

ÇALDAĞ (MANİSA-TURGUTLU) LATERİTİK DEMİR, NİKEL-KOBALT YATAĞININ MİNERALOJİSİ

Ahmet ÇAĞATAY*, Yılmaz ALTUN* ve Bülent ARMAN*

ÖZ. — Çaldağ lateritik demir, nikel - kobalt yatağı fiziksel özellikleri, mineralojik ve kimyasal bileşimlerine göre zonlara ayrılarak incelenmiştir. Lateritik zonun en üst seviyesini oluşturan limonitik zonlarda Fe oranı yüksek olmakla birlikte, yüksek değerlerde Cr ve Ni içermesi, Fe cevheri olarak kullanılması sırasında teknolojik sorun yaratabilir. Nikel limonitik zondan alta doğru artarak, asbolanca zengin zonda en yüksek değerlere ulaşmaktadır. Nikel değerleri bu zonun alt seviyelerine doğru azalmakta, taze serpantinitle ise olağan değerlere düşmektedir. Dünyada işletilen aynı tür yataklarla karşılaştırıldığında, bu yatağın bugün bilindiği kadarıyla küçük bir yatak olduğu anlaşılmaktadır. Bilinen lateritik nikel yataklarında nikel, nikel silikatları şeklinde olduğu halde; Çaldağ demir, nikel-kobalt yatağında nikel, nikel-kobalt asbolana bağlıdır. Çaldağ lateriti Üst Kretase-Eosen arasında lateritleşme sonucu oluşmuş, ancak lateritleşme sürecini tamamlamadan Eosen çökelleri tarafından örtülmüş bir yataktır.

GİRİŞ

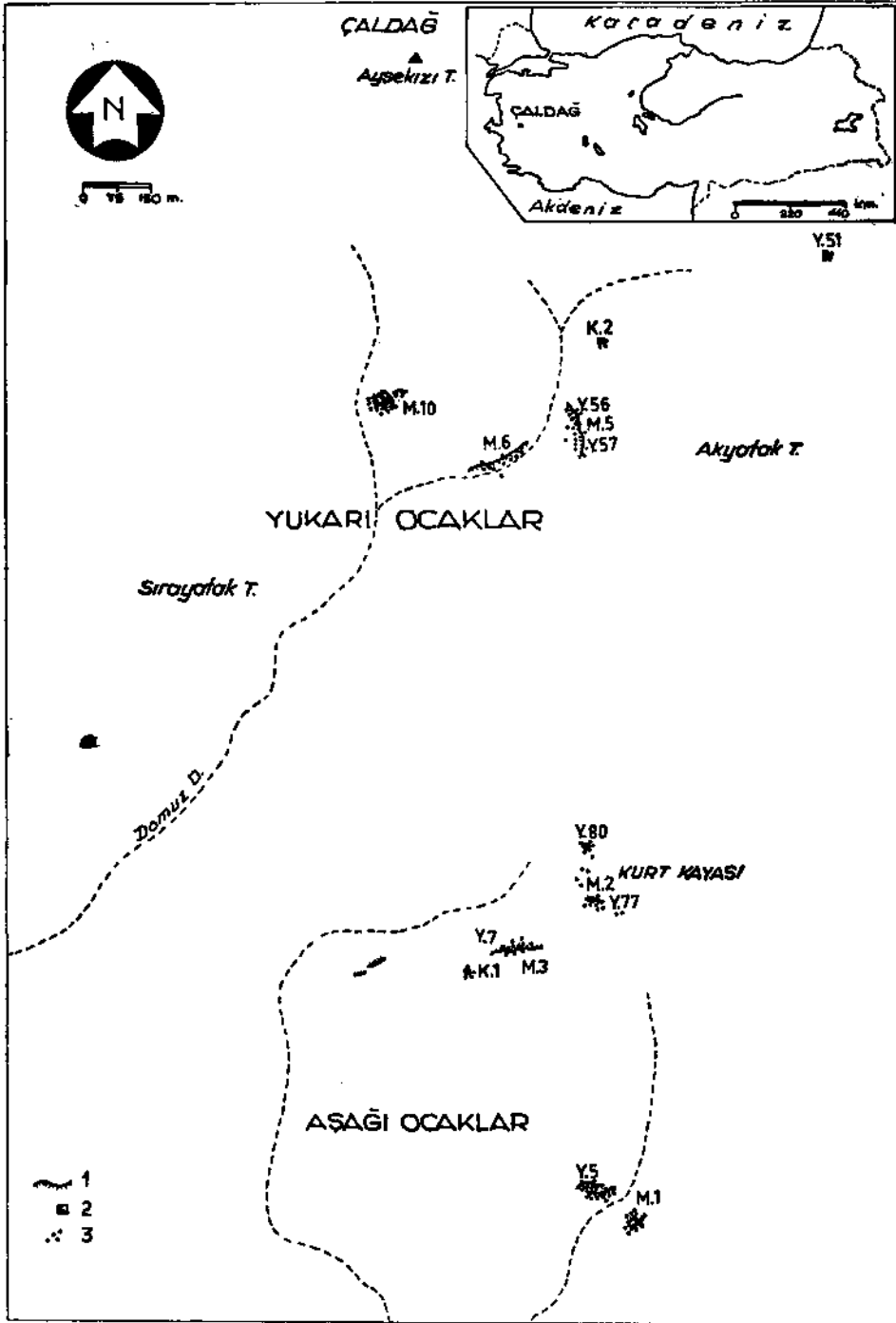
Çaldağ lateritik demir, nikel-kobalt yatağı Manisa İli, Turgutlu İlçesi'nin yaklaşık 25 km kuzeyinde bulunmaktadır (Şek. 1). Ayşekızı Tepesi'nin güneyinde yüzeylenen yukarı ve aşağı lateritik demir, nikel-kobalt yatakları yaklaşık 2 km² lik bir alan içindedirler. Çaldağ'da önce demir oluşumu üzerinde çalışmalar yapılmış (Brennich, 1960; Sözen, 1966; Önder, 1974; Ünlü, 1976), daha sonra yataktaki nikel-kobalt oluşumu ele alınarak incelenmiştir (Yıldız, 1977; Hirano-Boyalı, 1980). Çalışmacılar demir-nikel-kobalt oluşumunun tabanda bulunan Serpantinitle lateritleşmesi sonucu oluştuğu görüşünde birleşmişlerdir. Yatağın rezerv ve tenorunu saptamak amacıyla sahada yarma, galeri ve sondaj çalışmaları yapılmaktadır. Cevher zenginleştirme ve kazanma çalışmaları Ege Üniversitesinde (Göçen, 1980) tamamlanmış, MTA Enstitüsü Teknoloji Laboratuvarlarında ise sürdürülmektedir.

Yatağın yeterince bilinmeyen mineralojisine açıklık getirmek amacıyla nikel-kobalt açısından önemli görülen kesimlerden örnekler alınmıştır. Özellikle Altun'un aldığı örneklerden yapılan kesitlerin mineralojik inceleme sonucunda o güne dek montmorillonit veya garniyeritten (Yıldız, sözlü görüşme) kaynaklandığı sanılan yüksek nikel ve kobalt değerlerinin nikel-kobalt asbolana** bağlı olduğu saptanmıştır. Mikroskobik gözlemler daha sonra mikroprob, X ışınları kırınım çalışmaları ve kimyasal analizlerle doğrulanmıştır. Bu çalışmalardan sonra yazarlar, 1980 ağustos ayında asbolanın yataktaki dağılımını yerinde incelemek ve lateritik yatağın mineralojisini ortaya çıkarmak amacıyla 10 günlük bir inceleme gezisine çıkmışlardır. Bu inceleme sırasında yatağın değişik kesimlerindeki yarma, galeri ve sondaj karotlarından lateritin zonlarını temsil edecek şekilde yaklaşık 100 örnek alınmıştır (Şek. 1).

Saha gözlemleri, alınan örneklerin mikroskobik incelenmesi ve analizler sonucunda asbolanın bu yatak için çok önemli olduğu, nikel ve kobaltın büyük bir kısmının kaynağını oluşturduğu anlaşılmıştır. Bu çalışmanın amacı, Çaldağ lateritik demir, nikel-kobalt yatağının lateritleşme zonlarına uygun mineralojisini ortaya çıkarmak ve mineralojisi yeterince bilinmeyen veya daha doğrusu yetersiz bilgilerle yapılmaya çalışılan teknolojik çalışmalara yardımcı olmaktır.

* Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, Maden Etüt Dairesi, Ankara.

** Asbolan, daha çok NiO ve CuO ile birlikte bulunan CoO li vadrlara verilen bir isimdir. Nikelce zengin olanlara özel bir ad verilmediğinden, burada nikel-kobalt asbolan teriminin kullanılması uygun görülmüştür.



