



## **Çelikhan (Adıyaman) Civarında Yüzeyleyen Metamorfik ve Magmatik Kayaların Petrolojisi**

*Petrology of Metamorphic and Magmatic rocks in the Vicinity of Çelikhan (Adıyaman), Turkey*

**Özlem ŞAHİN<sup>1</sup>, Veysel IŞIK<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>MTA Genel Müdürlüğü, Maden Analizleri ve Teknolojisi Dairesi Başkanlığı, 06800 Ankara

(e-posta: ozlems@mta.gov.tr)

<sup>2</sup>Ankara Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Tektonik Araştırma Grubu, TR-06100, Tandoğan, Ankara, Türkiye

(e-posta: isik@eng.ankara.edu.tr)

### **ÖZ**

GD Anadolu kuşağı, geniş yayılımlara sahip metamorfik kayalar ile bu metamorfite sokulum yapan değişen bileşimdeki magmatik kayaları içerir. İnceleme alanı, bölgede yaygın yüzeylemeleri bulunan Pütürge ve Malatya metamorfitelerine ait litolojileri ihtiva eder. Maden karmaşığına ait kayalar ile yersel intrüzyonlar inceleme alanının diğer litolojilerini oluşturmaktadır.

Petrografik incelemeler, Pütürge metamorfiteilerinin mika şist/mika gnays, granat mika şist/granat mika gnays, kalk-silikatik şist/kalk-silikatik gnays, kuvarso-feldispatik mika gnays, kuvarsitik şist/kuvarsit, mermer ve amfibolit türü kayalardan oluştuğunu ortaya koyar. Bu kayalarda granat, stavrolit, disten, sillimanit mineralleri Barroviyen zonunu temsil eden tipik indeks mineralleri oluşturur. Elde edilen mineral birliktelikleri, Pütürge metamorfiteilerinin bölgesel metamorfizmanın ilerleyen üst yeşilşist ve amfibolit fasiyesi metamorfizma koşullarında geliştiğini ortaya koymaktadır. Bu durum, Pütürge metamorfiteilerinin ~700 °C sıcaklık ve 9 kbar basınç metamorfizma koşullarında ve ~25 km'ye erişen kabuk derinliklerinde gelişmiş olabileceğini gösterir.

Malatya metamorfiteileri yaygın olarak mermerlerden, az oranda sleyt, fillit ile şist türü kayalardan oluşmaktadır. Şist ve fillitlerde gözlenen kloritoyid, epidot ve tremolit/aktinolit mineralleri, Malatya metamorfiteilerinin ~500 °C sıcaklık ve 6 kbar basınç metamorfizma koşullarına kadar erişmiş olduğunu ve bu koşulların da ~15 km derinliklere kadar uzandığını belirtmektedir.

İnceleme alanı içerisindeki metamorfiteilerde ilerleyen bu bölgesel metamorfizma gerileyen

metamorfizma tarafından üzerlenmiştir. Gerileyen metamorfizma oluşukları, bu metamorfitleerin yüzeye çıkma (exhumation) süreci ve bölgedeki neo-tektonik olaylar ile yakından ilişkilidir.

**Anahtar kelimeler:** Metamorfik kaya, indeks mineral, amfibolit fasiyesi, Pütürge, Güneydoğu Anadolu

## ABSTRACT

*SE Anatolia contains large exposed metamorphic rocks and intruded igneous rocks of various compositions. The study area described here includes Pütürge and Malatya metamorphites with large exposing in the region. Rocks of the Maden complex and local intrusion bodies constitute other lithologies of the area.*

*Based on petrographic studies, Pütürge metamorphites consist of mica schist/mica gneiss, garnet mica schist/garnet mica gneiss, calc-silicatic schist/ calc-silicatic gneiss, quartzo-feldspathic mica gneiss, quartz schist/quartzite, marble and amphibolite. Typical index minerals such as garnet, staurolite, kyanite, and sillimanite in these rocks characterize Barrovian zones. Mineral assemblages of these rocks indicate that the Pütürge metamorphites were metamorphosed by the upper greenschist and amphibolite facies conditions of the regional metamorphism. In this respect, estimates for peak temperature and pressure have been estimated as ~700 °C and 9 kbar, respectively, which implies a depth of at least 25 km. The Malatya metamorphites include mainly marble and lesser amounts of slates, phyllites and schists. The presence of chloritoid, epidote and tremolite/actinolite minerals in the Malatya metamorphites suggest a temperature of ~500 °C and a pressure of approximately 6 kbar, which coincides with a ~15 km depth.*

*Metamorphites with progressive regional metamorphism in the study area were overprinted by products of retrograde metamorphism. The formation of the products of retrograde metamorphism has been closely related with the exhumation process of metamorphites and neo-tectonic events in the region.*

**Key words:** Metamorphic rocks, index mineral, amphibolite facies, Pütürge, Southeast Anatolia

## GİRİŞ

Doğu Akdeniz içerisinde bulunan Güneydoğu Anadolu kuşağı, Torid-Anatolit platformu ile kenar kıvrımları alanlarını kapsar (Ketin 1966). Bölge, Türkiye jeolojisi içerisinde Doğu Toros kuşağı ve Arap platformu bazında irdelenir (Şekil 1a). 400 km uzunlukta, 70 km genişlikteki kuşağın oluşumu, ayrıntıda görüş farklılıkları olsa da Üst Kretase'den itibaren Avrasya ve Arap/Afrika levhalarının bir-

birlerine yaklaşması ve çarpışmalarının sonucudur. Kuşağı, levha tektoniği kapsamında irdelenen ilk çalışma Dewey vd. (1973) tarafından gerçekleştirilmiştir. Sonraki araştırmalar bu çalışmaya yenilikler ve farklı görüşler katarak bölgenin jeodinamik oluşumu ile ilgili önemli saptamalar yapmışlardır (Örn. Hall 1976; Perinçek 1980; Özkaya 1982; Şengör ve Yılmaz 1981; Michard vd. 1984; Robertson ve Dixon 1984; Ricoue vd. 1984; Yazgan 1984; Yazgan ve Chessex 1991; Yılmaz

vd. 1992).

Bölge farklı kaya grupları ile temsil olunmaktadır. Bunlar arasında birbirleri ile litoloji, metamorfizma, yaş ve konum itibariyle korele edilebilen veya edilemeyen farklı metamorfik birimler bulunmaktadır. Bu metamorfitler, doğudan batıya doğru Bitlis, Pütürge, Keban, Malatya, Engizek ve Binboğa metamorfitleri olarak bilinir (Şekil 1b). Yılmaz vd. (1992)'ne göre metamorfitlerin tümü büyük bir metamorfik birliğin parçaları olup, bugünkü konumlarını Üst Kretase-Erken Miyosen aralığındaki jeolojik olaylar ile kazanmışlardır.

İnceleme alanı Çelikhhan ile Malatya arasında yer almaktadır. Bölgedeki ana birimleri Arap platformu, Bitlis-Pütürge metamorfitleri, Keban-Malatya metamorfitleri, İspendere-Kömürhan-Guleman birimi, Koçali karmaşığı, Baskil magmatitleri (Yüksekova karmaşığı), Maden karmaşığı ile sedimanter ve volkanik kayaların oluşturduğu havza birimleri oluşturur (Şekil 1c). Pütürge ve Malatya metamorfitleri ile Maden karmaşığı inceleme alanının ana birimlerini oluşturmaktadır (Şekil 2). Mafik-felsik plütonik intrüzyonlar Pütürge metamorfitleri ve Maden karmaşığına eşlik eder. Pütürge metamorfitleri inceleme alanının temeli konumundadır. Bu metamorfitler konumları itibariyle daha doğuda, yaklaşık D-B uzanımlı ve geniş yüzeylemeleri bulunan Bitlis metamorfitlerinin batı uzantısı niteliğindedir (Şekil 1c). Bitlis metamorfitleri ile ilgili pek çok çalışma gerçekleştirilmesine karşın (Örn. Boray 1975; Mason 1975; Yılmaz 1975; Çağlayan vd. 1984; Göncüoğlu ve Turhan 1984; Helvacı ve Griffin 1984; Genç 1990; Şengün 1993), Pütürge metamorfitlerinin iç yapısı ile ilgili çalışmalar daha sınırlıdır (Örn. Hempton 1984; Yazgan ve Chessex 1991; Erdem 1994). Maden karmaşığının bölgede Pütürge metamorfitlerini uyumsuz olarak üzerlediği belirtilmesine

(Perinçek 1979; Yazgan ve Chessex 1991) karşın, inceleme alanında bu ilişki yer yer bozulmuş olup, kimi kesimlerde tektonik olarak izlenir. Maden karmaşığı iç yapısı değişen oranlarda bozulmuş yaygın volkano-sedimanter kayalardan oluşmaktadır. Jeolojik veriler birimin yaşını Orta Eosen olarak öngörür (Perinçek 1979; Yazgan ve Chessex 1991). İnceleme alanında bu iki birim değişen bileşende granitoid intrüzyonlarınca kesilmektedir. Bölgede ve inceleme alanında geniş yüzeylemesi bulunan Malatya metamorfitleri ise, hem Pütürge metamorfitleri hem de Maden karmaşığı ile tektonik ilişkilidir. Egemen olarak metakarbonat kayalarından oluşan birim kendi içerisinde pek çok tektonik dilim ile karakterize olur. Malatya metamorfitleri kuzeyde Keban metamorfitleri (Örn. Bingöl 1984; Özgül ve Turşucu 1984) olarak devamlılığını sürdürür (Şekil 1c).

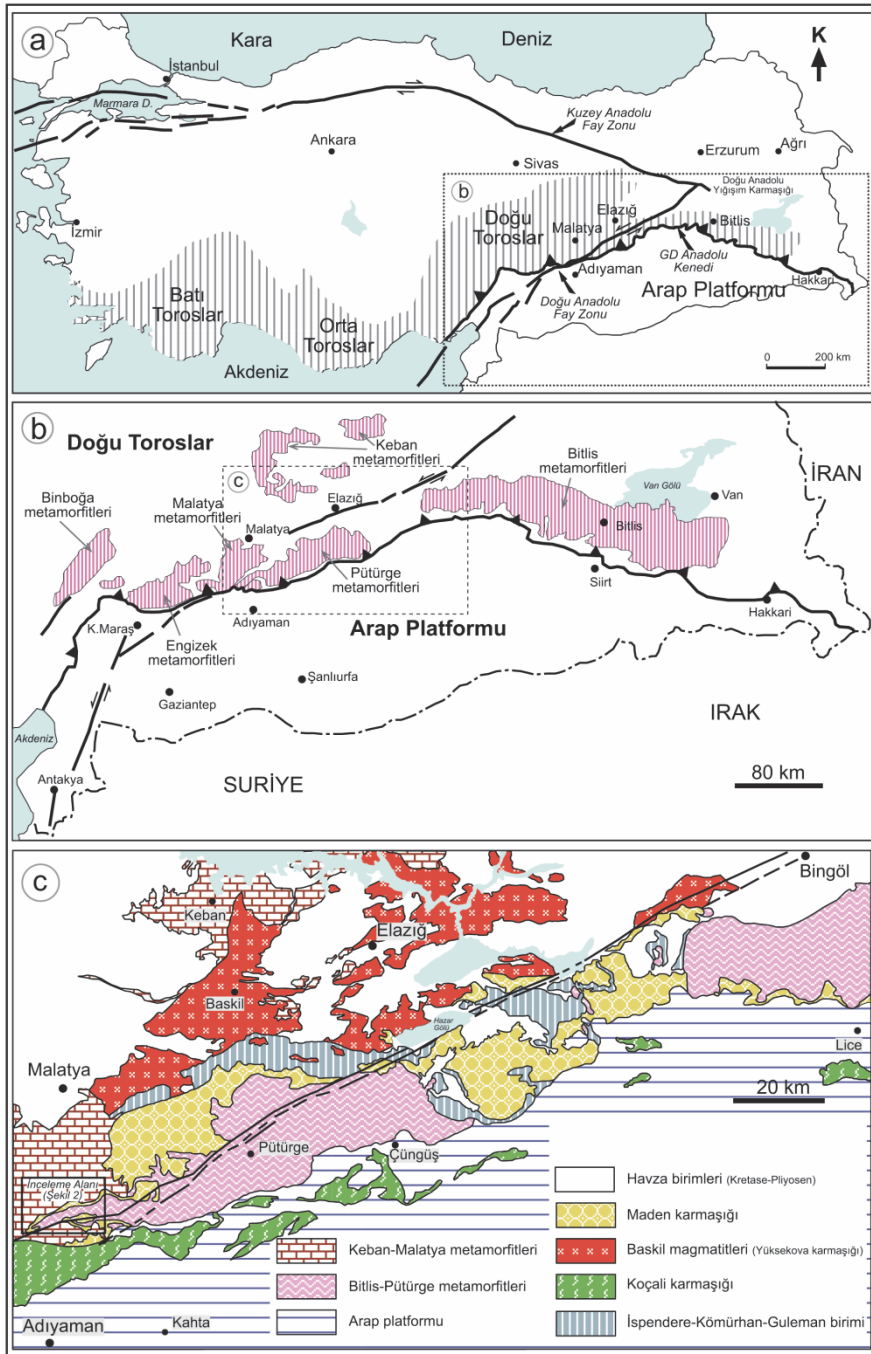
Bu çalışmada, inceleme alanı içerisindeki kaya birimleri ortaya konularak, Pütürge metamorfitlerinin batı ucu ve Malatya metamorfitlerinin güney ucununu temsil eden kayaların petrolojik özellikleri verilecektir.

