

ALT ORDOVİSİYEN ÖNCESİ YAŞLI YAY MAGMATİZMASINA KUZAY TÜRKİYE'DEN BİR ÖRNEK: ÇAŞURTEPE FORMASYONUNUN JEOKİMYASAL İNCELENMESİ (BOLU, B PONTİDLER).

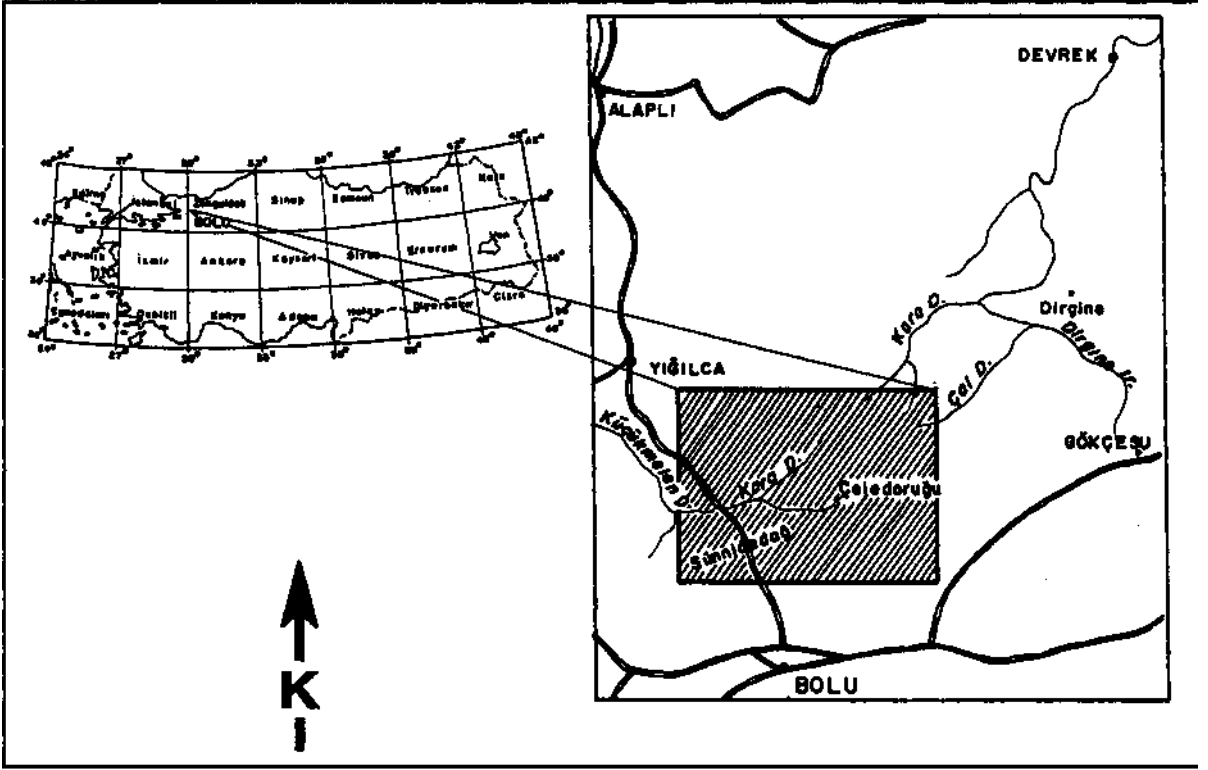
P. Ayda USTAÖMER* ve Erdinç KIPMAN*

ÖZ. - Batı Pontidler'de, Bolu-Yedigöller arasındaki sınırlandırılmış alanda, bölgedeki Paleozoyik yaşlı kayalar için temel oluşturan üç farklı birim yüzeylenir. Bunlar tabandan tavana : i) yüksek dereceli metamorfik kayalar (Sünnice grubu), ü) granitoidler ve iii) granitoidlerin tavan kesimlerinde sıcak dokanaklar ile kestikleri bir volkanik istifden (Çaşurtepe formasyonu) oluşmaktadır. Granitoidler, Bolu Granitoid Kompleksi (BGK) olarak adlandırılan bir grup intrüzyonunun bölgedeki uzantıdır ve Çaşurtepe formasyonu ile birlikte Sünnice grubunun üzerinde KD-GB gidışli, KB'ya eğimli bir tektonik hat boyunca yüzeylenirler. Granitleri kesen bol oranda lamprofir daykaları mevcuttur. Bu makalenin esas konusunu oluşturan Çaşurtepe formasyonu, taban düzeylerinde genellikle andezit bileşimindeki lavlardan, üst kesimlerinde ise riyolit bileşimindeki volkaniklastiklerin egemen olduğu bir ignimbrit serisinden kuruludur. Volkanik kayalar ve granitoidler yeşil şist fasiyesinde metamorfizmaya uğramış ve bunun etkisiyle, korunmuş birincil minerallerinin yanında albit+epidot+klorit+aktinolit mineral parajenezi gelişmiştir. Volkanik serinin masif lav düzeyleri, yüksek SiO₂ içerikli (>%54), kalk-alkali andezit ve yerel olarak da dasit-riyodasit bileşimindedir. N-tipi MORB'a göre LIL element zenginleşmeleri ve LREE (La, Ce, Nd) oranla Nb fakirleşmeleri ile karakteristiktirler. Granit içi dayklar da benzer kimyasal özellikler sunarlar. Çaşurtepe formasyonundan izotop analizi yapılan bir adet örneğin ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr 550 milyon yıl model değeri 0.706482, ¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd model değeri 0.512450, ⁹Nd değeri ise 10.2'dir. Volkanik kayaların majör- ve iz-element karakteristikleri yitim zonu üzerinde gelişmiş kalk-alkali karakterli bir yay volkanizmasının ürünü olduklarına işaret ederken, ¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd⁸⁷Sr/⁸⁶Sr izotop değerleri ile de MORB'ı karakterize eden değerlerden ayrılarak okyanus içi ada yayları ile uyumlu görünmektedir. Sünnice grubu, Çaşurtepe formasyonu ve BGK'dan oluşan yüksek ve düşük dereceli metamorfik kayalar inceleme bölgesi içinde "istanbul Paleozoyik İstifi"nin tabanında yer alan Alt Ordovisiyen yaşlı kırıntılı birimler ile açılal uyumsuzlukla örtülmektedir. Bu nedenle de bu çalışma ile Batı Pontidler'de Alt Ordovisiyen öncesinde yitime bağılı bir magmatizmanın gelişmiş olduğu sonucuna varılmıştır.

GİRİŞ

Pontidler, Paleozoyik-Erken Mesozoyik dönemi için metamorfizması, magmatizması ve tektonik ortamı bakımından birbirlerinden farklı, birbirlerine yabancı kıtasal ve okyanusal birliklerin bir araya gelmesinden oluşan bir mozayiktir (Şengör ve diğerleri, 1984; Robertson ve Dixon, 1984). inceleme bölgesi Pontid tektonik kuşağının batı kesiminde, istanbul napı (Şengör ve diğerleri, 1984), istanbul zonu (Okay, 1989) veya istanbul fragmanı (Ustaömer ve Robertson, 1993) olarak adlandırılan tektonik kuşağın içinde, coğrafi olarak Bolu ilinin kuzey ve kuzeydoğusunda, Bolu-Yedigöller arasındaki bir alanı kapsar (Şek. 1). Batı Pontidler'in Ordovisiyen ve sonrası döneme ait evrimi anlaşılmiş olmasına (Şengör ve Yılmaz, 1981) karşılık Ordovisiyen öncesi dönem ile ilişkili bilgiler son derece sınırlıdır. Çalışma alanında Üst Mesozoyik-Tersiyer yaşlı volkanosedimanter bir örtünün altında istanbul Paleozoyik istifi (Abdüselamoğlu, 1977), ve bu istife temel oluşturan yüksek dereceli metamorfik (Sünnice grubu) düşük dereceli metamorfik plutonik (Bolu, Granitoid Kompleksi)

si) ve volkanosedimanter kayalardan oluşan (Çaşurtepe formasyonu) birimler yüzeylenirler (Şek. 2). istanbul Paleozoyik istifi ve Üst Mesozoyik-Tersiyer yaşlı örtü birimleri bu çalışmanın kapsamı dışındadır. Bu makalede temel kayalar sırasıyla tanıtılacak, ancak bu makalenin odak noktasını oluşturan Çaşurtepe formasyonu adı verilen volkanik istifin stratigrafisi, petrografisi ile, majör-, iz- element ve izotop jeokimyası ayrıntılı olarak verilir, bölgesel jeoloji açısından önemi değerlendirilecektir. Bu makalede volkanik kayaların masif lav düzeyleri ile, granitoidleri kesen ve saha özellikleri, dokusal ve mineralojik karakteristikleri ile de volkanik seri ile benzerlikler sunan bazik-ortaç dayklardan derlenen örnekler üzerinde yapılan kimyasal analizlerin sonuçları ile magmatizmanın yaş ve köken problemine farklı bir yaklaşım sunulmaktadır. Bu çalışmada bölgedeki stratigrafinin kurulmasına önemli katkıları olan önceki çalışmaların içeriği özellikle vurgulanarak, okuyuculara bölge ile ilgili yeni veriler sunulmuş ve bunların ışığında aktif bir kenar üzerinde gelişmiş yay magmatizması tanımlanmıştır.



Şek. 1- inceleme bölgesi buldu haritası.

