

BALKAN YARIMADASI'NDA JEOLÖJİK ZAMAN BOYUNCA SÜLFÜR¹

Radule POPOVIC²

ÖZ.- Uzun bir dönemdir yürütülmekte olan araştırmalarda Balkan Yarımadasındaki en yaşlı metalojenik evrelerin, ana kimyasal elementlerden biri olan sülfürü içeren oluşukları sınırlı sayıda kapsadığı belirlenmiştir. Bu nedenle de, bu evrelerde sülfür bileşikleri içeren yatakların ya oluşmamış olduğu ya da bazı koşullarda çok az oluşmuş olduğu söylenebilir. Örneğin, günümüze dek elde edilmiş bilgilere göre, Grenvilen evresi ile Pelagonidler'de sadece tek bir oluşuk ile (Nezilova) ilintilendirilebilir. Yeşil şistlerin oluşumu ile karakterize edilen Baykaliyen metalojenik evresinde, Batı Makedonya'da sadece sülfür mineralleşmeleri izleri ve bir Pb-Zn-Cu sülfütlü yatağı ve Doğu Makedonya'da geniş Popcevo-Dojran alanında, sülfür içeriği % 11'den düşük olan bir pirit saçınımlı varlığı söz konusudur. Pelagon-Rodop masifine karşı yönde Doğu Sırbistan'da Yeşil Karmaşık (Vlasina) içinde, Baykaliyen metalojenik evresinde bu bölgede daha önemsenir nicelikte sülfür ürününü vurgulayan sayısız pirit ve Pb-Zn-Cu sülfit yatakları ve oluşukları söz konusudur. Bu gerçek bağlamında bu evrenin, Grenviliyen evresi ile karşılaştırıldığında, Balkan Yarımadasında sülfür açısından daha zenginleşmiş olduğu öngörülebilir, izleyen evrelerde (Kaledoniyen ve Hersiniyen) sülfür ürünü daha çok ve yoğun olmuştur. Bu, özellikle, 15'e ulaşan Pb-Zn-Cu ve Mo sülfit yatakları ve oluşukları ile çok sayıda yüksek ya da düşük içerikli ve açıkça düzensiz pirit saçınımları içeren batı Makedonya'daki fillitik volkanojenik-sedimanter köken oluşumu ile ilintilidir. Tüm önceki evreler ile karşılaştırıldığında Alpin (erken ve geç) dönemi çok sayıda Pb, Zn, Cu, Fe, As, Hg ve diğer metallerin sülfit yatakları ve çökel karmaşıkları içindeki sülfatlar ile karakteristiktir. Bu nedenle de, Alpin dönem, jeokimyasal anlamda tüm önceki dönemlerden belirgin biçimde ayrılır. Bu gerçekler ışığında, Kretase-Tersiyer döneminin jeokimyasal düzlemde sülfür evresi olarak karakterize edilebildiği sonucuna varılabilir. Tüm bu gerçeklerin irdelenmesi bağlamında, bu sadece Balkan Yarımadasının özelliği olmayıp, olasılıkla küresel önemde bir olgudur.

Anahtar Sözcükler : Sülfür, evre, sülfatlar. Yeşil Karmaşık, fillitik oluşuk, Kretase-Tersiyer, intrüzif-volkanojenik karmaşık, Balkan Yarımadası

GİRİŞ

Balkan Yarımadasındaki diğer bölgelere yapılan inceleme gezileri gibi, Makedonya, Sırbistan, Bosna-Hersek, Karadağ ve Türkiye'de son yıllarda yürütülen jeoloji araştırmalarında, bu yörelerdeki en yaşlı oluşuklarda sülfür çökellerinin çok nadir bulunmuş olduğu ve zaman içinde ilerlendiğinde daha sık oluşukları, Kretase ve Tersiyer dönemlerinde sülfür oluşumlarının yanı sıra küçük ve büyük ölçekli ve çok sayıda Fe, Cu, Pb, Zn, Sb ve As sülfür oluşuklarının oluşmuş olduğu gözlenmiştir. Bu görünüm, bu olgunun açılmanması yönündeki girişimlerle sonuçlanan belirli bir merakı tetiklemiştir. Bu anlamda, bazı araştırmalar yürütülmüş olmakla birlikte, bu çalışma-

lar sınırlı maddi destek ve diğer nedenler sonucunda ayrıntılı ve yaygın ölçekli olamamıştır. Bu çerçevede, düşüncemize göre sorunun açılmanmasında ve bazı belirgin gözlemlerin sunulmasında yeterli olmasına karşın, bu makalede tamamlanmamış kanıtlara dayanan sonuçlar ve görüşler dile getirilmiştir.

BALKAN YARIMADASI'NIN JEOLÖJİK EVRİMİNİN KISACA GÖZDEN GEÇİRİLMESİ

Sülfürün jeokimyasal evrimi olgusunu en iyi biçimde kavrama amacına yönelik olarak, jeotektonik evrim ve belirli jeokimyasal süreçler ile ilintili bazı magmatik olaylara ilişkin bazı yeni yaklaşımları kısaca belirtmek gerekmektedir.

Geoinstitute, Rovinjska 12. 11000 Belgrade, Yugoslavija

1) Makale, giderleri Sırbistan Bilim Bakanlığı'na karşılanan 07M04 no'lu Proje çerçevesinde hazırlanmıştır.
2) Türkçeye Dursun Bayrak tarafından tercüme edilmiştir.

Balkanlardaki en yaşlı formasyonlar, jeotektonik bloğu bileştiren ileri derecede metamorfize olmuş kayaçları içeren ve tüm özellikleri bağlamında kıtasal kabuk ile uyuşan, Pelagon-Rodop masifinin doğu bölümünde ya da Rodoplarda yer alır. Pelagon-Rodop masifinin çok sayıdaki karakteristiği, kökeninin ve uzun jeolojik zaman aralığı boyunca evriminin Moravya masifi ya da Balkan Yarımadasındaki diğer kristalin karmaşıklar ile uyuşmadığını göstermiştir. Sadece Genç Paleozoik ve Mesozoik dönemlerinde Pelagon-Rodop bloğu diğer jeotektonik bloklar ile birlikte, Balkan Yarımadasının eşsiz topluluklarının bir parçası olarak davranmıştır.

