

## SİVRİHİSAR-BEYPAZARI-AFYON CİVARI MAGMATİTLERİN JEOLJİSİ VE BİRBİRİ İLE İLİŞKİLERİ

Ümit AYDIN\*, Ramazan DOĞAN\*\* ve  
Faik Engin ORTAÇ\*

### ÖZ

Bu çalışma Asidik Magmatizmaya Bağlı Maden Yataklarının Araştırılması Projesi kapsamında (2005-2006) gerçekleştirilmiştir. Çalışma sahasındaki kayaç örnekleri incelendiğinde alınan örneklerin büyük kısmının I-tipi granit sınıfına ait olduğu görülmüştür. Çalışma sahasındaki granitoidlere ait örneklerin çoğunun sub-alkali, bir kısmının alkali karakter sunduğu gözlenmiştir. Çalışma sahasının kuzey-kuzeydoğusunda yer alan Beypazarı granitoidlerinin  $SiO_2$  içerikleri nedeniyle daha asidik, Sivrihisar civarındaki granitoid örneklerinin ortaç bileşimde oldukları gözlenmiştir. Bu örneklerden sub-alkali karakter sunan örneklerin tamamının kalkalkalin bölümünde yer aldığı gözlenmiştir.

Afyon ve civarındaki volkanitlere ait örneklerin saha ve petrografik tanımlamaya uygun olarak büyük bölümünün alkalin olduğu belirlenmiştir. Örneklerin bir kısmı ise yine saha ve petrografik tanımlamalara uyumlu olarak dasit-riyolit-andezit olarak sınıflandırılmış olup sub-alkali karakter sunmaktadır. Bazı örneklerde alkalin magmatizmayı işaret eden egirin, nefelin minerallerine rastlanmıştır. Magmatizma genellikle Helen Yayına dik olarak oluşmuş KD-GB yönlü transtansiyonel kırık hatları boyunca gelişmiştir. Magmatizma kıta kabuğu ile manto malzemesinin karışımından oluşmakta, manto malzemesinin etkinliği magmatizmanın son fazlarına doğru çok daha fazlalaşmaktadır. Kıta kabuğunun kalınlığı ve cinsi ile magmaların farklılaşma süreçleri magmatizmanın ve maden yataklarının karakterinde önemli rol oynamıştır. Kıta-okyanus kabuğu sınırları ile sıkışmaya dik olarak gelişmiş büyük yapısal faktörler de cevherleşme ve sıcak suların oluşumunda etkin rol oynamışlardır.

Çalışma sahasındaki magmatizmayı incelediğimizde K15-30D doğrultuda magmatik faaliyetlerin etkin olduğunu gözlemlenmiştir. Kuzeyde Beypazarı Granitoidleri kalkalkalen, Sivrihisar civarında alkalin ve kalkalkalen, Afyon ve civarında büyük kısmı alkalin ve Isparta civarında ise alkalin bir magmatizma gözlenmektedir. Zaman olarak bunlar birbirinden farklı gibi görünse de tektonik faaliyetin zamana bağlı olarak arttığını ve böylece kuzey kısımda göreceli olarak yoğun kabuksal kirlenme söz konusu iken güney kısımda daha az kabuksal kirlenmeden bahsedilebilir. Paleosen, Eosen (?) ve Miyosen'de manto yükselimi ile ilişkili olarak kalkalkali, daha sonra ise alkali karakterdeki kayaçların oluştuğu yapılan çalışmalar neticesinde görülmüştür. Kalkalkali kayaçların asidik fazlarına bağlı olarak Fe, Cu, Pb, Zn gibi baz metaller ve değerli metaller, alkali kayaçların asidik fazlarına bağlı olarak da F, Ba, Th, B, trona ve diğer EHM'lerin oluştuğu, maden yataklarının ve sıcak su hazne kayaçlarının asidik fazların etkin olduğu kuzeydoğu-güneybatı zonlar boyunca aranması gerektiği sonucuna varılmıştır.

### GİRİŞ

#### Çalışmanın Amacı

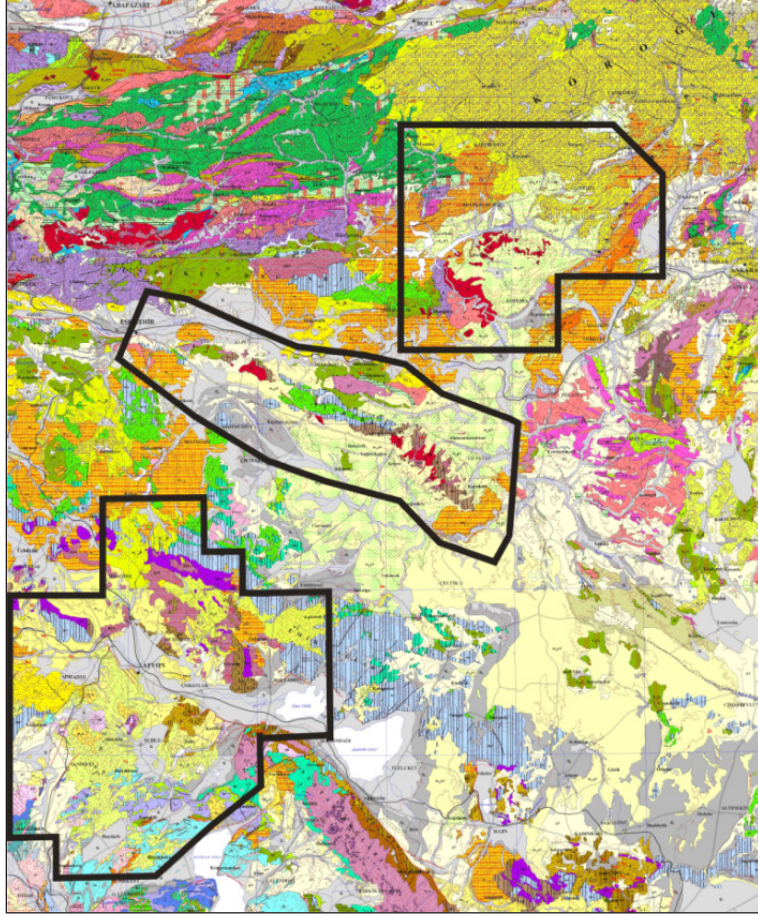
Asidik Magmatizmaya Bağlı Maden Yataklarının Araştırılması Projesinin amacı; magmatik kayaçları ve asidik magmatizma sonucunda oluşmuş maden yatak ve zuhurlarını tanımlamak, magmatizma ve cevherleşmeler arasındaki ilişkileri araştırmak ve bölgesel cevher oluşum modelleri ortaya koyarak maden aramaları için yeni hedef sahalara tespit etmektir. Kısacası hangi madenin nerede aranması konusunda bilgiler üretmektir.

#### Çalışma Alanı ve Süresi

Çalışma 2005 yılında Sivrihisar-Beypazarı civarındaki magmatik kayaçlar ve 2006 yılında Afyon civarındaki magmatik kayaçlar üzerinde çalışılmış olup, çalışılan alanlar aşağıda gösterilmiştir (Şekil 1).

\*Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Maden Etüt ve Arama Dairesi, Ankara. e-posta: umit.aydin77@gmail.com

\*\*Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü



Şekil 1- Çalışma alanları.

