

JEOŞİMİK YOLLA MADEN PROSPEKSİYONU

Mümin KÖKSOY*)

I. Giriş:

Yeni cevher* yataklarının aranıp bulunması oldukça güç bir problemdir. Bir bölgede mostra vermiş büyük maden yatakları, tarih boyunca bu bölgede yerleşmiş çeşitli insan toplulukları tarafından bulunmuş ve büyük bir kısmı işletilmiştir. Bugün bile Türkiye'mizde maden arama faaliyetlerinin çoğu eskiden beri bilinen yataklar üzerine veya civarına teksif edilmiş durumdadır. Gizli kalmış veya mostra vermemiş cevher yataklarının bulunması için yapılan araştırmalar tam mânâsıyla tatmin edici değildir. Bununla beraber ileri memleketlerde geliştirilen yeni maden arama tekniklerine ayak uydurmağa çalışılmaktadır.

Jeoşimik metodlarla maden aranması oldukça yeni olmakla beraber, bu metodlar kısa bir zamanda önem ve faydalarını, büyük madencilik şirketlerine ve alâkalı ilim müesseselerine kabul ettirmişlerdir. Bugün bir bölgede başarılı bir maden prospeksiyonu yapılmasında Jeolojik, Jeofizik ve Jeoşimik Prospeksiyon metodları üçlü bir ekip halinde ele çalışmayı gerektirmektedir.

Jeoşimik Prospeksiyon, genel anlamında, tabii olarak bulunan maddelerin bir veya daha çok kimyasal özelliklerinin ölçülmesine dayanan bir maden arama metodudur. [1] Ölçülen kimyasal özellikler, ekseriya bazı elementlerin veya element guruplarının eser miktarlarıdır; tabii olarak bulunan maddeler ise, taş toprak, dere kumu, bitki, su v.s. olabilir. Ölçmelerin gayesi bir cevherin mevcudiyetine işaret eden bir Jeoşimik anomali veya bir kimyasal belirtiyi bulmaktır.

Jeoşimik prospeksiyon ilk defa II. ci Dünya Savaşından önce, Rusya ve İskandinavya'da başlamıştır. A.B.D., Kanada ve Japonya'da ise jeoşimik çalışmalar ancak 1940 - 1950 senelerinde başlamıştır. 1950 senesinden itibaren İngiltere ve diğer memleketlerde de bu

metodun geliştirilmesine ve bu metoddan faydalanılmaya başlanmıştır. 1963 senesinde M.T.A. Enstitüsünde bir jeoşimi lâboratuvarının ve 1967 de bir jeoşimi servisinin kurulmasıyla bu metod Türkiye'de de tatbik sahasına konmuş bulunmaktadır.

Jeoşiminin ayrı bir ilim dalı olarak doğuşu ve gelişmesi, en büyük faktör olan, X - ışınları ve optik spektrograf metodların uygulanmasıyla başlamıştır. Bunlar sayesinde bir numune içindeki bir çok elementlerin eser miktarlarını çabukça tayin etmek mümkün olmuştur. Daha sonra her elementin daha çabuk, basit ve ucuz yollarla tayin edilebilmesi için kolorimetrik yaş metodlar geliştirilmiştir. Son zamanlarda jeoşimik analizlerin daha ziyade fiziksel metodlarla yapılmasına doğru bir eğilim görülmektedir. Bu modern aletlerden atomik absorpsiyon, fotospektrometre, X - ray floresans en önemlilerindedir. Bu aletlerin bir çoğunda kayıtlar otomatik elektronik ekipmanlarla yapıldığından neticeler daha çabuk ve daha sıhhatli olarak elde edilmektedir. Bir jeoşimik prospeksiyonun ilmî olarak yürütülebilmesi için cevher yatakları civarındaki elementlerin dağılım mekanizmalarının ve bu mekanizmalara etki eden faktörlerin bilinmesi şarttır. Bu konuda ileri memleketlerde devlet müesseseleri üniversiteler ve büyük maden şirketlerince devamlı araştırmalar yapılmaktadır.