Ulaşılan bilgi çerçevesinde, Pelagon-Rodop masifi 2.5 milyar yıl önce, o dönemde Gondwana süper kıtasının bir parçası olarak kökenlenmiştir. Öte yandan, Moravya masifinin (Juzna Morava ve Velika Morava vadilerindeki kristalin karmaşıklar) değişik jeotektonik ortamlarda biçimlenmiş iki karmaşıktan oluştuğu düşünülmektedir (Popovic, 1991, 1995, 1998). Bunların, sırası ile, Gnays karmaşığı ve Yeşil ya da Vlasina karmaşığı olduğu tartışmalıdır. Gnays karmaşığı kıtasal kabuk özelliklerini sergiler ve başlangıçta, 700 milyon yıl ya da daha önce oluşmuş olan Bohemya ya da Orta Avrupa masifinin (Popovic, 1988) bir parçası olmuştur (Balogh ve diğerleri, 1994). Diğerleri, Yeşil ya da Vlasina Karmaşığı ise, tüm özellikleri çerçevesinde okyanusal kabuk doğaldır ve Zonensain ve diğerleri (1976)'nin adlanmış olduğu yönde Paleo-Asyatik Okyanus alanında, Gnays karmaşığı ile hemen hemen eş dönemde kökenlenmiştir. Bu iki karmaşığı ayıran Vrvi Kobila yapısı bir çarpışma yapısının yetersiz gelişimini sergiler ve Paleo-Asyatik Okyanus ile Orta Avrupa kıtası arasında oluşmuştur.

Akdeniz alt-kıtasının Gondwana'dan ve Moravya masifinin Orta Avrupa kıtasından ayrılışı (Popovic, 1998) ve ardıl hareketleri, bunların Balkan Yarımadası'nın çağdaş jeotekto-

nik mozaiği içinde yer almaları sonucunu doğurmuştur.

Balkanlar'daki jeotektonik blokların, jeotektonik süreçler gibi, Genç Paleozoik, Mesozoik ve (günümüzü de içeren) Senozoyik dönemlerindeki ya da çağdaş Balkan Yarımadası'nın yaratılması ertesindeki böylesi bir dinamik evrimine, bu alanda, sülfürün unsurlarından biri olduğu değişik elementlerin jeokimyasında etkileyici bir işlev taşımış olan magmatizma evreleri eşlik etmiştir.

BALKAN YARIMADASI'NDA SÜLFÜRÜN JEOKİMYASAL EVRİMİ

Her bir jeotektonik ortamın, her bir blok için karşılaştırılabilir biçimde özgün olan kökenlerinin Mesozoik-öncesi birbirlerinden bağımsız evrimlerini yorumlamada, diğer özgünlüklerinin yanı sıra ölçütlerden birisi de kendine özgü jeokimyasal ve metalojenik evrimini sergileyen bir kimyasal element olan sülfürdür. Bunun yanı sıra, Balkan Yarımadasının Mesozoik ve özellikle de Senozoyik evrelerindeki çatısında birleştirilmiş tüm jeotektonik blokların ortak karakteristiğidir.

Bu çalışmalar öncelikle, sülfürün Balkan Yarımadası'ndaki metalojenik evreler boyunca dağılımına ilişkin ayrıntılı çalışmaların azlığı koşulları çerçevesinde, sülfür içeriklerinin sistemli olmayan ve göreceli sınırlı araştırılmasına dayandırılmıştır ve Pelagon-Rodop masifi Proterozoik karmaşıklarını (Makedonya) ve ardı sıra Drina, Ivanjica ve Jadar metamorfiklerini (batı Sırbistan), güney Sırbistan bölgesini ve doğu Sırbistan'daki Vlasina ya da Yeşil karmaşığı kapsamaktadır. Bu gerçekler, sülfür içeriği çoğunlukla % 1-20 arasında değişen ve Mesozoik ve Senozoyik dönemlerinde kökenlenmiş çok sayıdaki sülfit ve sülfat yataklarının varlığı ile desteklenmektedir.

Balkan Yarımadası'ndaki en yaşlı petrojenetik karmaşıkların (Pelagon-Rodop masifi) önemsenir sülfit ve diğer sülfür bileşikleri olu-

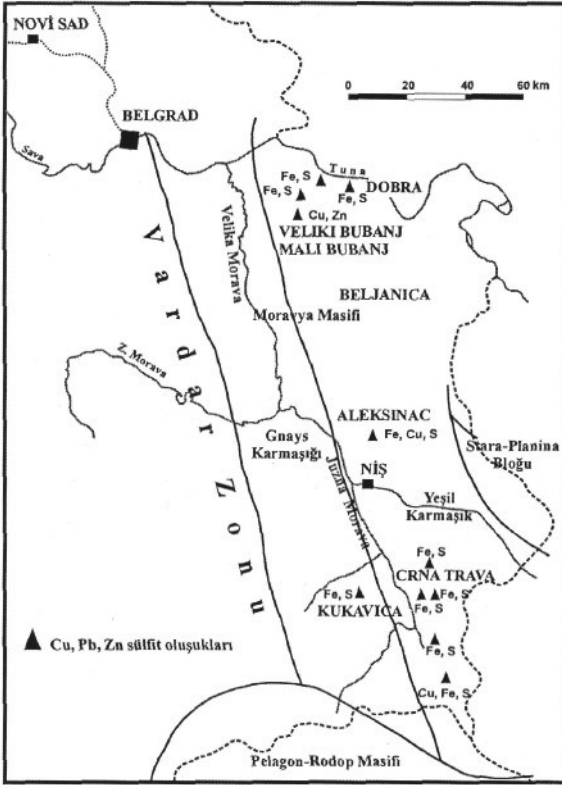
şumlarını içermediği bilinir ve bu nedenle de, Grenvillian-öncesi evrelerin bu element açısından boşaltılmış olduğu varsayılabilir. Sadece Pelagon masifinde (Nezilova yöresi, Babuna Dağı) Grenvillian evresinde, Balkan Yarımadası alanında artan sülfür yoğunlaşmalarının ilk izi olarak alınabilecek olan, küçük ölçekli sülfür yatakları söz konusudur. Bu sülfürün kökeni, araştırmaların tamamlanmamış ve öte yandan bu yatakları kendilerinin de, Pelagonidlerin bu bölümünü jeolojik tarihte boyunca etkilemiş olan hidrotermal, tektonik ve diğer jeolojik dönüşümlerin etkisi altında kalmış olması nedeniyle tartışılmaya caaktır.