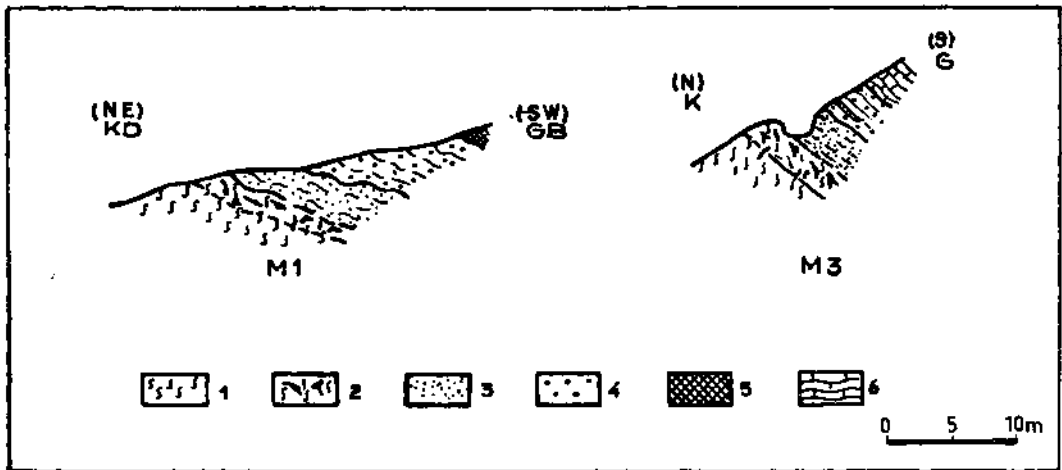
Şek. 1 - Yer bulduru ve örnek yerleri haritası.
1 - Yarma; 2 - Kuyu; 3 - Örnek yerleri.

JEOLOJİ

Çaldağ Bölgesi'nde bulunan kayalar Paleozoyik, Mesozoyik ve Tersiyer yaşlıdır (Oğuz, 1967). Paleozoyik yaşlı kayalar fillat, kumtaşı ve kristalize kireçtaşlarından oluşurlar. Alt seviyelerinde gri renkli olan kristalize kireçtaşları, üste doğru beyaz renkli dolomitik katmanlarla temsil edilirler. Bölgede yerleşme yaşı Üst Kretase olan ofiyolit karmaşığının tüm birimlerine rastlanmaktadır. Ancak Çaldağ demir-nikel -kobalt yatağı serpantinit üzerinde gelişmiştir. Lateritleşmenin köken kayacı (protore) olan serpantinit, doğu ve güneyde Paleozoyik yaşlı rekristalize kireçtaşları tarafından çevrelenmiştir. Serpantinitin içinde yer aldığı ofiyolit karmaşığı batı ve kuzeybatıda devam etmektedir (Oğuz, 1967). Aşınma sonucu bugün yer yer serpantinit üzerinde şapka şeklinde kalmış Tersiyer yaşlı kayalar yeşilimsi renkli kil katmanlarından, fosilsiz ve fosilli tatlisu kireçtaşlarından oluşurlar (Ozansoy, 1960; Hirano-Boyalı, 1980). Bu kayalar serpantinit ve ondan oluşan lateritik zonla uyumsuzluk oluştururlar. Üstteki kireçtaşlarına Hirano-Boyalı (1980) tarafından Eosen yaşı verilmiştir.

Ofiyolit karmaşığının Üst Kretase'de yerleşmesinden sonra bu yörede en az iki tektonik hareketin etkin olduğu görülmektedir. Birincisi lateritleşme olgusundan hemen sonra, yani Eosen'den önce veya Eosen başında, ikincisi Eosen'den sonradır. Bu durum yatak çevresinde belirgin şekilde izlenmektedir. Bu tektonik hareketlerin etkili olmasında plastik yapıli Serpantinitin katkısı büyük olmuştur. Lateritleşme sonrası tektonik hareketler lateritik zonun parçalanmasına ve yer yer de aşınıp taşınmasına neden olmuştur. Bu aşınmanın bazen taze serpantinite kadar indiği gözlenmektedir. Daha sonra fosil laterit ve serpantinit, Eosen yaşlı çökel kayalar tarafından örtülmüştür. Eosen'den sonra gelişen tektonik olaylar serpantinitle birlikte lateritik zonun ve Eosen yaşlı çökel kayalarının yer yer parçalanmasına ve 40-50 dereceye varan eğimler kazanmalarına neden olmuştur. Daha sonra fosil laterit yer yer erozyona uğramıştır. Diğer taraftan Eosen yaşlı örtü kayaların kısmen de olsa lateritik zonun aşınmasını engellemiştir.

Fosil lateritin en iyi incelenildiği yer demir üretiminin yapıldığı yarmalardır (Şek. 1,2). Bu yarmalarda en üstte siyahımsı koyu kahverengi sert bir zon (kahverengi limonit zonu), bunun altında sarımsı kahverengi-turuncu, gevşek dokulu, yumuşak bir zon (sarı renkli limonit zonu), daha altta ise asbolan, kil mineralleri, kalsit, limonit ve kalsedonla karışan toprağımsı serpantinit zonu (asbolanca zengin zon) izlenmektedir.



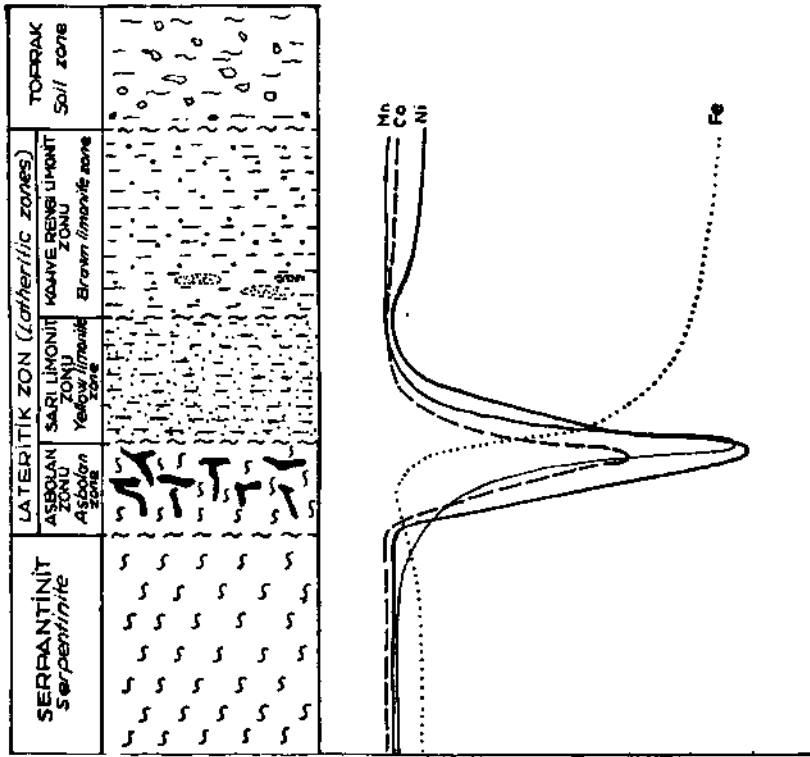
Şek. 2 - M₁, M₃ yarmalarında izlenen lateritik zonlar.

1 - Taze serpantinit; 2 - Asbolan zonu; 3 - Sarı limonit zonu; 4 - Kahverengi limonit zonu; 5 - Jips; 6 - Kireçtaşı (Eosen).

Lateritin altmda taze serpantinite geçiş görülmektedir. Lateritin üstünde az miktarda çört blokları ve jips oluşumları da vardır.

MİNERALOJİ

Bu bölümde lateritleşme sonucu oluşan demir ve nikel-kobaltça zengin cevher zonlarına, köken kaya (protore) serpantinite, lateritleşme sonucu oluşan çört ve karbonat içeren sert bloklara, çevre kayalara ve yataka çok az rastlanan jipse değinilecektir. Lateritik yatak arazi gözlemleri ve lâboratuvar çalışmalarından yararlanılarak dikey kesiti boyunca zonlara ayrılarak incelenecektir (Şek. 3). Burada cevher zonunun üzerinde görülen cevher blokları ve örtü kayaların parçalarını içeren toprağımsı kesim incelenmeyecektir.



Şek. 3 - Lateritik zonda element dağılımı.

Kahverengi limonit zonu

Lateritik zonun en üst seviyesini oluşturmaktadır. Kalınlığı 0.5-3 m arasındadır. Bu zonun içine bazen gevşek dokulu olan sarı limonit katmaları girerek bu zona alacalı bir görünüm kazandırmaktadır. Bu zon, sertliğini Conakry yatağında olduğu gibi (Seeliger, 1964; Percival, 1965, 1966) diyajenez sonucu kazanmıştır. Zonun değişik kesimlerinden alınan örneklerde çok fazla limonit yanında çok az olarak kromit, kuvars, kalsit, kil mineralleri ve asbolan izlenmiştir. Bu örneklerin kimyasal analizleri (Kavlakoğulları ve diğerleri, 1980), Çizelge 1 de verilmektedir.

Limonit. — Çoğunlukla götit, çok az lepidokrokrit modifikasyonları şeklinde izlenmektedir. Ufak kristallerden oluşan götit ve lepidokrokrit iç içe, yan yana büyümüşlerdir. Keçemsi bir yüzey gösterirler. Bazen damar dolgusu olarak izlenen limonit yer yer de konsantrik kabuklu kürecikler veböbreğımsi dokular oluşturur.