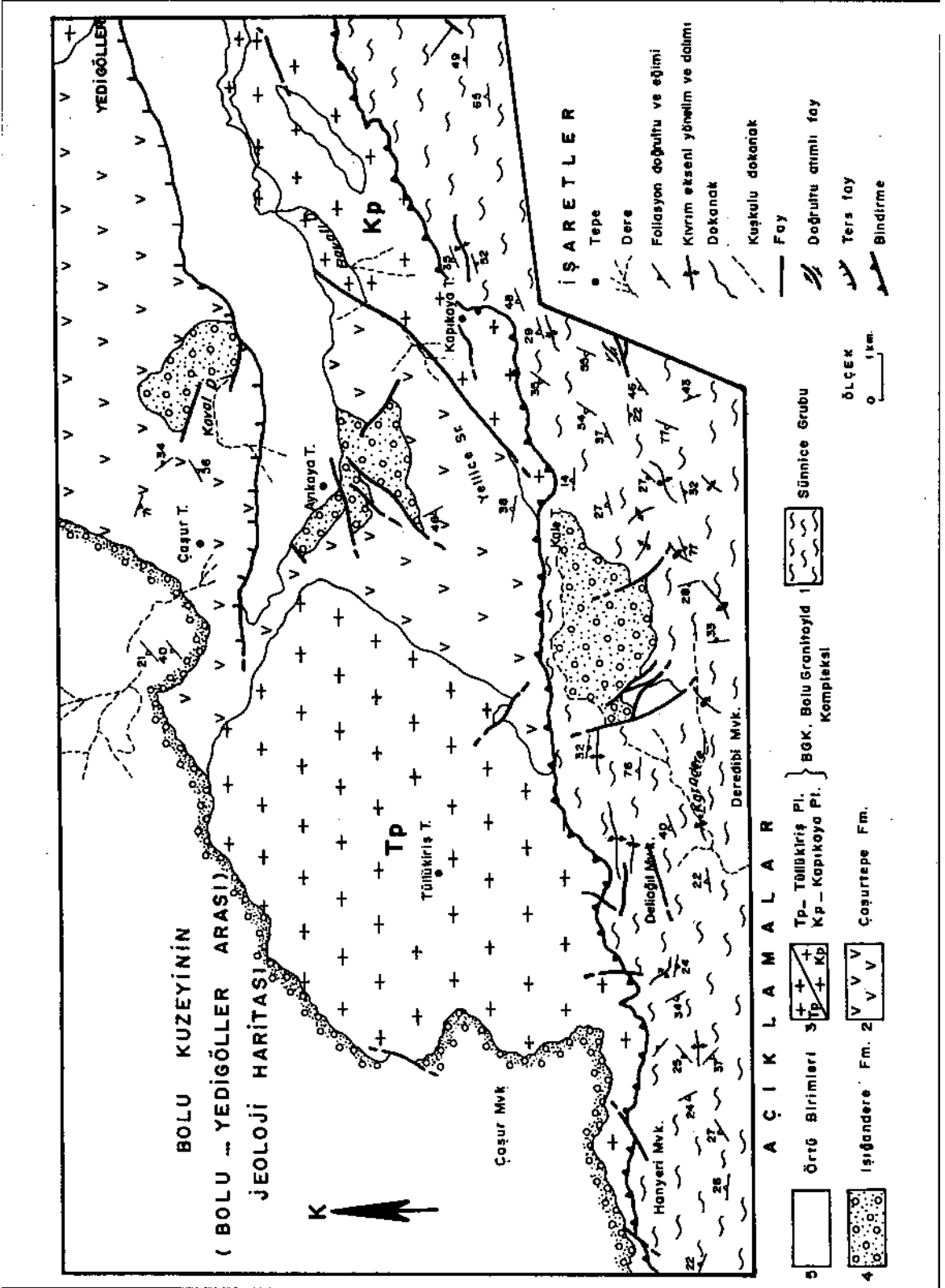
ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Çaşurtepe formasyonu daha önceki çalışmalarda genellikle metamorfik temel kayaları içinde (bu çalışmadaki Sünnice grubu) ve bunların metamorfizmaya uğramış bazik volkanik ve volkaniklastiklerden oluşan üyeleri olarak değerlendirilmiş (Kaya, 1978; Canik 1980; Serdar ve Demir, 1983), Aydın ve diğerleri (1987) "Orhandağ metabazikleri", Erendil ve diğerleri (1991) Bolu masifi kayalarını "Yellice üyesi" şeklinde ayrıca adlandırmışlardır. Ancak volkanik kayalar bu çalışmada ve daha önce bölgede çalışan Cerit (1990) tarafından ayrı bir formasyon şeklinde ele alınmıştır (Şek. 3).

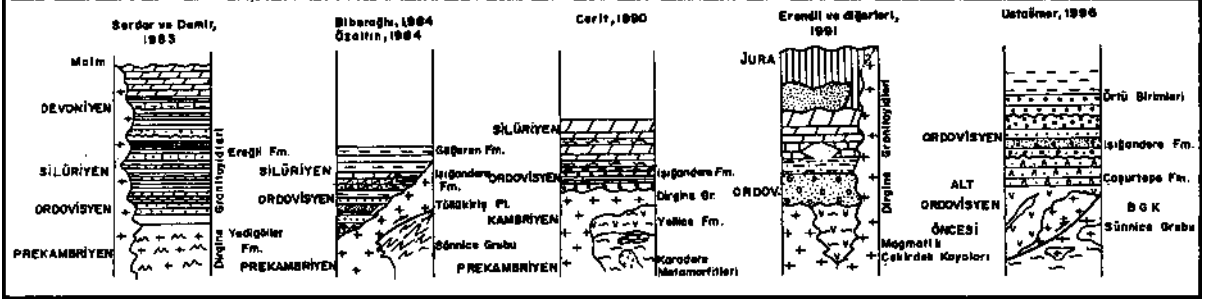
Cerit (1990) Paleozoyik yaşlı birimlerin en yaşlısı olarak kabul ettiği volkanik kayaları "Yellice formasyonu veya Yellice metavolkanitleri" adı altında ilk kez formasyon düzeyinde tanıtır ve incelemiştir ve formasyona ait volkanik kayaların metavolkanitler, metakumtaşları, kontakt metamorfik felsik kayalar, kuvarsitler ve ka-

taklastitler olmak üzere beş ayrı kayaç grubundan oluştuğunu ifade etmiştir. Cerit (1990), Cerit ve Batman'a (1992) göre Alt Paleozoyik (Ordovisiyen ?) yaşlı Dirgine granitoidleri (Aydın ve diğerleri, 1987) ile Kambro-Ordovisiyen yaşlı metavolkanik kayalar (Yellice formasyonu) aynı genel magmatik faaliyetin ürünüdür ve bu magmatizma Alt Paleozoyikte kaledoniyen orojeninin erken fazlarında gelişmiş, metavolkanitler ile birlikte granitoidler (23 adet granit örneği üzerinde ana element kimyası çalışmalarına dayanarak) yay magmatizmasının ürünü olarak Avrasya kıtasının güney kenarına yerleşmişlerdir. Fakat daha sonraki bir çalışmada Cerit, bu görüşünden vazgeçip Dirgine granitoidlerinin sedimanter bir kökenden türediğine inandığı, Karadere metamorfileri olarak adlandırdığı temel kayalarının kısmî ergime ürünü S-tipi granitoidler olduklarını ifade etmiştir (Cerit, 1995).

Erendil ve diğerleri (1991), bölgede yürüttükleri çalışmalarda granitoidleri ve volkanik kayaları "Magmatik çekirdek kayaları" adı altında Bolu masifi (Blument-



Şek. 2- İnceleme bölgesi jeoloji haritası. Ustaömer (1996)'dan sadeleştirilerek alınmıştır.



Şek. 3- inceleme bölgesine ait, önceki çalışmacılar tarafından ve bu çalışmada önerilen stratigrafik sütun kesitler karşılaştırmalı olarak görülmektedir (ölçeksiz).

hal, 1949) içinde değerlendirmişlerdir. Ana granitoid kütle ile, volkanik ve volkaniklastiklerden oluşan "Yellice üyesinin arazide birbirlerini keser konumda görüldüklerini, bu nedenle de granitoidin sokulum sürecinde ve aynı magmatik olaya bağlı olarak gelişmiş olabileceklerini ifade ederler.

Bölgede çalışan önceki araştırmacıların volkanik kayalar ile ilgili bütün yorumları saha gözlemlerine, dokanak ilişkilerine ve petrografik çalışmalara dayanmakta olup volkanik kayaların köken problemi konusunda herhangi bir kimyasal denetimleri söz konusu değildir.

TEKTONO-STRATİGRAFİ

inceleme bölgesinde (Şek. 1). İstanbul Paleozoyik istifinin temelinde üç farklı birim yüzeylenir. Yapısal olarak en altta bulunan birim Sünnice grubu (Biberoglu, 1984; Özalın, 1984; Seyitoğlu, 1984) olarak adlandırılan, metagranitik intruzyonlar ile birlikte gnays ve amfibolitlerden oluşan yüksek dereceli metamorfiklerdir. Bu birimi tektonik olarak üzerleyen ve "Çarşurtepe formasyonu" (P.A. Ustaömer, 1996) olarak adlandırılan meta-volkanikler, yeşilist fasiyesinde metamorfizmaya uğramış, taban düzeylerinde esas olarak andezit, yapısal olarak üst kesimlerinde dasit-riyodasit bileşimli lavlar ile riyolitik bileşimdeki volkaniklastik Sedimentlerin oluşturduğu bir meta-ignimbrit serisi şeklinde gelişmiştir. Üçüncü kayaç grubunu ise volkanik seriyi sıcak dokanaklar ile kesen, Sünnice grubu kayaları ile KD-GB gidikli geniş bir tektonik hat boyunca dokanaklı görülen Bolu granitoid kompleksinin (BGK) (Mugan-Ustaömer, 1992) intruzyonları oluşturur. Bütün bu birimler çalışma alanı içinde, İstanbul yakın çevresinde yüzey-

lenen Kurtköy formasyonunun (Haas, 1968; Kaya, 1978) bölgedeki eşdeğeri olan kırıntılı çökeller ile (Işığandere formasyonu) açısız uyumsuzlukla örtülür, inceleme alanının KB kesiminde ise Işığandere formasyonu (Görmüş, 1980) üzerine sırasıyla İstanbul çevresinde Aydos formasyonu (Önalın, 1981) olarak adlandırılan birimin eş değeri olan kuvarsitler ve şeyller (Gözdağ formasyonu; Önalın, 1981) uyumlu olarak gelir, inceleme bölgesi içinde şeyller içerisinde *Orthambonites* sp., *Mewanella* sp., *Mewanella* sp. cf. *berwynansis* (Mac Gregor), *Glyptorthis* sp., *Dalmanella* aff. *parva* Williams, *Parastrophinella* sp., *Christiania* sp., *Oligorhynchia* aff. *subplana* Cooper Protozyga sp., Bryozoe, Crinoid'den oluşan Orta Ordovisyen fosilleri bulunmuştur. (Biberoglu, 1984; Özalın, 1984). Bu stratigrafik konumu ile Işığandere formasyonu Alt Ordovisyen yaşlıdır ve İstanbul çevresinde yüzeyleyen Alt Ordovisyen yaşlı Kurtköy formasyonunun eşleniğidir.