izleyen Baykalian evrede, metamorfizma-öncesi köken kayaçlar okyanusal kabuk alanında kökenlenmiş kayaçlar ile oluşan, yeşil-şistler oluşmuştur. Bu karmaşığa ilişkin oluşuklar, Pelagon-Rodop ve Moravya masiflerinde ve batı Sırbistan'da Zagrebcka Gora yöresinde ve diğer yörelerde bulunmaktadır.

Sar Planina'dan Kicevo, Demir Hisar ve Pelister boyunca Yunanistan'a değin uzanan Pelagon-Rodop masifinin bir parçası olan batı Makedonya'daki yeşil-şistlerde günümüze değin kayıtlanmış olan araştırılmış sülfür mineralleşmesi bulunmamaktadır. Buna karşıt yönde doğu Makedonya'da, Strumica ile Dozjan arasındaki yer alan bölgede büyük-ölçekli Fe, Pb, Zn ve Cu-sülfür yığışmaları bulunmaktadır. Bu, özellikle, ortalama % 3.8 Pb-Zn ve % 0.1 Cu tenörlü, 25 milyon ton dolayında cevher rezervi içeren, Dozjan çevresindeki Pb-Zn yatakları ile kendini göstermektedir. Bu yataktaki ana mineraller pirit, galen, sfalerit, kalkopirit, arsenopirit, markasit, enarjit, pirhotit ve diğerleridir. Pb, Zn ve Cu içerikleri düşük olmasına karşın, bazik magmatik kayaçlardaki ortalama sülfür içeriği değerinden (% 0.03; Vinogradov, 1962) daha çoğunu içeren ve büyük bir alanı kaplayan yeşil-şistlerdeki % 0.3 yoğunlaşma düzeyinde pirit saçınımlarını da içeren, tüm sülfürlerin sık bulunuşu bağlamın-

da araştırmaya konu oluşturmaktadır. Strumica ile Dozjan arası bölgedeki araştırmalar (Popovic, 1993), çözümlenmiş yüz örnek bağlamında, yeşil-şistlerde sülfür içeriğinin % 0.042-0.11 arasında olduğunu ve bu değerlerin de bazik magmatik kayaçlar ile karşılaştırıldığında, sülfür yoğunlaşmasının 1.5-4 katına (ortalama 2 kat) ulaştığını göstermektedir.

Pelagon-Rodop masifinin yeşil-şistlerde sülfür bileşikleri göreceli sınırlı oluşmuş olmasına karşın, sırası ile Vlasina karmaşığının ya da Romanya Karpatları'ndan doğu ve güneydoğu Sırbistan'a, kuzeydoğu Makedonya'ya ve daha ötede Bulgaristan boyunca uzanan Moravya masifinin aynı kayaçlarında sülfür mineralleri tüm alanda yaygın bulunuşludur. Bu oluşuklar Baykaliyen tektonomagmatik çevrimde okyanusal kabukta gelişmiştir. Bu oluşuklar piritin ana mineral olduğu, kalkopirit, sfalerit, galen ve diğer minerallerin eşlik ettiği küçük ya da büyük ölçekli sülfür yatakları olduğu gibi, yaygın bulunuşlu ve zengin ya da düşük sülfür saçınımlarıdır da. En önemli sülfür oluşukları ve yatakları Golubac yakınlarında, Petrovac na Mlavi yakınındaki Veliki Bubanj ve Mali Bubanj'da, sülfür oluşukları ise Aleksinac yakınlarında, Bukovik ve Rozanj'da Crna Trava alanında ve Trgoviste yakınlarında, Blagodat (Ljubata) yöresinde gözlenmektedir (Şek. 1). Yataklar türünde daha büyük ölçüde yoğunlaşmış ya da saçınımlı sülfür içeren yeşil-şist kuşağının uzunluk ve genişliği gözönüne alındığında ve ikiyüz metreden daha derine erişen sondalar ile günümüze değin yapılmış araştırmalar bağlamında, yeşil-şistlerdeki ortalama sülfür içeriğinin % 0.08 olduğu öngörülebilir ve bu içerik bazik magmatik kayaçlardaki değerin (Vinogradov, 1962) ortalama üç katıdır. Bu bilgi çerçevesinde ve yanı sıra sadece doğu Sırbistan'daki anılmış sülfür yatakları da gözönüne alındığında, bu alan Pb, Zn, Cu ve büyük olasılıkla da altın yataklarının bulunuşu açısından çok umut vericidir ve altın yatakları bölgedeki Yeşil karmaşık ile de uyusabilir.



Şek. 1- Doğu Sırbistan Yeşil Karmaşığındaki (Baykaliyen) sülfid oluşumları dağılımı

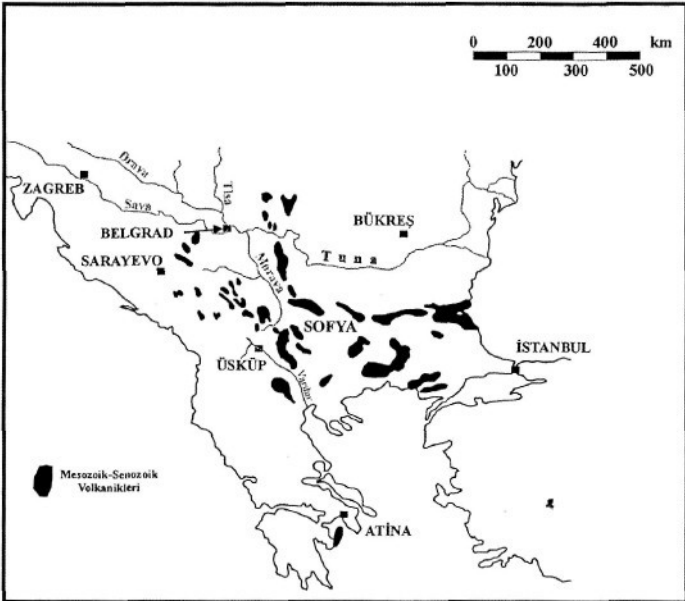
Makedonya ya da Pelagon-Rodop masifindeki Kaledoniyen ve Hersiniyen metalojenik evreleri, anıldıkları sıra ile, yaygın biçimde pirit, galen, sfalerit, kalkopirit, molibdenit ve daha az ölçülerde arsenopirit, pirotit, markasit, antimonit ve diğer mineraller ile karakteristlik olan ve yüksek yoğunlaşmaları cevher yatakları ya da oluşukları olarak tanımlanabilen