Bir sene içinde jeoşimik prospeksiyon için toplanan ve analiz edilen numunelerin sayısı o memlekette jeoşimiye verilen önemi belirtmeye kâfidir. Rusya'da bir senede ortalama olarak 7 000 000 dan fazla numune toplanıp analiz edilmektedir. Böylece bu yönde Rusya dünyada en başta gelmektedir. İkinci olarak, 1 500 000 numune ile yabancı şirketlerin büyük arama faaliyetleri gösterdikleri Orta Afrika memleketleri zikredilebilir. Amerika ve Kanada'da ise bu rakam senede 500 000 numune civarındadır. M.T.A. Enstitüsünce 1966 - 1967 senelerinde yapılan jeoşimik prospeksiyonlarda takriben senede 20 bin civarında numune toplanıp, analiz edilmiştir.

*) Dr. Jeolog - Jeoşimist.
M.T.A. Enstitüsü.
Jeoşimi Servis Şefi.

II. Jeosinütle Bazı Kavramlar :

a — Jeoşimik Ortamlar :

Herhangi bir ortamda hangi minarallerin teşekkül edebileceği veya sabit kalabileceği hususu başlıca bu ortamdaki sıcaklığa, basınca ve çeşitli elementlerin konsantrasyonlarına bağlıdır. Bu faktörleri gözönünde bulundurarak arzun tabii ortamlarını primer ve sekonder diye ikiye ayırmak mümkündür. Primer ortamda genel olarak yüksek basınç ve sıcaklık hüküm sürmekte olup serbest oksijen ve su miktarları çok düşüktür. Böylece bu ortam meteorik suların inemediği ve çeşitli kayaçların teşekkül ettiği yer kabuğunun iç kısımlarında bulunur. Sekonder ortam ise basınç ve sıcaklığın düşük olduğu yer yüzünde hüküm sürer. Bu ortamda bol miktarda serbest oksijen, (karbon dioksit) ve meteorik sular bulunmaktadır. Yer kabuğunu teşkil eden elementler, daimî olarak bu iki ortam arasında bir devir yapmaktadır. Elementlerin primer ortamdaki dağılımına primer dağılım, sekonder ortamdaki dağılımına da sekonder dağılım, denilir.

b — Sinjenetik ve Epijenetik Dağılım :

Herhangi bir elementin bir madde içinde bulunuşu iki şekilde mümkündür. Eğer bir element, içinde bulunduğu maddenin teşekkül ettiği andan beri mevcut ise o zaman içinde bulunduğu maddeye göre «Sinjenetik» olarak yani aynı zamanda teşekkül etmiş denilir. Eğer element maddenin içine sonradan girmişse, bu element içinde bulunduğu madde ile «epijenetik» olarak yani ayrı zamanda teşekkül etmiş demektir. Böylece bir element primer - sinjenetik, primer - epijenetik, sekonder - sinjenetik, sekonder epijenetik cilt fak 4 çeşit dağılım halinde bulunabilir. Bir jeoşimik prospeksiyonun organizasyonunda ve neticelerin değerlendirilmesinde analizi yapılacak elementin hangi dağılım hallerinde bulunduğu bilinmesi büyük bir önem arzeder.

c — Normal, Anomali ve Eşik Değerler :

Cevherleşmemiş bir sahadan toplanan numunelerin çeşitli elementler için vermiş olduğu değerlere «normal» (Background) değerler denilir. Herhangi bir elementin normal değerlerinin dağılımı, alâkalı bulunduğu jeolojik ortama göre değişebileceği gibi, aynı ortam içinde dahi hiç bir zaman aynı değildir. Onun için normal değeri sabit bir rakam olarak değil bir sınır içinde değişebilen değerler olarak kabul etmek gerekir. Bu sınırın dışında ka-

lan değerlere ise «anomali» değerler adı verilir. Normal ve anomali değerlerini bir birinden ayıran, normal değer üst sınırını, anomalinin alt sınırını teşkil eden değere «eşik değer» (= threshold) denilir. Bir anomalinin büyüklüğü anomali zirvesindeki değerlerin eşik değere oranıyla ifade edilir. Bunun için jeoşimik prospeksiyonda eşik değer sınırlı olarak tayini çok kritik ve çok önemlidir. Bazı hallerde eşik değer tayini, mevcut donelere bir göz atarak tahmin edilebilecek kadar basit olabilir. Fakat en iyi metod cevherleşmemiş bir sahadan alınmış çok sayıda numunelerin analiz neticelerinden istatistik! olarak hesaplanarak yapılmasıdır.

