

## METASOMATİZMA PROBLEMİ

Gerhard BRENNICH

*Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, Ankara*

ÖZET.— Metasomatizma, mineral ve kayaçların hacim çapında yer değiştirmesinden ibarettir ve bu durum psödomorflar, eski dokuların muhafazası ve duvarlarla (uyuşmayan» çıkıntılı kontaklarla ortaya çıkmaktadır. Ciddi petrograflar, mikroskopik dokuların çeşitli şekillerde açıklanabileceği ve şüpheye düşülen yerlerde doğruyu ortaya çıkarmak için jeolojik ve Jeoşimik düşüncelere baş vurulabileceğini belirtmektedirler. Bu sebeple, jeologlar konunun bütününde yer alamaz, arazi gözlemlerini kabul etmezden önce, cevher gövdelerinin metasomatik orijinleri hipotezlerini kontrol eder.

Lindgren'in 1900 yılında yaptığı bir tarife göre (AIME Trans. 30:580), metasomatizma «bir madde ilâvesi veya bir madde eksilmesiyle kayacın bileşiminde kimyasal bir değişmeyi gösteren bir metamorfizma çeşididir.»

Correns'e göre (Einführung in die Mineralogie, 1949: 246), bu terim toprağın yüzeyinde yer almayan, katı durumun hiç olmazsa kısmen muhafazası dahil, kayaçtaki bütün değişmelere aittir.

Genellikle, diyajenetik işlemler «metamorfizma» olarak kabul edilmemektedir, fakat metasomatizmayı belirtmek için bunlar da dahil edilebilir. Toprağın yüzeyinde veya yüzeye yakın sülfürlerin oksitleşmesi, piriti takip eden psödomorflar olan limonit küplerinin veya pentahedralarının zuhuru gibi, fevkalâde şaşırtıcı metasomatizma örnekleri vermektedir. Bu durumda, daha önce bir pirit kristalinin yer aldığı bir yerde limonit meydana getirmek üzere sülfür gitmekte ve su ile oksijen ilâve olmaktadır.

Lindgren'in tarifine göre, kalkerde bulunan suyun kaybı bir metasomatik işlem hâsıl edecektir, çünkü *kayacın* kimyasal bileşimi «madde eksilmesi» ile değişmiştir. Gerçekte, Correns (o.c., s. 253) metasomatizma terimini kayacın kısmen veya tamamen reaksiyon ürünleri ile yer değiştirdiği işlemlere has kabul etmektedir.

Bununla beraber, aşağıdaki tarif durumu karşılamaktadır: «metasomatizma» bir kayacın müstakil minerallerinin bir diğeri ile yer değiştirdiği bir işlemdir.

Bir kayacın kimyasal bileşimi üç şekilde değişebilir : (1) gözenekli kayaçların emprenyasyonu (tercihen kumtaşı veya tüfler); (2) çözülür minerallerin veya ayrışma ürünlerinin giderilmesiyle (tercihen alkaliler, karbonatlar, kloritler ve sülfatlar); (3) yer değiştirmesiyle. — (1) ve (2) nci durumlar kaide olarak bir problem arz etmez. Daha önce gözenekli olan bir kayacın gözenek veya oyukları daha sonraki minerallerle (meselâ kuvars, kalsit veya sülfürler gibi) emprenye olmuşsa, ana kayacın ilk (orijinal) dokusu tanımlanabilir. Aynı şekilde, limonitler, dolomitler veya kuvars damarı hücre yapısı da çoğunlukla daha önce mevcut mine-

ral dolgularının izlerini taşır. Fakat belirtinin hiç olmadığı veya yetersiz olduğu yerlerde de büyük ölçüde bir yer değiştirme bazen kabul edilmektedir. Bu husus özellikle «pirometasomatik cevher yatakları» denenlere uygulanmaktadır. Lindgren, bu terimi bazı perimagmatik cevher yatağı tiplerini hidrotermal yataklardan veya kontak-metamorfik yataklardan ayırt etmek için kullanmıştır. Lindgren, muhakkak ki, «metasomatik işlemle daha önce katılaştıran kayaç içine bir madde girmesinin halen kabul edilen prensiplere göre pek az yer değiştirme belirteceğini» göstermiştir, fakat Becker'in «kayaç yerine cevher geçmesi teorisi ancak psödomorfik molekül yer değiştirmesine ait belirti olduğu zaman kabul edilebilir» yolundaki ifadesini de (AIME Trans., 23, 1893:602 de) destekler. — Aşağıda görüleceği gibi, molekül çapında yer değiştirme fikri terk edilmişse de, bu ifadenin ruhu bugüne kadar muhafaza edilmiştir.