## Araştırma Yöntemleri

Çalışma sahasında daha önce yapılmış çalışmalar ile ilgili harita ve raporlar toplanmakta ve arazi çalışmalarından önce bir ön değerlendirmeye tabii tutulmaktadır. Bölgesel ölçekte hazırlanmış jeolojik, jeokimyasal ve jeofizik haritaların yorumlanması sonucunda magmatizma ve cevherleşmenin oluşumu konusunda belirli teoriler üretilmekte, bu teoriler arazi çalışmalarında elde edilen verilerin ışığında değerlendirilerek jeolojik açıdan yeni oluşum modelleri üretilmektedir.

Jeoloji Etütleri Dairesi Başkanlığı tarafından hazırlanan 1/100.000 ölçekli jeolojik haritalarda gösterilen asidik magmatik kayalarla ilgili olabilecek jeolojik birimler arazide daha detay tanımlanmaktadır. Bunun için önce magmatik kayaların uzaktan genel görünüşlerine dikkat edilmekte, arazinin morfolojik özelliğine, toprak ve kayalarındaki renk,

doku ve yapı özelliklerine göre magmatik kayaların batolit, intrüzyon, stok, dayk, volkan bacası, lav, ignimbrit, tuf veya diğer volkanoklastik kayalara özgü oluşum şekilleri uzaktan tespit edilerek magmatizmanın yerleşim özelliği hakkında bilgi edinilmektedir.

Kayaçların mineralojik bileşimlerine ve yapı-doku özelliklerine göre kayaçlar arazide, mostra başında isimlendirilmektedir. Kayaçların isimlendirilmesinde Streickeisen (1976) tablolarından yararlanılmaktadır. Kayaç tanımlanmaları nokta bazında değil 50-100 m genişliğinde bir alan içindeki mostralar değerlendirilerek yapılmaktadır. Kayaçlardaki değişimler arazi profilleri boyunca izlenmekte, tedrici veya kesin değişimler not edilmektedir. Arazide yapılan kayaç isimlendirmelerinin doğruluğu daha sonra laboratuvarında yapılan petrografik-mineralojik ve jeokimyasal analizler ile kontrol edilmektedir.

## Önceki Çalışmalar

Çalışma sahasında daha önceki magmatik kayaların petrografik ve kimyasal özelliklerini ortaya çıkarmak için birçok çalışma yapılmıştır.

Kadioğlu (1996), Sivrihisar (Eskişehir)'in kuzeybatısında yer alan Karakaya Köyü civarında yaptığı çalışmada Karakaya granitleri içerisindeki anklavların mineral kimyası ve petrografik özelliklerinden yararlanarak kökenini saptamaya çalışmıştır. Biyotit granit ve anklavlar üzerinde yaptığı detay petrografik ve elektron mikroprob çalışmaları sonucunda Karakaya granitinin katılaşmadan önce kendisinden daha bazik bir magma ile karışarak hibrid bir magmanın kristallenmesi neticesinde oluştuğu sonucuna varmıştır.

Savaşçın ve Oyman (1998), Kırka-Afyon-İsparta arasındaki alkali volkanik kayaların tektonomağmatik evrimine yönelik çalışmalarında, bu alanlardaki volkanik kayaların tümü ile alkali karakterde olduğunu belirtmişlerdir. Volkaniklerin Kırka'dan İsparta'ya doğru gençleştiğini (21-4 my) ve alkaliden hiperalkaliye değiştiğini belirtirler. Kırka'dan İsparta'ya doğru uzanan K-G yönlü çizgiselliği Helen ve Kıbrıs yay sistemlerini birbirinden ayıran transform fay sistemi olarak tanımlamışlar ve volkaniklerin bu sistemle ilişkili geliştiğini belirtmişlerdir.

Uğur (2004), Tahir (Beypazarı) magmatik kayalarının jeolojisi ve petrografisi adlı yüksek lisans tezinde Tahir (Beypazarı) granitoidlerinin kıtakabuğu kökenli bir magmadan türediği ve içerisine daha derinlerden gelen mafik getirimleri aldığı belirtilmiştir. Bunların kristalizasyona ve diferansiyasyona uğrayan Volkanik Adayayı Granitleri (VAG) olduğu ve bu granitoidler içerisindeki anklavların ise kökensel açıdan nisbeten fazla yayımlı magma mixing/mingling ve daha az oranda görülen ksenolit anklavları olmak üzere iki ayrı kökene sahip olduğu sonucuna ulaşmıştır. Jeokimyasal ve jeokronolojik veriler ile arazi ilişkileri üzerine yaptıkları çalışmalar sonucunda her iki döneme ait bazaltların alkaline karakterde olduğu, kompleksin ana faz (andezitik) volkanikleri ile aynı yasta olan

Alt Miyosen alkali bazaltlarının, tortul havzaların gelişimiyle eş yaşlı olarak püskürdüğü, Üst Miyosen alkali bazaltlarının Neo-Tetis'in kuzey kolunun kapanmasını takiben gelişen lokal gerilme zonları içerisinde püskürmüş olabileceği kanısına varmışlardır.

