

Genç Avnik (Bingöl) Alt Birlik Kayaçlarındaki Apatitli Manyetitlerin Cevher Mikroskopisi Temelli Oluşum Koşullarına Yönelik Çıkarımlar

Ahmet EFE

¹Department of Geological Engineering/ Sivas Cumhuriyet University, Türkiye

^{*}(efe@cumhuriyet.edu.tr)

(Received: 15 April 2025, Accepted: 23 April 2025)

(5th International Conference on Engineering, Natural and Social Sciences ICENSOS 2025, April 15-16, 2025)

ATIF/REFERENCE: Efe, A. (2025). Genç Avnik (Bingöl) Alt Birlik Kayaçlarındaki Apatitli Manyetitlerin Cevher Mikroskopisi Temelli Oluşum Koşullarına Yönelik Çıkarımlar. *International Journal of Advanced Natural Sciences and Engineering Researches*, 9(4), 134-140.

Özet – Bu çalışma, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yer alan Bitlis Masifi'nin en batı uzantısındaki Alt Birlik metamorfik kayaçlarında bulunan apatitli manyetit cevherleşmesini incelemektedir. Arazi ve mikroskopi çalışmaları kapsamında, Alt Birlik birimlerinde gnays, felsik ve bazik metavolkanitlerin yanı sıra cevherleşmeyi temsil eden 10 adet örnek toplanmış ve incelenmiştir. Mikroskopik analizler, manyetit, hematit ve maghemit minerallerinin cevher bileşenlerini, apatit, kalsit ve kuvarsın ise gang minerallerini oluşturduğunu ortaya koymuştur. Manyetitler genellikle saçınımlı veya damar tipi yapı şeklinde gözlenmiş; martitleşme ile maghemitlere dönüşmüştür. Hematitlerin metamorfizma izleri taşıdığı belirlenmiştir. Jeolojik ve jeokimyasal veriler, cevherleşmenin Prekambriyen döneminde yüksek volkanik etkinlik gösteren bir denizel ortamda geliştiğini göstermektedir. Endojenik süreçler, demirin volkanik kayaçlardan kaynaklandığını ortaya koyarken, fosfatın eksojenik bir kökeni olduğu düşünülmektedir. Cevher oluşumu, magmanın ayrımlanması ve kristalleşmesi sonucu oluşan karışmayan sıvılarla ilişkilendirilmiştir. Sr-izotop verileri ve NTE içerikleri, cevherleşmenin deniz suyu ile ilişkili olmadığını göstermektedir. Sonuç olarak, Bitlis Masifi'nin Alt Birlik kayaları içerisinde hem sedimanter hem de magmatik süreçlerin karmaşık etkileşimleriyle zenginleşmiş apatitli manyetit yatakları tespit edilmiştir. Bu veriler, cevherleşme modellerine önemli katkılar sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler – Bitlis Masifi, Apatitli Manyetit, Metamorfik Kayaçlar, Volkanik Ayrımlanma, Prekambriyen Dönemi.

I. GİRİŞ

Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde, Güneydoğu Anadolu Kenet Kuşağı boyunca yerleşmiş üç metamorfik masif bulunmaktadır. Bu masifler, en batıda yer alan Malatya-Pötürge Masifi ile doğuda yer alan Bitlis Masifi ile kenet kuşağının kendisini kapsamaktadır. Bitlis Masifi, yeşil şist fasiyesinden amfibolit fasiyesine kadar değişen kaya türlerini içermektedir. Jeolojik ve paleontolojik verilere [1-2] ve radyometrik yaş tayinlerine [3-4] göre bu kayaçlar, Paleozoyik dönemde oluşmuş, deformasyona uğramış ve metamorfizmaya maruz kalmıştır.