Bastin, Graton, Lindgren, Newhouse, Schvartz ve Short müşterek çalışmalarının sonuçlarını açıklamışlar ve yer değiştirme hakkında kaideler kurmuşlardır (Criteria of age relations of minerals with especial referenee to polished Sections of ores. Ec. Geol. 26, 1931:561-610). «Yer değiştirme belirtileri» başlığı altında (s. 590), «Bir kısmı hasar verici yeni kayaçla değişmemiş ana kayaçta kristal veya bantlaşma, vb. gibi yapı veya doku bulamazsa, yer değiştirme gerçeği jeolojik veya Jeoşimik sonuç çıkarma dışında ispatlanamaz. Şurası kabul edilmelidir ki, yer değiştirmenin meydana getirdiği iç gelişmeler veya diğer şekiller o kadar birbirine benzer ki, bugün için bunları birbirinden ayırma yolu bilinmemektedir.» fikrini ifade etmişlerdir. — Bu durumda konu tekrar jeologa, onun arazi gözlemlerine, basiretine ve ön fikirlerine kalmaktadır. Ne yazık ki, jeolog ancak arazi gözlemleri cevher yatağının mahiyeti hakkında sıhhatli bir fikre imkân vermediği zaman, petrografik incelemelere ve «Jeoşimik sonuç çıkarmaya» baş vurmaktadır. Bununla beraber, şu da kabul edilmelidir ki, Jeoşimik sonuç çıkarma katı arazi belirtilerine dayanmadıkça veya onlardan destek görmedikçe, hipotez safhasında kalmaktadır.

Lindgren, eserine (AIME 30, 1900) şüphe edilmeyecek şekilde metasomatik yer değişimleri gösteren ikna edici birçok fotoğraf koymuştur.

Gilbert (Oxidation and enrichment at Ducktown, Tenn., AIME Trans. 70, 1924: 998-102), parlak yüzeylerde çeşitli tipte yer değiştirmeyi gösteren fotoğraflar kullanmıştır (s. 1007-1012).

Kayaç içinde madde değişiminin kimyasal karşılaştırma ile nasıl yapılacağını, Lindgren «Contact metamorphism at Bingham, Utah» (Bull. Geol. Soc. Am., 35, 1924:507-534) eserinde göstermiştir: «Silisin kalker içinde katı halde bulunması şartıyla,  $\text{CaCO}_3 + \text{SiO}_2 = \text{CaSiO}_3 + \text{CO}_2$  denklemi % 31.48 oranında bir hacim azaltma gerektirir. Silis dışarıdan sıvı halde ithal edilirse, % 10.81 oranında bir hacim artışı olur. Bununla beraber, yer değiştirme esnasında bir hacim değişmesi olmadığı kanısındayım; genellikle yeri alınan maddenin hacmi ithal edilen kadar olmaktadır. Gerçekte, hacimde bir değişme olmuyorsa, yukarıdaki denklem yanlıştır ve reaksiyonda CaO ve CO<sub>2</sub> kaybı olmalıdır. Bu durum şu şekilde ifadesini bulmaktadır: altere olmuş kayaçlarda CaO ve CO<sub>2</sub> yok olmaktadır. Fakat burada anlatılan şekilde bir metamorfik harekette maddenin hareketi kuvvetli ve değişkendir. Altere olmuş kayaçlar üzerinde yapılan altı analizden ikisi kuvvetli bir CaO ilâvesi göstermiştir.»—Lindgren'in denklemi neden yanlış bulunduğu açık değildir. CaCO<sub>3</sub> ın ayrışması geriye kalan CaCO<sub>3</sub> ın silise reaksiyonuna bağlı değildir ve her ikisi de olabilir.