İstatistik! olark ; eşik değer = ortalama + 2 standart sapma olarak tarif edilir.

Ekseriya eşik değer ile ortalama + 3 standart sapma arasındaki değerler mümkün anomali, daha büyük değerler ise muhtemel anomali olarak kabul edilirler.

III. Elementlerin Taşınma Mekanizmaları, Mobilite ve Tutuklanışları :

a — Primer Ortamda :

Magma içinde eriyik halde bulunan bütün elementler hareket edebilme kabiliyetine haizdirler. Bunların hareketi ya magna ile beraber veya magma içinde diffüzyon yolu ile olur. Magmanın kristalleşmeye başlaması ile bir kısım eser elementler bazı minerallerin kristal sisteminde bu mineralleri teşkil eden esas elementlerin yerlerini alarak tutuklanabilirler. Ancak bu elementlerin atomik yapılarında yakın benzerlikler olması şarttır.

Magmatik veya birçok metamorfik kayaçların kristalleşmesi esnasında taş minerallerinin kristalleri içine giremeyen eser elementler, kristalleşmeden arta kalan sıcak sularla zenginleşmiş olurlar. Ergime dereceleri düşük olan elementleri ihtiva eden bu sıcak sular çatlaklar boyunca basıncın daha düşük olduğu bölgelere doğru hareket ederler. Bu suların zamanla soğumasıyla bildiğimiz hidrotermal maden yatakları teşekkül etmiş olur. Hidrotermal sahadada elementlerin bir kısmı diffüzyon yolu ile konsantrasyonların daha düşük olduğu yan taşların içine doğru nüfuz ederler. Magmatik sularla bir elementin uzak mesafelere taşınabilmesi, bu elementin veya elementin teşkil ettiği kompleksin suda erime derecesiyle ve yan taşlarla kimyasal reaksiyona girebilme kabiliyetiyle orantılıdır. Diffüzyon yolu ile dağılmada ise bu faktörlere ilâve olarak elementin molekül ağırlığı da önemli bir rol oynar. Gerek magmatik ve ge-

rekse hidrotermal safhada bir kısım eser elementler kristaller içinde veya arasındaki boşluklarda sıvı veya gaz halde hapis edilmiş olabilirler. Bir kısım elementler ise hiç bir yerde tutuklanmadan sıcak su kaynaklarının bulunduğu yerlerde yer yüzüne ulaşırlar.

Özet olarak denilebilir ki, primer dağılımda eser elementler ya taş minerallerinin kristalleri içinde veya cevher mineralleri içinde, veyahutta kristaller arasındaki boşluklarda hapsedilmiş sıvı veya gaz kalıntıları içinde tutuklanırlar.

b — Sekonder Ortamda :

Primer ortamda teşekkül eden mineraller, sekonder ortamın jeoşimik şartlarına maruz kalınca minerallerde önemli değişiklikler belirir ve zamanla bu değişiklikler neticesinde sekonder ortamın şartlarına uygun yeni yeni mineraller meydana gelir. Eski minerallerin bozulması ve yeni minerallerin teşekkülü anında elementler arasında yeniden bir gruplaşma olur. Bir kısım elementler gaz halinde bir kısmı da eriyik halde çeşitli mesafelere taşınırlar. Ortamın şartlarını göz önünde tutarak bu jeoşimik değişimleri yani hangi minerallerin bozulup hangi yeni minerallerin gaz halinde veya suda eriyik halde bulunacağı termodinamik olarak hesaplamak mümkündür. Fakat organik reaksiyonlar, kopresipitasyon (beraber - çökelme) gibi diğer faktörlerin tesiriyle elementlerin tutuklanışları ve mobiliteleri değişmektedir. Sekonder ortamda elementlerin mobilitelerine çeşitli kimyasal, organik ve fiziksel faktörler tesir etmektedir.

