

Kazdağ Masifi (Balıkesir) Metaofiyolitinin Jeolojisi ve Titan İçeriği Açısından Değerlendirilmesi

Geology of Metaophiolite at Kazdağ Massive (Balıkesir) and the Its Evaluation in Terms of Titanium Content

Yalçın ŞENTÜRK¹ ve Taner ÜNLÜ²

¹DSİ Genel Müdürlüğü, Jeoteknik Hizmetler ve YAS Dairesi Başkanlığı, Yücepete, ANKARA

²Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Tandoğan, TR06100, ANKARA

ÖZ

Bu çalışmada; Kazdağ masifi (Balıkesir) metaofiyolitinin (metadunit, amfibolit/metagabroların) stratigrafik konumları belirlenmiş ve bu kayaçların titan içeriği açısından değerlendirilmesi yapılmıştır.

Yüksek dereceli metamorfik kayaçlardan (amfibolit fasiyesi) oluşan Kazdağ masifi içerisindeki metaofiyolit, Tozlu formasyonu olarak adlandırılmıştır. Metadunit, amfibolit ve metaperidotitlerden oluşan bu birim, amfibol gnays ve mermer ardalanmasından oluşan Fındıklı formasyonu üzerine tektonik dokanakla gelmektedir. Tozlu formasyonunun üzerine ince bir gnays seviyesi ile mermerlerden oluşan Sarıkız formasyonu, Sarıkız formasyonunun üzerine ise tektonik dokanakla gnayslardan oluşan Sütüven formasyonu gelmektedir.

Titan cevherlerinin birincil ve ikincil yataklanma tipleri vardır. Birincil yataklar için önemli yankayaç türleri anortozit, gabro ve noritlerdir. Çalışma sahasındaki Tozlu formasyonu içerisindeki amfibolitlerin gabroik kayaçlardan türediği, mineralojik-petrografik yöntemlerle saptanmıştır. Ayrıca, alınan örneklerde cevher mikroskobisi çalışmaları da yapılmıştır. Bunların sonucunda derlenen 23 adet örnekte jeokimyasal analizler yapılmıştır. Bu kimyasal analizler sonucunda örneklerin titan içeriği açısından değerlendirilmesi ve titan elementinin Fe, Co, Cr, Ni, Cu ve Zn elementleri ile olan ilişkileri tartışılmıştır.

Mineralojik-petrografik çalışmalar ve kimyasal analizler sonucunda, Kazdağ metaofiyolitinin yer aldığı sahanın, titan cevherleşmesi açısından bugünkü koşullarda cevher sayılabilecek biçimde ümitli olmadığı saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Balıkesir, Kazdağ Masifi, Tozlu Formasyonu, Metaofiyolit, Titan, Jeokimya.

ABSTRACT

In this study, stratigraphical position of metaophiolite (metadunite, amphibolite/metagabbro) of Kazdağ Massive (Balıkesir) is determined and they are examined for their titanium contents.

Metaophiolite in Kazdağ Massive, composed of high-degree metamorphic rocks (amphibolite facies), are called as Tozlu Formation. This unit contains metadunites, amphibolites and metaperidotites and overlain by Fındıklı Formation, composed of amphibole gneiss and marble sequence, with a tectonic contact. Sarıkız Formation which is formed by marbles, comes over Tozlu Formation with a conformable boundary and overlain by Sütüven Formation, which is dominantly composed of gneisses.

Titanium ores have primary and secondary bedding types. The important rock types for the primary beddings are anorthosite, gabbro and norite. The source of amphibolites in Tozlu Formation is originated from gabbroic rocks on the bases of fieldwork and mineralogical – petrographical methods. Under this scope, ore microscopy of samples are studied. In addition, in order to obtain the titanium content in the study area 23 samples are objected to chemical analyses. The result of these analyses and the relationship of titanium with other elements; Fe, Co, Cr, Ni, Cu and Zn; are discussed and evaluated.

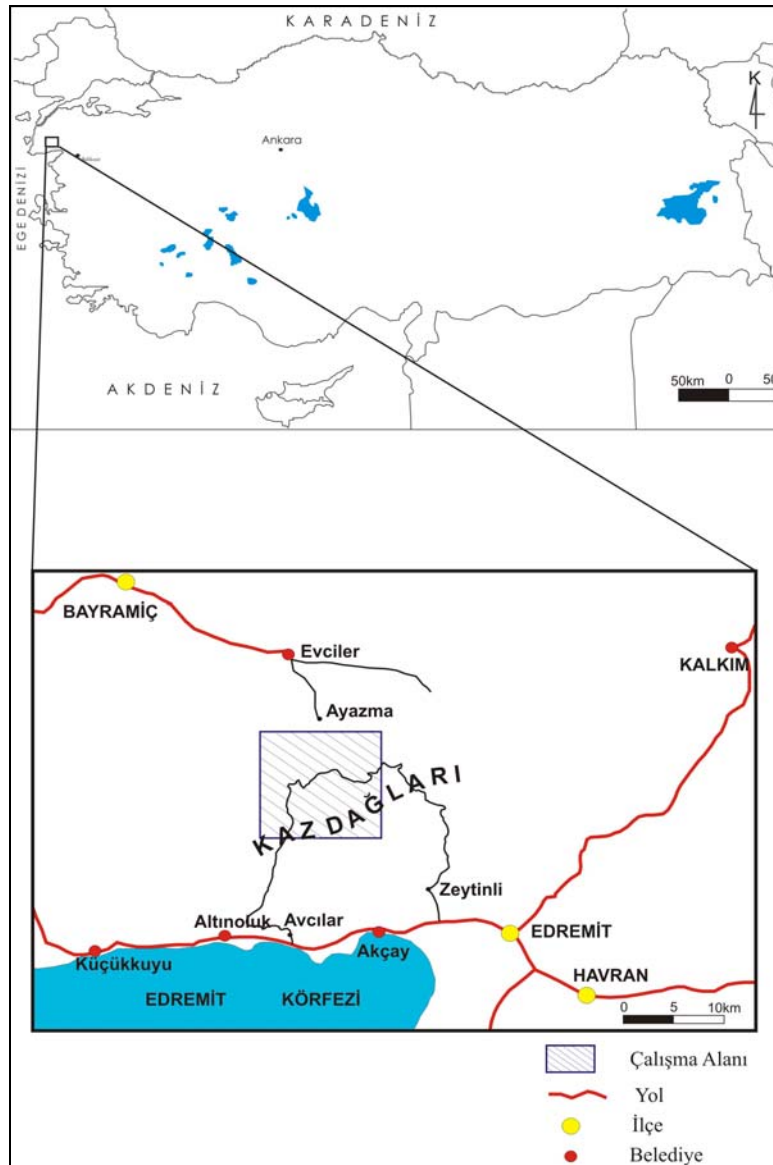
As a result of mineralogical and petrographical studies and chemical analyses, the area of Kazdağ metaophiolite do not seem encouraging for titanium mineralization under today's conditions.

Key Words: Balıkesir, Kazdağ Massive, Tozlu Formation, Metaophiolite, Titanium, Geochemistry.

GİRİŞ

Çalışma alanı Balıkesir ilinin 90 km. B-KB'sında ve Edremit (Balıkesir), Bayramiç (Çanakkale) ve Ayvacık (Çanakkale) ilçelerinin sınırları içinde yer almakta olup (Şekil 1), 1/25000 ölçekli Ayvalık İ17-c₁ ve İ17-c₂ paftalarında konumlanmaktadır. Bu çalışmada Kazdağ masifinin çalışma alanı sınırları içerisinde kalan

bölümünün stratigrafisini yorumlamak ve aynı alanda yüzeyleyen metaofiyolit (metadunit, amfibolit/metagabroların) ayrıntılı jeolojik, mineralojik, petrografik ve jeokimyasal yöntemlerle incelenmesi ve titan içeriği açısından değerlendirilmesi amaçlanmıştır.



Şekil 1. Çalışma alanı yer bulduru haritası.

Figure 1. Location map of the study area.

GENEL JEOLJİ

Çeşitli metamorfik kayalardan oluşan Kazdağ masifi birçok araştırmacılar tarafından çalışılmış ve bu çalışmalarda jeolojik açıdan farklı görüşler ortaya konulmuştur. Bu bölgedeki yapılan son çalışma MTA ve İTÜ'nün ortak yürüttüğü "Biga Yarımadası'nın Ekonomik ve Çevre Jeolojisi" isimli proje olup*, çalışma ile ilgili bulgular şu günlerde bir kitap halinde basım aşamasındadır.

Çalışma alanı ve çevresinde daha önce yapılmış olan araştırmaların bazıları; Geis, 1953; Kaaden, 1957; Schuiling, 1959; Gümüş, 1964; Aslaner, 1965; Bingöl, 1968; 1969; 1971; 1976; Bilgin, 1969; Bingöl ve diğ., 1973; Gözler ve diğ., 1984; Okay, 1984; Gözler, 1986; Papanikolaou ve Demirtaşlı, 1987; Siyako ve diğ., 1989; Okay ve diğ., 1990; Okay ve diğ., 1991; Okay ve Tüysüz, 1999; Okay ve Satır, 2000 ve Duru ve diğ., 2004 olarak sıralanabilir.

Çalışma alanı Ketin, 1966'nın Pontidler olarak tanımladığı tektonik birlik içerisinde yer almaktadır. Bu alan aynı zamanda Şengör ve Yılmaz, 1981 ve Okay ve diğ., 1990 tarafından tanımlanan Sakarya kıtası içinde bulunmaktadır.

Kazdağ masifi, Sakarya kıtasının temelinde tektonik pencere şeklinde yüzeylenmektedir (Okay ve diğ., 1990). Kazdağ masifi üzerinde Triyas- Miyosen yaşlı litolojiler tektonik konumlu olarak bulunmaktadır. Bu litolojilerin tabanında Sakarya kıtasına ait olan Karakaya kompleksi yer almaktadır. Bazik volkanit, spilit, grovak, kumtaşı ve mercekli kireçtaşlarından oluşan ve içinde farklı boyutlarda Permo-Karbonifer yaşlı kireçtaşı blokları bulunduran Karakaya kompleksi ilk defa Bingöl, 1968 tarafından tanımlanmış, Bingöl ve diğ., 1973 tarafından formasyon mertebesinde adlandırılmış ve bu birimin yaşı Alt Triyas olarak saptanmıştır. Daha sonra Okay ve diğ., 1990 ise içerisinde farklı tektonostratigrafik birimlerin (Nilüfer birimi, Çal birimi, Orhanlar grovağı ve Hodul birimi) bulunduğu istifi Triyas yaşlı Karakaya kompleksi

olarak açınmışlardır. Karakaya kompleksi kayaları düşük-orta basınç/düşük sıcaklık koşullarında ve düşük yeşil şist fasiyesinde metamorfizmaya uğramışlardır (Bingöl ve diğ., 1973). Karakaya kompleksi üzerinde açılı uyumsuzlukla Liyas yaşlı Bayırköy formasyonu (ilk defa Granit ve Tintant, 1960 Bilecik'in kuzeyinde Bayırköy yöresindeki Liyas yaşlı kumtaşlarına Bayırköy kumtaşı adını vermişler ve Altınlı, 1973 tarafından birkaç litoloji türü içermesi nedeniyle Bayırköy formasyonu olarak isimlendirilmiştir), Geç Jura-Erken Kretase yaşlı Bilecik formasyonu (ilk olarak Granit ve Tintant 1960 tarafından tanımlanmış, daha sonra aynı birim Altınlı, 1973 ve Okay ve diğ., 1990 tarafından da aynı isimle adlandırılmıştır) ve Soğukçam formasyonu (Kretase yaşlı mikritik yarı pelajik kireçtaşları ilk defa Altınlı, 1973 tarafından adlandırılmıştır) bulunmaktadır. Bunların üzerinde tektonik konumlu Üst Kretase yaşlı Ofiyolitli karışık gelmektedir. Ofiyolitli karışığın üzerinde uyumsuzlukla Eosen yaşlı filiş ve Oligo-Miyosen yaşlı volkanotortullardan oluşan birimler yer almaktadır. Tüm bu birimler Oligo-Miyosen yaşlı granodiyoritler tarafından kesilmektedir.

Kazdağ masifinin ilk metamorfizma yaşı Rb-Sr ve K-Ar metodları ile Karbonifer başlangıcı olarak saptanmıştır (Bingöl, 1971 ve Bingöl ve diğ., 1973). Son metamorfizma yaşı ise Oligo-Miyosen olarak belirlenmiştir (Bingöl, 1971; Bingöl ve diğ., 1973 ve Okay ve Satır, 2000). Kazdağ metamorfizmasının son metamorfizma koşullarında; masifin 15 km. derinde olduğu ve Oligo-Miyosen'den itibaren bugünkü konumuna yükseldiği düşünülmektedir (Okay ve Satır, 2000).

Duru ve diğ., 2004 Kazdağ masifindeki formasyonların son metamorfizma öncesi yan yana gelmiş naplar olduğunu saptamışlar ve son metamorfizmayı hepsinin birlikte geçirdiğini savunmuşlardır.

* 1. yazar bu projede MTA elemanı olarak görev yapmıştır.

Çalışma Alanının Jeolojisi

Kazdağ masifinin stratigrafisine yönelik çalışmalar; Bingöl, 1968 ve 1969; Bingöl ve diğ., 1973; Gözler ve diğ., 1984; Gözler, 1986 ve Duru ve diğ., 2004 tarafından yapılmış (Şekil 2) ve son olarak MTA ve İTÜ'nün ortaklaşa yürüttüğü proje kapsamında çalışmalar sürdürülmüştür (MTA ve İTÜ, Baskıda).

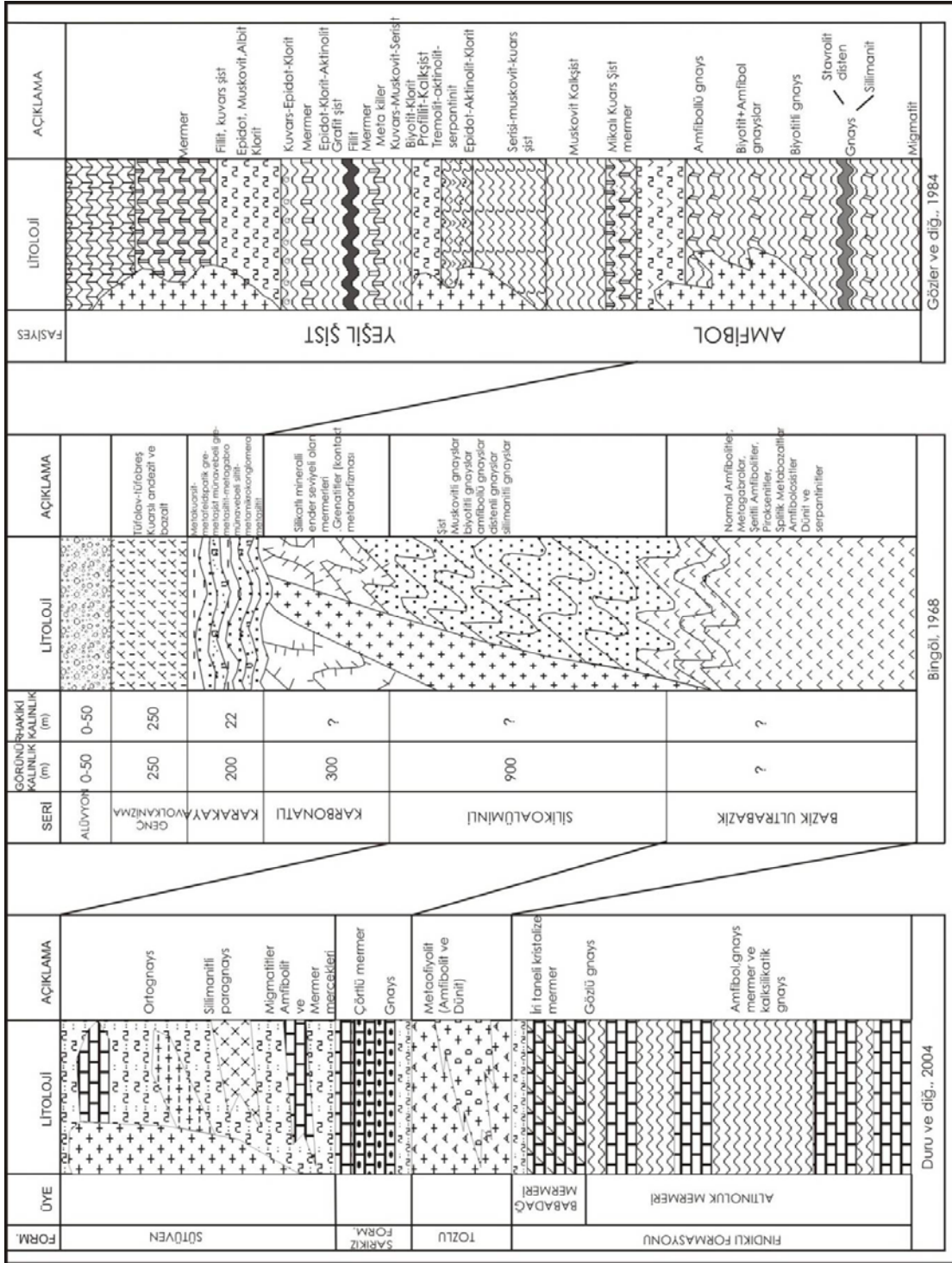
Duru ve diğ., 2004'e göre Kazdağ masifi alttan üste doğru; mermer ve amfibollü gnays ardalanması (Fındıklı formasyonu), daha üstte metaofiyolitler (Tozlu formasyonu), onun üstünde mermerler (Sarıkoz formasyonu) ve en üstte ise kuvarso-feldispatik gnayslar (Sütüven formasyonu) olarak ayrılmıştır (Şekil 3). Bu yayındaki stratigrafik birim adlamaları (Şekil 4) Duru ve diğ., 2004'e göre yapılmıştır.