Journal of Geology'de (26, 1918 : 542-554) Lindgren, «Metamorfizmada hacim değişmeleri»ni özel bir tebliğ konu yapmıştır. Bu eserinde metasomatizmanın farklı bir tarifini uygulamaktadır (s. 543) : «Metasomatizma burada, geniş bir şekilde bir mineralin sabit kalmadığı şartlara tâbi tutulduğu zaman, bileşimindeki herhangi bir değişiklik olarak tarif edilmiştir. Eriyikler, gaz veya sıvı halde, bu değişmeyi etkiler. Daha daraltılmış bir tarife göre, metasomatizma katı halde bir kayaç içinde, fizikî şartların tesiriyle olmuş mineral bileşimi değişmesidir, bu durumda yukarıdaki şartlarda sabit durabilen diğer mineral bu yeri işgal eder. —Yer değiştirme metasomatizma ile eş anlamda kullanılmaktadır.»

«Katı kayaçlar içindeki yer değiştirme, eriyik halinde ana mineral ve bunu takiben de eşit hacimde bir başka mineral çökmesinden ibarettir... Yer alan mineralin hacmi, yeri alınanınkine eşittir. Çökme erimeyi o kadar yakın takip eder ki, hiç bir zaman mikroskop altında bir boşluk görülemez... Yer değiştirme molekül çapında değil, zerre zerre ilerler. —Bu tebliğde metasomatik işlemlerle ilgili pek çok ilgi çekici bilgi vardır. Verilen yer değiştirme olayının örnekleri arasında şunlar vardır: kalsitin piritle, ortoklazın piritle, kloritin piritle, anortitin kalsitle yer değiştirmesi. Forsteritin demirsiz serpentine dönüşmesinde serpantin haline geçen beher  $\text{cm}^3$  forsterit için 0.75 gr MgO ve 0.28 gr  $\text{SiO}_2$  in ayrıldığı gösterilmiştir (s. 547). Ortoklazın serisit haline alterasyonu çok miktarda alümin ilâvesini gerektirir ki, bu da pirit, kalsit ve klorit yerine alüminli silikatların yer değiştirmesiyle sağlanmaktadır.—Bu işlem genellikle feldispatların serisitleşmesinde görülmektedir.

Lindgren, Amerika Jeoloji Cemiyetinin Başkanı olarak açış konuşmasında konuyu tekrar ele almıştır (Bull. Geol. Soc. Am., 36, 1925: 247-261) ve metasomatizmanın yeni bir tarifini vermiştir: « . . . . esas olarak erime ve çökme aynı zamanda meydana gelen molekül işlemidir ki, bu işlemle, sıvı safhada, bir mineral kimyasal bileşimi farklı diğer bir mineral haline gelmektedir.» Bu arada özellikle istisna edilen usuller, paramorfizma ile karışmama usulleridir. Lindgren, Goldschmidt'in şu ifadesini vermektedir (Metasomatic processes in silicate rocks., Ec. Geol., 17, 1922: 105\*123) : «Metasomatizma dışarıdan gelen yeni ürünlerle kayacın zenginleşmesini içine alan bir alterasyon işlemidir. Bu gibi zenginleşme, orijinal mineral ile zenginleştiren maddeler arasındaki çeşitli kimyasal reaksiyonlarla yer almaktadır... (su ve silis hariç).» Halbuki, Lindgren'e göre (s. 249) «metasomatizma» sadece kayaçlara değil, «tek haldeki maddelere uygulanması gereken bir terimdir.» Aynı zamanda, Lindgren «belirli kimyasal reaksiyonları» da metasomatizmayı etkilemede gerekli görmemektedir (Meselâ, kalsit veya kalkerin kuvars veya kriptokristalin silisle yer değiştirmesi.) Lindgren «ihmal edilen koloidal yer değiştirme sahasına dikkati çekmek» istemektedir. «Esasen, kimyasal bir denkleme yazılabilsin veya yazılamasın ve meydana gelen ürün bir kristaloit veya bir jel olsa da, işlem aynıdır.»