Çizelge 1- Kahverengi limonit zonu analiz sonuçları

<i>Mineraller</i>									
<i>Çok fazla limonit (götüt+lepidokrokite); çok az kromit, kuvars, kalsit, kil mineralleri, asbolan</i>									
<i>Örnek</i>	<i>Analizi yapılan elementler (%)</i>								
	<i>Fe*</i>	<i>Cr*</i>	<i>Ni</i>	<i>Co</i>	<i>Ca</i>	<i>Mg</i>	<i>Mn</i>	<i>Si</i>	<i>Al</i>
I	56.64	2.10	0.7	0.03	0.4	0.2	0.15	1.0	0.4
II	56.02	1.61	0.7	0.02	0.7	0.2	0.15	2.0	1.0
III	54.72	1.84	0.1	0.007	1.5	0.3	0.15	0.7	0.4
IV	53.22	2.61	0.6	0.02	0.6	0.2	0.2	1.0	1.5
V	51.44	2.79	0.7	0.04	1.0	0.3	0.15	1.5	2.0
VI	50.44	2.81	0.7	0.04	1.5	0.4	0.15	2.0	2.0
Ortalama	53.74	2.29	0.6	0.03	1.0	0.3	0.16	1.4	1.2

* İşaretili element analizleri kantitatif, diğerleri yarı kantitatif optik spektrografik analizlerle saptanmıştır.

Kromit. — Normal kromitlerden daha açık renklidirler (açık kahverengi tonlu). En büyükleri 1-1.5 mm kadar olan kromitler çoğunlukla özbiçimli ve kataklastik dokuludurlar. En ufak taneler 10-15 mikron kadardır. Bu zon içindeki kromitlerin tane büyüklükleri üstten alta doğru artmaktadır. Ayrıca bu zonda yer yer boşluk ve çatlaklarda birikmiş halde kromit tozu (kumu) görülmektedir. Kromit tozu üzerinde yapılan mineralojik incelemede kromitlerin koyu gri ve kahverengi tonda, öz, yarı özbiçimli kataklastik yapıları oldukları görülmüştür. Aynı örneklerde az götüt ve eser hematit tanecekleri de izlenmiştir. Böyle bir kromit tozunda en büyük kromit tanesi 1 mm kadardır ve kataklastik çatlaklarında çok az serpentine rastlanmaktadır. Bu örneğin kimyasal analizinde % 31.23 Cr saptanmıştır. Buradan kromitin ağır mineral kumu halinde lateritik ayrışma zonu içinde hareket ettiği anlaşılmaktadır. Seeliger (1964), Conakry (Batı Afrika) lateritik demir yataklarının mineralojisini incelerken, kromitin lateritik ayrışma sırasında aynı şekilde davrandığını saptamıştır.

Kuvars. — Çok az ve ufak tanecikler halinde limonit içinde izlenmektedir. Yer yer de ince damarcık ve boşluk dolgusu şeklindedir.

Kalsit ve kil mineralleri. — Çoğunlukla limonit içinde çatlak ve boşlukları dolduran damarcıklar şeklinde görülmektedir.

Asbolan. — Götüt ile birlikte ve onunla kenetli olarak, çoğunlukla damarcık ve boşluk dolgusu şeklindedir. Çok ufak tanecikli asbolan değişik renkli tane yığılımlarından oluşmaktadır.

Sarı renkli limonit zonu

' Bu zon gözenekli, yumuşak, yer yer toprağımsıdır. Kahverengi limonit zonunun altında bulunmaktadır. Bazen aynı özellikteki limonit bantlarına kahverengi limonit zonunun alt seviyeleri içinde de rastlanmaktadır. Değişik kalınlıkta olabilen bu zon, demir yarmalarının bulunduğu kesimlerde 2-2.5 metreye ulaşmaktadır. Mikroskobik çalışmalar sonucunda bu zondan alınan örneklerin çok fazla götüt, az kromit, kil mineralleri, kuvars içerdikleri anlaşılmıştır. Bu örneklerin kimyasal analizleri Çizelge 2 de verilmiştir.

Götüt. — Çok ince taneli ve örnekleri boyanmış olarak görülmektedir. Her örnekte oranları farklı olmakla birlikte, bu zonun ana mineralidir.

Çizelge 2 - Sarı renkli limonit zonu analiz sonuçları

Örnek	Mineraler								
	Değişen oranlarda fazla ve çok fazla götit; az ve çok az oranlarda kil mineralleri, karbonat kuvars; çok az kromit, asbolan								
	Analizi yapılan elementler (%)								
	Fe*	Cr*	Ni	Co	Ca	Mg	Mn	Si	Al
I	51.10	1.75	0.2	0.015	0.15	0.2	0.1	2.1	1.5
II	49.60	1.8	0.4	0.02	0.3	0.4	0.3	2.7	2.3
III	43.80	2.15	0.8*	0.02	0.2	0.3	0.2	3.4	2.5
IV	39.45	1.9	2.2*	0.04	0.6	0.7	1.6	5.7	4.8
V	34.60	1.61	2.56	0.15	0.7	0.3	2.5	7.0	4.0
Ortalama	43.71	1.8	1.23	0.02	0.4	0.4	0.9	4.1	3.01

* İşaretili element analizleri kantitatif, diğerleri yarı kantitatif optik spektrografik analizlerle saptanmıştır.

Kromit. — Özbiçimli kataklastik dokulu taneler şeklinde izlenmektedir. En büyük taneler 1-1.5 mm kadardır. Bu zonda kahverengi limonit zonunda izlenen kahverengi tonlu kromit kristalleri yanında, serpantinitle izlenen koyu gri renkli kromitler de görülmektedir. Kromitin kataklastik çatlakları götiple doldurulmuştur. Kromit tanelerinin lateritik zonda boylandıkları belirgin şekilde görülmektedir.

Kil mineralleri, kuvars, karbonat. — Bu mineraller zonun üst seviyelerinden alta doğru artmakta, az oranda, çoğunlukla çatlak ve boşluk dolgusu şeklinde izlenmektedirler. Götiple boyandıkları için ince kesitlerde tanınmaları güçleşmektedir. Zonun alt seviyelerinde bulunan montmorillonit ve halloysit yeşil ve mavimsi renkler gösterdikleri için, gerek el örneklerinde ve gerekse mikroskopta tanınmaları kolaydır.

Asbolan. — Zonun alt seviyelerinde özellikle kil mineralleriyle orantılı olarak artmaktadır. Asbolan içinde mangan yönünden zengin zonlar ile nikel-kobaltça zengin zonlar birlikte iç içe yan yana, bazen çatlak ve boşluklarda konsantrik kabuklu kürecikler, böbreğimsi, üzümüsü şekillerde büyüme gösterirler. Asbolana ayrıntılı şekilde, fazla miktarda bulunduğu «Asbolanca Zengin Zon» başlığı altında değinilecektir.

Asbolanca zengin zon

Normal lateritik zon kesitinde taze serpantinitle sarı renkli limonitik zon arasında bulunmaktadır. Kalınlığı yer yer değişmekte olan bu zonun üstten 1-2 m kalınlıktaki kesimi nikel-kobalt yönünden zengindir. İçerdiği minerallerden dolayı sarımsı yeşil, camgöbeği mavimsi, kahve ve siyah renklidir. Bu zondan alınan örneklerde serpantin yanında yer yer fazla miktarlarda asbolan, kil mineralleri (montmorillonit-nontronit, halloysit), kalsedon (kısmen yeşil renkli krizopras), kalsit, klorit, limonit, kromit, manyetit, hematit izlenmiştir. Nikel-kobaltça zengin bu zondan seçilerek alınan çok sayıda örneğin analiz sonuçları Çizelge 3 te verilmiştir.

Serpantin. — Peridotitteki olivin ve ortorombik piroksenlerin serpantinleşmesi sonucu oluşmuştur. Örneklerde olivinden oluşan ve elek dokusu gösteren antigoritler yanında yer yer piroksen psöydomorfları olan bastitler görülmektedir.

Çizelge 3 - Asbolanca zengin zonun analiz sonuçları

Örnekler	Mineraller											
	Genellikle asbolan, kil mineralleri, kalsit, kalsedon ve serpantinçe zengin örnekler. Limonit, kromit, martitlenmiş manyetitler az veya çok az											
	Ni*	Co*	Fe	Mn	Ca	Mg	Cr	Al	Si	Zn	As	K ₂ O*
	Analizi yapılan elementler (%)											
I	4.55	0.07	7.0	~ 3.0	~ 4.0	~ 4.0	0.15	> 10.0	> 10.0	G	G	0.04
II	3.02	0.3	4.0	~ 4.0	1.5	~ 4.0	0.3	> 10.0	> 10.0	G	G	0.04
III	15.08	0.2	10.0	~ 6.0	2.0	0.4	1.3	~ 10.0	> 7.0	G	G	0.05
IV	6.18	0.2	4.0	~ 3.0	~ 10.0	~ 2.0	0.4	> 10.0	> 10.0	G	G	0.04
V	5.05	0.4	7.0	~ 5.0	~ 2.0	3.0	0.7	> 10.0	> 10.0	0.2	G	0.05
VI	0.3	0.01	1.5	0.03	~ 10	0.7	0.7	4.0	2.0	G	G	0.02
VII	3.99	0.15	4.0	~ 2.0	0.7	1.5	0.3	~ 2.0	> 10.0	0.15	G	0.04
VIII	1.85	0.3	3.0	~ 1.5	0.7	~ 0.6	1.65	> 10.0	51.04	G	G	0.03
IX	0.7	0.04	3.0	0.8	~ 10	1.5	0.4	~ 10.0	~ 10.0	G	G	0.02
X	2.40	0.2	3.0	~ 2.0	~ 1.0	~ 4.0	0.3	4	> 10.0	G	G	0.03
XI	2.70	0.15	4.0	2.0	0.7	~ 1.5	0.71	~ 10.0	> 10.0	G	G	0.04
XII	1.42	0.15	3.0	1.0	~ 10.0	0.3	0.15	1.5	> 10.0	G	G	0.03
Ortalama	3.93	0.18	~ 5	~ 4	~ 7	~ 3	0.6	> 10	> 10.0	0.002	G	0.04

* İşareti element analizleri kantitatif, diğerleri yarı kantitatif optik spektrografik analizlerle saptanmıştır.

