

# Lateritik Nikel - Kobalt Yatakları

A. HELKE ders notları: *Mainz Üniversitesi, Batı Almanya*  
A. ÇAĞATAY derleyen : *Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, Ankara*

## GİRİŞ

Lateritik nikel-kobalt yataklarının aranmasına ülkemizde çok geç başlanmış olup, bugün bile bu konuya gereken önemin verildiği söylenemez. Bu tip nikel-kobalt yataklarının bazı ülkelerde çok büyük rezervler oluşturabildiği bilinmektedir. Lateritik nikel-kobalt yataklarının köken kayacı olan ultramafitlerin ülkemizde çok yaygın bulunması, ülkemizde de bazı lateritik nikel, kobalt zehir ve yatağının bulunma olasılığını akla getirmektedir. Fakat bugüne dek ülkemizde ufakta olsa, ekonomik değere haiz herhangi bir lateritik nikel, kobalt zehir bulunmamıştır. Bu durum iki şekilde yorumlanabilir. Bir görüşe göre ülkemizde lateritik nikel, kobalt zehir ve yatakları bulunmamaktadır. İkinci görüşe göre ülkemizde lateritik nikel ve kobalt yatakları bulunabilir, fakat bu konuda ülkemiz yeterince aranmış ve incelenmiş değildir. Yazar bu son görüşü benimsediğinden, bu konuda gerçekte yapılacak daha bilimsel arama ve incelemelere yardımcı olmak için bu çalışmayı derlemiştir.

## LATERİTİK NİKEL - KOBALT YATAKLARI ÜZERİNE GENEL BİLGİLER

Lateritik ayrışma sonucu oluşan nikel ve kobalt yataklarının köken (oluşum) kayaçlarını (protore) peridotit dunit veya otohıdrasyon sonucu bu kayaçlardan oluşan serpantinitler gibi ultramafitler oluştururlar. Goldschmidt'e (1954) göre ultramafitler %0,3 (3000 ppm) Ni ve %0,02 (200 ppm) Co içerirler. Diğer taraftan ultramafitlerin içerdikleri iz elementler üzerine Goles (1967) özel bir özet vermektedir. Goles'e göre ultramafitler ortalama 1500 ppm Ni, 110 ppm Co, 30 ppm Cu ve 1040 ppm Mn içerirler. Biraz daha değişik değerler Vhay (1973) tarafından verilmektedir.

Bozuşmamış ve ayrışmamış taze peridotit içinde bulunduğu gibi olivin ve daha azda piroksenin kristal strüktüründe bir miktar Ni bulunmaktadır. Nikel olivin ve piroksen kafes yapısında magnezyum elementinin kısmen yerini işgal eder. Bu durumda nikel elementi silikat bileşimi halinde bulunur. Peridotitin serpantinleşmesi sonucu Ni miktarında herhangi bir değişiklik ortaya çıkmaz. Fakat buna karşılık serpantinitten yapılmış parlak kesitlerin maden mikroskopu

ile incelenmesi sonucu bazı nikel mineralleri izlenebilir. Örneğin awaruit Josephinit (Ni, Fe-alaşımı) heazlewoodit ( $Ni_3S_2$ ), millerit (NiS) ve mackinawit (Fe, Co, Ni, ...S) gibi maden mineralleri görülebilir (Nickel, 1959; Haekli, 1963; Ramdohr, 1967; Eskstrand, 1970; Rucklidge, 1971; Wall, de 1971; Guillen ve Lawrence, 1973; U. S. Geol. Survey. Prof. Paper 820, 1973; Deck, 1974; Groves ve diğerleri, 1974; Eckstrand, 1975; Çağatay, 1975 a ve 1975 b). Böyle nikel alaşım ve nikel sulfid mineralleri içeren serpantinitler bugün için yalnız özel durumlarda işletilebilir. Finlandiya'nın Outokumpu yöresinde bulunan Vuonos, nikel yatağı bu tip yataklara bir örnek olarak verilebilir. Bazı yerbilimciler serpantinitler içindeki nikel minerallerinin gelecekte daha çok önem kazanacağı görüşündedirler. Bunlardan Eckstrand (1970) awaruit geleceğin nikel cevheri olarak görmektedir. Daha İkinci Dünya Savaşı sırasında serpantinit içinde çok ufak halde dağılmış nikel, sülfid minerallerinden faydalanılma deneyleri yapılmıştır (Müller, 1950).

Ülkemizde ultramafitlerin çok yaygın olarak ortaya çıktığı bilinmektedir. Yazarın uzun süreden beri mikroskopla incelediği ülkemizin çeşitli yörelerine alt kromit ve serpantinitlerinde heazlevodit, millerit, violerit, makinavit gibi nikel-sulfid minerallerine, ayrıca yalnız Kefdağ ve Kızıldağ yörelerindeki kromit ve serpantinleşme gösteren peridotitlerinde awaruite rastlanmıştır.

Elazığ, Guleman Kefdağı-kromit yatağından alınan örneklerden yapılan parlak kesitlerin mikroskopik etüdü sonunda genellikle kromit kristalleri arasındaki krom-kloritler içinde heazlevodit, millerit, ara-mineral (Heazlevoditin millerite dönüşmesi esnasında oluşmuş) makinavit gibi nikel sulfid mineralleri ile, awaruit gibi nikel-demir alaşımı izlenmiştir (çağatay, 1975). Aynı minerallere kısmen serpantinleşen yan kayaç peridotitin bozuşan kesimlerinde de çok eser miktarda rastlanmıştır. Erzurum Kop dağı kromitlerinin mikroskopik incelenmesi sonunda burada kenar ve çatlakları boyunca kısmen krom-spinelle dönüşen kataklastik kromit taneleri arasında bulunan krom klorit (kemererit) içinde en fazla 50-60 mikron büyüklükte ksenomorf heazlevodit tanecikleri ve çok ufak bazen iğnecikler şeklinde millerit kristalleri saptanmıştır. Yan kayaç serpantinit içinde de aynı nikel minerallerini izlemek olasıdır. Siirt-Baykan yöresinden alınan kromit cevheri örneklerinde aynı mineraller izlenmiş olup, ayrıca çok



eser miktarda büyük olasılıkla milleritten dönüştürerek oluşan Linne'it (violerit) görülmüştür. Eskişehir-Sivrihisar ve Bey-pazarı yörelerinde incelenen bazı kromitit örneklerindeyse heazlewoodit ve millerit gibi mineraller izlenmiştir. Aynı yö-relerden alınan serpantin örneklerinde de bu mineraller sap-tanmıştır.