Sünnice grubu

Çalışma bölgesinin en yüksek dereceli metamorfiklerini oluşturan "Sünnice grubu" kayaları, amfibolit fasiyesinde metamorfizmaya uğramış, evriminin ileri aşamasında yeşilist fasiyesi retrograd metamorfizmasma etkin kalmış metamorfik bir topluluk olup (P.A. Ustaömer, 1996), arazi görünüşü esas olarak amfibolit ve gnays aralanmaları şeklindedir. Sünnice grubu, güneyde (çalışma alanının dışında) Mesozoyik çökelti kayaları, kuzeyde ise Bolu granitoid kompleksi ve Çarşurtepe formasyonu arasında kuzeye eğimli bir tektonik dilim olarak durmakta, karasal (flüvyal) Işığandere formasyonu (Görmüş, 1980) ile açısız uyumsuzlukla örtülmektedir.

ÇAŞURTEPEFORMASYONUNUN JEOKİMYASI

Sünnice grubu yapısal olarak alt seviyelerde (güney alanlarda) cm.den m.ye kadar değişen kalınlıklardaki açık ve koyu yeşil renkli amfibolit düzeyleri ile bunlarla yer yer düzgün, yer yer de kavisli sınırlar yaparak ardalanan beyaz ve krem renkli kuvarso-feldispatik bantlardan oluşan migmatitik bir topluluktur. Üst kesimlerde birim, yer yer ince amfibolit bantları ile ardalanan kalın gnayslardan oluşur. Birim en üst seviyelerinde birkaç metreden birkaç on metreye kadar değişen kalınlıklardaki yapraklı, yeşilşist fasiyesinde metamorfizmaya uğramış tonalitik, granodiyoritik ve granitik (dar anlamda) kayalar ile kesilir. Sünnice grubunun en ilginç yapısal özelliği, yaygınca gelişmiş, normal faylar olarak gözlenen uzama yapılarıdır. Bu yapılar, bölgede gözlenen diğer genç birimlerde (Alt Ordovisiyen ve Üst Mesozoyik) bulunmaz ve özellikle birimin yapısal olarak üst kesimlerinde (kuzey dokanağına yakın alanlarda) gözlenir (P.A. Ustaömer, 1996).

Birimin yaşı stratigrafik konumuna göre, Alt Ordovisiyen karasal kırıntılıları (Işığandere formasyonu) ile uyumsuz olarak örtülmesi nedeni ile Alt Ordovisiyen öncesi olarak verilebilir. Aydın ve diğerleri (1987), Çamdağ (Sakarya) ve Sünnicedağ'da (Bolu) yürüttükleri çalışmalarında Işığandere formasyonunun altında, onlarla sedimanter dokanaklı Kambriyen yaşlı kırıntılı bir istif (Soğuksu formasyonu; Kaya, 1982) tanıtmıştır. Tanıtılan bu istif herhangi bir metamorfizma etkisi görülmez. Bu istif çalışma alanında ya erozyon ya da çökelmezlik nedeniyle gözlenememektedir. Bu nedenle Sünnice grubunun yaşı Prekambriyen olarak verilmektedir. Benzer birimlerin yaşı üzerinde bölgede çalışan araştırmacılar arasında fikir birliği söz konusudur (P.A. Ustaömer, 1996). Orta ve Batı Pontid tektonik kuşağında yüksek dereceli metamorfizmaya uğramış gnays ve amfibolitlerden oluşan birimler Devrekani masifinde, Araç-Karadere'de ve Kaplıdededağ'da yüzelemektedir. Bu bölgelerde çalışan araştırmacıların çoğu bu metamorfizmalara Prekambriyen yaşı vermişlerdir (Arpat ve diğerleri, 1978; Yılmaz, 1980; Ustaömer ve Robertson, 1993). Kaya (1982), Yığılca dolaylarındaki çalışmasında Ordovisiyen yaşlı birimin metamorfik kayaları uyumsuz olarak örttüğünü belirtmiş ve bu nedenle de Prekambriyen yaşlı olması gerektiğini vurgulamıştır.

Bolu granitoid kompleksi (BGK)

Sünnice grubu kayalarının hemen üzerinde, temel kayalarla ile tektonik (KD-GB gidişli bir bindirme zonu

içinde-Karadere fayı) dokanaklı olarak Bolu granitoid kompleksinin (Mugan-Ustaömer, 1992) bölgedeki uzantıları olan, batıdan doğuya Tüllükiriş (Biberoğlu, 1984) ve Kapıkaya plutonları (P.A. Ustaömer, 1996) uzanır. Petrografik olarak tonalit, granodiyorit ve bazı daralanlarda (Tüllükiriş plutonu için kuzey alanları, Kapıkaya plutonu için merkez ve merkez kuzeyinde) granit bileşimindeki plutonlar, tipik olarak granofirik doku gösteren, dokusal olarak sık koşullarda kristallenmiş intrüziflerin özelliklerini taşırlar (yerleşme derinlikleri < 5 km. > 2 km.dir). Granitik intrüzyonların majör-, iz-element ve izotop jeokimyasal özellikleri, bunların bir yitim zonu üzerinde gelişmiş, kabuktan bir ölçüde kirlenmiş yay magmatizması ürünü olduklarını göstermektedir (P.A. Ustaömer, 1996).

Plutonlar farklı düzeylerinde birkaç cm.den birkaç m.ye kadar değişen kalınlıklarda, plutonların genel KD-GB gidişine ve dokanaklarına uyumlu çok sayıda lamprofir ve aplit daykaları ile kesilir. Bazik ve ortaç daykaların saha ve petrografik özelliklerinin Çaşurtepe formasyonunun volkanik kayalarına benzerlik sunmaları nedeniyle, kimyasal özellikleri volkanik kayalar ile birlikte incelenmiştir.

Bu intrüzyonların bölgede gerçekleştirilmiş bölgesel jeoloji amaçlı çalışmalar sonucunda önceki çalışmalarda öngörülen yerleşme yaşları Alt Ordovisiyen (Aktimur ve diğerleri, 1983; Cerit, 1990), Devoniyen sonrası (Erendil ve diğerleri, 1991), Silüriyen sonrası (Biberoğlu, 1984; Özalın, 1984; Seyitoğlu, 1984), Karbonifer sonu-Üst Jura aralığı (Aydın ve diğerleri, 1987) veya Orta Jura öncesi (Yazman ve diğerleri, 1984) olarak verilmiştir. (Şek. 3).

Ancak, Alt Ordovisiyen yaşlı karasal Işığandere formasyonu ile açısal uyumsuzlukla örtüldüğünden, intrüzyonların Alt Ordovisiyen öncesi yaşlı oldukları söylenebilir. Çaşurtepe formasyonunu sıcak dokanaklar ile kesmeleri nedeni ile de, Çaşurtepe formasyonundan daha gençtirler (P.A. Ustaömer, 1996).

Çaşurtepe formasyonu

Bu birim, yeşilşist fasiyesinde metamorfizmaya uğramış, yer yer yapraklanma kazanmış, çoğunlukla masif ortaç-asidik lavlar ile tabakalı volkaniklastik sedimentlerden oluşan, çalışma alanı dışında doğu alanlarda ise kırıntılı ve karbonatlı Sedimentlerin istife katıldı-

ğı bir volkano-sedimanter kaya topluluğudur (Şek. 2). Bu çalışmada, en güzel mostralarının Çaşurtepe ve Kaval dere vadisi içinde gözlenmesi nedeniyle "Çaşurtepe formasyonu" olarak adlandırılmıştır. (P.A. Ustaömer, 1996).

Çaşurtepe formasyonu, Sünnice grubunun kuzey dokanağını belirleyen tektonik hattın kuzey kesiminden, daha kuzeyde yüzeylenen ve İstanbul Paleozoyik istifinin taban düzeylerini oluşturan karasal kırıntılardan oluşan Işığandere formasyonuna kadar geniş bir alanda yüzeyler (Şek. 2).

Formasyonun yüzeylemeleri yoğun orman örtüsü altında olduğundan en iyi mostraları vadiler boyunca açılmış yol yarmalarında gözlenir. Yedigöller Milli Parkı-Hümrüs (veya Homrus) köyü yolu beyaz renkli riyolitik volkaniklerin bol oranda yer aldığı başvuru kesit yeri, Kapıkaya tepe-Boyalı dere yol kesitleri ise hidrotermal alterasyon zonlarının ve mineralizasyonunun en iyi gözlemlendiği başvuru kesit yeri olarak verilebilir. Çalışma alanı dışında, doğuda Gökçesu-Dirgine arasında kabaca KB-GD yönünde akan Bolu ırmağı vadisi ise volkaniklerin görece olarak daha az yer aldığı, buna karşın fillit ve metakarbonatların egemen olduğu başvuru kesit yeridir.

Birimin gözlenir tabanında ayrışma yüzeyinde koyu yeşil, taze yüzeyinde ise açık yeşil, grimsi yeşil renkli masif lavlar yer alır. Bu düzeyler çoğunlukla afirik, yer yer ise kuvars ve plajiyoklaz firik lavlarla temsil edilir. Kloritler yapraklanma yüzeylerinde yaygın olarak gözlenirler. Birim üstte doğru beyaz renkli asidik volkanik kayalar ile kesilir. Bu asidik volkanikler 40-50 cm. kalınlığında olup ince kristalli, çoğunlukla ayrışmış olarak gözlenir. Özellikle Homrus köyü güney alanları böylesi volkaniklerin iyi gözlemlendiği yerlerdir.

Birimin üst kesimlerinde tabakalı, soluk yeşil renkli volkaniklastik sedimentler yer alır. Bunlar genellikle orta tabakalı (15-20 cm), silisleşmiş, derecelenme ve lamineleşme gibi sedimanter yapıların tanınabildiği kayalardır. Tabakaların tabanları genelde düzlemsel, keskin olup erozyonel değildir. Dereceli yapıların gözlemlendiği kesimlerde, tabakaların altı kaba kum, üst kesimlere doğru ise ince kum, silt boyutlu malzeme ile temsil edilir. Tabakaların en üst kesiminde ise koyu yeşil renkli çamurtaşları yer alır. Bu özellikteki kumtaşlarının yaygın olduğu düzeyler 10-20 cm. kalınlığında so-

luk yeşil renkli ince lamine çamurtaşları ile ardalanır. Bu hali ile istif, bir volkanik türbidit istifini andırmaktadır. Birim içinde volkanik konglomeralara ise rastlanılmamıştır.