Metamorfik masiflerin güneyinde Güneydoğu Anadolu ofiyolit kuşağı, bunun güneyinde ise yerli (otokton) kenar kıvrımları kuşağı yer almaktadır. Bitlis Metamorfikleri, genel olarak Alt Birlik ve Üst Birlik olmak üzere iki ana kaya grubuna ayrılmaktadır [5]. Alt Birlik kayaları, yaşları Prekambriyen olarak kabul edilen gnays, felsik metavolkanit-metatüf ve bazik metavolkanit birimlerinden oluşmaktadır. Gnays birimleri; gri renkli, biyotitli, granatlı feldispat ve kuvars gnaysların yanı sıra yeşil renkli, manyetit

ve amfibol açısından zengin amfibol gnaysları içermektedir. Felsik metavolkanitler ise açık mavi renkli, yer yer silisleşmiş, feldispat porfiroblastlı, kalın katmanlı özellikler sergilemektedir. Bununla birlikte, felsik metavolkanitlerle ardışıklı bulunan felsik metatüfler açık mavi ve açık yeşil renklerde olup orta katmanlıdır. Bazik metavolkanitler ise koyu yeşil ve gri renkli metaaglomeralar ve kalın katmanlı, feldispat porfiroblastlı metavolkanitlerden oluşmaktadır. Alt Birlik birimleri, Avnik ve Yayla Granitoidleri tarafından kesilmektedir [5].

Bu çalışmada, Bitlis Masifi'nin en batı uzantısında, Alt Birlik kayaları içerisinde zenginleşmiş apatitli manyetit oluşumlarını konu almaktadır. Cevherleşmeden alınan örneklerin cevher mikroskopisi çalışmaları ile cevher oluşum süreçleri ve parajenezine yönelik çıkarımlar gerçekleştirilecektir.

II. MATERYAL VE YÖNTEM

Arazi çalışmaları sırasında, cevher mikroskopisi incelemeleri için cevherleşmeyi temsil eden toplam 10 adet örnek toplanmıştır. Toplanan örneklerden parlatma blokları hazırlanmıştır. Bu süreçte, örnekler parçalanmaya karşı dayanıklı olacak şekilde özel ölçütlere uygun kaplar içerisine yerleştirilmiş ve polyester (epoksi) malzemesi ile kalıba alınmıştır.

Hazırlanan parlatma blokları, öncelikle kaba aşındırıcı işleminden geçirilmiştir. Daha sonra yüzeyleri, silisyum karbür tozu kullanılarak pürüzsüz hale getirilmiş ve farklı incelikteki alümina pasta malzemeleri ile parlatma işlemleri gerçekleştirilmiştir. Hazırlık aşamalarının ardından bloklar, Leica DM-2500p marka üstten ve alttan aydınlatmalı polarizan mikroskop altında incelenmiştir.

Tüm laboratuvar çalışmaları, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü bünyesindeki laboratuvarlarda bulunan cihazlar kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

III. JEOLJİK ÖZELLİKLER

A. Alt Birlik Birimleri

Jeolojik haritada (Şekil 1) Alt Birlik olarak sınıflandırılan kayalar arasında gnayslar, felsik metavolkanik-metatüf, bazik metavolkanitler ve metagranitler bulunmaktadır. Çalışma alanında gözlenen gnays türleri; albit gnays, albit-amfibol gnays, amfibol gnays, albit-kuvars-amfibol gnays ve apatitli-manyetitli aktinolit gnays olarak tanımlanmıştır. Albit gnays kirli beyaz renkte, iri feldispat gözlü ve kötü yönlendirilmiş bir yapıya sahiptir. Bu türün ana bileşenleri feldispat, kuvars ve az miktarda mafik minerallerdir. Albit-amfibol gnays kahverengimsi açık sarı renkte olup kötü yönlendirilmiş, yanal ve düşey fasiyeslerde geçişlilik gösteren bir birimdir. Amfibol gnays, koyu yeşil renkli, yönlendimi belirgin ve üç yönde gelişmiş klivaj sistemi ile apatit-manyetit cevherleşmesiyle ilişkilidir. Albit-kuvars-amfibol gnays, açık kahve ve sarı renkli, yumuşak yapılı, kötü yönlendirilmiş bir türdür ve genellikle geçiş zonlarında gözlenir. Aktinolit gnays ise, apatit-manyetit cevherleşmesinin ana kayacını oluşturur; yeşil ve koyu yeşil renkli, sert ve lifsi bir yapıya sahiptir ve fay zonlarında şistlik bir görünüm sergiler. Gnays birimlerinin toplam kalınlıkları 1000-1200 metre arasında değişmektedir.