## TEKTONO-STRATİGRAFİ

### Pütürge Metamorfitleri

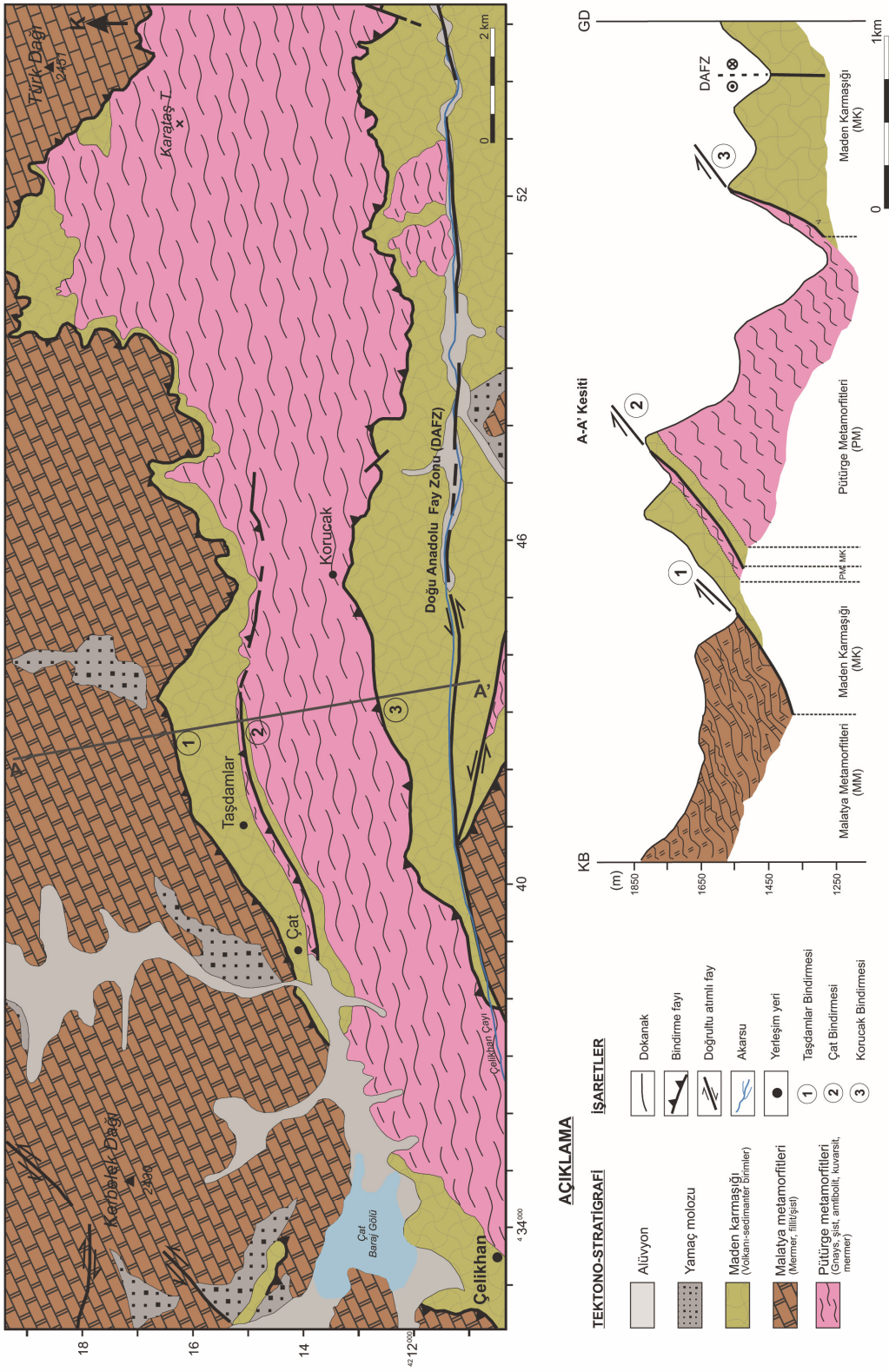
#### Arazi tanımlamaları

Bölgede özellikle hem eğim-atımlı ters hem de doğrultu-atımlı fayların oluşturduğu tektonik morfoloji Pütürge metamorfitlerinin kalınca görülmesini sağlamaktadır. Derince kazılmış vadi yamaçlarında yüzeyleyen Pütürge metamorfitleri iki litoloji grubu ile dikkat çeker. Alt kesimlerde egemen olarak yarı-pelitik araseviyeli pisamitik kayalar yer almaktadır. Bu kesimde ayrıca belirli seviyelerde metabazit ve metakarbonat seviyeleri de bulunur. Üst kesimlerde ise egemen olarak pelitik, yarı-pelitik kayalar ve bunlar ile araseviyeli pisamit, metabazit, metagranitoid ve metakarbonatlar yer almaktadır.



**Şekil 1.** (a) Torosların konumu ve Türkiye’de bazı ana tektonik yapılar. (b) Güneydoğu Anadolu kuşağı boyunca masiflerin genel konumu. (c) Malatya-Bingöl arasında yüzeyleyen birimlerin jeoloji haritası (Yazgan ve Chessex 1991’den sadeleştirilmiştir).

**Figure 1.** (a) Simplified map showing the Taurides and the main tectonic elements of Turkey. (b) The massifs exposed along the southeastern Anatolian belt. (c) Geologic map of units between Malatya and Bingöl (simplified from Yazgan and Chessex 1991).



Bu litoloji grubunun alt kesimden ayırt edici ve göze çarpan özelliği, kalın metakarbonat seviyelerinin ve açık renkli metapegmatit sokulumlarının varlığıdır. Litoloji özelliği, Pütürge metamorfitlelerinin sert veya yumuşak topoğrafya olarak görülmesine neden olmaktadır. Örneğin, metakarbonatlar genelde sarp yamaçlar oluştururken pelitik seviyeli kesimler daha yaygın bir topoğrafya sunar.

Foliasyon özelliği metamorfitlelerinin tümünde belirgin olarak gözlenmektedir. Mezoskopik incelemeler en az iki farklı foliasyonu belirgin olarak ortaya koymaktadır. Bu foliasyonlardan ilki şistozite ve gnays bandlaşması şeklinde görülürken, diğer foliasyon klivaj türünde izlenir. Ayrıca, sünümlü makaslama zonlarında ise milonitik foliasyon izlenmektedir. Tane lineasyonu ve kesişme lineasyonu el örneklerinde yaygınca gözlenen özellikler arasındadır. Metamorfitlelerinin içerisinde değişen ölçeklerde kıvrımlanmalar egemendir. Gevrek makaslama zonu (fay zonu) etkisinde kalan metamorfitlelerinde ise yaygın alterasyon yanında kırılmadan ufalanmaya kadar değişimler de gözlenmektedir.

### **Petrografi**

Pütürge metamorfitlelerini, pelit/yarı-pelit, pisamit, metabazit, metagranitoid ve metakarbonat kökenli gnays, şist, amfibolit, mermer ve kuvarsit türü kayalar oluşturur. Kaya tanımlamaları ana mineral bileşimine göre adlandırılmış olup, petrografik tanımlama prensipleri çerçevesinde mineral isimleri azdan çoğa doğru sıralanmıştır. Bu çalışmada, çok sayıda alt kaya türünü tek tek yazma yerine Pütürge metamorfitlelerine ait kaya türleri şu kaya grupları altında sunulmaktadır: Mika şist/mika gnays, granat-mika şist/granat mika gnays, kalsilikatik şist/kalsilikatik

gnays, kuvarso-feldispatik mika gnays, mermer, kuvarsitik şist/kuvarsit, amfibolittir. Kayaların mikro-tektonik özelliklerine bu çalışma içinde yer verilmemiştir.

### *Mika şist/Mika gnays*

Bu kaya türleri ince kesitlerinde lepidoblastik ve/veya granoblastik dokudadır. Kaya içerisindeki mineral tanelerinin boyutları ve/veya bu tanelerin oluşturdukları foliasyon karakteri kayanın şist veya gnays olarak adlandırılmasını belirlemektedir. Mineraller eşboyutlu-olmayan tane dağılımı sunurlar. Mika şist ve mika gnays kayalarının ana mineral bileşimlerini kuvars, feldispat, biyotit ve muskovit mineralleri oluşturur. Ayrıca farklı ince kesitlerde opak mineral, apatit, turmalin, sfen, zirkon, granat ve epidot minerallerinden biri, birkaçı ya da tümü tali mineral olarak bulunmaktadır. İkincil klorit, serisit oluşumları her kayada görülmektedir. Petrografik incelemeler mika şist ve mika gnaysların şu kaya türlerini içerdiğini ortaya koymaktadır: Mika şist, granat-mika şist, granat-biyotit şist, mika gnays, granat-mika gnays, biyotit gnays, granat-biyotit gnays.

Bu kayalardaki kuvars mineralleri özşekilsiz ve ince-orta tanelidir. Tane sınır geometrileri keskin veya kavisli girintili-çıkıntılıdır. Çoğu örneklerde foliasyon yönünde uzama sunurlar. Bir kısım tanelerde şerit dokusu belirgindir. Kaya bileşiminin %15-35 oranlarını oluşturur. Feldispatlar, plajiyoklaz (albit ve/veya oligoklaz) türündedir. Özşekilsiz, ince-orta ve iri tanelidir. İri taneleri tipik porfiroblastik doku gösterir. Bunlar içerisinde çeşitli mineral kapanımları (kuvars, biyotit, muskovit, zirkon, apatit, turmalin, granat, opak mineralleri) gözlenmektedir. Çoğu kesitlerde bu kapanım

izlerini doğrusal veya kavisli biçimde görmek mümkündür. Porfiroblastlar içerisinde kapanımların oluşturduğu iç-foliyasyon ile kayanın ana foliyasyonu arasındaki ilişki bu porfiroblastların inter-tektonik ve/veya sintektonik olarak büyüdüğünü ortaya koymaktadır. Feldispat taneleri birbirleri ve kuvars mineralleri ile kavisli tane sınır geometrisi oluşturmaktadır; Bu durum bu kayaları etkileyen deformasyonun yüksek sıcaklıklarda geliştiğini ortaya koyar. Feldispat porfiroblastları foliyasyona paralel basıklaşma gösterir; ince ve orta taneleri de foliyasyon yönünde dizilim sunarlar. Özellikle iri feldispat tanelerinde serisitleşme ve/veya killeşme belirgin izlenir. Feldispat mineralleri bu kaya türlerinde %20-40 oranında bulunur. Biotitler, kahverengi-sarı pleokroizmalı ve yarı özşekillidir. Muskovitler benzer tane şeklinde ve biyotitler ile birlikte kayanın ana foliyasyonunu oluşturur. Orta, iri tane boyutundadırlar. Biotit minerallerinde kloritleşme sıklıkla gözlenir. Ayrıca yer yer bu taneler dilinim izleri boyunca, çatlak ve kenarlarında az oranda opaklaşma özelliğine sahiptir. Ana foliyasyona post-tektonik deformasyon etkisiyle dalgalı sönme, kıvrımlanma ve kopma özelliği sunarlar. Biotit ve muskovit mineralleri kaya bileşiminin %20-35'ni oluşturlar.

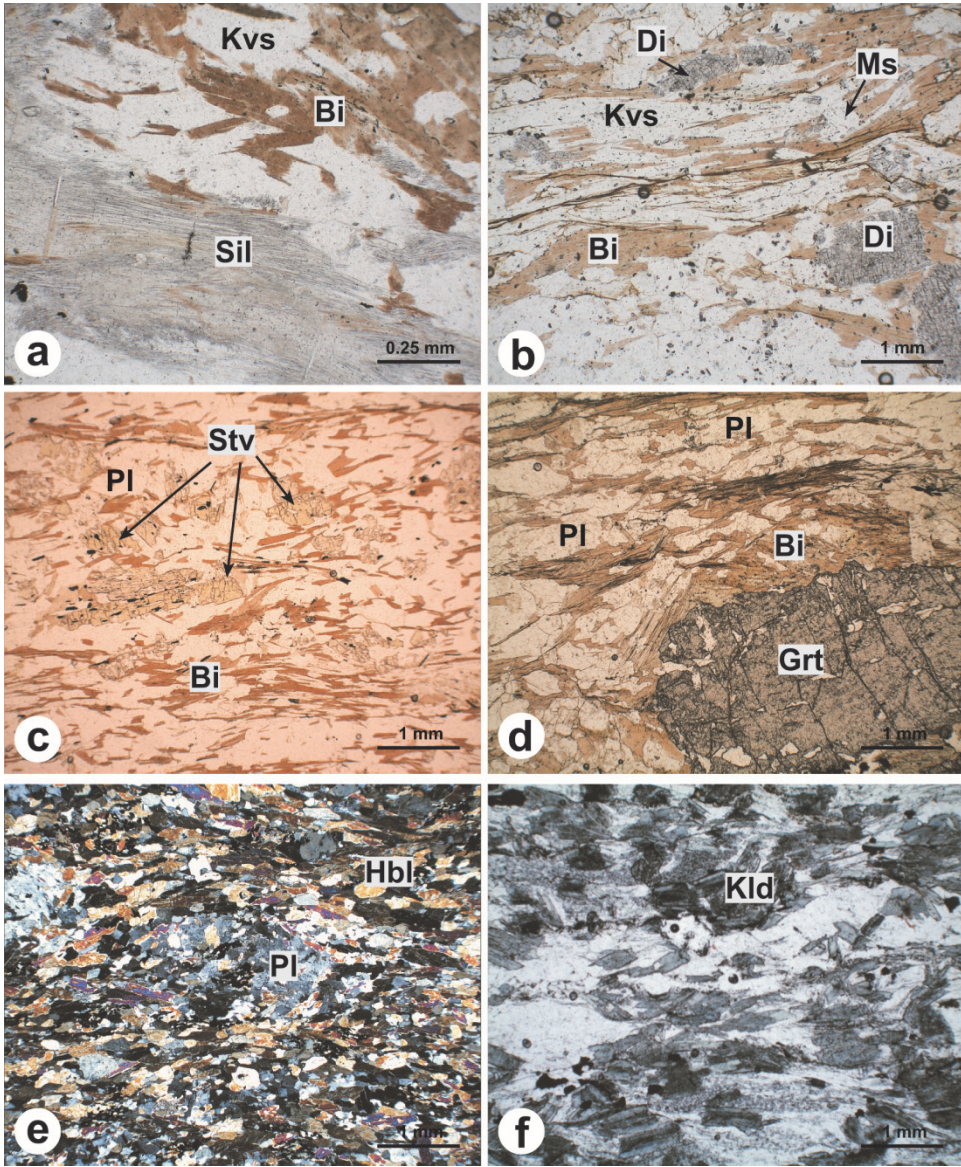
#### *Granat-mika şist/Granat-mika gnays*

Kaya dokusu lepidoblastik ve/veya granoblastiktir. Kuvars, feldispat, biyotit, muskovit ve granat kayanın ana minerallerini oluşturur. Bu minerallere ilaveten sillimanit, disten ve stavrolit minerallerinden biri ya da ikisi birlikte bu kayalarda ana mineral olarak bulunmaktadır (Şekil 3a, 3b, 3c). Opak mineral, apatit, turmalin, sfen, zirkon ve epidot

minerallerinden biri, birkaçı ya da tümü kaya içerisinde tali mineral olarak gözlenir. Yine ikincil mineral (klorit, serizit) oluşumları değişen küçük oranlarda yer alır. İnce kesit incelemeleri granat mika şist ve granat mika gnaysların ana mineral bileşimleri itibariyle şu kaya türlerini kapsadığını ortaya koymaktadır: Disten-granat mika şist, stavrolit-disten-granat-mika şist, stavrolit-sillimanit-granat-mika şist, disten-sillimanit-granat-mika şist, disten-granat-mika gnays, stavrolit-granat-mika gnays, sillimanit-granat-mika gnays, stavrolit-disten-granat-mika gnays, stavrolit-sillimanit-granat mika gnays.

Bu kayalar içerisinde kuvars, feldispat, mika minerallerinin mikroskobik özellikleri yukarıda bahsedilen mika şist ve mika gnayslardakine benzerdir. Granatlar, çoğunlukla özşekilsiz veya yarı özşekillidir. İri kristaller halinde bulunur ve porfiroblastik dokudadır (Şekil 3d). Granat porfiroblastları birbirinden temelde ayrılacak bazı görünümlere sahiptir. Bir kısmı yuvarlağımsı görünürken bazıları basıklaşmış geometridir. Bazıları ise tane sınırları kaybolmuş girintili-çıkıntılı özelliktedir. Bu tanelerin ortak özelliği belirli oranda kapanım mineralleri (kuvars, feldispat, mika mineralleri, az oranda stavrolit) içermesidir. Bir kısım porfiroblastlardaki kapanım mineralleri izleri kavisli veya kartopu özelliğindedir. Bazı taneleri yersel olarak içlerine doğru kuvars ve/veya biyotit büyümeleri ile atol yapısı kazanmıştır. Bir kısım porfiroblastlarda basınç gölgeleri tipiktir. Mika mineralleri bu porfiroblastları sarar konumdadır. Çoğu granat taneleri yoğun kırıklanmalıdır. Kırıklanmaları temsil eden çatlaklar boyunca ve tane sınırı yakınlarında klorit oluşumları gözlenir.