Ayrıca özellikle masif lav akıntılarının görüldüğü taban seviyelerinde ve yer yer de volkaniklastiklerden oluşan daha kuzey alanlarda, volkanik kayaların yer yer çok şiddetli hidrotermal alterasyona uğradığı ve alterasyon zonlarında yoğun pirit mineralizasyonunun geliştiği gözlenmiştir. Böylesi alterasyon zonları kırmızımsı kahve, yerel olarak sülfür sarısı renkleri ile arazide kolayca tanınırlar. Bu kesimlerin bir özelliği de şiddetli deformasyonun, (makaslama zonlarının) varlığı, yani cevherleşmenin yapısal kontrollü olmasıdır. Bu zonlar yakından incelendiğinde makaslama zonlarının mercekli geometride masif lav bloklarını ayırdığı, 2-3 cm. kalınlıklı ezik zonlar boyunca piritçe zengin damarların bulunduğu, bu damarlar içinde pirit kristallerinin 5-6 mm. büyüklüğüne ulaştığı, lav blokları içinde ise ince kristalli piritlerin saçılmış ve lavlarında gri-beyaz renk kazanacak şekilde silisleşmiş olduğu gözlenir.

Birimin stratigrafik kalınlığı hakkında, alttan tektonik, üstten erozyonel dokanaklı ve çoğunlukla belirli bir stratigrafik düzlem vermeyen (tabaka, lav akma yüzeyi) masif lavlarla temsil edildiğinden bir şey söylemek mümkün değildir. Çalışma alanında yüzeylediği kesim için ise 5 kilometrelik bir yapısal kalınlık söz konusudur (Şek. 2).

Çaşurtepe formasyonu, Sünnice grubu ve Kapıkaya plutonu ile tektonik dokanaklıdır. Sünnice grubu ile olan dokanak boyunca da Çaşurtepe formasyonu Sünnice grubu üzerine itilmiştir. Dokanak zonunda volkanik kayalar yapraklanmalardır. Ayıkaya tepenin kuzey yamaçları boyunca ise Çaşurtepe formasyonu, Paleosen-Eosen yaşlı volkanik kayalar üzerine yüksek açı ile itilmiştir (Şek. 2).

Çaşurtepe formasyonu Kapıkaya tepe, Çaşurtepe kuzeyi ile çalışma alanı dışında kuzeyde yer alan Hümrüs (veya Homrus) köyü güneydoğusunda Işığandere formasyonuna ait kırmızı-şarabî renkli çakıltaşları ile açısal uyumsuzlukla örtülür. Işığandere formasyonu, dokanakta bol oranda Çaşurtepe formasyonuna ait volkanik kayalar parçalarını çakıl olarak bulundurur. Bir diğer önemli gözlem ise, yer yer hidrotermal alterasyona

ÇAŞURTEPE FORMASYONUNUN JEOKİMYASI

uğramış görünen volkanik kayalar ile olan dokanak kesimlerinde Işığandere formasyonunun hidrotermal alterasyon izi taşımamasıdır. Çaşurtepe formasyonu Ayıkaya tepe zirve kesimine yakın güney alanlarda Üst Kretase yaşlı kireçtaşları (Ayıkayası formasoyu; P.A. Ustaömer, 1996) ile uyumsuz olarak örtülürler (Şek. 2).

Volkanik kayalar ile Tüllükiriş plutonunun İntruzif dokanağı boyunca plutona ait apofizlerin (2-3 m. kalınlığında) volkanik kayalar içine sokulduğu ve iri volkanik blokların da dokanak zonunda plutonik kayalar içinde yer aldığı gözlenmektedir. Bu dokanak boyunca birkaç on metre kalınlığında pişme zonu gelişmiştir.

Çaşurtepe formasyonundan henüz birimin yaş kontrolünü sağlayacak herhangi bir radyometrik yaş verisi elde edilememiştir. Bu nedenle birimin yaşı, diğer birimler ile olan saha ilişkilerine göre verilebilir. Çaşurtepe formasyonu, yukarıda belirtildiği gibi Alt Ordovisiyen yaşlı Işığandere formasyonu ile aşısal diskordanslı olarak örtülür. Yani Çaşurtepe metavolkanikleri Işığandere formasyonunun çökeliminden önce yükselmiş ve bu birim için kaynak alan oluşturmuştur. Çaşurtepe formasyonunda yaygınca bulunan hidrotermal alterasyon zonları da Işığandere formasyonu ile uyumsuz olarak örtüldüğünden hidrotermal mineralizasyonun ve bunu kontrol eden deformasyonun Alt Ordovisiyen öncesi yaşlı olması gerekir. Çaşurtepe formasyonu yeşilşist fasiyesinde metamorfizmaya uğramış olduğundan metamorfizmanın, kendisinden daha yüksek derecede metamorfizmaya uğrayan Sünnice grubundan yapısal olarak daha sık koşullarda olduğu açıktır. Birimin granitik kayalar ile sıcak dokanaklar ile kesildiği kesimlerinin ise granitlerden daha yaşlı olduğu söylenebilir.

PETROGRAFİK ÖZELLİKLER

Arazide çok büyük bir yayılıma sahip ortaç-asidik bileşimdeki volkanikler ve volkaniklastiklerden oluşan birime ait kayalar, mikroskop altında incelendiğinde esas olarak kloritlemiş koyu yeşil renkli bir hamur içerisinde dağılmış haldeki plajiyoklaz kuvars, klorit, aktinolit ve epidot minerallerinin değişen oranlarda ve boyutlarda birlikteliğiyle karakterize olur. Bu birliğe özellikle kayacı bir ağ şeklinde saran ikincil makaslama düzlemleri boyunca gelişmiş kalsit mineralleri ile pirit eşlik eder.

Kayacın mikroskop altındaki bileşimini oluşturan minerallerden plajiyoklazlar, hamur içinde zaman zaman bir miktar büyüme fırsatı bulmuş iri kristaller halinde, zaman zaman da hamur içinde mikrolitler halinde dağılmış halde görülürler. Esas olarak karlsbad, daha az olarak da albit-karlsbad girişik ikizlenmesi gösterirler ve etkin kaldıkları karbonatlı alterasyonlar nedeniyle kahverengi ve toprağımsı bir görünüm kazanmışlardır. Plajiyoklaz minerallerinin arasında %5, daha asidik kesitlerinde %10'a kadar varan oranlarda kuvars minerali ile zaman zaman mavi girişim renkleri de gösteren kloritler ile genellikle çubuksu formlarda görülen aktinolitler yer alır. Ayrıca plajiyoklaz minerallerinin yaygınca yer aldığı kesitlerde irili ufaklı epidot mineralleri gözlemlenmektedir. Bu haliyle esas olarak andezit bileşimindeki ortaç volkaniklerden oluşan kayalar, tipik olarak porfirik doku gösterirler. Kriptokristalli bir hamurun egegen olduğu bazı kesitlerinde, hamur içinde çok küçük tane boyutlarında dağılmış halde kuvarslar gözlenirler. Ancak hamur ve kuvars oranının bir alandan diğerine, sık sık birbirlerinin aleyhine değiştiği gözlenir. Ayrıca bu kesitlerde ince taneli plajiyoklaz klorit ve aktinolit minerallerini de az miktarlarda ve dağılmış halde gözlemek olasıdır.

Üniversal tabla kullanarak ilksel plajiyoklazlar üzerinde yapılan sönme açıları ölçümleri sonucunda, plajiyoklazların sönme açılarının 12 ile 26° ler arasında değiştiği ve buna bağlı olarak anortit içeriklerinin de ²⁸28-46 gibi geniş bir aralıkta değişim gösterdiği belirlenmiştir.

Çaşurtepe formasyonunun daha üst kesimlerinde yer alan riyolit bileşimindeki volkaniklastiklere ait kesitlerde ise, iri mineraller halindeki kuvarsların yanında plajiyoklazlar yer yer seçilebilmektedir.

Özette, Çaşurtepe formasyonu lavlarının petrografik incelemesi ortaç plajiyoklaz, kuvars ve camsi hamur birincil mineral fazlarının üzerine albit+epidot+aktinolit+klorit+kuvars yeşilşist mineral parajenezinin geliştiğini göstermektedir.

JEOKİMYASAL ÖZELLİKLER

Çaşurtepe formasyonuna ait lav düzeylerinden alınan 6 adet ve granitoidleri kesen dayklardan alınan 8 adet örnek üzerinde uygulanan ana ve iz element analizlerinin sonuçları Çizelge 1 de verilmiştir. Kimyasal

Çizelge 1- Çarşıtepe formasyonu ve granit içi dayklardan alınan örneklerin XRF analiz sonuçları.

