



## Büyükbelee (Faraşa - Yahyalı - Kayseri) Demir Cevherinin Oluşumu

### *The Formation of Büyükbelen (Faraşa - Yahyalı - Kayseri) Iron Ore*

Şuayip KÜPELİ  
İsrafil KAY ABALI

S.Ü.Müh.-Mim. Fak., Jeoloji Müh. Bölümü, 42031 KONYA  
MTA Genel Müdürlüğü; MAT Dairesi Başkanlığı, 06520 ANKARA

#### Öz

Büyükbelen demir cevheri, otokton lateritler ve kırmızı renkli topraklardan oluşur. Lateritik profilde ince (5-10 cm) hematitik ve kaim (5-15 m) götitik seviyeler ayırt edilir. Ayrışma zonundaki küçük çaplı (1 dm - 7 m) endokarstik boşluklar içerisinde de yarıotokton toprağımsı limonitler ve kolloform yapıları götitler çökelmiştir.

Cevherin yapısal ve dokusal özellikleri esas olarak götit, silisli bileşenler (kuvars, opal - CT) ve hematit tarafından belirlenmektedir. Hematitler genellikle özşekilli kristal toplulukları, götitler ise böbreğimsi, kabuğumsu yapılar içerisinde gözlenen ışınal yapıları ince lifsi kristal demetleri şeklindedirler. Lateritik demir cevheri ortalama % 49.71 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, % 30.75 SiO<sub>2</sub>, % 3.12 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, % 0.42 K<sub>2</sub>O, % 0.11 Na<sub>2</sub>O ve % 0.09 CaO içermektedir.

Anakayaç (çört + pelajik kireçtaşı), laterit (hematitik ve götitik seviyeler) ve kırmızı renkli toprak numunelerinin mineralojik bileşimleri aşağıda sunulmuştur. Çört: kuvars, kalsit, opal-CT, hematit, amorf madde; pelajik kireçtaşı: kalsit, kuvars, opal-CT, illit, hematit, amorf madde; laterite ait hematitik kesim: hematit, ferrihidrit, kuvars, opal-CT, illit, kaolinit, amorf madde; götitik kesim: götit, ferrihidrit, kuvars, amorf madde; kırmızı renkli toprak: kuvars, opal-CT, kalsit, montmorillonit, illit ve amorf madde bileşimindedir.

Cevherin jeolojik, mineralojik, yapısal ve dokusal özellikleri ile jeokimyası demirin Üst Kretase yaşlı çört arakatlı pelajik karbonatlardan türediğini göstermektedir. Pliyo-Kuvaterner süresince etkili olan lateritik ve kısmen de karstik süreçler sonucunda anakayaç bünyesindeki demir, ıslak periyotlar süresince sarımsı kahve renkli bir ayuşma ürünü veren götit oluşumu sonucunda serbestleşmiştir. Daha sonra kurak dönemlerde dehidratasyona uğrayan götitlerden de kırmızımsı kahve renkli hematitler türemiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Süperjen demir, laterit, götit, hematit, karst, Doğu Toroslar, Büyükbelen, Faraşa

#### Abstract

*Büyükbelen iron ore composed of autochthonous laterites and red soils. Thin (5-10 cm) hematitic and thick (5-15 m) goethitic layers were determined in the lateritic profile. In the small karstic cavities (1 dm -7m diameters) within the weathering zone, semiautochthonous earthy limonites and colloform goethites were deposited.*

*Structural and textural features of the ores are controlled essentially by goethite, siliceous components (quartz, opal-CT) and hematite. Hematites usually occur as euhedral crystals aggregates, while the most of the goethites are seen as bouquets of fine, fibrous crystals in the crusty and botryoidal ore textures. Lateritic iron ore includes average 49.71 % Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 30.75 % SiO<sub>2</sub>, 3.12 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 0.42 % K<sub>2</sub>O, 0.11% Na<sub>2</sub>O and 0.09 % Cat.*

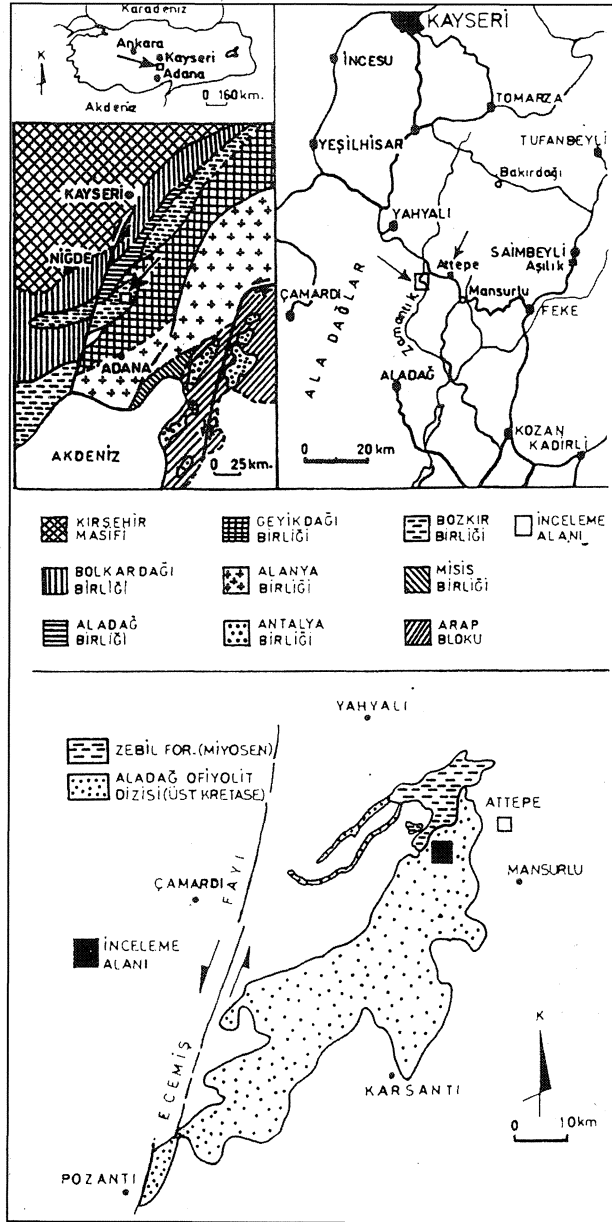
*The mineralogical compositions of the parent rock (chertpelagic limestone), laterite (hematitic and goethitic layers) and red soil samples are as follow. Chert: Quartz, calcite, opal - CT, hematite, amorphous matter; pelagic limestone: Calcite, quartz, opal-CT, illite, hematite, amorphous matter; the hematitic section of the laterite: hematite, ferrihydrite, quartz, opal-CT, illite, kaolinite, amorphous matter; the goethitic section of the laterite: Goethite, ferrihydrite, quartz, amorphous matter; red soil: Quartz, opal-CT, calcite, montmorillonite, illite, amorphous matter.*

*Geological, mineralogical, structural and textural properties and geochemistry of Büyükbelen iron ore point that iron has been derived from Upper Cretaceous aged pelagic carbonates intercalated with chert around Büyükbelen. Ore forming lateritic and partly karstic processes were effective during the Plio-Quaternary period. Goethite occurrences were resulted from weathering of iron bearing parent rock during the wet periods. Afterwards hematites were also formed as a result of the dehydration of goethites.*

**Key words ;** Supergene iron, laterite, goethite, hematite, karst, Eastern Taurides. Büyükbelen, Faraşa

## GİRİŞ

İnceleme alanı Kayseri İli, Yahyalı İlçesi'nin 28 km güneydoğusundadır (Şekil 1). Doğu Toroslar'ın batısındaki bu bölge Fe, Cr ve Pb-Zn gibi metalik maden yatakları açısından büyük bir öneme sahiptir.



Şekil 1: İnceleme alanının yerbulduru haritası ve Aladağ ofiyolit dizisinin konumu.

Figure 1: Location map of the study area and the position of Aladağ ophiolitic sequence.

Büyükbelen demir zuhuru, Türkiye'nin işletilebilir nitelikteki ikinci büyük demir provensini oluşturan Attepe (Mansurlu-Feke-Adana) yöresinin 10 km kadar güneybatısındadır (Şekil 1). Attepe

yöresi hidrotermal tipte oluşmuş birçok demir yatak ve zuhurunu kapsamaktadır. Söz konusu yataklar, Küpeli (1991) tarafından doktora çalışması çerçevesinde jeolojik, petrografik ve jenetik yönden ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir.

Bu makalenin konusunu oluşturan Büyükbelen demir cevheri, ilk olarak Önder (1978), daha sonra da Küpeli, vd. (1997) tarafından incelenmiştir. Rezerv tesbitine yönelik kısa süreli bir araştırma yapan Önder (1978), söz konusu cevherin Attepe demir yataklarına benzer şekilde hidrotermal süreçlerle oluştuğu tezini savunmaktadır. Büyükbelen demir cevherinin jeolojik ve jeokimyasal özelliklerini inceleyen Küpeli, vd. (1997) ise, hidrotermal teze karşın lateritik - karstik oluşum modelini benimsemişlerdir. Bu modele göre, lateritik demir kabuk ve kırmızı renkli topraklardan oluşan cevher, Üst Kretase yaşlı çört arakatlı pelajik karbonatlardan türemiştir.

Doğu Toroslar'ın batısında kalan bu bölgede bugüne kadar yapılan çalışmaların hiçbirinde böyle lateritik bir oluşumdan bahsedilmemiştir. Sadece Baykul ve Yaman (1993) tarafından Aşılık (Saimbeyli-Adana) mevkiinde yer alan Üst Devoniyen yaşlı piritli şeyllerin ayrışması sonucunda ortaya çıkmış olan sülfatlı oksidasyon kuşağı ürünü bir demir şapkanın varlığından sözedilmektedir.

Lateritik oluşumlar başlıca götit, hematit\* alüminyum hidroksit ve kaolinit mineralleri ile kuvars mineral topluluklarından oluşan kalıntı bir kayaç grubunu oluştururlar (Schellman, 1981). Tropikal bölgelerde 2500 m yüksekliğe kadar hemen hemen her yükseklikte oluşabilen lateritler, yüzey ve yüzeye yakın basınç ve sıcaklık şartları altında, mekanik ayrışmanın da yardımıyla esas olarak kimyasal ayrışmalar sonucunda ortaya çıkmaktadırlar (Banerji, 1982; Bardossy, 1981). Anakayaca göre çoğunlukla Fe ve/veya Al bakımından zenginleşen fakat Si bakımından fakirleşen lateritler, esas olarak  $Fe_2O_3$ ,  $Al_2O_3$  ve  $SiO_2$  ana bileşenlerinden oluşurlar (Schellman, 1983 ve 1986).