göreceli yüksek sülfid yoğunlaşmaları ile karakteristiktir. Batı Makedonya'daki bilinen sülfid oluşukları ve yatakları; Mo-Strelci (Kicevo yakınları) ve Vrutok (Gostivar yakını); Cu, Zn, Fe-Berikovo; Cu-Padaliste; Pb, Zn-Kolari yakını; Cu-Judovo yakını; Pb, Zn-Openica dolayındadır ve volkano sedimenter kökenli Fillit karmaşığında da sayısız pirit yoğunlaşması

içerilmektedir. Dağılım ve yerel örnekleme (bu oluşuktan alınmış sadece 50 kayaç örneği) bağlamında fillitik oluşum karmaşığındaki or-talama sülfür içeriğinin % 0.014-0.37 arasında değişmektedir ve bu değerler bu elementin içeriğinin artışı, gerek Kaledoniyen ve gerekse de Hersiniyen evrelerinin önceki evreler ile karşılaştırıldığında sülfür ve özellikle de sülfür yatakları ve oluşuklarının sayısı (15 dolayında) açısından belirgin ölçüde zenginleştiğini gözler önüne sermektedir. Anılmış olan bu iki evredeki benzer özellikler, Fillitoid karmaşığındaki sülfür yoğunlaşmaları, örneğin Drina akarsuyu çevresi, Polimije, güneydoğu

Bosna, doğu Sırbistan gibi bazı yörelerde ba-tı Makedonya'dan düşük olmasına karşın, özünde genel sülfür içeriği değişmeksizin, Balkan Yarımadası'nın diğer bölümlerinde de söz konusudur,

Alpin dönem (erken ve geç) Haç ve Eisinga (1987) tüm Mesozoik ve Senozoyiği kapsayacak biçimde erken, orta ve geç olarak bölümlemiştir. Sülfür yatakları ve oluşuklarının eşlik ettiği intrüzif-volkanik karmaşığın dağılı-mı bağlamında, Balkanlar'da bu karmaşığın kapladığı geniş alanlar söz konusudur (Şek. 2). Dinaridler'de ve Balkanlar'da diğer yörelerin-



Şek. 2- Balkan Yarımadası'nda Mesozoik-Senozoik volkanitleri dağılımının basitleştirilmiş haritası

de yaygın anhidrit ve jips çökel oluşuklarının yanı sıra, Mesozoyik ve Senozoyik dönemleri önemsenir sülfür zenginleşmesi gelişimini de kapsayabilmektedir. Sadece sülfür yatakları gözönüne alındığında, Balkan Yarımadası'ndaki Pb, Zn, Cu, Mo ve diğer yatakların % 90 bölümünün bu evrede kökenlendiği söylenebilir. Sülfür içerikleri ve dağılımına ilişkin diğer araştırmaların yokluğu düzleminde, Balkan Yarımadası'nda Mesozoyik ve Senozoyik boyunca sülfür ürününü öngörmeye en önemli ölçüt budur. Daha yaşlı dönemler ile karşılaştırıldığında açık bir ayrılık sadece yatakların sıklığında değil, ancak Pb, Zn, Cu ve diğer sülfürlerin toplam rezervlerinde de söz konusudur. Kayaçlardaki pirit saçınımları da eklendiğinde ve jips ve anhidrit çökelleri de gözönüne alındığında, yersel olarak milyonlarca ton rezerve erişen pirit yataklarının yalın ve gerçek öngörülerine ulaşılabilir; ancak, Alpin dönemde sülfür oluşumunun tek düze olmadığı da belirtilmesi gereken bir özelliktir. Mesozoyik'te en büyük sülfür yoğunlaşmaları öncelikli olarak anhidrit ve jips ile ilintili olup, sülfür yatakları ile ilintili olanları daha düşük niceliktedir. Öte yandan Mesozoyik ve Senozoyik sonunda çok büyük sayıda Fe, Pb, Zn ve Cu metalleri oluşmuştur. Eski Sosyalist Federal Yugoslavya Cumhuriyeti alanındaki tüm sülfür yataklarının niceliğinin kabaca iki milyar tonu aştığı saptanmıştır. Hesaplanmış sülfür derecesi % 5'i aşmakta, en düşük % 0.5 içerik ise dasitik-andezitik kayaçlardaki saçınımlarla sınırlı kalmakta ve bu ise devasa sülfür niceliklerini göstermektedir. Bu durum diğer Balkan ülkeleri ve özellikle de Romanya ve Bulgaristan için de geçerlidir. Ancak, bu dönemlerde aktif yüzey volkanlarının, çağdaş volkanlar ile karşılaştırılabilecek ölçüde büyük niceliklerde sülfür yaydığı da gözardı edilmemesi gereken bir noktadır. Bu volkanların bazıları püskürme sonucunda, örneğin yılda 50 ton ya da daha çok ve diğer bazıları ise bir günde 100 ton

ya da daha çok sülfür çıkarmıştır. Bunun en iyi açılması, 6-22 Ekim 1980 tarihleri arasında 950-1300 ton SO₂ ve 15 dakikalık dönemsel boşalışlarda 40 ton SO₂, ya da bir diğer hesaplama ile 24 saatte 3800 ton SO₂ yaymış olan St. Helen Volkanı'dır (Lipman ve Donald, 1980).