Boydell, «Metasomatizma üzerinde bir tartışma»da (Discussion on metasomatizm, Ec. Geol., 21, 1926: 1-55) eski literatür üzerinde görüşlerini vermiş ve mineral maddelerinin erimesinde basıncın etkisi üzerinde durmuştur. Daha sonra, uzun uzun koloidal eriyiklerin özelliklerini tartışmış ve koloidal yapıları gösteren birçok resim vermiştir.

Knox (Criteria of age relations of minerals, Ec. Geol., 27, 1932: 95-96), piritin bazen aynı zamanda değişik ergimelere sahip birçok farklı mineral yerine

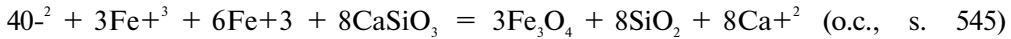
geçtiği hakkında ikna edici açıklamada bulunmuştur. Aynı sene Butler (Ec. Geol. 27, 1932: 1-24), «cevher yatakları ile birlikte bulunan yer değiştiren mineraller üzerinde yeni gelen mineralin etkisi» ni tartışmıştır.

Lindgren, «Mineral yatakları» (Mineral Deposits, 1933) kitabında bir bölümü (s. 695-745) pirometasomatik yataklara ayırmıştır.

Ertesi sene Schouten. (Ec. Geol., 29, 1934: 611-658), «açık yerde sentetik yer değiştirmenin yapı ve dokuları» incelemesine imkân sağlayan denemelerini rapor halinde verdi. Bu raporunda bilinen şartlar altında tecrübeleriyle elde ettiği yer değiştirmeden ileri gelen şüphe götürmez 38 şekil de vardı. Fakat «deneylede kullanılan eriyikler genellikle o kadar rastlanmamış ve garip bileşimlere sahipti ki, orijin tarzı bakımından bu sentetik yer değiştirmelerin tabiiileri ile karşılaştırılmalarını gerektiriyordu» (s. 657). Yine (s. 656), '«Mineral A» mineral B «içine girer» veya «onu keser» gibi deyimler çoğunlukla orijinal yer değiştirmeyi ima etmektedir; A ve B nin birbirini izlediğini ispat edici bir sonuç *vermemektedir.*' Deneyler şunu göstermektedir ki, yapılar, metasomatik yer değiştirme yönünden tipik olmayan katılar üzerinde eriyiklerin etkisiyle gelişebilir. Diğer bir deyimle, bilinen şartlar altında deneyler dahi, yer değiştirme cevherlerinin jenezi hakkında kesin bir delil veremez.

Douglas, Goodman ve Milligan (On the nature of replacement, Ec. Geol., 41, 1946 : 546-553) üç mümkün işlem düşünmektedir: (1) meydana gelmiş mineralin ayrılmasıyla meydana gelen psödomorflar ve ortaya çıkan boşluğun «yerini alan» minerallerle doldurulması ki, bu da ilk mineralin kristal özelliğini göstermektedir; (2) hidrodinamik: ana kayacın yumuşaması ve bunu takiben ortadan kalkması ve bu şekilde açılan boşlukta «yerini alan» mineralin çökmesi; (3) atomların yol değiştirmesi (shunting): bir kristal kafeste atomlar ve onlara ait boşluklar bir kristal boyunca hareket eder. Boşluklar, büyüklüğü ve valansı uygun atomlarla dolabilir. Holser bu tebliği tartışmış ve dikkatle incelemiştir (Metasomatic processes, Ec. Geol., 42, 1947 : 384-395).

1949 da Ridge (Replacement and the equalling of volume and weight, Jour. of Geol., 57, 1949: 522-550), hipojen ve süperjen yer değiştirmeler için denklem yazılabileceğini göstermiştir ki, «bunlar molekül, hacim ve elektrik olarak dengelidir». Meselâ:



Bu şekilde reaksiyonların bizzat yer aldığı doğrulanmamıştır —«bununla beraber, bunlar yer değiştirme reaksiyonları esnasında nelerin zuhur ettiğini gösteren mümkün ve bazı hallerde muhtemel açıklamalardır.» Ridge'in fikrine göre, bunlar Emmons'un yer değiştirmenin katî surette molekül çapında bir değişme olmadığı yolundaki görüşünü (Principles of Economic Geology, 1940, s. 159) teyit etmektedir.