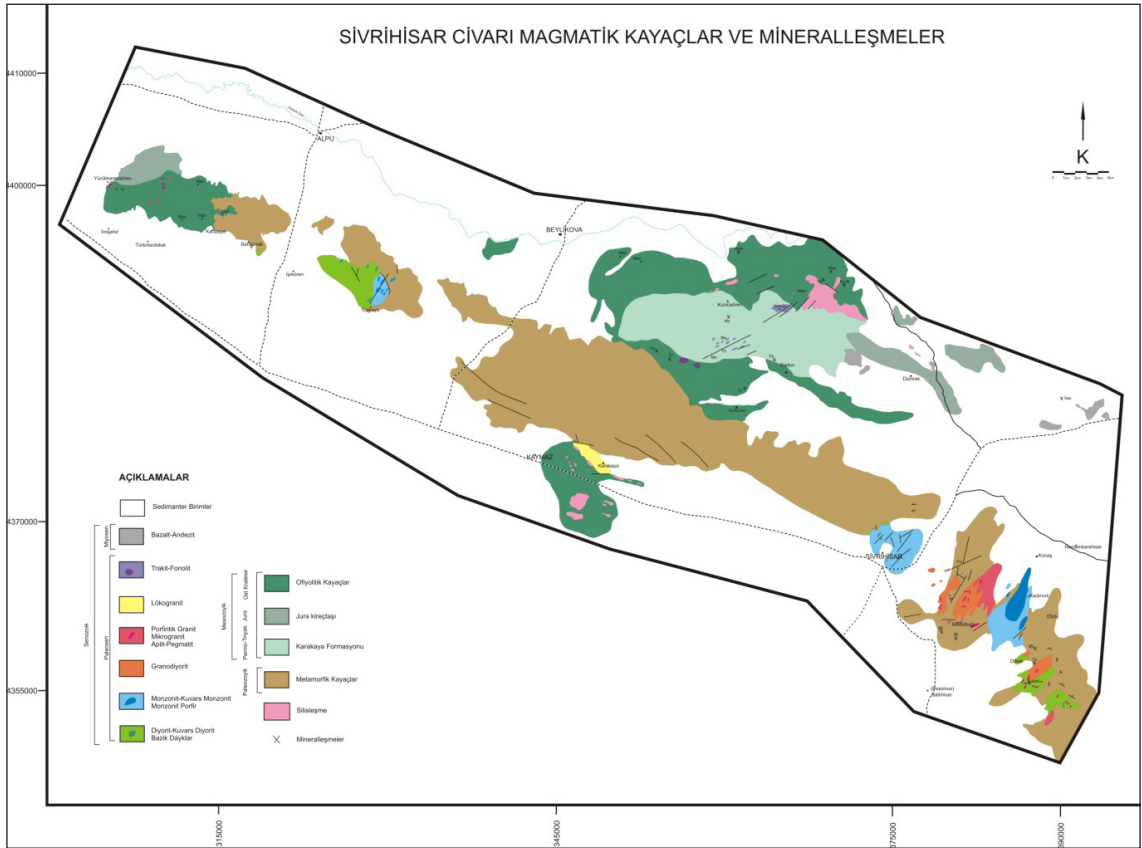
Dilek ve Altunkaynak (2010) çalışmalarında, Batı Anadolu'da K-G yönelimli alkaline volkanizmanın kuzeyden güneye gençleştiğini ve Miyosenden-Kuvaternere doğru bir gelişim gösterdiğini öngörmüşlerdir. Çalışmalarında, bölgedeki volkanizmayı, Seyitgazi-Kırka (SKV), Afyon-Şuhut-Sandıklı (ASSV) ve Isparta-Gölcük-Bucak (IGBV) olmak üzere 3 ayrı bölgede incelemişler ve buradaki potasik (şoşonitik)-ultrapotasik volkanizmaların zaman ve mekan bakımından yakın ilişkide olduklarını belirtmişlerdir. SKV'deki bazaltik trakiandezit-trakiandezit ve riyalit-ignimbirit (21-17 My) volkanizması yörede hüküm süren alkali volkanizmanın en eski safhasını oluştururken, ASSV'deki daha genç potasik kayalar (14-8 My) trakit ve trakiandezit bileşim sunmaktadır. Buna karşın, IGBV'deki en genç potasik volkanizma (4.7-4 ve 200-24 Ka) trakitik, trakiandezitik ve riyalitik bileşimlidir. Her üç bölgedeki ultrapotasik kayalar lamproitik ve Roman tipi arasında geçiş özelliği göstermektedir. Potasik, ultrapotasik kayaları ile IGBV'nin potasik kayaları benzer jeokimyasal özellikler göstermekte olup, hepsi de iri katyonlu litofil elementler ve hafif nadir toprak elementleri bakımından zenginleşme gösterirken, Nb, Ta ve Ti bakımından ise fakirleşme göstermektedir.

## Sivrihisar ve Civarındaki Magmatik Kayalar

### Granitoidler

Sivrihisar ve Eskişehir arasındaki orojenik kuşak ve bindirme hatları boyunca birçok granitoid yüzeylendiği halde, granitoidlerin daha çok bu hatta dik yönde gelişmiş, kuzeydoğu-güneybatı yönlü transtansiyonel yapılar boyunca uzanım gösterdiği saptanmıştır (Şekil 2). Saha gözlemleri ve petrografik tanımlamalara göre Sivrihisar ilçesinin güneydoğusundaki Tekören Köyü civarı ve





Şekil 2- Sivrihisar civarı magmatik kayaçlar ve maden yataklarını gösterir harita (MTA, 2002' den sadeleştirilmiştir).

İstiklalbağı Köyü kuzeyindeki granitoidlerin genelde granodiyorit-granitik bileşimli birimin kuzeydoğusunda ise porfiritik granit şeklinde olduğu saptanmıştır. Kadıncık ve Sadıkbağı köyleri arası kuvars monzonit ve porfiritik monzonit şeklinde, Dinek köyü civarında ve güneydoğusundaki magmatitler diyorit - kuvars diyorit ve onları kesen granodiyorit olarak ayrılanmıştır. Sivrihisar granitoidleri genelde granodiyorit, kuvars monzonit ve kuvars diyoritlerden oluşan birim yer yer petrografik tanımlamada lamprofirik damar kayacı olarak tanımlanan birimler tarafından kesilmektedir. Kaymaz civarında granitoidler, ofiyolitleri keser konumda feldispatlı, yoğun kuvars minerali, az mafik minerali, lökogranitler mevcuttur. Yer yer alterasyon sonucu eksfoliasyon yüzeylerinin görüldüğü plüton kırı sarı, gri renklidir. Plütonun özellikle kenar kısımlarında yer yer 15 cm kalınlığa ulaşan yoğun turmalinli kuvars damarları izlenmektedir. Topkaya granitoidi açık gri,

beyazımsı gri renkli plütonun rengi iç kısımlara doğru açılmaktadır. Plütonun içinde iri, yuvarlak ve oval şekilli amfibol ve biyotitçe zengin kısımlar görülmektedir. Bu parçalar gelişigüzel biçimde granit içinde dağılmışlardır. Genelde diyorit-kuvars diyorit olarak adlandırılan birim yer yer kuvars monzonit porfir özelliğine uygun kayaçlar tarafından kesilmektedir. Yörükcaracaören civarı granitoidler, çoğunlukla porfiri dokulu, yer yer taneli dokulu yaklaşık D-B uzanımlı ve peridotitleri de kesen konumda az bir yayılım alanı gösteren birim arazi ve petrografik çalışmalar neticesinde kuvars diyorit, tonalit olarak adlandırılmış olup örnek holokristalin porfirik ince-orta tanelidir.

Sivrihisar'da diyorit-monzonit bileşiminde olan granitoidler, güneydoğuya doğru granodiyorit-granit bileşimine dönüşmekte, Kaymaz yakınlarında hornblend ve turmalinli lökogranitler görülmektedir.

## *Volkanik Kayaçlar*

Beylikova ilçesi Dumluca - Kızılcaören - Karkın köyleri civarında ultramafikler ve metamorfikler içinde fonolit, trakit, piroksen andezit türü volkanik kayaçlar mevcuttur. Bunların yayılımlarını nadir de olsa çevre kayaçlar içerisinde görmekteyiz. Trakitler el örneği düzeyinde incelendiğinde açık sarı-açık kahverengi renkli, kriptokristalin, bol feldispatlı, nadiren kuvarslı, yer yer parlak grimsi-yeşil, yer yer sarımsı renklerde plajiyoklaz ve K-feldispat agregası içinde boyları yer yer 0,5 cm ye varan yeşil piroksen kristaller gözlenmektedir. Trakit olan yerler yoğun altere olup analiz sonuçlarında bol florit içerdikleri, floritlerin özşekilsiz ve eşboyutlu oldukları, barit ve alunite içerdikleri gözlenmiştir. Bölgede Th ve fluorit cevherleşmeside bilinmektedir.

Dümrek - Zeyköy arasındaki volkanizmaya bakıldığında volkanik kayaçların genelde KB yönlü kırık hatları boyunca yüzeylendikleri görülmektedir. Genelde andezit-bazalt olarak gözlenen volkanitler dasit olarak da gözlenmektedir.