Örnek*	93-54	93-11	93-48	93-3	91-42	91-45	93-41	93-64	91-13	91-15	91-17	91-24	91-25	91-26
SiO ₂	63.09	66.08	70.76	62.64	54.92	70.23	50.29	57.06	58.21	62.39	60.07	47.1	53.61	53.8
Al ₂ O ₃	13.32	14.53	13.22	13.21	16.94	13.41	14.66	13.39	17.08	15.88	16.74	15.3	19.48	19.6
Fe ₂ O ₃	9.51	5.94	4.32	8.92	9.11	4.74	17.77	11.59	7.28	6.02	7.46	14.26	7.27	6.65
MgO	4.91	1.95	0.86	6.5	3.59	1.99	3.88	6.28	1.3	1.24	1.75	5.92	4.53	3.31
CaO	0.24	5.06	4.44	0.21	6.14	2.88	3.28	2.54	5.3	2.82	2.29	7.48	7.85	6.57
Na ₂ O	3.93	3.18	3.54	0.07	3.6	3.8	4.36	3.12	4	7.16	5.53	3.79	3.03	4.48
K ₂ O	0.047	0.416	0.497	1.174	0.868	0.719	0.292	0.014	1.727	0.539	2.167	0.949	0.721	1.005
TiO ₂	0.832	0.464	0.465	0.721	0.996	0.496	1.539	0.999	0.796	0.594	0.935	2.825	0.675	0.646
MnO	0.297	0.11	0.104	0.522	0.127	0.121	0.209	0.295	0.131	0.097	0.126	0.237	0.123	0.125
P ₂ O ₅	0.103	0.15	0.082	0.114	0.192	0.098	0.233	0.112	0.328	0.224	0.242	0.387	0.154	0.169
LOI	3.3	2.01	1	4.76	3.69	1.6	3.09	4	3.59	3.36	2.44	1.58	2.65	3.7
Toplam	99.57	99.89	99.28	98.7	100.1	100.09	99.66	99.39	99.74	100.33	99.75	99.83	100.1	100.05
Sc	32.9	16.8	21.7	32.3	45.8	17.1	59.5	34.2	9.4	14.1	19.8	39.1	18.4	13.4
Ba	40.6	202.2	111.4	2355.3	4.3	461.5	76.9	5	368.9	182.2	506.3	223.9	119.2	174.7
V	240.1	84.9	48.6	72.4	486.9	71.9	430.2	331.6	56.7	20.4	59.9	351.5	143.7	118.6
La	4.6	21.1	9.3	6.7	0.8	6.6	2.6	2.6	20.2	21.9	16	8.9	9	15.5
Ce	24.8	41.4	19.3	23.3	6.5	8.6	20.1	13	36.3	38.9	28.7	29.4	19.7	19.9
Nd	15.5	17.5	9.9	16.6	4.6	5.2	13	7.4	17.8	18.3	11.7	16.7	3.3	10.5
Cr					84.2	8.2			4	0.5	0.9	80.3	36.3	9.5
Ni					20.3	7			4.2	4.1	3.1	38.9	20.7	8.9
Cu	139.5	40.8	98.8	24.5	20.4	8.1	86.7	10	11.8	13.2	15.3	36	29.1	23.5
Zn	322.1	76	50.2	634.5	295.2	82.7	114.2	183.8	74.7	64.1	63.2	120.4	52.2	65.5
Pb	3.7	3.2	8.5	3.2	57.2	17.6	6.5	1.9	3.2	7.9	3.5	5.8	3.7	5.5
Th	0.8	0.8	3.4	0.9	0.2	1.6	5.2	1	3.7	3.3	4.2	0.3	1	2.7
Rb	0.9	14.8	14.5	21	0.2	11.2	7.4	1.2	35.2	9.9	49.4	23.4	18.8	23.1
Sr	22.9	309	160.5	10.1	480.5	131.6	288.4	44.3	208.1	210.9	306.4	445.1	247.6	245.6
Y	32.7	20.8	25.3	38.7	38.7	23.9	29.7	26.9	36.3	43.6	39.5	38.1	17.4	19.4
Nb	2.7	5.3	2.4	2.8	2.7	6.5	1.8	1.1	13.8	10.7	9.8	16.3	6.4	7.8
Zr	87.9	75.1	60.2	81.8	103.8	71.6	50.1	67.5	209.4	204	171.7	214.2	94.1	103.6
Zr/Y	2.698	3.611	2.379	2.114	2.682	2.996	1.687	2.509	5.769	4.679	4.347	5.622	5.408	5.34
Nb/Y	0.083	0.265	0.095	0.072	0.07	0.272	0.061	0.041	0.38	0.245	0.243	0.428	0.368	0.402
Fe/Mg	1.937	3.046	5.023	1.372	2.538	2.382	4.58	1.846	5.6	4.855	4.263	2.409	1.605	2.009
Ce/Y	0.768	1.99	0.763	0.602	0.168	0.36	0.677	0.483	1	0.892	0.727	0.772	1.132	1.026
Y/Nb	12.111	3.925	10.542	13.821	14.333	3.677	16.5	24.455	2.63	4.075	4.115	2.397	2.719	2.487
Ce/Nb	9.185	7.811	8.042	8.321	2.407	1.323	11.167	11.818	2.63	3.636	2.99	1.804	3.078	2.551
Zr/Nb	32.556	14.17	25.083	29.214	38.444	11.015	27.833	61.364	15.174	19.065	17.885	13.141	14.703	13.282

ÇAŞURTEPEFORMASYONUNUN JEOKİMYASI

analiz amacıyla derlenen örneklerin ana ve iz element analizleri XRF (X-Ray Flüoresans) tekniği kullanılarak Edinburgh Üniversitesi Laboratuvarlarında yapılmıştır. Örneklerin analiz için hazırlanma metodu Fitton ve Dunlop (1985)'de verilmiştir.

Ana- ve Iz- element kimyası

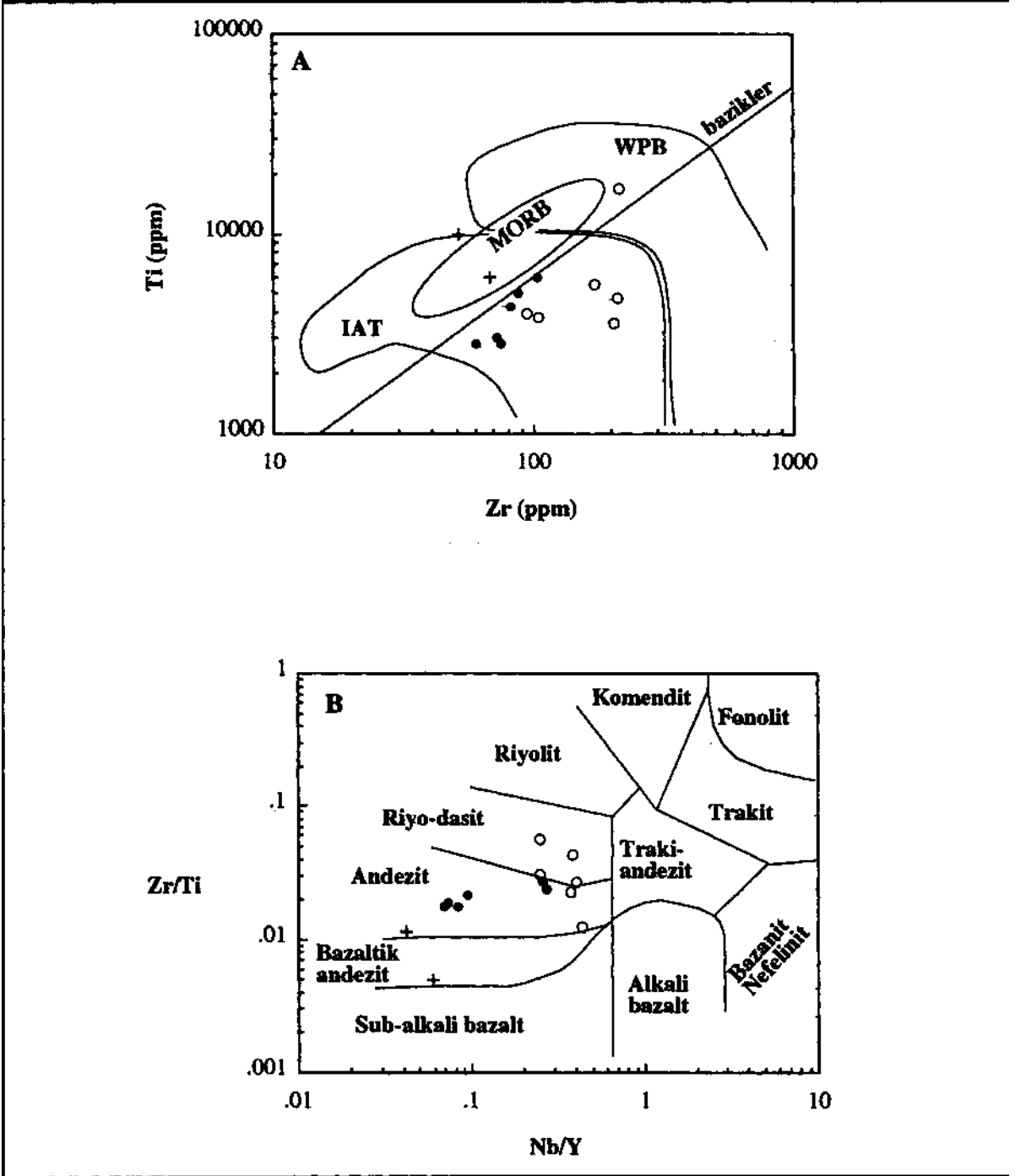
Analiz edilen dayk ve lavların ısı kayıp değerleri %5'e kadar çıkmaktadır. Bu da bu kayaların önemli oranda alterasyon geçirdiğini göstermektedir. Yeşilışt fasyesi metamorfizma koşulları altında Ti ve P dışında çoğu oksitlerin ve büyük iyonlu litofil elementlerin (Rb, Sr, Ba) mobil olduğu bilinmektedir (Pearce ve Cann, 1973). Bir elementin incelenen magmatik kayaç içinde ilksel değerini koruyup korumadığı, yukarıda belirtilen koşullar altında duraylı olduğu bilinen bir element karşısında bu elementin davranışını inceleyerek anlamak olasıdır. Burada, analiz edilen her elementin Zr karşısındaki dağılımı incelenmiş, sonuçta Çaşurtepe lavlarında K_2O , Na_2O , CaO , MgO , MnO , Sr, Rb, Ba konsantrasyonlarının da önemli oranda hidrotermal alterasyondan etkilendiği anlaşılmıştır. Dayklar göz önüne alındığında, yukarıdaki elementlere ek olarak SiO_2 'in de ilksel konsantrasyonunu kaybettiği anlaşılmaktadır (P.A. Ustaömer, 1996). Bu nedenle, aşağıda duraylı elementler göz önüne alınarak jeokimyasal değerlendirmeler yapılmıştır.

Volkaniklerden derlenen örneklerin SiO_2 değerleri $>54\%$ olup, MgO değerleri de $<6\%$, genellikle de $2-3\%$ arasında değişmektedir. Bu hali ile volkanik kayaçlar tipik olarak fraksiyasyona uğrayıp evrim geçirmiş bir magmadan kaynaklanmış görünmektedir (P.A. Ustaömer, 1996). Nitekim, Zr-Ti diyagramında (Pearce 1980; 1982) bu lavların hiç birisi bazik lav alanına düşmemiş, evrim geçirmiş lav-IAT (Island Arc Tholeiites-Ada yayı toleyitleri) alanında yer almışlardır (Şek. 4A). Bu nedenle bu kayaçları, son yıllarda orojenik kuşaklarda yer alan bazaltların püskürdükleri tektonik ortamı anlamak için yaygınca kullanılan, bazaltlar için geliştirilmiş ayırt diyagramlarında değerlendirmek olası değildir. Aynı diyagram üzerinde, Tüllükiriş plütonunu kesen iki dayk bazik alanda yer alırken, Kapıkaya plütonuna ait 5 dayk örneği evrim geçirmiş IAT alanına, 1 örnek ise bazik, WPB (Within Plate Basalt-Levha içi bazalt) alanına düşmüştür (Şek. 4A).