Taupitz (Die verschiedene Deutbarkeit von «metasomatischen» Gefügen auf «telethermalen» Blei-Zink-Erzlagerstätten, Der Karinthiner, F. 25, 1953: 331), daha önce Kuzey Alpler, Karaorman ve Almanya'nın Sauerland bölgesindeki cevher yataklarının teletermal metasomatik orijini delilleri olarak kabul edilen cevher dokularının başlıca sedimenter orijinli (fosilli bakteriler, cevher psamit, cevher breşleri) olduğunu göstermiştir.

1950 de, Bastin (GeoL Soc. of America, Memoir 45) «Cevher dokularının açıklaması» konusunda geniş bir inceleme takdim etmiştir. Metasomatizma konu-

sunda şunu yazmaktadır (s. 34) : «Genellikle, ergime ve çökme işlemleri aynı eriyik aracılığıyla birlikte devam eder ve açık boşluklar meydana gelmez — yani, yer değiştirme veya metasomatizma diye bilinen usulle.... Bununla beraber, diğer durumlarda, mineraller bir eriyikle çözülmekte ve bir aradan sonra, ki bu esnada boşluklar mevcuttur, farklı bileşimde eriyiklerle bu boşluklara yeni mineraller çökelmektedir. Bu yer değiştirme *değildir*.» Yer değiştirme dokuları bu kitapta başka bir bölümün konusunu meydana getirmektedir.

### SONUÇLAR

Yukarıdaki gözden geçirmenin amacı, geçen 30-40 sene içindeki jeoloji literatüründe metasomatizma konusunu izleyerek çeşitli yazarların anlaştıkları noktaları veya aralarındaki anlaşmazlıkları ortaya çıkarmak ve ilgili problem hakkında görüş teatisi yapmaktır.

Yazarlar, metasomatizma tariflerinde ayrılıyorlarsa da, ciddi bir anlaşmazlık yoktur. Toprağın yüzeyi üzerindeki işlemler olan (limonitleşme, ayrışma olayı gibi) süperjen işlemler metasomatizma genel terimi içine alınsın veya alınmasın, bir sonuca varılamamaktadır. Yazarlar, Goldschmidt'in metasomatizmayı belli kimyasal reaksiyonlarla molekül çapında değişme işlemi olarak tanımlanmasını fazla dar bulmaktadır. Metamorfizma kayaçların mineral bileşiminde bir değişme olduğuna göre — kayacın kimyasal kitle bileşiminde bir değişiklik olsun veya olmasın— metasomatizma tercihan yüksek sıcaklık etkisi altında kayacın mineral bileşiminde bir değişme olduğu takdirde metamorfizmadan ayrılır. Kalkerin, mermer halinde tekrar kristalize olmasında veya marınların mineral bileşiminin tekrar düzenlenmesi sonucu hornfelslere dönüşmesinde kimyasal bir değişim şart değildir.

Metasomatizma, değişik kimyasal madde ilâvesini veya çıkarılmasını gerektirir. Yer değiştirme metasomatizmanın etkilendiği bir işlemdir. Mineral maddesinin ayrılmasından hemen sonra yerine gelen madde çökeliyorsa, o zaman her iki terim de aynı anlamda kullanılabilir.

Fakat yetkili petrograflar, yer değiştirmenin her durumda parlatılmış yüzeylerin incelenmesiyle ispat edilemeyeceğini kabul etmektedir.

Bazen önem verilmesi gereken bir nokta da, mikroskop ölçüsünde yer değiştirme belirtilerinin, muhakkak büyük kayaç kitlelerinin tüm ölçüde yer değiştirmesini ispat etmeyeceğidir.

Jeoloji ölçüsünde uygulanabilecek yer değiştirme prensipleri : (1) psödomorflar, (2) daha önce mevcut olan dokuların korunması (bantlaşma, silisli, piritli veya limonitize olmuş fosiller gibi), (3) yerini alan mienrallerin bitişikteki ana kayaç içine giren yuvarlak çıkıntıları ile («uyuşmayan» cidarlar) düzensiz kontaklar.