**Şekil 3.** İnceleme alanı içerisinde yüzeyleyen Pütürge (a, b, c, d, e) ve Malatya metamorfitlelerinin (f) ince kesit görünüşleri. (a) Gnays içerisinde sillimanit minerallerinin görünümü (tek nikol). (b) Gnays içerisinde disten minerallerinin görünümü (tek nikol). (c) Şist içerisinde stavrolit minerallerinin görünümü (tek nikol). (d) Gnays içerisinde iri granat mineralinin görünümü (tek nikol). (e) Amfibolitinin ince kesit görünümü (çift nikol). (f) Şist içerisinde kloritoyid minerallerinin görünümü (tek nikol). *Kısaltmalar:* Bi=Biyotit, Di=Disten, Grt=Granat, Hbl=Hornblend, Kld=Kloritoyid, Kvs=Kuvars, Ms=Muskovit, Pl=Plajiyoklaz, Sil=Sillimanit, Stv=Stavrolit.

**Figure 3.** Thin section view of the Pütürge (a, b, c, d, e) and Malatya metamorphites (f) exposed in the study area. (a) Sillimanites in gneiss (polarized light). (b) Kyanites in gneiss (polarized light). (c) Staurolites in schist (polarized light). (d) Large garnet mineral in gneiss (polarized light). (e) Amphibolite (crossed-polarized light). (f) Chloritoids in schist (polarized light). *Abbreviation:* Bi=Biotite, Di=Kyanite, Grt=Garnet, Hbl=Hornblende, Kld=Chloritoid, Kvs=Quartz, Ms=Muscovite, Pl=Plagioclase, Sil=Sillimanite, Stv=Staurolite.



Bazı tanelerdeki yoğun kırıklanma mineralin parçalı görünümde olmasına sebebiyet vermektedir. Granat porfiroblastları bölgenin deformasyon-metamorfizma ilişkisi açısından bazı ipuçları sunmaktadır. Bu veriler başka bir çalışma altında irdelenecektir. Stavrolitler, sarı rengi ile tipiktir. Çoğunlukla özşekilsiz olmasına karşın yarı özşekilli, kısa-prizmatik biçimli tanelere de rastlanır. Diğer minerallerde olduğu gibi kırıklanma egemendir. Distenler, kısa-prizmatik biçimli ve çatlaklıdır. Tek yönde, yer yer de çift yönde dilinimleri belirgindir. Granat ve stavrolitin bulunduğu kesitlerde distenler bu minerallere yakın gelişmişlerdir. Kırıklanmanın yoğun olduğu disten taneleri kenarlarından ve çatlaklarından itibaren muskovit oluşumları içerir. Bazı taneleri kuvars kapanımları içerir. Sillimanitler, iğnemsili-lifsi, krem-kirli sarı renkli mineral demetleri olarak izlenir. Genelde biyotit az oranda ise granat ve distenlerin yakınında oluşumlar sunarlar. Bazı ince kesitlerde eksen düzlemi foliyasyon düzlemine paralel kıvrımlanma sergiler.

#### *Kalk-silikatik şist/Kalk-silikatik gnays*

Egemen dokuları granoblastik ve/veya nematoblastik dokudur. Ana mineral bileşimlerini başlıca kuvars, plajiyoklaz, epidot mineralleri, hornblend, kalsit ve muskovit mineralleri oluşturmaktadır. Ayrıca bu minerallere tali bileşen olarak sfen, granat ve opak minerallerinden bir kısmı ya da tümü eşlik etmektedir.

Kuvarslar özşekilsizdir. İnce-orta taneli ve girintili-çıkıntılı veya kavisli tane sınırı geometrisine sahiptir. Taneleri çoğunlukla foliyasyon yönünde tercihli yönelme gösterirler. Plajiyoklazlarla birlikte band foliyasyon bandı oluşturur. Kuvarslar kaya

bileşiminde %20-45 oranında bulunur. Plajiyoklazlar, özşekilsiz, orta-iri tanelidir. Tane sınırları çoğunlukla kavisli özelliktedir. Sosuritleşme (serisit, klorit, epidot, karbonat, kuvars) yer yer izlenir. Kaya içerisinde %10-25 oranında bulunur. Epidot mineralleri, özşekilsiz veya yarı özşekilli taneler olarak bulunur. Zoizit ve klinozoizit bu kayalarda bulunan yaygın türüdür. Az oranda pistazit türü epidotlar da izlenir. Kırıklanma epidot tanelerinde sıklıkla gözlenir. Kaya bileşiminde %5-15 oranında bulunur. Hornblendler, özşekilsiz-yarı özşekillidir. Prizmatik/yassı prizmatik tane biçimlidir. Bazı tanelerinde tremolit/aktinolit dönüşümleri belirgindir. Bu dönüşüm minerallerine yer yer klorit, karbonat, zoizit ve kuvars mineralleri de eşlik eder. Kaya içerisinde %15-35 oranlarında bulunmaktadır. Kalsitler, genelde özşekilsiz kristal şekillidir. Orta taneli olan bu mineraller kavisli tane sınır geometrisine sahiptirler. Kaya içerisinde %20-35 oranlarında bulunurlar. Muskovitler, özşekilsiz, ince taneli, yapraksı tane biçimlidir. Sfenler, özşekilsiz-yarı özşekilli ve yaygınca gözlenir. Opak mineraller, özşekilsiz ve saçınımlı görünümündedir.

#### *Kuvarso-feldispatik mika gnays*

Kayanın egemen dokusu granoblastiktir. Ana mineral bileşimlerini kuvars, plajiyoklaz ve mika mineralleri oluşturur. Kuvars ve feldispatlar ile mika minerallerinin ardışıklı dizilimi, kayada bandlı özellik oluşturur. Opak mineral, apatit, turmalin, rutil ve zirkon ise bu kayaların tali mineral bileşimini oluşturur.

Kuvars özşekilsiz ve genelde orta tanelidir. Tane sınırları çoğunlukla kavislidir. Feldispat taneleri özşekilsiz, orta ve iri tanelidir. Birbirleri ve kuvarslar ile kavisli tane

sınırı geometrisi oluştururlar. Bu tür sınır geometrisi bu kayaların yüksek sıcaklık koşullarında deformasyona uğradığını belirtir. Bazı feldispat tanelerinde mirmekitik doku tipiktir. Kuvars ve feldispat mineralleri kaya bileşiminin %80'ni oluşturur orandadır. Mikaların egemen mineralini muskovit oluşturmaktadır. Yarı özşekilli, orta-iri yapraklı taneler halindedir. %5-20 oranında bulunur. Biyotit orta taneli olup muskovitler ile birlikte kayanın foliyasyonunu oluştururlar. Kloritleşme tüm biyotit minerallerinde yer yer gözlenir.

#### *Kuarsitik şist/Kuarsit*

Bu kayalar arasındaki temel ayırdım kaya içerisindeki mika minerallerinin oranı ve belirgin foliyasyon özelliğidir. Granoblastik doku bu kayaların yaygın dokusunu oluşturur. Kuarsitik şist türü kayalarda foliyasyon belirgin gözlenirken kuarsitlerde bu özellik zayıf izlenir. Kuarsitik şistlerin ana mineral bileşimini kuvars, mika ve feldispat mineralleri oluştururken kuarsitlerin egemen minerali kuvarstır. Az miktarda mika, klorit ve epidot mineralleri yer yer eşlik eder. Tali bileşen olarak özellikle kuarsitik şistlerde kayanın geneline saçılmış yaygın opak mineral bulunur. Bunun dışında apatit, zirkon, sfen diğer tali minerallerdir.

Kuvarslar, özşekilsiz ince, orta ve iri tanelidirler. Tane sınırları girintili-çıkıntılı geometriye sahiptir. Tanelerin genelinde foliyasyon yönünde basıklaşma belirgindir. Kaya bileşiminin %55-90 oranını oluştururlar. Mikalar, genellikle muskovit ve serisit türünde, daha az oranda ise biyotitler oluşturur. Biyotitlerde kloritleşme ve/veya opasitleşme sıklıkla izlenir. Mika mineralleri %10-25 oranında kaya bileşiminde yer almaktadır.

Feldispatlar özşekilsiz ve ince-orta tanelidir. Serisitleşme yaygındır. Epidotlar da yer yer gözlenebilen mineraldir. Özşekilsiz, orta-iri tanelidir. Taneleri kaya içerisinde gelişigüzel dağılımlıdır.

#### *Mermer*

Kayanın genel dokusu granoblastik dokudur. Ana mineral bileşimini kalsit mineralleri oluşturur. Az oranda muskovit, kuvars, epidot ve opak mineralleri gözlenir. Kalsitler her üç kristal şeklinde görülür. Orta ve iri taneli olup kavisli ve/veya düzgün tane sınırlıdır. Çoğu tanelerde foliyasyon yönünde basıklaşma izlenir.

#### *Amfibolit*

Kaya yaygın olarak nematoblastik ve eş-boyutlu/eş-boyutta olmayan granoblastik dokudur. Hornblend ve plajiyoklaz amfibolitlerin ana mineral bileşimini oluşturur (Şekil 3e). Bu minerallere yer yer granat ile az oranda kuvars eşlik eder. Apatit, sfen, epidot ve opak mineraller ise kayada tali mineral bileşen olarak gözlenir.

Hornblendler yarı-özşekilli ve/veya özşekilsizdir. Yeşilden sarıya değişen pleokroizma renkli ve yassı-prizmatik tane biçimindedir. Orta-iri taneli olan hornblendler kavisli ve/veya düz tane sınır geometrisi gösterirler. Tanelerinde foliyasyon boyunca zayıf yassılaşıma izlenir. Bazı tanelerinde opak mineral kapanımı gözlenir. Dilinim ve çatlaklar boyunca kloritleşme yaygındır. Bu mineraller kaya bileşiminde %40-55 oranında bulunur. Plajiyoklazlar, özşekilsiz, ince, orta ve iri taneler olarak bulunur. İri taneler kaya içerisinde porfiroblastik dokudur. Plajiyoklaz porfiroblastları hornblendler tarafından sarılı özellikte ve yaygın kapanımlar (kuvars,

hornblend, sfen, apatit, epidot ve opak mineral) bulundurulur. Bu nedenle poikiloblastik doku özelliği de gösterirler. Değişen oranlarda serisitleşme, killeşme ve/veya epidotlaşma plajiyoklazlarda olağandır. %30-45 oranında kaya bileşiminde bulunur. Granat mineralleri özşekilsiz ve orta tanelidirler. Tane sınırları ve kırıklı kesimlerinde biyotit, klorit ve serisit oluşumları sunarlar. Kaya bileşiminin %5-10 oranını oluştururlar. Kuvarlar, bu tür kayalarda sınırlı sayıdaki ince kesitlerde bulunurlar. Özşekilsiz ve ince taneli olup %5 oranında kaya bileşimine eşlik ederler.

### **Maden Karmaşığı**

#### **Arazi tanımlamaları**

Maden karmaşığı yanal ve düşey yönde sınırlı devamlılık gösteren volkanik ve sedimanter kaya birlikteliğinden oluşur. Birim çalışma alanı içerisinde yaklaşık doğu-batı uzanımında yüzeyler (Şekil 2). Alacalı rengi ve değişken topografik görünümü ile ayırtman morfoloji oluşturur. İnceleme alanı içerisindeki Maden karmaşığının egemen litolojisi çamurtaşı ve volkanittir. Ayrıca bu kayalar ile kökensel ilişkili konglomera, kumtaşı, kireçtaşı birimleri gözlenir. Birim içerisindeki kayaların ilksel ilişkileri önemli ölçüde tahrip olmuş ve yersel yoğun altere özelliktedir. Volkanik kayaların kaya türünü el örneklerinde farklı dokusal özellikli bazalt/diyabazlar oluşturur. Karmaşık içerisinde yukarıda belirtilen litolojiler dışında küçük yüzeylemeler halinde felsik karakterli intrüzyonlar bulunur. Dokanak ilişkilerinin iyi görüldüğü kesimlerde intrüzyonların diğer birimleri kesmesi belirgindir. Bu durum intrüzyon kütlelerinin Maden karmaşığına göre sin-tektonik veya post-tektonik olduğunu belirtir. Bölgesel deformasyon kayalarda gevrek ve/veya sınırlı deformasyon

oluşuklarına sebebiyet vermiştir. Buna göre, gevrek deformasyon bu kayaların dilimlenmesini, kırılanmasını ve parçalı görünümünü denetlerken yersel alanlarda sınırlı deformasyona bağlı kıvrımlanma, zayıf foliyasyon ve düşük dereceli metamorfizma özellikleri gözlenir.

Maden karmaşığını oluşturan kayalar, inceleme alanı güney kesiminde Pütürge metamorfileri tarafından tektonik olarak üzerlenir. Bu ilişki Yeşilyayla, Mutlu yerleşim yerleri arasında belirgin olarak gözlenmektedir. İnceleme alanının daha kuzey kesimlerinde ise Maden karmaşığı Pütürge metamorfilerini stratigrafik olarak örtüyor görünse de bu kesimdeki ilksel dokanak ilişkileri önemli ölçüde tahrip olmuştur. Karmaşığın Malatya metamorfileri olan tektonik dokanak ilişkisi inceleme alanı kuzeyinde geniş alanlar boyunca takip edilebilmektedir (Şekil 2).

### **Petrografisi**

Maden karmaşığı çalışma alanı içerisinde sedimanter ve volkanik kayalar ile temsil olur. Örnekler karmaşığın diğer birimler ile olan dokanaklarına yakın alanlardan alınmıştır. Aşağıda bu örneklerin petrografik özellikleri verilmektedir.

#### *Metaçamurtaşı (sleyt)*

Kayanın ilksel sedimanter özellikleri kısmen korunmuştur. Klivaj yapısı kayanın lamina yapısını verev açıda üzerler şeklindedir. Kayanın mineral/tane bileşimini ince taneli karbonat, serisit ile kil/silt boyu kaya parçaları oluşturur. Bazı kesitlerde orta taneli feldispatlar da gözlenir. Yaygın serisit gelişimi kayanın çok düşük dereceli metamorfizma

koşullarına kaldığını ortaya koyar. Çok düşük dereceli sıcaklık koşullarını belirten bu durumun Pütürge metamorfitleerde tanımlanan metamorfizma özelliği ile hiç bir ilişkisi olmayan, bölgede Eosen sonrası gelişen bindirme sistemine bağlı bu kayaların bir miktar gömülmesi ve dokusal ve mineralojik değişime uğradığı düşünülmektedir. Metaçamurtaşları yaygın damar oluşumları içermektedir. Damar dolgularını orta, iri kalsit mineralleri oluşturur. Bu oluşumlar genelde bölgedeki bindirme sistemi ve/veya sonrasında etkiyen yanal atım sistemi ile ilişkilidir.

#### *(Meta) Mikrit/Biyomikrit*

İnce kesit incelemeleri kayanın mikrokristalin ve/veya kriptonkristalin karbonat minerallerinden oluştuğunu ortaya koyar. Kaya içerisinde ayrıca az oranda fosil kavkı parçaları ile silis mineralleri ve muskovit taneleri yer almaktadır. Fosil kavkuları, mikrokristalin karbonat minerallerince dolgulanmıştır. Kaya içerisinde damar oluşumları yaygındır. Damar dolgularını ince, orta, iri taneli karbonat mineralleri ile daha az oranda silis ve demiroksit/hidroksit mineralleri oluşturur. Bir kısım dolgularda kaya genelindeki deformasyon etkileri (kalsit minerallerinde tipik deformasyon ikizleri) görülmektedir. Bu durum bölgedeki deformasyonun ilerleyen karakterde olduğunu gösterir.