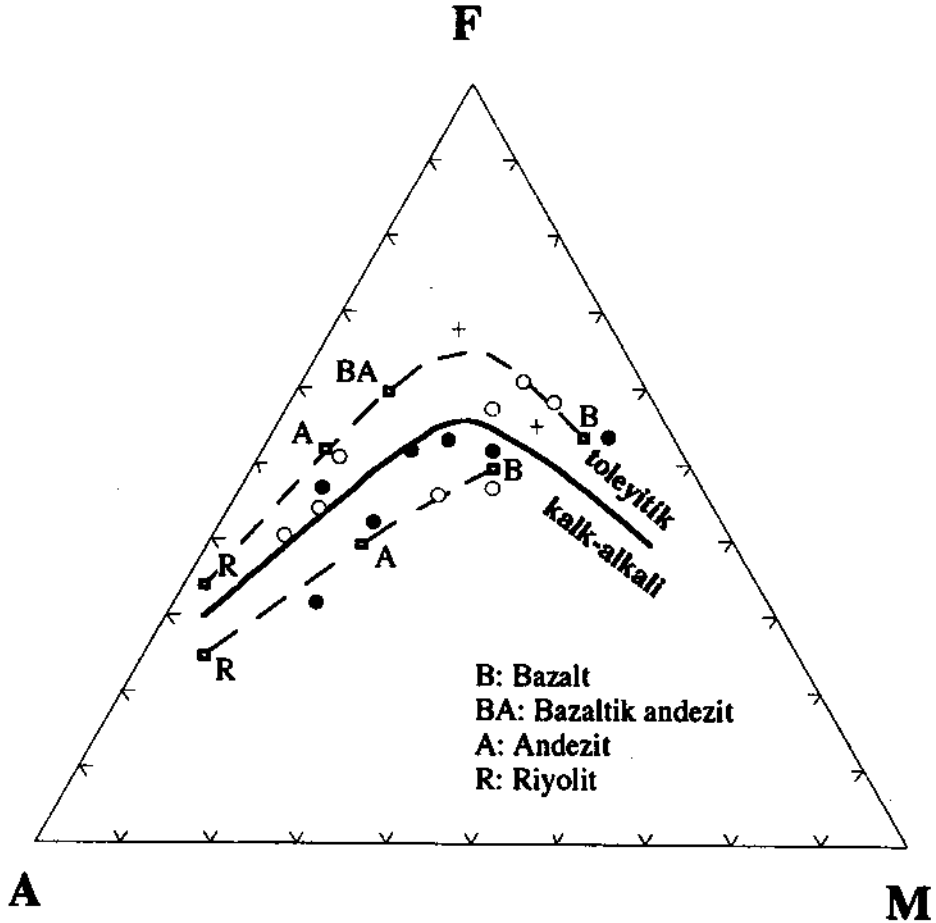
Örnekler Nb/Y-Zr/Ti adlama diyagramına (Winchester ve Floyd, 1977) yerleştirildiğinde, Çaşurtepe formasyonu lavlarının genelde andezit bileşiminde oldukları, iki örneğin ise riyodasit alanına yakın yer aldığı gözlenir (Şek. 4B). Aynı diyagramda Kapıkaya plütonuna ait 4 örnek riyodasit, 2 örnek de andezit alanında yer almıştır. Ancak bu örneklerden biri andezit-riyodasit ayrım çizgisi üzerinde, diğeri ise bazaltik andezit-andezit ayrım çizgisi üzerindedir. Tüllükiriş plütonunu kesen daykların ise daha bazik oldukları ve bazaltik andezit alanında ve yakınında toplandıkları görülmektedir (Şek. 4B).

Çaşurtepe formasyonuna ait volkanik kayaçlar, dayklardan alınan örnekler ile birlikte AFM üçgen diyagramı üzerine yerleştirildiğinde, kalk-alkali trendleri gösterdikleri görülmektedir (Şek. 5). Bu diyagramda dayklar ise toleyitik trendler vermektedir. (Ancak, bu diyagramda kullanılan elementlerin mobil oldukları yorumlama sırasında göz önüne alınmalıdır).

Çaşurtepe volkanik kayaçları Sun ve McDonough (1980) normaizasyon değerleri kullanılarak hazırlanan örümcek diyagramlar üzerinde değerlendirilmiştir (Şek 6). Daykların MORB'a normalize edildiği diyagramlarda (Şek. 6A,B), her iki dayk grubu içinde hafif nadir toprak elementlerine (La, Ce, Nd) oranla Nb fakirleşmesi karakteristik olarak gözlenmektedir. Kapıkaya plütonunu kesen dayklara ait desenler incelendiğinde, kalk-alkali volkaniklerin özelliklerini yansıtan LIL (Large Ion Lithophile-Büyük iyon litofil) elementi (Sr, K, Rb, Ba) zenginleşmeleri ve Zr'a göre Ti fakirleşmesi görülmektedir. Tüllükiriş daykları ise ada yayı toleyitlerine benzer ve görelî olarak da düz paternler göstermektedir. Çaşurtepe volkaniklerinin LIL elementlerince zenginleştiği, LREE (Light Rare Earth Elements-Hafif nadir toprak elementler)e göre Nb'ca fakirleştiği, Zr'a göre Ti'un da belirli oranda fakirleştiği görülmektedir (Şek. 6C). Kapıkaya plütonunun çalışma alanı doğusunda, Dorukhan kesimindeki devamından alınan iki adet dayk örneğinin örümcek diyagramında da (Şek. 6D). LIL element zenginleşmeleri, La'a oranla Nb fakirleşmesi gözlenmektedir. Ancak, bu dayk örnekleri, Nb-Y arasındaki elementler bakımından MORB'a göre fakirleşmiş olmalarıyla diğer dayklardan farklılıklar sunar.



Şek. 4- A- Zr'a karşı Ti diyagramı (Pearce, 1982) üzerinde Çaşurtepe formasyonu ile dayklara ait veriler görülmektedir (IAT- Ada yayı toleyitleri; MORB- Okyanus ortası sırtı bazaltları; WPB- Levha içi bazaltları). B- Nb/Y'a karşı Zr/Ti adlama diyagramı (Winchester ve Floyd, 1977) üzerinde Çaşurtepe formasyonuna ve dayklara ait veriler birlikte değerlendirilmiştir. Açıklama için metine bakınız (İçi dolu olan daireler Çaşurtepe lavlarını, içi boş daireler Kapıkaya Plütonunu kesen, artı şekli ise Tüllükiriş Plütonunu kesen granit içi daykları göstermektedir).



Şek. 5- Volkanik kayalara ve daykara ait verilerin AFM üçgen diyagramı (Ayırt çizgisi Irvine ve Baragar, 1971'den alınmıştır), İçi dolu olan daireler Çaşurtepe lavlarını, içi boş olan daireler Kapıkaya Plütonunu kesen, artı şekli ise Tüllükiriş Plütonunu kesen granit içi daykaları göstermektedir.

Sr-Nd izotop kimyası

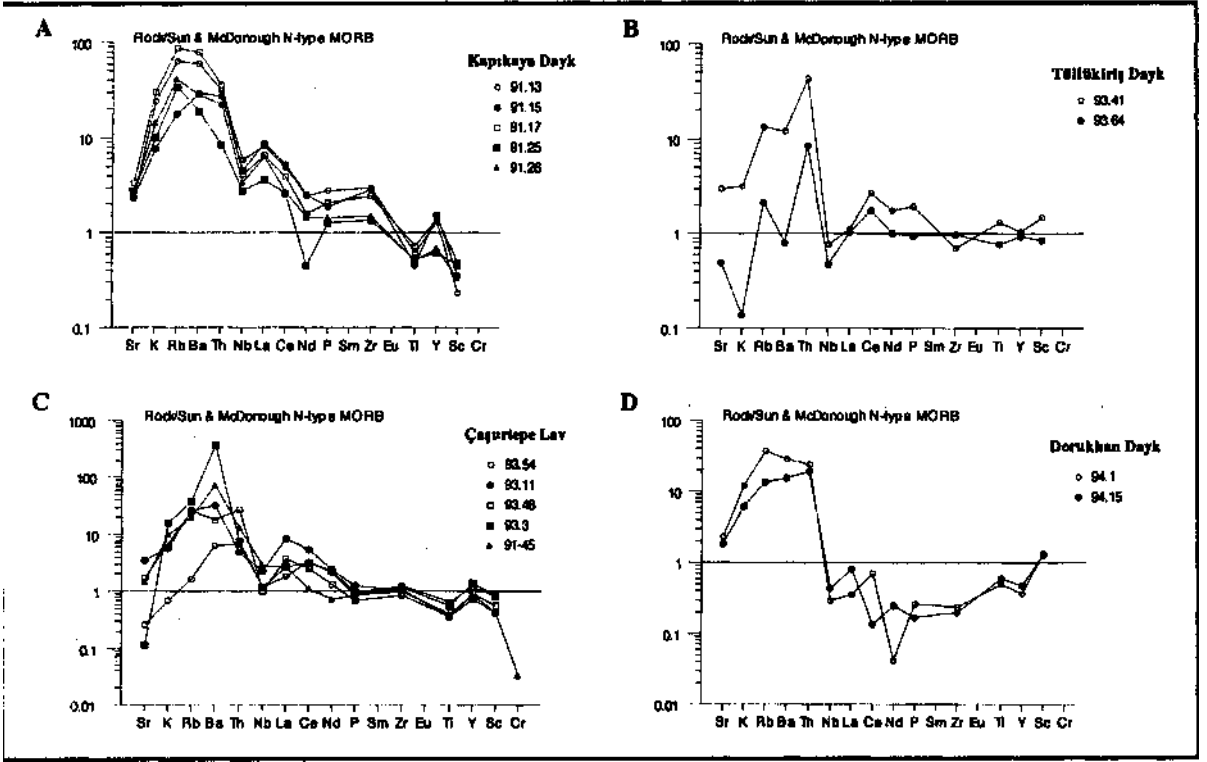
Bu çalışma sırasında 1 adet Sünnice grubu meta-graniti, 1 adet Çaşurtepe formasyonu lavı ve 4 adet BGK granitoyidi olmak üzere toplam 6 adet örneğin Rb, Sr, Sm ve Nd izotopları, SURRC (Scottish Universities Research and Reactor Centre) da analiz edilmiştir. Bu makalede Çaşurtepe formasyonundan alınan 1 adet örneğin analiz sonucu tartışılmaktadır.

Analiz edilen örneğin $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 550 milyon yıl model değeri 0.706482, $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ model değeri ise 0.512450 dir. 550 milyon yıl ^{143}Nd değeri ise 10.2'dir.

Bu değerler $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} - ^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ grafiğine yerleştirildiğinde (Wilson, 1989), analiz edilen örneğin tipik MORB değerlerinden ayrıldığı, okyanus içi ada yayları ile ilişkili bir alanda yer aldığı gözlenmektedir (Şek. 7). Nd izotop değerlerinin, alterasyon, sedimentasyon ve metamorfizma gibi kabuksal proseslerden etkilenmediği bilinmektedir (Wilkinson, 1982). Bu nedenle, Nd izotopları petrojenetik prosesler için daha güvenilir sonuçlar verir.