Çalışma alanında tüflerle birlikte en yaygın izlenen volkanizma bazaltlardır. Arazide yer yer tüfler arasında koyu siyah, kahverengi renklerde bantlar halinde, yer yer tüflerin üzerinde büyük koyu renkli kalıntılar şeklinde, yer yer de büyük alanları kapsayan lav akıntıları olarak izlenmektedirler. Bazaltlar, arazide yer yer izlenen soğuma eklem yapıları ve boşluklu tekstürleri ile tipiktirler. Bazaltlarla birlikte çalışma alanımızda en geniş yer alan kayaçlar tüflerdir. Genellikle ince taneli, grimsi-beyaz-bej renklerde, yer yer tabakalı yapılı, yer yer de lav arakatkılı olarak izlenmektedirler.

## **Beypazarı ve Civarındaki Magmatik Kayaçlar**

### *Granitoidler*

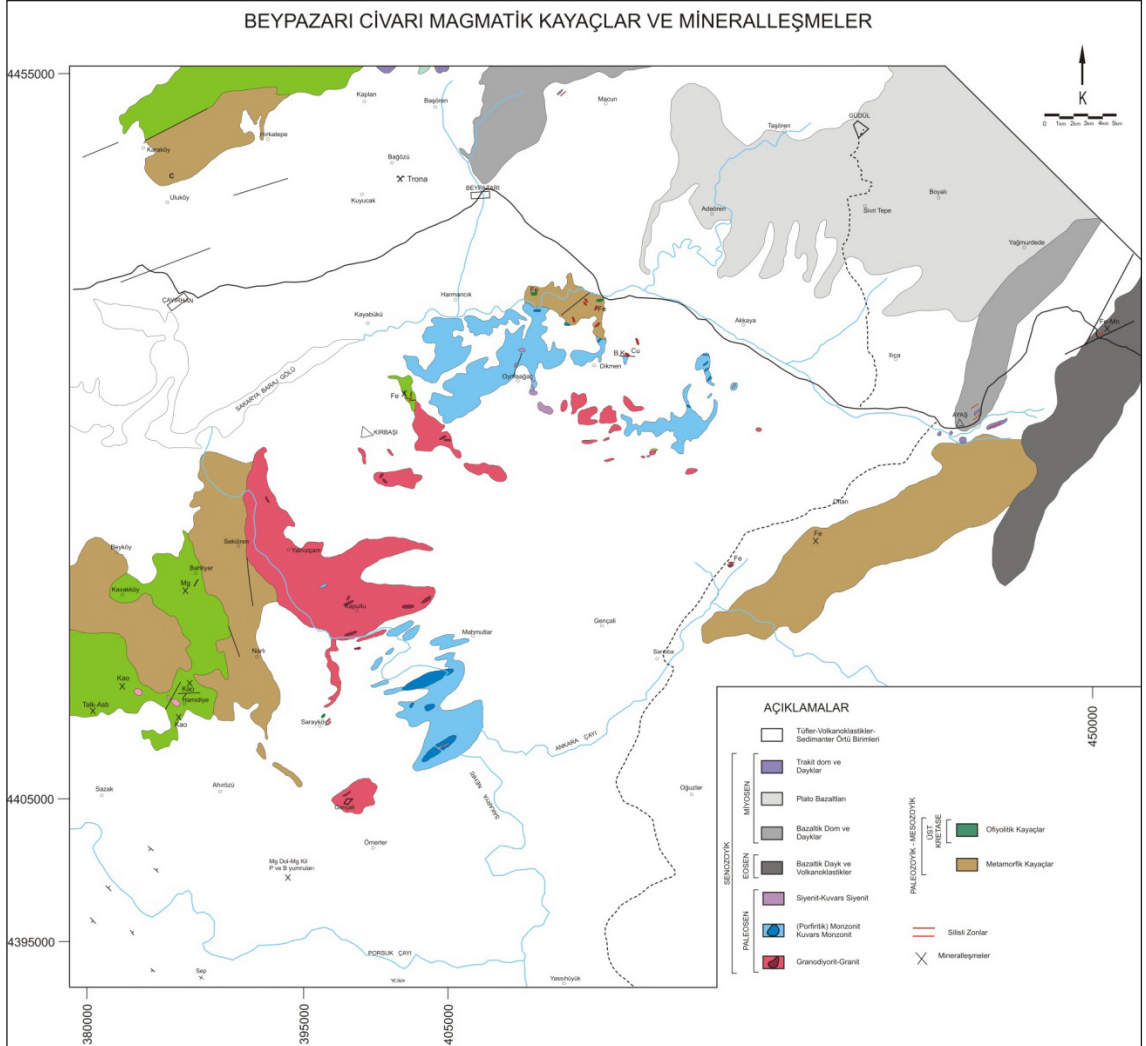
Beypazarı civarındaki magmatik kayaçların yer ve zamana göre dağılımları, bölgedeki cevherleşmelerle ilişkileri ve yüksek manyetik anomali gösteren bölgesel jeofizik anomalilerin dağılımları göz önüne alındığında Paleosen döneminde Beypazarı'nın

güneyinde, Oymaağaç yakınlarında bazik magmatizmada geniş çaplı bir yükselmenin olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 3). Büyük miktardaki bazik magmanın kıta levhası altında yerleşmesinden sonra artan jeotermal gradyan ile birlikte kıta kabuğundaki kısmi ergime ve magma odasındaki asidik-bazik magmaların karışımı sonucunda önce kalkalkali karakterli, ortaç bileşimli granitoidler, daha sonra da manto odasındaki bazik magma miktarının artması ve kristal farklılaşması ile alkali karakterde granitoidlerin meydana geldiği öne sürülmektedir (Doğan vd., 2006).

Beypazarı güneyinde, çok geniş alanlarda, oluşum yaşları genellikle Paleosen olarak bilinen, metalik minerallerce daha zengin kuvars diyorit, granodiyorit ve granitler; daha dar alanlarda ve intrüzyonun daha iç kısımlarında ise feldspatça zengin monzonit, kuvars monzonit, siyenit ve kuvars siyenitler daha genç magmatik fazlar halinde sokulum yapmıştır. Önceleri kalk alkali karakterde oluşan magmatizmanın, zaman içinde alkali karaktere dönüştüğü gözlenmiştir. Kırbaşı - Gürsöğüt - Kapullu - Yalnızçam civarında genelde granit, granodiyorit türü magmatik kayaçları görmekteyiz. Oymaağaç-Dikmen ve daha güneyde Dümrek civarında genelde siyenit - monzodiyorit - kuvars siyenit porfir türü magmatikler gözlenmektedir. Genelde Beypazarı civarı granitoidlerinin içinde değerlendirilen Gençali granitoidleri siyenit-monzonit türü magmatik kayaçların bulunmaması ve diyorit - granodiyorit - granit türü magmatiklere ek olarak tonalitlerinde olması nedeniyle farklı değerlendirilmiştir. Gençali Köyü civarında yer alan birim genelde diyorit - kuvars diyorit bileşimindedir. Köyün bulunduğu kesimi merkez olarak kabul edersek dış kısmı genelde mafik minerali yüksek, amfibol ve biyotitli olup amfibol miktarı biyotite göre fazla olan diyorit-kuvars diyorit bileşimindedir.

### *Volkanitler*

Beypazarı ve civarındaki volkanizma ile ilgili daha önce ayrıntılı çalışma yapan Türkcan vd. (1991), çalışma sahasında volkanitleri Uludere piroklastikleri, Ilıcadere volkaniti, Deveören volkaniti ve Bakacakdere volkaniti olarak ayıklamıştır. Bu birimlerin yaşını çalışmacı Alt-Orta Eosen olarak belirtmiştir.