Diğer taraftan Hatay (Kızıldağ) masifinden alınmış ser-pantin örneklerinden yapılan parlak kesitlerin mikroskopik ettüdü sonucu heazlewoodit, millerit, makinavit ve avaruit yan-ında ayrıca pirotin ve pentlandit'te izlenmiştir. Bursa, Or-haneli yöresinden incelenen serpantin örneklerde heazlewo-dit, millerit ve makinavit görülmüştür. Ayrıca Güney Ana-dolu bölgesinde bulunan kısmen ve bazen tamamen serpan-tinitleşmiş ultramafitit örneklerinde bazen heazlewoodit ve mil-lerite rastlamak olasıdır. Balıkesir-Bigadiç Kazandağı yöre-sinde ortaya çıkan silisleşmiş karbonatlaşmış ve piritleşmiş ultrabazıklar içinde maden mineralleri olarak pirit ve mar-kasit yanında bir miktarda millerit bulunmaktadır. Millerit burada yer yer fazlaşmaktadır. Silisleşen, karbonatlaşan örne-klere çok eser miktarda kromit kristalleri de izlenmiştir. Sivas, Kangal-Yellice yöresinde incelenen örneklerde fazlaça miktarda makinavit ve çok eser miktarda millerit izlenmiştir (Çağatay, 1975). Makinavitin kristal formülünde (Fe, Ni, Co..., S) demir yanında çok az miktarda Ni ve Cu'nun bulun-duğu makinavitçe kısmen zengin örneklerin yapılan kimyasal analizinde çok az nikel ve kobalt içermesiyle doğrulanmıştır. Dolayısıyla makinavit Lateritik nikel yataklarının oluşmasında heazlewoodit, millerit ve avaroit gibi önemli değildir. Diğer taraftan Yellice yöresi örneklerinde rastlanan nikel mineral-lerinin hemen hepsine Kastamonu-Taşköprü yöresi serpantin örneklerinde de rastlanmıştır.

Ultramafititlerin Lateritik ayrışmasıyla yalnız nikel ve kobaltın zenginleşmesi oluşmaz, ayrıca demirinde zenginleş-tiği görülür. Böylece bazen nikel-kobalt yatakları, bazende demir yatakları olarak değerlendirilen maden yatakları oluş-ur. Teknolojik açıdan zararlı olduğundan lateritik demir ya-taklarında Ni ve Co gibi metallerin bulunması istenmez, Ni- kel ve kobalt içeren lateritik demir yatakları Conakry'de (Ba-tı-Afrika) bulunurlar. Yalnız içerdikleri Ni ve Co içeriğinden dolayı işletilen Lateritik ayrışım yatakları bugün dünyanın en büyük Ni ve Co-cevher rezervlerini oluştururlar. Bu tip ya-taklar genellikle ortalama %0,9 1,3 Ni ve %0,01-0,1 Co içe-rirler. Bu yataklarda çoğunlukla Conakry lateritik demir ya-taklarında görüldüğü gibi en yüksek demir konsantrasyonu oluşması daha tam gerçekleşmemiştir. Ayrışma zonundaki SiO<sub>2</sub> ve MgO uzaklaşmasında son bulmuş değildir. Ayrışma olayı laterit veya kırmızı toprakta (terarosa) günümüzde de devam etmektedir. Yani Lateritik yataklar daha tam olgun-laşmamış oluşuklardır. Lateritik demir yataklarında görüldü-ğü gibi lateritik Ni ve Co yatakları yaşlı kara parçası düz-lüklerine (peneplain) bağlı olarak bulunmazlar. Lateritik ni- kel-kobalt yataklarına aynı zamanda vadilerle bölünmüş ve erozyona uğramış dağlık yörelerde rastlanır. Yeni Kaledonya adasında ortaya çıkan lateritik Ni ve Co yatakları dağlık yö-relerde bulunan yataklara örnek olarak verilebilir.

Lateritik nikel ve kobalt yatakları ayrıca oluşumları ba-kımından diğer lateritik yataklardan ayrıcalık gösterirler. Lateritik aşınma sonucu oluşan demir, alüminyum ve man-ganez yataklarında çözünmeyip, arta kalan aşınma ürünleri, yukarıda adı geçen çözeltiler halinde ayrışma zonu boyunca derine inerek, lateritik nikel ve kobalt yataklarını oluşturur-

lar .Bu hareket etme sonucu olarak iki ayrı tip, lateritik ni- kel-kobalt yatağı ortaya çıkar (Weber, 1972; 1973). Böylece Ni ve Co limonit tarafından adsorbe edilmiş halde (nickelife-rous iron laterite) bulunabildiği gibi, bu her iki metal laterit zonu kesitinin alt seviyelerinde öncelikle de lateritik zonun altında bulunan ana kayac sınırında nikel silikatları ve as-bolen şeklinde çöklerler. Bu sonucu tür yataklara nikel sil-ikat yatakları (nickel silicate type) adı verilir. Lateritik zon boyunca çözeltiler halinde sızarak dipte çökelen lateritik nikel-kobalt yataklarını Smirnov (1970) "İnfiltrasyon yatakları" olarak adlandırmaktadır.

## LATERİTİK NİKEL-KOBALT YATAKLARININ MİNERALOGİSİ

Lateritik nikel-kobalt yatakları yukarıda da kısaca deği- nildiği gibi iki ayrı türe' ayrılırlar. Bunlar burada A - grubu ve B - Grubu yataklar olarak adlandırılacaklardır (Zeissink, 1969).