#### *Volkanit*

Bazalt/diyabaz türü kayalar bu kesimdeki volkanitleri oluşturur. Bu kayalar genelde porfirik dokulu olup mineral ile bunları çevreleyen hamur kesiminden oluşmaktadır. Alterasyon kayanın genelinde izlenir. Plajiyoklaz, piroksen ve opak mineral kayanın tanınabilir minerallerini oluşturmaktadır. Bu

mineraller iri taneler olarak gözlenebildiği gibi ince taneler halinde kayanın hamur kesimini de oluşturmaktadır. Plajiyoklazlar yarı özşekilli taneler halindedir. İkizlenme tipik ayırt edici özelliğidir. Serizitleşme egemen olmak üzere çoğu tanelerde sossoritleşme gözlenir. Buna bağlı kayada epidot mineralleri, klorit, kuvars ve karbonat mineralleri görülür. Bazı kesitlerde plajiyoklazların ışınal ve sferülitik doku oluşturmaları tipiktir. Piroksenler çoğu kesitlerde önemli ölçüde alteredir. Çoğu tanelerde karbonatlaşma, opaklaşma ve yer yer de kloritleşme oluşumları izlenir. Kaya genelindeki yaygın kırılanma gevrek deformasyonun bu tür oluşumları denetlediğini ortaya koyar. Kayanın hamur kesimi genelde ince taneli mineraller ve/veya volkanik camdan oluşur. Hamur kesiminde plajiyoklaz mikrolitleri ile opak mineral ayırt edilebilen minerallerdir. Az oranda silis veya karbonat dolguları ile temsil olan gaz boşlukları bulunur. Maden karmaşığının diğer kaya türlerinde olduğu gibi volkanitlerde de damar oluşumları gözlenir.

### **İntrüzif Kayalar**

#### **Arazi tanımlamaları**

İntrüzifler çoğunlukla küçük mostralalar halinde mafikten felsik bileşime kadar değişen kayalar olarak bulunur. İnceleme alanı içerisinde yalnızca Pütürge metamorfitleeri ve Eosen yaşlı Maden karmaşığı ile ilişkileri görülmektedir. İntrüziflerin, inceleme alanı içerisinde yüzeyleyen Malatya metamorfitleeriyle olan ilişkileri gözlenmemiştir. Pütürge metamorfitleeri içerisinde bulunan intrüzifler hem foliyasyona paralel hem de foliyasyonu keser konumludur. Maden karmaşığı içerisinde ise, bu kayalar küçük kütleler olarak yüzeylenmektedir. Bu sebeple inceleme alanı

içerisindeki intrüzif kayalar gelişi-güzel ve uzanımlı kütle geometrisi gösterirler. İntrüziflerdeki bileşimsel ve dokusal farklılıklar ayırdımında kolaylık oluşturur. El örnek tanımlamaları bu kayaların diyorit/gabro, monzonit ve granit türünde oldukları yönündedir. Yüksek renk indisli diyorit/gabro türü intrüzifler orta-iri tanelidir. Monzonitler ise orta renk indisine sahip ve orta-iri tanelidirler. Granitler ise düşük renk indisli ve ince-orta tanelidir. Felsik kayalar genellikle orta eştaneli yersel porfirik dokudadır. Mafik bileşimli kayaların bir kesimi porfir fanaritik dokudadır. Yersel farkedilebilir bandlaşma gözlenir.

## **Petrografisi**

### *Granit*

Granitler holokristalin-porfirik ve holokristalin-tanesel dokuludur. K-feldispat, plajiyoklaz, kuvars ile biyotit ve az oranda hornblendler ana mineraller olarak gözlenir. Tali bileşen olarak apatit, sfen ve opak mineral içerir. Plajiyoklazlar özşekilli ve yarı özşekillidir. K-feldispatlar ise yarı öz şekilli olarak gözlenir. Orta-iri tanelidirler. Bu mineraller kayanın %50-65'ni oluştururlar. Kuvars özşekilsiz ve ince-orta tanelidirler. Kayanın %20-30 oranında yer alır. Biyotitler kayada yaygın olup hornblend ile birlikte kayanın mafik minerallerini oluştururlar. Bu mineraller kayada %20-30 oranında bulunurlar.

### *Monzonit*

Holokristalen tanesal dokuludur. Plajiyoklaz, K-feldispat, hornblend ve biyotit kayanın ana mineral bileşimini oluşturur. Bir örnekte ise kuvars bulunur. Bu kayaların tali mineral

bileşimini sfen, apatit, zirkon ve opak mineraller bulunur. Plajiyoklaz ve feldispatların çoğu taneleri yarı öz şekillidir. Serizitleşme tüm tanelerinde değişen oranda gözlenir. Bu mineraller kayada %40-60 oranında bulunur. Hornblendler yarı özşekilli ve kayada %30-40 oranında bulunur. Hornblendlere az oranda piroksen mineralleri de eşkil eder. Biyotitler yarı özşekli ve %15-25 oranında gözlenir. Hornblend ve biyotitlerde de yersel klorit oluşumları olağandır.

### *Diyorit/Gabro*

Diyorit ve gabro kayaları holokristalin-porfirik dokuludur. Plajiyoklaz, piroksen, hornblend ve biyotit bu kayaların ana mineralleridir. Sfen, epidot, apatit ve opak mineral ise tali mineral olarak gözlenir. Plajiyoklaz yarı özşekilli taneli ve kaya bileşiminin %40-45'ni oluşturur. Çoğu tanelerinde alterasyon etkileri belirgindir. Piroksen ve hornblend mineralleri yarıöz şekillidirler. Kaya bileşimlerinde %25-45 oranında bulunurlar. Biyotit mineralleri yarı özşekilli ve/veya özşekilsiz olarak bulunur. Kaya bileşiminde ise %5-15 oranında gözlenir. Porfirik dokulu kayalarda plajiyoklaz, piroksen ve hornblend mineralleri ayrıca fenokristal olarak görülür.

### *Pegmatoyid*

Kayanın genel dokusu holokristalin-porfiriktir. K-feldispat, plajiyoklaz, kuvars, muskovit, biyotit ve granat mineralleri pegmatoyidin ana mineral bileşimini oluşturur. Tali bileşen olarak apatit, epidot, turmalin ve zirkon ile opak mineralleri gözlenir. Bazı ince kesitlerinde opak mineral ana mineral oranları içinde bulunabilmektedir. K-feldispat ve plajiyoklaz mineralleri kaya içerisinde iri



taneli ve kayanın %55-80 oranında bulunur. K-feldispatlar yer yer perititik dokuludur. Alterasyon her iki mineralde sıklıkla izlenir. Kuvarlar, ince-orta tanelidir. Kayada %25-35 oranında bulunur. Muskovitler, yaygın mika türü olarak gözlenir. Az oranda biyotit muskovitlere eşlik eder. Çoğu tanelerinde kloritleşme izleri görülür. Granatlar, öz-şekilsiz-yarı özşekilli taneler halinde yer yer kaya bileşiminde izlenir.

## **Malatya Metamorfitleri**

### **Arazi tanımlamaları**

Çalışma alanı içerisinde Malatya metamorfitlerinin geniş yüzeylemeleri bulunmaktadır (Şekil 2). Bölgenin yüksek topografyası genelde bu metamorfitler ile karakterize olur. Metamorfitlerin hakim kaya türünü rekristalize kireçtaşları/mermerler oluşturmaktadır. Çalışma alanının kuzey kesimlerinde ise, bu karbonat kayalarına az oranda pisamitik kökenli fillit/sist türü kayalar ile yer yer metabazik kayalar eşlik eder. Malatya metamorfitleri ilk bakışta kalın karbonat birimi olarak görülmesine karşın, birbirleri üzerinde duran çok sayıda tektonik dilimden oluşur. Rekristalize kireçtaşı/mermer beyaz ve grinin değişen tonlarında veya siyah renktedir. Bazı seviyelerinde bandlı görünüşleri tipiktir. İnce-orta-iri kristallidir. Makroskobik ve megaskopik ölçekte kıvrımlanma yaygınca gözlenir. Malatya metamorfitlerinin pisamitik kökenli kayaları sarımsı, kahverengi ve yeşil renklidir. Foliyasyon yapısı belirgindir. Mezoskopik ölçekte kıvrımlanmalar ve kırılanmalar yaygındır. Metabazitler ise yeşil, koyu yeşil renklidir. Foliyasyon diğer litolojilere kıyasla daha kaba gelişmiştir.

Malatya metamorfitlerinin altında bulunan birimler ile ilişkisi tektoniktir. Buna göre inceleme alanı içerisinde uzun yanal mesafeler boyunca Maden karmaşığı kayalarını, belirli alanlarda ise Pütürge metamorfitlerini üzerler konumdadır (Şekil 2). Bu dokanak özelliği çok genelde Malatya metamorfitlerinin bölgeye yerleşiminin Eosen sonrası olduğunu ortaya koyar. Malatya metamorfitlerinin inceleme alanı güneydoğusu dışında ve literatürde Lice formasyonu (Miyosen) olarak tanımlanan birimleri etkilemiş görünmektedir. Bu durum Malatya metamorfitlerinin bölgeye yerleşimi veya yerleşim sonrası tektonik olaylar ile ilgili ipuçları vermektedir.

### **Petrografisi**

Malatya metamorfitlerini oluşturan kayalar Pütürge metamorfitlerini oluşturan kayalardan mineralojik, kısmen de dokusal yönden bazı farklılıklar sunmaktadır. Bu metamorfitlerin egemen litoloji türünü mermerler oluşturur. Belli seviyelerinde pisamitik sist/fillit ile yer yer metabazik kökenli sist ve amfibolit türü kayalar yer alır.

### *Mermer*

Granoblastik dokuludur. Kayanın ana mineral bileşimini kalsit, az oranda kuvars, muskovit ile daha az oranda epidot mineralleri oluşturur. Opak mineral ise yaygın tali mineraldir. Kalsitler özşekilsiz ve/veya yarı özşekillidir. İnce-orta-iri taneler halinde bulunurlar. Tane sınırları girintili-çıkıntılı veya kavisli geometridedir. Çoğu minerallerde basınç ikizleri yaygınca izlenir. Foliyasyon yönünde tanelerde basıklaşma ve uzama sıklıkla gözlenir. Foliyasyona paralel sitalolit oluşumları yer yer gözlenir. Kuvarlar

özşekilsiz ve ince-orta tanelidir. Kaya içerisinde saçınımlı olarak izlenir. Muskovitler yarı özşekli ve ince tanelidir. Kaya içerisindeki yönelimleri foliyasyon yapısının belirgin olarak görülmesini sağlar. Epidot mineralleri özşekilsiz ve ince-orta tanelidir. Az oranda iri taneli olarak gözlenir. Tanelerinde kırıklanma ve parçalı bir görünüm sıklıkla gözlenir. Opak mineraller yarı özşekli olup kaya içerisinde saçınımlı olarak izlenir.

#### *Sleyt/Fillit*

Bu kayaların genel dokusu lepidoblastik ve granoblastiktir. Mineral bileşimine bağlı nematoblastik doku az oranda gözlenir. Bu kayaların yaygın minerali kuvars, serisit (bazı kesitlerde serisit + muskovit) ve klorittir. Bazı kesitlerde bu minerallere kloritoyid, plajiyoklaz (albit) ve epidot eşlik eder. Opak mineral yer yer ana mineral bileşen oranında olabilmektedir. Kuvarslar özşekilsiz ve ince-orta tanelidir. Tane sınırları girintili-çıkıntılı geometriye sahiptirler. Kuvars birliktelikleri foliyasyon boyunca mercek ve/veya ince bant oluşumu sergiler. Kaya bileşiminin %25-55 oranında bulunmaktadır. Serisit yaygın yapraksı mineraldir. Çok ince-ince tanelidir. Bazı kesitlerde muskovitler ile birlikte kayanın foliyasyonunu oluştururlar. Muskovitler yarı özşekli ve orta tanelidirler. Bu mika grubu mineraller %35-65 oranında bulunabilmektedir. Klorit özşekilsiz, ince-orta tanelidir. Serisit ve muskovitler ile birlikte kayanın foliyasyonunu oluşturur. Kaya içerisinde %15-30 oranında bulunurlar. Kloritoyidler yarı özşekli ve ince prizmatik biçimdedir. Orta-iri taneli ve bazı taneleri belirgin pleokrizmalıdır. Polisentetik ikiz lamelleri bazı tanelerinde iyi gelişmiştir. Taneleri foliyasyon yönünde yönelme gösterir. Zayıf foliyasyonlu

kayalarda bu yönelim daha kabadır. Böylesi kesitlerde taneleri gelişigüzel veya ışınsal dokudadır. Kaya içerisinde %5-20 oranında bulunur. Plajiyoklaz özellikle epidot ve klorit mineralleri ile bazik kökenli kayalarda görülmektedir. Yarı özşekli ve orta tanelidir. Bulunduğu kayada %10-20 oranındadır. Epidot mineralleri özşekilsiz ve/veya yarı özşekillidir. Orta-iri tanelidir. Kaya içerisinde %5-15 oranındadır. Opak mineral ve rutil kesitin geneline dağılmış, çoğunlukla özşekilsiz taneler olarak izlenir.

#### *Şist*

Mikroskop incelemeleri Malatya metamorfizmaları içerisinde farklı şist türlerinin varlığını ortaya koymaktadır. Bu çalışma kapsamında klorit-epidot şist, epidot-klorit-biyotit şist, epidot-klorit-mika şist, kloritoyid-klorit-mika şist, klorit-kloritoyid-muskovit şist, kloritoyid-muskovit-kalkşist kaya türleri belirlenmiştir.

Lepidoblastik ve granoblastik dokular bu litoloji türlerinin egemen dokularıdır. Yersel nematoblastik doku da izlenir. Şistlerin mineral bileşimini mika mineralleri (biyotit ve muskovit), kuvars, plajiyoklaz, klorit, epidot ve opak mineraller oluşturur. Bazı kesitlerde, bu minerallere kloritoyid ve karbonat mineralleri yaygınca eşlik edebilmektedir. Kalkşistlerde ise, önemli oranda karbonat mineralleri (kalsit) gözlenir. Bu kayaların tali bileşenini rutil, sfen, apatit ve turmalin minerallerinin biri ya da bir kaçı oluşturur.

