**Minerallerin Yıldızı Antimonit**

Umut Yaşa

Maden Mühendisi

yasaumut1923@gmail.com

Antimuan insanlar tarafından her dönem kullanılan metallerin en eskilerinden biridir. İlk arama, üretim ve kullanılışı M.Ö. 4000 yıllarıdır. İnce toz haline getirilen cevher, olduğu gibi veya yağ ile karıştırılarak kaş ve kirpik boyası olarak kullanılmıştır. Sümerler bu minerale ‘Simbigida’ adını vermişler. Stibium, M.Ö. 2300’lü yıllarda Mısırlılar tarafından verilen isimdir. (Simbigida -> Stibium ->Al-ithmid ->Antimonium )

Sümerler ‘sebze madeni’ der iken onu belki de bir sebzeye benzetmişlerdi. Araplar da göz çevresine sürüldüğü için sürme anlamında ‘Al kuhl’ diye tanımlamışlardır. Bugün İngilizcede bulunan “alcohol” kelimesinin Antimuan’nın Arapça halinden (gözleri karartmaya atıf ile) türetilmiş olması antimuanın birçok ilginç yanından biridir. Al Kohl - Al ithmid başlangıçta göz rahatsızlıklarına karşı koruma olarak kullanıldı. Göz çevresindeki koyulaşmanın kişiyi güneşin sert ışınlarından koruyacağına dair bir inanç da vardı.

Antimuanın, Yunancadaki anlamı “yalnız başına bulunmayan metal”dir. Bu tanımlama hem doğada bulunuşu hem de endüstride kullanımını açısından da çok doğru bir noktayı vurguluyor.

Doğada 150’ye yakın bileşiği olduğu bilinmekle birlikte antimuan metali üretiminde hammadde olarak antimonit (Sb2S3) kullanılmaktadır. Realgar, orpiment, galenit, pirit ve zinober mineralleri ile birlikte bulunur. Çizgi rengi, gri-koyu gridir. (Bu değerlendirme yazısında genel olarak kullanılan antimon yazımı yerine özellikle antimuan yazılışı seçilmiştir. Yazarın uzun yıllar çalıştığı işletmenin adının antimuan ile isimlendirilmesinden dolayı)

İçerdiği %Sb miktarına göre isimlendirilirler; Tüvenan cevher %1-10, konsantre %50 – 69.7, Crudum - ham antimuan %70, antimuan trioksit %80-83.5, Regulus % 99 – 99.8, rafine antimuan %99,8 üzeri. (Antimuan, yarı metaldir)

Antimuan metaline Regülüs’ten başka, kral metali, şeytanın oğlu, en büyük yargıç gibi hayli abartılı isimler de verilmiştir. Bugün de hala kullanılan Regulus tanımı antimonite verilen değeri göstermektedir. Aslan takımyıldızının en parlak üyesi Regulus, en eski çağlardan beri tanınan ve önem atfedilen bir yıldız olmuştur. Kış ve bahar aylarında Samanyolu’nun kalabalığından uzak bir bölgede yer alan parlak yıldızı Babilliler "Şarru", gökbilimci Ptoleme "Baziliskus", Kopernik ise küçük kral anlamında "Regulus" olarak adlandırmıştır. Erimiş sıvı antimuan soğutuldukça yüzeyi yıldıza benzeyen bir şekil alır.

Basilius Valentinus (1604) içinde bulunduğu döneme göre oldukça detaylı bir antimuan monografisi (Currus Triumphalis Antimonii “Antimon ’un Zafer Arabası”) yazmıştır. Antimuanın kurşunla karışınca onu sertleştiren bir metal olduğunu ve antimuandan ayna, matbaa harfi, alaşım metali ve boya maddesi yapılabileceği gibi birçok bilgi vermiştir (<https://www.sacred-texts.com/alc/antimony.htm>).