Felsik metavolkanit birimi, felsik metavolkanit, felsik metatüf (kuvars-muskovit şist), metaçört (kuvars şist), disten-serizit, kuvars şist ve felslerden oluşmaktadır. Bu birim içerisinde yanal yönde kamalanan benekli amfibol gnays birimi yer almakta olup, genellikle ince merccekler halinde margarit ve korund fels seviyeleri gözlenmektedir. Felsik metavolkanitler, güneydoğu-kuzeybatı doğrultusunda uzanan bir hat boyunca yüzeylenmekte olup, açık mavi renkli, sert ve konkoidal kırılma yüzeyleriyle dikkat çekmektedir. Üç yönde gelişmiş klivaj sistemine sahip olan bu birim, farklı boyutlarında feldispat porfiroblastları içermektedir. Bazik metavolkanitlerle ardalı olarak bulunmaktadır.

Felsik metatüf (kuvars-muskovit şist) açık yeşil ve açık mavi renkli, yumuşak yapılı, feldispat porfiroblastlı ve ince yapraklı bir birimdir. Mineralojik bileşimi muskovit, kuvars, albit, rutil, apatit, sfen ve opak minerallerden oluşmaktadır. Yüzey dokuları ise genellikle oldukça ayrılmış bir görünüm sergilemektedir.

Bazik metavolkanit koyu gri renkli, sert yapılı ve kalın katmanlı bir birimdir. Felsik metavolkanitlerle ardalı olarak bir şekilde gözlenen bazik metavolkanit granoblastik, porfiroblastik ve şist dokuludur. Alterasyon sonucu oluşan klorit şistler birim içerisinde sıkça gözlenmektedir. İnce kesit incelemelerinde

ve biyotit açısından zengin olması ve iri kristalli dokusuyla Avnik granitinden ayrılır. Yayla graniti, yan kayaları keskin bir intrusif dokanakla kesmekte olup, içerisinde bol miktarda aplit ve pegmatit dayklarını barındırmaktadır. Mineralojik bileşim olarak kuvars, ortoklas, mikroklin, pertit, amfibol ve biyotit içermektedir. Aplit ve pegmatit daykları ve damarları bu kütlede yaygın bir şekilde bulunmaktadır.

Avnik Granitoyiti, Avnik Köyü ve Yeniçevre Köyü civarında yüzeylenmektedir. Bu granitoid, heterojen bir iç yapıya sahip olup gnaysik yapraklanmalı ve çevre kayalarla uyumlu dokanak ilişkileri sergilemektedir. Kenar zonlardan merkeze doğru ilerledikçe foliyasyon belirginliğini yitirmekte ve masif-orta irilikte kristalli bir kütleyle geçiş gözlenmektedir. Avnik Granitoyitinin heterojen bir iç yapı sunması, magmatitik kenar zonlarının varlığı, içerisindeki anklavların geçişli sınırları ve aplitik-pegmatitik dayk içermemesi, magmatik kütlelerin katazonal bir yerleşime sahip olduğunu göstermektedir [5].

IV. YAPISAL ÖZELLİKLER

Çalışma alanında Alt ve Üst Birlik kayaları, çeşitli deformasyon süreçlerinden etkilenmiş olup en az iki fazlı metamorfizma ve kıvrımlanma ile ilişkilidir. Miyosen döneminin sonunda, makaslama yüzeylerine karşıt olarak gelişen bindirme fayları boyunca kesilerek güneye, Lice Formasyonu üzerine itilmişlerdir. Miyosen tektoniği, bu kayalarda yaygın kataklastik parçalanmalara yol açmıştır. Alt ve Üst Birliklerin karmaşık yapısı, Miyosen bindirmeleri ve daha önceki metamorfizma ile kıvrımlanma süreçlerinin bir sonucu olarak yorumlanmaktadır [4-6]. Ayrıca bölgesel ölçekte KB-GD eksen uzanımlı ve GB'ye devrik bir antiklinal meydana gelmiştir.

