan innocent! ve diferleri (1977), bunların, içerdikleri hafif ve ağır nadir toprak elementlerine göre Andean tip kıta kenarı yüksek potasyumlu andezitleri gurubuna ait olduklarını belirtmişlerdir. Lavların REE içerikleri, Yajima ve diferleri (1972) ile Condie ve Swenson 1973) nun 5-nerdikleri Andean tip kıta kenarı yüksek potasyumlu andezitlerinkine çok benzemektedir, İncelenen örneklerin tümü, önemli derecede negatif Eu anomalisi sunarlar ve La/Yb oranı ile toplam REE miktarı, SiO₂ içeriği ile herhangibir korelasyon göstermez, Bu da bize volkanitlerin, kristal likid fraksiyonasyonları sonucunda bir ana magmadan kaynaklanma olasılığının bulunmadığını göstermektedir. innocent! ve diferleri (1982) ise, Karaburun * Kocadag - Çepne'de izlenen bu yüksek potasyumlu kalkalkalin volkanitlerde Sr İzotop oran ortalamasının 0,7078 olduğunu bildirmişler, ayrıca bu volkanitlerin bazik ve nötr lavlardaki

litofil elementlerinin (Rb, Sr, Ba, La, Ce), orojenik birliklerde söz konusu edilenlerinkinden (Taylor, 1969) Önemli ölçüde fazla olduklarını saptamışlardır,

Borsa ve diferleri, 1972), Ezine yakınlarında, Alkali bazaltik volkanizma Üst Miyosen'de yüzlemer vermiştir. Bunlar da aynen Urla bölgesindekiler gibi sodik alkalin nitelikte ve Hawaüt türdedir (innocenti ve diferleri, 1977), Lavlarda yapılan bir radyometrik yaş belirlemesi ile 9,7 milyon yıl yaşü ve Sr izotop içeriklerinin 0,7028 oldufu belirlenmiştir (Borsi ve diferleri, 1972), böylece birincil manto kökenli oldukları saptanmıştır, Esasen Ezine'deki bu bazaltik lavlarda REE ölçümleri yapan innocent! ve diferleri (1977) de bunların REE yönünden tamamen Kay ve Gast (1973) m önerdikleri tipik birincil manto kökenine uyum gösterdiklerini belirtmişler ve tikel kristalleşme ile alkali bazaltik ilkel bir magmadan türediklerini öne sürmüşlerdir.

Balıkesir güneyinde Bigadiç ile merkezi çevresinde de bazaltik volkanitler izlenmektedir. Ancak bunlar, daha önce söz konusu edilen alkali nitelikli gerçek bazaltik lavlar değil, SiO₂ içerikleri yüksek olan yalancı bazaltlardır, Arazide altıgen sofüma sütunları ve tipik siyah bazaltik renkleriyle tanınmalarına karşın, petrografik incelemelerde bol mafik mineral içeren kalkalkalin andezitik görünümde dirler (Ercan ve diferleri 1983-B), Bu tip yüksek SiO₂ içerikli yalancı bazaltlar Bata Anadolu'da Foça ve Menemen civarında da yaygındır (Kaya ve Savaşçın, 1981). Bigadiç yakınlarında bu yalancı bazaltta Yılmaz (1977) tarafından radyometrik yaş belirlemesi yapılarak 13 milyon yıl yaşlı oldufu saptanmıştır. Yine aynı araştırmacı tarafından yapılan Sr izotop oranı ölçümünde 0,7210 gibi bazalt için çok yüksek bir defer bulunmuş ve bunların ilksel manto kökenli olup, magmanın derinlerinden gelirken keserek geçtiği kabuktaki kırılmalardan kirlendiği saptanmıştır. Kaya ve Savaşçın (1981) ise bu tip bazaltların, kalkalkali magma odasının tabanındaki katı kümülatların yeniden ergimeleleriyle oluşabileceklerini belirtmişlerdir. Bu konuda henüz yeterli veri yoktur.