Şekil 3- Beypazarı civarı magmatik kayaçlar ve maden yataklarını gösterir harita (MTA, 2002' den sadeleştirilmiştir).

Bu çalışmada formasyon düzeyinde çalışma yapılmayıp magmatizmanın karakterine inilip cevherleşme ile ilişkisi üzerinde durulmuştur. Kuzeyde, Miyosen yaşlı volkanik kayaçlar içinde de güneydeki granitoidlere benzer özellikler saptanmıştır. Güdül yakınlarında, geniş alanlara yayılmış plato bazaltların çıkış merkezleri, Beypazarı'na doğru latit ve trakit dayk ve stokları, volkanizmanın en dışında da kuzeydoğu-güneybatı yönlü bazalt ve andezit daykları ve lavları izlenmiştir (Şekil 3). Beypazarı yakınlarındaki trona yatağının alkali magmatizmanın en son fazları ile genellikle trakitlerle yakından ilişkili olduğu ortaya konulmuştur.

Güdül ve güneyindeki volkanizma egemen olarak plato bazaltları şeklinde gözlenmek-

tedir. Volkanizma düşük viskoz olması nedeniyle geniş alanlara yayılmıştır. Ayaş-Sincan karayolu kenarında da andezit-bazaltların akarak diğer birimleri üzerledikleri gözlenmiştir. Sivri Tepe'den alınan ve piroksen andezit olarak adlandırılan örnek porfirik doku göstermekte, fenokristal olarak plajiyoklaz, piroksen ve tamamen opaklaşmış mafik mineraller mikrolitik bir hamur içerisinde dağılmıştır. Plajiyoklazlar yer yer iri tanelidir ve ikili zonlu yapıdadır. Piroksenler (klinopiroksen-ojit) kısmen özşekilli ve yer yer kümeler halinde bulunmaktadır. Opaklaşmış mafik mineraller küçük taneler halinde olasılıkla amfibol veya biyotitdir. Hamur mikrolitik dokuda olup plajiyoklaz mikrolitleri ile volkanik cam ve az miktarda opaklaşmış mafik mineral ve piroksen granülleri içermektedir.





Buna göre, Afyon Metamorfitlelerinin yaşı en azından Orta Triyas öncesidir. Afyon ve dolayısı, Üst Miyosen öncesinde önemli bir yükselme ve aşınma devresi geçirmiş, denizle ilgisi kesilmiştir. Miyosen sonlarına doğru yeniden tektonizma ve etkin bir volkanizma bölgeyi etkisi altına almaya başlamış, özellikle Miyosen çökelleri bunun sonucunda 35-40 eğim kazanmıştır. Volkanizma faaliyetleri ile ise; trakit, trakiandezit, andezit, bazalt ile bunların tüf ve aglomeraları inceleme alanında yüksek dağlar oluşturmuş ve buna bağlı olarak da bölgede geniş alanlar kaplayan göller meydana gelmiştir. Tektonizma etkinliğini Pliyosen sonrasında sürdürmüş ve masiflerin yükselmesi sonucu Pliyosen'in göl sel kireçtaşları yüksek dağların tepelerindeki bugünkü konumlarını kazanmışlardır.

Aydar (1998), Batı Anadolu'da Erken Miyosen'den Kuvaterner'e kadar süren püskürmeli özellikteki volkanik faaliyetin ilk ürünlerinin riyolitik mağma bileşimli ignimbitler olduğunu ileri sürer. Kabuk genişlemesine bağlı olarak bu ignimbitler geniş düzlükler oluşturmuştur. Bu alçak düzlüklerin kenarında eş yaşlı alüvyon yelpazeleri, örgülü ırmak çökelleri gelişmiştir. Lamprofir ilişkili potasyumlu lavlar ve göl çökelleri Geç Miyosen-Pliyosen'de ignimbitleri örtmüştür. "Afyon Volkanitleri" olarak tanımlanan bu potasyumlu alkalin volkanitler litosferin "Helenik Yayı" boyunca dalarak mantoyu metasomatizmaya uğratması sonucu ortaya çıkmıştır. Stratovolkan tipi bu volkanizma ürünleri göl sel çökeller üzerine yerleşmiş; stratigrafik olarak Pliyosen yaşlı kabul edilmiştir. Göl sel çökellerden oluşan Yeniköy formasyonunun üzerine gelen volkanojenik arakatmanlı göl sel karbonatlı çökeller "Köprülü formasyonu" olarak tanımlanmıştır (Harut, 1995). Köprülü formasyonu içindeki lamprofirik lav akıntıları, trakibazaltik ve trakiandezitik lavlar, blok ve kül akıntıları, büyük sanidinli trakitik dom ve akıntılar halinde yüzlek vermiştir (Aydar, 1998).

İşcehisar ilçesinin kuzey-kuzeydoğu kısmındaki volkanizma, Üst Miyosen sonunda başlayarak tüm Pliyosen boyunca devam eden volkanik faaliyetlerin etkisinde kalmış-

tır. Bu volkanik faaliyetlerin ürünü olarak dasitik tüfler, aglomeralar, andezitler, latit-trakitler, trakiandezitler, bazaltlar, fonolitler, bölgede çok geniş alanlar kapladıkları gibi, çok büyük ve yüksek dağlar oluşturmuşlardır. Volkanizma genelde tüf, aglomera ürünler şeklinde gelişmiş olup yer yer andezit lav ve domları da görmek mümkündür. Tüfler tipik olarak Seydiler Köyü yöresinde gözlenmekte ve burada peribacalarını oluşturmaktadırlar. Bolvadin ilçesinin kuzeydoğu kısmındaki volkanizma latit, trakit ve tüflerden meydana gelmektedir. Avdan, Emirdede Tepe, Kale Tepe ve Kratakkali civarında yer yer dom yapısı gözlenmektedir. Afyon, Sandıklı, Şuhut, Sinanpaşa civarında genelde aynı tür volkanizma egemen olmuştur. Genelde tüfler geniş bir yayılım göstermektedir. Andezit, trakit, latit ve yer yer dasit ve fonolit türü volkanik kayalar gözlenmektedir. Erkmek Köyü'nün doğusunda, göletin 500 m kuzeyinde ve Sandıklı ilçesi, Karacaören Köyü, Canoluk yayla yolu üzerinde 10 m lik dayklar şeklinde asidik fazı temsil eden dasit ve riyolit dom ve daykları gözlenmiştir. Çay-Dinar yolunda Haydarlı ilçesi, Doğanlı Köyü civarında Akçin ve Kınık köyleri civarında geniş yayılım sunan genelde D-B uzanımlı iri plajiyoklaz mineralleri içeren petrografik tanımlamalarda tefrit, fonolit olarak adlandırılan volkanitler gözlenmektedir. Bilindiği gibi egirin alkali mağmatizmayı göstermektedir. Burada Bolvadin ilçesi kuzeydoğusu'daki gibi alkalin magmatizma hakim olmuştur. Ayrıca Haydarlı ilçesi, Doğanlı Köyü civarında benzer volkanizma mevcut olup fonolit, bazanit, tefrit ve yer yer onları kesen lösititler tarafından oluşmaktadır.