Tüm sunulan veriler Alpin dönemde Balkan Yarımadası intrüzif-volkanik karmaşığının sülfür açısından çok yoğun ölçüde zenginleştiği gerçeğini desteklemektedir. Kayaçlarda (karmaşıklarda) kabaca hesaplanmış sülfür nicelikleri % 1 dolayındadır. Bu içerik değeri, benzeri magmatik kayaçlardaki ortalama değerler Vinogradov (1962) ile karşılaştırıldığında 30 kat, daha yaşlı metalojenik evrelere göre ise 10-50 kat daha yüksektir. Bu, Mesozoyik-Senozoyik dönemini olağanüstü bir jeokimyasal görünüm olarak ayrı kılan özelliktir.

BALKAN YARIMADASI'NDA ALPİN DÖNEMDE SÜLFÜRÜN KÖKENİ

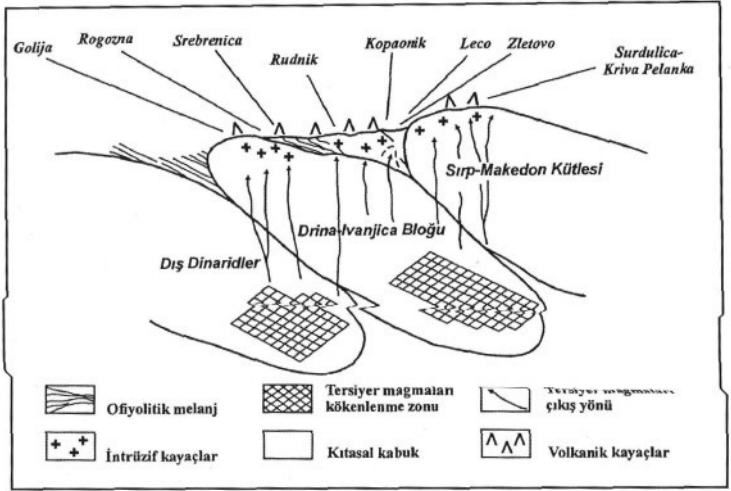
Balkan Yarımadası'nda Mesozoyik ve Senozoyikte çökel karmaşıkları içinde kökenlenmiş değişik sülfatların olduğu gibi, Fe, Cu, Pb, Zn, As ve diğerlerinin sülfür yatakları ve saçınımlı sülfürlerinin sayısı Paleozoik ya da daha yaşlı dönemlerin eş ya da benzer karmaşıkları ile karşılaştırıldığında devasa bir fark söz konusudur. Bu, özellikle en Geç Mesozoyik ve Tersiyer, ya da daha iyi bir tanımla tüm Senozoyik dönemi için karakteristiktir. Bu anlamda Balkan Yarımadası'nda Geç Kre-tase, Paleojen, Neojen ve Kuaterner dönemlerinin sülfür evresi olarak tanımlanması gerekmektedir. Ancak bu olgu, içerisinde en önemlisinin sülfürün kökeni olan sayısız sorun üretmiştir. Doğrudan jeokimyasal ve diğer verilerin sınırlı düzeyi ve bu olgunun günümüze değin karşı gelen çalışmaların odağında yer almayışı gözönünde tutulduğunda bu, tek düze ve tek yönlü bir sorun değildir.

Bu karmaşık sorunun özellikle güncel bilgi çerçevesinde çözüme açılacak olması koşulunda, Balkan Yarımadası'ndaki Alpin dönem jeotektonik olaylarından başlamak gerekmektedir. Bu anlamda, çözümlenecek en önemli sorun Tersiyer dönemi tektono-magmatik aktivitesidir. Bu kavramın yaratıcıları olan Grubic (1974) ve Jankovic ve Petkovic (1974) jeotektonik olaylar ve bu aktiviteyi karakterize eden ilintili metalojenik sonuçlar sorununda yoğunlaşmış olmalarına karşın, gerek sülfürün kökeni ve gerekse de bu dönemin intrüzif-volkanik karmaşıklarında devasa ölçüde üretilmesi ve yığılması konularına yönelmemişlerdir. Ancak, Balkanlar'daki tektono-magmatik aktivite sürecinde büyük intrüzif-volkanik karmaşıkların kökeni kavramı, dolaylı biçimde, bu sürecin ofiyolitik kuşağın ve iç Dinaridler'in kıta altına gömülmesinden kökenlendiği önermesini düşündürür bu koşulda bunlar Moravya ve Pelagon-Rodop masifleri ya da Sırp-Makedon kütesidir (Grubic, 1974; Jankovic ve Petkovic, 1974). Böylesi bir tek yanlı açıklamanın, sadece bir segment (iç Dinaridler ve Vardar zonunun ofiyolitleri) gözönüne alındığında, dalma-batma alanının aktivitenin süresi ile karşılaştırıldığında önemsenir olmayışı bağlamında basit bir açıklama olması yönüyle, benimsenmesi güçtür.

Gerçekte, sayısız sülfür çıkışları ve piritleşmeler (Vranje Spa, Sjarina Spa vd), arada bir yer kabuğu dalma-batmasının aktif segmentleri olan ofiyolitler ve iç Dinaridlerin bu aktiviteyi sona erdirdiğini, ancak sülfür üretiminin süregittiğini vurgular. Bu gerçekler bu bölgeler için birincil önemdedir. Bu ön kabul sülfürün Karpato-Balkanidlerde de bol bulunduğu ve ne var ki tektono-magmatik aktivitenin aynı jeolojik süreçleri ile ilintili olmadığı

gerçeğine eklendiğinde, bir diğer sorun ortaya çıkmaktadır. Bu alandaki sülfürü üreten ne tür ve hangi işleyişlerdir? Ardından da, toplam sülfür ürününe ilişkin bir sorun doğar. Alpin döneminde karşılaşmış olan dev sülfür niceliği sorunu sadece Balkan Yarımadası ile sınırlı olmayıp, bir yanda Ege, Küçük Asya ve daha doğuya, öte yanda ise Karpatlar boyunca Orta Avrupa'ya değin söz konusu olmuştur.