Son olarak Kula çevresinde, Batı Anadolu'da bilinen en genç ve tipik alkali nitelikli bazaltik lavlar ele alınacak olursa, bunların içerdikleri elementlerle, ilksel manto kökenli olup, manto üzerindeki sıcak bir noktadan (Hot Spot), sorguç (Plume) yolu ile manto yükselmesiyle oluşmuş tipik rift volkanizması oldufu (Ercan, 1982) belirtilmiştir, Volkanizma 3 evreli olup, ilk evresindeki lavlarda Borsi ve diferleri (1972) tarafından yapılan radyometrik yaş belirlemesi ile 1,1 milyon yıl yaşlı oldukları saptanmış olup, son evrenin de tarihsel zamanlarda etkin olduğu bilinmektedir. Lavlar trakibazalt alkali olivin bazalt hawaii, mujeart ve tefrit türlerinde olup Borsi ve diferleri (1972) tarafından ilksel manto kökenli olduklarını göstermektedir.

Bu suretle, Bata Anadolu volkanitlerinin, yapılan Sr izotop ölçümleri ile, yer yer manto, yer yer kabuk, ya da hibrid kökenli oldukları görülmekte ve çeşitli araştırmacılarca evrim kuramları öne sürülmektedir. Ancak Sr izotop ölçümleri çok az sayıda oldufundan ve difer petrokimyasal verilerin de yeterli olmayışları

nedenleriyle kuramlar arasında çelişkiler bulunmakta» dır, Örneğin, Kaya (1981), Batı Anadolu'daki magmasal kayaların Sr izotop oranlarının, bunların ultramafik ve alta dalan Menderes masifi billurlu kaya katlarının Bölümsel ergimesi ile oluşabileceklerine İşaret ettiklerini öne sürmekte; buna karşın, Savaşçın (1982) ise Menderes masifi gibi kabukta! bir malzemenin uzun bir zaman alta dalmıyacağını, kısa bir süre sonra kendi gaz fazında yaklaşıp tümü ile ergiyeceğini bildirmektedir. Savaşçın (1978) ve Ercan (1981-B) nin Önerdikleri, riftleşmeye koşut üst manto diyaprizmi ile bunun ürünü alkali bazalt magması üzerinde anatektik kalkalkalin magma oluşumu ve bu çeşitli magmaların hibridik ve bireysel püskürmeleri modeli ise Kaya (1982) tarafından kabullenilmemekte ve modelin açık yanlarının bulunduğu belirtilmektedir, Batı Anadolu'daki tansiyon tektoniğinin etkinliği göz önüne alındığında, Yılmaz ve Şengör (1982) tarafından ilk kez önerilen ve bu tansiyon tektoniğinin daha önce kaimleşmiş ve kısmen ergimiş bulunan kıta kabuğunu etkileyerek kalkalkalin kıta kabuğu ile alkali nitelikli manto kökenli bir magmanın kaufmasına neden olduğu modeli tutarlı olmaktadır. Bununla birlikte, son yapılan çalışmalarla çeşitli evrelerde şoşonitik nitelikli Völkantilerin de saptanmış olup (Ercan ve Günay 1983; Ercan ve diğerleri, 1983-C), bunların, kalkalkalin ve alkin özellikli diğer lavlarla olan yaş ilişkileri ve magmatik evrimdeki yerleri henüz tam belirlenemedikleri de göz önünde tutulmalıdır,

Batı Anadolu ve Ege ada yayı volkanitlerinde henüz yeterli olmayan Sr izotop oranları ölçümü, nadir toprak - iz element analizleri ve jeokronolojik çalışmaların artmasıyla, volkanik kayaların kökenlerine ve oluşuna koşullarına ilişkin yeni verilerin elde edileceği kuşkusuzdur,