Newton’un yerçekiminden çok Antimuan ile ilgili araştırmalar yaptığı iddia edilir. Öyle ki, Newton antimuan hakkında yüzlerce sayfa makale yazmıştır. En gizemli elementlerden birinin antimuan olduğunu söylemek yanlış bir ifade olmayacaktır. (<http://www.newtonproject.ox.ac.uk/>)

Yerkabuğunda bulunan elementler arasında antimuan 0,20 g/ton ile kalay, arsenik veya nadir toprak elementlerinden daha az; bizmut, civa veya gümüşten fazladır. Doğadaki maden yatakları oluşumu, genel olarak yerkabuğunda homojen halde silikatlar içinde dağınık bir şekilde bulunan metallerin, metalik mineraller halinde toplanması olarak tanımlanır. Tüm silikatların iç-kafes enerjileri, maden yatağı mineralleri olan metal oksit ve sülfitlerden çok daha yüksektir. Doğada tüm reaksiyonlar iç enerjisi en düşük faza doğru gelişir. Dolayısıyla metallerin silikatik ortamdan kurtulmaları ve maden yatağı oluşturmaları aynı zamanda zorunlu bir reaksiyondur. Bu sayede maden yatağı doğada en duraylı-kararlı hal olmaktadır. Elbette maden yatağı oluşuma etki eden; iyon çapı, atom numarası, Clarke değeri, zaman gibi birçok faktör vardır.

Antimuan, Civa ile yerkabuğundaki en geç oluşumlardır. Ekonomik olarak işletilen maden yataklarının hemen tümü tersiyer dönemine rastlamaktadır. Türkiye’de bilinen bir örneği olmamakla birlikte kalay ve volframla birlikte Mezozoik dönem oluşumları Çin’de bulunmaktadır.

Çeşitli kayaç birimlerinde yapılacak bir yaş tayini, o kayaca bağlı muhtemel maden yatakları türü hakkında fikir verebildiği gibi, bu olası maden yataklarının ekonomikliği, rezerv ve tenör durumu hakkında da veriler sağlayacaktır. Antimuan yatakları genellikle sürekliliği olmayan, düzensiz kütleler halindedir. Cevherleşme şekli epitermal yataklarda, pegmatitlerde veya hidrotermal oluşumlardır. Bu düzensiz hal ve yüzeyde kolay bozuşması sebebiyle aranması da oldukça zordur. Cevher rezervi saptanması zor ve risklidir.

Antimuan maden yataklarının birçoğu, plutonik oluşumlar olup, ana kaynağından çok uzaklara ilerleyen ve bu arada oldukça fazla soğuyan eriyiklerden meydana gelmiştir. Soğuma esnasında en son antimuan metalleri çökelmiştir. Cevher damar mineralojisi ve yüzeye yakın derinliklerde oluşması, cevherleşmenin düşük sıcaklıklarda olduğuna işaret eder. Tenör olarak çok zengin antimuan damarlarının derinlerde damar yapısını gayet iyi koruduğuna fakat damarın genel karakteristiğine uygun tenör vermediğine rastlanılabilir. Damar oluşurken veya sonrasındaki etkenler neticesinde damarın içerisindeki antimuan çoğunlukla üst kotlara doğru hareket eder. Burada çok yüksek tenörlü mercekler oluşmasına neden olur. Aslında bu metal içeriği olarak damar içinde olan mineralin, damarın bir bölümünde toplanması halidir. Benzer durumlar damarı kesen faylar olduğunda veya damara paralel ya da onu kesen farklı eğim ve kalınlıktaki damarlar olduğunda da sıkça olmaktadır. Bu yapısal formların ara kesitlerinde çok zengin tenörlü ve damar ortalamasının üzerinde bir cevher kalınlığı oluşabilmektedir. Bu nedenle böyle bir durum ile karşılaşma ihtimali nedeniyle sondaj ve arama galerilerinin olabilecek en üst seviyede yapılması mühimdir. Şu da unutulmamalıdır ki, bu yüksek tenör ve tonaj uzun süre devam etmeyecektir. Bu nedenle birbirinden bağımsız sayılabilecek alanlarda sondaj ve arama galerileri imkânlar nispetinde sürekli devam etmelidir.