## Jeokimyasal Değerlendirme

Eskişehir İli doğusu-Ayaş, Beypazarı çevresi- Afyon magmatitlerinin jeokimyasal yöntemler kullanılarak adlandırılması, Ana - oksit ve iz element korelasyonlarının yapılması ve magmatizmanın kökenine yönelik değerlendirmesi yapılmıştır. Ana - oksit ve iz element jeokimyasal değerlendirmeler önce bölgelere göre ayrı ayrı yapılmış, daha sonra magmatizmanın karakteri ve jeodinamik ortamlarla ilgili değerlendirmeler gerçekleştirilmiştir.



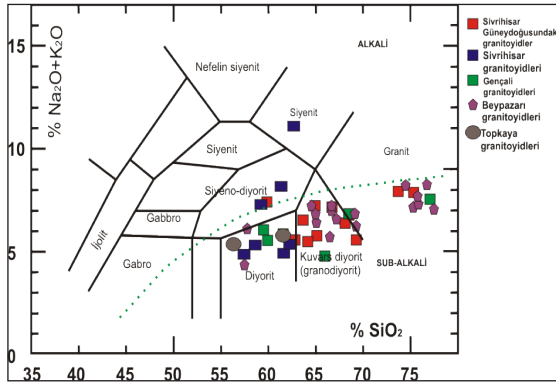
## Ana-Oksit Jeokimyası

Çalışma sahasındaki granitoidlere ait 44 örneğin toplam alkali (% Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O) - %SiO<sub>2</sub> diyagramını incelediğimizde (Şekil 5) örneklerin çoğunun sub-alkali, bir kısmının alkali karakter sunduğu gözlenmiştir. Sınıflama incelendiğinde çalışma sahasının kuzey-kuzeydoğusunda yer alan Beypazarı granitoidlerin SiO<sub>2</sub> içerikleri nedeniyle daha asidik, Sivrihisar civarındaki granitoid örneklerinin ortaç bileşimde oldukları gözlenmiştir. Bu örnekler Irvin ve Baragar (1971), Toleyitik-Kalkalkalen sınıflandırma diyagramında incelendiğinde, FeO-alkali (% Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O)-MgO diyagramına göre sub-alkali karakter sunan örneklerin tamamının kalkalkalin bölümünde yer aldığı gözlenmiştir (Şekil 6).

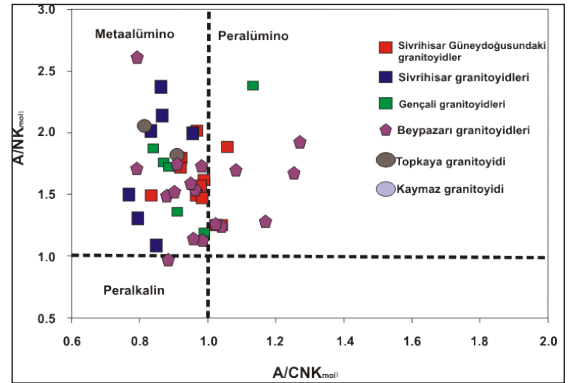
Farklı yörelerdeki granitoidleri kıyaslamak için majör-oksit değerlerinden itibaren ACNK(-mol) hesaplamaları yapılmış olup, elde edilen değerler Şekil 7'de Shand (1943) diyagramının

da gösterilmiştir. Buna göre, Sivrihisar granitoidleri belirgin bir şekilde metaalümino karakter sergilemektedir. Granitik kayaçların ise büyük çoğunluğu metaalümino bileşim sunarken, Beypazarı granitoidlerine ait örneklerin bir kısmı peralümino bileşime sahiptir. Sivrihisar güneydoğusundaki granitoidler metaalümino karakter sunmaktadır. Diyagrama bakıldığında, bir örnek hariç (Beypazarı granitoidlerine ait bir örnek sınırdadır) tüm örnekler metaalümino ve peralümino sınırında yer almıştır. Bu da göstermiştir ki tüm kayaçlar kısmen kabuksal kirlenmeye maruz kalmıştır. Beypazarı granitoidlerine ait örneklerin bir kısmı belirgin Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> zenginleşmesi ile peralümino bileşim göstererek, kabuksal malzeme katılımının bu tür kayaçlarda daha fazla olduğuna işaret etmektedir.

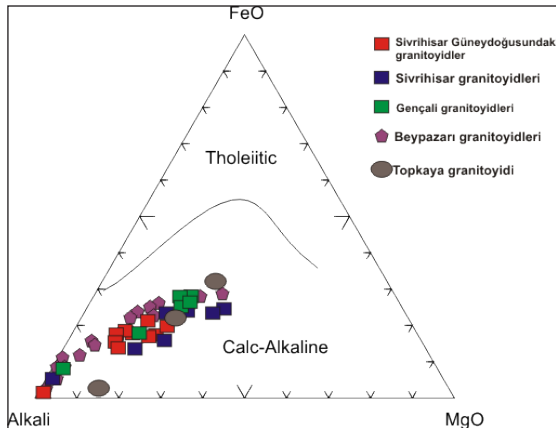
Çalışma sahasındaki kayaç örneklerinden A/CNK - Fe<sub>total</sub> diyagramı çizilerek (Şekil 8) I-tipi granitlerin ve S-tipi granitlerin ayırımı yapılmıştır.



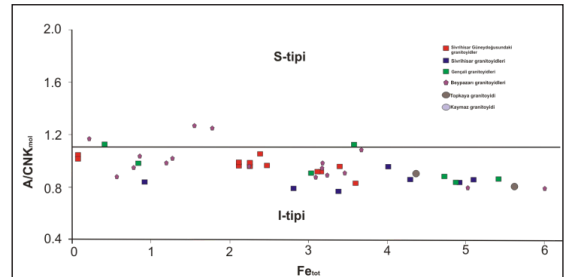
Şekil 5- Çalışma sahasındaki granitoidlerin toplam alkali (% Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O) - SiO<sub>2</sub> diyagramı (Cox vd., 1979).



Şekil 7- A/NK<sub>(mol)</sub> - A/CNK<sub>(mol)</sub> diyagramı (Shand, 1943).



Şekil 6- Çalışma sahasındaki granitoidlerin toplam alkali (% Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O) -FeO-MgO diyagramı (Irvin ve Baragar, 1971).

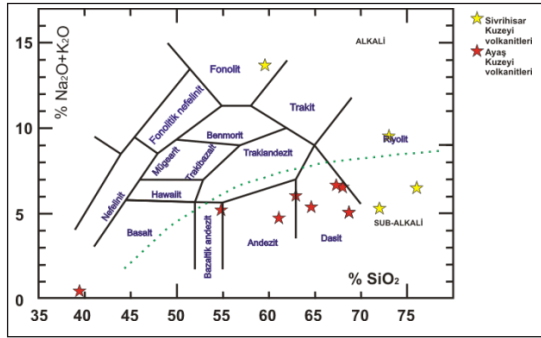


Şekil 8- A/CNK - Fe<sub>total</sub> ilişkisi. 1.1 değerinden geçen çizgi I-tipi granitleri, S-tipi granitlerden ayırmaktadır (Karapetian vd., 2001).