Asbolan. — Zonun genellikle üst seviyelerinde kil mineralleri ile birlikte, serpantinit içinde çatlak ve boşluk dolgusu şeklinde (Levha I, şek. 1) izlenmekte ve siyah rengiyle kolay tanınmaktadır. Çatlaklarda gelişen asbolan damarcıklarının kalınlıkları çok değişmektedir. Bazen serpantin (Levha I, şek. 2) ve bastitlerin (Levha I, şek. 3) çatlak ve dilinimlerinde 15-20 mikron, yer yer de serpantinit içinde 0.5-1 cm kalınlıkta damarlar oluşturmaktadır. Kalın damarların kenar kesimlerinde, serpantinit içine saçak şeklinde dağılan çok ince damarcıklar izlenmektedir. Boşluk ve çatlaklarda gelişen kalın asbolan damarları incelendiğinde, asbolanın yer yer çok güzel konsantrik kabuklu, böbreğimsi büyüdüğü çıplak gözle de gözlenebilmektedir.

Asbolanın, mikroskopta incelendiğinde gri-koyu gri ve pembemsi kahverengi tonlu gri renkli iki ayrı yığılım (agrega) topluluğundan oluştuğu görülür. Öte yandan bu iki ayrı renkte izlenen asbolan yığılımı topluluklarının renkleri yer yer birbirlerine geçiş göstermektedir. Her iki asbolan türü de çoğunlukla sınırları mikroskopta saptanamayan submikroskopik tane yığılımlarından oluşmaktadır. Konsantrik kabuklu kürecikler (Levha I, şek. 4,5,6), böbreğimsi, özümüksü (Levha I, şek. 7,8), yer yer radyal ışınal doku (Levha II, şek. 1,2,3) oluşturan asbolanın en iri tanelerine damarların ve konsantrik kabuklu küreciklerin merkezî kısımlarında (Levha II, şek. 4) ayrıca konsantrik kabukların aralarında rastlanmaktadır. Çoğunlukla iğnecikler şeklinde gelişen bu tanelerin uzunluğu 1.5-20 mikron, genişliği ise 3-5 mikrona ulaşmaktadır (Levha II, şek. 1). Bu taneler çok kuvvetli refleksiyon pleokroizması ve anizotropi göstermektedirler. Çoğunlukla keçemsi ve saçaklı yüzey görüntüleyen asbolan türlerinin submikroskopik tane yığılımlarından oluştuğu kesimlerde refleksiyon pleokroizması ve anizotropi yeterince gözlenmemektedir (Levha II, şek. 2). Mikroskopta ayrılabilen iki asbolan türünün (Levha I, şek. 4) oranları asbolan damarlarında değişmektedir. Çoğunlukla kil mineralleri, bazen de limonitle birlikte boşluk ve çatlakları dolduran asbolan türleri yukarıda değinildiği gibi, kendi aralarında olduğu gibi kil mineralleri ile de çok kabuklu konsantrik kürecikler (Levha II, şek. 5,6) oluşturmaktadır. Pembemsi kahverengi tonlu asbolan türü bazen de özbiçimli bir mineralin yerini ve ayrıca özbiçimli, yarı özbiçimli kısmen martitleşen manyetitlerin iç kesimlerini doldurmaktadır.

Asbolan damarlarından çakıyla kazınarak elde edilen bazı örnekler üzerinde yapılan X ışınları kırınım çalışmaları asbolanın amorf olduğunu ortaya koymuştur. Bu çalışmalar sonucunda asbolanın nikel-kobaltça zengin kesimleri içinde heubachit=(Ni, Co, Fe)₃O₄. 6H₂O (Dana-Dana, 1944) ve heterojenit=CoO. Co₂O₃. 6H₂O (Ramdohr, 1975) gibi minerallerin kristalleşmiş halde bulunmadığı görülmüştür. Örneklerin kantitatif analizlerinde (Çizelge 4) önemli oranlarda Ni, Co, Mn ve Fe saptanmıştır.

Çizelge 4 - Asbolanca zengin örnek analizleri

Örnekler	Analizi yapılan elementler (%)			
	Ni	Co	Mn	Fe
I	8.60	0.95	12.46	3.58
II	7.85	0.32	15.37	2.13
III	6.22	1.23	14.18	3.63
IV	5.73	1.05	13.17	4.25

Konsantrik kabuklu asbolanın 13 ayrı noktası üzerinde mikroprob kantitatif analizleri Cambridge Üniversitesi Laboratuvarlarında* yapılmıştır (Çizelge 5). Ayrıca MTA Enstitüsü Laboratuvarlarında asbolan damarının iki ayrı noktası üzerinde mikroprob kantitatif analizleri gerçekleştirilmiştir (Öztuğ, 1981). Bu analizler de Çizelge 5 te verilmiştir. Mikroprobta incelenen asbolan damarının topografik görüntüsü ile MnKa, NiKa, FeKa, CoKa görüntüleri, Levha II, şek. 7,8 ve Levha III, şek. 1,2,3 te sergilenmiştir. Mikroprob analiz sonuçlarını kapsayan çizelgede görüldüğü gibi as-

Cambridge Üniversitesi Yerbilimleri Bölümünde Sayın Dr. J. Rossol tarafından yapılmıştır.

bolanın element oksitleri toplamı % 60-75 arasında değişmektedir. Geriye kalan % 25-40 lik kısmın asbolandaki serbest H₂O ya karşılık geldiği düşünülmektedir. Analizlerde elde edilen MgO, CaO, Al₂O₃ ve SiO₂ değerleri amorf asbolanın soğurduğu bileşiklerden ileri gelmektedir.

Çizelge 5 - Pembemsi kahverengi asbolan türünün mikroprob analiz sonuçları

Element oksitleri	Konsantrik asbolan													Asbolan damarı	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII		
NiO	22.314	21.550	18.919	18.797	20.398	17.115	17.720	15.911	19.975	18.604	17.325	16.470	15.108	10.931	11.444
CoO	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	11.025	8.050
MnO	34.628	32.210	31.519	32.041	35.952	28.933	28.933	28.962	34.716	30.928	32.548	36.897	37.949	39.500	26.270
FeO	0.544	0.410	0.789	0.528	0.447	0.386	0.386	0.474	0.816	0.429	0.437	0.490	0.433	1.166	1.830
MgO	0.348	0.313	0.311	0.268	0.286	0.504	0.633	0.274	0.255	0.282	0.284	0.748	0.614	1.850	1.005
CaO	0.722	0.648	1.006	1.094	0.842	1.474	1.451	1.595	0.555	0.840	0.675	1.710	2.028	0.916	0.653
Al ₂ O ₃	9.235	12.642	10.411	8.696	7.989	12.638	10.230	5.943	11.132	5.249	12.238	6.396	6.952	4.506	13.491
Cr ₂ O ₃	1.059	1.032	0.699	0.966	1.589	0.454	0.487	0.533	1.130	0.632	0.606	0.195	0.309	0.510	0.220
SiO ₂	6.181	7.538	9.841	8.337	4.219	13.446	11.064	3.166	4.899	4.403	5.333	3.094	2.122	1.716	14.743
Toplam	75.029	76.452	73.496	70.228	71.723	75.057	71.000	62.774	71.547	61.367	69.455	66.001	65.515	72.120	77.706

Kil mineralleri. — Yeşilin değişik tonlarında ve camgöbeği renklerinde görülürler. Mikroskopta çoğunlukla homojen, koloidal dokulu (Levha III, şek. 4), yer yer de lifler şeklinde Serpantinitin ara, çatlak, boşluk ve elek dokusuna yerleşmiş olarak izlenmektedirler. Renkleri açık sarı, açık yeşil, koyu yeşil, pembe, mor arasında değişen kil mineral yığılımları, yer yer limonitle kahverengikırmızıya boyanmışlardır. Kil mineralleri üzerinde yapılan X ışını kırınım, D.T.A. ve kırılma indis yağları, optik mineraloji çalışmaları daha çok açık renkli olanların montmorillonit-beidellit grubundan, yeşil, mor renkli olanların ise nontronit olduklarını ortaya koymuştur. Yer yer kil minerallerinin %20-30 lük bir kısmını oluşturan nontronitin iri kristalli olanları belirgin pleokroizma göstermektedir. Camgöbeği rengindeki saf kil minerallerinin D.T.A. çalışmalarıyla montmorillonit-halloysit olduğu saptanmıştır. Kil mineralleri bakımından çok zengin, yer yer az ve çok küçük asbolan, kromit, martitleşen manyetit ve limonit içeren örneklerin yarı kantitatif optik spektrografik analizleri Çizelge 6 da verilmiştir. Çizelge 6 da görüldüğü gibi, kil mineralleri nikel ve kobaltça oldukça fakirdir. İçerdikleri nikelin bir kısmı yine içlerinde çok az bulunan asbolandan kaynaklanmaktadır.