Mika mineralleri ince kesitlerde yalnızca biyotit veya yalnızca muskovit olarak izlendiği gibi bu mineraller birlikte kaya bileşimini oluştururlar. Muskovit ve biyotit mineralleri yarı özşekli ve ince-orta-iri tanelidir. Foliyasyon düzlemleri özellikle bu

minerallerin dizilimi ile kendini gösterir. Biyotitlerde dilinim izleri ve kenarlarından itibaren yer yer kloritleşme gözlenir. Kaya bileşimlerinde %10-55 oranında bulunurlar. Kuvarlar özşekilsizdir. Genelde ince, az oranda orta tanelidir. Kaya içerisinde saçınımlı kristaller dışında birliktelikleri foliyasyona paralel mercek ve ince bantlar oluşturur. Kaya türleri içerisinde %15-40 oranında izlenir. Plajiyoklazlar yarı özşekilli ve orta-iri tanelidir. İkiz lamelli ve kapanım (opak, apatit, sfen ve epidot) içeren taneleri yer yer gözlenir. Kaya bileşiminde %10-25 oranında bulunur. Kloritler açık yeşilden sarıya pleokroizma renklidir ve yarı özşekilli ve özşekilsizdir (Şekil 3f). İnce-orta tanelidir. Mika mineralleri ile birlikte foliyasyon düzlemlerini oluştururlar. Biyotit ve kloritoyidlerden dönüşüm ürünü olan kloritler de gözlenir. Kaya türlerinde %5-15 oranında bulunur. Epidot mineralleri özşekilsiz ve/veya yarı özşekilli kristaller olarak bulunur. Orta-iri taneli epidot mineralleri kaya içerisinde saçınımlı yayılım sunarlar. Bir kısım taneleri çatlak dolgusu olarak bulunur. %3-10 oranında kaya bileşiminde gözlenir. Kloritoyidler özşekilsiz ve/veya yarı özşekillidirler. Tane biçimleri çubuksu veya levhamsı olup mavimsi yeşilden sarıya değişen pleokroizma renklidir. Polisentetik ikizlenme olağandır. Çoğu taneleri foliyasyon yönünde uzanım sunar. Kloritoyidler bazı şistler içerisinde gözlenmiş olup bulunduğu kaya bileşiminin %10-15 oranını oluşturur. Opak mineraller bazı ince kesitlerde ana mineral oranındadır. Bu oran %25'e kadar çıkmaktadır. İnce kesitlerde iki farklı oluşumla temsil olurlar; hem foliyasyona paralel uzanımlı olarak hem de saçınımlı olarak görmek olasıdır. Bazı ince kesitlerde kloritoyid

mineralleri ile yakın ilişkili gözlenir. Kalsitler yarı özşekilli ve orta-iri tanelidir. Taneleri foliyasyona paralel basıklaşma gösterirler. Rutil, sfen ve apatit mineralleri, kayanın geneline dağılmış durumda, özşekilsiz ve/veya özşekilli mineraller olarak izlenir. Turmalinler, ince taneli, yarı özşekilli ve özşekillidir. Genelde saçınımlı bulunmasına karşın yer yer kümelenmeler de oluşturur.

### *Amfibolit*

Bu kayaların genel dokusu nematoblastik, yer yer granoblastik dokuludur. Kayanın ana mineral bileşimini amfibol, epidot grubu mineralleri ile plajiyoklaz oluşturur. Bu bileşime az oranda kuvar mineralleri eşlik eder. Sfen, apatit, rutil ve opak mineral ise amfibolitlerin tali bileşenlerini oluşturur.

Tremolit ve aktinolit yaygın amfibol türü mineralleridir. Bazı kesitlerde hornblend mineralleri bulunur. Bu minerallerin zayıf ve/veya belirgin pleokroizma renkleri tipiktir. Yarı özşekilli ve orta-iri tanelidirler. Tane biçimleri prizmatik-yassı prizmatik olup foliyasyon boyunca yönelime sahiptirler. Dilinim ve çatlakları boyunca klorit oluşumları yer yer gözlenir. Kaya bileşiminin %40-55 oranını oluştururlar. Epidot grubu mineraller genelde zoizit türündedir. Bazı kesitlerde zoizite pistazit türü eşlik eder. Taneleri yarı özşekilli ve özşekilli olup prizmatik-yassı prizmatik biçimlidir. Taneleri orta-iri taneli olan epidot mineralleri %5-25 oranında kaya bileşiminde gözlenir. Plajiyoklazlar özşekilsiz ve ince-orta tanelidir. Çoğu minerallerinde serisitleşme ve killeşme yaygındır. Kaya bileşiminin %15-35 oranını oluşturur. Sfen ve opak mineral amfibolitlerin yaygın tali mineralleridir. Bu minerallere apatit ve rutil mineralleri daha az oranda eşlik eder.

## METAMORFİZMA

İnceleme alanı içerisinde iki ana metamorfik birim bulunmaktadır. Bunlar, Pütürge metamorfileri ve Malatya metamorfiteridir. Maden karmaşığı içerisindeki birimlerde ise çok düşük-düşük dereceli metamorfizma etkileri izlenmektedir. Pütürge ve Malatya metamorfileri özellikle ilksel konumları değişmiş tektonik dilimler olarak görülürler. Bu birimler bölgesel metamorfizmanın yaygın özelliklerini taşır. Bunun dışında, Maden karmaşığı birimleri dahil olmak üzere, Pütürge ve Malatya metamorfiterinde dinamik metamorfizma etkileri ile sınırlı kontakt metamorfizma izleri de görülmektedir.

Mineral bileşimleri, metamorfilerin köken kayaları ile ilgili ipuçları vermektedir. Bu ipuçlarından yola çıkarak, bölgedeki metamorfilerin pelitik/semi-pelitik, pisamitik, bazit ve karbonat türü kayalardan oluştuğunu genel anlamda söylemek mümkün olabilmektedir. İnceleme alanı içerisinde bulunan metamorfilerin mineral bileşimleri, köken kayalarının yukarıda belirtilen türleri belli oranlarda kapsadığını ortaya koymaktadır. Bunların bir bölümü Erdem (1994) tarafından Pütürge metamorfiterinde yapılan jeo-kimyasal analizler ile de denetlenmektedir.

Yine metamorfiter içerisindeki mineraller ve bu minerallerin birliktelikleri bu kayaların metamorfizma koşulları (basınç ve sıcaklık) ve/veya oluşum ortamları hakkında bilgi vermektedir (Miyashiro 1972, Winkler 1979, Yardley 1989, Barker 1990). Dahası, bu minerallerden yola çıkarak metamorfizma zonu ve fasiyeslerini belirlemek mümkün olabilmektedir. Bölgesel metamorfizma içerisinde çeşitli indeks mineraller oluşabilmektedir (Yardley 1989). Bu indeks mine-

raller (klorit, biyotit, granat, stavrolit, disten, sillimanit) bölgedeki metamorfilerin sıcaklık ve basınç şartları ile oluşum ortamı hakkında önemli tespitler sunar (Winkler 1979, Yardley 1989). Mineral birlikteliklerinin hangi sıcaklık ve basınç koşullarında duraylı olabileceği ile ilgili çeşitli deneysel ve mineral kimyası çalışmaları bulunmaktadır. Mineraller arasındaki denge koşullarından yola çıkılarak farklı kaya türlerine göre oluşturulan P-T diyagramları, olası mineral duraylılık alanlarını göstermektedir (Yardley 1989). Bu tür yapılan çalışmalarda en iyi sonuçlar pelitik kayalardan elde edilmiştir. Bunlar içerisinde en önemlisi  $Al_2SiO_5$  minerallerinin duraylılığı olup bazı belirsizliklerin olmasına karşın metamorfizmanın koşulları ve derinliği hakkında bilgi sağlamaktadır (Grambling 1981, Kerrick 1990). Örneğin, disten mineralinin duraylılık limiti hemen hemen değişmez olmasına karşın, andaluzit-sillimanit sınırının duraylılığı kesin değildir. İnce kesitlerde prizmatik bulunan sillimanitler daha dar duraylılık alanı sunmalarına karşın, lifsi (fibrolitik) sillimanitler oldukça geniş duraylılık alanı göstermektedir (Yardley 1989).

İnceleme alanı içerisindeki petrografik incelemelerde, özellikle Pütürge metamorfik kayalarında, metamorfizma koşullarını belirleyecek indeks mineraller gözlenmiştir. Bu indeks minerallerin yaygınca bulunmasına karşın, bölgedeki yoğun tektonizma sebebiyle indeks mineral gelişimine bağlı izograd çiziminin gerçekleştirilmesi ve metamorfizma koşullarının ne yönde artış-azalış gösterdiğinin ortaya konması mümkün olamamaktadır. Ancak, kayalar içerisindeki mineral birliktelikleri ve özellikle pelitik/pisamitik kayalardaki granat, kloritoyid, stavrolit, disten ve

sillimanit mineralleri ile metabazitlerdeki klorit, epidot, aktinolit, hornblend minerallerinin bulunuşuna göre, Pütürge ve Malatya metamorfitlelerinin oluşum koşulları yorumlanma yoluna gidilmiştir.

### Pütürge Metamorfitleleri

Petrografik incelemelerde dokusal ve mineralojik özellikleri dikkate alındığında Pütürge metamorfitlelerinin; mika şist/mika gnays (kuvars + feldispat + biyotit + muskovit ± opak ± apatit ± turmalin ± sfen ± zirkon ± epidot), granat mika şist/granat mika gnays (kuvars + feldispat + biyotit + muskovit + granat ± stavrolit ± disten ± sillimanit ± opak ± apatit ± turmalin ± sfen ± zirkon ± epidot), kalk-silikatik şist/kalk-silikatik gnays (kuvars + plajiyoklaz + epidot mineralleri + amfibol + karbonat + muskovit ± sfen ± granat ± opak), kuvarso-feldispatik mika gnays (kuvars + plajiyoklaz + mika mineralleri ± apatit ± turmalin ± rutil ± zirkon), kuvarsitik şist/kuvarsit (kuvars ± mika ± plajiyoklaz ± epidot ± zirkon ± sfen ± apatit ± opak mineral), mermer (kalsit ± diyopsit ± skapolit ± muskovit ± kuvars ± epidot ± opak mineral) ve amfibolit (hornblend + plajiyoklaz ± kuvars ± epidot ± granat ± apatit ± sfen ± opak mineral) türü kayalardan oluştuğu tespit edilmiştir.

Pütürge metamorfitlelerini oluşturan mineral toplulukları ince kesitlerde farklı mineral birliktelikleri sunmaktadır. Bu mineral birlikteliklerinin bazıları şu şekildedir:

- Sillimanit + biyotit + kuvars
- Sillimanit + muskovit + kuvars
- Sillimanit + biyotit + kuvars + plajiyoklaz
- Sillimanit + biyotit + granat + plajiyoklaz
- Sillimanit + biyotit + disten + muskovit + kuvars

Sillimanit + biyotit + disten + muskovit + plajiyoklaz + kuvars

Disten + biyotit + kuvars

Disten + biyotit + kuvars + plajiyoklaz

Disten + stavrolit + biyotit + muskovit + kuvars + plajiyoklaz

Stavrolit + biyotit + kuvars + plajiyoklaz

Stavrolit + biyotit + granat + kuvars + plajiyoklaz

Granat + biyotit + kuvars + plajiyoklaz

Granat + hornblend + plajiyoklaz

Pelitik, pisamitik, metabazit ve kalsilikatik kayalardaki bu mineral birlikteliklerinden anlaşılacağı üzere, Pütürge metamorfitlelerinde bölgesel metamorfizmanın özellikleri belirgin olarak görülmektedir. Metamorfitlelerin petrografik özellikleri, bölgedeki metamorfizmanın alt ve üst koşullarının sınırlandırılmasına yardımcı olmaktadır. Buna göre, amfibolit fasiyesinin üst koşullarını temsil eden sillimanit mineralleri, metamorfik kayalarda farklı reaksiyonlar ile oluşabilmektedir (Miyashiro 1972, Winkler 1979, Yardley 1989, Barker 1990, Kerrick 1990). Sillimanit zonu içerisinde tanımlanan sillimanit mineralinin oluşumu, distenin geçiş reaksiyonu olarak (Disten → Sillimanit) ya da muskovit ve kuvars ile reaksiyona giren stavrolitin kaybolması (Stavrolit + Muskovit + Kuvars → Granat + Biyotit + Sillimanit + H<sub>2</sub>O) ile mümkün olabilmektedir (Şekil 4a). Nisbeten daha yüksek sıcaklıklarda muskovitin katılmadığı reaksiyonlarla da (Stavrolit + Kuvars → Granat + Sillimanit + H<sub>2</sub>O) sillimanit oluşumları söz konusudur. Ayrıca sillimanit oluşumu, yüksek sıcaklık (620°-725 °C) ve düşük basınç (2-5 kbar) koşullarında muskovit ve kuvarsın reaksiyonu (Muskovit + Kuvars → K-Feldispat + Sillimanit + H<sub>2</sub>O) ile de mümkün



olabilmektedir (Şekil 4a). Bu koşullar, üst sillimanit zonu olarak bilinmektedir. Sillimanit mineralleri genelde biyotit ve kuvars ile ilişkili, iğnemi şekilde gelişirler. Birlikte ve şekil itibarıyla inceleme alanı içerisinde yüzeyleyen sillimanit mineralleri bu tür bir oluşum gösterir. İri prizmatik sillimanit mineralleri, çoğunlukla granülit fasiyesi koşullarını temsil etmektedir (Yardley 1989, Barker 1990). Bir kısım çalışmalarda, iğnemi sillimanit minerallerinin sünümlü makaslama zonlarında, çözeltilerin biyotit ve feldispat minerallerinde meydana getirdiği dealkalizasyon ile oluştuğu gösterilmiştir (Wintsch ve Andrews 1988, Flöttmann 1991). Sillimanit minerallerinin varlığı, Pütürge metamorfizmasının yüksek sıcaklık koşullarından etkilendiğini belirtmektedir. Anateksiye temsil eden dokusal ve mineralojik özelliklere bu kesimde rastlanmamıştır. Bu durum inceleme alanı içinde yüzeyleyen Pütürge metamorfizmasının üst sınırının 600-700 °C sıcaklık ve 7-9 kbar basınç olan koşullara erişmiş olabileceğini önermektedir (Şekil 4a).

Disten, stavrolit ve granat mineralleri, Pütürge metamorfizmasında sıklıkla rastlanılan minerallerdir. Geniş bir sıcaklık aralığı bulunan disten minerali, granülit ve eklojit gibi çok yüksek sıcaklıklarda da duraylılığı olan bir mineraldir. Basınç, disten mineralinin duraylılığını kontrol eden faktörler arasındadır. Deneysel çalışmalar, disten mineralinin oluşumunun özellikle muskovit, stavrolit ve klorit minerallerinin reaksiyonu (Muskovit + Stavrolit + Klorit → Biyotit + Disten + Kuvars + H<sub>2</sub>O) sonucu geliştiğini ortaya koyar (Winkler 1979, Yardley 1989).