Fındıklı Formasyonu (Pzf)

Genel olarak amfibollü gnays ve mermer litolojilerinin ardalanmasından oluşan bu

formasyon, ilk defa Duru ve diğ., 2004 tarafından adlandırılmıştır. Fındıklı formasyonunun litoloji özelliklerinin en iyi izlendiği Arıtaşı köyünün doğusundaki Fındıklı dere, tip yeri olarak seçilmiştir. Çalışma alanının güney bölümlerinde; Kozburun tepe, Mandıra tepe, Kubar tepe, Gemiburnu tepe, Çatı mevki, Öküzçukuru mevki, Şahin deresi ve Zeybek tepe arasında yüzeylemektedir.

Kazdağ antiklinoryumunun çekirdeğinde yeralan Fındıklı formasyonunun alt dokanağı çalışma alanında gözlenmemektedir. Fındıklı formasyonu içerisinde, kalınlıkları 10-75 m. arasında değişen 6-7 adet mermer seviyeleri ayrılmıştır (Şekil 5). İstif içerisindeki mermerler arasında 10-150 m kalınlığında gnays bantları bulunmaktadır. Mermerler kendi içerisinde küçük dalgalanmalar şeklinde eğim değişimleri göstermektedir. Formasyon içerisindeki mermerler yapısal ve dokusal özelliklerindeki farklılıklar ve haritalama kolaylığı açısından değerlendirilerek



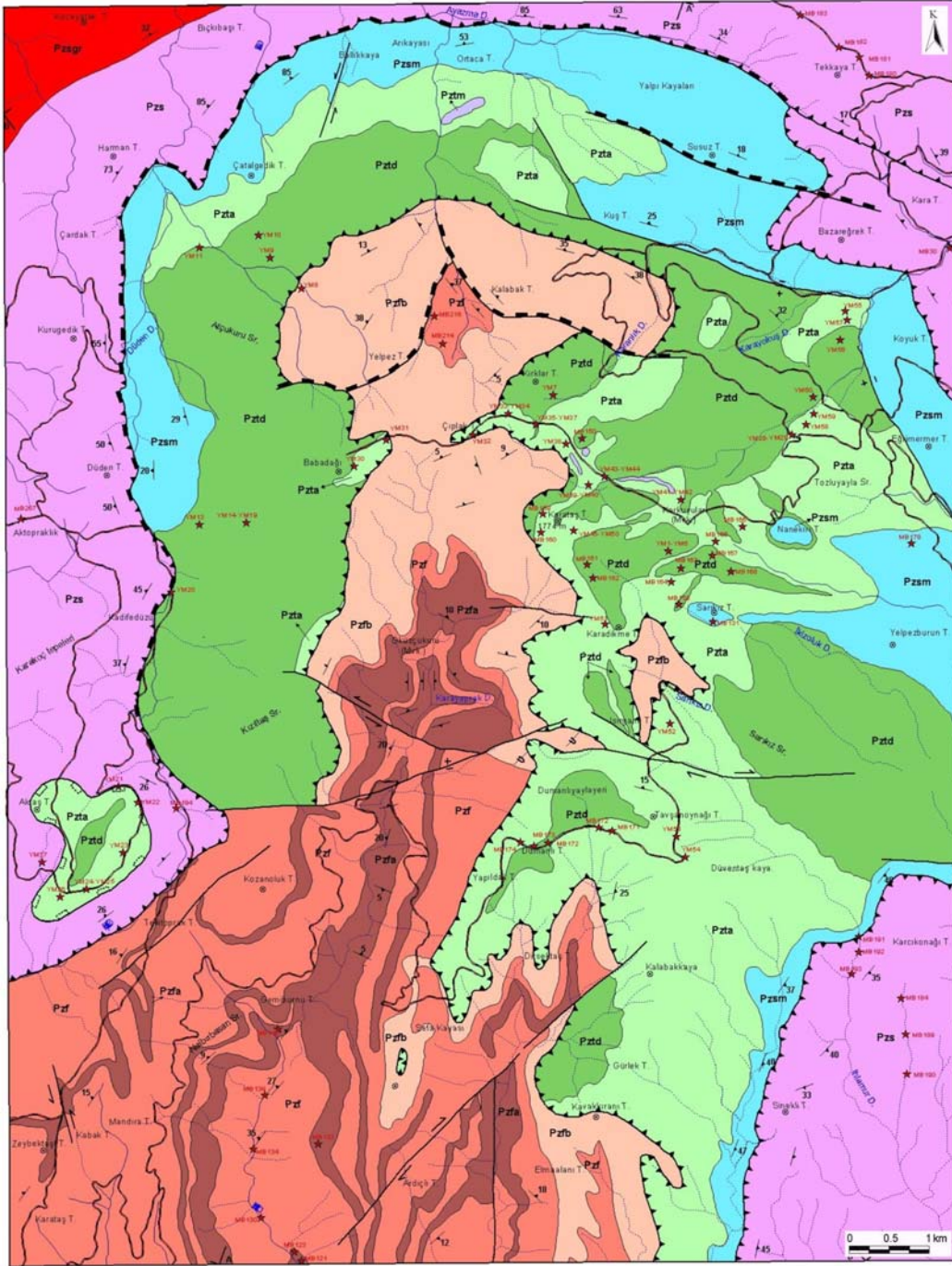
Şekil 2. Kazdağ masifinin karşılaştırmalı ve deneştirmeli stratigrafik dizinimi (Şentürk, 2005).

Figure 2. Comparative stratigraphic column of Kazdağ Massive (Şentürk, 2005).

FORM.	ÜYE	LİTOLOJİ	AÇIKLAMA
SÜTÜVEN FORM.			Ortognays Sillimanitli paragnays Migmatitler Amfibolit ve Mermer mercekleri
SARIKIZ FORM.			Çörtlü mermer Gnays
TOZLU			Metaofiyolit (Amfibolit ve Dünit)
FINDIKLI FORMASYONU	BABADAĞ MERMER		İri taneli kristalize mermer
	ALTINOLUK MERMER		Gözlü gnays Amfibol, gnays mermer ve kalsilikatik gnays

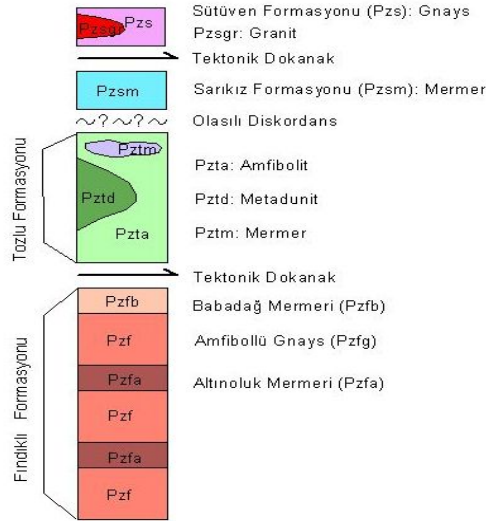
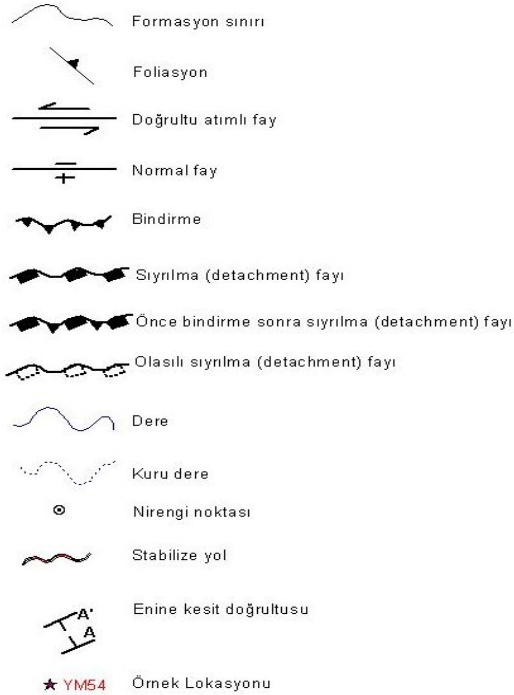
Şekil 3. Kazdağ masifinin stratigrafik kolon kesiti (Duru ve diğ., 2004).

Figure 3. Stratigraphic column section of Kazdağ Massive (Duru et al. 2004).



Şekil 4a. Kazdağ masifi (Balıkesir - Edremit) jeoloji haritası (Şentürk, 2005, harita alımı: Duru ve Şentürk; 2001-2003).

Figure 4a. Geology map of Kazdağ Massif (Edremit-Balıkesir) (Şentürk, 2005, mapping by Duru and Şentürk, 2001-2003).

AÇIKLAMALAR**LİTOLOJİ BİRİMLERİ****SİMGELER**

Şekil 4b. Şekil 4a'nın açıklamaları.

Figure 4b. Explanation of figure 4a.



Şekil 5. Fındıklı dere içerisindeki amfibollü gnays ve mermer ardalanması.

Figure 5. Amphibolite bearing gneiss and marble alternation in Fındıklı dere.

Altınoluk (Pzfa) ve Babadağ (Pzfb) mermer üyelerine ayırtlanmıştır. Yapısal olarak en üst mermer seviyesi metaofiyolitinin altına gelen Babadağ mermer üyesidir. Diğer mermerler ise Altınoluk mermer üyesi olarak ayırtlanmış ve haritalanmıştır. Altınoluk mermer üyesi genel olarak beyaz, pembe renkli, orta-ince taneli ve şeker dokulu görünümündedir. Altınoluk mermerleri inceleme alanının güney-güneybatısında yer almakta olup; Zılgın dere, Öküzçukuru mevki, Fındıklı dere, Kapaklıyayla, Ardıçlı tepe, Elmaalan tepe ve Gemiburnu sırtında yüzeylenmektedir. Babadağ mermer üyesi; beyaz, kirli beyaz, gri renkli, diğer mermerlere göre iri kristalli ve kalın bir mermer seviyesi olarak arazide görülmektedir. Özellikle Kazdağları'nın zirvesinde ve güneydoğusunda yer almakta olup; Kalabak tepe,

Yelpez tepe, Kozlu dere, Tuzlu dere, Elmaalan tepe ve Ayıçukuru sırtında gözlenmektedir.

Gözler ve diğ., 1984 ve Gözler, 1986 mermerlere, gnays birimlerinin ara seviyelerinde ya da üst kısımlarında rastlandığını, gnays birimlerinin bitişi ile birlikte mermer seviyelerinin hemen başladığını belirtmişlerdir.

Mermerler arasında kalın bantlar oluşturan gnayslar; mavimsi yeşil, fıstık yeşili, yeşil renkte, iyi foliasyonlu olup altta ve üstte mermerlerle geçişlidir. Arazi ve petrografik incelemelerde Fındıklı formasyonu mermerleri haricindeki litolojilerin çoğunlukla; gnays, kalsikatik gnays, şist ve amfibolitlerden oluştuğu saptanmakla birlikte, gnayslar hakim litolojiyi oluşturmaktadır. Arazide Sütüven formasyonu gnayslarından daha

koyu renge sahip olan Fındıklı formasyonu gnaysları daha yoğun olarak amfibol minerali içermesi nedeniyle amfibollü gnays olarak adlandırılmıştır. Formasyonun üst seviyelerine doğru ve özellikle Babadağ mermeri altında kuvarsist ve gözlü gnayslar da görülmektedir. Formasyonun alt kesimlerinde (Tuzlu pınarı, Ayvalı dere ve Zığın tepe) amfibol miktarının arttığını, ayrıca kayacın içinde epidot ve granat minerallerinin varlığı görülmektedir. Yer yer

gnays ve mermerler birbirlerinin içerisinde kamalanarak kaybolurlar. Gnays ve mermerler aynı eğim ve doğrultuya sahiptirler. Fındıklı formasyonunun tip lokalitesi olan Fındıklı derede gnays ve mermerler içerisinde akma yapıları da gözlenmektedir (Şekil 6). Gnayslar yoğun biçimde çalışma alanının G-GB'sında yer almakta olup; Talaşman sırtı, Pınarcık tepe, Kubar tepe, Mandıra tepe, Fırınılı tepe, Ahlat sırtı ve Adadağı tepede yüzeyler.

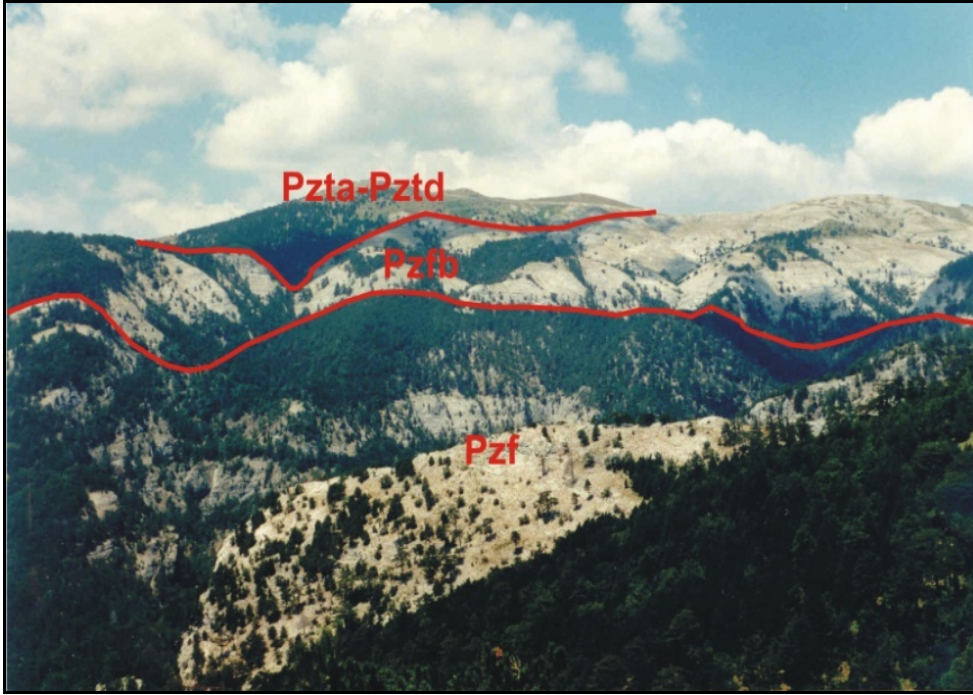


Şekil 6. Fındıklı formasyonu içerisindeki akma yapıları.
Figure 6. Flow structures in Fındıklı formation.

Bingöl, 1968 ve 1969 ile Bingöl ve diğ., 1973 çalışmalarında Fındıklı formasyonu içerisindeki amfibollü gnaysları metaofiyolitin içerisinde Kozburun amfibolit üyesine, mermerleri ise Kazdağ istifinin en üst seviyesinde yer alan karbonatlı seriye dahil ederek, haritalamışlardır. Aynı zamanda Fındıklı formasyonu Bingöl ve diğ., 1973 tarafından Tozlu formasyonu içerisinde değerlendirilmiş ve Tozlu formasyonunu oluşturan üyelerin tek bir magmanın farklılaşmasından

meydana geldiği savunulmuştur. Duru ve diğ., 2004 ise, arazi ve petrografik gözlemlere dayanarak Fındıklı formasyonunu, Tozlu formasyonundan farklı bir birim olarak ayırtlamışlar ve bu formasyonun volkano-sedimanter bir istifin metamorfizması sonucu oluştuğunu belirtmişlerdir.

Fındıklı formasyonunun üstüne tektonik olarak metaofiyolitten oluşan Tozlu formasyonu gelmektedir (Şekil 7).



Şekil 7. Fındıklı ve Tozlu formasyonlarının genel arazi görünümü (Pzta: Tozlu formasyonu amfibolitleri, Pztd: Tozlu formasyonu metadunitleri, Pzfb: Fındıklı formasyonu Babadağ mermer üyesi ve Pzf: Fındıklı formasyonu).