Alt ve Üst Birlik kayalarında egemen doğrultu yönü KB, eğimler ise KD'ye doğrudur. Klivaj düzlemleri üç yönde iyi gelişmiş olup, tüm kayalar bu sistemlerden etkilenmiştir. Ancak çizgisellik özellikleri kayaç türüne bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Gnayslarda çizgisellik genelde iyi gelişmiştir, metavolkanitlerde ise çizgisellik daha kötü durumdadır. Granitoid ve migmatitlerde yönelim ise oldukça belirgin bir şekilde gözlenmiştir. Gnayslar, antiklinal eksenine paralel kıvrım sistemleri ve mikro yapılar geliştirmiştir. Metavolkanitlerin kıvrımlanmaya dayanıklı olmadığı, kırılma ve çatlama yapıları sergilediği belirlenmiştir. Faylar genellikle K-G ve bazen D-B doğrultusunda gelişmiş olup, doğrultu atımlıdır. Alt ve Üst Birlikleri etkileyen sürüklenimler ise KB-GD yönlüdür.

Avnik apatitli manyetit yatağı köken olarak başkalaşmış bir intrüzif magmatik yatak olarak tanımlanmaktadır [6-7] (Helvacı, 1984a, b; Çelebi, 1985). Cevherleşmeler yaklaşık 454 ± 13 Ma önce aynı magmatik süreçlerin ürünleri olarak oluşmuş ve bölgedeki lav, volkanik kırıntılar ve etkin volkanik ekzalyasyonlar nedeniyle hızlı bir çökelim meydana gelmiştir. [5], bu yatağın volkano-sedimanter kökenini vurgulamakta olup, [6], Avnik manyetit apatit cevherlerinin kalk-alkalin volkanik istiflerle ilişkili olduğunu belirtmektedir. Sr-izotop verilerine göre, cevherlerin granitoid sokulumuyla remobilize olduğu ve ağısı cevherleri oluşturduğu önerilmektedir. Jeokimyasal analizler, bu cevherlerin Avnik volkanik kayalarını oluşturan magmanın ayrılan ve kristalleşmesi sırasında ayrılan karışmayan sıvılardan kaynaklandığını göstermektedir.

Kayaçların deformasyon süreçleri, bölgedeki Kaledoniyen ve Hersiniyen Orojenezlerinden büyük ölçüde etkilenmiştir. Kaledoniyen Orojenezisi sırasında, bazik kayaçların amfibolitlere, volkanit ve tüflerin ise metavolkanit ve metatüflere dönüştüğü düşünülmektedir. Hersiniyen döneminde, Alt Birlik kayalarını kesen anateksi granitoidleri oluşmuş ve Üst Birlik kayalarının çökelişinin ardından bölge, Geç Kretase'de tekrar metamorfizmaya uğrayarak KB-GD eksen uzanımlı antiklinal yapı geliştirmiştir. Erken-Orta Miyosen'de, Lice Formasyonu filiş fasiyesinde çökelmiş ve Miyosen sonunda Alt ve Üst Birlikler bindirme fayları ile güneye itilmiştir.

V. CEVHERLEŞME MODELİ

Apatitli manyetit oluşumları, Bitlis Masifi'nin en batı uzantısında, Alt Birlik kayaları içerisinde Avnik (Bingöl-Genç) yöresinde yer almaktadır. Bu oluşumlar, amfibol gnayslar ve metavolkanitler içinde bantlı, saçınımlı, damar ve mercekler şeklinde yataklanmıştır.

[5], Avnik modeline ilişkin çalışmalarında, Prekambriyen döneminde yüksek volkanik etkinliğin baskın olduğu denizel bir ortamdan bahsetmektedir. Ortaç ve asidik bileşimde, porfiritik dokuda oluşan

metalavların denizaltı topografyasındaki çukurluklarda mercekşekilli masif demir yataklarının çökelmiş olabileceğini öne sürmektedir. Riyodasit bileşimindeki metalavları oluşturan magmanın viskozitesinin yüksek olması sebebiyle son derece düzensiz bir denizaltı topografyası gelişmiş; bu durum, masif cevherlerin doğrultuları boyunca kısa mesafelerde mercekleşmesine veya birden çok düzey haline dönüşmesine neden olmuştur. Lavların ve volkanik kırıntıların yoğunluğu ile etkin volkanik ekzalasyonlar sonucunda hızlı bir çökelim meydana gelmiş; masif cevher zonları içerisinde bantlı yapı az belirgin şekilde oluşmuştur (Şekil 2).