Taş, toprak ve su analizleri yaparak ve neticeleri birbiri ile karşılaştırarak elementlerin sekonder ortamdaki mobilitelerini tayin etmek mümkündür. Bugün elementlerin sekonder ortamdaki taşınma mekanizmalarını tesbit etmek gayesiyle bu çeşitli araştırmalara büyük önem verilmektedir.

c — Jeoşimik Anomalilerin Jenetik Sınıflandırılması :

Jeoşimik prospeksiyonun esas gayesi cevherleşme ile alakalı jeoşimik anomalileri tesbit etmektir. Bunun için de jenetik bakımından ne çeşit bir anomalinin aranıldığından önceden bilinmesinde büyük faydalar vardır.

Tablo - 1, jeoşimik anomalilerin jenetik sınıflandırılmasını göstermektedir. Bu anomalilerin bazılarının çizimlerle izahı Şekil - 1 de gösterilmiştir. Her anomalinin teşekkül mekanizması ve bu mekanizmaya tesir eden faktörler pek çoktur. Bunların bilinmesi jeoşimik

prospeksiyon bakımından bir zaruret olmasına rağmen bu mekanizma ve faktörlerden bu yazıda bahsedilmeyecektir.

Jeoşimik anomalilerden tamamen farklı olan Jeobotanik anomalilerden de burada kısaca temas etmek yerinde olur. Jeobotanik anomaliler, bitki türlerinin cevherleşme bölgeleri ile alakalı olarak gösterdikleri dağılışı ve morfolojik değişikliklerin gözlem yolu ile incelenmesiyle tesbit edilirler. Jeobotanik prospeksiyonda neticeler hiçbir analize lüzum göstermeksizin yalnız gözlem yoluyla elde edildiğinden, uygulanabildiği zaman, bütün diğer jeoşimik metodların en üstünüdür. Fakat bu prospeksiyon ancak jeoloji ve maden yatakları bilgisi olan botanikçiler tarafından yapılabilir. Madencilik konusuna meraklı botanikçilerin azlığı dolayısıyla bu metod, Rusya hariç, diğer memleketlerde ihmale uğramıştır.

IV. Jeoşimik Prospeksiyonunun Organizasyonu :

a — Saha Seçimi :

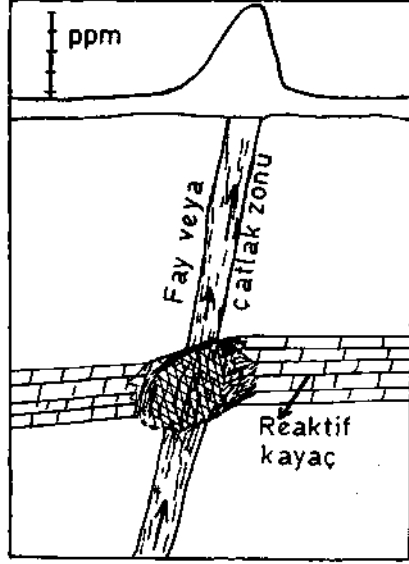
Prospeksiyon sahası jeolojik imkânların en elverişli olduğu bilinen yerlerde jeolojinin ışığı altında seçilmelidir. Bunun için de mevcut jeolojik raporlar, maden ihbarları ve madencilik bakımından bölgenin tarihçesi gözden geçirilir. Bilhassa cevherleşme için müsait yapı ve stratigrafik seviyeler ve beklenen cevherleşme tipi hakkındaki bilgiler saha seçiminde gözönünde tutulmalıdır. Hava fotoğrafları vasıtasıyla sahanın topoğrafya, drenaj ve yol durumlarıyla, toprak, alüvyon, kolüvyon, bitki örtüsü v.s. hakkında bilgiler de bu esnada toplanmalı ve değerlendirilmelidir.

b — Jeoşimik Prospeksiyon Metodunun Seçimi :