DEĞİNİLEN BELGELER

- BELL, K. ve POWELL» J.L., 1969» Strontium isotopic studies of alkalic rocks: Jour, Petrol., 10, 536 - 572.
- BELLON, H., JARRİGE, J.J. ve SOREL, D., 1979» Les activités magmatiques Egeennes de X/oligoene a nos Jours et leurs cadres geodynamiques, Données nouvelles et synthèse: Rev, Geol, Dyna, Geogr, Phys., 21/1, 41-55.
- BORSİ, S., FERRARA» G., İNNOENTİ, F., ve MAZUOLİ, R.» 1972, Geochronology and petrology of recent volcanics of Eastern Aegean sea: Bull, Volcan., 36/1, 473-496.
- BRİQUEU, U., LANCELOT, J.R., TATSUMOTO, M., COFFRAN, D., ve VILMINOT JA, 1982» Sr, Nd, and Hf isotopic constraints on magma geonests in the Aegean island arc: The geological evolution of the Eastern Mediterranean congress, Abstracts book, 18, Edinburg» Englam,
- CONDİE» K.C. ve SWENSON» D. H., 1973, Compositional variation to three Cascade stratovolcanoes Jefferson» Rainier and Shasta: Bull, Volcan., 87, 205-230,

- COX, K.G., BELL» J.D. ve PANİCHURST, R.J., 1979, The interpretation of igneous rocks: George Alien and Unwin Ltd., Londra» 450 s,
- ERCAN» T.» DİNÇEL, A., ve GÜNAY, E., 1979, Uşak volkanitlerinin petrolojisi ve plaka tektoniği açısından Ege bölgesindeki yeri: T.J.K, Bult., 22/-2, 185-198.
- ERCAN» T., 1979» Batı Anadolu^ Trakya ve Ege adalarındaki Senozoyik volkanizması: Jeoloji Müh, Derg., 9» 23-46,
- ERCAN, T., 1980» Akdeniz ve Ege denizindeki Pliyo-Kuvaterner ada yayı volkanizması: Jeomorfoloji Derg., 9, 87-59,
- ERCAN, T., 1981=A, Akdeniz ve Ege denizindeki Pliyo-Kuvaterner ada yayı volkanizması ve aktif yitim zonu: Tübitak Doğa Bilim Derg., Temel Bilimler, 5/3, 189-201,
- ERCAN, T.» 1981-B, Batı Anadolu'daki Tersiyer volkanitleri ve Bodrum yarımadasındaki volkanizma durumu: İstanbul Yerbilimleri Derg., 2/3-4» 263-281,
- ERCAN, T., GÜNAY, E., BAŞ, H. ve CAN* B., 1980» Datça yarımadasının Pliyo - Kuvaterner jeolojisi: J.M.O, Türkiye Jeoloji Kongresi Bült., 2, 99-110,
- ERCAN, T., 1982, Kula yöresinin jeolojisi ve volkanitlerin petrolojisi: İstanbul Yerbilimleri Derg., 3/1-2, 77,124.
- ERCAN, T.» 1983» Volkanlar, oluşumları ve Ege denizinde günümüzdeki etkinlikleri: Tübitak, Bilim ve Teknik Derg., 183, 27-31,
- ERCAN, T., ve ÖZTÜNALI, Ö., 1983, Demircin-Selendi (Majüsa) çevresindeki Senozoyik yağlı volkanitlerin petrolojisi ve kökensel yorumu: Hacettepe Üniv, Yerbilimleri Berg., 10,
- ERCAN, T.» ve GEDÜC, A., 1983, Pontidlerdeki volkanizma: Jeoloji Müh, Derg, s, 19,
- ERCAN, T., ve GÜNAY, E., 1983, Kuzeybatı Anadolu» Trakya ve Ege adalarındaki Öligo-Miyosen yaşlı volkanizmanın gözden geçirilmesi: Jeomorfoloji Derg, (Baskıda),
- ERCAN» T., GÜNAY» E. ve TÜRKECAN, A.» 1988-A» Bodrum yarımadasındaki magmatik kayaların petrolojisi ve kökensel yorumu: T.J.K, Bült, (Baskıda),
- ERCAN, T., ÇEVİKBAŞ, A., ATEŞ» M., CAN, B., GÜNAY, E., ve TÜRKECAN A., 1983-B, B%adiQ yöresinin jeolojisi ve volkanik kayaların petrolojisi: (Hazırlanıyor) +
- ERCAN, T., BAŞ, H. ve GÜNAY, E., 1983-C» Denizli volkanitlerinin petrolojisi ve bölgesel yayılımı: T.J.K, Bült., (Baskıda),
- EVART, A.» ve STIPP, J.J., 1968, Petrogenesis of the volcanic rocks of the Central island» New Zealand: Geochim. Cosmochim, Acta, 32. 699-735,