Madencilik çalışmaları başladığı andan itibaren sondaj ve arama galerileri ile birlikte bir etüt yapılmalıdır. Antimuanın düzensiz ve sürekli olmayan hali nedeniyle üretimi olabildiğince çeşitlendirmek gerekir. Antimuan madenciliğinde olumsuz sürprizler olabildiği gibi zaman zaman da olumlu sürprizler de yapar. Mevcut işletme veya arama sahalarında yeterli sıklıkta sondaj yapmak en doğrusu olmakla birlikte bazen bu sık sondaj aralıklarına rağmen cevher modeli oluşturmak hayli zordur. Bu sürekli olan sürprizlere karşı eğitimli ve tecrübeli personeller ile en hızlı reaksiyon verilebilir. Antimuanı tanımak, hele ki çalışılan maden işletmesindeki damarın yapısını, yan kayaçları cevherin mineralojisini bilen mavi yaka personel işletme için çok kritiktir. Hiç jeoloji bilgisi olmadığı halde uzun yıllar maden işletmesinde çalışanlar iyi gözlemlemeleri ve analiz etmeleri ile damarın üç boyutlu takibinde işletmeye değer katarlar. Süt kuvars diye tanımladıkları daha mat, yoğun beyaz ve kırılgan kuvars ile karşılaştıklarında cevhere yaklaştıklarını, daha saydam ve sert olan kuvars ile karşılaştıklarında ise cevhere uzak olduklarını fark eden madenciler aslında farkında olmadan düşük sıcaklık ürünü olan antimuanı tarif ederler. Diğer yüksek sıcaklık ürünü olan yapı içinde de antimuan cevherleşmesinin olmayacağını ya da orayı milyon yıl önce terk ettiğini belirtir. Bu ve benzeri birçok antimuan madenciliğine özel detayların atlanmadan izlenebilmesi için tecrübeli madenciler üst düzeyde önemli bir konudur.

Cevher jeolojisinden kaynaklı olmak üzere antimuan maden planlaması da kendine has zorluklar içerir. Açık ocak madenciliğinde görece kolay olan üretim planlaması, durum yer altı madenciliği olduğunda farklı bakış ve çözümler ister. Antimuan madeninde çalışanlar çok iyi bilir ki, yer altı madenciliğinde her gün ortalama %3-8 aralığında 100-200 ton antimonit cevheri üretmek stresli ve zordur. Yukarıda bahsedildiği gibi bazen bu tenörlerin de üzerinde yüzlerce/binlerce ton cevher üretilebilir. Fakat bunun uzun bir süreye yayılması hemen hemen olanaksızdır. Bu nokta itibariyle daha dengeli üretim, üretimin hazırlığı ile arama galerileri ve sondaj galerilerinin çok iyi koordine edilmesi gerekir. İşletmenin ürün satış sözleşmeleri, tesis kapasitesi, iş gücü ve ekipman kaynakları, havalandırma-su atımı-zemin kontrol yönetimi-cevher nakliyesi vb. madencilik faaliyetleri, arama öncelikleri gibi bir çok kısıt önemli faktörlerdir. Tüm işletmeler için söz konusu olan kaynakların sınırsız olmama durumu, antimuan madenciliğinde bir adım daha ileridedir. Cevher damarlarının düzensizlikleri-süreksizlikleri ve boyutları ile tüvenan üretim miktarlarının çok yüksek olmaması gibi durumlar nedeniyle mekanize madencilik yatırımları riskler barındırmaktadır. Bu durum da ister istemez madencilik çalışmalarının klasik ya da yarı mekanize olması sonucunu doğurmaktadır. Günümüz dünyasında mekanize madencilikten uzak bir üretim metodu rekabet edebilmek kolay değil.

Ülkemizde antimuan madenciliği 19. yüzyılın sonlarına doğru İngiliz ve Almanların öncülük ettiği işletmelerde başlamıştır. Tokat/Turhal ve İzmir/Beydağ antimuan yatakları dünya ölçeğinde dahi önemli sayılabilecek cevher damarlarıdır. Bunların yanında İvrindi, Gediz, Niğde, Hatay, Bilecik, Gönen gibi birçok yerde de ekonomik olarak işletilebilir antimuan yatakları mevcuttur.

Antimuan ürünlerinin hepsinde de As, Pb, Fe, Se, Sn, Hg istenmeyen empüritelerdir. İstenilen üst limitler %0,05–0.,5 aralığındadır. Özellikle, arsenik konusunun hassasiyeti çok önemlidir. Cevher damarının Realgar-orpiment içeren bölümlerinin gerekirse üretilmemesine veya bu cevherin tesise gönderilmemesine azami önem gösterilmelidir.

Antimuan her ne kadar yalnız olmayan bir mineral diye tanımlansa da flotasyon açısından karmaşık sayılmayacak bir mineraldir. Elbette başta arsenik olmak üzere bünyesinde istenmeyen elementlerin konsantreden uzaklaştırılması ürünün satışını doğrudan etkilemektedir. Flotasyon randımanları %90’ların üzerinde olan tesisler ülkemizde mevcuttur.

