

## Hasançelebi Manyetit Yatağının Jeolojisi, Jeokimyası ve Kökenine Bir Yaklaşım

*Geology, Geochemistry and Approach to Genesis of Hasançelebi Magnetite Deposits*

**Dicle BAL AKKOCA, Melek URAL**

Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, ELAZIĞ (melekural@firat.edu.tr)

### ÖZ

Hasançelebi demir yatağı Orta Anadolu'nun güneydoğu kesiminde yer alır. Yatak sahasının en yaşlı birimini Jura-Alt Kretase yaşlı peridotit, serpantin, gabro ve dolerit daykları içeren ofiyolitik kayalar oluşturmaktadır. Bunların üzerinde yer yer skapolitleşmiş bazalt, dolerit, diyabaz, andezit, trakitlerle ardalanmalı konglomera, kumtaşı, şeyl ve resifal kireçtaşlarından oluşan Üst Kretase-Maestrihtiyen ( $75 \pm 2$  ve  $74.37 \pm 1$  My arası) yaşlı volkano-sedimanterler yer alır. Bu birimleri Maestrihtiyen yaşlı ( $65.12 \pm 1.6$  My) siyenit, kuvars siyenit, nefelin siyenit ve siyenodiyorit bileşimindeki asidik intrüzyon ve buna bağlı aplitik, pegmatitik dayklar kesmiş, bu sırada birkaç safhada meydana gelmiş olan hidrotermal aktiviteler, tüm kayaları skapolitleştirmiştir. termik metasomatizma, mekanik deformasyon metasomatizmasının oluşturduğu skapolitfelslerin ana minerali dipir özelliğindedir. Manyetit cevherleşmesi skapolitler içerisinde 4.3 km uzunluğunda hem volkanosedimanlarda hem de siyenit porfir dayklarında masif, saçınımlı ve damar tipi yataklar halinde meydana gelmiştir. Cevherleşmenin ana minerallerini manyetit, pirit, kalkopirit; gang minerallerini ise skapolit, biyotit, olivin, enstatit, diyopsit, vollastonit, kalsit, epidot, aktinolit ve kuvars oluşturmaktadır. Yatağın kökenine ilişkin farklı araştırmacılar tarafından sedimanter ve magmatik oluşum şeklinde iki farklı görüş ileri sürülmektedir.

Elementlerin konsantrasyonları ve birbirlerine göre davranışları, yatakların kökeni hakkında önemli ipuçları sağlar. Uygun istatistiksel yöntemler kullanılarak cevherleşmedeki elementlerin davranışları hakkında veriler sağlamak mümkündür. Bu kapsamda, Hasançelebi demir yatağına ait sondaj ve galerilerden alınmış 67 adet kayaç örneklerinin mevcut  $\Sigma Fe_2O_3$ ,  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$ ,  $MgO$ ,  $CaO$  ana oksit;  $Cu$ ,  $Co$ ,  $Ni$ ,  $S$ ,  $Ti$  ve  $V$  iz element içerikleri SPSS adlı istatistik program kullanılarak değerlendirilmiştir. Frekans dağılımı ve belirtici istatistiklerden, o

ortalama,  
sivrilik,  
çarpıklık,  
standart sapma,  
minimum,  
maximum, medyan,  
değişim katsayısı,

değişkenlerin korelasyon ve regresyon analizleri % 95 anlamlılık düzeyinde tespit edilmiştir. Bu çalışmada kayaç örneklerinin incelenmesi sonucu ortaya çıkan tüm istatistiksel sonuçlar, 89 adet sondajda cevher konsantre ve 24 sondajdaki artık numunelere ait kimyasal analizlerin Akkoca (2003) tarafından yapılan çok değişkenli istatistiksel yöntemlerle değerlendirme sonuçlarına uyum göstermiştir.