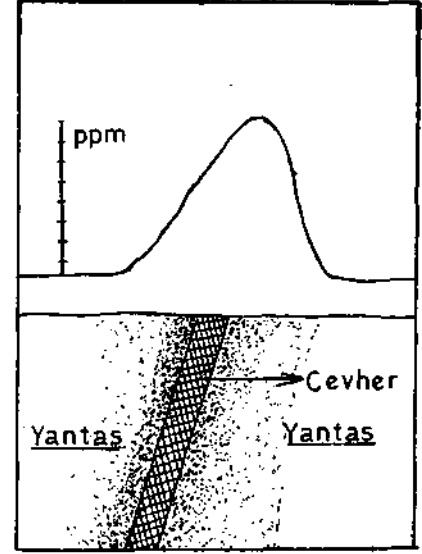
Seçilen sahaya en uygun jeoşimik metodu bulmak ve prospeksiyonu plânlamak için bu sahada bir ön çalışma (Oriyantasyon) yapılmalıdır. Ayrıca benzer şartlar altında fakat başka sahalarda yapılmış prospeksiyon örnekleri varsa onların da etüd edilmesi tavsiye edilir. Ön çalışma esnasında çözülmesi arzu edilen problemlerin başlıcaları şunlardır.

1 — Hangi jeoşimik prospeksiyon metodları bu saha için başarılı, çabuk, ucuz ve dolayısıyla en elverişlidir? Genel olarak bir cevherleşmeyle alakalı sekonder anomalüer, bilhassa hidromorfik anomaliler, primer anomalilerden daha geniş bir sahaya yayılırlar. Geniş bir sahaya yayılmış bir anomaliiyi tesbit etmek dar bir sahaya yayılmış olanından **da-**

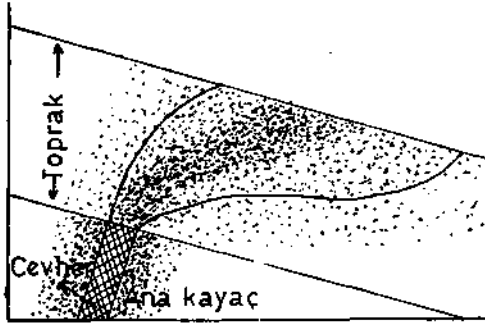
Çeşitli Anomaliler



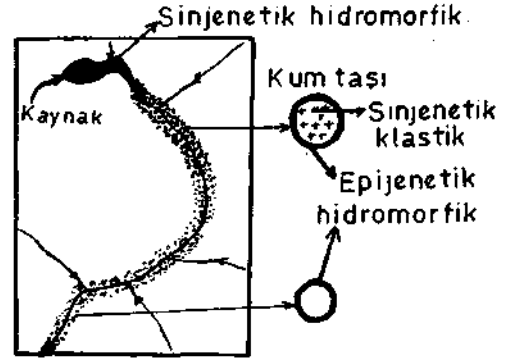
Primer sızıntı anomalisi



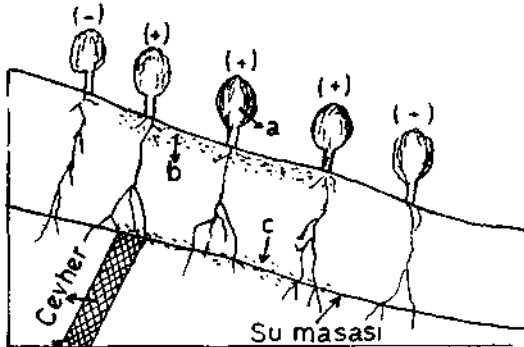
Primer yantaş anomalisi



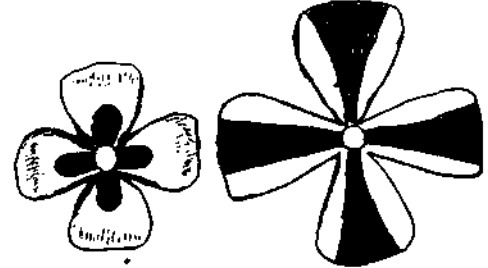
Topraktaki sinjenetik klastik anomali



Dere anomalileri



- a) Sinjenetik-biyojenik anomali
 b) Epijenetik-biyojenik anomali
 c) Sinjenetik-hidromorfik anomali



Normal çiçek Anormal çiçek
 Papaver commutatum f. et m.

jeobotanik anomali

Table 1 : — Jeoşimik anomalilerin jenetik sınıflandırılması [2]*)