Stavrolit mineralleri farklı reaksiyonlar

ile oluşabilmektedir (Winkler 1979, Yardley 1989, Barker 1990, Kerrick 1990). Pratikte, pelitik kayalarda orta dereceli metamorfizmanın başlangıç sınırını stavrolit mineralinin ortaya çıkışı belirler. Benzer şekilde, kloritoyid mineralinin ortaya çıkışı orta dereceli metamorfizmanın başlangıcını temsil eder (Winkler 1979). Bu kayalarda stavrolit mineralinin ilk ortaya çıkışı Barroviyen'in amfibolit fasiyesinin alt fasiyesi koşullarını temsil etmektedir. Kloritoyidin pirofillit ile reaksiyonu (Kloritoyid + Pirofillit → Stavrolit + Kuvars + H<sub>2</sub>O) sonucu stavrolit oluşmaktadır. Bu oluşum 4 kbar basıncı ve 550 °C ± 10 °C sıcaklığı temsil etmektedir. Kloritoyidin kuvars ile reaksiyonu (Kloritoyid + Kuvars → Stavrolit + Almandin + H<sub>2</sub>O) sonucu da stavrolit oluşmaktadır. Sıcaklığın artmasıyla, stavrolit dengede kalamaz ve kuvars ile reaksiyona girerek (Stavrolit + Kuvars → Almandin + Disten + H<sub>2</sub>O) disten oluşumunu sağlar. Stavrolit genel olarak kuvars ve muskovit minerallerinin varlığında düşük sıcaklıklarda, orta derecelerde (2 kbar - 540 °C) duraylılığını korurken, yüksek metamorfizma koşullarında (4 kbar - 550 °C, 8 kbar - 560 °C) duraylılığını koruması basıncın yüksek olması ile mümkündür (Winkler 1979). Piralpsit grubu granat mineralleri (spessartin, almandin, pirop) pelitik ve pisamitik kayalarda orta ve yüksek basınç koşullarında sıklıkla rastlanabilen minerallerdir (Hsu 1968, Miyashiro 1972). Bileşimleri granatın oluşum koşullarını kontrol eder (Winkler 1979). Bu minerallerden spessartin düşük basınç-sıcaklık koşullarında oluşurken, almandin daha yüksek koşulları temsil eder. Pelitik kayalarda granat minerallerinin oluşmaya başlaması Mg, Fe ve Mn'lı kloritin kuvarsla reaksiyonu (Klorit + Kuvars → Granat + H<sub>2</sub>O) sonucudur. Tipik granat zonunu temsil eden almandin granatın oluşumu ise, klorit ve muskovitin reaksiyonu

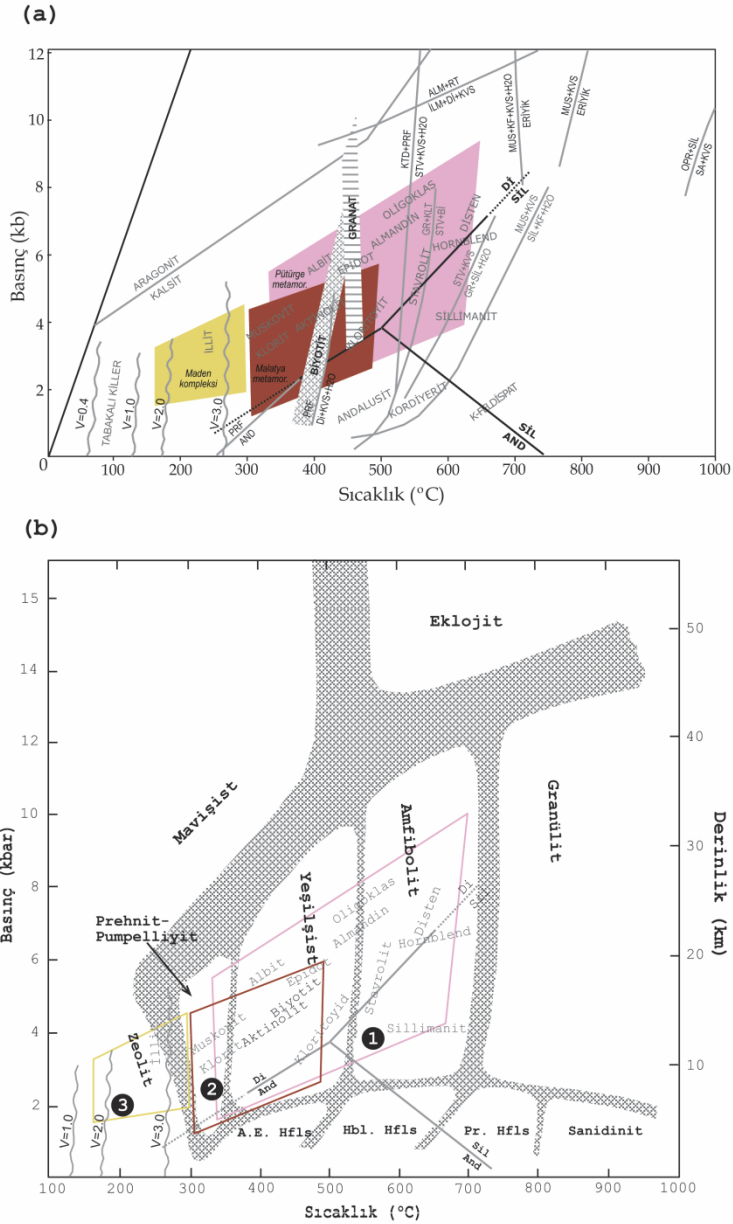
(Klorit + Muskovit  $\rightarrow$  Granat + Biotit + Kuvars + H<sub>2</sub>O) ile gelişir (4 kbar - 500 °C, 5 kbar - 600 °C) (Winkler 1979, Yardley 1989). Granat, yeşilüst fasiyesinin üst koşullarını temsil etmektedir. Ancak, bazı reaksiyonlarda (Muskovit + Biotit + Kuvars  $\rightarrow$  Almandin + K-Feldispat + H<sub>2</sub>O) izlendiği üzere duraylılığını amfibolit fasiyesinin yüksek koşullarında da sürdürebilen bir mineraldir. Winkler (1979)'e göre metabazit kayalarda hornblend minerallerinin gelişimi 500 °C metamorfizma sıcaklığı ve üzerindedir. Bu kayalarda granatın ortaya çıkışı yine yaklaşık aynı metamorfizma koşullarını temsil etmektedir.

Şekil 4a mineraller arasındaki denge koşullarıyla oluşturulan sadeleştirilmiş basınç-sıcaklık diyagramını ve Şekil 4b basınç-sıcaklık-derinlik değerleri içerisinde metamorfik fasiyes alanlarını göstermektedir. Buna göre, amfibolit fasiyesi koşulları 520-700 °C sıcaklık ile 3-12 kbar basınç değerleri ile temsil olunmaktadır. Fasiyesin bu koşulları 8-40 km arasındaki derinliği öngörmektedir. Yeşilüst fasiyesi ise, daha düşük koşulları temsil eder. Bu fasiyes 340-520 °C sıcaklık ile 2-9 kbar basınç aralığına sahiptir. Bu fasiyesi temsil eden metamorfik kayaların oluşumu 5-32 km arasındaki derinliklere karşılık gelir.

İnceleme alanında yüzeyleyen Pütürge metamorfikleri içerisinde belirlenen mineral birliktelikleri, bölgesel metamorfizmanın ilerleyen üst yeşilüst ve amfibolit fasiyesi metamorfizma koşullarını ortaya koyar. Yine

bu minerallerin oluşum koşulları dikkate alınarak, metamorfiklerin 8-25 km arası derinlikte geliştiği yorumunu yapmak mümkündür (Şekil 4b). Petrografi bölümünde verildiği üzere, metamorfikleri oluşturan bazı minerallerin daha düşük koşulları temsil eden minerallere dönüştüğü görülebilmektedir. Disten minerallerinin muskovit minerallerince üzerlenmesi, granat minerallerinde klorit ve biyotit minerallerine dönüşüm özelliklerinin görülmesi, biyotit minerallerinin klorit minerallerine dönüşmesi, hornblend minerallerinin klorit, biyotit ve tremolit/aktinolit minerallerince değişen oranlarda üzerlenmesi, feldispat minerallerinde killeşme özellikleri Pütürge metamorfiklerinin gerileyen metamorfizma etkisinde kaldığını gösterir.

Metamorfikleri oluşturan bu minerallerdeki dönüşüm özelliklerini tek bir metamorfizma olayı ile açıklamak doğru bir yaklaşım değildir. Bu çalışma konusu dışında tutulan farklı oluşum mekanizmaları da bu dönüşüme sebebiyet vermiştir. Ancak metamorfiklerin tümünde gerileyen metamorfizma etkilerinin görülmesi metamorfiklerin öncelikle gerileyen bölgesel metamorfizma etkisinde kaldığını ortaya koyar. Bu durum bu metamorfiklerin ilerleyen yeşilüst ve amfibolit fasiyesi koşullarında metamorfize olmaları ardından, bunların bölge tektoniği içinde yüzeylemelerine bağlı gerileyen metamorfizma geçirdiği yorumunu ortaya koyar.



**Şekil 4.** (a) Seçilmiş reaksiyonların basınç-sıcaklık ( $P$ - $T$ ) diyagramındaki pozisyonları (Yardley 1989; Barker 1990) ve inceleme alanı içerisinde metamorfizma etkisinde kalmış kayaların bu diyagramdaki duraylılık konumları (Yardley 1989; Barker 1990'dan yararlanarak hazırlanmıştır). (b) İnceleme alanı içerisinde metamorfizma etkisinde kalmış kayaların farklı metamorfik fasiyes alanlarının bulunduğu basınç-sıcaklık ( $P$ - $T$ ) diyagramı (Yardley 1989; Barker 1990'dan yararlanarak hazırlanmıştır).

**Figure 4.** (a) Pressure-temperature ( $P$ - $T$ ) diagram showing the positions of the selected reactions (modified from Yardley 1989; Barker 1990) and area of stability for the rocks metamorphosed in the study area (modified from Yardley 1989; Barker 1990). (b) Pressure-temperature ( $P$ - $T$ ) diagram displaying fields of various metamorphic facies and the positions of metamorphic rocks exposed in the study area (modified from Yardley 1989; Barker 1990).

## Maden Karmaşığı

El örneğinde ve mostradaki incelemeler, Maden birimlerinde belirgin bir metamorfizma etkisinin varlığını sunmamaktadır. Ancak, bu birimlerin Malatya ve Pütürge metamorfizmaları ile olan tektonik dokanalarında ve kendi içinde yersel makaslama zonlarında çok düşük metamorfizma özellikleri sunmaktadır (Şekil 4). Özellikle dokanak kesimlerinde dar alanlarda, Maden karmaşığına ait çamurtaşları ve kireçtaşları düşük dereceli metamorfizmadan etkilenmiştir. Çamurtaşlarında metamorfizma, ilksel tabakalanma düzlemleri boyunca veya verevine serisit minerallerinin gelişimi ile temsil edilmektedir. Serisit minerallerine bir miktar klorit mineralleri de eşlik etmektedir. Kireçtaşlarında ise, karbonat tanelerinde rekristalizasyon etkileri izlenmektedir. Birimin dokanak kesimleri dışında, volkanitlerde de birkaç mm ile birkaç cm arasında değişen makaslama zonlarında metamorfizma etkileri görülebilmektedir.

Maden karmaşığı içerisinde görülen bu özellikler, bölgedeki Maden birimlerinin gelişimi sonrasında gelişen tektonik etkilere bağlı dinamik metamorfizma özellikleridir.

## Malatya Metamorfizmaları

Malatya metamorfizmaları bölgede kalın karbonat litolojisi ile temsil edilmektedir. İlksel özelliklerinin de korunduğu bu karbonatlarda, metamorfizma derecesi hakkında belli sınırlar çizmek mümkün görünmemektedir. Ancak, bu karbonatlar içerisinde pelitik/pisamitik ve metabazit seviyeler de bulunmaktadır. Bunlar içerisindeki mineral birliktelikleri, Malatya metamorfizmalarının metamorfizma koşulları hakkında ipucu vermektedir. Buna göre, sleyt/fillit türü kayalar, klorit + serisit + opak

mineral ± kuvars ± plajiyoklaz ± kloritoyid ± epidot ± rutil minerallerinden oluşurken, şistlerde klorit + serisit + muskovit + kuvars ± plajiyoklaz ± kloritoyid ± epidot ± rutil ± opak mineral birlikteliği gözlenir.

Buna göre, kayalardaki klorit ve kloritoyid mineralleri ile epidot minerallerinin duraylılığı metamorfizma koşulları ile ilgili bilgi vermektedir (Winkler 1979, Yardley 1989, Barker 1990, Kerrick 1990).

*Klorit*, Barrov tipi bölgesel metamorfizmanın yeşilist fasiyesinin karakteristik minerallerinden biridir. Katı çözümlü minerali olarak iki bileşenden (antigorit, amesit) oluşur (Miyashiro 1972). Fe<sup>2+</sup> bakımından zengin, Mg ve Al bakımından fakir killi sedimanlarda, Fe<sup>2+</sup> miktarının Mg miktarından çok daha fazla olmadığı durumlarda klorit meydana gelir. Fe-kloritler metamorfizmanın düşük sıcaklık koşullarını temsil ederken sıcaklığın yükselmesi (granat zonu) ile yerini Mg-kloritlere bırakır (Yardley 1989). Ortamda sıvı varlığında, Mg-kloritlerin yüksek sıcaklıklarda (800 °C) da duraylı olabildiği durumlar söz konusudur (Miyashiro 1972). *Kloritoyid*, yine Barrov tipi bölgesel metamorfizmanın yeşilist fasiyesinin tipik mineralleri arasındadır. Kloritoyidin oluşumu için, Fe-kloritin pirofillit veya hematit ile reaksiyonu önerilir (Pirofillit + Fe-Klorit → Kloritoyid + Kuvars + H<sub>2</sub>O, Hematit + Fe-Klorit → Kloritoyid + Manyetit + Kuvars + H<sub>2</sub>O) (Winkler 1979). Bulunduğu kayalarda bileşimsel sınırlama gösterir. Granat zonunda oluşan bu mineral genelde düşük metamorfizma koşullarıyla temsil olunur. Biyotit ile nadiren birlikte oluşur. Amfibolit fasiyesi metamorfizma koşullarının egemen olmaya başlamasıyla kloritoyid duraylılığını

kaybeder ve yerini andaluzit veya stavrolite bırakır (Kloritoyid + Pirofillit → Stavrolit + Kuvars + H<sub>2</sub>O, Kloritoyid + Kuvars → Stavrolit + Almandin + H<sub>2</sub>O). Bazı deneysel çalışma sonuçları, kloritoyid bulunduran kayaların granat ihtiva etmemesi durumunda metamorfizma sıcaklığının 550 °C'den daha fazla olamayacağı yönündedir (Vidal vd. 1999). Yeşilşist fasiyesinin diğer tipik minerali epidot grubu (zoizit-klinozoizit-pistazit) mineralidir. Özellikle metabazit kökenli kayaların düşük sıcaklık koşullarında yaygınca izlenir. Artan sıcaklık ile bu mineraller duraylılıklarını yitirir. Deneysel çalışmalar zoizit + kuvars birlikteliğinde, sistemde sıvının da varlığında yüksek sıcaklık limiti (670 °C, 6 kbar) koşullarını ortaya koymuştur (Winkler 1979).

İnceleme alanı içerisinde Malatya metamorfikleri olarak haritalanan birimlerde tespit edilen mineral birliktelikleri, bu metamorfiklerin Barroviyen'in yeşilşist fasiyesi koşullarında metamorfize olduğunu belirtir. Az örnekteki mineral birliktelikleri, bu metamorfiklerin daha düşük metamorfizma koşullarını temsil eden prehnit-pumpelliyyit fasiyesine kısmen dahil olduğunu ortaya koymaktadır (Şekil 4).

## TARTIŞMA VE SONUÇLAR

GD Anadolu kuşağı boyunca yüzeyleyen masifler arasında en çok araştırma yapılanı Bitlis masifidir. Bu çalışmalarda genelde hemfikir olunan görüş, masifin Prekambriyen-Paleozoik yaşlı olduğudur (Boray 1975, Erdoğan ve Dora 1983, Çağlayan vd. 1984, Göncüoğlu ve Turhan 1984, Şengün 1984, 1993). Masifi özellikle yapı ve metamorfizma karakteri yönünde irdeleyen çalışmalarda, masifin ana yapısı eski kütle-epimetamorfik örtü kapsamında (Yılmaz 1975), çekirdek-örtü

kapsamında (Çağlayan vd. 1984; Şengün 1993), alt ve üst birlik kapsamında (Boray 1975; Helvacı 1983; Göncüoğlu ve Turhan 1984; Genç 1990) değerlendirilmiştir.