Şekil 2. Çalışma alanında saçınımlı, bantlı, masif ve damar tipi cevherleşmelere ait arazi görüntüleri.

Petrografik ve kimyasal incelemeler, demir yataklarındaki demirin endojenik olarak volkanik kayalardan kaynaklandığını göstermektedir. Demir, volkanik kayaların deniz suyuyla ayrışması ve volkanik ekzalasyonlar yoluyla çökelim ortamına taşınmıştır. Ancak fosfatın kökeni, petrografik inceleme ve kimyasal analizlerin ortaya koyduğu üzere, volkanik kayalarla ilişkili değildir. Fosfatın eksojenik olduğu ve organik veya kimyasal yolla çökelmiş olabileceği düşünülmektedir [5]. Avnik ve Ünal'dı yöresindeki apatitin zengin olduğu yataklarda gözlenen ince laminalı ve düzenli sedimenter yapılar, apatitin sedimentasyon ürünü olduğu görüşünü desteklemektedir.

Avnik apatitli manyetit yatağı, köken itibarıyla başkalaşmış bir intrüzif magmatik yatak olarak tanımlanırken [5-7], yatağın volkano-sedimanter bir kökeni olduğunu vurgulamaktadır. [6]'nın bölgedeki çalışmaları, Avnik manyetit apatit cevherlerinin ortaçtan felsiğe değişen kalk-alkalin volkanik istiflerle ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır. İntrüzif veya sedimanter kökeni destekleyecek saha verilerinin son derece sınırlı olduğu belirtilmekte; granitoid sokulumuyla remobilize olan cevherlerin ağısı yapı oluşturduğu ifade edilmektedir. Sr-izotop verileri, granitoid kaynaklı akışkanlarla remobilizasyonun geliştiğini göstermekte, ayrıca yüksek NTE kapsamı, negatif Eu anomalisi ve negatif Ce anomalilerinin olmayışı, cevher oluşumu sırasında deniz suyu ile etkileşimin gerçekleşmediğini ortaya koymaktadır. Bu veriler, sedimanter veya volkanik eksalatif kökeni dışlamaktadır [3-4-7].