- FAURE, G., ve POWELL, J.L., 1972, Strontium isotope geology: Berlin, Springer vertag, 188 s,
- FERRARA, G., FYTIKAS, M., GIULIANI, Ö., MA RINELLI, G., 1978, Age of the formation of the Aegean active volcanic arc: Papersand Proceeding of the second International scientific congress, Santorini, Greece, Ed: C, Doumas, 37-41,
- FYTIKAS, M., GIULIANI, O., İNNOCENTI F., MÂ RINELLI, G. MAZZUOLI, R., 1976, Geochronological data on recent magmatism of the Aegean sea: Tectonophysics, 31, T29-T34,
- GİEDHİLL, A., ve BAKER, F.A., 1973, Strontium isotope ratios in volcanic rocks from the south Sandwich islands: Earth Planet, Seien Lett., 19» 369-372,
- HÖFMANN, A., HART, S.R., ve HARE» P.E., 1972, 87Sr/86Sr rations of pore fluids from deep sea cores: Oarnegia Inst, Washington, Yearh., 71» 563=564,
- HURLEY, P.M.» 1967, Rbg7 _ Sr87 relationship in the differentiation of the mantle "Ultramafic and related rocks" Ed: P,J, Wyllie, John Wiley and Sons inc., Newyork, 872-375,
- INNOCENTI, F., ve MAZZUOLI, R., 1972, Petrology of Izmir - Karaburun volcanic area (West Turkey): Bull. Volcan., 36» 1-22,
- İNNOOENTÎ, F.» MANETTT, F., MAZZUOLI, R., PEOERILLO, A, ye POLL, G.» 1977» Rel distribution in Tertiary and Quaternary volcanic rocks from central and Western Anatolia: 6, Ege ülkeleri kollokyumu tahlifler kitabı (Baslada), îrnir,
- INNOCENT^ F_s, MANETTI, P., PECCRRILLO, A_r ve POLL, G, 1979, Inner arc volcanism in NW Aegean arc, geochemical and geochronological data: N, Jb, Miner, Mh., H=4, 145-158,
- İNNOOENTÎ, F, MAN im i, P., MAZZUOLI, R., PAŞ^ QUARE, G,,, ve VELLARI, L.» 1982, Neogene and Quaternary voieanism in Anatolia and NW Iran, In: "Orogenic Andésites John Wiley and sons, New York, 327=349,
- KAYA, O, ve SAVAŞÇIN, Y., 1981, Petrologic signifi canee of the Miocene volcanic rocks of Mene men, West Anatolia: Aegean Earth Seien., I» 45-58 .
- KAYA, O., 1981, Batı Anadolu alta bindirmesi, IJltramafik birimin ve Menderes masifinin jeolojik konumu: Tübitak Dofa Bilim Derg., Atatürk Özel Sayısı 15-36.
- KAYA, O., 1982, Tersiyer sırt yitmesi», Doğu Ege bölgelerinin yapısı ve magmatikliğt için olası bir mekanizma: "Batı Anadolu'nun genç tektonik ve volkanianası "panel kitabı, Türkiye Jeoloji Kurumu Yayını, 39-58,
- MARINOS, O., 1963, Sur deux volcans embryoimaîres du type maare pres d'Almyros Thessalie: Bull. Soc. Geol. Greece, 5/i» 180-214,
- MO NUTT, R.H., CROCKETT, J,H_3, CLARK, A.H., OABLLBS, J.C., FARRAR, E., HAYNBS, S.J, ve ZENTILI, M.» 1975, üütal 87Sr/86Sr rations of plutonic and volcanic rocks of the central Andes between latitudes 26° and 29°S: Earth, Planet. Seien Lett.» 21» 223-249.
- MOORBATH, S., 1978, Age and isotope evidence for the evolution of continental crust: Phil. Trans, R, Soc. Lond. A» 288., 401.413.
- ÖZGENÇ, İ., 1975, Izmir Cumaovasi bölgesi perlit olugumlannin jeolojisi: Tübitak V, Bilim Kongresi **tebliğler** kitabı, 261-272.
- PAPANASTASSIOU, D.A., ve WASSERBURG, G.Z.» 1969, The determination of small time differences in the formation of planetary objects: Earth, Planet, Seien, Lett., 5, 361=876,
- PE, G.G., 1975, Strontium isotope rations in volcanic rocks from the North.Westem part of the Hellenic arc: Chem, Geol, II, 345-367,
- PE, G.G. ve GIEDHILL, A., 1975, Strontium isotope ratios in volcanic rocks from the South-Eastern part of Hellenic arc: Lithos, 8» 209-214.
- PECKETT, A., 1969, The Dodecanese (A chemical study); Unpublished Ph, D, thesis Cambridge Tjnh, England,
- PIOHLEE, H., ve KUSSMAUL, S.» 1972, The calcaJU kaline volcanic rocks of the Santorinl group (Aegean sea, Greece): N. Jb. Miner Abh 116/ 3, 268.307,
- PIOHLER, H., ve ZEIL, W.» 1972, The **Cenozoic** rhyolite - andésite association of the Chilean Andes: Bull, Volcan_ 35, 424-452,
- PİŞKÎN, Ö., 1980, Kadıkalesi . Girelbelen (Bodrum yarımadası) hidrotermai ve kontakt metasomatik Pb, Zn, Cu cevherleimelerinin mineralojik ve jeolojik incelenmesi: Doçentlik tezi, Ege U-nr\, t^mir.
- PUCHELT, H_ ve HOEFS, J., 1971» Preliminary geochemical and strontium isotope investigations of Saïtorini rocks: Acta Inter, Seien, Congress, on the volcano of Thera Proceeding Book, 318-327, Atina,
- PUSHKAR, P., 1968, Strontium isotope ratios in voU canic rocks of three island arc areas: Jour, Geophys. Res., 73» 2701-2714,
- ROBERT, U., ve CANTAGRBL, J.M.» 1977, Le volcanisme basaltique dans le sud-est de la mer Egée:

- 6, Ege Ülkeleri Kollokyumu Tebliğler Kitabı (Baskıda),
- SAVAŞÇIN, Y., 1975, Foqa=Urfa Neojen volkanitlerinin mineralojik jeokimyasal incelenmesi ve kökenel yorumu: Doçentlik tezi, Ege Üniv, Yerbinler Fak., İzmir, 65 s, (Yaymlanmamış).
- SAVAŞÇIN, Y., 1982, Batı Anadolu Neojen magma^tizmasım yapısal ve petrografik öğeleri: "Batı Anadolu'nun gene, tektonifi ve volkaizması" panel kitabı Türkiye Jeoloji Kurumu Yayını, 22*38,
- TOYLAR» S.R.» İ969, Trace element chemistry of an-
deaites and associated caicalkaline rocks: Bull, St, Oregon Dept. Geol. Mineral, bid., 65, 43-63.
- YAJIMA, T., HIGUOHI, H., ve NAGĀSAVA, H., 1972, Variation of rare Earth concentrations m pĩ-geonitic and hypersthealtıç rock series from Izu-Hakone reigion, Japan: Contr. Mineral Petrol, 35, 285-244,
- YILMAZ» t, 19T7, Bigadiç bölgesi bazaltik masım mutlak yaşı: Tübitak Dofa bilim derg, 1/6, 210.212,
- YILMAZ, Y. ve ŞBNGÖR, A,M,C, 1082, Egede kabuk evrimi ve neomagmatiananın kökeni: Türkiye Jeoloji Kurultayı bildiri özet kitabı, 64,65,