Çizelge 6 - Kil minarallerince çok zengin örneklerin yarı kantitatif optik spektrografik analizi

Örnekler	Mineraller												
	Çok fazla kil mineralleri; az veya çok az kromit, manyetit, limonit, asbolan												
	Analizi yapılan elementler (%)												
	Ni	Co	Fe	Mn	Ca	Mg	Cr	Al	Si	Zn	As	Cu	K ₂ O
I	0.4	0.02	1.5	0.7	0.15	0.2	8.75*	10	10	G	G	0.0015	0.04
II	0.2	0.015	3.5	0.3	0.80	0.4	0.55	10	10	G	G	G	0.03
III	0.3	0.01	2.15	0.55	0.35	0.3	0.74	10	10	G	G	G	0.04
IV	0.2	0.035	1.65	0.34	0.15	0.5	0.65	10	10	G	G	G	0.05
Ortalama	0.28	0.02	2.20	0.47	0.36	0.35	2.67	10	10	G	G	G	0.04

* İşaretli element analizleri kantitatif, diğerleri yarı kantitatif optik spektrografik analizlerle saptanmıştır.

Kahedon-kuvars. — Çoğunlukla çimen yeşili ve sarımsı yeşil renklidirler (krizopras), İnce kesitte kalsedonun sferolitler şeklinde (Levha III, şek. 5) oluştuğu gözlenmektedir. Sferolitlerin arası kil ve klorit mineralleri tarafından doldurulmuştur. Örneklerin bazılarında kalsit damarcıkları izlenmektedir. Kalsedonlar yer yer limonitle boyanmıştır. Ayrıca çok az kataklastik kromit taneleri içermektedir. Tane irilikleri en fazla 1 mm yi bulan kromitler kalsedon içinde sıralanma gösterirler. Kalsedon yanında yer yer daha iri kristalli kuvars oluşumları da vardır. Krizopras ve kil mineralleriyle karışık kalsedon örneklerinin analiz sonuçları Çizelge 7 de verilmiştir.

Çizelge 7 - Krizopras ve kalsedon+kil mineralleri karışımı analizi

Örnek	Mineraller												
	I. Krizopras; çok az klorit, kil mineralleri ve kromit; eser asbolan												
	II. Kalsedon, kil mineralleri fazla; kromit daha az; eser limonit, asbolan												
	Analizi yapılan elementler (%)												
	Ni	Co	Fe	Mn	Ca	Mg	Cr*	Al	Si*	Zn	As	Cu	K ₂ O
I	0.3	0.02	4.0	0.07	0.03	0.4	2.07	1.0	84.84	G	G	0.003	0.04
II	0.2	0.007	3.0	0.03	0.2	0.5	6.15	10	45.98	G	G	0.01	0.04

* İşaretli element analizleri kantitatif, diğerleri yarı kantitatif optik spektrografik analizlerle saptanmıştır.

Kalsit. — Özbiçimsiz ve yarı özbiçimli kristaller şeklinde değişik oranlarda kalsedon, kil mineralleri, limonit, asbolan, martitleşen manyetit ve kromitlerle birlikte Serpantinitin boşluk ve çatlaklarını dolduran damarcıklar şeklinde izlenmektedir. Limonitle yer yer boyanmış olarak izlenen kalsit damarcıkları yanında, çok az da manyezit damarcıkları vardır.

Klorit. — Kalsedon ve kil mineralleriyle birlikte yer yer % 3-4 oranında bulunmaktadır. Özellikle kil mineralleri içinde çatlak ve boşluklarda gelişerek heterojen bir dağılıma gösteren kloritler koyu yeşil-açık yeşil pleokroizma gösterirler. Optik özellikleri; Optik (-)2V=0 dir. Bu fillosilikatın Ni-klorit olması olasıdır.

Limonit. — Serpantinitin çatlak ve boşluklarında gelişen asbolan, kil mineralleri, kalsit, kromit ve manyetitle birlikte bulunmaktadır. Silikatları boyayan limonit, çoğunlukla götittir. Çatlak ve boşluklarda yer yer de koloidal dokulu olarak izlenmektedir.

Kromit. — Bu zonda çok az izlenmektedir. Çoğunlukla öz, yarı özbiçimli ve kataklastik dokulu olan kromitlerin en büyükleri 1-1.5 mm kadardır. Burada daha çok taze serpantinit içinde izlenenlere benzeyen kromitler bulunmaktadır. Kromitler yer yer kenarları ve kataklastik çatlakları boyunca manyetite dönüşmüştür. Serpantinitin çatlaklarında bulunan asbolan, kil mineralleri, kalsit ve limonit damarcıkları içinde kromit kristallerinin zenginleştiği görülmektedir.

Manyetit. — Çok az ve iki şekilde izlenmektedir. Bunlardan biri öz ve yarı özbiçimli kromitlerin psödomorflan, diğeri serpantinleşme sonucu açığa çıkan yer yer damarcık ve ufak Özbiçimsiz tanecikler şeklindedir. Kromitlerin kısmen manyetite dönüşmesi de serpantinleşme sırasında gerçekleşmiştir. Bu tür manyetitler içinde kromit artıkları vardır. Damarcıklar şeklindeki manyetitlere olivin psödomorf lan içinde ve arasında, piroksen psödomorf lan bastitlerin dilinim ve çatlaklarında rastlanmaktadır. Manyetit taneleri ve damarları kenar ve dilinimleri boyunca kısmen maghemit ve hematite dönüşme (martitleşme) gösterirler. Manyetitler de kromitler gibi asbolan ve kil mineralleri ile birlikte Serpantinitin çatlaklarında az da olsa zenginleşmiştir.

Hematit. — Genellikle manyetitın kısmen veya tamamen martitleşmesi sonucu oluşmuştur. Manyetit gibi çok az olarak izlenmektedir.

Heslavodit-avaruyit. — Bu zon da yer yer çok eser olarak en fazla 30-40 mikron büyüklükte tanecikler şeklinde görülmektedir (Levha III, şek. 6).

Taze serpantinit

Lateritleşmenin köken kayacıdır. Asbolanca zengin zonun altında bulunmaktadır. Serpantinit içinde yer yer manyezit damarlarına ve ufak kromit kütlelerine rastlanmaktadır.

Taze serpantinit, peridotitin (harzburgit, dünit) serpantinleşmesi sonucu oluşmuş, elek dokulu antigorit ve ortopiroksen psödomorfu bastitler içermektedir. Serpantinitin parlak kesitlerinde çok az ve yer yer martitleşen küçük manyetit tane ve damarcıkları en büyükleri 1.5 mm olan öz, yarı özbiçimli yer yer uzama gösteren kataklastik kromit taneleri ile tane büyüklükleri en fazla 30-40 mikron olan heslavodit (Levha III, şek. 7) ve avaruyit (Levha III, şek. 8) izlenmiştir. Kromitler kenar ve kataklastik çatlakları boyunca yer yer manyetit ve krom-spinele dönüşmüştür. Serpantinit örneklerinin kimyasal analizinde % 0.19-0.22 arasında değişen Ni, % 0.013-0.016 arasında değişen Co ve % 0.3-0.4 arasında değişen Cr saptanmıştır.

Yatak çevresindeki diğer kayalar

Paleozoyik yaşlı dolomitik kireçtaşı. — Çoğunlukla serpantinit! çevrelemekte, yer yerde serpantinit içinde bloklar şeklinde izlenmektedir. Yarı öz ve Özbiçimsiz karbonat kristallerinden

oluşmaktadır. Serpantinitle olan dokanağına yakın kesimlerinden ve serpantinit içindeki bloklardan alınan örneklerde karbonat kristalleri arasında ve çatlaklarında ikincil kalsit damarlar ile eser olarak limonit-asbolan gözlenmiştir.

Çört blokları. — Sahada lateritik zonu örten kireçtaşı, bazen de serpantinit üzerinde görülürler. Bunlar lateritleşme sırasında silisin uygun ortamlarda birikmesi sonucu oluşmuş, daha sonraki tektonik hareketlerle parçalanmış ve bugün izlenen yerlere taşınmışlardır. Kuvars ve kalsedondan oluşmuşlardır. Çatlak ve boşluklarında karbonat (kalsit) gelişmiştir. Bloklar içinde çok az kahverengi tonlu kromitler ile boyama ve damarcıklar şeklinde limonit, eser olarak pirit, markazit izlenmektedir. Kataklastik kromitlerin en büyükleri 1 mm kadardır. Böyle bir örneğin kimyasal analizinde % 0.1 Ni, % 0.007 Co, % 0.3 Mn ve % 7 Fe saptanmıştır.

Lateritik zonu örten çörtlü kireçtaşı. — En güzel izlendiği yer M₃ yarmasıdır (Şek. 2). Yarı özbiçimli ve özbiçimsiz kalsit kristallerinin araları az oranda opal-kalsedon ve kuvarsla doldurulmuştur. Örneklerde koyu gri renkli kromit, limonit, markazit+pirit, manyetit ve eser olarak asbolan izlenmiştir. En büyük kromit taneleri 1 mm kadardır. Limonit, özbiçimli bir mineralin yerini doldurmuş veya çatlak dolgusu şeklindedir. Yer yer yığılımlar oluşturan pirit-markazit kenarları boyunca limonite dönüşmüştür. Asbolan çoğunlukla limonit damarlarında, limonitle birlikte bulunmaktadır. Bu kayanın kimyasal analizinde % 0.3 Ni, % 0.02 Co, % 0.4 Mn, % 0.4 Cr, % 7 Fe, % 5 Si, % 0.4 Al, % 0.3 Mg saptanmıştır.