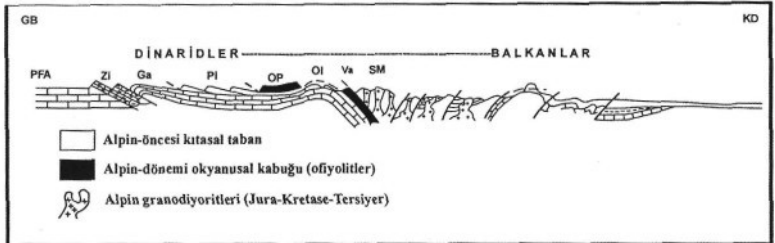
Yazarların Tersiyer tektono-magmatik aktivitesine ilişkin görüşü bu aktivitenin nedenlerini ve doğrudan etkilerini açık biçimde tammlamamıştır. Sadece Karamata (1983), Grubic (1974) ve bir ölçüde de Auboin ve Blanchet (1981) bu anlamda daha somuttur ve özellikle Karamata (Şek. 3), jeolojik karakteristikler yolu ile, Tersiyer tektono-magmatik aktivite alanında ofiyolitik karmaşıkların Tersiyer dasitik-andezitik volkanikleri ile doğrudan ilişkisini çözümlenmiştir. Araştırmacı bir yanda Drina-Ivanjica bloğunu ve Vardar zonunun ofiyolitlerini içeren ve bir bütün olarak dalmış olan iç Dinaridleri ve öte yanda da yer yüzeyine yansıtılmış belirgin magmatik süreçlere yölağan süreç paralel olarak katılmış Dış Dinaridleri sırası ile ya Moravya masifi sınırında, ya Pelagon-Rodop masifi içinde ya da Sırp-Makedon kütesinde ve sırası ile Drina-Ivanjica bloğu ve Vardar zonu ya da ofiyolitik zon çerçevesinde gözlemiştir. Bu kurgu, anılan blokların dalma-batmasının, günümüzde de aktifliğini sürdüren daha yaygın bir dalma-batmanın bir sonucu olduğu gözönüne alınacak olduğunda benimsenebilir. Bu, sırası ile, yüksek sülfat yoğunlaşmaları içeren Akdeniz tabanı ya da Afrika kıtasının, Avrupa, bu örnekte ise Balkan Yarımadası altında dalması-batmasıdır.



Şek. 3- Tersiyer magmatik kayalarının jeotektonik ortamı ve cevher yatakları dağılımı (Karamata, 1983).

Bu koşullar altında (jips ve anhidrit biçiminde) önceden çökelmiş olan sülfürün bu alandan gelen sülfürün ana kaynağı olduğu düşünülebilir. Bu koşulda tektono-magmatik

aktivite otokton değildir, buna karşın Jura döneminden beri kalıcı olmuş yaygın ve uzun dönemli karmaşık bir süreçten sonuçlanmış: (Auboin ve Blanchet, 1981), (Şek. 4).



Şek. 4- Dinaridler'in ve Balkan Alpin zincirlerin enine kesiti (Auboin ve Blanchet, 1981).

Dalma-batma açığıca Vardar zonu ofiyolitlerinin ve iç Dinaridler'in metamorfiteerinin Moravya masifi altına (Balkanlar'ın güney bölümünde Pelagon-Rodop masifi doğu segmenti ya da bu örnekte Rodop masifi altında) dalması ile başlamış, bu olguya batı ofiyolit kuşağı ve Dış Dinaridlerin iç Dinaridler altına gömülmesi ile Karamata (1983) da belirtildiği gibi ilintili bir diğer dalma-batma ve daha ötede Helen Çukuru alanında Tetis Okyanusu tabanının ya da okyanusal kabuk kalıntıları ve Afrika kıtasının Avrupa ya da bu örnekte Balkan Yarımadası altına gömülmesi ile başlatılmış olan bir diğer olgu eşlik etmiştir (Underhill, 1989). Tüm bu çok kanşık süreçler, kendisine karşı gelen jeokimyasal karakteristikerin eşlik etmiş olduğu ve bir ölçüde Tersiyer tektono-magmatik aktivitesinde (Grubic, 1974b; Janovic ve Petrovic, 1974) yansıtılan etkin bir magmatizmayı başlatmıştır. Diğer olgular gözardı edilerek ve böylesi bir karmaşıklığın jeodinamik süreçleri izlenip, sadece Tersiyer tektono-magmatik aktivitesi ya da Balkan Yarımadası içine büyük niceliklerde sülfür taşımış olan magmatizma göz önüne alınarak. Tersiyer intrüzif-volkanik karmaşığının, çok sayıda önceki yazarca belirtilmiş olduğu gibi, tüm yaşlı birimleri ve Vardar zonunu keserek Balkanlar boyunca kuzeybatı-güneydoğu yönde uzandığı söylenebilir. Bu zon birkaç yüz kilometre uzunluktudur ve olasılıkla Ege Denizi yolu ile Küçük Asya içlerine uzanıp, 2000 km yi aşan toplam uzunluğa ulaşır.

Tektono-magmatik aktivite zonundan ayırılarak, Romanya, doğu Sırbistan ve Bulgaristan'da yayılan ve sülfür yoğunlaşmalı intrüzif-volkanik karmaşıklar ile karakterize edilen Karpato-Balkanidler'in varlığı da söz konusudur. Değişik görüşlerin söz konusu olmuş olması nedeniyle bu noktada bunların kökeni konusuna girilmeyecektir. Grubic (1974a) gibi bazı yazarlar riftleşmeden türediğini; örneğin Bogdanov (1977) ve bazı diğerleri Moesia plâkasının Balkanlar artma gömülüsünün

gözönüne alınması gerektiğini ve üçüncü bir grup olan Vukasinovic ve Antonovic (1989) ise neden olarak çarp(ış)maların gözönüne alınması gerektiğini getirmişler. Bir diğer gerçek, bu zonda yanısıra yüksek Fe, Cu, Pb, Zn gibi sülfite ve daha az ölçüde sülfat yoğunlaşmaları içeren çok yaygın intrüzif-volkanik karmaşıkların varlığıdır. Bu bölgede açığıca, sadece petrojenik anlamda değil, yanısıra sülfürün jeokimyasal karakteristikeri açısından da, trans-Balkan intrüzif-volkanik karmaşıklarının (Tersiyer tektono-magmatik aktivite) benzeridir.