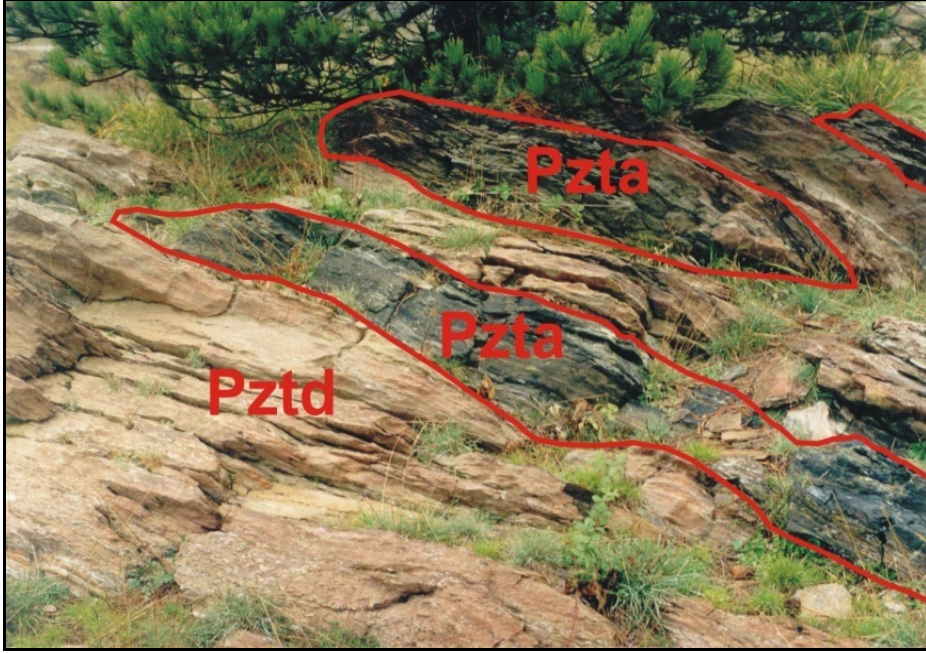
Figure 7. General field view of Fındıklı and Tozlu formations (Pzta: Amphibolites of Tozlu formation, Pztd: Metadunites of Tozlu formation, Pzfb: Babadağ marble member of Fındıklı formation and Pzf: Fındıklı formation).

Tozlu Formasyonu (Pzt)

Metafiyolitik kayalardan oluşan formasyon ilk kez Bingöl ve diğ., 1973 tarafından tanımlanmıştır. Kazdağı'nın zirvesinde izlenir ve tip lokalitesi Tozlu yayladır. Babadağ, Çıplak tepe, Karataş tepe, Kırklar tepe, Gavurgediği sırtı, Atçukuru sırtı, Karkuyuları mevki, Karadikme tepe ve Düden alanı arasında yüzeyler. Genelde amfibolit, metadunit ve metaperidotitlerden oluşmaktadır ve bu kayalar birbirleri ile girift durumdadır. Formasyonun alt ve üst seviyelerinde amfibolitler, ortalarında ise metadunitler çoğunlukta bulunmaktadır (Şekil 8). Geniş yayılımları olan amfibolit ve

metadunitler foliasyonlu yapı ve izoklinal kıvrımlara sahiptirler (Şekil 9).

Amfibolitler; koyu siyah, siyah, koyu yeşil ve yeşil renkte olup, iri taneli, bantlı yapılı, leopar desenli ve masif görünümlü olmak üzere birkaç değişik şekilde gözlenmektedir (Şekil 10-11). İnceleme alanında; Tozlu yayla sırtı, Çıplak tepe, Çörtencik sırtı, Karkuyuları mevki, Karadikme pınarı, Düventaş kayaları ve Kalabakkaya'da yüzeyler. Bingöl, 1968 amfibolitleri; amfibol şistler, normal amfibolitler, şeritli amfibolitler ve saçılmış strüktürlü amfibolitler olmak üzere 4 grup altında incelemiştir.



Şekil 8. Tozlu Formasyonu içerisindeki metadunit ve amfibolitler (Pzta: Tozlu formasyonu amfibolitleri ve Pztd: Tozlu formasyonu metadunitleri).

Figure 8. Metadunite and amphibolites in Tozlu formation (Pzta: Amphibolites of Tozlu formation and Pztd: Metadunites of Tozlu formation).



Şekil 9. Tozlu formasyonu içerisindeki amfibolitlerin kıvrımlı yapıları.

Figure 9. Folding structures of amphibolites in Tozlu formation.



Şekil 10. Tozlu formasyonu içerisindeki leopar desenli amfibolitler.
Figure 10. Leopard textures of amphibolites in Tozlu formation.

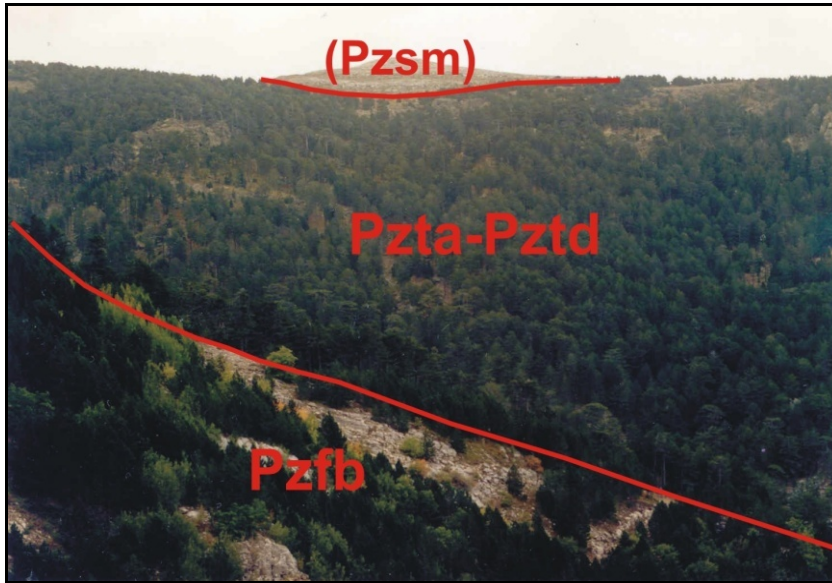


Şekil 11. Tozlu formasyonu içerisindeki bantlı amfibolitler.
Figure 11. Banded amphibolites in Tozlu formation.

Metadunitler; koyu kahve ve pas rengi bozunma rengine sahip olup, temiz iç yüzeyleri koyu yeşil ve kahverengidir. Metadunitler granatlı ve bol foliasyonlu yapılar sergilemektedirler. Çalışma alanının batısında; Atçukuru sırtı, Babadağ tepe ve Kazanoluk tepe arasında, kuzeyde; Gavurgediği sırtı ve Karayokuş dere arasında, doğuda; İkizoluk dere ve Gölcük dere arasında, merkezde ise; Kırklar tepe, Karataş tepe, Karadikme tepe, Isırganlı tepe ve Dumanlıyayla'da yüzeylemektedir. Tozlu formasyonu içerisinde mercek şeklinde mermerler de bulunmaktadır.

metaofiyolit de üzerine Sarıkız formasyonunun (mermerlerinin) ince bir seviye olarak geldiği (Şekil 12) gözlenmiştir (Duru ve diğ., 2004).

Bingöl, 1968 ve 1969 metaofiyoliti stratigrafik olarak bazik ve ultrabazik seri adı altında masifin en alt seviyesine koymaktadır. Bu formasyonun üzerine ise siliko alüminli seriyi getirmektedir. Ultramafik ve mafik kayaların arazinin merkezi ve güney kısmında yüzeylediğini, çeşitli dokulardaki; amfibolit, piroksenit, dunit, serpantin ve split bazaltlardan oluştuklarını belirtmiştir.



Şekil 12. Tozlu formasyonunun stratigrafik konumunu gösteren arazi fotoğrafı (Pzfb: Fındıklı formasyonu Babadağ mermer üyesi, Pzta: Tozlu formasyonu amfibolitleri, Pztd: Tozlu formasyonu metadunitleri ve Pzsm: Sarıkız mermeri).

Figure 12. Field photo showing stratigraphic position of Tozlu formation (Pzfb: Babadağ marble member of Fındıklı formation, Pzta: Amphibolites of Tozlu formation, Pztd: Metadunites of Tozlu formation and Pzsm: Sarıkız

Eski çalışmalarda metaofiyolit birimi Kazdağı'nın temeli olarak düşünülmüştür. Fakat yapılan harita çalışmaları sonucunda metaofiyolit de Fındıklı formasyonunun Babadağ mermer üyesi üstüne tektonik olarak geldiği ve

Gözler ve diğ., 1984 ve Gözler, 1986 istifin gnays birimlerinin ara seviyelerindeki koyu yeşil, siyahımsı renkli, genellikle foliasyona paralel biçimde dizilmiş amfibolit, serpantin

ve metadunitlerden oluştuğunu, bu birimlerin olasılıkla eski mafik ve ultramafik kayalara karşılık geldiğini belirtmişlerdir. Bu litolojilerin amfibolit fasiyesinin düşük sıcaklık derecelerinde metamorfizmaya uğradığını belirtmişler ve bunları bölgenin en eski kayaları olarak tanımlamışlardır. Ayrıca, metadunit ve serpantinitle ana minerallerinin relikte şeklindeki olivinler olduğunu belirtmişler, bazı kayaların hemen hemen bütünüyle serpantinleştiğini, tektoniğin yoğun olduğu noktalarda serpantinleşmenin daha fazla olduğunu saptamışlardır.

Sarıkız Formasyonu: Mermer (Pzsm)

Yaygın olarak metakarbonatlardan oluşan Sarıkız formasyonu (mermeri) ilk kez Bingöl ve diğ., 1973 tarafından adlandırılmıştır. Tip lokalitesi Sarıkız tepedir. Ayazma, Sarıkız tepe ve Nenekır tepede yüzeyler. Sarıkız mermeri, Tozlu

formasyonuna ait metafiyolitinin üzerine ince bir gnays seviyesiyle başlar. Yüksek dereceli metamorfizma ve etkili deformasyon sonucu protolitin karakterinden emin olunması güç olsa da, birkaç lokasyonda örneğin Kazdağ yolu üzerindeki Tozlu yaylanın kuzeyinde, ofiyolitten türemiş tanelerden oluşan metakonglomeralar saptanmıştır. Paragnayslar, üste doğru 25-100 m. kalınlığında tek bir kılavuz seviye oluşturan mermerlere geçiş gösterir (Şekil 13). Mermerler; gri, beyaz renkli, küçük- orta taneli ve orta- iri bantlıdır. Karbonatlar 3-5 cm. uzunluğunda silika nodülleri içerirler ve yer yer akma yapıları gösterirler. Sarıkız mermeri genel yapıya (antiklinoryum yapısı) uygun bir biçimde, çalışma alanının doğusundan başlayarak kuzeye ve batıya doğru bir yay şeklinde; Sarıkız tepe, Nenekır tepe,



Şekil 13. Sarıkız mermerlerinin altındaki paragnaysların arazi görünümü (Pzsm: Sarıkız mermeri ve Pzta: Tozlu formasyonu amfibolitleri).

Figure 13. Field views of paragneisses under Sarıkız marble (Pzsm: Sarıkız marble and Pzta: Amphibolites of Tozlu formation).

Ballıkaya, Arıkayası, Ortaca tepe, Yalpi kayaları, Susuz tepe, Kovuk tepe, Eğri mermer tepe, Karyolu sırtı, İmam yaylası tepe, Yelpezburun tepe ve Marmar sırtında yüzeylemektedir.

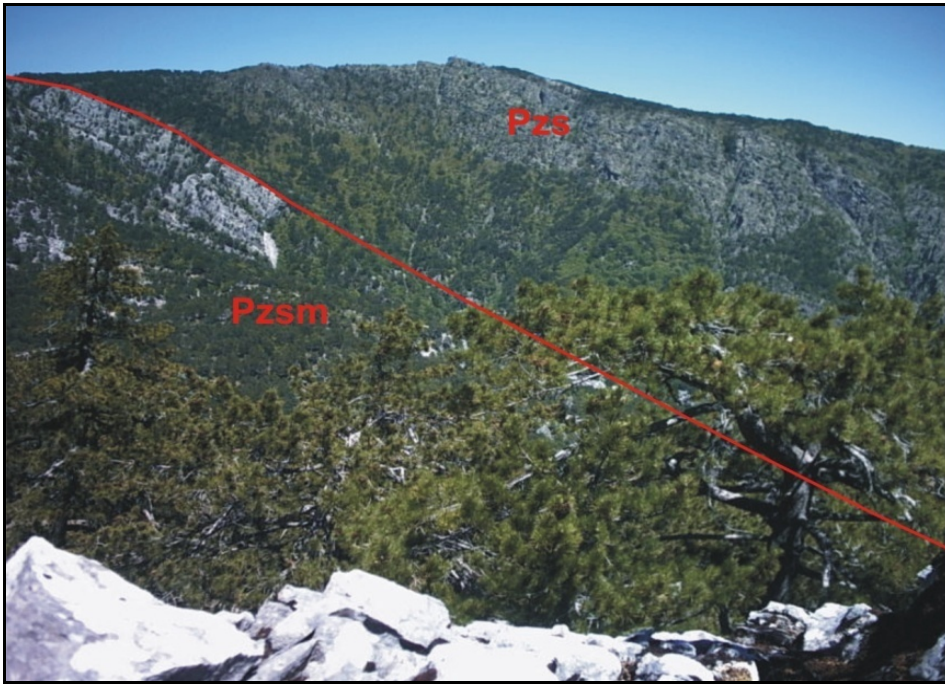
Bingöl, 1968 tüm mermerleri karbonatlı formasyonlar adı altında adlandırmıştır. Gözler ve diğ., 1984, Bingöl, 1968 gibi tüm istifteki mermerleri tek bir seviye olarak haritalamışlardır. Bingöl ve diğ., 1973 Sarıkız formasyonunun genelde granoblastik dokulu, ince tabakalı, çok kıvrımlı, silikat bulundurmayan mermerlerden oluştuğunu belirtmişlerdir.

Sarıkız formasyonunun Sütüven formasyonu ile olan üst dokanağı keskindir (Şekil 14).

Sütüven Formasyonu (Pzs)

Kazdağ grubunun en üst kesimlerindeki gnayslar Sütüven formasyonunu oluşturur. İlk kez Duru ve diğ., 2004 tarafından adlandırılmıştır. Bu formasyon Bingöl, 1968 ve 1969 tarafından silika alüminli seri ve Bingöl ve diğ., 1973 tarafından Bozağaç tepe formasyonu adı altında incelenmiştir. Formasyon Sarıkız formasyonu ve Fındıklı formasyonu üzerine keskin bir dokanakla gelir ve üst sınırı Permian-Miyosen aralığındaki kayalarla faylı dokanaklıdır. Oligo-Miyosen yaşlı granodiyoritler tarafından da kesilmişlerdir.

Formasyon içerisindeki litolojilerin en iyi gözlemlendiği, Zeytinli köyünün kuzeyindeki Sütüven şelalesi tip yeri olarak seçilmiştir. Çalışma alanının kuzey kesimlerinde ve Kazdağ



Şekil 14. Sarıkız mermeri ve Sütüven formasyonunun stratigrafik ilişkisini gösteren arazi görüntüsü (Pzs: Sütüven formasyonu ve Pzsm: Sarıkız mermeri).

Figure 14. Field views showing stratigraphic relationship between Sarıkız marble and Sütüven formation (Pzs: Sütüven formation and Pzsm: Sarıkız marble).

istifinin en üst seviyelerinde; Tekkaya tepe, Bıçkıbaşı tepe, Asar tepe, Beypınar tepe, Pazareğrek tepe, Gedik tepe, Kapıdağ tepe, Zembikler sırtı, Eskimezarlık sırtı, Sinekli tepe, Zeybek tepe, Cızlak tepe, Karcıkonağı tepe, Kurugedik tepe, Harman tepe, Çardak tepe, Düden tepe, Aktopraklık mevki, Karakoç tepeleri ve Bıçkıyeri lokalitelerinde yüzeylemeleri bulunmaktadır.

Formasyon; koyu gri, gri, kahverengi, iyi foliasyonlu kuvarsofeldispatik gnayslardan oluşmaktadır. Etkin litolojiyi oluşturan gnayslar içerisinde; ince mermer, amfibolit ve granitik gnays bantları ve mercekleri yer almaktadır. Gnayslar yer yer anateksiye uğramıştır.

Gnayslarda yer yer pitigmatik (kurtçuk) yapılar, nebulitik (bulutumsu) yapılar, neosom, paleosom, litparlit (bantlı yapı), sucuk yapıları ve akma yapıları gözlenmektedir. Özellikle de akma yapıları çok sık görülür. Akma yapılarının ve sucuk yapılarının gözlendiği en güzel yer Kazdağ orman yolu üzerinde orman gözetleme kulesinin bulunduğu Kapıdağ tepedir. Aynı lokalitede migmatitleşmeler de gözlenmektedir.