A — Grubu yataklar ayrışma zonunun en alt kısmında yani ana kayac-ayrışma zonu arasında bulunurlar. Burada SiO<sub>2</sub> ve MgO içeriği daha oldukça yüksek olup, buna karşı-lık Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içeriği bakımından çok fazla bir zenginleşme gös-termez. Yeni oluşan nikel mineralleri kuvvetli yeşil renk-lerinden dolayı dikkati çekerler. Çeşitli mineral fazları olarak nikel-serpantin daha çok nikel-krisotil (Garnierit) = (Ni, Mg)<sub>6</sub> (OH)<sub>8</sub>/Si<sub>4</sub>O<sub>10</sub> nikel-saponit (pimelit), nikel-talk, nikel-klo-rit (şukardit), nikel-vermikülit ve nikel-sepiolit veya adı sa-yılan bu nikel silikatlarından birkaçı bir arada bulunurlar (Faust, 1966; Perruchot, 1971; Springer, 1974). Bu mineral-lerin nikel ve magnezyum içerikleri çok değişik değerler gös-terir. Örneğin garnierit içindeki nikel içeriği %4 ile % 30ara-sında değişebilir. Burada ayrıca krisopras'da saymak gerek-ir. Krisopras nikel tarafından elma yeşili renge boyanmış bir kalsedon türüdür.

Kobalt lateritik yataklarda öncelikle asbolen (kobalt içe-rikli manganey siyahı) halinde bulunur. Asbole'nin büyük kıs-mını Mn<sub>2</sub>O oluşturmakta olup, kobalt içeriği %20'ye kadar çıkmaktadır (U.S. Geol. Survey Paper 820, 1973).

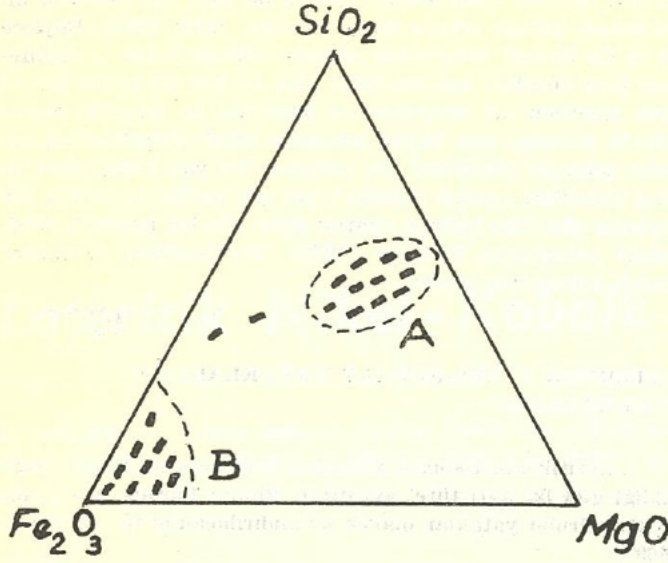
B — Grubu lateritik nikel cevherleri lateritik zonun üst seviyelerinde ortaya çıkarlar. Bu oluşuklar SiO<sub>2</sub> ve MgO içe-rikleri bakımından fakir, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içerikleri bakımından zengin nikel cevherleri kapsayan yataklardır. Ayrıca bu yatakların nikel mineralleri tanınmamaktadır. Dolayısıyla madenciler bu tür yataklardan "nikel içerikli limonit" olarak söz ederler. B — Grubu yataklar nikel yanında kobaltta içerebilirler (Queneau ve Rocrda, 1971).

Zeissink'e (1969) göre A-ve B-grubu yatakları SiO<sub>2</sub> MgO ve Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içerikleri gözönünde tutularak, bu üçgen diyagram içi-ne yerleştirilmeye çalışılırsa, şu sonuca varılır (Şekil: 1).

## LATERİTİK NİKEL VE KOBALT YATAKLARI ÖRNEKLERİ

1) Yeni Kaledonya nikel yatakları 1863 yılında bulun-du. 1875 yılından 1905 yılına dek Yeni Kaledonya dünyanın en büyük nikel cevheri üreten yöresi olarak kalmıştır. Ancak 1906 yılında Kanada üretimde ilk sırayı alınca, bu tarihten





Sekil 1: A ve B grubu lateritik nikel yataklarının SiO<sub>2</sub>, MgO ve Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> üçgen diyagramındaki yerlerini gösterir. (Zeissink, 1969)

sonra günümüze dek yeni Kaledonya nikel cevheri üretiminde ikinci sırada yer almıştır (Mining Magazine, 1974 a). 1900 yılından önce Yeni Kaledonya'nın lateritik nikel yataklarında ortalama %9 nikel içeren cevherler işletilmiştir. Bu tarihten sonra işletilen cevherlerin nikel tenörü ortalama yaklaşık %3'e kadar düşmüştür.

Yer yer kromit yatakları da içeren Yeni Kaledonya serpantin masiflerinin intrüzyon yaşı olarak Oligosen düşünülmektedir. (Chételat de, 1947). Yeni Kaledonya adasının yaklaşık 1/3 lük bir kesimi, yani 6 000 km<sup>2</sup> lik bir alanı serpantinle örtünmüştür. Bu serpantinler üzerinde genellikle kırmızı topraktan bir lateritik tabaka bulunur. Gerek bu kırmızı toprak tabakasının alt seviyelerinde, gerekse bozuşmaya yüz tutmuş ana kayac serpantin içinde çatlak ve yarıkları dolduran çok sayıda yeşil nikel silikat damar ve damarcıkları bulunur. Açık işletmeler şeklinde işletilen ayrışma zonununun bu nikel mineralli kesimlerinden elde edilen cevher %3-5 Ni ve biraz kobalt içermektedir. Mining Engineering'e (AIMEL), (1951) göre Yeni Kaledonya nikel yataklarından elde edilen cevherin kimyasal analiz sonuçları aşağıda verildiği gibidir (Çizelge 1). Diğer bir kaynağa göre 1969 yılında üretilen kurutulmuş cevherin ortalama %2,78 Ni içerdiğinden söz edilmektedir. Açık işletmelerden üretilen cevher nemi yaklaşık %25 civarındadır.