Kretase-Tersiyer dönemindeki aşın sülfüre ilişkin jeokimyasal çalışmalar için, Putnik (1981)'in batı Sırbistan'daki Diyabaz-Çört formasyonundan, ardından Aleksandrov (1992); Efremov (1993) ve Serafimovski (1993)'nin Lece masifi ve kuzeydoğu Makedonya çökeleri bölgeleri için ve Drovenik ve diğerleri (1975)'in kuzeydoğu Sırbistan sülfite cökellerindeki daha önceki çalışmalarında belirtmiş oldukları, sülfürün izotopik bileşimine ilişkin testler bir ölçüde yardım sağlayabilir. Bu araştırmacıların yorumları, bazı ayrılmalar olmasına karşın, görece bir örnektir. Belirgin biçimde, ³⁴S'e ilişkin çok sayıda ölçüm, yazarların çoğunun üst mantoya bağlanmış olduğu magmatojenik sülfürü karakterize eden değerler dolaındadır. Ancak bu ölçümlerin verdiği değerler yerleştirildiğinde, bunların çoğunun bu belirtilen görüş ile uyumadığı dikkat çekmektedir. Bu değerler gerçekte >+ %0 7 ve < -%0 7 izotop değerleri için belirgin bir açıklama getirememektedir. Örnek olması açısından, kuzeydoğu Sırbistan'daki Markov Karnen yöresinde Drovenik y.e diğerleri (1974, 1975) açığıca hafif sülfür izotopları açısından yoğunlaşmayı vurgulayan, -‰, 20'den başlayan değerleri bulmuşlardır. benzer sonuçlar kuzeydoğu Makedonya'daki cevher yataklarından da elde edilmiştir. Bu veriler, ilk sülfürün değişik kökenleri olduğu sonucunu veriyor olarak yo-

rumlanacaktır. Sülfürün bir bölümünün üst mantodan kökenlendiği, buna karşın arda kalan bölümünün ise, kısmî erimeden etkilenen kıtasal kabuğun alt bölümlerinden olduğu gibi, magma üretimi kuşağında dalma-batma süreci evresine girmiş olan önceki çökellerden türemiş olduğu düşünülebilir. Anılan koşulda yaratılan eriyikten bu tür bir ³⁴S ayrışması (fraksiyonlara ayrılma) fiziko-kimyasal koşullara, pH değerine, taşınma uzaklığına ve termodinamik ve diğer koşullara bağlıdır. Bu tür etkenlerin ağır izotopların ayrışmasını artıracığı, ancak hafif izotoplar koşulunda bu ayrışmanın kısmî kalacağı düşünülmektedir. Anılan araştırmacıların belirtmiş olduğu sonuçlar, kendilerinin yaptığı ölçüde basitleştirilemez. Magma kuşağını oluşum alanında gelişmiş olan karmaşık süreçler ve dalma-batma evresinde magmatik eriyiğe katılan çökellerden sülfür ürünü, sülfür izotopları ayrışmaları için çok daha karmaşık süreçleri göstermektedir. Bu koşulda, önce üst mantodan ve ardından da gömülmüş çökellerden ve yer kabuğunun alt bölümlerinden gelen sülfür, sülfürün gerçek kökenleri olmaktadır. Tüm bu süreçler bir arada, Balkan Yarımadası'nda sülfür cevher yataklarındaki sülfür izotopik bileşiminin ileri derecedeki heterojenliğini belirlemektedir. Bu olguya özellikle, magmatik kütle çevresindeki yanal zonlanmaya doyurucu bir çözümlenme girişiminde bulunan Drovnik ve diğerleri (1974, 1975) odaklanmış, buna karşın diğer araştırmacılar bu olguyu çoğunlukla göz ardı etmişlerdir. Dinaridler'deki ya da diğer jeotektonik bloklardaki çökellerin ve ardından da Akdeniz'in tabanı ve Afrika plâkasının, tektono-magmatik aktivite kuşağında bulunan sülfür yatakları ve saçınımlarındaki sülfürün en azından bir bölümünün ilk kaynağı olmayacağı olasıdır. Karpato-Balkan Yayısı sorunu gündeme geldiğinde, ya Bogdanov (1977)'ün öngörmüş olduğu dalma-batma süreci ya da Grubic (1974a) ve Vukasinovic ve Antonovic

(1989)'in belirtmiş oldukları gezegen ölçeğindeki jeotektonik süreçler seçeneklerinden birini benimsemek güç olmaktadır. Tüm bu koşullarda, sırası ile, bu bölgedeki çökeller ya da kıtasal kabuk, Karpato-Balkanidler'deki sülfür yataklarının bileşimine girip, sülfürün bir bölümünün ana kaynağı olarak yer almaktadır.

Dalma-batma süreci dönemi, ardından magmatik eriyik evresi, sülfürün Kretase-Tersiyer intrüfiz-volkanik karmaşıklarına girişi ve sülfür ürününün açıkça günümüze değin sürgünmesi gözönüne alınacak olduğunda, bunun, yaklaşık 140 milyon yıl boyunca sürmüş göreceli uzun-dönemli bir süreci kapsadığı tartışmasızdır.

Bu sürece daha yoğun odaklanılacak olduğunda, Balkan Yarımadası'nın bu jeokimyasal özelliğinin sadece yerel önem taşımadığı yargısına varılacaktır. Karşı yönde, sorunun, Kretase-Tersiyer sülfür yataklarının Pasifik çevresinde, Akdeniz bölgesinde ve aktif volkanların dolaylarındaki dağılımını yansıtan küresel bir sorun olduğu söylenebilir. Bu, Pasifik çevresi ateş halkası, ardından orta, güney ve güneybatı Pasifik, orta Amerika, Akdeniz, güney ve güneydoğu Asya, Malezya takımadaları, okyanus-ortası riftler (Atlantik, Hint Okyanusu) ile ilintili bir olgudur. Tüm bunlar, jeokimyasal bakış açısından, Kretase-Tersiyer evresinin, sadece Balkan Yarımadası için değil ancak daha büyük ölçekte ve küresel bir jeokimyasal dönemi tanımlayan sülfür evresi olarak adlanabileceği yönündeki tek sonuca yol açar.