Granitik gnayslar inceleme alanının kuzey-kuzeybatısında yer almaktadır; Harman tepe, Pıtraklı tepe, Bıçkıbaşı tepe ve Asar tepede yüzeylemektedir (Şekil 15). Kayaç metagranit özelliğindedir ve kayaçta yönlendirme belirgindir.



Şekil 15. Sütüven formasyonu içerisindeki metagranitlerin arazi görünümü.

Figure 15. Field view of metagranites in Sütüven formation.

Bingöl, 1968 ve 1969 formasyonu makroskobik ve mikroskobik özelliklerinden dolayı iki bölümde incelemiştir. Yazar tarafından ilk bölüm; şiddetli kıvrılmış ve yoğun metamorfizma geçirmiş silikoalüminli seri, ikinci bölüm ise aşırı kıvrılmamış ve çok hafif metamorfik silikoalüminli seri olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca Bingöl ve diğ., 1973 Sütüven formasyonunun kalınlığını 1000 m. olarak ifade etmiştir.

Sütüven formasyonu Gözler ve diğ., 1984'ün granitik gnayslar ve gnayslar olarak adlandırdıkları birimlerle eşleşmektedir. Anılan yazarlar granitik gnaysların yapraklanma kazanarak gnayslara geçiş gösterdiklerini belirtmişler, ayrıca gnaysların arazide bantlı veya gözlü yapıda olduğunu ve iyi foliasyon gösterdiklerini, amfibolit ve amfibol gnayslarla ara katkılı olduklarını söylemişlerdir. Bölgedeki gnaysları mineral birlikteliklerine göre alt disiplinlere ayırtlamışlardır.

Gözler, 1986 ise Sütüven formasyonunu; anateksi graniti, yönlü granit, diyateksitler, metateksitler ve gnayslar olarak ayırtlamıştır. Gnaysların; ince, kalın yapraklanmalı, gri, sarı, yeşil, koyu yeşil renkte olduğunu, açık renkli bantlar içerdiğini ve tipik gnays dokusu gösterdiklerini söylemiş ve gnaysları mineral birlikteliklerine göre de alt gruplar halinde ayırarak, yorumlamalarını yapmıştır.

MİNERALOJİ ve PETROGRAFI

Çalışma alanında yüzeyleyen litolojik birimlerin petrografik tanımlamaları, mikroskop altında gözlenen mineralojik bileşimleri ve dokusal özellikleri gözönüne alınarak yapılmıştır.

Fındıklı Formasyonu (Pzf)

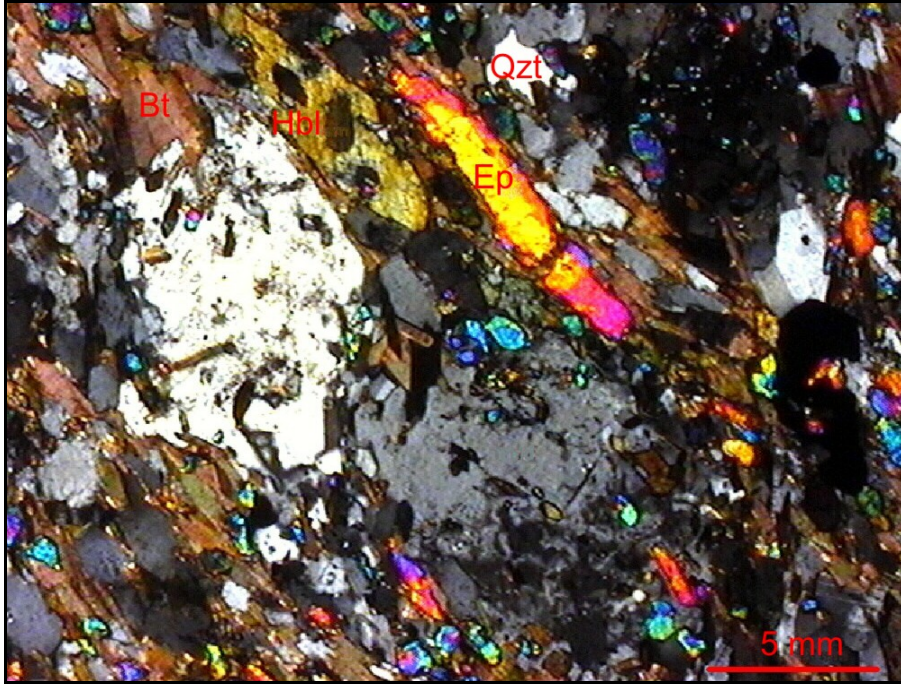
Çalışma alanında mineralojik açıdan; gnays, şist ve mermerler ayırtlanmıştır.

Gnays

Sahada mineral parajenezi açısından çeşitli gnayslar yer almaktadır. Bunlar; epidot granat biyotit hornblend gnays, epidot biyotit hornblend gnays, biyotit hornblend gnays ve gözlü gnaysdır.

Epidot granat biyotit hornblend gnays, nematoblastik dokulu olup örnekler; hornblend, K-feldispat, plajiyoklas, kuvars, kalsit, klorit, epidot, biyotit, granat, titanit, rutil, apatit ve opak minerallerinden oluşmaktadır (Şekil 16). Feldispatlarda killeşme, karbonatlaşma ve serizitleşme ve biyotitlerde ise kloritleşmeler meydana gelmiştir. Mineraller genelde orta taneli olup feldispatların bir kısmı, diğerlerine göre daha iri tanelidir. Feldispatların içinde kapanım şeklinde kuvars ve epidot mineralleri de yer almaktadır. Serizitleşmelere rastlanılmaktadır. Feldispatlarda pertitik doku meydana gelmiştir. Granatlar özşekilli olup, küçük taneler şeklinde gözlenmektedir. Hornblendler özşekilli, yarı özşekilli taneler şeklindedir. Yönlenme belirgindir. Kayaç içerdiği mineraller açısından olasılıkla amfibolit fasiyesi koşullarında metamorfize olmuştur.

Epidot biyotit hornblend gnays, lepidonematogranoblastik dokulu olup kayaç; kuvars, epidot, plajiyoklas (biraz serizitleşmiş), hornblend, biyotit, klorit, titanit ve opak minerallerinden oluşmaktadır. Metamorfizma derecesi; epidot + hornblend + klorit + albit mineral parajenezi ile yeşilşist fasiyesi üst sıcaklık zonu olarak düşünülebilir.



Şekil 16. Epidot granat biyotit hornblend gnaysın ÇN görünümü (Qzt: Kuvars, Bt: Biyotit, Hbl: Hornblend ve Ep: Epidot).

Figure 16. Epidote-garnet-biotite-hornblend gneiss (Crossed nicols) (Qz: Quartz, Bt: Biotite, Hbl: Hornblend and Ep: Epidote).

Biyotit hornblend gnayslar, lepido - porfiroblastik dokulu olup; kuvars, plajiolklas, K-feldispat, biyotit, klorit ana mineralleri ile daha az oranda titanit \pm epidot (az) ve aksesuar olarak apatit, rutil ve opak minerallerinden oluşmaktadır. Bazı örneklerde feldispatlarda az miktarda killeşme, biyotitlerde kloritleşme, plajiolklasların kenarlarında mirmekitik doku oluşumu gözlenmekte ve biyotit ile feldispatlar bantlar halinde bulunmaktadır.

Gözlü gnayslarda kayaç lepido-porfiroblastik dokulu olup; kuvars, biyotit, muskovit, plajiolklas, K-feldispat, klorit, ve aksesuar olarak da zirkon, apatit ve opak minerallerinden oluşmaktadır. İri feldispat tanelerinin çevresinde ince taneli kuvars, feldispat ve mika mineralleri yer almaktadır. Gözlü doku gözlenmektedir. Ayrıca kayaçta grafik doku ve mirmekitik doku oluşumları da gözlenmektedir.

Kayaç yeşil şist fasiyesi koşullarında metamorfize olmuştur.

Şist

Çalışma alanında mineraloji çalışmalarına göre; albit biyotit granat kalkşist ve kuvars mikaşistler saptanmış ve incelenmiştir.

Albit biyotit granat kalkşistler, lepidoblastik dokulu olup; kuvars, kalsit, biyotit (kloritleşmiş), klorit, epidot (klinozoit), granat, titanit, albit, turmalin, \pm sillimanit (lifsı, çok ince taneli) ve opak minerallerinden oluşmaktadır. Bazı örneklerde feldispatlarda killeşme gözlenmektedir. Özşekilsiz, birbirleriyle grift sınırlara sahip minerallerden oluşmaktadır. Bazı kuvars ve kalsitler diğer minerallerden daha iri tanelidir. Granatların içerisinde; kuvars, kalsit ve biyotit kapanımları gözlenmektedir. Plajiolklas

porfiroblastları ufalanarak mineral agregatlarına dönüşmüştür (klorit, biyotit, kuvars, kalsit ve opak mineral). Bu nedenle iri taneli feldispatların yerini mineral agregatları almıştır. Yönlenme belirgindir. Kayaç olasılıkla yüksek dereceli metamorfizmanın etkisinde metamorfize olmuştur.

Kuvars mikaşistlerde kayaç lepidoblastik dokulu olup; biyotit (kloritleşmiş), muskovit, kuvars, plajyoklas, klorit, apatit, zirkon ve opak minerallerinden oluşmaktadır. Plajyoklaslarda az miktarda killeşme gözlenmiştir. Kayaçta belirgin bir yönlenme mevcuttur. Yeşil şist fasiyesinde metamorfize olmuştur.

Mermer

Çalışma alanında mineralojik açıdan; mermer ve tremolit serizit mermer olmak üzere 2 çeşit mermer saptanmıştır.

Bu mermerler nematogranoblastik dokulu olup; kuvars, epidot, hornblend kalsit, klorit, serizit, epidot, plajyoklas, biyotit, titanit ve opak minerallerinden oluşmaktadır. Bazı örneklerde kalsitler özşekilli, iri taneli ve granoblastik dokuda gelişmiştir. Diğer mineraller kalsite nazaran daha ince taneli, özşekilli- yarıözşekilli bazıları özşekilsiz taneler halindedir. Genel olarak yönlenme gözlenmektedir. Kalsitler ve diğer mineraller bantlar şeklinde yer almaktadır. Muhtemelen amfibolit fasiyesi koşullarında metamorfize olmuştur.

Tozlu Formasyonu (Pzt)

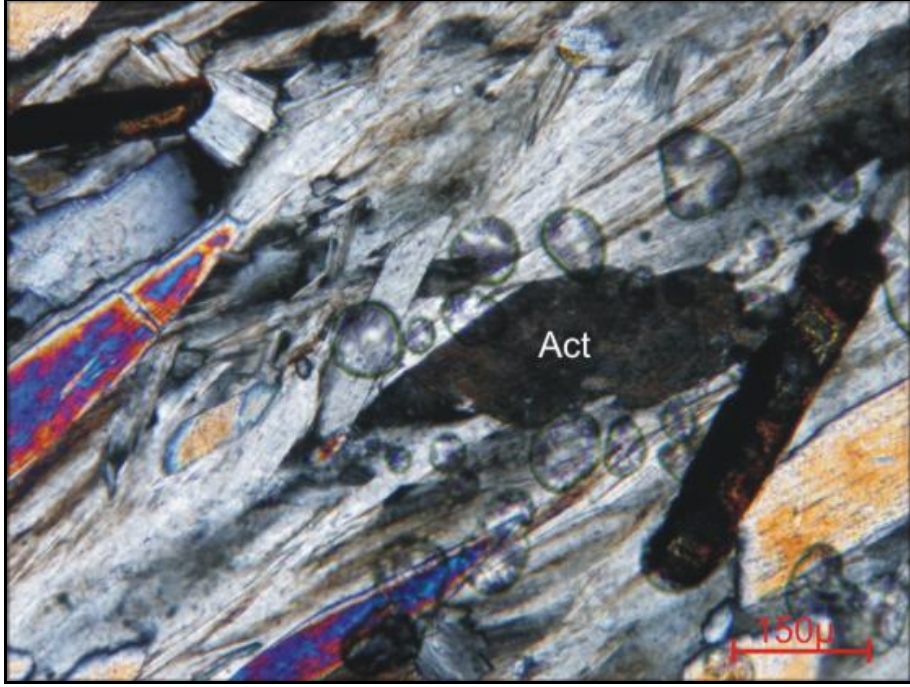
Tozlu Formasyonu mineralojik olarak; amfibolit, metaperidotit, metadunit, serpantin, metapiroksenhornblendit ve metalezolitlerden oluşmaktadır.

Amfibolit

Nematoblastik dokulu örnekler; hornblend, plajyoklas (albit), kuvars, titanit, epidot ve opak minerallerinden oluşmaktadır (Şekil 17). Mikro kıvrımlar ve foliasyonlanma mikroskopta gözlenmektedir. Amfibolit fasiyesinde metamorfizma geçirmiştir. Epidotlar özşekilsiz, yüksek optik engebeli, soluk yeşil renkli ve yüksek dizi girişim renkli olarak görülmüştür. Saçınımlı olarak bulunmaktadır ve 0,03-0,08 mm arasında değişen tane boylarındadırlar. Hornblendler yarıözşekilli-özşekilsiz, yeşil renkli, tek ve çift yönde dilinimlidirler ve yüksek pleokroyizma göstermektedirler. Yer yer kenarlarından itibaren kloritleşmiş olanları da bulunmaktadır. Bazı örneklerin içerisindeki hornblendler kenarlarından itibaren opaklaşmışlardır. Titanitler özşekilli-yarıözşekillidirler ve toprak renkli olarak izlenmektedirler. Saçınımlı olarak bulunmaktadır. Tane boyu 0,05 mm ile 0,1 mm arasında değişmektedir.

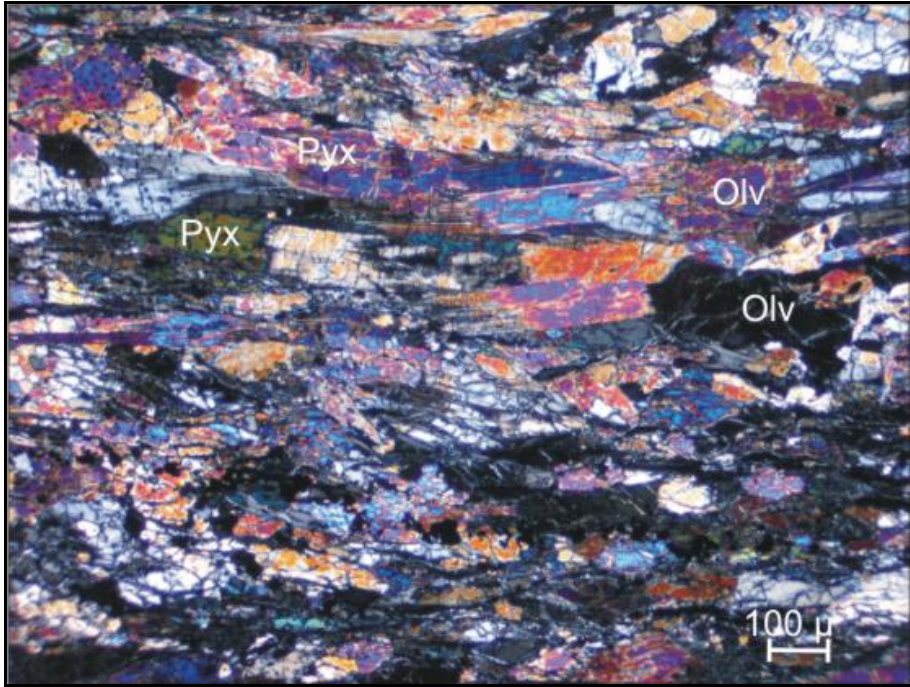
Metaperidotit

Nematoblastik dokulu örnekler; piroksen, serpantinleşmiş ve talklaşmış olivin mineralleri ile amfibol minerallerinden oluşmaktadır (Şekil 18). Olivinler elek dokuludurlar ve yönlenme göstermektedirler. Renksiz, yüksek optik engebeli ve canlı girişim renklidirler. Çatlaklarından itibaren iddingisitleşmiş ve yer yer de kloritleşmişlerdir. Piroksenler oldukça azdır ve olivinlerin arasında yarıözşekilli olarak görülmüştür. Piroksenler klinopiroksendir. Ayrıca özşekilsiz saçınımlı opak mineraller de bulunmaktadır. Yönlenmeye paralel gelişmiş, yarıözşekilli opak mineraller de örnekte izlenmiştir. Tane boyları 0,08-0,2 mm arasında değişmektedir.



Şekil 17. Amfibolitlerin ÇN görünümü (Act:Aktinolit).