Bu araştırmanın amacı, Büyükbelen demir cevherinin mineralojik, petrografik, yapısal ve dokusal özelliklerinin incelenerek yeni bulgulara göre cevher oluşum mekanizmasının aydınlatılmasıdır. Bu amaç doğrultusunda öncelikle saha jeolojisi gözlemleri yapılmış, daha sonra da araziden

## BÜYÜKBELLEN (FARAŞA - YAHYALI - KAYSERİ) DEMİR CEVHERİNİN OLUŞUMU

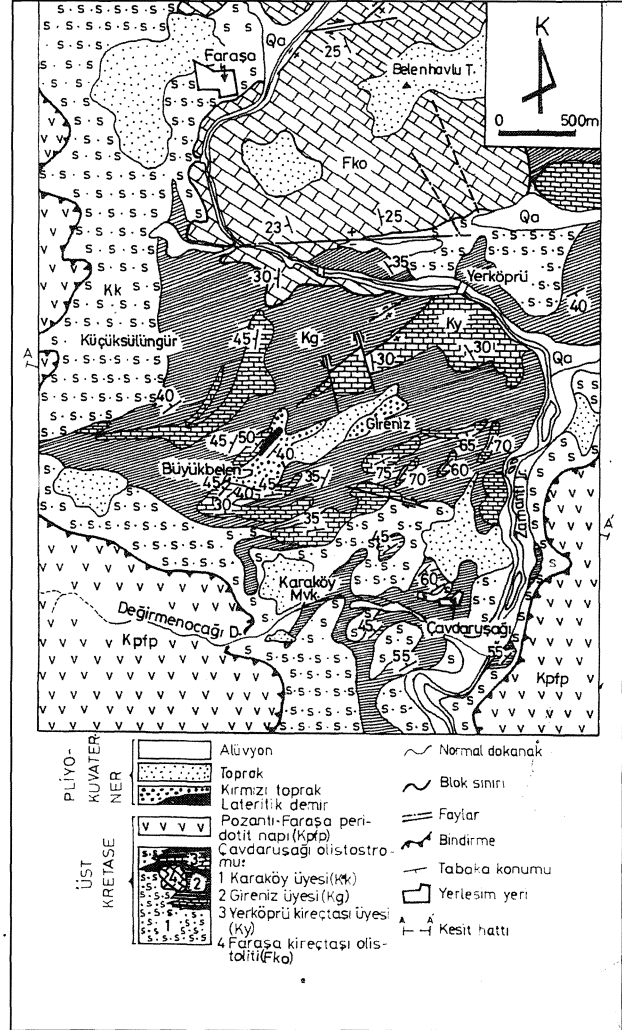
derlenen anakayaç, laterit ve kırmızı renkli toprak numuneleri incekesit optik mikroskop, parlakkesit cevher mikroskobu, X-Işınları difraksiyonu (XRD) ve taramalı elektron mikroskop (SEM) yöntemleriyle incelenmişlerdir. Toz örnekler, Geigerflex D/max (9/9) VC modeli bir XRD cihazında 2 θ açısı 2.5°'den 70°'ye kadar değişen CuKα radyasyonu ile taranmıştır. Altın kaplamalı SEM örnekleri ise ABT-60 of TOPKON model bir tarayıcı elektron mikroskopta değişik büyültmeler altında incelenmiştir.

Jeokimyasal incelemelerde, anakayaç numuneleri 105°C'de kurutulduktan sonra analiz edilmiştir. SiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub> ve Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içerikleri gravimetrik yöntemle belirlenmiş, diğer ana element içerikleri ise atomik absorpsiyon spektrofotometresinde okunmuştur. Anakayaç numunelerine ait iz element içerikleri de optik spektrografik yarıkantitatif analiz yöntemleriyle tesbit edilmiştir. Laterit ve kırmızı renkli toprak numunelerine ait ana ve iz element analizlerinde Philips PW 1450 model bir XRF cihazı kullanılmıştır (Küpeli, vd., 1997).

### JEOLOJİ

Doğu Toroslar'ın batısında yeralan inceleme alanı, Bozkır birliği (Özgül, 1976) içerisinde yeralmaktadır. Bölgede Bozkır birliğine ait birimler, Aladağ ofiyolit dizisi şeklinde adlandırılmış olup, birbirleriyle tektonik ilişkili ofiyolitik melanj, metamorfik dilim ve peridotit napı bölümlerini kapsar (Tekeli, 1980). Çalışma alanında bu bölümlerden ofiyolitik melanj ve peridotit napı yüzelemektedir. Tekeli ve Erler (1980)'e göre ofiyolitik melanj oluşukları, Senoniyen yaşlı olup, türbiditik karakterli düzenli bir taban istifi ile başlamakta, üste doğru da olistostromal ve kaotik bölümleri kapsamaktadır. İnceleme alanında ofiyolitik melanj a ait bu bölümlerden sadece olistostromal kesim gözlenebilmektedir. İlk olarak Küpeli (1996) tarafından Çavdaruşağı olistostromu şeklinde adlandırılan bu birimler dört üyeye ayrılmıştır (Şekil 2 ve 3). Söz konusu olistostromal kesim ofiyolitik kayalar ile sedimanter kökenli birimlerden oluşan bir matriks içerisinde özellikle karbonat, daha az oranda da ofiyolitik kayaç blok ve kırıntılarını kapsar. Büyükbellen lateritlerinin türemiş olduğu Gireniz üyesine ait bordo renkli, çört arakatlı, killi pelajik karbonatlar matriksi oluşturan sedimanter nitelikteki birimlerden

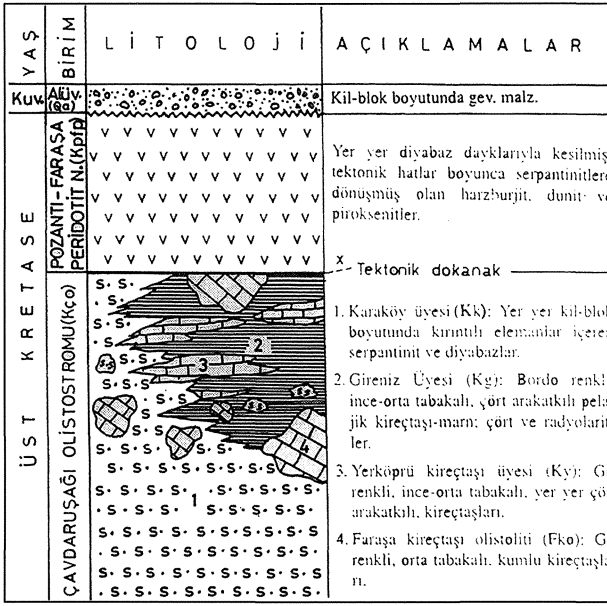
en yaygın olanıdır (Levha I, Foto 1). Matriksin diğer bileşenlerini ise serpantin, diyabaz, radyolarit, çört, marn ve gri renkli kireçtaşları oluşturur (Şekil 3).



Şekil 2: İnceleme alanının jeoloji haritası. (Küpeli vd., 1997).

Figure 2: Geological map of the study area (Küpeli et al, 1997).

İnceleme alanında tabanı görülemeyen Çavdaruşağı olistostromu, yaklaşık olarak 2000 m mostra kalınlığına sahiptir. Bu birimleri tektonik bir dokanakla üstleyen Pozanlı-Farasha peridotit napı ise, kimi yerde diyabaz daykalarıyla kesilmiş olan harzburjit, dunit ve piroksenitlerden oluşur. Bunlar yer yer kromit yatakları ve zühurlarını da içermektedirler. Çalışma alanında görülmemekle birlikte Zebil formasyonuna (Ulakoğlu, 1984) ait Miyosen yaşlı çökeltilerin inceleme alanının kuzey kesimlerinde Aladağ ofiyolit dizisi üzerine transgresif olarak geldiği görülür (Şekil 1 ve 4).



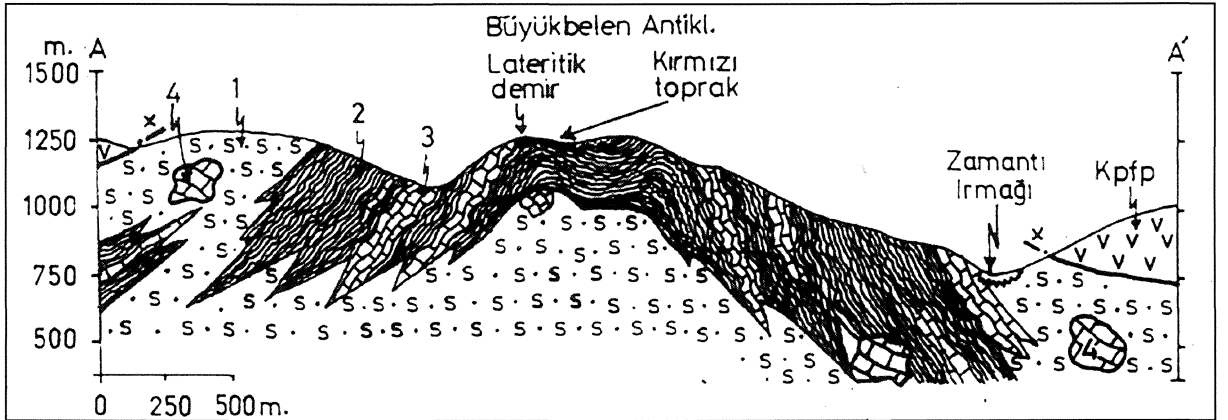
Şekil 3: İnceleme alanının litostratigrafik kesiti (Küpelİ vd., 1997).

Figure 3: Lithostratigraphic section of the study area (Küpelİ et al., 1997).