	Primer Anomaliler			
	Epijenetik	Sinjenetik		
Sekonder Anomaliler	Epijenetik	Sinjenetik	Jeoşimik Provensler	Kimyasal yapısı itibariyle normalden çok farklı olan ve boyutları 100 Km. nin üzerinde bir saha kaplayan yer kabuğu parçasıdır.
			Mahalli Anomaliler	Mahalli olarak özel petrojenez, metamorfizma veya sedimantasyon sebebiyle normalden farklı, kimyasal yapı arzeden ve boyutları bir kaç Km. den fazla olmayan sahalardır.
	Epijenetik	Sinjenetik	Kantaş Anomaliler	Hidrotermal yataklarda cevherleşme esnasında yantaşlara nüfus eden elementlerin meydana getirdikleri anomalilerdir.
			Sızıntı Anomaliler	Hidrotermal yataklarda cevherleşmeden sonra arta kalan suların yer yüzüne doğru geçiş yolları üzerinde meydana getirdikleri anomalilerdir.
	Epijenetik	Sinjenetik	Klâstik Anomaliler	Toprak, kolvuyon, alüvyon, dere kumları tll ve lös'ler içinde bulunan anomalilerdir. Yerli toprakta teşekkül eden klâstik anomaliler genel olarak ana kayada mevcut primer anomalilerle yakinen bağlantılıdır.
			Hidromorfik Anomaliler	Su analizleri neticesinde elde edilen anomalilerdir.
			Biyojenik Anomaliler	Canlıların (ekseriye bitki) uzuvlarının analizi neticesinde elde edilen anomalilerdir.
			Hidromorfik Anomaliler	Klâstik taneler üzerine sudan çökelmiş maddelerdeki anomaliler olup genel olarak klâstik anomalilerle grift bir haldedir.
Epijenetik	Sinjenetik	Biyojenik Anomaliler	Canlı yaratıkların ölüp çürütmesinden arta kalan organik orijinli maddelerde (genel olarak toprağın A horizonun da) bulunan anomalilerdir.	

*) Ref. [2] den özetlenmiştir.

ha kolay ve çabuk olduğundan daha ekono miktir. Onun için herhangi bir bölgenin genel prospeksiyonunun da önce su ve dere kumu numuneleri üzerinde testler yapılmalıdır. Elde edilen anomalilerin kaynağını bulmak için de sıra ile dağılma sahası daha dar olan kolivyon, toprak ve taş numunelerinin analizlerine geçilmelidir.

2 — Jeoşimik numunelerin nerelerden ve ne şekilde alınması gerektiğinin tayini : Su, dere kumu, toprak, taş, bitki vs. numunelerinin alınması ve muhafazası her bölge için ayrı problemler veya özellikler gösterebilir. Meselâ ; Toprak numunelerinin hangi derinliklerden alınacağı, su numunelerinin hangi kaplarda ve nasıl muhafaza edileceği, bitkilerin hangi organlarından numune alınması gerektiği, oriyantasyon çalışması esnasında çözülmesi gereken problemlerdendir. Numune alım sistemi ve numune aralığı veya sıklığının tesbiti ile klâstik numunelerin hangi tane büyüklüklerinin analizi yapılması gerektiğinin araştırılması da ön çalışma esnasında tesbit edilir.

3 — Analiz Metodunun Seçimi :
Jeoşimik prospeksiyon için analiz metod-

larının seçiminde başlıca şu hususlara dikkat etmelidir.

i) Seçilen analiz metodunun, beklenen eşik değerden daha küçük değerleri tayin edebilecek kadar hassas olması,

ii) Aranılan anomaliyi seçilen numune aralıklarına göre en bariz şekilde ortaya koyabilecek nitelikte olması (Anomali büyüklüğü ve kontrast),

iii) Güvenilir ve hata miktarının düşük olması,

iv) Çok sayıda numuneler analiz edileceğinden ucuz ve ekonomik olması,

v) Terohan basit ve seyyar olup, arazide yüksek ücretli, ihtisas sahibi teknik elemana ihtiyaç duyulmadan yapılabilir olması gerekir.