Flotasyona benzer şekilde, antimuan trioksit ve Regulus üretimleri de çok karmaşık olmayan fakat atık gazları neticesiyle çevre hassasiyetliğinin de yüksek olduğu prosesler ile elde edilebilmektedir. İhraç edilen antimuan ürünlerimizin hemen tamamı konsantre olarak satılmaktadır. Antimuan’ın giderek artan önemi, birçok ülke tarafından kritik hammadde olarak tarif edildiği günümüzde metal satışı dahi tekrar tekrar düşünülmesi gereken bir konudur.

Günümüzde metal ve oksit formlarında; alev geciktiricilerde, kurşun-asit akümülatörlerde, kimyasallarda, fren balatalarında, seramiklerde, camlarda, boyalarda, ısı stabilizatörleri ve plastiklerde kullanılmaktadır. Yüksek saflıktaki (%99,999+) Antimuan metali ise yarı iletken endüstrisinde; kızılötesi dedektörlerde, diyotlarda, diğer cihaz ve uygulamalarda kullanılmaktadır.

Endüstride, fiziksel ve kimyasal özellikleri nedeniyle tek başına ya da ağırlıklı olarak antimuan kullanımı söz konusu olmamakla birlikte, endüstrinin her alanında ihtiyaç duyulan antimuanın uç ürünlerinin üretilmesi hedeflenmelidir.

Geniş bir yelpazedeki kullanımı, kaynakların oldukça sınırlı olması ve bunların yaklaşık 3/4’nün Çin’de bulunması, antimuanın kritik hammaddeler içinde yer almasına neden olmuştur. ABD, Japonya, Avustralya ve Avrupa Birliği’nce kritik bir maden olarak tanımlanmaktadır. Arz riski hesaplamalarında 51 mineral içinde 7. sırada yer almıştır. Gelecek tahmini modellemelerine göre, antimuanın 2030 yılında da ekonomik önem derecesi 2014 yılı ile benzer olmaktadır. Rezerv/ üretim karşılaştırması yaklaşımına göre ise arz riski en yüksek mineraller içerisinde ve 50 yıldan daha önce tükenecek kıt kaynaklar sınıfında yer almıştır. Bu durum antimuanı değerlendirdiği gibi, ülkeleri onun yerine kullanılabilir diğer hammaddelerin neler olabileceği konusunda araştırmalara da yöneltmektedir. Yine bu kapsamda da başta kurşun asit akülerin grid metallerinden geri dönüşüm yoluyla da antimuan elde edilmesi de son yıllarda giderek artmaktadır.

Arama, üretim, flotasyon izabe ve depolama safhalarında insan sağlığını etkileyen olumsuzlukları göz önünde bulundurularak gerekli tedbirler sağlanmalıdır. Antimuan ısındığında zehirli duman çıkartır. Belirli koşullarda hidrojenle reaksiyona girerek çok zehirli gaz olan (sitibin) oluşturur. Oksitleyicilerle şiddetli reaksiyonu yangına ve patlamaya neden olabilir. Asitlerle temasında toksik gaz çıkabilir. Hava ile granül veya toz karışımı halinde ise tozun kolay tutuşması nedeniyle patlama tehlikesi vardır.

Tüm jeolojik, ekonomik, stratejik önemleri ile birlikte ekolojik olarak da uluslararası standartlarda bir antimuan madenciliği temel hedef olmalıdır.

**Kaynaklar**

1. İLERİ, S. Antimonit minerallerinde bükülme ve ikizlenme, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, c. 18, 127 - 130, Ağustos 1975
2. pubs.er.usgs.gov/
3. www.astronomimuzesi.com
4. MTA no. 192, Dünyada ve Türkiye’de Metal ve Minerak kaynaklarının Potansiyeli, Ticareti, Beklenen Gelişmeleri, XI Antimon - 1985
5. www.mta.gov.tr
6. Öztunalı, Ö. Maden yatakları oluşumları ve değerlendirilmeleri, 1973
7. www.newtonproject.ox.ac.uk/
8. Uzkut, İ. Maden yatakları oluşumunun jeolojik evrimi ve pratik önemi, MTA yayını-1977
9. assets.press.princeton.edu/chapters/s13261.pdf
10. Timur, M. Fren Balatalarında Kullanılan Antimonun Çevre Ve İnsan Sağlığına Etkilerinin Araştırılması, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi Cilt 32, Sayı 2, 2016
11. www.sacred-texts.com/alc/antimony.htm

Bu makalenin yer aldığı 95. sayımıza buradan ulaşabilirsiniz:

https://madencilikturkiye.com/wp-content/uploads/2018/09/Madencilik-Turkiye-Dergisi-Sayi-95-nsdu723eg2.pdf