Analiz edilen element ve oksitler	Element ve oksitlerin % değişim sınırları
Ni	1,5 - 3,5
Co	0-2
SiO <sub>2</sub>	40-45
MgO	20-30
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13-20
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +CaO	0-1
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,1-0,8
H <sub>2</sub> O	6-10

Çizelge 1: Yeni Kaledonya cevher analizi (Mining Engineering 1951)

Che'telat'ın (1947) araştırma ve incelemeleri sonucu verdiği bilgilere dayanarak Yeni Kaledonya yataklarının A-grubu lateritik nikel yatakları olarak sayılacakları sonucuna varılabilir. Fakat bu tür yataklar yanında Yeni Kaledonya'da azda olsa B-grubu lateritik nikel yataklarında bulunur. Şayet Trescases'in (1975) yaptığı gibi nikel ve kobaltın desendent zenginleşmeleri adanın jeomorfolojik yapısına bağlı kalınarak incelenirse, bu konuda yataklar arasında büyük değişikliklerin bulunabileceği kendiliğinden ortaya çıkmış olur.

2 — Filipinler'de birbiriyle geçiş gösteren çok sayıda lateritik demir ve nikel zuhurları bulunur. Bu yataklar öncelikle de Nonoc, Palawan, Mindana ve Marinduque adalarında bulunurlar (Santos-Ynigo ve Esguerra, 1961; Gruss, 1970) Boldt'a Jr. (1967) göre Filipinler'de %1,7 Ni ve %14,9 tenörlü 14 000 000 ton nikel cevheri, % 1,5Ni ve %43,4 Fe tenörlü 29 000 000 ton demir-nikel cevheri, ayrıca %0,8 Ni ve %47,6 Fe tenörlü 115 000 000 ton demir cevheri rezervlerinin bulunduğu tahmin edilmektedir. Mining Magazine (1974 b) Filipinler'in yakın bir gelecekte Asya'nın bir numaralı nikel metali üretici ve ihracatçısı olacağını yazmakla Boldt'ın tahminlerini doğrulamaktadır.

3 — Endonezya'da çok sayıda Lateritik nikel zuhur ve yatağı bulunmaktadır (Bemmelen, 1949; Schellman, 1964). Bunların en önemlileri eski adı Celebes, yeni adı Sulawesi olan ada üzerinde bulunurlar (Macke, 1933; Mining Magazine, 1973). Sulawesi'nin en büyük nikel yatağı "Larona River" olup, bu yatak %0,9 Ni ve %49 Fe tenörlü 370 000 000 ton cevher içermektedir. Pomelea-Kolaka yöreleri ve ufak komşu adalarda ortaya çıkan zuhurlar daha yüksek nikel tenörleri gösterirler.

Endonezyalılarınca Borneo olarak adlandırılan Kalimantan ve buna yakın bulunan ufak Sebuku adasında büyük, fakat Ni bakımından fakir yataklar bulunur. Ayrıca eskiden Yeni Guinea adıyla Hollanda sömürgesi olan batı Irian (Reynolds ve diğerleri, 1973) ve Papua yöresinde lateritik nikel yataklarının bulunduğu bilinmektedir.

4 — Avustralya'da lateritik nikel yatakları Queensland bölgesinde Ingham yakınında, Greenvale yöresinde bulunmaktadır. Bu yatak Avustralya'da ilk defa üretime açılan lateritik nikel yatağıdır. (Mining Magazine, 1973 a; 1973 b). Mining Magazine (1969) göre Greenvale'da %1,55 Ni ve %0,11Co tenörlü 45 000 000 ton lateritik cevher saptanmıştır. Greenvale nikel yatağında serpantin ayrışması sonucu montmorillonit, alüminyum içerikli götit, talk, klorit ve kuars oluşmuştur. Bu ayrışma zonunda dört ayrı kantitatif mineralojik tane iriliği saptamak olasılığı bulunur (Zeissink, 1969).

5 — Salomo adalarında %1,4 Ni içerikli cevher kapsayan ve büyük rezervler içeren lateritik nikel yatakları bulunur. (Boldt, Jr., 1967).

6 — Sovyetler Birliği'nde ortaya çıkan lateritik nikel yatakları iyi bir inceleme Smirnov (1970) tarafından yapılmıştır. Smirnov lateritik nikel yataklarını infiltrasyon yatakları olarak adlandırmıştır. Magak'yana (1968) göre lateritik nikel yataklarının oluşum şekilleri, büyüklük ve kalınlıkları bazı koşullara bağlı olarak değişir. Bu koşullar şöyle sıralanır.

- Ayrışan serpantin masiflerinin jeomorfolojik yapısına
- Serpantin içindeki çatlak ve yarık sistemlerine
- Serpantin masifini kesen damar tipi kayalara



d) Yer altı suyunun akış doğrultusuna

Güney ve orta Urallardaki lateritleşme Jüra veya Jüra öncesi zamanda oluşmuştur (Smirnov, 1970). Nikel silikatların yığılması öncelikle tektonik bakımdan kırılma ve parçalanmaya uğramış serpantin kesimlerinde ve serpantin için de bulunan damar tipi kayaçlarla-serpantin kontağı boyunca görülmüştür (Magakyan, 1968). Nikel silikatlar yanında bir miktar da montmorillonit oluşmuştur.

Urallerdeki yatakları üç ayrı tipe ayırmıştır. Bunlardan biri geniş sahalara yayılan lateritik nikel yatakları olup, diğerleri serpantin çatlak yarıklarında toplanmış deszendent nikel oluşukları ve kontakt-karst yataklarıdır.

Geniş sahalara yayılan lateritik nikel yatakları tabakamsı yapı gösterirler. Morfolojik bakımdan yüksek kesimlerde ortaya çıkan bu yataklar ekonomik bakımdan bir değer taşımayan kuars iskeletleri yığılmasından oluşan bir seviye ile örtülmüşlerdir. Bunun altında sırasıyla 4-6 m kalınlıkta ufalanmış toprağımsı bir seviye bulunur. Bu seviye demir-oksit ve demirhidroksit minerallerinden oluşmakta ve yer yer mangan-oksitleri de içermektedir. Kromit ve manyetit taneleri bu seviyede ayrışma artığı mineraller olarak bulunurlar. Bu tabakanın ekonomik bir değeri yoktur. Yaklaşık 8 m kalınlıkta seviye öncelikle nontronitleşen serpantinden oluşmakta ve yeşil renkli, kolay ufalanabilen çoğunlukla nikelli montronit içermektedir. İşte bu seviye gerçek nikel yatağını temsil eder. Kobalt içerikli mangan-oksitler (asbolen) bu seviyenin yüksek kısımlarında, garnierit ve revdinskit (demirce zengin nikel-klorit) daha derin (alt) kısımlarında görülmüştür. Diğer taraftan ayrışmış ve aşınmış, aynı zamanda silisleşmiş serpantinler metrelerce bir kalınlık gösteren bir seviye oluştururlar. Ayrıca deszendent kökenli manyezit damarcıkları tarafından kesilmiş bir zon ve nihayet taze, ayrışmamış serpantin bulunur.