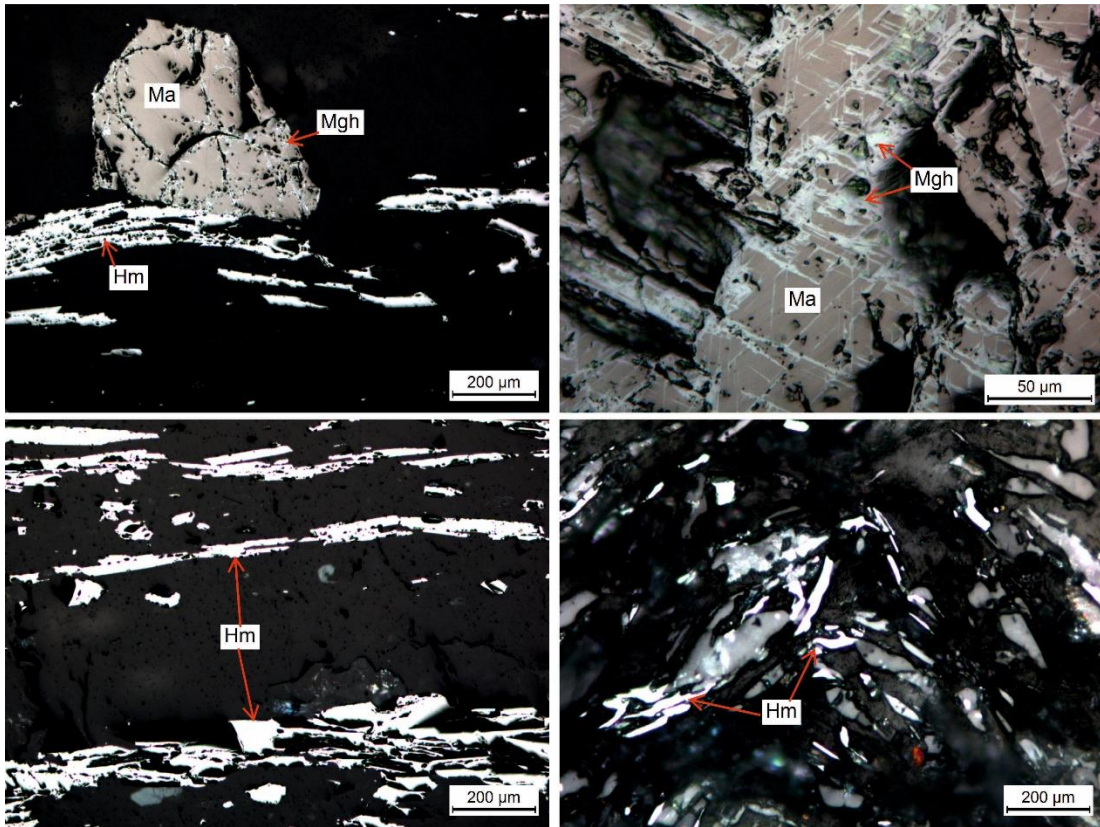
Cevher yataklarındaki apatitlerin NTE içerikleri, bölgedeki Avnik volkanikleriyle karışmayan sıvılardan kristalleşmiş apatitlerin özelliklerini taşımaktadır. Bölgedeki manyetitli apatit cevherleri, jeokimyasal verilere göre Avnik volkanik kayalarını üreten magmanın ayrımlanması ve kristalleşmesi sırasında ortaya çıkan karışmayan sıvılardan oluşmuştur. Kaledoniyen orojenezi sırasında bölgedeki kayalar rejyonal çapta amfibolit fasiyesinde metamorfizmanın etkisi altında kalmış; bazik kayalar amfibolitlere, volkanit ve tüfler ise metavolkanit ve metatüflere dönüşmüştür. Hersiniyen orojenezi esnasında Alt Birlik kayalarını kesen anateksi granitoidi oluşmuş; Ordovisiyen-Jura denizi gelişimi sırasında killi, kireçtaşı

ve kuvars seviyeleri çökelmiştir. Üst Birlik adı verilen bu kayaçların çökeliminin ardından Geç Kretase’de bölge yeniden kıvrımlanmış ve metamorfizmaya uğramıştır. Bu süreçte, KB-GD eksen uzanımlı ve GB’ye devrik bir antiklinal olduğu düşünülmektedir.

Erken-Orta Miyosen’de filiş fasiyesinde Lice formasyonu gelişmiş ve Miyosen sonunda Alt ve Üst Birlik kayaları bindirme fayları boyunca güneye doğru itilmiştir.

VI. CEVHER MİKROSKOPİSİ

Arazi çalışmalarında, Alt Birim metamorfik kayaçları içerisinde yer alan cevherli örneklerin mikroskopik incelemeleri sonucunda, manyetit, hematit ve maghemitlerin cevher minerallerini; apatit, kalsit ve kuvarsın ise gang minerallerini oluşturduğu belirlenmiştir (Şekil 3). Manyetit mineralleri, yankayaç içerisinde saçınımlı ve damar tipi yapı şeklinde gözlenmiş, çoğunlukla martitleşme süreciyle maghemitlere dönüşmüştür. Hematit mineralleri ise, özellikle şistozite düzlemlerinde yoğunlaşmış olup klivaj ve basınç ikizlenmesi gibi metamorfizma süreçlerine ait izler taşımaktadır.



Şekil 3. Cevherleşmeye ait mikroskop görüntüleri. (Ma: Manyetit, Hm: Hematit, Mgh: Maghemit).