#### BÜYÜKBELDEN DEMİR CEVHERİ

Büyükbelen mevkiinde yer alan sözkonusu cevher, Farasa (Yahyalı-Kayseri) Köyü'nün 2.5 km güneyinde, Büyükbelen antikalının hafif engebeli-düz bir morfoloji sunan üst kesimindedir (Şekil 5).

anakayaç içerisindeki oranı çok değişken olup, karbonatlarla çörtler, yanal ve düşey geçişlidirler. Lateritik zon 250 m uzunluğunda, 45 m genişliğinde ve 5-15 m kalınlığındadır. Üstte ince (5-10 cm) seviyeler şeklinde görülen hematit bileşimli kesimler, alta çok daha kaim (5-15 m) seviyeler oluşturan götit bileşimli kesimlere göre kısmen yumuşak ve toprağımsı bir görünümündedir. Hematitlerle birlikte yer yer koyu sarı renkli kısmen toprağımsı ve yumuşak hidrate demir (ferrihidrit) içeren cevher bölümlerine de rastlanılmaktadır. Götit ve hematitlerle tedrici geçişli olan bu bölümler, çoğunlukla 2-3 cm kalınlığında ve 5-10 cm uzunluğunda merceğımsi seviyeler oluşturlar. Genellikle sert olan götit bileşimli kesimler ise bol kovuklu ve kabuğumsu bir yapıya sahiptir. Anakayaçta karbonatça zengin kesimlerinde ortaya çıkan ve çapları 1 dm ile 7 m arasında değişebilen karstik boşluklarda sözkonusu götitik demirler, mükemmel böbreğımsi-üzümsü, konsantrik bantlı, sarkıt ve dikit şekilli yapılar oluşturacak şekilde çökelmişlerdir. Yumuşak, kil içerikli toprağımsı limonitler ise laminal ve bantlı çökeltme yapılarının yanısıra, yer yer derecelenme yapıları da gösterirler. Özellikle limonitler içerisinde ince damar ve laminalar şeklinde izlenen azurit ve malakit oluşumlarına da rastlanılmaktadır.



Şekil 5: İnceleme alanının jeolojik kesiti (Küpelİ vd., 1997).

Figure 5: Geologic section of the study area (Küpelİ et al., 1997).

Lateritik demir kabuk ve kırmızı renkli topraklardan oluşan otokton ayrışma ürünleri, Senoniyen (Tekeli, 1980) yaşlı, bordo renkli, çört ara katkılı, killi-siltli karbonatlardan türemiş olup, alta doğru bu birimlere tedrici geçiş göstermektedirler. Çörtlerin



### Optik Mikroskop Çalışmaları

Büyükbelen lateritlerinin optik mikroskop incelemeleri, cevher ince kesitlerinde sık sık rastlanılan anakayaç (özellikle çört) kalıntılarının özelliklerini ve bunların cevher mineralleriyle olan ilişkilerini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Başlıca cevher minerallerini oluşturan götit ve hematitler içerisinde, düzensiz sınırlı adacıklar şeklinde görülen anakayaç kalıntıları, birbirini kateden çok sayıda mikroçatlak içermektedirler (Levha I, Foto 2). Hemen hemen her yönde gelişmiş olan bu çatlaklar, süperjen cevher mineralleri tarafından dolgulanmıştır. Bazen çatlak dolguları boyunca, anakayaca doğru izlenen ve damarlardan uzaklaştıkça düzensiz sınırlı saçaklar oluşturarak kaybolan demirli kirlilik zonları, (süperjen ornatma kuşakları) görülür. Lateritleşme sırasında tamamen ayrıştırılmamış olan bu çört kalıntıları, ilksel dokularını halen korumaktadırlar. Mikrokristalin kuvarslardan oluşan sözkonusu kalıntılar içerisinde ~ % 2 oranında sinjenetik saçmımlı opak mineral (hematit) izlenmektedir (Levha I, Foto 2). Kalsitleşmiş radyolaryya fosilleri, daha sonra götit veya hematitler tarafından ornatılarak yuvarlak ya da elipsoidale şekilli opak demiroksihidroksit öbekçikleri oluşturulmuştur. Tam olarak ornatılmamış bazı radyolaryya fosillerinde, ornatmanın dıştan içe doğru geliştiği ve kalsitleşmemiş merkezi kesimlerin ornatılmadığı dikkati çekmektedir. % 60'dan daha fazla demir içeren kovuklu, kabuğumsu cevher örnekleri içerisinde çört kalıntılarının iyice azaldığı, bazı kalıntıların ise çok sayıda ince cevher damarcıkları tarafından katedilerek bütünüyle kirletildiği görülür. Daha ileri ayrışma safhalarında sözkonusu kalıntıların yok denecek kadar azaldığı, bazen düzensiz bir mikrotaban topografyası sunan yarı demirleşmiş bir çört seviyesinin çukur kesiminde konsantrik mikrolaminalar oluşturacak şekilde demiroksihidroksitlerin çökeldiği izlenmektedir. Bazı laminalar içerisinde ise, taşınmış radyolaryya fosilleri farkedilebilmektedir. İnce kesitlerde yer yer görülen azurit ve malakitler, demiroksihidroksitler içerisinde ince (1-2 mm) çatlak dolguları şeklindedir. Azuritler öz şekilli ve yarı özşekilli kristal topluluklarını oluştururken malakitler çoğunlukla toprağımsı bir görünümündedirler.

### XRD Çalışmaları

XRD yöntemiyle yapılan mineralojik tanımlamalar, anakayaç, laterit ve kırmızı renkli topraklardan alınan örnekler üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Çört arakatlı pelajik karbonatlardan oluşan anakayacı temsil etmek üzere çörtlerden 2, karbonatlardan da 6 örnek alınmıştır. Lateritik ayrışma kabuğunda belirlenen hematitik ve götitik seviyeler profil içerisindeki hacim oranları da dikkate alınarak örneklenmiştir. Buna göre, profilin üst kesimindeki ince hematitik seviyeden 2 (F1, F12), esas ayrışma kabuğunu oluşturan alttaki götitik seviyeden 13, güncel toprağımsı karst dolgularından 1 (F16) örnek; lateritik demir kabuğun etrafında yer alan kırmızı renkli topraklardan ise 2 örnek seçilmiştir.

Yapılan XRD incelemelerine göre, anakayacı oluşturan pelajik karbonatlar, kalsit + kuvars + opal-CT ± illit ± hematit + amorf madde bileşiminde; bunlar içerisinde yer alan çört arakatlıları ise, kuvars + kalsit + opal-CT ± hematit + amorf madde bileşimindedir. Lateritik demir kabuğun hematitik bölümleri hematit + ferrihidrit + kuvars ± opal-CT ± illit ± kaolinit + amorf madde parajenez sunarken, götitik kesimleri götit ± ferrihidrit + kuvars ± amorf madde den oluşan sade bir parajenez sunmaktadır. Genç karstik oluşumları simgeleyen toprağımsı bir örnekte ise kuvars + opal-CT + illit + amorf madde parajenezi belirlenmiştir.

Kırmızı renkli toprak numuneleri kuvars + kalsit + opal-CT ± montmorillonit ± illit + amorf madde topluluğundan oluşmaktadır. Anakayaç, laterit ve kırmızı renkli toprak örneklerine ait ayrıntılı XRD sonuçları ve makropetrografik tanımlamalar Çizelge 1,2,3'de; karakteristik X ışınları difraktogramları ise, Şekil 6, 7 ve 8'de sunulmuştur.

### SEM İncelemeleri

Lateritik oluşumları temsil edecek şekilde hazırlanan 20 parlak kesit numunesi arasından dört örnek seçilerek altınla kaplanılmış ve lateritlerin mikrodokusal özelliklerini belirleyebilmek amacıyla SEM'de incelenmiştir. Cevher mikroskobu ve bunu destekleyen incekesit optik mikroskop çalışmaları sonucunda seçilen sözkonusu numuneler cevher içerisinde en sık rastlanılan götit, kuvars ve hematit minerallerini kapsamaktadırlar. XRD analizlerinde de bu numunelerin başlıca götit ve kuvars mineral fazlarından oluştuğu belirlenmiştir (Çizelge 2). Bu bölümde gerçekleştirilen taramalı elektron mikroskop (SEM) çalışmaları sonucunda lateritlerin ana bileşenlerini oluşturan götit ve kuvarslar ile aksesuar nitelikteki hematitlerin kristal morfolojileri, götit ve hematitler arasındaki dönüşüm ilişkileri ve bu minerallerin oluşturduğu kolloform mikrodokular tanımlanmaya çalışılmıştır.

## BÜYÜKBELEN (FARAŞA - YAHYALI - KAYSERİ) DEMİR CEVHERİNİN OLUŞUMU

**Çizelge 1:** Anakayaç (kireçtaşı: Ç1-6 + Çört: Ç7-8) örneklerinin mineralojik bileşimleri ve makropetrografik özellikleri.

**Table I:** Mineralogical compositions and macropetrographic characteristics of the parent rock (limestone: Ç1-6 + chert: Ç7-8) samples.

Örnekler (Samples)	Mineralojik Bileşim (Mineralogical composition)	Makropetrografik özellikler (Macropetrographic characteristics)
Ç1	Kalsit + kuvars + illit + opal-CT + amorf madde	
Ç2	Kalsit-kuvars + opal-CT + amorf madde	Yer yer ince (1-3 mm) beyaz kalsit damarları içeren, bordo renkli, masif yapı, konkoidal kırıklı kireçtaşı örnekleri.
Ç3	Kalsit-kuvars + opal-CT + amorf madde	
Ç4	Kalsit-kuvars + opal-CT + amorf madde	
Ç5	Kalsit-kuvars + illit + opal-CT + hematit + amorf madde	
Ç6	Kalsit-kuvars + opal-CT + amorf madde	
Ç7	Kalsit-kuvars + opal-CT + amorf madde	Yaygın ince (1-5 mm) beyaz kalsit damarlı, bordo renkli masif yapı çört örnekleri
Ç8	Kalsit-kuvars + opal-CT + amorf madde	

**Çizelge 2:** Laterit örneklerinin mineralojik bileşimleri ve makropetrografik özellikleri.

Örnekler (Samples)	Mineralojik bileşim (Mineralogical composition)	Makropetrografik özellikler (Macropetrographic characteristics)
F1*	Hematit + ferrihidrit + kuvars + amorf madde	Vişne renkli, yer yer kovuklu ve hafifçe bantlı toprağımsı
F2	Götit + ferrihidrit + kuvars + amorf madde	Sarımsı kahve, hafifçe bantlı ve kovuklu, masif
F3	Götit + ferrihidrit + kuvars + amorf madde	Sarımsı kahve, kısmen breşik, masif
F4	Götit + ferrihidrit + kuvars + amorf madde	Sarımsı kahve ve sarı, kabuğumsu ve toprağımsı
F5	Götit + kuvars + amorf madde	Sarımsı kahve, hafifçe kabuğumsu, kovuklu
F6	Götit + kuvars	Sarı ve kahve, toprağımsı ve kabuğumsu
F7	Götit + kuvars + amorf madde	Sarı, kahve, kabuğumsu
F8	Götit + ferrihidrit + kuvars + amorf madde	Sarı, kahve, kabuğumsu
F9	Götit + ferrihidrit + kuvars	Kahve - siyah, kovuklu, ince konsantrik bantlı, kabuğumsu
F10	Götit + kuvars	Sarımsı kahve - siyah, kısmen kovuklu ve kabuğumsu, masif
F11	Kuvars + götit	Sarı, kahve, kabuğumsu
F12*	Kuvars + opal-CT + hematit + ferrihidrit + illit + kaolinit + amorf madde	Vişne renkli, hafifçe kovuklu masif
F13	Kuvars + götit + amorf madde	Sarımsı, kahve kovuklu
F14	Götit + kuvars + amorf madde	Sarımsı, kahve, siyah, yer yer ince konsantrik bantlı, kovuklu
F15	Götit + kuvars + amorf madde	Kırmızımsı kahve, yer yer kovuklu, masif
F16	Kuvars + opal-CT + illit + amorf madde	Sarımsı krem, yer yer laminal ve bantlı, toprağımsı