Bitlis masifinin batı uzantısı konumunda gözüken Pütürge masifinde yapılan çalışmalarda Pütürge metamorfiklerinin, Bitlis masifinin özellikleriyle benzer olduğu yönünde görüş bildirilir (Yazgan ve Chessex 1991; Erdem 1994; Erdem ve Bingöl 1997). Yazgan ve Chessex (1991)'e göre, Bitlis-Pütürge masifinin metamorfizmasındaki ilk etkili evre, Alpin metamorfizmasıdır. Bu metamorfizma, yay-kıta çarpışması ve ofiyolitlerin üzerlemesi ile Kampaniyen'de gerçekleşmiş ve masifte yeşilşistten-üst amfibolit fasiyesine kadar Barroviyen tipi bir bölgesel metamorfizma yaratmıştır. Erdem (1994), Pütürge civarındaki metamorfikleri, Bitlis masifindeki çalışmalara benzer şekilde alt ve üst birlik ayırımıyla incelemiştir. Buna göre alt birlik kayalarını, gözlü gnays, amfibol şist seviyeleri içeren biyotit şistler ile bunları kesen granitik gnays ve amfibolit-prasinitler oluşturur. Üst birlik kaya topluluğunu, distenli kuvarsit damarlı muskovit şist ile kalkşist-mermer birimleri oluşturmaktadır. Araştırmacı, iki birim arasında uyumsuz bir ilişkinin bulunduğu görüşündedir. Erdem (1994)'e göre metamorfikler, ilerleyen amfibolit fasiyesi metamorfizması ile gerileyen yeşilşist fasiyesi metamorfizmasından etkilenmiştir. Bunlardan amfibolit fasiyesi metamorfizmasını, Maastrichtiyen'deki İspendere ve Guleman ofiyolitlerinin üzerlemesine bağlı olarak yorumlarken, yeşilşist fasiyesi metamorfizmasını Orta Eosen'deki Maden kompleksinin volkanizması ile ilişkilendirmektedir. Çalışmacı, metamorfiklerin petrolojisine yönelik bulgularında, amfibolitlerin orto (magmatik) kökenli ol-



duğunu ve duraylı iz elemet dağılımlarına göre levha içi bazalt/toleyitik bazalt bölgesine düştüğünü belirtmektedir. Benzer şekilde gnays olarak tanımladığı kayaların, yine orto (magmatik) kökenli olduğunu ve çarpışma ve yay bölgelerini temsil ettiğini belirtir.

Keban-Malatya metamorfiteğinde yapılan çalışmalar, bu kayaların düşük dereceli metamorfizma ile temsil edilen yaygın metakarbonatlar olduğu yönündedir. Kipman (1981), Keban bölgesindeki çalışmalarında, Keban metamorfiteğinin mermer, rekristalize kireçtaşı, kalkşist, kalkfillit ve meta-konglomeralardan oluştuğunu belirtmektedir. Kalkşistler içerisinde bulunduğu fosil bulgusuna göre, Keban metamorfiteğinin Permo-Karbonifer-Triyas yaşında olduğu ve bu metamorfiteğinin Geç Kretase-Paleosen yaşlı alkalice zengin magmatitler tarafından kesildiği görüşünü ifade eder. Bingöl (1984)'e göre, Keban metamorfiteği mermer ve amfibolitlerden oluşmaktadır. Araştırmacı, Üst Paleozoik-Alt Tersiyer yaşlı olarak düşündüğü Keban metamorfiteğinin, Üst Maastrichtiyen öncesi düşük dereceli metamorfizmaya sahip olduğu yorumunu yapar. Karaman vd. (1993) ise, Malatya metamorfiteğinin amfibolit ve yeşilist fasiyesinde metamorfizmaya maruz kaldığını ve olasılıkla Alt Jura'da metamorfize olduğunu belirtir. Yılmaz (1999)'da, Malatya metamorfiteğinin yüksek diyajenez-çok düşük metamorfizma koşullarını yansıttığı ve almandin-amfibolit ve yeşilist fasiyesindeki mineral parajenezlerine sahip olduğu görüşündedir. Bazı çalışmalarda Keban metamorfiteğinin bölgesel ve kontakt metamorfizma izleri taşıdıkları belirtilmektedir (Asutay 1985). Asutay (1985)'a göre, Üst Kretase esnasında Neo-Tetis Okyanusu'nun kuzeye, Keban Levhası altına

doğru dalımı ile gelişen Baskil magmatikleri (Koniasiyen-Santoniyen), Keban karbonatlarında kontakt metamorfizmaya neden olmuş ve böylece piroksen-hornfels fasiyesi kayaları ve skarn kayalarını oluşturmuştur. Bölgesel metamorfizması ile ilgili olarak da, parajenez itibariyle düşük dereceli metamorfizmanın (yeşilist) kuvars-albit-klorit alt fasiyesinde metamorfizmaya uğradığını belirtmektedir. Yazgan (1984), bölgede bilinen orojenik olaylar zinciri içinde ilk sıkışma hareketlerinin Turoniyen'de başladığını, Keban karbonatlarının da olasılıkla Turoniyen-Alt Maastrichtiyen (Senoniyen) zaman aralığında metamorfizmaya uğradığı görüşündedir. Yılmaz vd. (1987) ise, masifin metamorfizmasını ofiyolit naplarının yerleşmesine bağlamış ve buna göre metamorfizmanın Üst Kretase'de meydana geldiğini belirtmiştir.

İnceleme alanı, Bitlis masifinin batı uzantısı olarak yorumlanan Pütürge metamorfiteği ve Keban-Malatya metamorfiteğinin bir bölümünü içerir. Buradaki gözlem ve incelememiz, bu metamorfiteğlerde çalışan araştırmacıların sonuçları ile benzerlikleri olmakla birlikte belirgin farklılıklar ve/veya bahsedilmeyen sonuçları da içermektedir. Bitlis metamorfiteğinde yapılan çalışmaların önemli bir bölümünde, metamorfiteğinin amfibolit fasiyesi metamorfizmasından bahsedilse de, metamorfiteğlerde Şengün (1993) dışında sillimanit minerali oluşumundan söz edilmemektedir. Bu mineralin varlığı, bölgedeki metamorfizmanın sillimanit zonunu temsil edecek metamorfizma koşuluna (sıcaklık-basınç) eriştiğini göstermektedir. Sillimanit minerallerinin oluşumu, Pütürge metamorfiteğinin yüksek amfibolit fasiyesi koşullarına yaklaştığını

göstermektedir. Pütürge civarındaki metamorfite irdeleyen Erdem (1994), bu alanda yaygın granat, stavrolit, disten mineral oluşumlarını dikkate alarak, bölgedeki metamorfizmanın almandin-amfibolit fasiyesi koşullarını temsil ettiği sonucuna varmıştır. Stavrolit ve disten minerallerinin birlikte bulunuşu, pelitlerde orta amfibolit fasiyesini belirtmektedir. Orta amfibolit fasiyesi koşulları, basıncın 6-8 kbar ve sıcaklığın 600-670 °C olduğu sıcaklık-basınç koşulları ile temsil olunmaktadır. Bu koşulların tipik mineral birlikteliği ise, disten + granat + biyotit + oligoklaz + kuvars ( $\pm$  muskovit) olup, disten egemen  $AlSiO_2$  mineralidir (Barker 1990). Yüksek amfibolit fasiyesi ve granulit fasiyesine geçiş koşullarında, basınç 7-9 kbar ve sıcaklık ise 670-800 °C'dir. Bu koşullarda muskovitler, K-feldispatı oluşturmak için reaksiyona girerken, aynı zamanda distenlerin yerini özellikle fibrolit sillimanitler almaktadır (Barker 1990). Buna göre, Pütürge metamorfite ve onun doğu uzantısı konumundaki Bitlis metamorfitelerinin, yüksek amfibolit fasiyesi koşullarına ulaşmış olduğunu önermekteyiz. Bu durum, metabazik kökenli kayalar ile de desteklenmektedir. Metabazitler, yeşilsist fasiyesi koşullarında aktinolit, stipnomelan, klorit, epidot ve albit mineralleri içerirken, amfibolit fasiyesi koşullarına eriştiğinde, bu mineraller giderek azalmakta ve yerini hornblend, granat ve Ca-plajiyoklazlara bırakmaktadır (Yardley 1989). Yeşilsist fasiyesinden amfibolit fasiyesine geçişi (epidot-amfibolit fasiyesi), aktinolit parçalanarak hornblende ve albitin parçalanarak oligoklaza dönüşümü belirtmektedir. Bu geçiş zonu 370-420 °C sıcaklıklarda, plajiyoklaz + epidot + klorit + Ca-amfibol (aktinolit + hornblend) + kuvars +

spinel mineral birlikteliği ile temsil olunmaktadır (Barker 1990). Yüksek sıcaklıklarda mineral birlikteliği, plajiyoklaz ( $An_{20-50}$ ) + hornblend + klorit + spinel + ilmenit olarak izlenmektedir. Yüksek basınçlarda ise mineral birlikteliği, oligoklaz + hornblend + epidot + rutil ( $\pm$  kuvars  $\pm$  granat) olarak gelişmektedir. İnceleme alanı içerisindeki amfibolitlerde, plajiyoklaz, hornblend ve granat minerallerinin varlığı, amfibolit fasiyesi metamorfizma koşulları ile temsil olunmaktadır.

Petrografik incelemeler, pek çok mineralde gerileyen metamorfizma etkilerini ortaya koymaktadır. Örneğin, granat minerallerinin klorit ve biyotit minerallerine, biyotit minerallerinin klorit minerallerine, disten minerallerinin muskovit minerallerine, kloritoyid minerallerinin klorit minerallerine, hornblend minerallerinin klorit, biyotit ve tremolit/aktinolit minerallerine dönüşümleri belirgindir. Bu durum, Pütürge metamorfitelerinin yüzeylemesi sırasında ve/veya daha genç olaylar ile gerileyen metamorfizmadan etkilendiğini ortaya koymaktadır. Her iki sürecin de etkisi olduğu düşünülmektedir.

Bölgedeki metamorfiteelerde bahsedilen önemli ayrıntılardan biri, çekirdek-örtü (Çağlayan vd. 1984; Şengün 1993) veya alt ve üst birlik (Boray 1975; Helvacı 1983; Göncüoğlu ve Turhan 1984; Genç 1990; Erdem 1994) ayrımlarıdır. İnceleme alanında yüzeyleyen Pütürge metamorfitelerinin ilksel stratigrafik dokanakları silinmiş, kendi içerisinde kıvrımlanmış ve çok sayıda tektonik dilimler gelişmiştir. İnceleme alanı içerisinde, çekirdek-örtü veya alt-üst birlik ayrımını doğrulayacak bulgular bulunmamaktadır.

İnceleme alanının diğer metamorfik birimini oluşturan Malatya metamorfikleri, Pütürge metamorfikleri ile benzer yapısal özellikte, kıvrımlı ve çok sayıda tektonik dilimlerden oluşmaktadır. Yoğun metakarbonat kökenli oluşu ile Pütürge metamorfiklerinden belirgin olarak ayrılmaktadır. Diğer önemli ayırdım ise, iki metamorfik birim arasındaki metamorfizma karakteridir. Pütürge metamorfikleri amfibolit fasiyesi koşullarına ulaşan metamorfizma karakteri sergilerken, Malatya metamorfikleri yeşilşist fasiyesi ile temsil olunmaktadır. Bu durum, çoğu araştırmacıların görüşleri ile uyumlu gözükmektedir.

İnceleme alanı içerisindeki tüm veriler değerlendirildiğinde şu sonuçlara varılmıştır:

1. Pütürge metamorfiklerinin petrografik incelemeleri metamorfiklerin mika şist/mika gnays, granat mika şist/granat mika gnays, kalk-silikatik şist/kalk-silikatik gnays, kuvarso-feldispatik mika gnays, kuvarsitik şist/kuvarsit, mermer ve amfibolit türü kayalardan oluştuğunu ortaya koymaktadır. Bu kayalar Barroviyen zonunu temsil eden indeks minerallerden (Örn. granat, stavrolit, disten, sillimanit) biri veya birkaçını içermektedir. Elde edilen mineral birliktelikleri, Pütürge metamorfiklerinin bölgesel metamorfizmanın ilerleyen üst yeşilşist ve amfibolit fasiyesi metamorfizma koşullarında geliştiğini ortaya koyar. Bu durum Pütürge metamorfiklerinin ~700 °C sıcaklık ve 9 kbar basınç metamorfizma koşullarına kadar erişmiş olduğunu ve bu koşulların da ~25 km kabuk derinliğinde gelişmiş olabileceği sonucunu ortaya koyar.
2. Malatya metamorfikleri yaygın olarak

metakarbonatlardan, az oranda pelitik/pisamitik ve metabazit türü kayalardan oluşmaktadır. Petrografik incelemeler Malatya metamorfiklerinin mermer, sleyt, fillit ile şist türü kayalardan oluştuğunu ortaya koymaktadır. Şist ve fillitlerdeki kloritoyid, epidot ve tremolit/altinolit mineralleri bu birimlerin metamorfizma özelliği ile ilgili ipuçları vermektedir. Bu minerallerin birliktelikleri, Malatya metamorfiklerinin ~500 °C sıcaklık ve 6 kbar basınç metamorfizma koşullarına kadar erişmiş olduğunu ve bu koşulların da ~15 km derinliklere kadar uzandığını belirtmektedir.

3. Bölgesel ilerleyen metamorfizma, gerileyen metamorfizma tarafından üzerlenmiştir. Farklı süreçlerden bahsedilebilir olması yanında, Pütürge metamorfiklerinin gerileyen metamorfizmasını, bu metamorfiklerin yüzeye çıkma (exhumation) süreci meydana getirmektedir. Ayrıca, inceleme alanı içerisinde metamorfikler kendi içinde tektonik dilimlenme dahil farklı yapıları içermektedir. Ancak özellikle Pütürge metamorfiklerinde, literatürde bahsedildiği şekliyle çekirdek-örtü veya alt-üst birlik ayırdımını temsil eden yapısal bir stratigrafi bulunmamaktadır.

### KATKI BELİRTME

Bu makale Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde gerçekleştirilen Yüksek Lisans Tezini kapsamaktadır. Arazi çalışmaları MTA Genel Müdürlüğünde yürütülen proje kapsamında gerçekleştirilmiştir. Yazarlar, proje yürütücüsü Yavuz Bedi (MTA) başta olmak üzere tüm proje çalışanlarına teşekkürlerini sunarlar.

Yazarlar makaleye yapıcı katkılarından dolayı Üner Çakır'a (Hacettepe Üniversitesi) teşekkürlerini sunar. Ayrıca Ergun Gökten'e (Ankara Üniversitesi), Kadir Dirik'e (Hacettepe Üniversitesi) ve Cemal Tunoğlu (Hacettepe Üniversitesi) ile ismi belirtilmeyen hakeme teşekkür ederler.