Kolmogrov-Smirnov testi ile % 95 güvenirlilik düzeyinde jeokimyasal verilerin frekans dağılımları incelenmiştir. Bu test değerlerine göre  $\Sigma FeO$   $P=0,12 > 0,05$ ,  $SiO_2$   $P=0,09 > 0,05$ ,  $Al_2O_3$   $P=0,22 > 0,05$ ,  $CaO$   $P=0,07 > 0,05$ ,  $MgO$   $P=0,14 > 0,05$ ,  $Ti$   $P=0,06 > 0,05$  ve  $V$   $P=0,17 > 0,05$  normal dağılım sunarken;  $S$   $P=0,02 < 0,05$ ,  $Cu$   $P=0,0003 < 0,05$ ,  $Ni$   $P=0,000 < 0,05$ ,  $Co$   $P=0,00132 < 0,05$  elementlerinde normal dağılım mevcut değildir. Dağılımların belirtici istatistikleri güvenirlilik testini doğrulamaktadır. Çarpıklık ve varyasyon katsayılarının düşük, mod ve medyan değerlerinin benzer olmaları,  $\Sigma FeO$ ,  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$ ,  $Ti$  ve  $V$  grafiklerinin normal dağılıma uygunluğunu göstermektedir.  $Cu$ ,  $Co$ ,  $Ni$ ,  $S$  element dağılımlarının daha yüksek sivrilik katsayılarına sahip olmaları ise bunların ağırlıklı olarak sülfür minerallerine olan bağlılıklarını yansıtmaktadır. Bu elementlerde  $X(ort) > Medyan$  olması da negatif eğimli dağılımı yansıtır ki bu da sülfür fazının yataktaki zenginleşmesini göstermektedir. Makroskobik ve mikroskobik gözlemlerde sülfür minerallerine yoğun bir şekilde rastlanılmaktadır.

$\Sigma FeO$ ,  $MgO$  ( $P=0,04$ );  $\Sigma FeO, V$  ( $P=0,02$ );  $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$  ( $P=0,00$ );  $Al_2O_3$ ,  $Co$  ( $P=0,03$ );  $MgO, V$  ( $P=0,00$ );  $Cu$ ,  $S$  ( $P=0,00$ );  $Ni$ ,  $S$  ( $P=0,00$ );  $Cu$ ,  $S$  ( $P=0,00$ );  $Ni$ ,  $Cu$  ( $P=0,00$ );  $Cu$ ,  $Co$  ( $P=0,00$ );  $Co$ ,  $Ni$  ( $P=0,00$ );  $Ti$ ,

V (P=0,00) (P<0,05) elementleri anlamlı pozitif;  $\Sigma\text{FeO}$ ,  $\text{SiO}_2$  (P=0,00);  $\Sigma\text{FeO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (P=0,00);  $\text{MgO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (P=0,04); Cu, Ti (P=0,00); Cu, V (P=0,03); Ni, Ti (P=0,00); Ni, V (P=0,00); Co, Ti (P=0,01); Co, V (P=0,00) elementleri ise anlamlı negatif korelasyonlar göstermektedir. Bu korelasyonlar farklı hidrotermal fazları yansıtmaktadır. Fe - V (cevher oksit faz); Fe, V -  $\text{MgO}$  (cevher oksit ve Mg'lu mafik silikat fazı);  $\text{Al}_2\text{O}_3$  -  $\text{SiO}_2$  (silikat fazı);  $\text{Al}_2\text{O}_3$  - Co (sülfid-silikat fazının mineral birlikteliği) ve Cu, Ni, Co ile Ti, V arasındaki negatif korelasyonlar, cevher mineral oksid fazı ile sülfid mineral fazı arasındaki ayrılaşmayı gösterir. Eğer sedimanter oluşum modeli geçerli olsa idi, farklı fazların olmaması gerekirdi. Cevher oksit mineralleri ile mafik silikat minerallerinin birlikteliği, tabandaki ultramafitlerin de cevherleşmeye katkıda bulunduğunu göstermektedir.