Deszendent nikel silikatları tarafından doldurulmuş çatlak ve yarıklardan oluşan oluşuklar nikelce zengin, su içerikli nikel-silikatlar ve Ni-Mg-silikatlar kapsarlar. Serpantin dike yakın eğimde çatlak sistemleri içinde gelişen bu mineralizasyon çok derinlere inebilen ayrışma ürünü çözeltiler tarafından oluşturulmuştur.

Kontakt-karst yatakları orta Urallerde Verkhniy Ufaley yakınında ortaya çıkarlar. Bu tip nikel yatakları tabakalı yapı göstermekte olup, Serpantin-kristalen kireçtaşı arasında bulunan tektonik kontaktlarda cepler şeklinde cevher kütleleridir. Bu cevher kütlesi içerikli kahverengi killer, demir ve manganhidroksitler, metakolloidal garnierit, revdinskit ve nepouit (nikel, antigorit gibi minerallerden oluşur. Novo Aydarlinsky adı verilen böyle bir kontakt-karst yatakta bravoit, millerit ve violerit gibi ikincil nikel-sülfid mineralleri bulunmuştur. Bu minerallerde birlikte markasit, melnikovit ve çok seyrekte piritin laküstrn küller içinde çökeltiler görülmüştür.

7 — Yunanistan'da bazı ufak lateritik nikel zuhuruna rastlanmaktadır. (Petrascheck, 1951; Agiorgitis ve Skunakis, 1974; Chaziteodoru, 1974). Yunanistan'daki lateritik ayrışma Kretase'den önce gelişmiştir. Bir çok lateritik oluşuk daha sonraları aşınmaya uğramış ve akarsular yardımıyla taşınarak yer değiştirmiştir. Bazen bunlar Kretase transgresiyon konglomeraları şeklinde ortaya çıkarlar. Bu tür oluşuklar kısmen demir cevherleri kısmen de nikel cevheri olarak zaman zaman işletilirler. Yunanistan'da bulunan bu tip yataklara

ra Larymna, Marmeiko, Loutsı ve Tsouka örnek olarak verilebilir.

8 — Yugoslavya'da da Yunanistan zuhurlarına benzer nitelikte çok sayıda lateritik nikel cevheri içeren ufak zuhurlar bilinmektedir. Bu tür lateritik nikel zuhurlarının en iyi örneklerine Golesh Mountain bölgesinde rastlanır.

9 — Doğu Almanya'nın Saksonya bölgesi, Ernstthal yöresinde ortaya çıkan Hohenstein nikel yatakları Jubelt (1953, 1955/56, 1956) tarafından ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir. Aşağı Silezya'da bulunan Frankenstein nikel yatağında yine Jubelt (1956) tarafından incelenmiştir. Burada bulunan lateritik limonit tabakasının kalınlığı 20-40 m arasında değişmekte olup, nikel minerali olarak pimelit ve sukardit gibi yeşil renkli nikel silikatlarından oluşmaktadır. Lateritik demir mineralleri zonu altında bulunan bu seviye yaklaşık %0,7-1 Ni içermektedir.

10 — Küba Adalarında ortaya çıkan lateritik demir yataklarına paralel olarak büyük lateritik nikel yatakları da bulunur (Schneider, 1958; Gruss, 1970) Nikel yatakları 120 Km uzunlukta bir mesafe dağılmış olarak ortaya çıkarlar. Bunlardan en önemlileri Nicaro, Moa Bay ve Mayari yörelerinde ortaya çıkarlar Mc. Millan ve Davis (1955) Küba adalarındaki lateritik nikel yatakları rezervlerini ortalama %1,3 Ni ve %0,1Co terörlü 356 000 000 ton olarak tahmin etmişlerdir. Varsayımlara dayanarak U.S. Geol. Survey (1973) Küba'da %1 Ni içerikli 2 000 000 000 ton cevher bulunduğunu ileri sürmektedir.

Küba'da Kretase sonuna doğru ortaya çıkan harzburjit intrüzyonları ve serpantin Tersiyerde lateritleşmeye uğramışlardır. Ayrışma bugün bile devam etmektedir. (Vletter, 1955). Ultrabazitler jermanotip tektonikle (kırılma tektoniği) çeşitli bloklara ayrılmıştır.

Nicarö yöresinde yeryüzünde 1,3-7 m kalınlıkta Ni bakımından fakir olduğundan işletilmeyen bir lateritik tabaka bulunur. Bunun altında 2-4 m, yer yer de 6 m kalınlıkta nikelce zengin bir nikel yatağı seviyesi gelir. Bu seviyenin yüksekliği; altta bulunan ayrışmamış serpantin yüksek ve alçak kesimlerine bağlı kalarak değişir. Nikel yatağı seviyesinde kendi arasında bir nikel içerikli Limonitten (B, grubu cevher) oluşmuş üst kısım, birde ayrışmaya yüz tutmuş serpantin çatlak ve yarıklarında yığılmış nikel silikatlarından (A-grubu cevher) oluşmuş alt kısım olarak ikiye ayrılır. Bu iki cevher seviyesi arasındaki orantı yaklaşık ortalama 1,6:1 bulunmuştur.

11 — Amerika Birleşik Devletleri'nin Oregon eyaleti, Douglas Coun yöresi Nickel Mountain yatağı detaylı olarak incelenmiştir (Hotz, 1964; Cornwall, 1966; Cumberlandidge ve Chase, 1968; Chase ve diğerleri; 1969; kabul edilmiştir. (Brost ve Pratt, 1973) Kuzey Carolina eyaletinin Jackson Coun yöresinde bulunan Webster lateritik rafıca değinilmiştir.