\*Hematit - "Güncel karstik dolgu"

**Götit:** İncelenen örneklerin bir çok kesiminde, boşluk yüzeylerinden itibaren mikrokonsantrik bantlı kolloform yapılar oluşturacak şekilde çökelmiş olan götit mineralleri görülür. Özellikle boşluk yüzeylerinde gerçekleşen ritmik çökelimler sonucu ortaya çıkmış olan ve kalınlıkları 5-15 µm arasında değişen konsantrik yapı bantlarda götit mineralleri genellikle ışınal yapı ince lifsi kristal demetleri veya yelpazeleri şeklindedirler (Levha I, Foto 3). Bazen masif yapıda da gözlenirler. Kristal büyüme, kabuk doğrultusuna dik veya diyagonal bir gelişim sunar. Götitik kabuklar arasında genişliği yer yer 5 µm'ye ulaşan açıklıklar görülür. Kabukların dış yüzeyleri ~ 1 µm ve daha küçük çaplarda izlenen damlacık benzeri kabartıları kapsar. Bunlar kabuk içerisinde yer alan kristallerin büyüme yönlerini yansıtmaktadır (Levha I, Foto 3).

Makro ölçekte olduğu gibi, mikro ölçekte de yaygın olarak koyuklu bir doku sunan götitler, boşluk yüzeylerinden itibaren çok mükemmel bir şekilde gelişmiş olan böbreğimsi-üzümsü şekiller, yer yer de sarkit ve diktler oluşturmuşlardır (Levha I, Foto 4 ve 5). Böbreğimsi-üzümsü büyüme gösteren götitlerde yuvarlak veya elipsoidal şekilli her bölümün çapı 2 µm'den 30-40 nm'ye kadar değişmektedir. Levha I, Foto 4'de izlenen boşluk çapı, ~ 60-70 µm civarında olup, böbreğimsi yapılar daha net olarak görülmektedir.

**Table 2:** Mineralogical compositions and macropetrographic characteristics of the laterite samples.

Çizelge 3: Kırmızı renkli toprak örneklerinin mineralojik bileşimleri ve makropetrografik özellikleri.

*Table 3: Mineralogical compositions and macropetrographic characteristics of the red coloured soil samples.*

Örnekler (Samples)	Mineralojik bileşim (Mineralogical composition)	Makropetrografik özellikler (Macropetrographic characteristics)
Ç9	Kuars+montmorillonit+kalsit+ilit+opal-CT+amorf madde	Demiroksit boyamalı, çört çakıl ve boklarını kapsayan kırmızı renkli toprak örnekleri
Ç10	Kuars+kalsit+opal-CT+amorf	

Çapı 25-30 (am'ye ulaşan sözkonusu oluşukların içerisinde de boşluklar görülür. Kabuk kalınlıkları 7 ile 10  $\mu\text{m}$  arasındadır. 1000 büyültmede dış yüzeyleri oldukça pürüzsüz görülen sözkonusu kabuklar, ışınal bir dizilim sunan iğnemi, lifsi götit kristalleri tarafından oluşturulmuştur.

Hematit: Götitlere ait diğer mikrodokusal özellikler, hematitlerle yakın ilişki içerisinde gelişmiştir. Bu nedenle hematitlerin mikrodokusal özellikleriyle birlikte ele alınarak incelenmiştir. XRD çalışmalarında sadece iki örnekte (F1 ve F12) belirlenebilen hematitlerin cevher içerisindeki oranı düşüktür. Ancak cevher mikroskobu ve SEM incelemeleri sırasında parlak kesitleri yapılan F5-8 no'lu laterit numunelerinin hepsinde de hematitlerin varlığı belirlenmiştir. Sözkonusu örneklerde götitlerle çeşitli dönüşüm ilişkileri sunan hematitler, esas olarak üç tipe ayrılmıştır.

*1- Götitlere dönüşen hematitler:* Levha I, Foto 6 ve Levha II, Foto 1'de görülen bu tip hematitler, mükemmel ışınal yapılı götitlerin oluşturduğu kirpi ya da sünger görünümündeki kristal topluluklarının merkezinde yer alır. Genellikle özşekilli veya yarıözşekillidirler. Kristal boyutları, 2  $\mu\text{m}$  ile 5  $\mu\text{m}$  arasında değişir.

Levha I, Foto 6'da mikrofotografın sol kesiminde hematitler, sağ kesiminde ise hematit kristalleri üzerinde büyümüş olan ışınal yapılı götitlerin oluşturduğu kirpi ya da sünger görünümündeki kristal toplulukları ve bunlar arasında izlenen çiçek benzeri götit oluşumları görülür. Hematitlerin bir kısmı kimyasal korozyona uğrayarak tamamen veya kısmen çözünmüştür. Bu süreç, kristallerin düzgün dış şekillerini yansıtan boşluklarla çok belirgindir. Götit kristal yumaklarının boyutları 6.5-7  $\mu\text{m}$ 'ye kadar çıkmaktadır. Benzer oluşumlar Levha II, Foto 1'de daha net olarak görülür. Burada ışınal yapılı götit kristallerinin boyu - 2.5-3 ( $\mu\text{m}$ 'ye ulaşır. Sağ alt

köşede çözünmüş hematit kristallerine ait düzgün yüzeyli boşluklar görülmektedir. Levha II, Foto 2'de özşekilli hematitler daha ayrıntılı olarak gösterilmiştir. Kristal boyutları maksimum 4-5  $\mu\text{m}$  civarında olup, kristaller arasında lifsi, kısmen de masif görümlü götitler yer alır. Burada da bazı iri hematit kristalleri üzerindeki kimyasal korozyon izleri seçilebilmektedir. Bu tipte ışınal yapılı ince götit kristal topluluklarının, hematitlerden daha sonra oluştukları ve hematitlerin götitlere dönüştüğü oraya çıkmaktadır.

*2- Boşluk Dolgusu Oluşturan Hematitler;* Işınal yapılı götitlerin meydana getirdiği konsantrik kabuklar arasındaki boşluklarda kristallenen bu tip hematitler, daha düzgün yüzeylere sahip olup, hemen hemen öz şekillidir (Levha II, Foto 3). Kristal boyutları çoğunlukla 1-1.5 ( $\mu\text{m}$ 'dir. Mikrofotografın sağ üst kesiminde izlenen iri hematit kristalleri üzerinde az da olsa kimyasal korozyon belirtileri görülmektedir. Kristaller, götitik kabuklar arasında kalan ve genişliği 2 ile 13  $\mu\text{m}$  arasında değişen bir boşlukta büyümüşlerdir. Kabuk yüzeylerinde çoğunlukla karnıbahar, daha az olarak da böbreğimsi şekiller görülür. Hematit kristalleri arasında da boşluklar mevcuttur. Kristal morfolojileri ve kristallenme süreci, kabuklar arasındaki boşluğun şekli ve hacmi tarafından kontrol edilmektedir. Mikrofotografın sol kesiminde ise çapları 1 ile 2  $\mu\text{m}$  arasında değişen yuvarlak kesitli küçük boşluklar ve bunların etrafında gelişmiş olan ışınal yapılı götitler yer alır. Küçük boşlukların ince erime kanallarıyla daha büyük boşluklara bağlandığı dikkat çekicidir. Muhtemelen radyolarya fosillerin çözünmesi sırasında bu kanalların gerekli drenajı sağladığı tahmin edilmektedir (Levha II, Foto 3). Bu tipteki hematitler, götitlerden daha sonra oluşmuşlardır.

*3- Götitler Üzerinde Büyüyen Hematitler:* Levha II, Foto 4 ve 5'de görülen bu tip hematit oluşumları, böbreğimsi götitler üzerinde boşluklara doğru büyümüş rozet biçimindeki küçük kristalciklerden ibarettir. 3000 büyültmede, Levha II, Foto 4'de güçlükle farkedilebilen sözkonusu hematit kristalleri, 10000 büyültmede net olarak görülür (Levha II, Foto 5). Oluşan hematit kristallerinin buradaki boyutları genellikle 0.2 - 0.3  $\mu\text{m}$  civarındadır. Kristal oluşumları, böbreğimsi götitler üzerinde homojen bir dağılım sunarak bütün yüzeyi kaplamıştır. Bu tipte de, hematitlerin götitlerden daha sonra oluştuğu ve götitlerden türediği ortaya çıkmaktadır.



## BÜYÜKBELEN (FARAŞA, YAHYALI - KAYSERİ) DEMİR CEVHERİNİN OLUŞUMU

Kuvars: Levha II, Foto 6'da masif görünümlü götitler içerisinde yer alan ikincil kuvars oluşumları izlenmektedir. Genellikle özşekilli olan kuvars kristallerinin boyutları, — 1 ile 10 (im arasında değişmektedir. Kuvarların büyük bir çoğunluğunda tipik heksagonal kristal morfolojisi görülür.

### TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Büyükbelen demir cevherinin oluşumu konusunda günümüze kadar iki farklı görüş ileri sürülmüştür. Önder (1978) tarafından savunulan birinci görüşe göre cevher, Attepe yöresindeki demir yataklarına benzer şekilde hidrotermal süreçlerle oluşmuştur. Küpeli vd. (1997) tarafından ortaya atılan ikinci görüşte ise, sözkonusu cevherin lateritik-karstik süreçlerle oluştuğu öne sürülmektedir. Yapılan incelemelere göre, Büyükbelen demir cevheri Senoniyen yaşlı Çavdaruşağı olistostromuna ait çört arakatlı pelajik karbonatlar üzerinde yer alan otokton nitelikteki bir ayrışma zonuyla temsil edilmektedir. Lateritik demir kabuk ve kırmızı renkli topraklardan oluşan cevher, esas olarak ince hematitik ve kaim götitik seviyeleri kapsar, Lateritik zon, alta doğru tedrici olarak çört arakatlı pelajik karbonatlara geçmektedir. Yer yer karst dolguları şeklinde izlenen cevher süperjen oluşumlara has kovuklu, kabuğumsu, toprağımsı, konsantrik bantlı, böbreğımsi bir yapı ve dokuya sahiptir. Ayrıca arazi ve laboratuvar çalışmaları sırasında da Büyükbelen demir cevherine kaynak olabilecek hiçbir birincil cevher oluşumuna rastlanılamamıştır. Bütün bu veriler Büyükbelen demir cevherinin yöredeki hidrotermal demir yataklarına göre çok farklı özelliklere sahip olduğunu göstermektedir. Zira, Attepe yöresindeki hidrotermal cevherler tamamen tektonik kontrollü damar, mercek ve düzensiz sınırlı kütlelerden oluşur. Cevher pirit, tetraedrit, kalkopirit ve markazit gibi sülfürlü mineralleri içeren kalsit, kuvars ve dolomitli siderit ve ankeritler ile kuvarslı ve/veya baritli hematit ve piritli manyetitlerden oluşmaktadır. Ayrıca cevher kütlelerinin etrafında hidrotermal alterasyon ürünü ankeritik zonlar ve tipik ornatma dokuları görülür. Paleosen-Alt Eosen zaman sürecinde oluşan cevherler, Miyosen'den daha yaşlı tüm birimler, özellikle de Alt-Orta Kambriyen yaşlı metakarbonatlar içerisine yerleşmişlerdir. Lütésiyen'den itibaren endokarstik süreçler sonucunda birincil cevherlerin önemli bir

bölümü toprağımsı limonit, kovuklu, kabuğumsu, böbreğımsi götit ve hematitlere dönüşmüş olmakla birlikte, bunlar daima birincil cevherlerle iç içe görülürler. Ayrıca mikroskobik incelemeler sırasında da ikincil cevher örnekleri içerisinde sık sık birincil cevher kalıntılarına rastlanılmaktadır (Küpeli, 1991). Attepe yöresindeki karstik cevherlerin oluşumu sırasında ortaya çıkan kısa mesafeli yanal ve düşey yönlü taşınmalar, tamamen endokarstik süreçlerle ilgilidir. Herbir yatak ve zuhurun kendi içerisinde gerçekleşen sözkonusu taşınmalar koloidal çözelti, gerçek çözelti ya da kırıntılı elemanlar şeklinde olmuştur. Yöredeki karbonat kayaç istiflerinin fazla kaim olmaması, ayrıca tektonik hareketler nedeniyle karbonatların birbirinden kopuk mostralar sunması, uzun mesafeli olgun karst sistemlerinin oluşumunu engellemiştir. Ayrıca Attepe yöresi ile Büyükbelen demir cevherinin bulunduğu kesim arasında Aladağ ofiyolit dizisine ait geçirimsizliği düşük ofiyolitik kayaçlar bulunmaktadır. Dolayısıyla Attepe yöresindeki cevherlere ait ikincil ürünlerin karst sistemleriyle taşınarak Büyükbelen demir cevherini oluşturması mümkün görülmemektedir. Ayrıca, Büyükbelen zuhurunda izlenen karstik oluşumlar da ayrışma zonundaki küçük çaplı lokal endokarstik boşluklardır. Karbonatça zengin anakayaç kütlesi bir taraftan lateritleşirken bir taraftan da iç karstlaşmalara uğrayarak bir önceki döneme ait lateritik ürünlerin bir kısmının yeniden işlenmesi ve depolanması sonucunda ortaya çıkan karstik cevherlerin oluşumuna imkan sağlamıştır. Cevherin diğer kesimleri bütünüyle otokton nitelikte olup, karasal ortam şartlarında oluşabilecek akarsu ya da buzul taşınmalarına ait herhangi bir iz taşımamaktadırlar. Ana element kimyası, lateritlerin anakayaca göre  $Fe_2O_3$  yönünden önemli ölçüde zenginleştiğini,  $CaO$  ve  $SiO_2$  bakımından da fakirleştiğini göstermektedir (Çizelge 4). Lateritik proseslere uygun olan bu durum, hümik asitlerin etkili olduğu tropikal iklim kuşaklarında görülen ayrışma olayları sırasındaki çözünme, taşınma ve yeniden çökme olaylarının doğal, bir sonucudur. Böyle yerlerde yüzeyde çözünmesi çok zor olan bazı oksit ve hidroksitler duraylı olarak kalabilirler. Fe ve Al, bu stabil bileşiklerini oluşturan en önemli elementlerdendir (Guilbert ve Park, 1986). Büyükbelen lateritlerinde  $Al_2O_3$  bileşiminin zenginleşmemesi, hafif asidik-nötr ortam şartlarında etkili olan bir yıkanmanın varlığına işaret etmektedir (Norton, 1973).

Çizelge 4: Anakayaç (kireçtaşı+çört), laterit ve kırmızı renkli toprakların ortalama ana element içerikleri (%) (Küpeli vd., 1997'den alınmıştır).

Table 4: Average major element contents (wt %) of the parent rock (limestones-chert), laterite and red soil (From Küpeli et al., 1997).

Örnekler (Sam., les)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CaO	MgO	MnO	A.K
Kireçtaşı (6)	1.34	3.12	14.34	<0.05	0.21	0.41	0.18	44.05	0.82	0.16	34.72
Çört (2)	4.65	3.06	71.10	<0.09	0.10	0.15	0.13	12.05	0.29	0.10	8.10
Laterit (16)	49.71	3.12	30.75	0.14	0.11	0.42	0.24	0.09	0.78	0.11	14.66
Kırmızı toprak (2)	4.05	7.13	79.49	0.27	0.14	1.34	1.19	1.73	1.35	0.10	3.25

Not: Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: Toplam demir içeriğidir. A.K. : 1100 °C'de ateş kaybıdır.

İncelenen lateritler, nisbeten yüksek Cu, Cr, Co, Zn, Ba ve Ni; düşük Ce, La, Th ve Zr içerikleri ile kısmen okyanusal kabuk jeokimyasını yansıtmaktadır. Ancak, yüksek SiO<sub>2</sub> ve düşük Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içerikleri, sözkonusu lateritlerin oluşumunda çört arakatlı karbonatların anakayaç rolü üstlendiğini açıkça göstermektedir. Çünkü, Büyükbelen lateritleri yüksek SiO<sub>2</sub> içeriği ile ultrabazik kayaç; düşük Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içeriği ile de bazik kayaç lateritlerine benzemektedir (Schellmann, 1986). Okyanusal kabuk jeokimyası yönündeki eğilim, ofiyolitik kayaçlarla yanıl ve düşey geçişli olarak çökelen anakayaç yer yer ofiyolitik kayaç kırıntılarını kapsamasından kaynaklanabileceği gibi, doğrudan doğruya çökme ortamıyla ilişkili olan ve okyanusal kabuk jeokimyasını yansıtan iz elementler bakımından bir zenginleşmeyi de gösterebilir. Zira anakayaç karbonatlı ve özellikle de çörtlü kesimlerinde Cr, Cu ve Mo içeriklerinin önemli ölçüde yüksek olduğu belirlenmiştir (Çizelge 5). Arazi ve laboratuvar çalışmaları sonucunda, yüzeysel ayrışmaya dayalı kimyasal bir birikim için karakteristik olan birçok veri elde edilmiştir.

Çizelge 5: Anakayaç (kireçtaşı+çört), laterit ve kırmızı renkli toprakların ortalama iz element içerikleri (ppm) (Küpeli vd., 1997'den alınmıştır).

Table 5: Average trace element contents (ppm) of the parent rock (limestone^chert), laterite and red soil (From Küpeli et al., 1997).

Örnekler Samples	Ba	Ce	Co	Cr	Zn	Cu	Y	Ga	Zr	La	Ni	Pb	Rb	Sr	Mo
Kireçtaşı (6)				225		26									<40
Çört (2)				650		200									1100
Laterit (16)	746	49	398	1083	1315	5115	15	8	38	33.27	80	3	16	19	
Kırmızı toprak (2)				300		250						55			135

Not: Th hiç bir örnekte belirtilmemiştir.

XRD sonuçlarına göre anakayaç karbonat kesimleri kalsit + kuvars ± opal-CT, çörtlü kesimleri ise kuvars + kalsit + opal-CT bileşimindedir (Çizelge 1). Kimyasal analizlerde anakayaç karbonat kesimlerinde ortalama % 1.34 demir, % 3.12 alüminyum; çörtlü kesimlerinde ise ortalama % 4.65 demir, % 3.06 oranında alüminyum belirlenmiştir (Çizelge 4). Buna göre lateritleşme sırasında anakayaç bileşiminde yer alan kalsitlerin tamamına yakın bir bölümü, silisli bileşenleri temsil eden kuvars ve opal-CTnin ise önemli bir bölümü çözünerek ortamdan taşınmış, bir bölümü ise otijenik ikincil kuvarslara dönüşerek götit, hematit ve ferrihidrit gibi ikincil demir minerallerinin oluşturduğu ayrışma kabuğu içerisinde yeniden çökelmişlerdir (Levha II, Foto 6).

Cevher oluşumu sırasında şiddetli karbonat yıkanmasına karşın, silis yıkanmamış olsaydı, demire göre anakayaç içerisinde çok daha yüksek oranlarda bulunan silisin, cevher içerisinde de çok daha yüksek oranlarda bulunması gerekirdi. Oysa cevher içerisindeki silis oranı ortalama % 36'dır. Dolayısıyla, lateritleşme sırasında karbonat bileşeninin yanısıra silisin de önemli ölçüde yıkandığı anlaşılmaktadır.

Ayrışma zonundan silisin yıkanması, anakayaça ait karbonat kesimlerin çözünmesiyle birlikte pH değerinin yükselerek alkalen ortam şartlarına geçildiğini göstermektedir. Kuvvetli asidik serin ortamlarda hemen hemen hiç çözünmeyen kuvars, pH'm 8'in üzerine çıktığı alkalen sistemlerde süratli bir şekilde çözünebilmektedir (Norton, 1973). Çoğu araştırmacılar, opal-A'nm, opal-CT'ye dönüşümünün bir çözünme yeniden çökme reaksiyonu olduğunu konusunda fikir birliği içerisindeyler. Ancak, opal-CTnin kuvarsa dönüşümü konusunda çözünme yeniden çökme, ya da katı dönüşüm modelleri ileri sürülmektedir (Singer ve Müller, 1983). Ayrışma

## BÜYÜKBELLEN (FARAŞA - YAHYALI - KAYSERİ) DEMİR CEVHERİNİN OLUŞUMU

süreçlerinin etkili olduğu bir ortamda kuvars ve kaolinitin çözünerek önce silisik aside, daha sonra da çökeltme yoluyla kalsedon ve ikincil kuvarslara dönüştüğü bilinmektedir (Mason ve Moore, 1982).