Kutu grafikleri,  $\text{SiO}_2$  ve  $\Sigma\text{FeO}$ 'in yaklaşık eşit miktarlarda olduğunu göstermektedir. Bu, yatakta Fe'ce zengin mineralleşmeyi yansıtır. Özellikle Cr'un konsantrasyonu ve artmakta (Akkoca, 2003) ve Ni elementinin konsantrasyonu artık ve kayaç örneklerinde yüksek miktarda bulunması da magmatik köken oluşumunu destekleyen bir bulgudur.

**Anahtar Kelimeler:** Hasancelebi demir yatağı, skapolit, Kolmogrov-Simirnov testi, korelasyon analizi, magmatik köken.

## ABSTRACT

*Hasancelebi iron deposit is located in the south east part of Central Anatolia. Jurassic-Early Cretaceous aged ophiolitic rocks which contain peridotite, serpentinite, gabbro and dolerite dykes constitute the oldest sequence in ore deposit. Upper Cretaceous-Maastrichtian aged (between  $75 \pm 2$  and  $74.37 \pm 1$  Ma) volcano-sedimentary series, which are formed by scapolite, basalt, dolerite, diabaz, andezite, tracyte and conglomerate, sandstone, shale, reef limestone intercalations, overlay ophiolitic complex. Maastrichtian aged ( $65.12 \pm 1.6$  Ma) siyenite, quartz siyenite, nefeline siyenite and siyenodioritic asidic intrusions and its aplitic pegmatitic dykes cut these older units. Several hydrothermal activities occurred during intrusion and have altered all rocks around deposit. Dipir is the main mineral of scapolitfels which were formed by thermic metasomatism, and mechanic deformation metasomatism. Magnetite ore was mobilized into vein-type deposits in scapolitfels, which is an ore-bearing zone that lies 4.3 km, and was occurred both in scapolitic volcano-sediments and in siyenite porphyry dykes as massive, disseminate and veins. The main minerals of deposit are, magnetite, pyrite, chalcopyrite; and gang minerals, scapolite, biotite, olivine, enstatite, diopside, wollastonite, calcite, epidote, actinolite and quartz. Two origin, magmatic and sedimentary, were deduced by different investigations.*

*The element concentrations and behaviour of elements give important clue about origin of deposits.. Statistical methods reveal elemental behaviours of mineralizations. Therefore,  $\Sigma\text{FeO}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$  major oxide; Cu, Co, Ni, S, Ti and V trace element of 67 rock samples in drilling-logs and gallery from Hasancelebi have been evaluated statistically, using SPSS statistical program. Descriptive statistics, mean, standart deviation, coefficient of variation of the variables at frequency distribution, and correlation and regression coefficients of variables were determined with 95% level of confidence. All these statistical results from rock samples were in agreement with previous study (Akkoca, 2003) which is interpretation of chemical data in magnetite concentrations of 89 drillings and residue-matter of 24 drillings from Hasancelebi Magnetite Deposits using Multivariate analytical methods.*

*Frequency distribution were performed to geochemical parameters by Kolmogrov-Simirnov test with 95 % level of confidence. According to these test values  $\Sigma\text{FeO}$ ,  $P=0,12 > 0,05$ ;  $\text{SiO}_2$   $P=0,09 > 0,05$ ;  $\text{Al}_2\text{O}_3$   $P=0,22 > 0,05$ ;  $\text{CaO}$   $P=0,07 > 0,05$ ,  $\text{MgO}$   $P=0,14 > 0,05$ ; Ti  $P=0,06 > 0,05$  and V  $P=0,17 > 0,05$  have normal distributions, but these can't be seen for S  $P=0,02 < 0,05$ ; Cu  $P=0,0003 < 0,05$ ; Ni  $P=0,000 < 0,05$ ; Co  $P=0,00132 < 0,05$  elements. Descriptive statistic values supported these test. Low coefficient of the skewness and variation, similar mod and median of frekans graphics confirmed normal distributions of  $\Sigma\text{FeO}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , Ti and V. Relatively higher skewness of frekans distributions of Cu, Co, Ni, S elements show the dependence of these elements on the sülfid minerals. X (mean) > Median of these elements graphics reveal negatively skewed distribution, which shows important amounts of sulphide phases in mine. The macroscopic and microscopic observations supported these phenomenon.*