12 — Venezuela'da bulunan Loma de Hierro lateritik nikel ana yatağı %1,6 Ni tenörlü 44 000 000 ton lateritik nikel cevheri içermektedir.

13 — Brezilya'da en azından iki ayrı ultrabazik intrüzyon kuşağının var olduğu bilinmektedir. (Fleischer ve Routhier, 1970). Bunlardan birinci kuşak "Goia's-serpantin belt" olarak adlandırılmakta olup, Goia's eyaletinin merkezi ke-



simlerinde ortaya çıkar (Quade ve Stache, 1977 a) Kuzey-güney doğrultusunda 500 km'den daha fazla bir uzunlukta olan bu kuşak serpantinleşen dünit ve saksonitler yanında taze piroksenit ve birkaç gabro merceğinden oluşmuştur (Quade ve Stache, 1973 b). İkinci kuşak kuzeydoğu doğrultusunda 400 km uzanmaktadır. Minas Gerais eyaletinin kuzey sınırında Ipanema yöresinde başlayan bu ultrabazik kuşağı güneyde aynı eyaletin güney sınırında bulunan Liberdade'ye dek uzanmaktadır.

Lateritik nikel yatağı Niguelandia birinci kuşak içinde bulunmaktadır. Coğrafik bakımdan adı geçen yatak Serra da Mantiqueira bölgesinde yer almaktadır. Yaklaşık 2x40 km büyüklükteki Niguelandia yöresinde yaklaşık 5 ayır lateritik nikel zuhuru bulunmaktadır. (Langer, 1965) Nikelce zengin garnierit, ayrışmaya uğramış bir piroksenitin yer yüzüne yakın kesimlerindeki çatlak ve yarıklarında çökelerek nikel cevherini oluşturmuştur. (Pecora, 1944; Lersch, 1973). Garnierit ile birlikte beyaz veya mangan oksidlerle veya kırmızı kille boyanmış ve kalsedonda bulunur. Bazı kesimlerde garnierit kuars ve kisopras tarafından belirgin şekilde ornatılmıştır. (U.S. Geol Survey, 1970 a; 1970 b) Niguelandia lateritik nikel yatağı %1-3 Ni arasında değişen tenörler gösteren cevherden yaklaşık 9 000 000 ton içermektedir (Mining Engineering, 1973). Aynı kuşak üzerinde ortaya çıkan Morro do Engenho lateritik yatağında önemli sayılır.

İkinci kuşak içinde ortaya çıkan Liberdade yatağı Minas Gerais eyaletinin güneydoğu köşesinde Morro do Corisco bölgesinde bulunur. Burada parçalanmış ultrabaziklerin belirli bir kalınlığı içinde yumuşak yeşil bir pasta şeklinde damar ve damarcıklar bulunur. Bu yeşil pasta %8-12 Ni içermektedir. Maden yatağının tümü %1-2 Ni tenörlü 5 000 000 ton cevher rezervine sahip olduğu tahmin edilmektedir. (Mining Engineering (AIME), 1973). Bu kuşak, içinde yer alan Moro do Niguel'da önemli bir lateritik nikel yatağıdır. (Langer, 1967)

## SONUÇLAR

Ülkemizde çeşitli yaşlarda ultramafitlerin çok yaygın şekilde ortaya çıktığı bilinmektedir. Bu denli yaygın şekilde ortaya çıkan ultramafitlere karşın, ufakta olsa bugüne dek ülkemizde ekonomik değeri haiz bir lateritik nikel yatağı bulunmamıştır. İlk bakışta bunun bir çelişki olduğu görülür. Bu durum ülkemizde lateritik nikel yataklarının bulunmadığı kanısından çok; bu tip yatakların aranmasına ülkemizde yeni başladığı ve bu konuda fazla bir tecrübenin bulunmadığı anlamına gelmektedir. Ana ötrüde de kısaca değinildiği gibi, Balkan ülkeleri Yugoslavya ve Yunanistan'da ufakta olsa bazı lateritik nikel zuhur ve yatakları bulunmaktadır. Aynı ultramafit kuşağının ülkemizde devam etmesi, hiç değilse böyle ufak bazı lateritik nikel yataklarının ülkemizde de bulunması olasılığını ortaya çıkarmaktadır. Yazar Enstitümüzün Teknoloji Laboratuvarları tarafından demir cevheri olarak değerlendirilmesi istenen Payas yöresi lateritik oluşuklardan alınan örnekler üzerinde yaptığı mineralojik çalışmalar sırasında, bunların nikel içerdiği kanısına varmıştır.

Mikro kimyasal test sonucu fazlaca nikel içeren örneklerin daha sonra yaptırılan analitik kimya analizlerinde %1-1,5 Ni elde edilmiştir.

Gelecekte daha bilimsel yöntemlerle yapılacak aramalarda ülkemizde bazı lateritik nikel-kobalt yataklarının buluna-

cağı olasılığı bulunmaktadır. Yazar bu çalışmayla ülkemizde yapılacak lateritik nikel-kobalt zuhur ve yataklarının aranması ile görevli yerbilimcilerimize yardımcı olmayı düşünmüştür.

## Katkı Belirtme

Bu çalışmanın değerlendirilmesinde Sn. Prof. Dr. - İng. A. HELKE'nin ders notlarından faydalanıldı. A. Helke'ye şükran borçluyum.