Optik mikroskop çalışmaları sırasında cevher örnekleri içerisinde belirlenen mikrokristalin kuvars bileşimindeki radyolarya fosillerinin önce kalsitler, daha sonra da süperjen demirli çözeltiler tarafından ornatılması, ayrıca cevher içerisinde yaygın olarak görülen orjinal çört kalıntılarının süperjen epijenetik mikro götit damar ve bantlarını içermesi, götitlerin çörtleri kısmen ornatması, lateritleşme sırasında ortaya çıkan karbonat, silis ve demirli bileşenlerin çözünme, taşınma ve yeniden çökelmelerine ilişkin en önemli delillerdir (Levha I, Foto 2). Radyolarya fosillerinin önce kalsit sonra da götit tarafından izomorf ornatımı ise, aynı anda bir mineral çözünürken diğerinin çökmesiyle ilgilidir (Blatt vd., 1986). Levha I, Foto 4-6 ve Levha II, Foto 1-6'da görülen ikincil götit ve hematit kristalleri ile ikincil kuvars oluşumları (Levha II, Foto 6); anakayacı oluşturan çört arakatlı pelajik karbonatların çatlak ve kırıklarında yer alan ikincil götit, hematit ve kalsitin ritmik çökelimleri, irili ufaklı karstik boşluklar ve içerisinde görülen kolloform yapıli götit ve hematit oluşumları bu çözünme, taşınma ve yeniden çökeltme olaylarının önemli diğer göstergeleridir. Bu süreç yağışlı ve kurak dönemlerin ardalanmasına bağlı olarak ortaya çıkan başlıca hidratasyon, dehidratasyon ve rehidratasyon olaylarını kapsamaktadır.

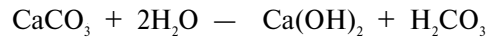
Trolard ve Tardy'e (1987) göre lateritleşme sırasında gipsit ve götit gibi hidrate mineraller yağışlı tropikal iklimlerde oluşurken, böhmit, hematit ve kaolinit gibi dehidrate mineraller uzun kuraklık dönemleri sonucunda oluşmaktadırlar. Su aktivitesinin azaldığı ve sıcaklığın yüksek olduğu kuraklık dönemlerinde hidrate mineraller, dehidrate minerallere dönüşebileceği gibi, bunun tersine su aktivitesinin yüksek olduğu yağışlı tropikal iklim şartlarının yeniden hakim olması halinde, dehidrate mineraller tekrar hidrate minerallere dönüşebilmektedirler. Çünkü, lateritleşme sırasında su aktivitesi, çözünmüş silis oranı, sıcaklık ve çözeltilerin kimyasal bileşimi gibi faktörler, oluşacak mineralerin türünü ve bunların birbirlerine dönüşümlerini doğrudan etkilemektedirler (Trolard ve Tardy, 1989).

### Cevher Oluşum Mekanizması

Yukarıda sunulan verilerin ve mevcut çalışmaların ışığı altında Büyükbellen lateritlerinin oluşum mekanizması şu şekilde açıklanabilir.

İnceleme alanının hemen yakın çevresinde Aladağ ofiyolit dizisi üzerine, Miyosen yaşlı Zebil formasyonunun (Ulakoğlu, 1984) transgresif olarak geldiği görülür (Şekil 1 ve 4). Topografik konumuna göre çalışma alanı da bu transgresyon alanı içerisinde kalmaktadır. Tersiyer'den itibaren bölgede etkili olmaya başlayan epirojenik hareketlerle birlikte inceleme alanı ve yakın çevresi, Miyosen'deki denizel transgresyondan sonra tekrar karasal ortam şartlarına geçmiştir. Bu erozyon sürecinde Zamantı ırmağı boyunca derin bir şekilde aşman çalışma alanında, yaklaşık 600 m'lik Miyosen yaşlı örtünün altından Gireniz üyesine ait çört arakatlı pelajik karbonatlar yüzeyleyerek atmosferik şartlara açılmıştır. Bu dönemde (Pliyosen) lateritleşme açısından uygun yapısal ve morfolojik bir konumda bulunan Büyükbellen mevkiinde lateritik ve kısmen de karstik proseslerin birlikte etkimesi sonucunda çört arakatlı pelajik karbonatların ayrışmasıyla başlayan otokton lateritik demir oluşumları günümüze kadar devam etmiştir.

Cevher oluşumu sırasında anakayacın karbonat kesimleri, CO<sub>2</sub>'ce zengin asidik karakterli meteorik sular tarafından çözündürülerek kalsiyum bikarbonat, ya da hidrolize uğratılarak kalsiyum hidroksit ve hidrokarbonat şeklinde çözeltilere alınmıştır. Karbonik asidin yanısıra, hümik asitleri de içeren meteorik suların pH değeri 4-5'e kadar düşebilmektedir. Asidik karakterli bu sular, yeraltı su tablasına doğru süzülürken anakayacın karbonat kesimleri ile girmiş oldukları reaksiyonlar sonucunda pH değerini 11'e kadar yükseltebilirler (Guilbert ve Park, 1986). Böylece ortaya çıkan bazik karakterli çözeltilerin



etkinliğinde, anakayacın içerisinde yer alan çörtler çözünerek silisik asidi oluşturur. Silisik asidin önemli bir bölümü ortamdan uzaklaşırken, bir bölümü ise pH değerinin yeniden 7'nin altına düşmesi sonucunda otijenik ikincil kuvars (Blatt vd., 1986), K<sup>+</sup> ve Al<sup>+2</sup> gibi katyonların reaksiyona girmesiyle de illit ve kaolinit minerallerini oluşturur. pH'm asit - zayıf nötr

olduğu durumlarda kaolinit, zayıf bazik olduğu durumlarda ise illit ve/veya montmorillonit oluşmaktadır (Weaver, 1989). Sistemde kaolinit, illit ve/veya montmorillonit oluşumu ortamdaki su sirkülasyonu ile yakından ilgilidir. Yıkanmanın yoğun olması halinde kaolinit oluşurken, durgun su aktivitesinde alkali ve toprak alkali elementler ortamda kaldığından diğer kil mineralleri oluşmaktadır.

Çözünürlük farkı nedeniyle (Lelong vd., 1976), anakayacın karbonat kesimlerinde ortaya çıkan süratli ve etkili karbonat yıkanmasına karşın çörtlü kesimlerde yavaş ilerleyen silis yıkanmasına bağlı olarak toplam anakayaç kütesinden arta kalan kimyasal kökenli birikim içerisinde çört bileşeninin etkinliği devam etmektedir. Bunlar, ya demirli bileşenler tarafından kirletilmiş kırmızımsı pas renkli makro ve mikro kalıntılar, ya da özşekilli ikincil kuvarlar şeklindedirler (Levha II, Foto 6). Cevher içerisinde belirlenen yüksek silis içeriği de (% 30.75) bu kalıntılar ve ikincil kuvarlardan kaynaklanmaktadır. Profil içerisinde çört kalıntılarının alt seviyelere doğru tedrici olarak artması ise, lateritik süreçlerin aynı yönde azalan etkinliği ile ilişkilidir. Bol miktarda karbonatın bulunduğu böyle bir ortamda anakayaçtan serbestleşen Cu (26.17-200 ppm) (Küpeli vd., 1997), çözülmüş karbonatlarla birleşerek hidrate bakır minerallerinden malakit ve azuriti oluşturmuştur. İncelenen cevher, çok evreli karbonat ve silis yıkanmasının yamsıra yeni minerallerin de oluşumu sonucunda çok kovuklu, kabuğumsu, konsantrik bantlı, üzüksü, böbreğimsi ve yer yer laminalı-bantlı, dereceli karst dolgusu şeklinde bir yapı ve doku kazanmıştır.

Cukrov'a (1980) göre, lateritik pro fillerde az oranda götit içeren üst hematit zonu ve alt götit zonu olmak üzere iki kesim ayırt edilmektedir. Büyükbelen lateritlerinde hematitik zonun altta bulunan götitik zona göre çok ince olması ve bazı kesimlerde yer almaması, inceleme alanının genç tektonik bir kuşakta bulunmasının yamsıra, karbonatça zengin anakayaç bölümlerinin karstlaşmaları sonucunda ayrışma kabuğu içerisinde ortaya çıkan erozyon süreçleriyle ilişkili olabilir. Muhtemelen bu süreç içerisinde hematitik zon önemli ölçüde aşınarak tahrip olmuştur. Bir diğer alternatif ise, ayrışma süresince daha etkin olan nemli tropikal iklim şartlarının dehidrate hematit minerallerinin oluşumuna imkan vermemiş olmasıdır.