Jips. — Çok az ve yersel olarak M₁ yarmasında görülmektedir. Öz, yarı özbiçimli jips kristallerinden oluşmakta, çok az oranlarda kromit, serpantin, markazit, götit, pirit, kuvars, kalsit, kil mineralleri ve asbolan içermektedir. Kataklastik kromit taneleri 15-20 mikron ile 1.2 mm büyüklüktedir. Çoğunlukla özbiçimsiz olan markazitlerin tane büyüklükleri 10-15 mikronla 400 mikron arasında değişmektedir. Bazı markazit tanelerinin merkezî kısımlarında pirit bulunmaktadır. Jipsten alınan örneğin analizinde % 10 Fe, % 2.47 Cr, % 0.15 Ni, % 0.015 Co ve % 0.2 Si saptanmıştır.

Eosen yaşlı kireçtaşı. — Stromatolitlere benzeyen yapısal özellikler ve organizma parçaları içeren kayaç mikritik kalsit ve daha az oranda mikrosparitlerden oluşmuştur.

LATERİT OLUŞUMUNUN İRDELENMESİ

Bilindiği gibi olivin ve daha az olarak da ortopiroksenlerin kristal yapısında bir miktar Ni ve Co bulunmaktadır. Ni, olivin ve piroksen kafes yapısında magnezyum elementinin bir kısmının yerini alır (Cameron, 1971). Serpantinleşme sonucu köken kayaç peridotitin Ni oranında herhangi bir değişiklik olmaz. Yalnız olivin ve piroksenlerde diyadoh olarak bulunan nikel, nikel sülfürler şekline geçer. Çaldağ'da serpantinleşme sonucunda heslavodit (heazlewoodit—Ni₂S₂) ve avaruyit (Fe-Ni alaşımı) oluşmuştur. Peridotitin serpantinleşmesi sonucu oluşan nikel mineralleri üzerinde pek çok çalışma yapılmıştır (Nickel, 1959; Heekli, 1963; Ramdohr, 1967; Eckstrand, 1970; Rücklidge, 1971; Wall de 1971; Güllén - Lawrence, 1973; Dick, 1974; Groves ve diğerleri, 1974; Eckstrand, 1975; Çağatay, 1975 ve 1975*; Helke ve Çağatay, 1978).

Peridotitler ve taze serpantinitler Goldschmidt'e (1954) göre ortalama % 0.3 Ni, % 0.02 Co; Turekian ve Wedepohl'a (1961) göre % 0.2 Ni, % 0.015 Co; Vinogradov'a (1962) göre % 0.2 Ni, % 0.02 Co; Golese (1967) göre % 0.15 Ni, % 0.011 Co, % 0.104 Mn ve % 0.003 Cu içermektedirler. Türkiye'nin değişik yörelerinden aldığı ultrabazik kaya örneklerinde Gülaçar (1973) % 0.2 Ni, % 0.01 Co değerleri bulmuştur. Çok az değişik değerler Vhay (1973) tarafından saptanmıştır. Çaldağ'ta taze serpantinitinde bu değerler % 0.19-0.22 Ni, % 0.013-0.016 Co dir. Görüldüğü gibi bu değerler diğer araştırmacılar tarafından saptanan değerlere çok yakındır.

Serpantinleşmeden sonra Çaldağ'da Üst Kretase-Eosen arasındaki bir dönemde hüküm süren tropik-subtropik iklim lateritleşmeye neden olmuştur. Smirnov'a (1976) göre, Serpantinitin ayrışması sonucu açığa çıkan Mg kolaylıkla çözünebilen tuzlar halinde başlangıçtan itibaren taşınarak ortamdaki uzaklaşmaktadır. Ancak çok az oranda Mg tuzları kil mineralleri ile manyezit damarlarını oluşturmaktadır. Açığa çıkan Si; SiO₂ eriyikleri şeklinde uzaklaşmakta, kısmen morfolojik bakımdan uygun çukurluklarda birikerek çörtleri veya lateritik zonda düşey yönde hareket ederek tabanda kal-sedon-kuvars damarlarını oluşturmaktadır. Lateritleşme sonucu açığa çıkan Al ise düşey yönde hareket ederek asbolanca zengin zonda montmorillonit, beidellit, nontronit ve halloysit gibi kil minerallerinin bileşimine girer. Serpantinit içinde bulunan manyetit önce martitleşerek hematite, daha sonra da limonite (çoğunlukla götit) dönüşerek lateritteki limonit zonlarını oluşturur. Serpantinitteki gri renkli kromit, lateritleşmeden en az etkilenecek limonitik zon içinde kahverengi bir renk tonu kazanmıştır. Limonit zonundaki demir zenginleşmesine orantılı olarak krom zenginleşmesi görülmektedir. Kromit taneleri limonitik zon, özellikle de kahverengi limonit zonu içinde oluşan çatlak ve boşlukları doldurmakta, belirgin boylanma ve sıralanma göstermektedirler. Kromitin benzer davranışları Seeliger (1964) tarafından Conakry (Batı Afrika) lateritik demir yatağında gözlenmiştir. Serpantinitte izlenen heslavodit ve avaruyit lateritleşme sırasında ayrılmıştır. Bunun sonucu oluşan Ni ve Co eriyikleri Mn la birlikte düşey yönde hareket ederek limonitik zonun altında kil mineralleriyle beraber çatlak ve boşluklarda asbolanı oluşturmuşlardır.

Lateritik nikel yataklarında nikelin daha çok nikel krizotil (garniyerit), nikel saponit (pimelit), nikel talk, nikel klorit (şuhardit) (Faust, 1966; Peruchot, 1971; Springer, 1974) ve nikel nontronit (Magakyan, 1968) gibi silikatlara bağlı olmasına karşın, Çaldağ lateritik demir, nikel-kobalt yatağında nikelin çok büyük bir kısmının asbolana bağlı olması ilginçtir. Lateritleşme sürecini tamamlamış yataklarda genellikle nikelin, kobaltça zengin asbolan zonunun daha alt seviyelerinde nikel silikatları şeklinde zenginleştiği görülmektedir. Çaldağ yatağında nikelin kobaltla birlikte asbolana bağlı olarak bulunması, daha doğrusu asbolandan ayrılarak daha alt seviyelerde nikel silikatlarını oluşturmaması, bu yatağın lateritleşme sürecini tamamlamadığını göstermektedir.

Çaldağ, lateritik demir, nikel-kobalt yatağını örten Eosen yaşlı, çevreleyen Paleozoyik yaşlı kireçtaşları lateritik zondaki kalsiyumun bir kısmı kaynağını oluştururlar. Gerek genç kireçtaşlarının çökmesi sırasında ve gerekse her iki kireçtaşının kimyasal çözünmesi sonucunda lateritik zon içinde dikey yönde alta doğru hareket eden Ca eriyikleri ikincil kalsit damarlarını oluşturmuştur. Lateritik zonun yüksek Ca içeriklerinin bir kısmı bu kalsit damarcıklarından bir kısmı da kil minerallerinden kaynaklanmaktadır.

Yatakta çok az izlenen jips oluşumlarına Türkiye'nin değişik yörelerinde Eosen'de evaporit oluşumları şeklinde rastlanmaktadır (Uygun, 1980).

SONUÇLAR

1. Çaldağ demir, nikel-kobalt yatağı bilindiği kadarıyla küçük ve lateritleşme sürecini tamamlamamış bir yataktır.
2. Yatağın ekonomik nikel minerali asbolandır.
3. Asbolanın çok eser olarak izlenebildiği kil minerallerinden oluşan örneklerin kimyasal analizlerinde çok düşük nikel-kobalt değerleri bulunmuştur. Buradan da nikelin çok az bir kısmının nikel silikatlara bağlı olabileceği anlaşılmaktadır.
4. Lateritik zonun üst seviyelerinde bulunan limonitik zonalarda nikel yanında istenmeyen değerlere ulaşan Cr un varlığı bu seviyelerin Fe cevheri olarak kullanılmasına elverişli görülmemektedir.

KATKI BELİRTME

Çaldağ lateritik maden yatağının incelenmesi ve yataktan örnek alınması çalışmalarında M. Yıldız yardımcı olmuştur. Asbolanca zengin bazı örnek analizleri F. Çoçğürses tarafından yapılmıştır. N. Çağatay bazı örneklerin analizlerini Geological Survey of Canada'da yaptırmıştır. Mikroprob analizleri için seçilen örnekler A. Okay tarafından Cambridge Üniversitesine gönderilmiş ve analizler J. Rossol tarafından gerçekleştirilmiştir. MTA Enstitüsünde yapılan mikroprob analizlerini M. Öztuğ, D.T.A. analizlerini İ. Bozdoğan yapmışlardır. İngilizce çevirilerde R. Doğan yardımcı olmuştur. Bu elemanlara teşekkür borçluyuz.