## DEĞİNİLEN BELGELER

- Agiorgitis, G. und Skunakis, S., (1974), Geochemische Untersuchungen an Ni-führender Fe-Lateriten von Aigaleo, Attiki-Distrikt, Griechenland. - Chemie der Erde, 32. Band, Heft 4 S. 270-278, Jena.
- Bemmelen, V. (1949), The geology of Indonesia, vol II, Economic Geology, The Hague.
- Boldt, J.R. Jr., (1967), The Winning of Nickel, its geology, mining, and extractive metallurgy-Technical Editor: Paul Queneau, London.
- Brobst, D.A. and Pratt, W.P., (1973) Editors, United States Mineral Resources. - U.S. Geol. Survey Prof. Paper 820, Washington, D.C. pp. 437-442 ve p. 148.
- Chase, F.M., Cumberlandidge, J.T., Cameron, W.L. and Van Nort, S.D., (1969), Applied geology at the Nickel Mountain mine, Riddle, Oregon. - Econ. Geol., Vol. 64 pp. 1-16.
- Chaziteodoru, G. (1974), Bodenschätze und Bergbau Griechenlands. - Glückauf, 110, S. 96-100, Essen.
- Che'telat de, E., (1947) La genèse et L'évolution des gisements de nickel de la Nouvelle Calédenie. - Bull. Soc. Geol. France, XVII., p. 105, Paris.
- Cornwall, H.R., (1966), Nickel deposit of North America. - U.S. Geol. Survey Bulletin 1223, Washington, D.C.
- Cumberlandidge, J.T. and Chase, F.M., (1968), Geology of the Nickel Mountain mine, Riddle, Oregon. - Ore Deposits' in the United States 1933/1967 (Graton/Sales Volume), vol, two, J.D. Ridge, editor. - New York, pp. 1650-1672.
- Çağatay, A., (1975 a), Makinavit minerali içeren Kangal - Yellice karot numunelerinin maden mikroskopisi etüdü. - MTA Enstitüsü Dergisi, Ankara, sayı 84, sayfa 62-73.
- Çağatay, A., (1975 b), Şark kromit havzasında, yapılan ekonomik jeolojik çalışmaları ve heazlewoodit li Ke'dağ kromitlerinin mineralojik etüdü. - M.T.A. Enstitüsü Dergisi, Ankara, sayı 84, sayfa 73-89.
- Dick, H.J.B., (1974), Terrestrial nickel-iron from the Josephine peridotite, its geologic occurrence, associations, and origin. Earth and Planetary Science Letters, vol. 24, no. 2, pp. 291-324, Decembar.
- Eckstrand, O.R., (1970), Serpentinites as potential sources of nickel Geolog. Survey Canada, Report of activities, Paper 70-1, Pt. B, pp. 55-56, Ottawa.
- Eckstrand, O.R., (1975), The Dumont serpentinite: A model for control of nickeliferous opaque mineral assemblages by aeration reactions in ultramafic rocks. Econ. Geol., Vol. 70, pp. 183-201.
- Faust, G.T., (1966), The hydrous nickel, magnesium silicates-the garnierite group. - The American Mineralogist, vol. 51, pp. 279-298.
- Fleischer, R. et Routhier, P. (1970), Quelques grands thèmes de la géologie du Brezil. - Miscellane'es géologiques et métallogéniques sur le Planalto. - Sciences de la Terre, Tome XV, Nancy, Numero 1, pp. 47-102, Speziell pp. 98-99.
- Goldschmidt, V.M., (1954), Geochemistry (Ed. by Muir), Oxford, 730 pp.
- Goles, G.G., (1967), P.J. Wyllie, editor, Ultramafic and related rocks. - New York etc., pp. 353-362.
- Groves, D.L., Hudson, D.R. and Hack, T.B.C., (1974), Modification of ironnickel sulfides during serpentinization and tale-carbonate alteration at Black Swan, Western Australia. - Econ. Geol., vol. 69, pp. 1265-1281.
- Gruss, H., (1970), Lateritische Nickelerze-Ihre Bedeutung für die Welt nickelversorgung der Zukunft, und die Bewertung ihrer La-