Yayma verildiği tarih, 4 Nisan 2001

DEĞİNİLEN BELGELER

Aleksandrov, M. 1992, Metalogenetske karakteristike polimetallnog rudnog polja Sase-Istocna Makedonija. Rudarsko-geol. Doktorska disertacija. Rudarsko-geoloski fakultet, daktilografisano. str 264. Beograd.

- Auboin, J. ve Blanchet, R., 1981. Subduction and tectonics: Discussion on the results of the IPOD Programme in active margins. *Oceanologica Acta. Colloquium C 3. Geology of Continental Margins*, 26th IGC, pp 283-94. Paris
- Balogh, Kad.; Svingor, E ve Cevtkovic, V.. 1994, Ages and intensities of metamorphic processes in the Batoclna area. Serbo-Macedonian Massif. *Acta Mineralogica-Petrographica, Szeged. XXXV.* pp 81-94. Segedin.
- Bogdanov, B.. 1977, Metallogeny of Sredna Gora Zone in the context of plate tectonics. Metallogeny and plate tectonics in the northeastern Mediterranean. Faculty of Mining and Geology. Belgrade. UNESCO Correlation, Project no 3, Ed S. Jankovic, pp 493-504. Belgrade.
- Decker. E. R.; Wright. L T. ve Stauffer. H. R.. 1987, Volcanism in Hawaii. USGS Professional Paper 135. v 1. p 8391. Washington.
- Drovenik. M.; Lekovsek, H- ve Pezidc, J., 1974-75. Izotopski sastav sumpora u rudnim lezistima Tímocke eruptivne oblasti. Rudarsko-metalurški zbornik, knj 4, str 320-62, Ljubljana.
- Efremov. L, 1993. Osnovne geohemijske magmatske i metalogenetske karakteristike u Kratovskozletovskoj oblasti. Doktorski disertajica. Rudarsko-geoloski fakultet, daktilografisano, str 282. Sop.
- Grubic, A., 1974a, Istocna Srbija u svetlosti nove globalne tektonike i odraz takvog modela na tumacejne lektionike severne grane Alpida. Metalogenija i koncepcija geotektonskog razvoja Jugoslavije. Posveceno Prof Dr. B. Milovanovicu. Rudarsko-geoloski fakultet. Katedra za Ekonomsku Geologiju. str 153-80. Beograd.
- Grubic, A.; 1974b, Srpska-Makedonska mineralogenetska provincija u svetlosti neopalpske aktivizacije. Metalogenija i koncepcija geotektonskog razvoja Jugoslavije. Posveceno Prof. dr. B. Milovanovicu. Rudarsko-geoloski fakultet. Katedra za Ekonomsku Geologiju. str 261-63. Beograd.
- Haq U. Bilal; Van B. ve Eysinga, V. F.. 1987, Geological Time Table. Elsevier, Amsterdam, Netherlands.
- Jankovic. S. ve Petkovic, M., 1974, Metalogenija i koncepcija geotektonskog razvoja Jugoslavije. Posveceno Prof. Dr B. Milovanovicu. Rudarsko-geoloski fakultet. Katedra za Ekonomsku Geologiju. str 369-98. Beograd.
- Karamata, S., 1983, Sadr/aji nekih mikroelemenata u terciarnim magmatitima istocnog deia Jugoslavije u zavisnosti od njihovog geotektonskog poloajaja. Glas CCCXXV SANU, Odeljenje prirodno-matematičkih nauka, knj 49, str 39-54. Beograd.
- Lipman, W. P. ve Mullineaux, R. D., 1981, The 1980 Eruptions of Mount St. Helens. Geological Survey Professional Paper 1250, str 844. Washington
- Popovic R., 1991, Srpsko-Makedonska masa ili Pelagonsko-Rodopski i Moravski Masiv. Radovi Geoinstituta, knj 25, str 7-20. Beograd.
- . 1993. Geochemical and Metallogenic Evolution of Öre Mineralizations of Southern Part of Balkan Peninsula in Pre-Alpine Age. Proceedings of the 29th IGC. Resource Geology Special Issue, no 15. pp 331-41. Tokyo, Japan.
- , 1995, Geohemijska i metalogenetska evolucija moravskog masiva u premezojskom vremenu. Radovi Geoinstituta, knj 31, str 267-84. Beograd.
- , 1998, Palinspasticka rekonstrukcija geotektonskih dogdjaja mediteranskog podruca kroz geolosko vreme. Radovi Geoinstituta, knj 35, str 91-98. Beograd.
- Putnik, ^.. 1981, Metalogenija bakra dijabaz-roznacke formacije. Posebna izdanja Geoinstituta. knj 6, str 117. Beograd.
- Serafimovski, T., 1993, Strukturno-metalogenetski karakteristiki na zonata Lece-Halkidiki Tipovi na naogalista i reonizacija. Rudosko-geoloski fakultet. Posebno izdanje br 2. str 328. Stip.

- Underhill, R. J., 1989, Late Cenozoic Deformation of Hellenids Foreland, western Greece. Bulletin of the Geological Survey of America, v 101, no 5. pp 613-34. Boulder, Colorado, USA.
- Vinogradov. A. P., 1962, Srednee sodержanie himičeških elementov v glavnih tipah izverzenih gornih porod Zemnoj kori. Geohimiya, no 7, str 555-71. Moskva.
- Vukasinovic, S. ve Antonovic, A., 1989, The Fundamental Magmatogenic-Minerogenic Structures in Yugoslavia. 28th IGC, Abstracts, v 3 of 3. pp 3/312-3/313. Washington DC. USA.
- Zonensain, L. P.; Kuzmin, I. M. ve Moralev, M. V., 1976, Globalnaya tektonika, magmatizm i metalogeniya. Izd. "Nedra", str 231, Moskva.
-