Yayma verildiği tarih, 5 Mayıs 1981

DEĞİNİLEN BELGELER

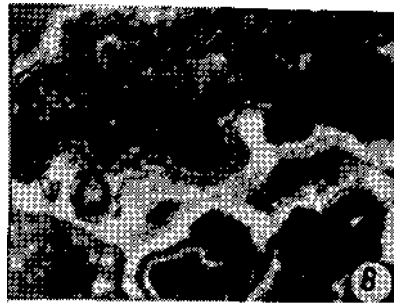
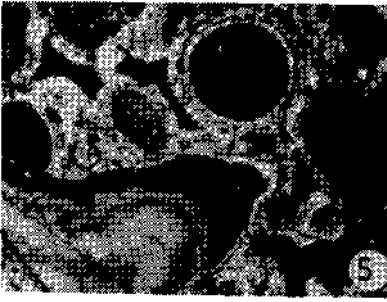
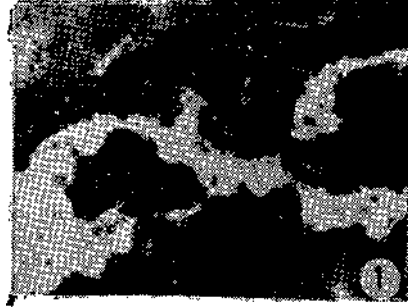
- Brennich, G., 1960, Çaldağ'ındaki limonit zuhuru, Turgutlu kazası, Manisa vilâyeti: Maden Tetkik ve Arama Enst. Rap., 2743 (yayımlanmamış), Ankara.
- Cameron, E.M. ve diğerleri, 1971, Distribution of ore elements in rocks for evaluation ore potansiyel :nickel, copper cobalt and sulphur in ultramafic rocks of the Canadian shield: Geochemical exploration, special volume 11, The Canadian Institute of Mining and Metallurgy, 298-314, Montreal-Quebec Canada.
- Cöcen, Ü., 1980, Çaldağ nikel cevherinin değerlendirme koşulları: Ege Üniversitesi Makine Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü, 75 (yayımlanmamış yüksek lisans tezi), İzmir.
- Çağatay, A., 1975a, Makinavit minerali içeren Kangal-Yellice karot numunelerinin maden mikroskopisi etüdü: Maden Tetkik ve Arama Enst. Derg., 84, 62-72, Ankara.
- , 1975#, Şark kromit havzasında yapılan ekonomik jeoloji çalışmaları ve heazlewoodit'li Kefdağ kromitlerinin mineralojik etüdü: Maden Tetkik ve Arama Enst. Derg., 84, 73-89, Ankara.
- Dana, D.J. ve Dana, E.S., 1944, The system of mineralogy: seventh edition by C. Palache, H. Berman and C. Frondel vol 1 elements sulfides, sulphosalts, oxides, New York, John Wiley and Sons, Inc. Chapman and Hall, Ltd. London, 652 s.
- Dick, H.J.B., 1974, Terrestrial nickel-iron from the Josephine peridotite, its geologie occurrence, associations and origin: Earth and Planetary Science Letters, 24, 2, 291-324.
- Eckstrand, O.D., 1970, Serpentinities as potential sources of nickel: Geolog. Survey of Canada, raport of activities, paper 70-1, Pt, B, 55-56, Ottawa.
- Eckstrand, O.R., 1975, The Dument serpentinite: A model for central of nickeliforous opaque mineral assemblages by alteration reactions in ultramafic rocks: Econ. Geol. 70, 183-201.
- Faust, G.T., 1966, The hydrous nickel, magnesium silicates-the garnierite group: The American Mineralogist, 51, 271-298.
- Goldschmidt, V.M., 1954, Geochemistry (ed. by Muir), Oxford, 730.
- Goles, G.G., 1967, Ultramafic and related rocks (ed. by Wyllie), New York etc., 352-362.
- Groves, D.I.; Hudson, D.R. ve Hack, T.B.C., 1974, Modification of ironnickel sulfides during Serpantinization and talecarbonate alteration at Black Swan, Western-Australia: Econ. Geol., 69, 1265-1281.
- Guillen, J.H. ve Lawrence, L.J., 1973, The opaque minerals of the ultramafic rocks of New Caledonia: Mineralium Deposita, 8, 115-126, Berlin-Heidelberg-New York.

- Gülaçar, O.F., 1973, Contribution a la geochimie du cuivre du nickel et du cobalt dans les roches ultrabasiques: Geneve Üniversitesi Jeoloji-Mineraloji Bölümünde yapılan yayınlanmamış doktora tezi, 1619, 159 s.
- Heekli, A., 1963, Distribution of nickel between the silicate and sulphide phases in some basic intrusions in Finland: Bull. Comm. Geol. Finlande, 209, Helsinki.
- Helke, A. ve Çağatay, A., 1978, Lateritik nikel-kobalt yatakları: Yeryuvarı ve insan, 3, 2, 54-59, Ankara.
- Hirano, H. ve Boyalı, L., 1980, Çaldağ zuhurundaki laterik mineralizasyonu (Manisa-Batı Anadolu): Maden Tetkik ve Arama Enst. Maden Etüt Dairesi Rap., 1706, 20s., Ankara.
- Kavlakoğulları, T. ve diğerleri, 1980, Manisa-Turgutlu-Çaldağ işaretle gelen numunelerin analiz sonuçları: Maden Tetkik ve Arama Enst. Lab. Rap., 494 (yayımlanmamış), 10 s, Ankara.
- Magakyan, I.G., 1968, International Geology Review, 10, 8, 80-81.
- Nickel, E.H., 1959, The occurrence of native nickel-iron in the serpentinite rock of the eastern townships of Quebec province: Canadian Mineralogist, 6, 3, 307-319.
- Oğuz, M., 1967, Çaldağ'da (Manisa) jeolojik bir araştırma: Maden Tetkik ve Arama Enst. Derg., 68, 102-105, Ankara.
- Ozansoy, F., 1960, Ege bölgesi karasal Senozoik stratigrafisi (Balıkesir güneyi, Soma-Bergama-Akhisar-Manisa ve kısmen Tire): Maden Tetkik ve Arama Enst. Derg., 55, Ankara.
- Önder, O., 1974, Manisa Turgutlu-Çaldağ demir zuhuru etüdü: Maden Tetkik ve Arama Enst. Rap. 43/242 (yayımlanmamış), Ankara.
- Öztuğ, M., 1981, Sekiz adet numunenin elektron mikroprobunda incelenmesi: Maden Tetkik ve Arama Enst. Lab. Rap., 80/74-39 (yayımlanmamış), 2 s., Ankara.
- Percival, F.G., 1965, The laterite iron deposits of Conakry: Bull. of Inst. of Mining and Metallurgy, 702, Transaction, 74, 429-462, London.
- , 1966, The Laterite iron deposits of Conakry: Inst. of Mining and Metal. Transaction/section B, 75., Bulletin no. 711, B 85-B 91, London.
- Perruchot, A., 1971, Reproduction an Laboratoric des phanomenes de concetion du nickel an lateration metarique du peridot. C.R. Acad. Sci. 273, Ser. D. 275-277, Paris.
- Ramdohr, P., 1967, A VVidespread mineral association connected with serpentinization. With notes on some new or insufficiently defined minerals: N. Jahrbuch, Min. Bal. 107, 241-265, Stuttgart.
- , 1975, Die erzminerale und ihre Verwachsungen: Akademie-Verlag, 1144-1147, Berlin.
- Rucklidge, J., 1971, Mobilisation of nickel and platinum metals during serpentinization of ultramafic rocks: Platinum conference, University Melbourne.
- Seeliger, E., 1964, Die Mineralisation der Lateriteisenerz-lagerstaette Conakry: Schriftender Gesellschaft Deutsche-Metallhütten und Bergleute e. V., Heft 14, itabiritische und latritische Eisenerze in der Welt und ihre Genese. Clausthal-Zellerfeld, 105-111.
- Smirnov, V.I., 1970, Geologie der Lagerstaetten mineralischer Rohstoffe: Leipzig, D.D.R. 311-315.
- Springer, G., 1974, Compositional and structural variations in garnierites. Canad. Mineralogist, 38, 381-388.
- Sözen, A., 1966, Çaldağ demir ocakları etüdü: Maden Tetkik ve Arama Enst. İzmir Bölgesi Rap., 8 (yayımlanmamış), İzmir.
- Turekian, K.K. ve Wedepohl., K.H., 1961, Distribution of the elements in some majör units of the earth's crust: Bull. Geol. Soc. America, 72, 175-192.
- Uygun, A., 1980, Türkiye'de evaporitler: Yeryuvarı ve insan, 5, 3-4, 89-93, Ankara.
- Ünlü, T., 1976, Manisa-Turgutlu Çaldağ yöresi İR. 402 sayılı demir madeni sahası üzerine rapor: Maden Tetkik ve Arama Enst. Rap., M. 271, 6 s., Ankara.
- Vhay, J.S., 1973, U.S.A. Geological Survey Prof. Paper 820, 145 s., Washington D.C.