Jeokimyasal verilerin yorumu

Jeokimyasal veriler, Çaşurtepe formasyonuna ait



Şek. 6- Çaçurtepe formasyonu ve granit içi dayklara ait örneklerin Sun ve McDonough (1989) MORB normaizasyon değerleri kullanılarak hazırlanmış örümcek diyagramları. Açıklama için metine bakınız.

A- Kapıkaya Plütonunu kesen dayklar;

B- Tüllükiriş Plütonunu kesen dayklar;

C- Çaçurtepe lavlar;

D- Dorukhan dayklar (inceleme alanının doğusundan Kapıkaya Plutonunun devamından derlenmiştir).

lavların kalk-alkali karakterde, fraksiyonel kristalizasyon sonucu evrim geçirmiş andezitik lavlar olduğunu göstermektedir. Örümcek diyagramlarda gözlenen desenler de, bir yitim zonuyla ilişkili kalk-alkali volkanik kayaların desenleri ile uyum içindedir. LİL-element zenginleşmeleri ve Ce'a oranla Nb fakirleşmesi, yitim zonu lavlarının karakteristiğidir. Granit iç dayklar da benzer şekilde bir yitim zonu üzerinde gelişmiş ergiyikler ile ilişkili görünmektedir. Tüllükiriş dayklarıma oranla Kapıkaya daykları tipik kalk-alkali trendler sunmakta, Tüllükiriş daykları ise ada yayı toleyitlerine benzer desenler vermektedirler.

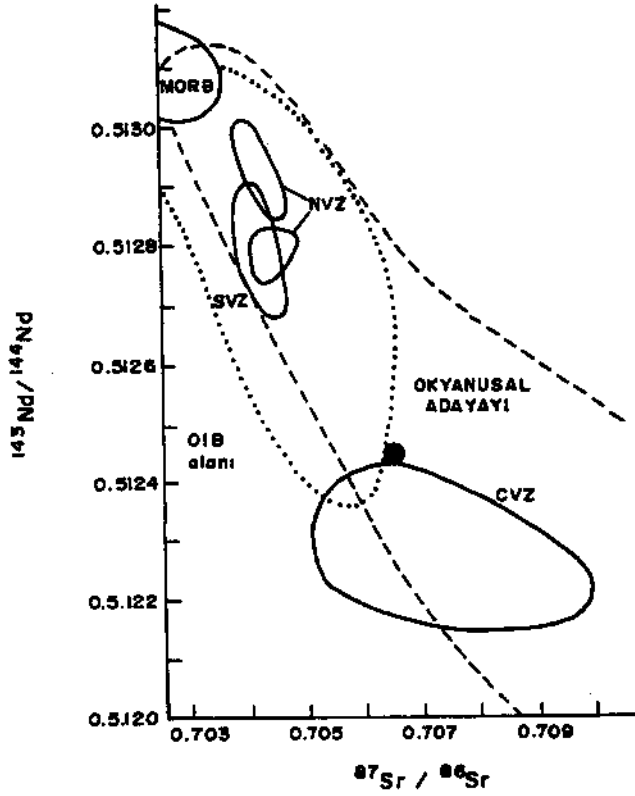
Magmatik ve volkanik kayalar bir arada değerlendirildiğinde, Bolu-Yedigöller arasında yer alan Alt Ordovisiyen öncesi yaşlı magmatik kayalar bir yitim zo-

nu ile ilişkili toleyitik ve kalk-alkali kimyaya sahip intruzif ve ekstruziflerin bir arada geliştiği, yarı olgun yay ortamını yansıtmaktadır (P.A. Ustaömer, 1996).

TARTIŞMA

inceleme sahasında, Alt Ordovisiyen yaşlı karasal kırıntılı kayalar (Işığandere formasyonu), kendilerinden daha yaşlı kayaları açısız uyumsuzlukla örterler. Bu kırıntılıların içinde Sünnice grubu, granitoidler ve Çaçurtepe formasyonuna ait çakıllar bol oranda bulunmaktadır. Bu da, Alt Ordovisiyen öncesi yaşlı temel kayalarının Işığandere formasyonu çökelişi öncesinde minimum 5 km. yükselerek bir kaynak alan yarattığını göstermektedir.

ÇAŞURTEPE FORMASYONUNUN JEOKİMYASI



Şek. 7- $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 'a karşı $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ izotopları grafiği üzerinde Çaşurtepe formasyonuna ait örnek görülmektedir. Grafik üzerinde NVZ (North Volcanic Zone-Kuzey Volkanik Zonu), CVZ (Central Volcanic Zone-Orta Volkanik Zon) ve SVZ (South Volcanic Zone-Güney Volkanik Zonu) ile ifade edilen Andlar'daki aktif volkanik zonlara ait veriler ile MORB (Mid-Ocean Ridge Basalt) ve OIB (Oceanic Island Basalt) alanları Wilson (1989)'dan alınmıştır.

Sünnice grubu amfibolit fasiyesinde metamorfizmaya uğramış migmatitik bir topluluktur ve oluşumu daha derin kıtasal kabuk koşullarına işaret etmektedir (P.A Ustaömer, 1996). Granitoidler tipik olarak kalk-alkali ve I-tipi, bazı alanlarında ise kıta kabuğundan büyük ölçekli kirlenmeler nedeniyle S-tipi karakteristikleri sunarlar. Esas olarak mantodan sağlanmış ve büyük ölçüde kıta kabuğundan kirlenmiş, yay magmatizması ürünü olduğu düşünülen bir ergiyiğin, kabuğun sığ derinliklerine yerleşmesi ile gelişmiş sığ sokulum kayaçlarıdır. (P.A. Ustaömer, 1996). Bu intruzyonlar lamprofir ve apilit daykları ile kesilir. Daykların gerek doğrultularının, gerekse bileşimlerinin plutonlar ile uyumlu olması bunların plutonların kökeninde yer alan magmanın kalıntı ergiyiklerinden türediğini düşündürmektedir. Dayklardan elde edilen, ana- ve iz- element bileşenlerine ait kimyasal analiz sonuçları da bu görüşü destekler nite-

lidir. Özetle, granitoidler içinde gözlenen dayklar, granitoidlerin kimyasına uygun olarak bir yitim zonu üzerinde gelişmiş magmatizmayı yansıtmaktadır.

Çaşurtepe formasyonu ise yaklaşık 5 km. yapısal kalınlığa sahip, andezit bileşiminde lavların egemen olduğu, daha az oranda dasit-riyodasit ve riyoitlerin bulunduğu yitim ile ilişkili kalk-alkali bir volkanik topluluktur. Birimin üst kesimlerinde volkaniklastik Sedimentlerin de istife katıldığı gözlenir.

Bu bulgular ışığında, granitoidler ile volkanik istifin aynı tektonik ortam içinde geliştiği düşünülebilir. Yani, volkanik dizi yay magmatizmasının yüzey ürünleri olarak kabuğun üzerinde gelişirken, yay gelişiminin ileri evrelerinde granitler bu volkanik istifin içine yerleşmişlerdir (Şek. 8). Bu durum, magmatik yaylarda yaygınca

ÇAŞURTEPEFORMASYONUNUN JEOKİMYASI

görülmektedir (ömeğin And dağları ve Jura-Kretase D Pontid yayında olduğu gibi; Pitcher, 1982; Tokel, 1995).

Tüm veriler, Alt Ordovisyen öncesinde yitim ile ilişkili bir yay magmatizmasına işaret etmektedir.

Okyanus içi veya kıta kenarı yay magmatizması

Çaşurtepe formasyonunun stratigrafik tabanı gözlemediğinden, birimin bir okyanusal kabuk üzerinde mi yoksa bir kıtasal kabuk üzerinde mi geliştiği bilinmemektedir.

Magmatik ve volkanik serinin gelişimi için iki farklı model önerilebilir. Bunların birincisi (Şek. 8A), Çaşurtepe formasyonunun bir aktif kıta kenarı yay magmatizmasının yüzey ürünleri, BGK'na ait intruzyonların ise yayın evriminin ileri aşamalarında volkanik dizi içine yerleşmiş granitler olduğu şeklindedir. Bu modelde Sünnice grubu yay magmatizmasının üzerinde geliştiği kıtasal temeli oluşturmaktadır. Alt Ordovisyen öncesinde bu temel derin kabuk koşullarından sıyrılarak, normal faylar egemenliğinde yükselmiştir (Şek. 80). İkinci modelde ise kalk-alkali magmatizma bir okyanus içi yayını yansıtmaktadır (Şek. 8B). Bu modelde Sünnice grubu ayrı bir kıtasal dilimi yansıtmaktadır ve Alt Ordovisyen öncesinde, a) okyanus içi yay ile çarpışarak derine gömülmüş, daha sonraki gerilme rejimi altında ise yükselmiştir (Şek. 8B1); veya b) okyanus içi yay kıta kenarına yakın bir yaydır ve aktif kenarın ileri aşamasında yakınındaki kıtasal kabuğun üzerine itilmiştir (Şek. 8B2). İkinci model, günümüzdeki kayaç dağılım deseninin önemli oranda Ordovisyen sonrası tektonizmadan etkilenmesini gerektirmektedir.

Çaşurtepe formasyonu, granitoidlerle birlikte Sünnice grubu üzerinde tektonik olarak yer almaktadır. Dokanak boyunca bir yığışım kompleksi veya bir ofiyolitli melanj bulunmamaktadır. Bu nedenle de bu dokanağın, eldeki veriler ile bir kenet zonunu yansıttığı söylenemez. Sünnice grubunun kendisi de bir yığışım kompleksi özelliğini taşımamaktadır. Çünkü birim granitik ergiyiklerin yerleştiği bir tek-düze gnays-amfibolit ardalanmasından oluşmaktadır, içinde ofiyolit dilimleri ve mavişist blokları yoktur. Bu nedenle önerilen birinci model daha uygun gözükmemektedir.

Bu makale şimdiki Batı Pontid tektonik kuşağında, İstanbul Paleozoyik istifinin tabanında Alt Paleozoyik öncesi döneme ait Kadomiyen aktif kenarının ürünü bir yayın gelişmiş olduğu konusunda ilk verileri ortaya koymaktadır (P.A. Ustaömer, 1996; P.A. Ustaömer ve Kipman, 1997). Benzer tektonik olaylar Avrupa'da Kadomiyen kenarları boyunca yaygınca gelişmiştir (Haydudov, 1995; Göncüoğlu, 1997).