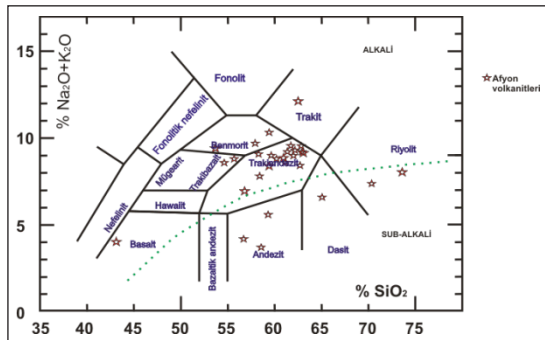
Alınan örneklerin büyük kısmı I-tipi granit sınıfına ait olduğu görülmüştür. Beypazarı granitoidlerine ait örneklerden 3 tanesi S-tipi granitoid kısmında olduğu görülmüştür.

Sivrihisar ve Ayaş civarındaki volkanitlere ait 12 örneğin toplam alkali ( $\%Na_2O+K_2O$ ) -  $\%SiO_2$  diyagramı incelediğimizde (Şekil 9) adlandırma diyagramında Ayaş civarındaki örneklerin genelde andezit-dasit bileşiminde, Sivrihisar civarındaki volkanitlerin ise genelde riyolit bileşiminde oldukları gözlenmiştir. Ayaş civarındaki volkanitlerin tamamı sub-alkali karakter sunmaktadır.

Afyon ve civarındaki volkanitlere ait 28 örneğin toplam alkali ( $\%Na_2O+K_2O$ ) -  $\%SiO_2$  diyagramı incelediğimizde (Şekil 10) adlandırma diyagramında örneklerin saha ve petrografik tanımlamaya uygun olarak büyük bölümünün alkalen olduğu belirlenmiştir. Örneklerin bir kısmı ise yine saha ve petrografik tanımlamalara uyumlu olarak dasit-riyolit-andezit olarak sınıflandırılmış olup sub-alkali karakter sunmaktadır.



Şekil 9- Sivrihisar ve Ayaş civarındaki volkanitlerin toplam alkali ( $\%Na_2O+K_2O$ ) -  $SiO_2$  diyagramı (Cox vd., 1979)



Şekil 10- Afyon ve civarındaki volkanitlerin toplam alkali ( $\%Na_2O+K_2O$ ) -  $SiO_2$  diyagramı (Cox vd., 1979).

## Tartışma ve Sonuçlar

Sivrihisar ve Eskişehir arasındaki orojen kuşak ve bindirme hatları boyunca birçok granitoid yüzeylendiği halde, granitoidlerin daha çok bu hatta dik yönde gelişmiş, kuzeydoğu-güneybatı yönlü transtansiyonel yapılar boyunca uzanım gösterdiği saptanmıştır. Sivrihisar'da diyorit-monzonit bileşiminde olan granitoidler, güneydoğuya doğru granodiyorit-granit bileşimine dönüşmekte, Kaymaz yakınlarında hornblend ve turmalinli lökograditler görülmektedir. Kaymaz'dan geçen kuzeydoğu-güneybatı bir hat boyunca, metamorfik kayalarla ofiyolitlerin dokanaklarında Kaymaz, Karaçam ve Mihaliççık yakınlarında yoğun silisleşme ile birlikte Fe, Ni, Au, kaolin gibi cevherleşmeler, bu hattın ortasında, Beylik ahırı yakınlarında trakit, fonolit gibi alkali magmatizma ile birlikte Th, F, Ba, NTE cevherleşmeleri izlenmektedir. Daha batıda, Alpu, Topkaya yakınlarında tekrar diyorit, monzonit ve kuvars monzonit gibi derinlik kayaları yüzeylenmektedir.

Beypazarı güneyinde, çok geniş alanlarda, oluşum yaşları genellikle Paleosen olarak bilinen, metalik minerallerce daha zengin kuvars diyorit, granodiyorit ve granitler; daha dar alanlarda ve intrüzyonun daha iç kısımlarında ise feldspatça zengin monzonit, kuvars monzonit, siyenit ve kuvars siyenitler daha genç magmatik fazlar halinde sokulum yapmıştır. Önceleri kalk-alkali karakterde oluşan magmatizmanın, zaman içinde alkali karaktere dönüştüğü gözlenmiştir.

Daha kuzeyde, Miyosen yaşlı volkanik kayalar içinde de güneydeki granitoidlere benzer özellikler saptanmıştır. Güdül yakınlarında, geniş alanlara yayılmış plato bazaltların çıkış merkezleri, Beypazarı'na doğru latit ve trakit dayk ve stokları, volkanizmanın en dışında da kuzeydoğu-güneybatı yönlü bazalt ve andezit daykları ve lavları izlenmiştir. Beypazarı yakınlarındaki trona yatağının alkali magmatizmanın en son fazları ile genellikle trakitlerle yakından ilişkili olduğu ortaya konulmuştur.

Sivrihisar ve Beypazarı civarındaki magmatik kayaçların yer ve zamana göre dağılımları, bölgedeki cevherleşmelerle ilişkileri ve yüksek manyetik anomali gösteren bölgesel jeofizik anomalilerin dağılımları göz önüne alındığında Paleosen döneminde Beypazarı'nın güneyinde, Oymaağaç yakınlarında bazik magmatizmada geniş çaplı bir yükselmenin olduğu anlaşılmaktadır. Büyük miktarda bazik magmanın kıta levhası altında yerleşmesi ve artan jeotermal gradyan ile birlikte kıta kabuğunda kısmi ergime ve magma odasında asidik-bazik magmaların karışımı sonucunda önce kalk alkali karakterli ortaç bileşimli magmatitlerin oluştuğu, daha sonra manto odasında bazik magma miktarının artması ve/veya kabuksal kirlenmenin daha az olması nedeniyle siyenitik-monzonitik magmatizmanın ürünü kayaçların meydana geldiği söylenebilir.

Oymaağaç'taki magmatizmanın oluşumuna benzer şekilde Sivrihisar yakınlarında da, dış kısımlarda, geniş alanlarda kalk-alkali magmatik kayaçlar; iç kısımlarda, Beylikahırı yakınlarında, daha dar alanlarda ve daha genç, ikincil merkeze bağlı alkali magmatik kayaçlar kuzeydoğu-güneybatı yönlü transtansiyonel yapılar boyunca izlenmektedir. Kuzeyde, Galatya Volkanik Kompleksi içinde de Alt Miyosen'de geniş alanlarda andezitik volkanizma, Üst Miyosen'de dar alanlarda alkali karakterde, rift-tipi, levha içi bazaltları (Tankut vd., 1998), latit ve trakitleri görülmektedir.

Çalışma sahasındaki granitoidlere ait örneklerin çoğunun sub-alkali, bir kısmının alkali karakter sunduğu gözlenmiştir. Çalışma sahasının kuzey-kuzeydoğusunda yer alan Beypazarı granitoidlerin  $SiO_2$  içerikleri nedeniyle daha asidik, Sivrihisar civarındaki granitoid örneklerinin ortaç bileşimde oldukları gözlenmiştir. Bu örneklerden sub-alkali karakter sunan örneklerin tamamının kalkalkalin bölümünde yer aldığı gözlenmiştir.