L E V H A L A R

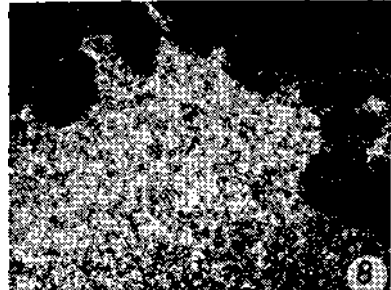
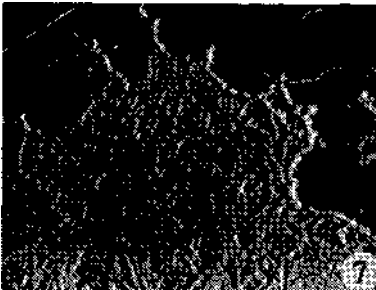
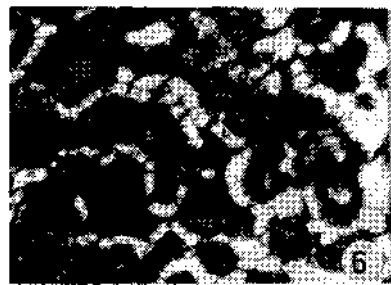
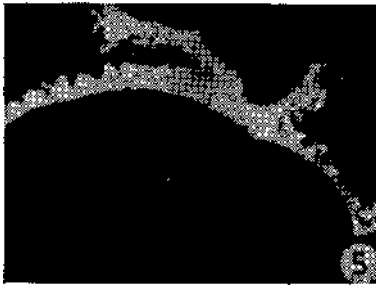
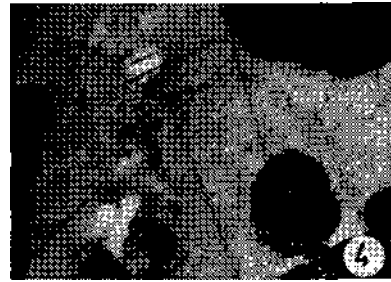
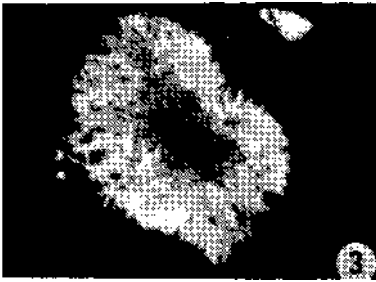
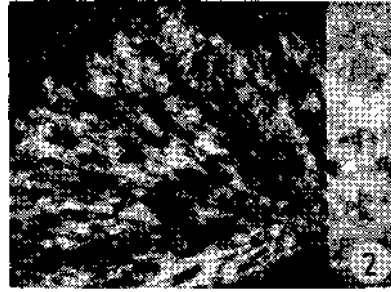
LEVHA - I

- Şek. 1 - Büyültme X 200, ince kesit. Serpantin içinde kil mineralleri (gri) ile büyümüş asbolan (siyah) damarı.
- Şek. 2 - Büyültme X 300, yağda, parlak kesit. Serpantinit çatlaklarında asbolan (beyaz) damarları.
- Şek. 3 - Büyültme X 300, yağda, parlak kesit. Bastit dilinimlerine yerleşen asbolan (beyaz).
- Şek. 4 - Büyültme X 300, yağda, parlak kesit. Asbolan (beyaz-açık gri), kil mineralleri (gri-koyu gri) ile konsantrik kabuklu kürecikler oluşturmuş.
- Şek. 5 - Büyültme X 300, yağda, parlak kesit. Asbolan (beyaz-açık gri), kil mineralleri (gri-koyu gri) ile konsantrik kabuklu, böbreğimsi büyümüş.
- Şek. 6 - Büyültme X 300, yağda, parlak kesit. Asbolan iki ayrı renkte (beyaz-gri) kil mineralleri ile konsantrik kabuklu büyümüş.
- Şek. 7 - Büyültme X 300, yağda, parlak kesit. Asbolan ince taneli ve böbreğimsi (ortada). Böbreğimsi kesim yüksek refleksiyon pleokroizmadan ileri gelen değişik renklerde. Kil mineralleri (siyah).
- Şek. 8 - Büyültme X 300, yağda, parlak kesit. Konsantrik kabuklu asbolan (beyaz) içinde keçemsi yüzeyli asbolan. Gang kil mineralleri (koyu renkli).



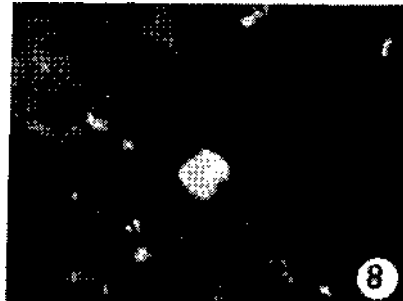
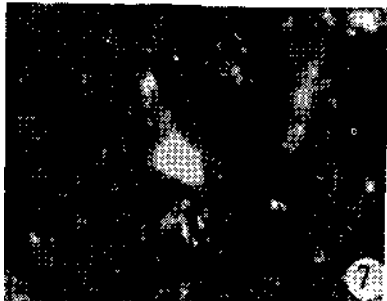
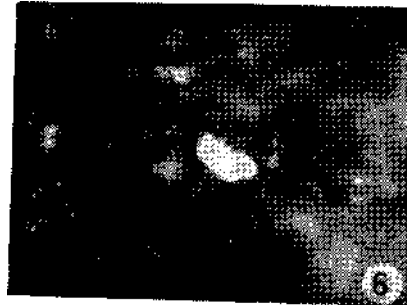
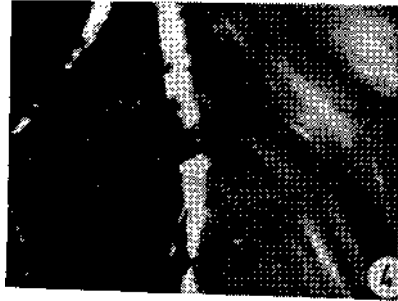
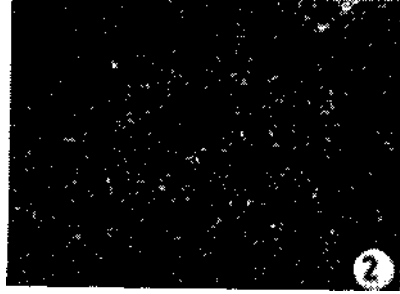
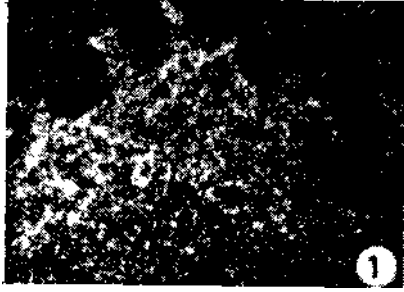
LEVHA - II

- Şek. 1 - Büyültme X 300, yağda, parlak kesit. Asbolan konsantrik kabuklu, radyal ışınsal ve keçemsi yüzeyli iğnecikler refleksiyon pleokroizmadan değişik renkli.
- Şek. 2 - Büyültme X 300, yağda, parlak kesit. Asbolan radyal ışınsal ve yüksek refleksiyon pleokroizma gösterir.
- Şek. 3 - Büyültme X 300, yağda, parlak kesit. Asbolan (beyaz) radyal ışınsal kil mineralleri (koyu gri) içinde.
- Şek. 4 - Büyültme X 300, yağda, parlak kesit. Asbolan ince tane yığılım (açık gri) şeklinde. Merkezî kesimde iri taneli asbolan damarı yüksek refleksiyon pleokroizmadan değişik renkli. Kil mineralleri (siyah).
- Şek. 5 - Büyültme X 300, yağda, parlak kesit. Asbolan (beyaz) konsantrik kabuklu kil oluşumları (koyu gri) arasında.
- Şek. 6 - Büyültme X 300, yağda, parlak kesit. Asbolan (beyaz) kil mineralleri (koyu gri) ile kabuklu büyümüş.
- Şek. 7 - Büyültme X 500, parlak kesit. Asbolanın (lifi) geri yansıyan elektron görüntüsü. Gang serpantin (koyu gri).
- Şek. 8 - Büyültme X 500, parlak kesit. Asbolanın MnKa görüntüsü.



LEVHA - III

- Şek. 1 - Büyültme X 500, parlak kesit. Asbolanın NiKa görüntüsü.
- Şek. 2 - Büyültme X 500, parlak kesit. Asbolanın FeKoc görüntüsü.
- Şek. 3 - Büyültme X 500, parlak kesit. Asbolanın CoKoc görüntüsü.
- Şek. 4 - Büyültme X 300, yağda, parlak kesit. Kil mineralleri konsantrik kabuklu. Aralarında asbolan (beyaz).
- Şek. 5 - Büyültme X 200, ince kesit. Kalsedon ufak sferoidlerden oluşmuş. Kil mineralleri (siyah).
- Şek. 6 - Büyültme X 300, yağda, parlak kesit. Avaruyit (beyaz ortada) kil mineralleri içinde. Asbolan damarları (keçemsi yüzeyli).
- Şek. 7 - Büyültme X 300, yağda parlak kesit. Heslavodit (beyaz, ortada) serpantinit (gri) içinde.
- Şek. 8 - Büyültme X 300, yağda, parlak kesit. Heslavodit (beyaz, ortada) serpantinit (gri) içinde.



- Vinogradov, A.P., 1961, Average contents of Chemical elements in the principal types of igneous rocks of the earth's crust: *Geochemistry*, 7, 555-571.
- Wall de, S.A., 1971, South African nickeliferous serpentinites: *Min. Sci. and EngL*, 3, 2, 32-45. Johannesburg, South-Africa.
- Yıldız, M., 1977, Manisa ili Turgutlu ilçesi Çaldağ civarının nikel-kobalt etüt ve arama raporu: Maden Tetkik ve Arama Enst. Maden Etüt Dairesi Rap., 1707 (yayımlanmamış), 39 s., Ankara.