- gerstaetten. - Clausthaler Hefte zur Lagerstaettenkunde und Geochemie der mineralischen Rohstoffe, Heft 9 (Thienhaus - Band). - Berlin und Stuttgart, S. 141-160.
- Guillon, J.H. and Lawrence, L.J., (1973), *The opaque minerals*. Guillon, J.H. and Lawrence, L.J., (1973), *The opaque minerals of the ultramafic rocks of New Caledonia*. - Mineralium Deposita, vol. 8, pp. 115-126, Berlin - Heidelberg - New York.
- Heckli, A., (1963), *Distribution of nickel between the silicate and sulphide phases in some basic intrusions in Finland*. - Bull. Comm. Geol. Finlande, No. 209, Helsinki.
- Hotz, P.E., (1964), *Nickeliferous laterites in southwestern Oregon and northwestern California*. - Econ. Geol., vol. 59, pp. 355-396.
- Jubelt, R., (1953), *Bemerkungen zu den neuerschlossenen Nickelhydroxylsilikatlagerstaetten am Südrande des Saechs. Granulitgebirges*. - Freiburger Forschunghefte, Reihe C, Angewandte Naturwissenschaften, Heft 5, S. 11-17, Leipzig.
- Jubelt, R., (1955/56), *Die Silicaphite am Südrand des Saechsichen Granulit-Gebirges*. - Wissenschaftliche Zeitschrift der Karl-Marx Universität Leipzig, 5. Jahrgang, Math. - Naturwiss. Reihe, Heft 4, S. 427-445.
- Jubelt, R., (1956), *Zur Geologie silikatischer Nickellagerstaetten am Südrand des Saechs. Granulitgebirges*. - Zeitschr. f. angew. Geologie, Band 2, Berlin, S. 371-379.
- Langer, E., (1965), *Die Nickelagerstaetten Brasiliens*. - Bergbauwissenschaften, 12., S. 23-27.
- Langer, E., (1967), *Die Nickellagerstaette des Morro do Miquel in Minas Gerais (Brasilien), ihr Aufschluss, ihre Bemusterung und Bewertung*. - Erzmetall, XX., S. 260-268, Stuttgart.
- Learsch, J. (1973), *Prospektion und geologische Untersuchung lateritischer Nickelagerstaetten am Beispiel Barro Alto/Brasilien*. - Zeitsch. deutsch. geolog. Gesellsch., Band 124, S. 135-148, Hannover.
- Macke, K., (1933), *Celebes und seine Lagerstaetten*. - XIV. Bericht der Freiburger Geolog. Gesellschaft, Freiberg i. Sachsen, April, S. 23-26.
- Magak'yan, I. Gb., (1968), *International Geology Review*, vol. 10 No. 8, August, pp. 80-81.
- Mc Millan and Davis, (1955). *U.S. Bureau of Mines Rept. Invest.* 5099.
- Mining Engineering (AIME)*, (1951), Augst, p. 671.
- Mining Engineering (AIME)*, (1973 a), *Mining in Brazil*, - November, New York pp. 31-45, Encelikle p. 43.
- Mining Magazine*, (1969), November, London, p. 361.
- Mining Magazine*, (1973 a), *Construction progress at Grenvale nickel*. - May, London, p. 335.
- Mining Magazine*, (1973 b), *Grenvale - The first Australian producer of nickel from lateritic ores*, December, pp. 504-512.
- Mining Magazine*, (1973 c), *Ni plant for Indonesia*. - May, London, p. 339.
- Mining Magazine*, (1974 a), *Nickel production in New Caledonia*. - May, London, pp. 336-349.
- Mining Magazine*, (1974 b), London, August.
- Müller, R.M., (1950), *Versuche zur Verwertung serpentinischer Gesteine zur Nickelgewinnung*. - I. Der Nickelgehalt der Serpentinite und der aus diesen entstandenen Verwitterungsprodukte, Berg- und hüttenmaenn. Mh., 95. Jahrgang, H. 4, S. 77-80, Wien, II. Die thermische Reduktion von serpentiniten und ihren Verwitterungsprodukten. - Berg- und hütten maenn. Mh., 95. Jahrgang, H. 7 und 8, S. 1-9, Wien.
- Nickel, E. H., (1959), *The occurrence of native nickel-iron in the serpentine rock of the eastern townships of Quebec province*. - Canadian Mineralogist, Vol. 6, pt. 3, pp. 307-319.
- Pecora, W.T., (1944), *Nickel silicate and associated nickel-cobalt manganese oxide deposits near Sao Jose'do Tocantins, Gofas, Brazil*. - U.S. Geol. Survey Bull. 935-E Washington, D.C.
- Perruchot, A. (1971), *Reproduction, an laboratoire, des ph'nom'enes de concretion du nickel au cours de l'alt'eration metorique du pridot*. - C.R. Acad. Sci., 273., Ser. D. pp. 275-277, Paris.
- Petrasccheck, W.E., (1951), *Berg-und hüttenmaenn. Monatshefte*, vol. 96, April.
- Quade, H. und Stache, G.A., (1973 a), *Die Ultrabasitmassive im Praekambrium des Staates Goias/Brasilien*. - Geolog. Rundschau, Band 62, Heft 3, Seite 864-887, Stuttgart.
- Quade, H. und Stache, G. - A., (1973 b), *Petrographie und Mineralisationen der basich-ultrabasischen Massive im Praekambrium Von Goias/Brasilien*. - Münster. Forsh. Geol. Palaeont., Heft 31/32, S. 93-112. Münster (West) Dezember.
- Queneau, P.E. and Roorda, H.J., (1971), *Cobalt in the nickeliferous limonites*. - Mijnbouw en Petroleumtechniek 1. - De Ingenieur, Jahrg. 83, Nr. 28, pp. M1-M9, S'Gravenhage 16, Juli.
- Ramdohr, P., (1967), *A widespread mineral association connected with serpentinization. With notes on some new or insufficiently defined minerals*. - N. Jahrbuch Mineralogie, Abh., Band 107, S. 241-265, Stuttgart.
- Reynolds, C.D., Havryluk, I., Bastaman, S. and Atmowidjojo, S., (1973), *The exploration of the nickel laterite deposits in Irian Barat, Indonesia*. - Geol. Soc. Malaysia, Bulletin 6, pp. 309-323, July.
- Rucklidge, J., (1971), *Mobilisation of nickel and platinum metals during serpentinization of ultramafic rocks*. - Platinum Conference, University Melbourne.
- Santos-Ynigo, L. and Esguerra, F. B., (1961), *Geology and geochemistry of the nickeliferous laterites of Nonoc and adjacent Islands, Surigde Province, Philippines*. - Bureau of Mines, Spec. Proj. Ser. Publ., No. 18, Manila (Gruss'a göre).
- Scheider, H., (1958), *Erzlagerstaetten in Cuba*. - Zeitschr. Deutsch. Geol. Gesellsch., Band 110, 3. Teil, S. 597-599, Hannover.
- Schellmann, W., (1964), *Zur lateritischen Verwitterung von Serpentin*. - Geolog. Jahrbuch, 81. Band, S. 645-678, Hannover.
- Smirnov, V.I., (1970), *Geologie der Lagerstaetten mineralischer Rohstoffe*. - S. 311-315, Leipzig.
- Springer, G., (1974), *Compositional and structural variations in garnierites*. - Canad. Mineralogist, vol, pp. 381-388.
- Trescases, J.J., (1975), *Weathering of peridotites and genesis of nickel ore deposits in New Caledonia*. - Vortrag in Clausthal.
- U.S. Geol. Survey, (1968), *Prof. Paper 580*, Washington, D.C. p. 375.
- U.S. Geol. Survey, (1970 a), *Geological Survey Research, Chapter A*. - U.S. Geol. Survey, (1970 b), *Prof. Paper 700-A*, p. A 215, Washington, D.C.
- U.S. Geol. Survey, (1973), *Prof. Paper 820*, Washington, pp. 143-155 Cobalt and pp. 437-441 Nickel, D.C.
- Vhay, J.S., (1973), *U.S. Geological Survey Prof. Paper 820*, p. 145, Washington, D.C.
- Vletter de, (1955), *How Cuban nickel ore was formed*. - Engineering Mining Journal, 156., pp. 84-87, 178.
- Wall de S.A. (1971), *South African nickeliferous serpentinites*. - Mineral Science and Engineering, vol. 3. No. 2, pp. 32-45 Johannesburg, Sotuh Africa.
- Webber, B.N., (1972), *Supergene nickel deposits*. - Transactions, The American Institute of Mining, Metallurgical, and Petroleum Engineers, Vol. 252, New York, pp. 333-347.
- Webber, B.N., (1973), *Supergene nickel deposits. Discussion*. - Transactions, The American Institute of Mining, Metallurgical, and Petroleum Engineers, vol. 254, New York, pp. 110-112.
- Zeissink, H.E., (1969), *The mineralogy and geochemistry of a nickeliferous laterite profile (Greenvale, Queensland, Australia)*. - Mineralium Deposita, vol. 4, pp. 132-152, Berlin-Heidelberg-New York.