Figure 17. Amphibolite (Crossed nicols) (Act: Actinolite).



Şekil 18. Metaperidotitlerin ÇN görünümü (Olv:Olivin ve Pyx:Pirosken).

Figure 18. Metaperidotite (Crossed nicols) (Olv: Olivine and Pyx: Pyroxene).

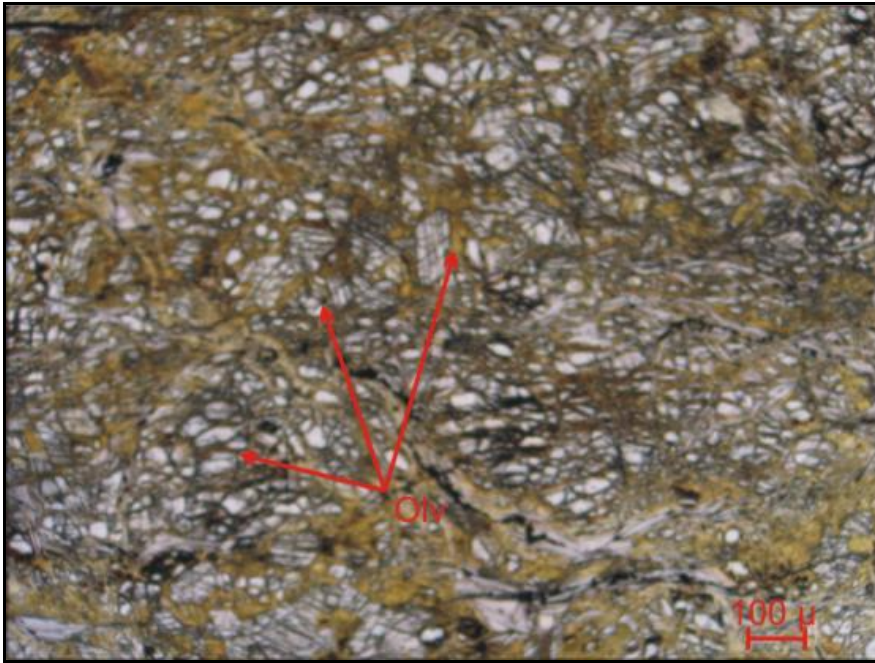
Metadunit

Nematoblastik dokulu örnekler; olivin (serpantinleşmiş), piroksen, antigorit, krizotil, klino amfibol (tremolit, aktinolit), plajyoklas, talk, klorit, \pm kalsit ve opak minerallerinden oluşmaktadır (Şekil 19). Foliasyonlanma oldukça belirgin bir şekilde gelişmiştir. Mineraller birbirine paralel bir şekilde uzanmıştır. Olivinler elek dokuludurlar ve yönlenme göstermektedirler.

talk ve opak minerallerinden oluşmaktadır (Şekil 20). Yer yer porfiroblastlar halinde olivin reliktleri görülmektedir. Olivinler kenarlarından itibaren kloritleşmiş ve opaklaşmışlardır. İrili ufaklı mineraller birbirine paralel olarak uzanmaktadır.

Metapiroksenhornblendit

Nematoblastik dokulu amfibol ve piroksen ile yer yer de olivin minerallerinden oluşmaktadır (Şekil 21). Belirgin bir yönlenme izlenmektedir.



Şekil 19. Metadunitlerin TN görünümü (Olv:Olivin).

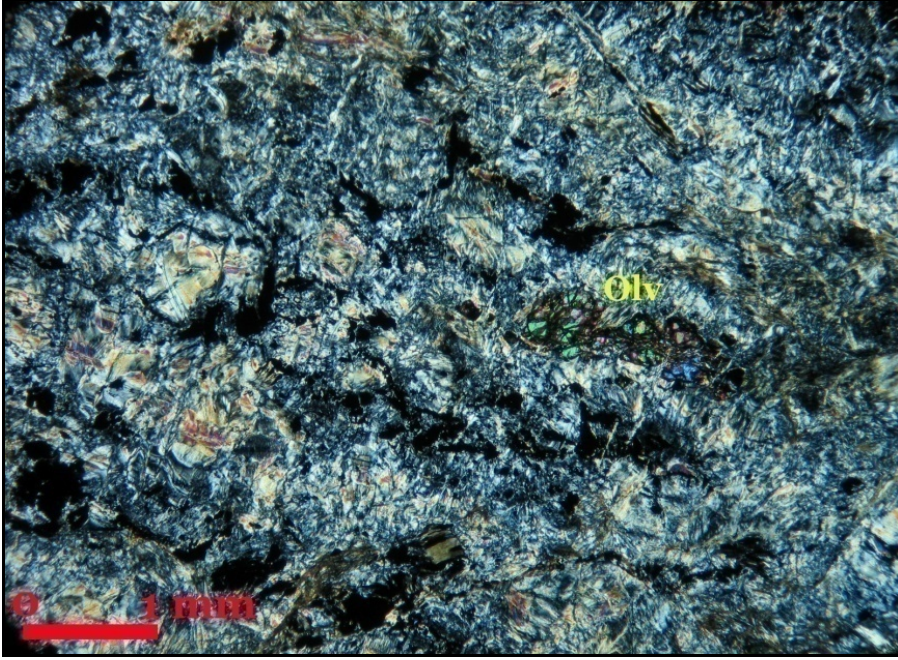
Figure 19. Metadunit (Parallel nicols) (Olv: Olivine).

Çatlaklarından ve kenarlarından itibaren serpantinleşmiş, kloritleşmiş ve yer yer de opaklaşmışlardır. Piroksenler oldukça azdır. Olivinlerin arasında özşekilsiz, kenarlarından ve dilinimlerinden itibaren uralitleşmiş olarak görülmüştür.

Serpantininit

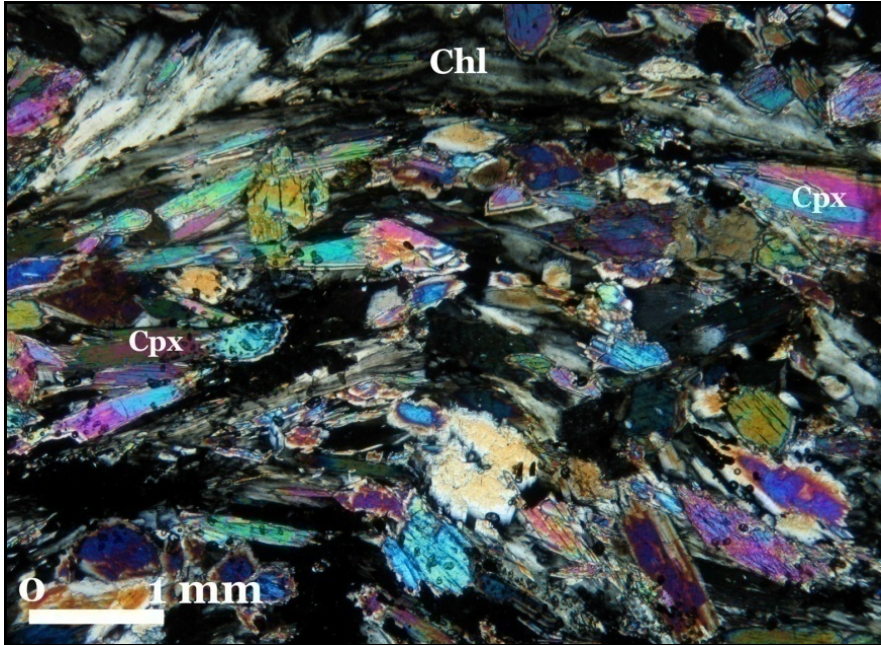
Nematoblastik dokulu örnekler; serpantin grubu mineraller, tremolit- aktinolit, olivin, klorit,

Amfiboller renksiz, yarıöz- özşekilli ve yer yer çift yönde dilinimli olarak izlenmiştir. Tane boyları 0,5-2 mm arasında değişmektedir. Piroksenler yarıözşekilli, renksiz ve genellikle çift yönde dilinimlidirler. 0,7-1 mm tane boylarındadırlar. Olivinler, amfibol ve piroksenlerin arasında mikrokristaller halinde bulunmaktadır. Örneklerde saçınımlı, özşekilsiz opak mineraller de izlenmiştir.



Şekil 20. Serpantinitlerin ÇN görünümü (Olv:Olivin).

Figure 20. Serpentine (Crossed nicols) (Olv: Olivine).



Şekil 21. Metapiroksenhornblenditin ÇN görünümü (Chl:Klorit ve Cpx:Klinopiroksen).

Figure 21. Metapyroxenehornblende (Crossed nicols) (Chl: Chlorite and Cpx: Clinopyroxene).

Metalerzolit

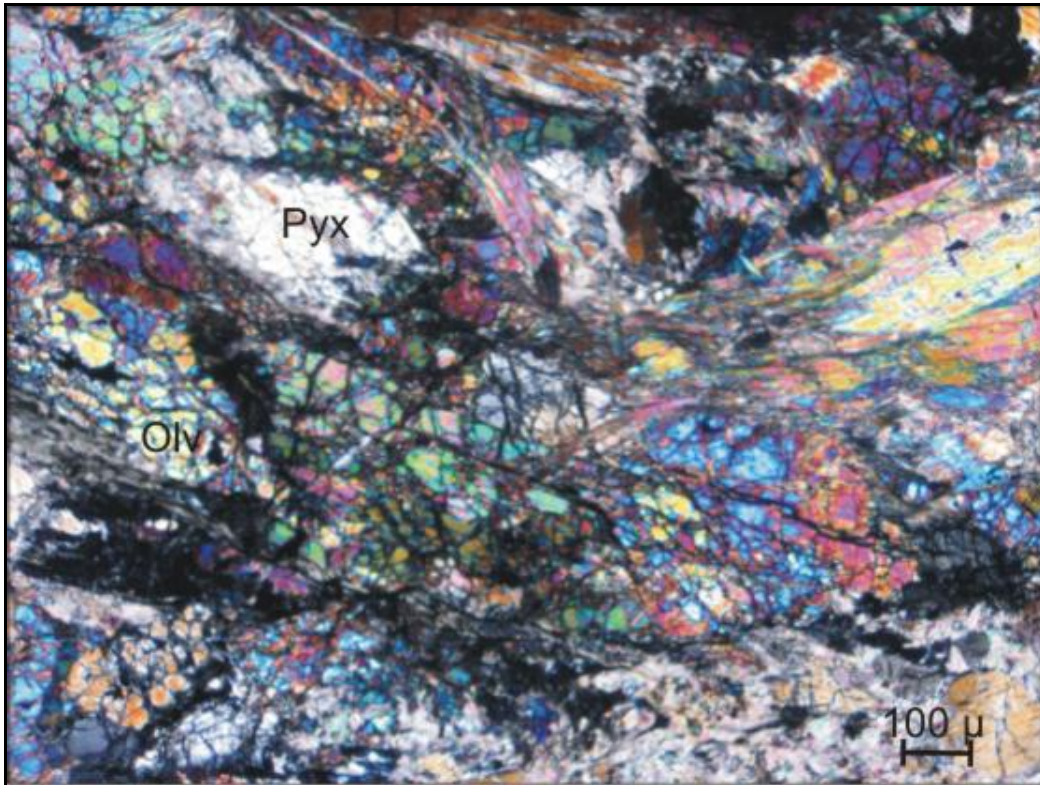
Nematoblastik dokulu örnekler; piroksen, olivin ve yer yer amfibol, plajiyoklas ve opak minerallerinden oluşmaktadır (Şekil 22). Olivinler özşekilsiz, yüksek optik engebeli ve canlı girişim renklidirler. Elek dokuludurlar ve kenarlarından ve çatlaklardan itibaren talklaşmışlardır. Piroksenler öz-yarıözşekilli, tek ve çift yönde dilinimli ve canlı girişim renklidirler. Genellikle kenarlarından itibaren yer yer kloritlemiş, yer yer de uralitlemişlerdir.

Sarıköz Formasyonu: Mermer (Pzsm)

Mermerlerden oluşan bu birim, granoblastik dokulu olup, örnekler; kalsit, serizit, kuvars, \pm klorit ve rutil minerallerinden oluşmaktadır (Şekil 23). Kalsitlerde deformasyona bağlı olarak ikiz lamellerinde kayma ve bükülmeler gözlenmektedir. Bununla birlikte iri taneli kalsitler ile ince taneli kalsitler birarada bulunmaktadır. Bazı mermer örneklerinde serisitleşme ve killeşmeler meydana gelmiştir.

Sütüven Formasyonu (Pzs)

Sütüven Formasyonu mineralojik açıdan; gnayslar, amfibolitler, milonitler ve şistler olarak ayırtlanmıştır.



Şekil 22. Metalerzolitlerin ÇN görüntüleri (Pyx: Piroksen ve Olv:Olivin).

Figure 22. Metalherzolite (Crossed nicols) (Pyx: Pyroxene and Olv: Olivine).



Şekil 23. Sarıkız mermerinin ÇN görünümü (Cal: Kalsit ve Se: Serizit).

Figure 23. Sarıkız marble (Crossed nicols) (Cal: Calcite and Se: Sericite).

Gnays

Gnayslar mineralojik açıdan; granat biyotit gnayslar, mika gnayslar (gözlü gnays), sillimanit mika gnayslar, klorit biyotit gnayslar ve hornblend biyotit gnayslar olarak ayrılanmıştır.

Granat biyotit gnayslar, lepidogranoblastik dokulu olup, örnekler; plajioklas, kuvars, K-feldispat, biyotit-klorit, \pm epidot, \pm granat, \pm zirkon, \pm apatit ve opak minerallerinden oluşmaktadır (Şekil 24). Belirgin bir yönlenme gözlenmektedir. Feldispatların kenarında çok küçük mirmekitik dokular oluşmaktadır. Kuvarsların sınırları girintili çıkıntılı olup, belirgin sınırlara sahip değildir. Ayrıca kuvarslarda uzamalar gözlenmektedir.

Milonitleşme başlangıç safhasında olabilir. Asidik bir kayacın orta derecede metamorfizması sonucu oluşmuş olabilir.

Mika gnayslar (gözlü gnays), lepidoporfiroblastik dokulu olup; kuvars, biyotit, muskovit, plajioklas, K- feldispat, klorit, \pm zirkon, apatit ve opak minerallerinden oluşmaktadır. İri feldispat tanelerinin çevresinde ince taneli kuvars, feldispat, mika mineralleri yer almaktadır. Gözlü doku gözlenmektedir. Feldispat tanelerinin çevresini saran mika mineralleri ve kuvarslarda belirgin bir yönlenme vardır. Ayrıca grafik doku ve mirmekitik doku oluşumları gözlenmektedir. Yeşil şist fasiyesi koşullarında metamorfize olmuştur.



Şekil 24. Biotit gneissin ÇN görünümü (Qzt:Kuars, Pl:Plajiyoklas, Bt:Biyotit ve Chl:Klorit).

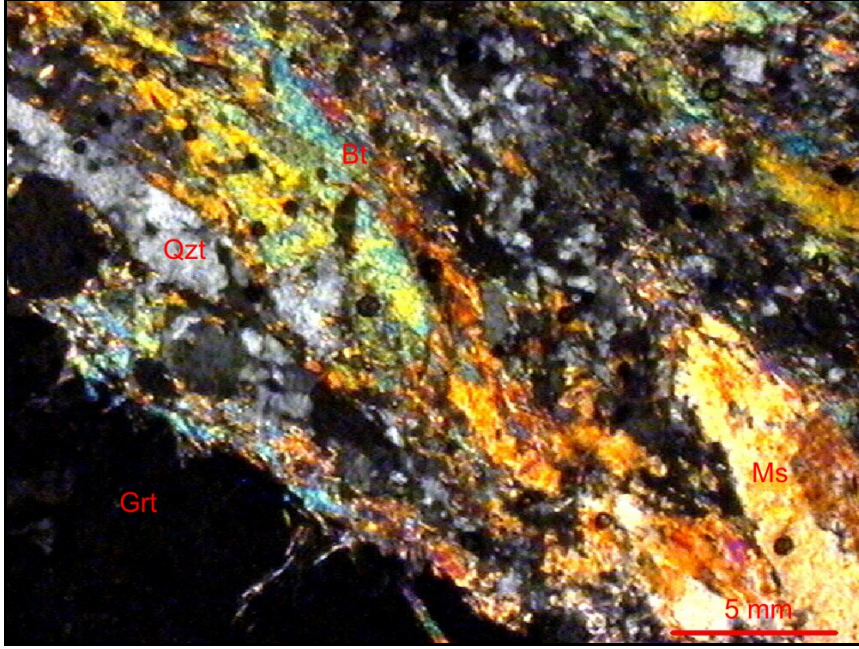
Figure 24. Biotite gneiss (Crossed nicols) (Qzt: Quartz, Pl: Plagioclase, Bt: Biotite and Chl: Chlorite).