Tabii hiç bir analiz metodu bütün bu arzu edilen hususlara sahip olamayacağından, eldeki problem için mevcut metodlardan en iyisi seçilmelidir.

c — Neticelerin Değerlendirilmesi :

Jeoşimik prospeksiyon esnasında elde edilen jeoşimik donelerin, dökümü, haritalanması ve değerlendirilmesi çok kritiktir. Bu safhada jeoşimist'e en büyük yardımcı istatistik ve iyi tutulmuş arazi notlarıdır, ilk anda değerlendirilemeyen problemler veya şüpheli sonuçların aydınlatılması için İl ve numuneler toplatılıp analizlerinin yapılması gerekir.

Değerlendirme esnasında karşılaşılan »n büyük g c k cevherleşmeyle alâkalı anomalileri diğer anomalilerden ayırt edebilmektir. Cevherleşmeyle al kası olmayan anomaliler ve özellikleri aşığıda belirtilmiştir.

1. Sun'î Anomaliler (Kontaminasyon)

Sun'î anomaliler en çok madencilik faaliyetleri neticesinde metalece zengin maddelerin her hangi bir yerde birikmesiyle meydana gelirler. Dolayısıyla sun'î anomalilere, daht. zıyade eski işletme ve izabe sahaları civarında rastlanır. Ayrıca ziraatte böcek öldürücü olarak kullanılan bazı il  ların bol olarak kullanıldığı sahalarda da sun'î anomaliler verebilirler. Böyle sahalarda jeoşimik metodlarla prospeksiyon yapılması çok g c t r. Zira elde edilecek bir anomalinin sun'î veya tabii olup olmadığını anlamak çok zordur. Bazı hallerde toprak altındaki ana kayalardan alınan numuneler bulunan anomalinin sun'î veya tabii olup olmadığı hakkında bir fikir verebilir. Bugün M.T.A. Enstitüsü Jeoşimi Servisince karşılaşılan en büyük problemlerden bir tanesi sun'î anomalilerdir.

2 — Tabii - Kısır Anomaliler.

Bu anomaliler, bir elementin normal l r dağılım göstermesi icap ettiği (background) sahalarda bir çok mahall  faktörlere bağlı olarak meydana gelirler. Kısır anomaliler tabii olarak meydana geldiğinden genel olarak

sun'î anomalilerden kolayca ayırt edilebilir. Kısır anomalileri meydana getiren tabii faktörler çok ve çeşitli olup bunlar genel olarak jeolojik, fizikoşimik, mekaniksel ve biyoşimik olarak 4 grupta toplanabilirler. Kaya cinsinin veya kayacın mineralojik yapısının mahall  olarak değişmesi jeolojik faktörlere, demir ve manganez oksitlerin bir çok kationları absorbe edişleri fizikoşimik faktörlere, bazı minerallerin farklı fiziksel özellikleri (yoğunluk gibi) neticesinde uygun yerlerde birikmesi mekaniksel faktörlere, ve nihayet metal - organik bileşiklerin uygun ortamlardaki teşekkülü biyoşimik faktörlere birer mis l teşkil edebilir. Dikkatle incelenmediği zamanlar bu anomaliler cevherleşmeyle ilgili zannı ile yanıltıcı ve bazen büyük masraflara yol a ıncı neticelere s r kleyebilirler.

3 — Teknik Hatalara Bağlı Anomaliler.

Bir jeoşimik prospeksiyonun başarısı, toplanılan ve analiz edilen numunelerin, iyi veya fena benzer şartlar altında toplanmış ve analiz edilmiş olması ile orantılıdır. Numunelerin farklı şekillerde toplanmış, hazırlanmış veya analiz edilmiş olmasından dolayı farklı neticeler elde edilmiş olabilir. Onun için yüksek değerli numunelerin hepsini veya rastgele seçilmiş bir kaç yüksek değerli numunenin yeniden analiz edilerek kontrol edilmesi şarttır. Farklı numune alımından doğabilecek hataları tespit etmek için de anomali sahasının kritik yerlerinden kontrol numuneleri alıp analiz etmek uygun olur.

REFERANSLAR

- [1] Hawkes, H.E. : Principles of geochemical prospecting ; U. S. G. S. Bull. 1000 - F., (1957) S. 225 - 355.
- [2] Hawkes, H.E. ve J.S. Webb : Geochemistry in mineral exploration; Harpes and Low Yayınevi Newyork, 1962.