VII. SONUÇLAR

Bu çalışma, Bitlis Masifi’nin en batı uzantısında yer alan Alt Birlik metamorfik kayaçları içerisinde oluşan apatitli manyetit cevherleşmesinin jeolojik, petrografik ve kimyasal özelliklerini detaylı bir şekilde incelemeyi hedeflemiştir. Arazi çalışmaları ve mikroskopik incelemeler, cevherleşmenin oluşum süreçlerine dair önemli ipuçları sunmuştur.

Alt Birlik birimlerinde, gnays, felsik ve bazik metavolkanitlerin metamorfik dönüşüm süreçleri ve cevherleşmelerle olan ilişkisi dikkat çekmektedir. Cevher mineralleri olarak manyetit, hematit ve maghemit; gang mineralleri olarak ise apatit, kalsit ve kuvarsın baskın olduğu belirlenmiştir. Manyetitler, yankayaç içerisinde saçınımlı ve damar tipi yapı şeklinde gözlenmiş ve martitleşme süreci sonucunda

maghemitlere dönüşüm geçirmiştir. Hematitlerin şistozite düzlemlerinde yoğunlaşması ve metamorfizma izleri taşınması, cevherleşmenin ilk olarak stratiform tip bir oluşum olduğuna dair bilgileri pekiştirmektedir.

Apatitli manyetit cevherleşmesinin genetik özellikleri, volkanik süreçler ile ilişkili olabileceğini göstermiştir. Ancak Manyetilerde gözlenen ileri derecedeki martitleşmeler Alt Birlik kayaçlarından daha genç olan Yayla Granitoyitinin bölgeye yeleşimi sırasında oluşturduğu hidrotermal etkileşimin bir sonucu olma olasılığını düşündürmektedir. Çünkü tüm sahada manyetitlerin büyük oranda Martitleşme süresinin etkisi altında kaldığı görülmektedir.

Sonuç olarak, Avnik yöresindeki apatitli manyetit oluşumlarının, Prekambriyen dönemine dayanan volkanik ve metamorfik süreçlerin karmaşık etkileşimleri sonucunda stratiform olarak oluştuğu ve günümüzde gözlenen ve ekonomik olarak işletilen cevherleşmelerinde granitik sokulumlara bağlı olarak bu stratiform cevherleşmelerin remobilize olarak yeniden, mercek ve kütleler şeklinde yerleştiğini düşündürmektedir. Jeolojik ve jeokimyasal veriler, cevherleşmenin denizel ortamda geliştiğini ve bu süreçte hem endojenik hem de eksojenik kaynakların rol oynadığını göstermektedir. Çalışmanın sonuçları, Özellikle martitleşme süreçleri göz önüne alındığında, bölgedeki cevherleşme modellerine dair yeni bir perspektif sunarak, cevher oluşum süreçlerinin daha iyi anlaşılmasına katkı sağlamaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] Altinli, I. E., 1966. Geology of Eastern and South Eastern Anatolia, Part n: Turkey Min. Research and Explor, Inst, Bull., 67, 1=22,
- [2] Göncoğlu, M. C., ve Turhan , N., 1983. New results on the age of Bitlis metamorphlcs: Turkey Min. Research and Explor. Inst, Bull., 95/96, 1-5.
- [3] Yılmaz, O., 1975, Çacas bölgesi (Bitlis Masifi) kayaçlarının petrografik ve stratigrafik incelemesi : Türkiye Jeoloji Kur. Bült., 18,33-40.
- [4] Helvacı, C. ve Griffin, W. L., 1983a, Rb-Sr Geochronology of the Bitlis Masif, Avnik (Bingöl) Area, SE Turkey. Geol. Soc. London Spec. Publ. 13, 225-265.
- [5] Erdoğan. B. Ve Dora O. Ö., 1983. Bitlis Masifi apatitli demir yataklarının Jeolojisi ve Oluşumu. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, C. 26,133 -144.
- [6] Helvacı, C., 1984b, Bitlis Masifi Avnik (Bingöl) yöresi apatitli demir yataklarının oluşumu. Jeol. Müh.19, 33-51.
- [7] Çelebi, H. 1985, Die Genese der Magnetit-Apatit-Lagerstätte Avnik, Provinz Bingöl/Türkei und ihre wirtschaftsgeologische Bewertung. doktora tezi (yayınlanmamı), Berlin, 214 s.