Sillimanit mika gnayslar, fibro-lepidogranoblastik dokulu olup, örnekler; kuvars, plajiyoklas, K-feldispat, biyotit, muskovit, sillimanit (lifs), apatit, klorit ve opak minerallerinden oluşmaktadır (Şekil 25). Feldispatlarda az miktarda killeşme gözlenmektedir. Plajiyoklaslarda mirmekitik doku, K-feldispatlarda grafik doku gözlenmektedir. Mineraller tek yönde birbirine paralel uzanmaktadır. Kayaç olasılıkla yüksek dereceli metamorfizma (~600°C) etkisinde metamorfize olmuştur. Biyotitlerdeki kloritleşmeler kayaçta retrograd metamorfizmanın da etkili olduğunu göstermektedir.

Klorit biyotit gnayslar, lepidoblastik dokulu olup, örnekler; K-feldispat, plajiyoklas, biyotit- klorit, titanit, kuvars, serizit ve opak minerallerinden oluşmaktadır. Feldispatlarda killeşme ve serizitleşme, biyotitlerde kloritleşme gözlenmektedir. Mineraller birbirine paralel olarak uzanmaktadır (Şekil 26). İri feldispatların içerisinde plajiyoklas ve biyotit kapanımları yer almaktadır. Feldispatlar iri taneler şeklinde

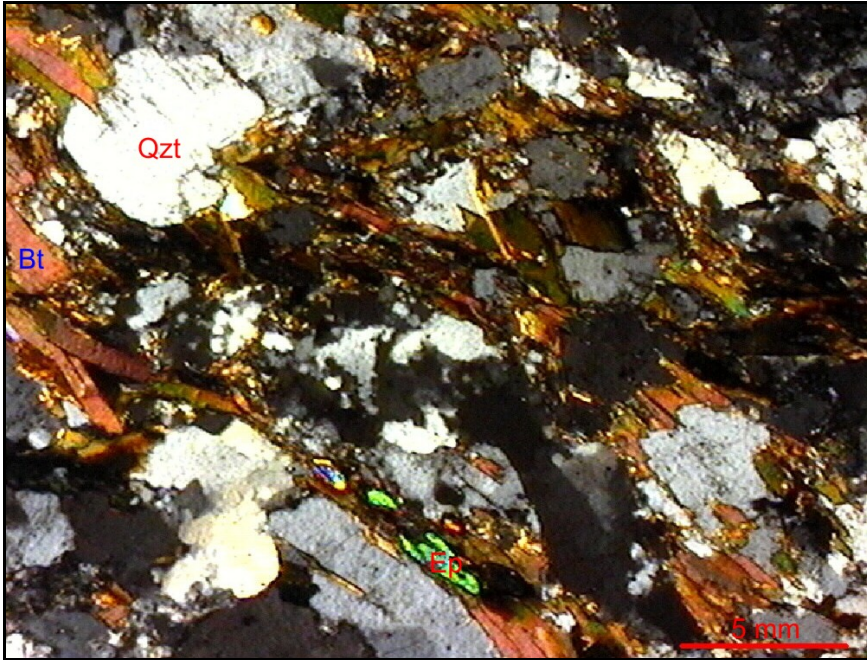
bulunmaktadır. Feldispatlarda mirmekitik, grafik ve pertitik doku gözlenmektedir.

Hornblend biyotit gnayslar, lepidoporfiroblastik dokulu olup, örnekler; kuvars, plajiyoklas, K-feldispat, biyotit, hornblend, muskovit, klorit, apatit, epidot, zirkon ve opak minerallerinden oluşmaktadır. Feldispatlarda az miktarda killeşme, biyotitlerde ise kloritleşme görülmektedir. Kataklastik deformasyona bağlı olarak minerallerde uzamalar meydana gelmiştir. Bununla birlikte mineraller birbirine paralel uzanarak foliasyon düzlemlerini oluşturmuştur. Hornblendler iri taneler şeklinde, biyotitler ise daha ince taneler şeklinde gözlenmektedir. Feldispatlarda mirmekitik doku gözlenmektedir. Kataklastik deformasyon etkisi ile kuvarslarda dalgalı yanıp sönme ile birlikte özşekilsiz, grift sınırlar ve ribbon (şerit) yapıları, feldispatlarda dalgalı yanıp sönmeler, sucuk yapıları, parçalanmalar ve kırılmalar saptanmıştır. Olasılıkla amfibolit fasiyesi koşullarında metamorfize olmuştur.



Şekil 25. Sillimanit biyotit gnaysın ÇN görünümü (Qzt: Kuvars, Bt: Biyotit, Ms: Muskovit ve Grt: Granat).

Figure 25. Sillimanite-biotite gneiss (Crossed nicols) (Qzt: Quartz, Bt: Biotite, Ms: Muscovite and Grt: Garnet).



Şekil 26. Klorit biyotit gnaysın ÇN görünümü (Qzt: Kuvars, Bt: Biyotit ve Ep: Epidot).

Figure 26. Chlorite-biotite gneiss (Crossed nicols) (Qzt: Quartz, Bt: Biotite and Ep: Epidote).

Amfibolit

Çalışma alanında epidot biyotit amfibolitler saptanmıştır. Kayaç nematoblastik dokulu olup; plajioklas, hornblend, biyotit-klorit, epidot, titanit, rutil ve opak minerallerinden oluşmaktadır. Bazik kökenli bir kayacın amfibolit fasiyesinde metamorfizması sonucu oluşmuştur.

Milonit

Çalışma alanında piroksen amfibol milonitler de saptanmıştır. Kayaç nematoporfiroblastik dokuya sahip olup; kuvars, hornblend, klinopiroksen, plajioklas, titanit, epidot, klorit ve opak minerallerinden oluşmaktadır. Belirgin yönlenme izlenmektedir. Mikro kıvrımların yanı sıra minerallerde kırılmalar da gözlenmektedir. Amfibollerde sucuk yapıları meydana gelmiştir. Mineraller kırıklı, ufalanmış biçimdedir. Çatlaklar boyu ötelenmelerle mikro faylar meydana gelmiştir. Milonitleşmenin etkisi ile oluşan matris ile birlikte bazı kesimlerde milonitleşmeye bağlı olarak pseudotakilite benzer ince taneli kısımlar oluşmuştur.

Şist

Çalışma alanında saptranan muskovit kuvarşistler lepidogranoblastik dokulu olup; kuvars, muskovit, biyotit-klorit, rutil, zirkon ve opak minerallerinden oluşmaktadır. Biyotitlerde kloritleşme ve opasitleşme gözlenmektedir. Mineraller birbirine paralel olarak uzanmaktadır. Muskovitlerde deformasyonun etkisi ile mika balık (fish) yapıları gözlenmektedir.

Cevher Mikroskobisi Çalışmaları

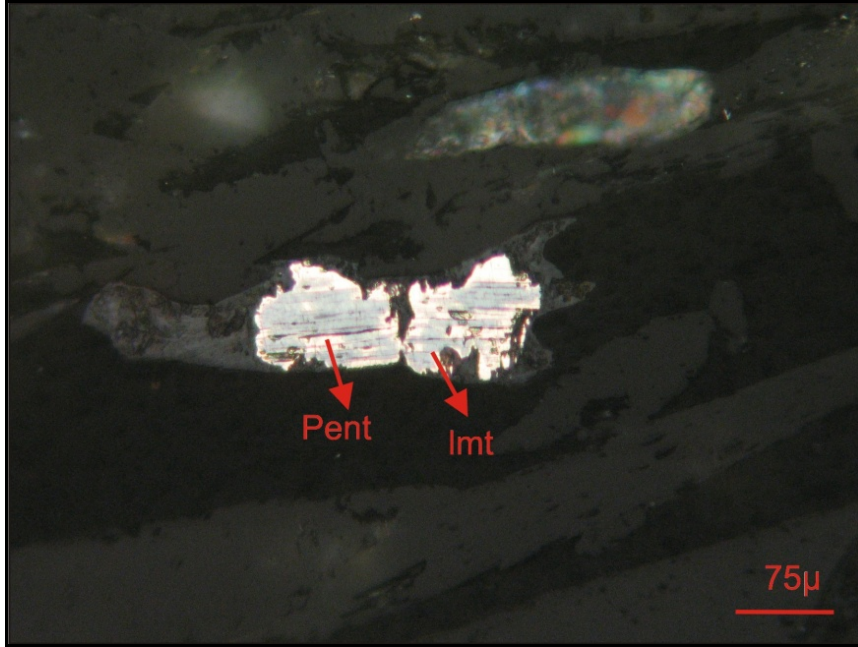
Yalnızca Tozlu formasyonuna ait litolojilerin cevher mikroskobisi çalışmaları bu bölümde sunulacaktır.

Amfibolit

Amfibolitler cevher minerali olarak; pirotin, rutil, sfen, pirit, manyetit, ilmenit, kalkopirit ve ilmenomanyetit içermektedir (Şekil 27). Pirotinler 4 mikron ile 135 mikron arasında değişen tane boyunda olup, genellikle kenar ve dilinimleri boyunca limonite dönüşmüştür. Bazı pirotinler ise çatlaklar içerisindeki limonitler içinde relikt olarak bulunmaktadır. Rutiller 9-600 mikron tane boyu aralığında olup, özşekilsiz, kenarları yuvarlanmış taneler yada özşekilli taneler halinde, serbest ya da çoğunlukla mafik mineraller içinde kapanım olarak belirlenmiştir. Bazı rutiller sfen içinde kapanım olarak da izlenmiştir. Sfenler özşekilli ve özşekilsiz serbest taneler halinde ya da mafik mineraller içinde kapanım-kenetli olarak bulunmaktadır. Sfenler 9 mikron ile 500 mikron arasında değişen tane boyundadır.

Piritler genellikle özşekilsiz taneler halinde, 45-300 mikron arasında değişen tane boyunda olup, kenar ve çatlakları boyunca limonitleşmiştir. Kalkopiritler yer yer pirotinle kenetli olarak saptanmış olup, eser oranda kovelline, genelde limonite dönüşmüştür. Tane boyu aralığı 20-150 mikrondur. Manyetitler 20 mikron ile 180 mikron arasında değişen tane boyunda özşekilsiz ve yarı özşekilli taneler halinde olup, yer yer martitleşmiştir. Bazı manyetitler ilmenitle kenetlidir. İlmenitler 45-200 mikron arasında değişen tane boyundadır. Kenarlarından itibaren genellikle rutil ve sfene çok daha az olarak hematite dönüşmüş, bunlar içinde relikt olarak kalmış, daha az hematite dönüşmüştür.

Eser miktarda izlenen ilmenomanyetitler 45 mikron tane boyundadır. Limonitler ise 75-250 mikron aralığında tane boyunda olup, özşekilsiz biçimde (lepidokrozit ve götit) ya da çatlaklar içinde (götite) izlenmiştir.



Şekil 27. Amfibolit içerisindeki pentlandit (Pent) ve limonit (lmt).

Figure 27. Pentlandite (Pent) and limonite (lmt) in amphibolite.

Metadunit

Cevher mikroskobisi incelemelerinde metadunitlerde; kromit, manyetit, pentlandit, kalkopirit, pirit, millerit ve hematit saptanmıştır.

Kromitler 9-350 mikron arasında değişen tane boyunda, özşekilsiz ya da yarı özşekilli taneli olup, kenarlarından itibaren kromspinel ve manyetite dönüşmüştür. Manyetitlerin büyük bölümü kromitlerden dönüşüm olmakla birlikte; bir kısmı ince taneli, ağ dokusu içinde kılcal çatlaklar içerisinde iskeletimsi şekillerde olup, martitleşmiştir. Bu manyetitler serpantinleşme sonucu açığa çıkmıştır. Bazı manyetitler kalkopirit ve pentlanditlerle kenetlidir. Pentlanditler genelde manyetitlerle birlikte bulunmaktadır. Manyetitler pentlanditin etrafını çevrelemiş, çatlaklarını ise doldurmuştur. Millerit ve pentlanditler 20-140 mikron tane boyunda olup, manyetit tarafından sarılmıştır. Bazı milleritlerde yer yer violarite dönüşüm izlenmiştir.

Kalkopiritler özşekilsiz taneli ya da bazıları 1-2 mikronluk kapanımlar şeklinde manyetit içinde izlenmiştir. Bazı taneler kovelline dönüşmüştür. Piritler genellikle çatlaklarda ya da 15 mikrona ulaşan tane boyundadır. Pirotinler kalkopiritle kenetlidir. Hematitler ortalama 5 mikron tane boyundadır.

Metaperidotit

Metaperidotilerden derlenen örneklerde; manyetit, kromit, kromspinel, pentlandit ve bazı örneklerde bunlara ek olarak pirotin, kalkopirit, ilmenit ve limonit saptanmıştır. Bir örnekte; manyetit, pirotin, pentlandit, kalkopirit ve kromspinel birlikteliği izlenirken, bir başka örnekte; manyetit, ilmenit ve limonit belirlenmiştir. Bazı kromitler tamamen bazıları ise kenarlarından itibaren kromspinel ve manyetite dönüşmüştür. Manyetitler bazı örneklerde 1-1,5 mm'ye ulaşan tane boyunda olup, kromitten dönüşmüştür. Yönlenmeye paralel dizilmiş taneler halinde ya da yönlenmeye paralel çatlaklarda

izlenen manyetitler ise serpantinleşme sonucu açığa çıkmıştır.

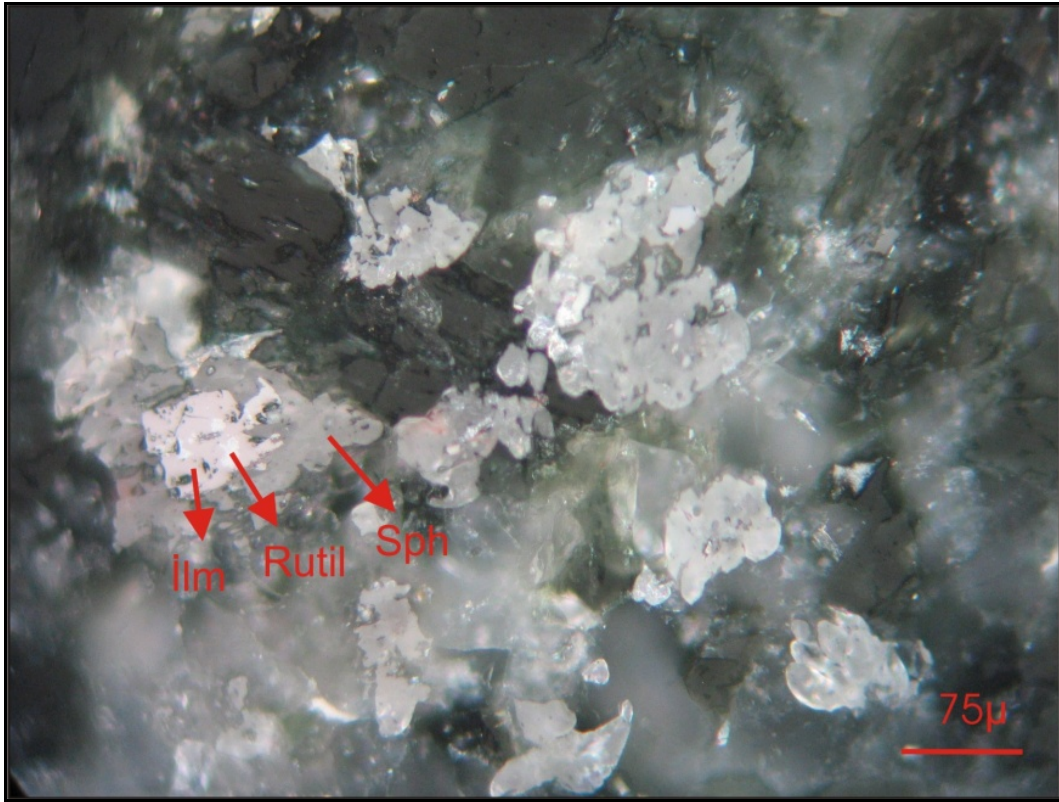
Pirotinler özşekilsiz taneler halinde olup, genellikle pentlanditler ile kenetlidir. Pentlanditler 15-225 mikron arasında değişen tane boyunda olup, yer yer kenarları manyetit tarafından sarılmış, bazen de çatlakları manyetit ile dolmuştur. Pentlanditler yönlenmeye uyumlu uzamıştır.

Kalkopiritler 15 mikronu geçmeyen tane boyunda olup, yer yer pirotinle kenetlidir. Bazılarının etrafı ise manyetit ile sarılmıştır. İlmenitler genelde manyetit ile kenetlidir.

