

## Yıldızeli metasedimenter grubu içindeki Fındıcak metamorfizmasının metamorfizması ve yaşı

*The metamorphism and the age of the Fındıcak metamorphite in the Yıldızeli metasedimentary group*

Musa ALPASLAN  
Jean - Claude GUEZOU  
Michel BONHOMME  
Durmuş BOZTUĞ

Cumhuriyet Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 58140 Sivas  
Université Paris Sud, Orsay - Fransa  
Institute Dolomieu, Grenoble, Fransa  
Cumhuriyet Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 58140 Sivas

### Öz

Orta Anadolu masifi, Kırşehir masifi veya Kırşehir bloğu olarak adlandırılan ve metamorfik - magmatik kayaç topluluklarından oluşan kristalin kütlelerin doğu kesiminde yer alan Yıldızeli (Sivas batısı) yöresindeki metamorfik kayaçlar Yıldızeli metasedimenter grubu olarak adlandırılmış ve litolojik özelliklerine göre dört farklı birime ayrılmıştır. Bunlar, alttan üste doğru, pelitik ve migmatitik kayaçlardan oluşan Aşılık metamorfiti, pelitik ve kalsilikatik kayaçlardan oluşan Fındıcak metamorfiti, kuvarsit ve kuvarşistlerden oluşan Pelitlikaya kuvarsiti ve metakarbonatlardan oluşan Kadıköy metakarbonatıdır. Bu çalışmanın konusunu oluşturan Fındıcak metamorfitten alınan örneklerin mikroskopik incelemelerinde sillimanit + dişten + muskovit + ortoklaz + kuvars, sillimanit + muskovit + biyotit + ortoklaz + kuvars + plajiyoklaz, diyopsit + hornblend + plajiyoklaz + kuvars, hornblend + plajiyoklaz + kuvars ve diyopsit + hornblend + kuvars + plajiyoklaz + skapolit + kalsit parajenezleri belirlenmiştir. Orta - yüksek dereceli metamorfik kayaçlarda ortaya çıkan bu mineral parajenezlerinin yanısıra hornblend gnayslarda epidot gelişimi, diyopsit - hornblend gnayslardaki diyopsitlerin tremolit şist oluşumu ve mika gnayslardaki feidispatlardan itibaren mika minerallerinin gelişimi de metamorfitlede gözlenen diğer önemli özellikler olarak belirlenmiştir. Fındıcak metamorfite ait örneklerde gerçekleştirilen plajiyoklaz - hornblend, granat - muskovit - biyotit - plajiyoklaz - dişten, granat - muskovit - biyotit - plajiyoklaz ve muskovit - biyotit - klorit yöntemleriyle gerçekleştirilen jeotermobarometre çalışmalarında ilk metamorfizma evresinin yüksek basınç evresiyle (M1) belirlendiği saptanmıştır. Bu evre sıcaklığın yükseldiği, distenin paramorfik olarak sillimanite (fibrolit) dönüştüğü evreyle (M2) izlenmiştir. Metamorfizmanın şığ kabuksal düzeylere yükselmesi sırasında oluşan dekompresyon ise metamorfitlede yeşil şist fasiyesi koşullarında gelişen retrograd kataklastik metamorfizmaya (M3) neden olmuştur. Bu metamorfizmanın yaşı K - Ar yöntemiyle Santoniyen - Maestrihtiyen olarak belirlenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Yıldızeli metasedimenter grubu, Kırşehir bloğu, Jeotermometre, Jeobarometre, Jeokronoloji.

### Abstract

*The metamorphic rocks exposing in the Yıldızeli region (west of Sivas) to the east of Kırşehir block (Central Anatolian massif or Kırşehir massif comprising metamorphic and associated magmatic rocks) are named as Yıldızeli metasedimentary group. It is divided, based on the rock types, into four units as, from bottom to top, the Aşılık metamorphics comprising pelitic gneiss and migmatites, the Fındıcak metamorphics including the pelitic schist and gneiss, and calcsilicates, the Pelitlikaya quartzite consisting of quartzite and quartzitic schists, and the Kadıköy metacarbonate.*

*The microscopic study of Fındıcak metamorphite, yields sillimanite + kyanite + muscovite + orthoclase + quartz; sillimanite + muscovite + biotite + orthoclase; quartz + plagioclase, diopside + hornblend + plagioclase + quartz; hornblende + plagioclase + quartz and diopside + hornblend + quartz + plagioclase + scapolite + calcite paragenesis. In addition to these paragenesis, post-tectonic epidote overgrowth in the hornblende - gneisses, replacement of diopside by tremolite in the diopside - hornblende gneisses, transformation of calcsilicatic gneiss into talc - tremolite schist, and mica overgrowths on feldspars in the mica gneiss are also common and characteristic features of Fındıcak metamorphics were also determined.*