Metasomatizmanın ufak çatlaklardan ilerlediği ve bu sebepten mineralize eriyikler için kanal sağlayan ufak çatlaklardan pek fazla uzaklara gitmesi beklenmeyecek kadar çok yavaş bir işlem olduğu gösterilmiştir. — Meselâ, serpantin bir kaç milimetrelik ufak manyezit damarcıkları ağı ile damarlandığı yerlerde, metasomatizma önemli bir yer tutabilir. Fakat manyezit damarlarının keskin kesimli düz duvarları olan ve birkaç metre değilse de birkaç desimetre kalınlıkta uygun merceksi damarlar meydana getirdiği yerde, hidrotermal duvarlara yakın açık çatlakları doldurması daha iyi bir açıklama olmaktadır.

Bir jeolog bir cevher yatağı formasyonunu metasomatizma ile izaha gideceği zaman, arazi gözlemleri metasomatizmanın büyük ölçüde meydana geldiği tahminini desteklemedikçe, ince kesit veya parlatılmış yüzeydeki gözlemlerin sağladığı belirtileri önemsemeye dikkat etmelidir.

*Neşre verildiği tarih, 9 Temmuz 1970*

## B İ B L İ Y O G R A F Y A

- BASTIN; GRATON; LİNDGREN; NEWHOUSE; SCHWARTZ & SHORT (1931) : Criteria of age relations of minerals with especial referenee to polished Sections of ores. *Ec. GeoL*, vol. 26, pp. 561-610.
- BASTIN (1950) : interpretation of ore textures. *Geological Soc. of America, Memoir*, 45.
- BECKER (1893) : The genesis of ore deposits. *Trans. AIME*, vol. 23, p. 602.
- BOYDELL, H. C. (1926) : Discussion on metasomatism. *Ec. Geol.*, vol. 21, pp. 1-55.
- BUTLER (1932) : The Influence of the replaced rock on replacement minerals associated with ore deposits. *Ec. Geol.*, vol. 27, pp. 1-24
- CORRENS (1949) : Einführung in die Mineralogie.
- DOUGLAS, G. V.; GOODMAN, N. R. & MILLIGAN, G. C. (1946) : On the nature of replacement. *Ec. Geol.*, vol. 41» pp. 546-553.
- EMMONS (1940) : Principles of economic geology.
- GİLBERT (1924) : Oxidation and enrichment at Ducktown, Tenn. *Trans. AIME*, vol. 70, pp. 998-1023.
- GOLDSCHMİDT, V. M. (1922) : Metasomatic processes in silicate rocks. *Ec. GeoL*, vol. 17, pp. 105-123.
- HOLSER, W. T. (1947) : Metasomatic processes. *Ec. GeoL*, vol. 42, pp. 384-395.
- KNOX (1932) : Criteria of age relations of minerals. *Ec. GeoL*, vol. 27, pp. 95-96.
- LİNDGREN, W. (1900) : Metasomatic processes in fissure veins. *Trans. AIME*, [vol. 30, pp. 578-622.
- (1918) : Volume changes in metamorphism. *Journ, of GeoL*, vol. 26, pp. 542-554.
- (1924) : Contact metamorphism at Bingham, Utah. *Bull. GeoL Soc. America*, vol. 35. pp. 507-534.
- (1925) : On metasomatism. *Bull. GeoL Soc. Amer.*, vol. 36, pp. 247-261.
- (1933) : Mineral deposits, pp. 695-745.
- RİDGE (1949) : Replacement and the equalling of volume and weight. *Journ, of Geology*, vol. 57, pp. 522-550.
- SCHOUTEN, E. S. (1934) : Structures and textures of synthetic replacements in «open space». *Ec. Geol.* vol. 29, pp. 611-658.
- TAUPITZ (1953) : Die verschiedene Deutbarkeit von «metasomatischen» Gefügen auf «telethermalen» Blei-Zink-Erzlagerstaetten. *Der Karinthin*, F. 25, p. 331.