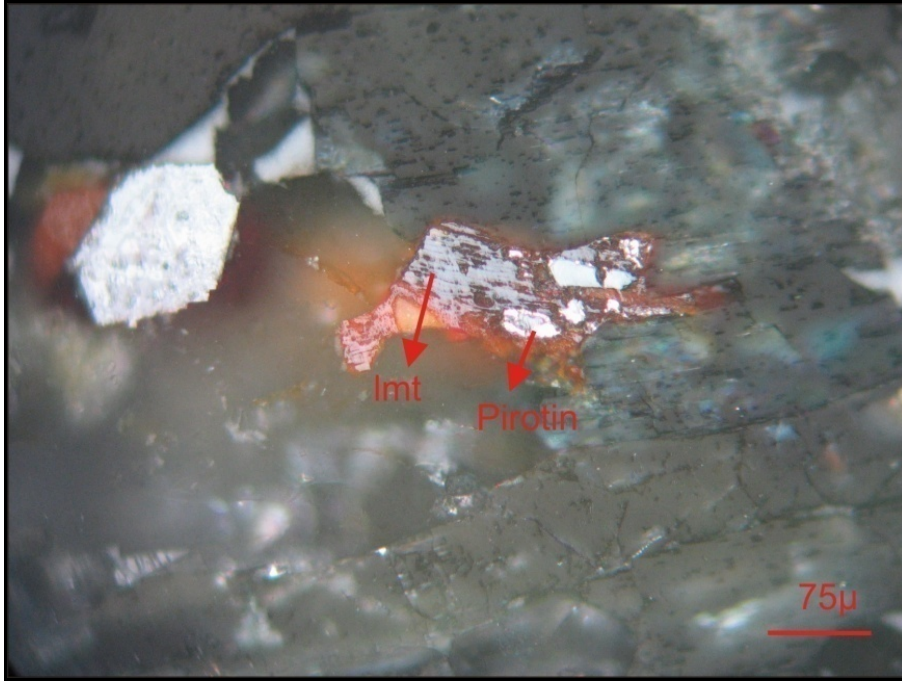
Gnays

Cevher mikroskobisi çalışmalarında genelde yer yer yönlenmeye paralel uzamış taneler halinde, 45 mikronu geçmeyen tane boyunda manyetit ve eser miktarda limonit (6-20 mikron arası), pirotin ve rutil saptanmıştır (Şekil 28,29).

Epidot amfibol gnays tanımlaması yapılan örneklerde yapılan cevher mikroskobisi çalışmasında, genellikle çatlaklar içinde, az bir kısmı gang içinde dağılmış taneler halinde, martitleşme gösteren manyetitler gözlenmiştir. Eser miktarda 60 mikronu geçmeyen tane boyunda kromspinel ve manyetite dönüşen kromitler de izlenmiştir.



Şekil 28. Amfibol gnays içerisindeki ilmenit (Ilm), rutil (Rutil) ve sfen (Sph).
Figure 28. Ilmenite (Ilm), rutile (Rutil) and titanite (Sph) in amphibole gneiss.



Şekil 29. Amfibol gnays içerisindeki limonit (lmt) ve pirotin (Pirothin).

Figure 29. Limonite (lmt) and pyrothine (Pirothin) in amphibole gneiss.

Amfibol gnayslarda ise; sfen, ilmenit, manyetit, pirit, rutil, ilmenomanyetit, ilmenohematit, pentlandit, pirotin, hematit, kalkopirit, sfalerit, maghemit ve limonit saptanmıştır. Sfenler, ilmenitten dönüşmüş olarak ilmenit relikti içerir şekilde ya da özşekilli taneler halinde izlenmiştir. Tane boyu 20 mikron ile 560 mikron arasında değişmektedir. Bazı sfenler içinde yuvarlağımsı rutil kapanımları belirlenmiştir. İlmenitler özşekilsiz taneler halinde olup (90-400 mikron arası), kenarları boyunca sfene dönüşüm göstermektedir. Bazı ilmenitlerde az oranda rutil ve hematite dönüşüm de izlenmiştir. Bazı ilmenitler ise manyetitle kenetlidir. Manyetitler özşekilsiz olup, 9 mikron ile 950 mikron arasında değişen tane boyundadır. Yer yer martitleşmiştir. Piritler yer yer özşekilsiz taneler halinde, bazen de boşluk dolgusu olarak izlenmiş olup, limonitleşme göstermektedir. Rutiller özşekilli olup, 20-150 mikron arası tane boyundadır. İlmenohematitler 45 mikron ile 180 mikron arasında değişen tane boyunda olup, özşekilsizdir. İlmenomanyetitler ise

özşekilsiz olup, 600 mikrona ulaşan tane boyundadır.

Pentlanditler 20 mikron ile 130 mikron arasında değişen tane boyunda olup, pirotinle kenetli ya da pirotini kesmiş olarak izlenmiştir. Pirotinler 8-850 mikron tane boyu aralığında olup, yer yer kenar ve dilinimleri boyunca markazite bazen de markazit ve limonite dönüşüm göstermektedir. Hematitler özşekilsizdir (20-300 mikron arası tane boyutlarında). Kalkopiritler 4-400 mikron arasında tane boyunda olup, genellikle pirit ve pirotinle kenetlidir. Bazı kalkopiritlerde kenarlarından itibaren limonite, daha az kovelline dönüşüm izlenmiştir. Sfaleritler çok ince taneli olup, kalkopiritle kenetlidir. Maghemitler 300 mikron tane boyundadır. Limonitler ince lifsel şekillerde ya da 45 mikron ile 250 mikron arasında değişen tane boyunda, özşekilsiz taneler halinde olup, pirit reliktleri içermektedir. Cevher mineralleri şistoziteye uyumlu olarak yönlenmiş ve uzamış taneler halindedir.

Serpantin

Serpantinlerde yapılan cevher mikroskobisi çalışmalarında; manyetit, pirotin, ilmenit, kalkopirit, ilmenomanyetit, kromit, pirit, pentlandit, limonit ve millerit izlenmiştir.

Manyetitler 9 mikron ile 450 mikron arasında değişen tane boyunda ve özşekilsiz taneler halindedir. Bazı örneklerde yer yer kataklazma etkilerinin görüldüğü manyetitler içinde kromit ve krom spinel relikleri izlenmiştir. Serpantinleşme sonucu açığa çıkan manyetitler ise kılcal çatlak dolgusu şeklinde ve iskeletimsi biçimlidir. Pirotinler 200 mikron ile 450 mikron arasında değişen tane boyunda, özşekilli ve yarı özşekilli taneler halindedir. İlmenitler 60 mikron ile 350 mikron arasında değişen tane boyunda olup, manyetitlerle kenetlidir. Bazı ilmenitler yuvarlağımsı taneler halinde olup, manyetit içinde kapanımlar şeklindedir. İlmenomanyetitler 45 mikron ile 700 mikron arasında değişen tane boyunda ve özşekilsiz taneler halindedir. Bazı ilmenomanyetit ve manyetitlerde ince ulvospinel ayrılımları izlenmiştir. Kalkopiritler 20 mikron ile 120 mikron arasında değişen tane boyunda olup, pirotinlerle kenetlidir.

Piritler 20 mikron ile 150 mikron arasında değişen tane boyunda, özşekilsiz taneler halinde olup, pirotinle kenetlidir. Bazı piritler yer yer kenarlarından itibaren limonite dönüşmüştür. Limonitler 60 mikron ile 300 mikron arasında değişen tane boyunda olup, içerisinde bazen pirit, pentlandit ve pirotin relikleri bulunmaktadır. Pentlanditler genellikle manyetit tarafından sarılmıştır. Pentlanditlerdeki çatlaklar içerisinde de manyetit izlenmiştir. Milleritler 15-20 mikron tane boyunda olup, az oranda violarite dönüşmüştür. Kısmen manyetitler ile çevrilmiş, yer yer de manyetitin ara ve çatlaklarını doldurmuştur.

Metapiroksenhornblendit

Cevher mikroskobu çalışmalarında bu kayaca özgü örneklerde; ilmenomanyetit,

manyetit, pirotin ve pentlandit saptanmıştır. İlmenomanyetit ve manyetitler 16 mikrondan 1400 mikrona kadar ulaşan tane boyuna sahiptir. Özşekilsiz taneler halinde izlenen manyetitler kenarlarından itibaren martitlemiştir. Bazı manyetitlerde ise ulvospinel ayrılımları izlenmiştir. Pirotinler 45 mikron ile 900 mikron arasında değişen tane boyundadır ve kenar ve dilinimleri boyunca limonitlemiştir. Pentlanditler pirotinler ile kenetli (45-200 mikron) olarak izlenirken, çatlaklarından itibaren violarite ve limonite dönüşmüştür. Limonitler 20 mikron ile 45 mikron arasında değişen tane boyunda olup, eser miktarda izlenmiştir. Bazı manyetitler içinde pirotin kapanımları bulunmaktadır. Opak mineraller mafik minerallerle birlikte yönelme göstermektedir.

Metalerzolit

Cevher mikroskobisi çalışmalarında metalezolitlerin çoktan aza doğru; kromit, manyetit, pentlandit ile eser oranlarda limonit ve pirotin içerdiği saptanmıştır. Kromitler 5-115 mikron arası tane boyunda ve kataklastik özellikte olup, genellikle kenarlarından itibaren manyetite dönüşümler göstermektedir. Manyetitlerin bir kısmı kromitin dönüşümü ile bir diğer kısmı ise serpantinleşme sonucu açığa çıkmıştır. Serpantinleşme sonucu açığa çıkan manyetitler yönelmeye paralel olarak çatlaklarda izlenmektedir. Pentlanditlerin çatlakları genellikle manyetitler tarafından doldurulmuş ya da pentlandit taneleri manyetitler tarafından sarılmıştır. Bazı pentlanditler yönelmeye paralel uzama göstermektedir. Eser miktarda izlenen pirotinler limonite dönüşmüş biçimde veya limonitler içerisinde relikler biçiminde izlenmektedir.

JEOKİMYA

Çalışma alanı içerisinde yüzeyleyen ve derlenmiş bulunan 23 adet amfibolit, amfibolgnays, metadunit ve metaperidotit örneklerinde jeokimyasal analizler yapılmıştır. Analizler MTA Genel Müdürlüğü Laboratuvarları'nda ICP-OS (optik spektral)

yöntemi ile yapılmış olup, yöntem hakkında detaylı bilgiler Şentürk, 2005'de verilmiştir.

Şentürk, 2005'deki analizi yapılan örneklere özgü jeokimyasal analiz sonuçları incelendiğinde; Ti içerikleri 400-14800 ppm, Fe içerikleri 20-92600 ppm, Co içerikleri 102-210 ppm, Cr içerikleri 44-1790 ppm, Ni içerikleri 22-1900 ppm, Cu içerikleri 10-226 ppm ve Zn içerikleri 38-798 ppm arasında değişmektedir. Örneklerin ortalama element içerikleri; Ti için 5978 ppm, Fe için 57410 ppm, Co için 152 ppm, Cr için 331 ppm, Ni için 235 ppm, Cu için 70 ppm ve Zn için 128 ppm'dir.

Karşılaştırma amacı ile Çizelge 1'de farklı bazı kayalardaki ortalama Ti içerikleri ppm cinsinden sunulmuştur.

Çizelge 2'de amfibolit, Çizelge 3'te amfibol gnays ve Çizelge 4'te metadunit ile metaperidotit örneklerine özgü toplu sonuçlar verilmektedir. Anılan çizelgeler incelendiğinde en düşük Ti içeriği 400 ppm ile metaperidotitlerde, en yüksek Ti içeriği 14800 ppm ile amfibol gnayslarda ve en yüksek ortalama Ti içeriği 6578 ppm ile yine amfibol gnayslara özgüdür. Fe için; en düşük içerik 20 ppm ile, en yüksek içerik 92600 ppm ile ve en yüksek ortalama içerik 60024 ppm ile amfibolitlere aittir. Diğer geri kalan; Co, Cr, Ni, Cu ve Zn içerikleri mafik-ultramafik kayalarla uyum içerisinde. Cevher mikroskopisi çalışmalarında saptanmış bulunan kromit, pirotin, pentlandit ve eser oranlarda rastlanılmış bulunan kalkopirit ve sfalerit minerallerinin bu elementlerin kaynağı olduğu düşünülmektedir.

Amfibolitlerde Ti içeriği kayalık içerisindeki rutil ve sfen oranlarına bağlı olarak 760-11400 ppm arasında değişmekte olup, ortalama içerik 5707 ppm'dir. Amfibol gnayslarda Ti içeriği 540-14800 ppm arasında değişmekte olup, ortalama Ti içeriği 6578 ppm'dir. Force, 1976 amfibolitlerde ortalama Ti içeriğinin 8213

ppm olduğunu belirtmektedir. Amfibolitlerden derlenen 9 adet örnekten yalnızca üç tanesinin Ti içeriğinin bu ortalama içeriğin üzerinde olduğu görülmektedir ve bu örnekler de rutil ve sfen minerallerince diğer örneklerle göre daha zengin olma özelliği taşımaktadır.

Element çiftleri arasındaki korelasyon katsayısı değerleri Çizelge 5'te sunulmaktadır. Fe ve Ti ile Fe ve Co çifti arasında yüksek, Ti ve Co, Cr ve Ni, Cr ve Zn çiftleri arasında görece yüksek pozitif korelasyonlar izlenmektedir. Fe ve Cr çifti arasında yüksek, Ti ve Ni, Fe ve Zn çiftleri arasında ise görece yüksek negatif korelasyonlar söz konusudur.

Titanyum elementinin diğer elementlere karşı olan değişimleri tüm örnekler için Çizelge 6'da ayrıca grafiksel bir biçimde sunulmuştur.

Bazı amfibolitlerde Fe ve Ti içeriğinin nispeten düşük, Cr ve Ni içeriğinin ise nispeten yüksek olması, bu kayaların olivin gabrodan türemiş olabileceğine, buna karşın diğer amfibolit ve amfibol gnays örneklerinde Fe ve Ti içeriklerinin yüksek, Cr ve Ni içeriklerinin normal sınırlar içerisinde kalması, bu kayaların da diyabaz kökenli kayalar olabileceğine işaret etmektedir. Ayrıca metadunit ve metaperidotit örneklerinin ortalama Ti içeriklerinin 3600 ppm seviyesinde olması ve bu kayalardaki Cr içeriklerinin de düşük olması, bunların kümülat kökenli kayalar olabileceğini düşündürmektedir (Coleman, 1977).

Titan cevherlerinin ekonomik tenör sınırları ve rezervleri konusunda kesin bir rakam verilememekle birlikte, %10-20 TiO₂ ve birkaç milyon ton rezerv alt sınır olarak kabul edilmektedir (Yaşar, 1993). Bu bağlamda Kazdağ metaofilyolitinin yer aldığı sahanın, gerek

Çizelge 1. Bazı kayalardaki ortalama Ti içerikleri (ppm olarak) (Force, 1976).

Table 1. Average Ti contents of some rocks (as ppm) (Force, 1976).

ULTRAMAFİK KAYAÇLAR	Dunit	420
	Peridotit	3177
	Piroksenit	4976
	Kimberlit	13009
BAZİK KAYAÇLAR	Kıtasal Bazalt	8993
	Jeosenklinal Bazalt	10012
	Okyanusal Bazalt	16007
	Gabro	6774
ARA KAYAÇLAR	Diorit	0
	Andezit	4976
ASİDİK KAYAÇLAR	Tonalit	4616
	Dasit	3417
	Granodiyorit	3717
	Granit	1978
	Riyolit	1978
ALKALİ KAYAÇLAR	Siyenit	4077
	Trakit	4017
	Nefelinsiyenit	2998
	Fonolit	2398
SEDİMANTER KAYAÇLAR	Kumtaşı	2398
	Silttaşı	3537
	Şeyl	3777
	Kireçtaşı	1199
METAMORFİK KAYAÇLAR	Amfibolit	8213
	Gnays	3477
	Şist	3597
	Sleyt	4796
	Yeşil şist	9832
	Kuvarsit	1379
	Serpantinit	90
	Glokofanşist	4676
	Eklojit	7614

Çizelge 2. Amfibolitlere özgü analiz sonuçları.
Table 2. Analytical results from amphibolites.

Numune No	Min+Pet Tanımlama	Ti ppm	Fe ppm	Co ppm	Cr ppm	Ni ppm	Cu ppm	Zn ppm
YM4	Amfibolit	760	20	134	1790	1172	154	652
YM8	Amfibolit	4600	47400	128	428	178	38	206
YM38	Amfibolit	8400	66600	<20	220	22	86	74
YM43	Amfibolit	3600	60600	150	905	188	<10	42
YM47	Amfibolit	3600	63000	158	260	160	86	48
YM52	Amfibolit	2400	61400	142	<20	34	52	64
YM54	Amfibolit	5800	59200	146	254	118	96	58
YM57	Amfibolit	11400	92600	198	116	68	266	84
YM58	Amfibolit	10800	89400	198	112	132	10	62
Minimum		760	20	128	112	22	10	42
Maksimum		11400	92600	198	1790	1172	266	652
Ortalama		5707	60024	157	511	230	99	143

mineralojik-petrografik, gerekse kimyasal analizler sonucunda, titan cevherleşmesi açısından bugünkü koşullarda ümitli olmadığı saptanmıştır.