Taramalı elektron mikroskop (SEM) çalışmalarıyla, hematitlerin hidratasyon sonucu götitlere (Levha I, Foto 6 ve Levha II, Foto 2), götitlerin de dehidratasyon sonucu hematitlere dönüştüğü (Levha II, Foto 4 ve 5) belirlenmiştir. Bu bulgular lateritleşme süresince yağışlı ve kurak iklim dönemlerinin etkili olduğunu net olarak göstermektedir. Öte yandan sünger görünümündeki elipsoidal yapıların merkezi kesimlerinde özşekilli hematit, dış kesimlerinde ise ışınal yapılı götit kristallerinin bulunması (Levha I, Foto 6 ve Levha II, Foto 2), Tardy ve diğ. (1990) tarafından ileri sürülen pizolitik ve/veya nodüler lateritlerin iç kısımlarında dehidrate, dış kısımlarında ise hidrate minerallerin gözlemlendiği tezini doğrulamaktadır. Schwertman'a (1998) göre, ayrışma kuşaklarında hematit ve götitin birlikte bulunması ısı, nem, pH, organik madde içeriği, kimyasal bileşim ve tane boyu tarafından kontrol edilmektedir. Cevher oluşumu sırasında, anakayaç içerisindeki demir, sarı veya sarımsı kahve renkli bir ayrışma ürünü veren götit oluşumu sonucunda serbestleşmiştir. Götit, ıslak periyodlar sürecince  $Fe^{+3}$ 'ün  $Fe^{+2}$ 'ye indirgenmesiyle, toprak organik bileşenlerinin de etkisi altında bir çözünme dönemine girmiştir. Kurak periyodlarda sözkonusu çözümlerden oksidasyon sonucu, yapısal olarak hematite benzeyen fakat duraylı olmayan ferrihidrit ( $2.5 Fe_2O_3 \cdot 4.5 H_2O$ ) minerali oluşur. Artan sıcaklık veya yaşlanma süresince ferrihidrit suyunu kaybederek hematite dönüşür. Muhtemelen hem ferrihidrit hem de hematit nötral pH şartlarında oluşmaktadır (Drits vd., 1993). Ferrihidritten hematitin oluşumuyla sarı renkli lateritik ayrışma ürünleri kırmızıya dönüşür (Cukrov, 1980). Kurak dönemden ıslak periyoda yeniden geçiş, götit oluşumuyla birlikte ayrışma kabuğundan bir miktar demirin tekrar çözünmesine neden olur. Böylece dehidratasyon sonucu götitlerden türemiş olan hematitler, rehidratasyona uğrayarak yeniden götitlere dönüşürler. Bu mineral dönüşümleri yağışlı ve kurak dönemlere bağlı olarak sürekli bir şekilde tekrarlanma özelliği gösterir.

#### EXTENDED SUMMARY

The investigation area is located at 2.5 km south of Faraşa village (Yahyali-Kayresi-Turkey) in the eastern part of the Aladağ Mountains in the western part of the Eastern Taurus belt. Study area is found at

the southwest of Attepe (Mansurlu-Feke-Adana) iron deposits which are the most important hydrothermal iron province of Turkey (Figure 1).

In the study area, Upper Cretaceous aged olisthostromel occurrences (Çavuşuşağı olisthostrome) and ophiolitic rocks (Pozantı-Faraşa peridotite nappe) are cropped out belonging to Aladağ ophiolite sequence of the Bozkır unit, and transgressively overlying Miocene aged sedimentary rocks (Zebil formation) (Figure 2, 3). The olisthostromel occurrences containing principally carbonate and lesser ophiolitic rock blocks and fragments have a matrix composed of serpeninite, diabase, chert intercalated pelagic limestone-marl-shale, chert and radiolarite, all of which show lateral and vertical transition to each other.

Büyükbelen iron ore composed of autochthonous laterites including also karstic pockets, and surrounding red coloured, thin (0.5-1m) soil cover. In the lateritic profile, thin (5-10cm) hematitic and thick (5-15m) goethitic levels are distinguishable. Mainly yellowish coloured, weathering zone have thick goethite level. In addition to hematite and goethite, reddish rust coloured limonite is also common in the north of lateritic crust where is heavily karstic. The radii of karstic cavities are between a few decimeters to 7 meters. Continuing karst formation within ore mass and development of few karst cycles up to present are observed. In the small karstic cavities within the weathering zone, semi-autochthonous earthy limonites and colloform goethites were deposited. The karstic fillings have been transported as colloids, and formed colloform goethites observed as thin concentric crust and reniform occurrences in the weathering zone. Thin (1-5mm) veins and laminates of malachite and azurite are also observed within reddish rust coloured pelitic material.

Mineralogical composition of parent rock, lateritic iron and red soil samples were determined by XRD, polished and thin section microscopy and SEM-EDS methods. Results of mineralogical determinations and megascopic properties of investigated samples are given in Tables 1, 2 and 3. Goethite is the main mineral and is generally found with hematite in ore samples. Structural and textural features of the ore is controlled mainly by goethite, siliceous component (quartz, opal-CT) and hematite. Hematites usually occur as euhedral crystals aggre-

gates, while most of the goethites are seen as bouquets of fine, fibrous crystals in the crusty and botryoidal ore textures. It is observed that goethites have grown on euhedral hematite, and sometimes hematites have grown on reniform goethites. These relationships are depend on hydration and dehydration processes, and require humid and arid terms following each other (Trolard and Tardy, 1987). Geochemical data suggest that ore is significantly enriched in Fe but depleted in Si and Ca relative to the parent rock (Table 4). Al, which could not enriched at conditions of weakly acidic-intermediate environment, has been transported away after dissolution from the environment. Transportation of Si from the parent rock occurred under the basic environmental conditions (Norton, 1973). Ca leached from the parent rock, may play a role in forming of malachite and azurite occurrence.

Laterites have relatively high Cu, Cr, Co, Zn, Ba and Ni, low Ce, La, Th and Zr contents, reflecting partly geochemistry oceanic crust (Table 5). However, high SiO<sub>2</sub> and low Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> contents suggest a significant role of chert intercalated carbonates in the formation of laterite geochemistry. Büyükbelen laterites resemble those of ultrabasic rocks with high SiO<sub>2</sub> and laterites of basic rocks with low Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> contents (Shellman, 1986). The tendency towards the oceanic crust chemistry may result from the parent rock containing ophiolitic rock fragments since it deposited laterally and vertically transitional with ophiolitic rocks, or show trace element enrichment related with directly depositional environment and reflecting the oceanic crust chemistry, Furthermore, Cr, Cu and Mo contents are significantly high in carbonate and especially chert parts of the parent rock (Table 5).

Büyükbelen iron ore formed from chert intercalated pelagic carbonates of the Çavdaruşağı olisthostrome as a result of lateritic and karstic processes being effective during Plio-Quaternary times. The carbonate parent rock has undergone locally internal karsting, and allowed semi-autochthon ore occurrences by reprocessing of previously formed lateritic material, and then deposition.

Red soil mantling the main ore body represents probably a new weathering surfaces after erosion of some parts of lateritic iron crust, or slowly developing lateritic processes in cherty pelitic levels where insufficient drainage system is present.

## DEĞİNİLEN BELGELER

- Banerji, P.K., 1982, Lateritization processes; Challenges and opportunities, episodes, 3, 16-20.
- Bardossy, G.Y., 1981, Paleoenvironments of laterites and lateritic bauxites-effect of global tectonism on bauxite formation; Proc. First international seminar on lateritization processes (Trivandrum), Oxford and IBH publishing Co., New Delhi, 287-294.
- Baykul, A. ve Yaman, S., 1993, Doğu Toroslar'da bir demir şapka; Aşılık (Saimbeyli-Adana) demir yatağı. Doğa-Türk Yerbilimleri Derg., 2, 61-68.
- Blatt, H., Middleton, G. ve Murray, R., 1980, Origin of Sedimentary Rocks: Prentice-hall. Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, 782 s.
- Cukrov, F.V., 1980, On transformation of iron oxides in chemogenic eluvium in tropical and subtropical regions. Proc. First international seminar on lateritization processes, (Trivandrum), Oxford and IBH publishing Co., New Delhi, 11-14.
- Drits, V.A., Sakharov, B.A., Salyn, A.L. ve Manceau, A., 1993, Structural model for ferrihydrite: Clay Minerals, 28, 185-208.
- Guilbert, J.M., ve Park, C.F., 1986, The geology of ore deposits; W.H. Freeman and Company, New York, 985 s.
- Küpeli, Ş., 1991, Attepe (Mansurlu-Feke) yöresi demir yataklarının jeolojik, petrografik ve genetik incelemesi: Doktora tezi, S.Ü. Fen Bilimleri Enst., 227 s., (yayımlanmamış), Konya.
- Küpeli, Ş., 1996, Faraşa (Yahyalı-Kayseri) yöresi demir yataklarının incelenmesi: SÜAF projesi, 92/126, 55 s. (yayımlanmamış), Konya.
- Küpeli, Ş., Kayabalı, İ., Arslan, M. ve Saka, H.A., 1997, Doğu Toroslar'da otokton, güncel lateritik bir oluşum : Büyükbelen (Faraşa-Yahyalı) demir zuhuru: MTA Derg., 121, s (yayımda).
- Lelong, F., Tardy, Y, Grandin, G., Trescases, JJ. and Boulange, B., 1976, Pedogenesis, chemical weathering and processes of formation of some supergene ore deposits: Volf, K.H. Ed., Handbook of stratabound an stratiform deposits, New York, Elsevier, 6, 93-173.
- Mason, B. and Moore, C.B., 1982, Principles of geochemistry : John Wiley and Sons, Hong Kong, 344 s.
- Norton, S.A., 1973, Laterite and bauxite formation: EconGeol., 68, 353-361.
- Önder, E., 1978, Kayseri-Yahyalı-Faraşa Aşılık demir madeni jeolojisi: MTA Rap., 1656 (yayımlanmamış), Ankara.
- Özgül, N., 1976, Toroslarm bazı temel jeoloji özellikleri: Türkiye Jeol. Kur. Bült., 19, 1, 65-78.
- Schwertmann, U., 1998, Goethite and hematite formation in the presence of clay minerals and gibbsite at 25 oC : Soil Sci. Soc. Am. Jour., 52, 288-291.
- Schellman, W., 1981, Considerations on the definition and classification of laterites; Pore. First international seminar on lateritization processes, (Trivandrum), Oxford and IBH publishing Co, New Delhi, 1-10.
- Schellman, W, 1983, A new defination of laterite; Natural resources and development, 18, 1-7.
- Schellman, W, 1986, On the geochemistry of laterites, Chem. Erde, 45, 39-52.
- Singer, A. and Müller, G, 1983, Diagenesis and argillaceous sediments, Diagenesis in sediments and sedimentary rocks, 2 (Ed. Lansen, G. and Chilingar, G.A) : Elsevier scientific publishing company, Amsterdam-Oxford-New York, 572 s.
- Tardy, Y., Trolard., F., Roquin, C, and Novikoff, A., 1990, Distribution of hidrated and dehidrated minerals in lateritic profiles and landscapes: Geoc. Eart Surf. Min. Formation, 2 th International Symposium, 2-8.
- Tekeli, O., 1980, Toroslarda Aladağlar'm yapısal evrimi: Türkiye Jeol. Kur. Bült., 23, 11-14.
- Tekeli, O. ve Erler, A., 1980, Aladağ ofiyolit dizisindeki diyabaz dayklarının kökeni: Türkiye Jeol. Kur. Bült., 23, 1, 15-20.
- Trolard, F. and Tardy, Y, 1987, The stabilities of gibbsite, boehmite, aluminous goethites and aluminous hematites in bauxites, ferricrete and

## BÜYÜKBELEN (FARAŞA - YAHYALI - KAYSERİ) DEMİR CEVHERİNİN OLUŞUMU

laterites as function of water activity, temperature and particle size: *Geochim, Cosmoc. Acta*, 51,9457957.