### **EXTENDED SUMMARY**

*SE Turkey contains the southeast Anatolian suture zone including several tectonic elements that have been formed by the closing of the Neo-Tethys ocean and the collision of the Anatolian micro-continent with the Africa/Arabian continent in the Late Cretaceous to Tertiary period (Fig. 1). The region contains several massifs whose lithology, deformation and metamorphic features can be compared to each other (Fig. 1b).*

*Bitlis massif is one of most studied massifs (Bitlis, Pütürge, Keban, Malatya, Engizek ve Binboğa metamorphites) to have been exhumed along the SE Anatolian belt. Several researchers agree that the Bitlis massif is Precambrian-Paleozoic in age (Boray 1975; Erdoğan and Dora 1983; Çağlayan et al. 1984; Göncüoğlu and Turhan 1984; Şengün 1984; 1993). Studies have especially focused on the structure and/or metamorphism of this massif; it has been divided into two parts, referred to as the ancient basement and epimetamorphic units (Yılmaz 1975), as the core and cover (Çağlayan et al. 1984; Şengün 1993), or as the lower and upper units (Boray 1975; Helvacı 1983; Göncüoğlu and Turhan 1984; Genç 1990).*

*The Pütürge massif that appears as a western continuation of the Bitlis massif has similar geologic features (Yazgan and Chessex 1991; Erdem 1994; Erdem and Bingöl 1997).*

*According to Yazgan and Chessex (1991), the Bitlis and Pütürge massifs include a penetrative regional metamorphism of Barrovian, from greenschist to upper amphibolite, that might be related to the arc-continent collision and ophiolitic obduction in Campanian. Similar to the Bitlis massif, Pütürge metamorphites were divided into two units: a lower unit and an unconformably overlying upper unit, by Erdem (1994). According to Erdem (1994), while the lower unit contains augen gneiss and biotite schist inter-layered with the amphibole schist, granitic gneiss and amphibolite-prasinite, the upper unit includes muscovite schist with kyanite quartzite, and calc-schist and marble, which in these metamorphites display progressive amphibolite facies metamorphism and regressive greenschist facies metamorphism.*

*The Keban-Malatya metamorphites is dominantly composed of meta-carbonates with low-grade metamorphism. In the Keban region these metamorphites contain marble, recrystallized limestone, calc-schist, calc-phyllite, and meta-conglomerate (Kipman 1981). According to the author and on the basis of some fossil evidence, the Keban metamorphites is Permo-Carboniferous in age and is cut by Late Cretaceous-Paleocene alkaline-intrusions. Bingöl (1984) interpreted the Keban metamorphites as affected by low-grade metamorphism before the Upper Maastrichtian. On the other hand, according to Karaman et al. (1993), the Malatya metamorphites display amphibolite and greenschist facies metamorphism and were metamorphosed in the Lower Jurassic.*

*The study area is situated between Çelikhan and Malatya (Fig. 1c, 2), comprising*

rocks that are parts of the Pütürge metamorphites, the Maden complex and the Malatya metamorphites (Fig. 2). Mafic and felsic intrusion exposures that cut the rocks of the Pütürge metamorphites and the Maden complex are locally seen. The Pütürge metamorphites consist of gneiss, schist, quartzite, marble and amphibolite, and their mineral compositions are suggestive of a pelitic/semi-pelitic, psammitic metabazitic, metagranitic and metacarbonatic protolith (Fig. 3). The Maden complex is characterized by sedimentary and volcanic rocks. It is composed of metamudstone (slate), metamicrite and volcanic rock. Recrystallized limestone/marble constitutes the dominant rock type of the Malatya metamorphites. A lesser amount of phyllite and schist with psammitic and metabazitic protolith alternates with recrystallized limestone/marble.

Erdem (1994), who studied in the vicinity of the Pütürge, suggested that the Pütürge metamorphites is represented by mid-amphibolite facies metamorphism, because of the presence of garnet, staurolite and kyanite minerals. The stable coexistence of staurolite and kyanite allows temperature and pressure conditions of 600-670 °C and 6-8 kbar; in these conditions, kyanite is a dominant  $Al_2SiO_5$  polymorph (Barker 1989). In the upper amphibolite facies, and passing into the granulite facies, muscovite usually reacts to form K-feldspar and kyanite is superseded by fibrolitic sillimanite in temperatures of the order of 670-800 °C and pressure of order of 7-9 kbar (Barker 1989). The presence of metamorphic index minerals (garnet, staurolite, kyanite, sillimanite) or mineral assemblages in the Pütürge metamorphites within the study area is diagnostic of a metamorphism that reached

upper amphibolite facies conditions.

The results of our field and petrographical studies can be summarized as follows:

1. The study area includes two main metamorphic units, the Pütürge and Malatya metamorphites (Fig. 2). The Pütürge metamorphites consist of mica schist/mica gneiss (quartz + feldspar + biotite + muscovite ± opaque ± apatite ± tourmaline ± sphene ± zircon ± epidote), garnet mica schist/ garnet mica gneiss (quartz + feldspar + biotite + muscovite + garnet ± staurolite ± kyanite ± sillimanite ± opaque ± apatite ± tourmaline ± sphene ± zircon ± epidote), calc-silicatic schist/calc-silicatic gneiss (quartz + plagioclase + epidote + amphibole + carbonate + muscovite ± sphene ± garnet ± opaque), quartzo-feldspathic mica gneiss (quartz + plagioclase + mica ± apatite ± tourmaline ± rutile ± zircon), marble (calcite ± diopside ± scapolite ± muscovite ± quartz ± epidote ± opaque), quartz schist/quartzite (quartz ± mica ± plagioclase ± epidote ± apatite ± zircon ± sphene ± opaque), amphibolite (hornblende + plagioclase ± quartz ± epidote ± garnet ± apatite ± sphene ± opaque) with mineral assemblages, which suggest that the conditions reached the sillimanite grade. Index minerals (e.g. staurolite, kyanite, sillimanite) indicate attainment of amphibolite-facies metamorphic conditions. This study thus estimates the peak temperature and pressure of the Pütürge metamorphites as ~700 °C and 9 kbar, respectively, which estimates imply a depth of approximately 25 km (Fig. 4). Thick metacarbonates inter-

layered with metapelite/metampsamite and metambazite layers constitute the Malatya metamorphites in the study area. The dominant lithology is marble and the lesser is slate/phyllite (chlorite + serizite + opaque  $\pm$  quartz  $\pm$  plagioclase  $\pm$  chloritoid  $\pm$  epidote  $\pm$  rutile) and schist (chlorite + serizite + muscovite + quartz  $\pm$  plagioclase  $\pm$  chloritoid  $\pm$  epidote  $\pm$  rutile  $\pm$  opaque). The presence of chloritoid, epidote and tremolite/actinolite minerals in the Malatya metamorphites suggests a temperature of  $\sim 500$  °C and a pressure of approximately 6 kbar, which coincides with a  $\sim 15$  km depth (Fig. 4).

2. Minerals in metamorphic rocks within the study area display a variable retrograde stage. Evidence of the retrograde stage includes chlorite and biotite overprinting garnet, chlorite, biotite and tremolite/actinolite overgrows on hornblende, chlorite overprinting biotite and chloritoid, and kyanite locally replaced by muscovite. We interpreted this as indicating that the formation of the products of retrograde metamorphism had close relationships for the exhumation process of metamorphites and that neo-tectonic events occurred in the region.
3. One of the suggestions is that the Bitlis and Pütürge metamorphites contain two-separated parts, called core and cover (Çağlayan et. al 1984; Şengün 1993) or the lower unit and upper unit (Boray 1975; Helvacı 1983; Göncüoğlu ve Turhan 1984; Genç 1990; Erdem 1994). Our field observations indicate that the characteristics of the protolith

of the Pütürge metamorphites were mainly erased, it containing common folding and several tectonic slices. Therefore, there is no evidence of the core-cover or lower unit-upper unit tectono-stratigraphy which were mentioned in earlier studies.

## DEĞİNİLEN BELGELER

- Asutay, H.J., 1985. Baskil (Elazığ) çevresinin jeolojik ve petrografik incelenmesi. Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara, Doktora Tezi, 156 s (yayınlanmamış).
- Barker, A.J., 1990., Introduction to Metamorphic Textures and Microstructures. Blackie&Son Limited, New York, 170 p.
- Bingöl, A.F., 1984. Geology of the Elazığ area in the eastern Taurus region. International Symposium on the Geology of the Taurus Belt, 209-217.
- Boray, A., 1975. Bitlis dolayının yapısı ve metamorfizması. Türkiye Jeoloji Bülteni, 18, 81-84.
- Çağlayan, M.A., İnal, R.N., Şengün, M. and Yurtsever, A., 1984. Structural setting of the Bitlis massive. International Symposium on the Geology of the Taurus Belt, 245-254.
- Dewey, J.F., Pitman, W.C., Ryan, W.B.F. and Bonnin, J., 1973. Plate tectonics and the evolution of the Alpine system. Geological Society of America Bulletin, 84, 3137-3180.
- Erdem, E. 1994. Pütürge (Malatya) metamorfitlelerinin petrografik ve petrolojik özellikleri. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, Doktora Tezi, 119 s.
- Erdem, E. ve Bingöl, A.F., 1997. Pütürge (Malatya) masifindeki gnaysların petrografik ve petrolojik özellikleri. Selçuk Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi 20. Yıl Jeoloji Sempozyumu, 217-227.
- Erdoğan, B. ve Dora, O.Ö., 1983. Bitlis masifi apatitli demir yataklarının jeolojisi ve oluşumu. Türkiye Jeoloji Bülteni, 26, 133-144.
- Flöttmann, T., 1991. Fibrolitic sillimanite in retrograd shear zones of the Central Schwarzwald basement (Southwest Germany): Deformation-dehydration interaction: microstructural implications. Journal of Metamorphic Geology, 9, 162-175.
- Genç, S., 1990. Bitlis masifi, Çökekyazı-Gökay (Hizan, Bitlis) yöresi metamorfitlelerinin petrografisi, metamorfizması ve kökeni. Türkiye Jeoloji Bülteni, 33, 1-14.
- Göncüoğlu, M.C. and Turhan, N., 1984. Geology of the Bitlis metamorphic belt. International Symposium on the Geology of the Taurus Belt, 237-244.
- Grambling, J.A., 1981. Kyanite, andalusite, sillimanite, and related mineral assemblages in the Truchas Peaks region,

- New Mexico. *American Mineralogist*, 66, 702-722.
- Hall, R., 1976. Ophiolite emplacement and evolution of the Taurus suture zone, Southeastern Turkey. *Geological Society of America Bulletin*, 87, 1078-1088.
- Helvacı, C., 1983. Bitlis masifi Avnik (Bingöl) bölgesi metamorfik kayaların petrojenizi. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 26 (2), 117-132.
- Helvacı, C. and Griffin, W.L., 1984. Rb-Sr geochronology of the Bitlis massif, Avnik (Bingöl) area, SE Turkey. In: Dixon, J.E. and Robertson, A.H.F. (eds). *Geological Evolution of the Eastern Mediterranean*. Special Publication of the Geological Society of London, 17, 403-413.
- Hempton, M.R., 1984. Results of detailed mapping near leak Hazar (Eastern Taurus Mountains). *International Symposium on the Geology of the Taurus Belt*, 223-228.
- Hsu, L.C., 1968. Selected phase relationships in the system Al-Mn-Fe-Si-O; a model for garnet equilibria. *Journal of Petrology*, 9, 40-83.
- Karaman, T., Poyraz, N., Bakırhan, B., Alan, İ., Kadıncık, G., Yılmaz, H. ve Kılınc, F., 1993. Malatya-Doğanşehir-Çelikhan dolayının jeolojisi. MTA Derleme No: 9587, 57 s.
- Kerrick, D.M., 1990. The Al<sub>2</sub>SiO<sub>5</sub> polymorphs. *Mineralogical Society of America Reviews in Mineralogy*, 22, 406 s.
- Ketin, İ., 1966. Anadolu'nun tektonik birlikleri. *MTA Dergisi*, 66, 20-34.
- Kipman, E., 1981. Keban'ın jeolojisi ve Keban şarījayı. *İstanbul Üniversitesi Yerbilimleri Dergisi*, 1, 75-81.
- Mason, R., 1975. Bitlis masifinin tektonik durumu. *Cumhuriyetin 50. yılı Yerbilimleri Kongresi, Özetler*, 31-41.
- Michard, A., Whitechurch, H., Ricou, I.E., Montigny, R. and Yazgan, E., 1984. Tauric subduction (Malatya-Elazığ provinces) and its bearing on tectonics of the Tethyan realm in Turkey. In: Dixon, J.E. and Robertson, A.H.F. (eds). *Geological Evolution of the Eastern Mediterranean*. Special Publication of the Geological Society of London, 17, 361-374.
- Miyashiro, A., 1972. *Metamorphism and Metamorphic Belts*. George Allen&Unwin, London, 492 p.
- Özgül, N. and Turşucu, A., 1984. Stratigraphy of the Mesozoic carbonate sequence of the Munzur Mountains (Eastern Taurides). *International Symposium on the Geology of the Taurus Belt*, 173-180.
- Özkaya, İ., 1982. Upper Cretaceous plate rupture and development of leaky transcurrent fault ophiolites in SE Turkey. *Tectonophysics*, 88, 103-116.
- Perinçek, D., 1979. Geological investigation of the Çelikhan-Sincik-Koçalı area (Adıyaman province). *İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Dergisi, Seri B44*, 127-147.
- Perinçek, D., 1980. Arabistan Kıtası Kuzeyindeki Tektonik Evrimin Kıta Üzerinde Çökelen İstiftteki Etkileri. *Türkiye 5. Petrol Kongresi Bildirileri*, 77-93.
- Ricou, L.E., Marcoux, J. and Whitechurch, H., 1984. The Mesozoic organization of the Taurides: one or several oceanic basins. In: Dixon, J.E., Robertson, A.H.F. (eds.), *The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean*. Special Publication of the Geological Society of London, 17, 349-360.
- Robertson, A.H.F. and Dixon, J.E., 1984. Introduction: Aspects of the Geological Evolution of the Eastern Mediterranean. Special Publication of the Geological Society of London, 17, 1-74.
- Şengör, A.M.C. and Yılmaz, Y., 1981. Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach. *Tectonophysics*, 75, 181-241.
- Şengün, M., 1984. Tatvan güneyinin (Bitlis masifi) jeolojik/petrografik incelenmesi. *Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara, Doktora Tezi*, 157 s.
- Şengün, M., 1993. Bitlis masifinin metamorfizması ve örtü çekirdek ilişkisi. *MTA Dergisi*, 115, 1-13.
- Vidal, O., Goffe, B., Bousquet, R. and Parra, T., 1999. Calibration and testing of an empirical chloritoid-chlorite Mg-Fe exchange thermometer and thermodynamic data for daphnite. *Journal of Metamorphic Geology*, 17, 25-39.
- Winkler, H.G.F., 1979. *Petrogenesis of Metamorphic Rocks*. 4th ed., Springer-Verlag, New York, 348 p.
- Wintsch R.H. and Andrews, M.S., 1988. Deformation induced growth of sillimanite:'stress' minerals revisited. *Journal of Geology*, 96, 143-161.
- Yardley, B.W.D., 1989. *An Introduction to Metamorphic Petrology*. Longman Scientific & Technical, New York, 248 p.
- Yazgan, E., 1984. Geodynamic evolution of the Eastern Taurus region. *International Symposium on the Geology of the Taurus Belt*, 199-208.
- Yazgan, E. and Chessex, R., 1991. Geology and tectonic evolution of the Southeastern Taurides in the region of Malatya. *Turkish Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 3 (1), 1-42.
- Yılmaz, H., 1999. Doğu Toroslar'da Sürgü (Doğanşehir-Malatya) çevresinin jeolojisi. *Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, Seri A-Yerbilimleri*, 16 (1), 95-106.
- Yılmaz, O., 1975. Cacas bölgesi (Bitlis masifi) kayalarının petrografik ve stratigrafik incelemesi. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 18, 33-40.
- Yılmaz, Y., Yiğitbaş, E. ve Yıldırım, M., 1987. Güneydoğu Anadolu'da Triyas sonu tektonizması ve bunun jeolojik anlamı. *Türkiye 7. Petrol Kongresi*, 65-77.
- Yılmaz, Y., Yiğitbaş, E., Yıldırım, M. ve Genç, Ş.C., 1992. Güneydoğu Anadolu metamorfik masiflerinin kökeni. *Türkiye 9. Petrol Kongresi*, 296-306.

---

Makale Geliş Tarihi : 12 Ekim 2009

Kabul Tarihi : 8 Mart 2011

Received : October 12<sup>th</sup>, 2009

Accepted : March 8<sup>th</sup>, 2011