Çizelge 3. Amfibolgnayslara özgü analiz sonuçları.
Table 3. Analytical results from amphibolegneisses.

Numune No	Min+Pet Tanımlama	Ti ppm	Fe ppm	Co ppm	Cr ppm	Ni ppm	Cu ppm	Zn ppm
YM11	Amfibol gnays	540	14000	<20	<20	<10	<10	62
YM20	Amfibol gnays	3800	46400	108	52	72	62	798
YM22	Amfibol gnays	6200	68000	154	192	94	88	72
YM26	Amfibol gnays	6800	42200	116	222	96	<10	51
YM27	Amfibol gnays	3400	63000	146	44	26	46	74
YM29	Amfibol gnays	2200	37400	102	502	124	56	50
YM30	Amfibol gnays	4400	66600	154	<20	24	92	86
YM31	Amfibol gnays	12200	89800	196	124	62	42	76
YM32	Amfibol gnays	14600	89800	210	86	66	68	96
YM33	Amfibol gnays	3600	43200	108	266	132	24	72
YM34	Amfibol gnays	6400	58800	150	252	122	<10	48
YM55	Amfibol gnays	14800	44800	154	<20	<10	16	68
Minimum		540	14000	102	44	24	16	48
Maksimum		14800	89800	210	502	132	92	798
Ortalama		6578	55333	145	193	82	55	129

Çizelge 4. Metadunit ve metaperidotitlere özgü analiz sonuçları.
Table 4. Analytical results from metadunit and metaperidotites.

Numune No	Min+Pet Tanımlama	Ti ppm	Fe ppm	Co ppm	Cr ppm	Ni ppm	Cu ppm	Zn ppm
YM60	Metaperidotit	400	59600	188	218	1900	16	38
YM21	Metadunit	6800	56600	142	286	152	32	70
Minimum		400	56600	142	218	152	16	38
Maksimum		6800	59600	188	286	1900	32	70
Ortalama		3600	58100	165	252	1026	24	54

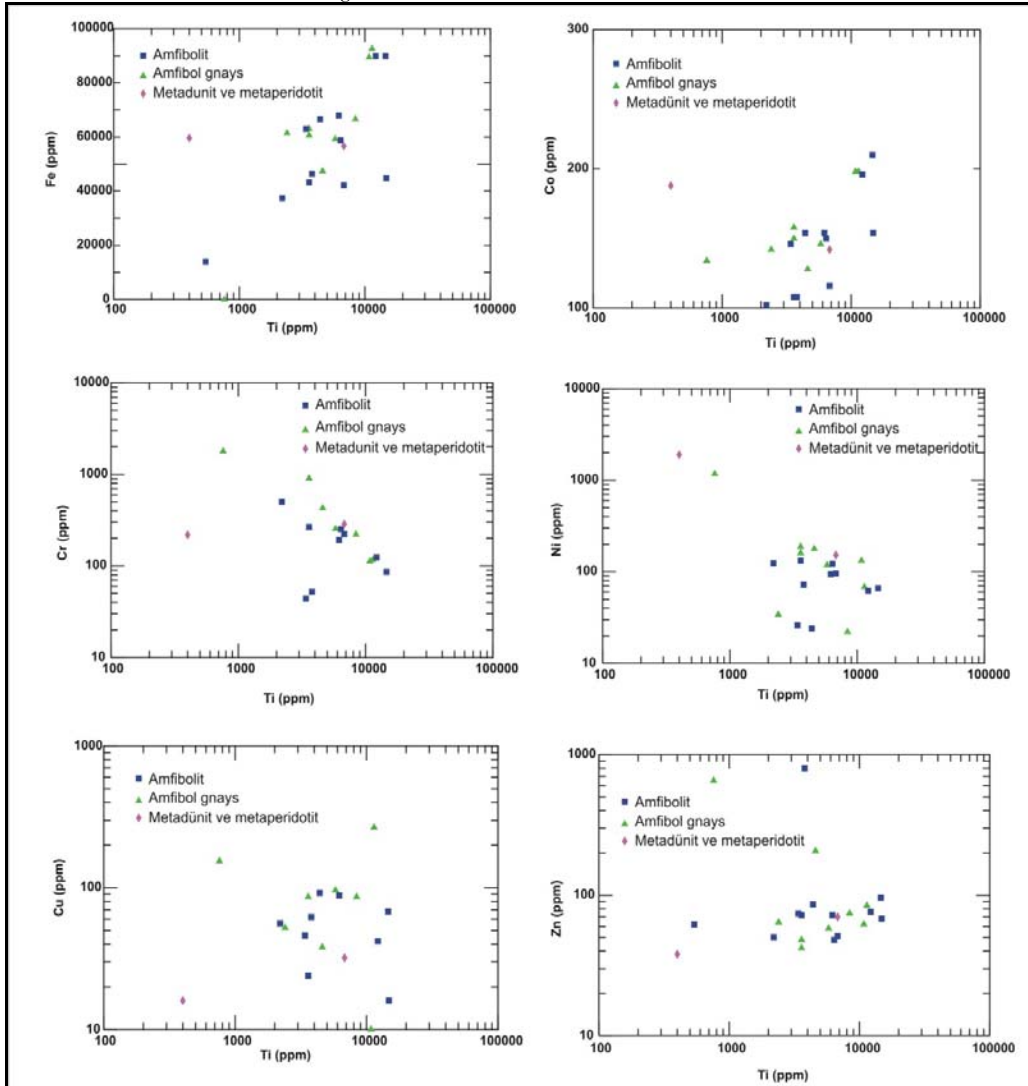
Çizelge 5. Element çiftleri arasındaki korelasyon katsayı değerleri.

Table 5. Correlation coefficients between element pairs.

	Ti	Fe	Co	Cr	Ni	Cu	Zn
Ti	1,00						
Fe	0,63	1,00					
Co	0,42	0,61	1,00				
Cr	-0,36	-0,53	-0,04	1,00			
Ni	-0,41	-0,27	0,20	0,47	1,00		
Cu	0,12	0,17	0,18	0,21	0,03	1,00	
Zn	-0,23	-0,43	-0,12	0,44	0,21	0,25	1,00

Çizelge 6. Ti elementinin diğer elementlere karşı olan değişimleri.

Table 6. Variations at Ti element against other elements.



SONUÇLAR

1. Kazdağ masifi (Balıkesir) metadunit, amfibolit/metagabrolarının jeolojisi ve titan içeriği açısından değerlendirilmesi amaçlı bu çalışma 1/25.000 ölçekli İ17-c₁ ve İ17-c₂ paftalarında toplam 130 km²'lik bir alanda gerçekleştirilmiştir.

2. Çalışma alanının 1/25.000 ölçekli jeoloji haritası yapılmış ve stratigrafik istif kurulmuştur. Bu istif 4 formasyondan oluşmaktadır. En altta Kazdağ masifinin çekirdeğinde yer alan, mermer ve amfibollü gnays ardalanmasından oluşan Fındıklı formasyonu yer alır. Bu formasyonun üzerine tektonik dokanla metaofiyolitten oluşan (metadunit, amfibolit ve metaperidotit) Tozlu formasyonu gelmektedir. Tozlu formasyonu üzerine ince bir gnays seviyesi ile mermerlerden oluşan Sarıkız formasyonu diskordan olarak yer almaktadır. Bu formasyonun üstüne de tektonik olarak gnayslardan oluşan Sütüven formasyonu gelmektedir. Sütüven Formasyonu stratigrafik olarak istifin en üst seviyesinde yer almaktadır.

3. Mineralojik ve petrografik incelemelere göre; Fındıklı formasyonu; gnays, şist ve mermerlerden, Tozlu formasyonu; amfibolit, metaperidotit, metadunit, serpantin, metalerzolit ve metapiroksenhornblenditlerden, Sarıkız formasyonu; mermerlerden ve Sütüven formasyonu; gnays, amfibolit, milonit ve şistlerden oluşmaktadır.

4. Tozlu formasyonu kayaçlarında yapılan cevher mikroskobisi çalışmaları sonucunda kayaçlarda; pirotin, pentlandit, pirit, rutil, sfen, manyetit, hematit, kromit, limonit, ilmenit, kalkopirit, sfalerit, ilmenohematit, ilmenomanyetit, millerit, kovellin ve maghemitler saptanmıştır.

5. Mineralojik ve petrografik incelemeler ve cevher mikroskobisi çalışmaları sonucunda derlenen ve kimyasal analizi yapılan örneklerde Ti, Fe, Co, Cr, Ni, Cu ve Zn element içerikleri belirlenmiştir.

6. Tozlu formasyonuna özgü kayaçlarda gözlenen Fe, Ti, Co ve Cr, Ni, Zn element bollukları arasında izlenen birliktelik (pozitif korelasyon), olasılıkla bu kayaçların birincil kökenleri konusunda mafik-ultramafik litolojilere işaret etmektedir.

7. Amfibolitlerin bir kısmının Ti ve Fe içeriğinin nispeten düşük, Cr ve Ni içeriklerinin nispeten yüksek olması, bunların olivin gabrolardan türemiş olabileceğini, diğer amfibolit ve amfibol gnays örneklerinin ise Ti ve Fe içeriklerinin yüksek, Cr ve Ni içeriklerinin olağan sınırlar içerisinde bulunması, bunların da diyabaz kökenli kayaçlar olabileceğini düşündürmektedir. Metadunit ve amfibolitlerdeki Cr içeriklerinin düşük olması, bunların kümülat kökenli kayaçlar olabileceğine işaret etmektedir.

8. Kazdağ masifi metaofiyolit kayaçlarında saptanmış bulunan %0,04-1,48 arasında değişen Ti içerikleri, dünyadaki birincil titanyum yatakları ile karşılaştırıldığında, sahanın titan cevherleşmesi açısından bugünkü koşullarda ümitli olmadığını düşündürmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, 1. yazarın, 2. yazarın denetiminde Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde hazırlamış olduğu Yüksek Lisans çalışmasının bir özetidir. Yazarlar, saha çalışmalarındaki katkıları nedeniyle İ. Sönmez Sayılı'ya (A.Ü.) , ayrıca, makaleyi okuyarak değerli kritikleri yapan ve tez çalışmasının çeşitli aşamalarında katkıları bulunan; Cem Saraç (H.Ü.) ile Y. Kaan Kadioğlu'na (A.Ü.) müteşekkirdir. Bu bağlamda 1. yazar; saha çalışmaları sırasında "jeolojide usta-çırak ilişkisini" yönlendiren Mehmet Duru'ya (MTA) ve meslek eğitiminde katkıları bulunan Neşat Konak'a (MTA) özellikle teşekkür eder.

KAYNAKLAR

- Altınlı, E. 1973. Bilecik Jurasîği. Cumhuriyetin 50. Yılı Yerbilimleri Kong. Tebliğleri, MTA Enstitüsü, 103-111.
- Aslaner, M. 1965. Etude geologique et petrographique de la region d'Edremit-Havran. MTA Enstitüsü, Publication No. 119.
- Bilgin, T. 1969. Biga Yarımadası'nın güneybatı kısmının jeomorfolojisi. İst. Üniv. Coğ. Ens., Yayın No: 55, 1-273.
- Bingöl, E. 1968. Contribution a'l' etude geologique de laportie centrale et sud. Est du Masif de Kazdağ (Turquie). These Fac. Sci. Univ., 189 p., Nancy (Fransa).
- Bingöl, E. 1969. Kazdağ Masifi'nin merkezi ve güneydoğu kısmının jeolojisi. MTA Enst. Dergisi, Sayı 72, s. 110-123, Ankara.
- Bingöl, E. 1971. Fiziksel yaş tayini metodlarını sınıflama denemesi ve Rb-Sr ve K-Ar metodlarının Kazdağ'da bir uygulaması. TJK Bülteni, 14, 1-16.
- Bingöl, E., Akyürek, B. ve Korkmazer, B. 1973. Biga Yarımadası'nın jeolojisi ve Karakaya formasyonunun bazı özellikleri. Cumhuriyetin 50. Yılı Yerbilimleri Kongresi Tebliğleri, MTA, s. 70-77, Ankara.
- Bingöl, E. 1976. Batı Anadolu'nun jeotektonik evrimi. MTA Dergisi, Sayı 86, 14-30.
- Coleman, R. G. 1977. Ophiolites-Ancient Oceanic Lithosphere. U.S.A., pp. 42-43.
- Duru, M., Pehlivan, Ş., Şentürk, Y., Yavaş, F. and Kar, H. 2004. New results on the lithostratigraphy of the Kazdağ Massif in northwest Turkey. Turkish journal of Earth Sciences, A special issue commemorating Okan Tekeli, pp. 177-186.
- Force, E. R. 1976. Titanium Content and Titanium Portioning in Rocks. Geological Survey, Professional Paper 959.
- Geis, H. 1953. Kuzey Kazdağ'ın jeolojik yapısı. MTA Rapor No: 2250 (yayınlanmamış).
- Gözler, M.Z., Ergül, E., Akçaören, F., Genç, Ş., Akat, U. ve Acar, Ş. 1984. Çanakkale Boğazı doğusu Marmara Denizi güneyi Bandırma- Balıkesir- Edremit ve Ege Denizi arasındaki alanın jeolojisi ve komplikasyonu. MTA Rapor No: 7430 (yayınlanmamış).
- Gözler, M.Z. 1986. Kazdağ batısı Mıhlidere Vadisi'nin jeolojik petrografik incelenmesi. TJK Bülteni, C. 29, 133-142.
- Granit, Y. and Tintant, H. 1960. Observation preliminaires surle Jurassique de la region de Bilecik (Turquie). C.R. Acad. Sc. Paris, 251, 1801-1803.
- Gümüş, A. 1964. Contribution al'etude geologique de secteur serpenrional de Kalabak Köy region D'Edremit, Turquie. MTA Enstitüsü, Publication No. 117.
- Kaaden, G. 1957. Çanakkale-Biga- Edremit yarımadası bölgesindeki jeolojik saha çalışmaları ve maden yatakları hakkında rapor. MTA Rapor No: 2661 (yayınlanmamış).
- Ketin, İ. 1966. Anadolunun tektonik birlikleri. MTA Dergisi, 6, 20-34.
- MTA ve İTÜ. Baskıda. Biga yarımadasının genel ve ekonomik jeolojisi. Özel yayın serisi, MTA (ed. Yüzer E. ve Tunay G.), Ankara.

- Okay, A.I. 1984. Kuzeybatı Anadolu'da yer alan metamorfik kuşaklar. Ketin Sempozyumu, TJK Bülteni, s. 83-92.
- Okay, A.I., Siyako, M. ve Bürkan, K.M. 1990. Biga Yarımadası'nın jeolojisi ve tektonik evrimi. TPJD Bülteni, 2/1, 83-121.
- Okay, A.I., Siyako, M. and Bürken, K.A. 1991. Geology and tectonic evolution of the Biga Peninsula, northwestern Turkey. Bull. Technical University İstanbul, v. 44, pp. 191-256, İstanbul.
- Okay, A.I. and Tüysüz, O. 1999. Tethyan sutures of northern Turkey: In 'The Mediterranean Basins: Tertiary extension within the Alpine orogen' (ed. B. Durand, L. Johvet, F. Horvath and M. Seranne). Geological Society London, Special Publication 156, 475-515.
- Okay, A.I. and Satır, M. 2000. Coeval plutonism and metamorphism in a latest Oligocene metamorphic core complex in northwest Turkey. Geol. Mag. 137, pp. 495-516.
- Papanikolaou, D.J. and Demirtaşlı, E. 1987. Geological correlations between the Alpine segments of the Hellenides-Balkannides and Taurides-Pondides, Pre-Variscan and Variscan events in the Alpine-Mediterranean mountain belts (ed. H. W. Flügel, F. P. Sassi and P. Grecula), Alfa Publishers Bratislava, 387-396.
- Schüling, R. D. 1959. Über eine präherzynische Faltungsphase im Kazdağ Kristalin. MTA Enstitüsü Bülteni, 53, 89-93.
- Siyako, M., Bürkan, K.A. ve Okay, A.İ. 1989. Biga ve Gelibolu yarımadalarının Tersiyer jeolojisi ve hidrokarbon olanakları. TPJD Bülteni, 1/3, 183-199.
- Şengör, A.M.C. and Yılmaz, Y. 1981. Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach. Tectonophysics 75, 181-241.
- Şentürk, Y. 2005. Kazdağ masifi (Balıkesir) metadunit, amfibolit/metagabroların jeolojisi ve titan içeriği açısından değerlendirilmesi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 94 s., Ankara (yayınlanmamış).
- Yaşar, M. 1993. Titanyum oluşum jeolojisi ve ekonomisi. MTA Derleme No: 9430, Ankara.