Trolard, F. and Tardy, Y, 1989, A model of Fe-kaolinite, Al-goethite, Al-hematite equilibria in laterites: *Clay Minerals*, 24, 1-21.

Weaver, C.E., 1989, Clays, muds and shales: *Developments in sedimentology* 44., Elsevier, Amsterdam, 819 s.

---

Makalenin geliş tarihi: 17.03.1999

Makalenin yayma kabul edildiği tarih: 04.03.2000

*Received March 17, 1999*

*Accepted March 04, 2000*

## LEVHA I

## PLATE I

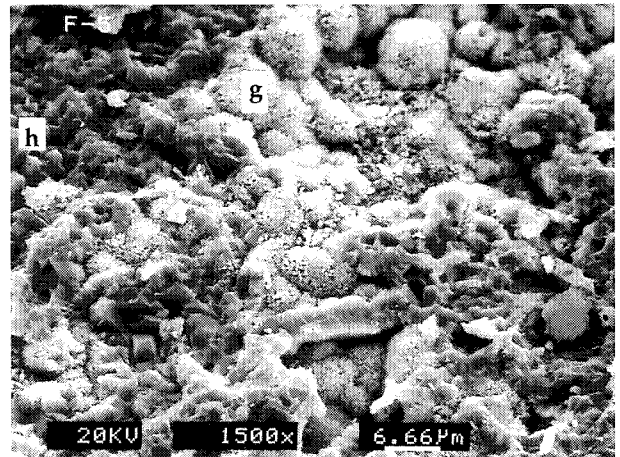
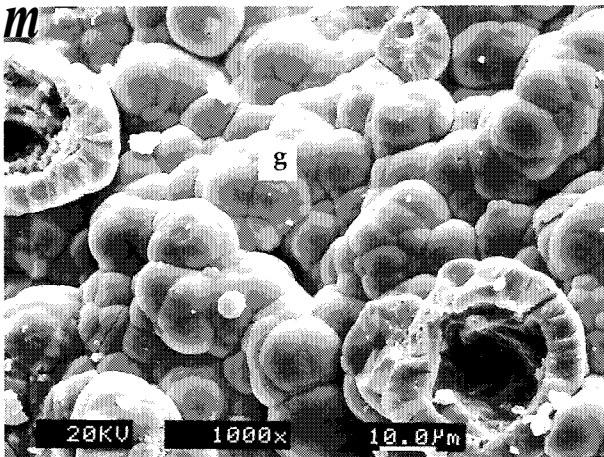
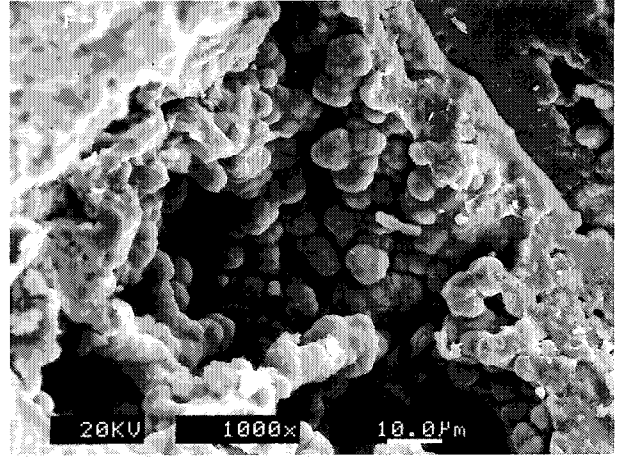
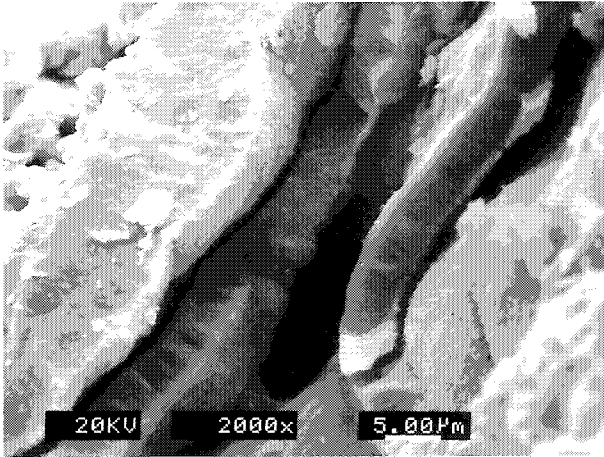
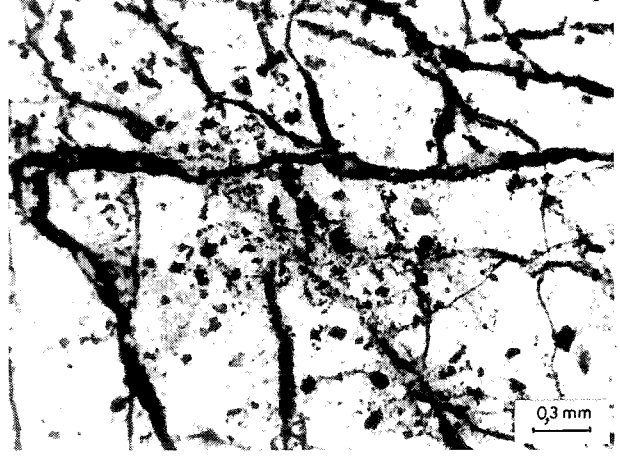
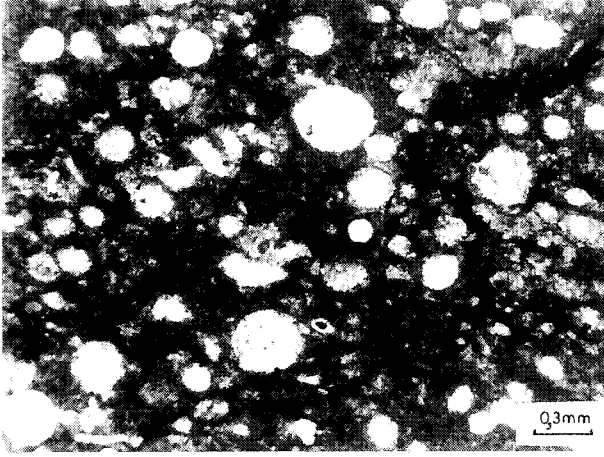
1. Anakayacı temsil eden killi, siltli biyomikritlerden bir görünüm (//N).
2. Lateritler içerisinde yer alan çört kalıntılarını kateden ince süperjen cevher damarları (//N).
3. Konsantrik bantlı götitlerde, bantların enine kesitlerinin SEM'deki görünümü.
4. Kovuklu götit örneğinde, boşlukların içerisine doğru gelişmiş olan mükemmel böbreğimsi-üzümsü, yer yer de sarkıt-dikit şekilli götit oluşumları (SEM'de).
5. Mükemmel böbreğimsi, götit (g) kabuklarındaki ışınal yapılı ince kristal demetleri-nin SEM'deki görünümü.
6. Solda, özşekilli-yarıözşekilli hematit (h) kristal toplulukları, orta üst kesimde ve sağda ise hematitler üzerinde büyümüş, ışınal yapılı götitlerin (g) oluşturduğu kirpi yada sünger görünümündeki kristal toplulukları ile yer yer farkedilebilen kimyasal korozyon izleri (SEM'de).

- 1- An appearance of the clayey, silty biomicrites represented to parent rock (//N).
- 2- Thin supergene ore veins cutted chert relicts included in laterites (//N).
- 3- SEM photomicrograph showing of the cross sections of bands in the concentric banded goethites.
- 4- SEM photomicrograph showing of the perfectly reniform, locally stalactite-stalagmite shaped goethite occurrences in cavities.
- 5- SEM photomicrograph showing reniform shaped goethite (g) crust formed from radial goethite crystals.
- 6- At the left, euhedral-subhedral hematite (h) crystal aggregates, at the middle-upper and right part, hedgehog or sponge shaped crystal aggregates formed by radial goethites (g) and locally distinguishable chemical corrosion traces, in SEM



BÜYÜKBELEN (FARAŞA - YAHYALI - KAYSERİ) DEMİR CEVHERİNİN OLUŞUMU

LEVHA I  
PLATE /



## LEVHA II

## PLATE II

1. Hematit (h) kristalleri üzerinde büyüyen ışınal yapılı götit (g) kristal topluluklarının oluşturduğu kirpi yapıları ile sağ alt köşede çözünerek götitlere dönüşmüş olan özşekilli hematit kristallerine ait boşlukların görünümü (SEM'de).

2. Özşekilli - yarıözşekilli hematit (h) kristalleri arasında yer alan lifsi-masif görünümlü götitler (g) ve sağ üst köşede bazı iri hematit kristalleri üzerindeki kimyasal korozyon izleri (SEM'de)

3. Sağ kesimde götit kabuklar arasında yer alan özşekilli hematit (h) kristalleri solda radyolaryaya fosil kalıpları ve erime kanalları, sağ üst köşede ise, iri hematit kristalleri üzerindeki kimyasal korozyon izleri görülmektedir (SEM'de).

4. Böbreğimsi götitler üzerinde gelişen hematit kristallerinin SEM'deki görünümü.

5. Böbreğimsi götitler üzerinde gelişen hematit (h) kristallerinin daha ayrıntılı görünümü (SEM'de)

6. Lifsi - masif götitler (g) arasında yer alan özşekilli ikincil kuvars (k) kristallerinin SEM'deki görünümü.

*1- SEM photomicrograph showing of the hedgehog shaped textures formed by radial goethite (g) crystal aggregates growing on the hematite (h) crystals and at the right lower part, the cavities of the euhedral hematite crystals transformed to goethite crystals as a result of solution.*

*2- Photomicrograph showing of the fibrous-massive goethites (g) among euhedral-subhedral hematite (h) crystals and chemical corrosion traces on the coarse hematite crystals at the right upper corner.*

*3- An appearance of the euhedral hematite (h) crystals between goethite crusts at the right part, radiolaria fossil traces and leaching cannels at the left part, chemical corrosion traces on the coarse hematite crystals at the right upper corner, in SEM.*

*4- SEM photomicrograph showing of the hematite crystals growing on the reniform goethites. '*

*5- More detailed SEM photomicrograph showing of the hematite (h) crystals growing on the reniform goethites.*

*6- SEM photomicrograph showing of the euhedral secondary quartz (k) crystals found among fibrous-massive goethites (g).*