Positif significant correlations of  $\Sigma\text{FeO}$ ,  $\text{MgO}$  ( $P=0,04$ );  $\Sigma\text{FeO}$ ,  $V$  ( $P=0,02$ );  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$  ( $P=0,00$ );  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Co}$  ( $P=0,03$ );  $\text{MgO}$ ,  $V$  ( $P=0,00$ );  $\text{Cu}$ ,  $S$  ( $P=0,00$ );  $\text{Ni}$ ,  $S$  ( $P=0,00$ );  $\text{Cu}$ ,  $S$  ( $P=0,00$ );  $\text{Ni}$ ,  $\text{Cu}$  ( $P=0,00$ );  $\text{Cu}$ ,  $\text{Co}$  ( $P=0,00$ );  $\text{Co}$ ,  $\text{Ni}$  ( $P=0,00$ );  $\text{Ti}$ ,  $V$  ( $P=0,00$ ) ( $P<0,05$ ); negative significant correlations of  $\Sigma\text{FeO}$ ,  $\text{SiO}_2$  ( $P=0,00$ );  $\Sigma\text{FeO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ( $P=0,00$ );  $\text{MgO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ( $P=0,04$ );  $\text{Cu}$ ,  $\text{Ti}$  ( $P=0,00$ );  $\text{Cu}$ ,  $V$  ( $P=0,03$ );  $\text{Ni}$ ,  $\text{Ti}$  ( $P=0,00$ );  $\text{Ni}$ ,  $V$  ( $P=0,00$ );  $\text{Co}$ ,  $\text{Ti}$  ( $P=0,01$ );  $\text{Co}$ ,  $V$  ( $P=0,00$ ) were determined. These correlations can be interpreted as different hydrothermal phases. Positif correlations between pairs of  $\text{Fe} - V$  (mine oxide phases),  $\text{Fe}, V - \text{MgO}$  (association of mineoxide minerals and  $\text{Mg}$  bearing mafic silicate minerals),  $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$  (silicate phases),  $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Co}$  (association of sulphide and silicate minerals), and negative correlations of  $\text{Cu}$ ,  $\text{Ni}$ ,  $\text{Co} - \text{Ti}$ ,  $V$  showed the a differantiation between sulphide mineral phase and mine mineral oxide phases. If the sedimentary origin were valid, these different phases could'nt be present. Presence of these differantiation is a clue for magmatic origin. The association of mine oxide minerals with mafic silicate minerals show that the basement ultramafic rocks have given materials by chemical process during mineralization..

The box graphics show nearly equal amount of  $\text{SiO}_2$  and  $\Sigma\text{FeO}$ . These show the enrichment of  $\text{Fe}$  mineralizations. Especialy the enrichment of  $\text{Cr}$  (Akkoca, 2003) in consantrated, residue-matter and  $\text{Ni}$  in consantrated, residue-matter and rock samples support intrusive magmatic origin also .

**Keywords:** Hasancelebi iron deposit, scapolite, correlation analysis, Kolmogrov-Simirnov test, magmatic origin.

#### **DEĞİNİLEN BELGELER**

Akkoca Bal D., 2003; Hasançelebi Manyetit Yatağına Ait Jeokimyasal Verilerin Çok Değişkenli Analiz Yöntemleri ile Yorumu, F.Ü. Fen ve Mühendislik Dergisi, 15(3), 387-398.