Afyon ve civarındaki volkanitlere ait örneklerin saha ve petrografik tanımlamaya uygun olarak büyük bölümünün alkali olduğu belirlenmiştir. Örneklerin bir kısmı ise yine saha ve petrografik tanımlamalara uyumlu

olarak dasit-riyolit-andezit olarak sınıflandırılmış olup sub-alkali karakter sunmaktadır. Bazı örneklerde alkali magmatizmayı işaret eden egirin, nefelin minerallerine rastlanmıştır. Magmatizma genellikle Helen Yayına dik olarak oluşmuş KD-GB yönlü transtansiyonel kırık hatları boyunca gelişmiştir. Magmatizma kıta kabuğu ile manto malzemesinin karışımından oluşmakta, manto malzemesinin etkinliği magmatizmanın son fazlarına doğru çok daha fazlalaşmaktadır. Kıta kabuğunun kalınlığı ve cinsi ile magmaların farklılaşma süreçleri magmatizmanın ve maden yataklarının karakterinde önemli rol oynamıştır. Kıta-okyanus kabuğu sınırları ile sıkışmaya dik olarak gelişmiş büyük yapısal faktörler de cevherleşme ve sıcak suların oluşumunda etkin rol oynamışlardır.

Bilindiği gibi magmatizma türü tektonizma ve kıtasal kabuk malzemesinin kalınlığı, magmayla karışımı ile yakından ilişkilidir. Çalışma sahasındaki magmatizmayı incelediğimizde K15-30D doğrultuda magmatik faaliyetlerin etkin olduğunu gözlemlemekteyiz. Kuzeyde Beypazarı Granitoidleri kalkalkalen, Sivrihisar civarında alkali ve kalkalkalen, Afyon ve civarında büyük kısmı alkali ve Isparta civarında ise alkali bir magmatizma gözlenmektedir. Zaman olarak bunlar birbirinden farklı gibi görünse de; tektonik faaliyetin zamana bağlı olarak arttığını ve böylece kuzey kısımda göreceli olarak yoğun kabuksal kirlenme söz konusu iken güney kısımda daha az kabuksal kirlenmeden bahsedilebilir. Paleosen, Eosen (?) ve Miyosen'de manto yükselimi ile ilişkili olarak kalkalkali, daha sonra ise alkali karakterdeki kayaçların oluştuğu yapılan çalışmalar neticesinde görülmüştür. Kalkalkali kayaçların asidik fazlarına bağlı olarak Fe, Cu, Pb, Zn ve değerli metaller, alkali kayaçların asidik fazlarına bağlı olarak da F, Ba, Th, B, trona ve diğer EHM'lerin oluştuğu, maden yataklarının ve sıcak su hazne kayaçlarının asidik fazların etkin olduğu kuzeydoğu-güneybatı zonlar boyunca aranması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Kırka- Afyon arasındaki volkanik kayaçların incelendiğinde büyük bir kısmının alkali karakter sunduğu gözlenmiştir. Isparta civarındaki volkanik kayaçların ise daha önce

yapılan araştırmalara göre alkali genellekle hiperalkali olduğu bilinmektedir. Kırka-Afyon-Isparta arasında volkanizma K-G yönlü çizgiselliği takip etmiştir.

Tüm alışma sahasına ele alındığında Paleosen, Eosen (?) ve Miyosen'de manto yükselimi ile ilişkili olarak kalkalkali, daha sonra ise alkali karakterdeki kayalar oluştuğu ve bunların KD-GB doğrultuda tektonik hatları izleyerek geliştiği gözlenmektedir.

## KATKI BELİRTME

Bu alışma Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü projeleri kapsamında gerçekleştirilmiştir. Projede görev alan Ramazan Doğan, Faik Engin Orta ve tüm Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü personeline teşekkür ederim.

## DEğİNİLEN BELGELER

Aydar, E. 1998. Early Miocene to Quaternary Evolution of Volcanism and the Basin Formation in Western Anatolia: A Review. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 85, 69– 82.

Cox, K.G., Bell, J. D., Pankhurst, R. J. 1979. The Interpretation of Igneous Rocks. *Allen and Unwin*, London 450 p.

Dilek, Y., Altunkaynak, S. 2010. Geochemistry of Neogene-Quaternary alkaline volcanism in western Anatolia, Turkey, and implications for the Aegean mantle: *International Geology Review*, v. 52, no. 4–6, p. 631–655, doi: 10.1080/00206810903495020.

Doğan, R., Orta, E. F., Aydın, . 2006. Sivrihisar ve Beypazarı Civarındaki Magmatik Kayalar ve Bu Kayaların Birbirleri İle Yer - Zaman İlişkileri, *Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri zleri*, 57-58, Ankara.

Harut, B. 1995. Erkmen Volkanitlerinin (KB Afyon, Türkiye) Mineralojik, Petrografik ve Jeokimyasal İncelemesi. *Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe niversitesi*. 78 pp.

Irvine, T.N., Baragar, W.R.A. 1971. A Guide to the Chemical Classification of the Common Volcanic Rocks: *Can J. Earth Sci.*, 8, 523-548, 1939.

Kadioğlu, Y.K. 1996. Anklavların Mineral Kimyası ve Petrografik zelliklerinden Yararlanarak Kkeninin incelenmesi, Karakaya (Eskişehir) Graniti. *Sleyman Demirel Üniversitesi IX. Mh. Sempozyumu Bildiriler*, 161-170.

Karapetian, S.G., Jrbashian, R.T., Mnatsakanian A.Kh. 2001. Late Collision Rhyolitic Volcanism in the North-Eastern Part of Armenian Highland. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, v. 112, p. 189-220.

Metin, S., Gen, ř., Bulut, V. 1987. Afyon ve Dolayının Jeolojisi, *Maden Tetkik ve Arama Genel Mdrlğ Jeoloji Ettleri Daire Başkanlığı, Rapor no: 8103*, Ankara (yayımlanmamış).

Savaşın, M.Y., Oyman, T. 1998. Tectono-Magmatic Evolution of Alkaline Volcanics at the Kırka-Afyon-Isparta Structural Trend, SW Turkey: *Turkish Journal of Earth Sciences*, 7, 201-215.

Shand S.J. 1943. Eruptive Rocks; Their Genesis, Composition, Classification, and their Relation to Ore Deposits, with a chapter on Meteorites (revised second edition). *Hafner Publishing Co.*, New York, 444p.

Streckeisen, A. 1976. *Classification and Nomenclature of Igneous Rocks*, 107. Stuttgart

Tankut, A., Dilek Y., nen P. 1998. Petrology and geochemistry of the Neo-Tethyan volcanism as revealed in the Ankara melange, Turkey. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 85, 265-284.

Türkecan, A., Hepşen, N., Papak, İ., Akbaş, B., Dinçel, A., Karataş, S., zgr, İ.B., Akay, E., Bedi, Y., Sevin, M., Mutlu, G., Sevin, D., nay, E., Saraç, G. 1991. Seben-Gerede (Bolu)-Gdl-Beypazarı (Ankara) ve erkeş-Orta-Kurşunlu (Çankırı) Yrelerinin (Köroğlu Dağları) Jeolojisi ve Volkanik Kayaların Petrolojisi. *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Rapor no: 9193*, Ankara, (yayımlanmamış).

Uğur, M. 2004. Tahir (Beypazarı) Magmatik Kayaların Jeolojisi ve Petrografisi, *Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı*, Ankara, s. 96.