KATKI BELİRTME

Bu çalışma, İstanbul Üniversitesi Araştırma Fonu tarafından desteklenmiştir (Proje No: 593/171193). LU. Araştırma Fonu Sekreterliğine ve Saymanlığına sağlanmış oldukları mali destek için teşekkür ederiz. Yazarlar kimyasal analizlerin Edinburgh Üniversitesinde yapılmasını sağlayan Prof. Dr. Alastair H.F. Robertson'a ve izotop analizleri için de SURRC (Scottish Universities Research and Reactor Center)'den Dr. Graeme Rogers'a sağlanmış oldukları destek için ve bu çalışmayı inceleyen ve eleştirileri ile yönlendiren Prof. Dr. Yücel Yılmaz'a, bu makaleye katkıları olan Dr. Timur Ustaömer'e ve Dr. Mehmet Keskin'e ayrıca teşekkür ederler. Bu makaleye yapıcı eleştirileriyle katkıda bulunan hakemlere de teşekkür ederiz.

Yayına verildiği tarih, 20 Ocak 1997

DEĞİNİLEN BELGELER

Abdüsselamoğlu, M.Ş., 1977, The Palaeozoic and Mesozoic in the Gebze region-Explanatory text and excursion guidebook: 4th Colloquium on the Aegean Region, Excursion 4. İTÜ Maden Fak., İstanbul.

Aktimur, T.; Algan, Ü.; Ateş, Ş.; Oral, A.; Unsal, Y.; Karatosun, H.; Öztürk, V. ve Sönmez, M., 1983, Bolu ve yakın çevresinin yerbilim sorunları ve muhtemel çözümleri Rap. 1385, (yayımlanmamış), Ankara.

Arpat, E.; Tütüncü, K.; Uysal, S. ve Göğçer, E., 1978, Safarbolu yöresinde Kambriyen-Devoniyen istifi: TJK 32. Bilimsel ve Teknik kurultayı, Bildiri Özetleri Kitabı, 67-68.

Aydın, M.; Serdar, H.S.; Şahintürk, Ö.; Yazman, M.; Çokuğraş, R.; Demir, O. ve Özçelik, Y., 1987, Çamdağ (Sakarya)-Sünnicedağ (Bolu) yöresinin jeolojisi. TJK Bülent, 30, 1-14.

- Biberoğlu, S., 1984, Yiğilca (Bolu) güneydoğusunun jeolojisi: Yüksek Lisans tezi İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 104 s., (yayımlanmamış).
- Blumenthal, M., 1949, Bolu civarı ile aşağı Kızılırmak mecrası arasındaki Kuzey Anadolu Silsilesinin jeolojisi: MTA yayl., seri: B 13.
- Canik, B., 1980, Bolu sıcak su kaynaklarının hidrojeoloji incelemesi: Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi Yayl. No. 1,74 s.
- Cerit, O., 1990, Bolu Masifinin jeolojik ve tektonik incelenmesi: Doktora tezi Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 217 s. (yayımlanmamış).
- , 1995, Bolu Masifinde Alt Paleozoyik yaşlı magmatizma (Bolu kuzeyi): KTÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü 30. Yıl Sempozyumu Bildiri Özleri, 16-20 Ekim, Trabzon, s. 21.
- ve Batman, B., 1992, Pre-Mesozoic Stratigraphy and evolution of Bolu Massive (Turkey NW). ISGB-92, Abstract, s. 20 Ankara.
- Erendil M.; Aksay, A.; Kuşçu I., Oral, A.; Tunay, G. ve Temren, A. 1991, Bolu Masifi ve çevresinin jeolojisi: MTA Arşivi Rap. 9425, (yayımlanmamış), Ankara.
- Fitton, J.G. ve Dunlop, H.M., 1985, The Camerron line, West Africa and its bearing on the Origin of oceanic and Continental alkali basalts. Earth and Planetary Science Letters, 72, 23-38.
- ; James, D.; Kempton, P.D.; Ormerod, D.S. ve Leeman, W.P., 1988, The role of lithospheric Mantle in the generation of Late Cenozoic basic magmas in the Western United States: J. Petrol. Spec. Lithospheric issue, 331-349.
- Göncüoğlu, C., 1997, Distribution of Lower Palaeozoic rocks in the Alpine terranes of Turkey; Palaeogeographic Constraints: TPJD Sepcial Publication, 3, 13-23.
- Görmüş, S, 1980, Yiğilca (Bolu NW) yöresinin jeolojik incelenmesi: Doktora tezi. Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 210 s.
- Haas, W. 1968, Das Alt-Palaozoikum von Bithynien: N., Jb., Gel., Paläont., Abh., 131 178-242.
- Haydutov, I., 1995, Pan-African structures along the South European suture zone: A. Erler, T. Ercan, E. Bingöl, S. Örcen (eds): Proceedings of the International Symposium on the Geology of the Black Sea Region, 3-10.
- Irvine, T.N. ve Baragar, W.R., 1971, A guide to the chemical classification of the common volcanic rock: Canadian Journal of Earth Sciences, 8, 523-548.
- Kaya, O., 1978. Marmara Denizi doğu çevresinin yaşlı tektoniği: TPAO Arama Grubu Arşivi, Rap. 1020, Ankara.
- , 1982, Ereğli, Yiğilca, Bolu Kuzey, Mengen alanlarının stratigrafi ve yapı özellikleri: TPAO Arama Grubu Arşivi, Rap. 1639, Ankara.
- Ketin, I. ve Gümüş, Ö., 1962, Sinop, Ayancık ve güneyinde III. Bölgeye dahil sahalarn jeolojisi hakkında rapor: Ml. TPAO Grubu Arşivi, Rap. 213-288.
- Mugan-Ustaömer, P.A., 1992, Tectonic setting and emplacement of the Bolu Granitoid Complex, W Pontides, N Turkey: Abstract, Keele.
- Okay, A.I., 1989, Alpine-Himalayan Blueschists. Ann. Ren. Earth Planet Sci., 17, 55-87.
- Önalın, M., 1981, istanbul Ordovisiyen ve Silüriyen istifinin Çökeltme Ortamları: LU. Yerbilimleri Derg. 2, 161-177.
- Özaltın, M., 1984, Yiğilca (Bolu) güneydoğusunun jeolojisi: İTÜ Fen Bilimleri enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 75 s. (yayımlanmamış).
- Pearce, J.A., 1980, Geochemical evidence for the genesis and eruptive setting of lavaş from Tethyan ophiolites. A. Panayiotou (ed): Proceedings of the international Ophiolite Symposium, Cyprus, 1979, 261-272.
- , 1982, Trace element characteristics of lavaş from destructive plate boundaries; Thorpe, R.S. (eds): Orogenic Andesites and Related Rocks, Wiley, London, 525-48.

ÇAŞURTEPE FORMASYONUNUN JEOKİMYASI

- Pearce, J.A. ve Cann, J.R., 1973, Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analysis. *Earth and Planetary Science Letters*, 19, 290-300.
- Pitcher, W. S., 1982, Granite type and tectonic environment: In K.J. Hsü (ed.) *Mountain Building Processes*, 19-40.
- Robertson, A.H.F. ve Dixon, J.E., 1984, Introduction: aspects of the geological evolution of the Eastern Mediterranean. J.E. Dixon ve A.H.F. Robertson (eds): *The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean*. Geological Society of London Special Publication, 17, 1-74.
- Serdar H.S., ve Demir, O., 1983, Bolu-Mengen-Devrek dolayının jeolojisi ve petrol olanakları: TPAO Arama Grubu Arşivi, Rap. 1781.
- Seyitoğlu, G., 1984, Sünnice tepe (Bolu) güneyinin jeolojisi: İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans tezi 30 s (yayımlanmamış).
- Sun, S.S. ve McDonough, W.F., 1980, Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes: A.D. Saunders ve M.J. Norry (eds): *Magmatism in the Ocean Basins*. Geological Society of London Special Publication 42, 313-347.
- Şengör, A.M.C. ve Yılmaz, Y., 1981, Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach: *Tectonophysics* 75,181-241.
- , Yılmaz, Y. ve Sungurlu, O., 1984, Tectonics of the Mediterranean Cimmerides: nature and evolution of the western termination of Palaeo-Tethys: J.E. Dixon ve A.H.F. Robertson (eds): *The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean*. Geological Society of London Special Publication, 17, 77-111.
- Tokel, S., 1995, Magmatic and geochemical evolution of the Pontide segment of the northern Tethys subduction system: A. Erler, T. Ercan, E. Bingöl, S. Örgen (eds): *Proceeding of the International Symposium on the Geology of the Black sea Region*, 163-170.
- Ustaömer, P.A.M., 1996, Bolu-Yedigöller Granitik Kayaçlarının Petrojenezi ve Metalojenezi: İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi (yayımlanmamış), Maden Yatakları-Jeokimya programı, 196 s.
- Ustaömer, P.A. ve Kipman, E., 1997, Remnant of a pre-Early ordoevician Cadomian active margin in W Pontides, N Turkey: EUG 9 Meeting, Abstract, France, p. 382.
- Ustaömer, T. Ve Robertson, A.H.F., 1993, Late Palaeozoic-Early Mesozoic marginal basins along the active Southern Continental margin of Eurasia: evidence from the Central Pontides (Turkey) and adjacent regions: *Geological Journal*, 28, 3-4, 219-238.
- Wilkinson, J.F.G., 1982, The genesis of Mid-Ocean Ridge Basalts: *Earth Science Reviews*, 18, 1-57.
- Wilson, M., 1989, *Igneous Petrogenesis*. Unwin Hyman. 466 s.
- Winchester, J.A. ve Floyd, P.A., 1977, Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements: *Chemical Geology*, 20, 325-343.
- Yazman, K.M.; Aydın, M.; Serdar, H.S.; Şahintürk, Ö.; Demir, O. ve Çokuğraş, R., 1984, Sakarya-Çamdağ, Akçakoca-Kapiandededağ, Ereğli-Orhandağ, Bolu-Sünnicedağ ve Mengen yörelerinin jeolojisi: TJK 38. Bilimsel Teknik Kurultayı Bildiri özetleri.
- Yılmaz, O., 1980, Daday-Devrekani Masifinin kuzeydoğu kesiminin litostratigrafik birimleri ve tektoniği (Batı Pontidler, Türkiye); *Yerbilimleri*, 5-6, 101-135.