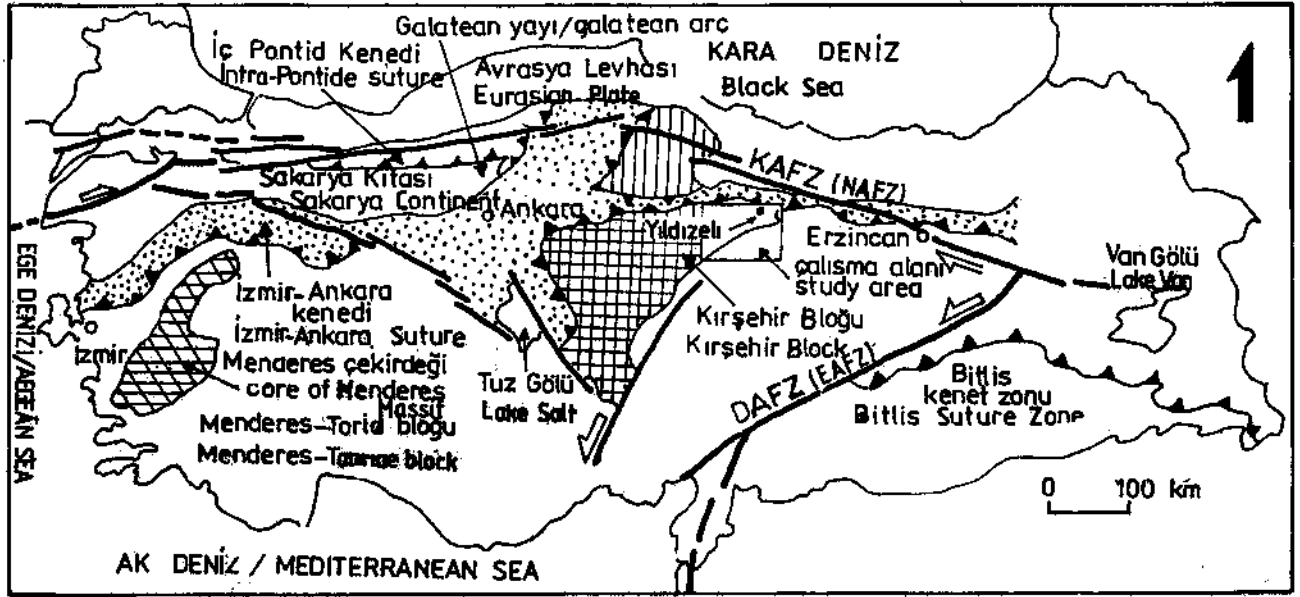
*The hornblende - plagioclase, garnet - muscovite - biotite - plagioclase - kyanite, garnet - muscovite - biotite - plagioclase and muscovite - biotite - chlorite geobarometries show that the first metamorphism occurred under high pressure conditions. Following the high pressure metamorphism, the temperature increased, resulting in the transformation of kyanite into fibrolitic sillimanite. During the uplifting, a retrograde greenschist fades cataclastic metamorphism overprinted on the earlier fabrics due to decompressional regime. The last metamorphic event occurred during Santonian - Maestrihtian time (K - Ar ages of muscovite and biotite, are  $71.8 \pm 2.3$  Ma -  $77.7 \pm 1.8$  and  $68.1 \pm 1.8$  Ma -  $723 \pm 2.1$  Ma, respectively).*

**Key Works:** Yıldızeli metasedimentary group, Kırşehir block, Geothermometer, Geobarometer, Geochronology.

### GİRİŞ

Çalışma alanı, Kırşehir Bloğu'nun doğu kesiminde yer almaktadır (Şekil 1). Kırşehir Bloğu, kuzeyde Pontidler ve güneyde Toridler arasında sıkışmış Anatolid

platformunun kabuksal bir elemanıdır (Alpaslan ve diğ., 1991). Kırşehir Bloğu'nun güney kenarında Neojen yaşlı Sivas havzası, yapısal bir eleman olarak doğuya doğru yanal bir şekilde uzanmaktadır (Alpaslan ve diğ., 1991). Bu bloğun kuzey kenarında ise Neotetis'in



Şekil 1. inceleme alanının lokasyonunu ve Kırşehir Bloğu'nun konumunu gösterir tektonik harita (Koçyiğil, 1991'den alınmıştır).

Figure 1. Tectonic map showing the location of the studied area and situation of Kırşehir Block (from Koçyiğil, 1991).

kuzey kolunun kalıntıları olarak düşünülen ve meta - ofiyolitik kayalar da içeren Tokat masifinin meta - karbonatlı ve metamorfik olmayan ofiyolitler bulunmaktadır (Şengör ve diğ., 1985). Anatolid - Torid çarpışmasından sonra, Anatolid - Torid bölgesi imbrikasyona uğramış, dilimlenmiş ve İç Anatolidler S - tipi granitik intrüzyonlarla ilişkili yüksek P / T metamorfizmasına uğramıştır (Durr ve diğ., 1978).

Kırşehir bloğuna ait kabuksal metamorfizmanın petrografik ve yapısal özellikleri ile ilişkili çalışmalar daha çok bloğun güneybatı kesiminde yoğunlaşmıştır. Bu çalışmalarda, metamorfizma dört ana litolojik birime ayrılmıştır ve metamorfizmanın granitoidik intrüzyonlar tarafından kesildiği belirlenmiştir (Seymen, 1981; Tolluoğlu, 1986). Tolluoğlu (1990) ve Erkan (1981), kuzeydoğuya doğru, metamorfizma derecesinin arttığını belirtmişlerdir. Tolluoğlu (1990), bloğun üç plastik deformasyon evresiyle etkilendiğini belirterek, bunların kırılma evresiyle izlendiğini saptamış ve metamorfizma basınç koşullarının hemen hemen sabit olduğunu belirterek sıcaklığın kuzeye doğru yükseldiği bir metamorfik evrim önermiştir.

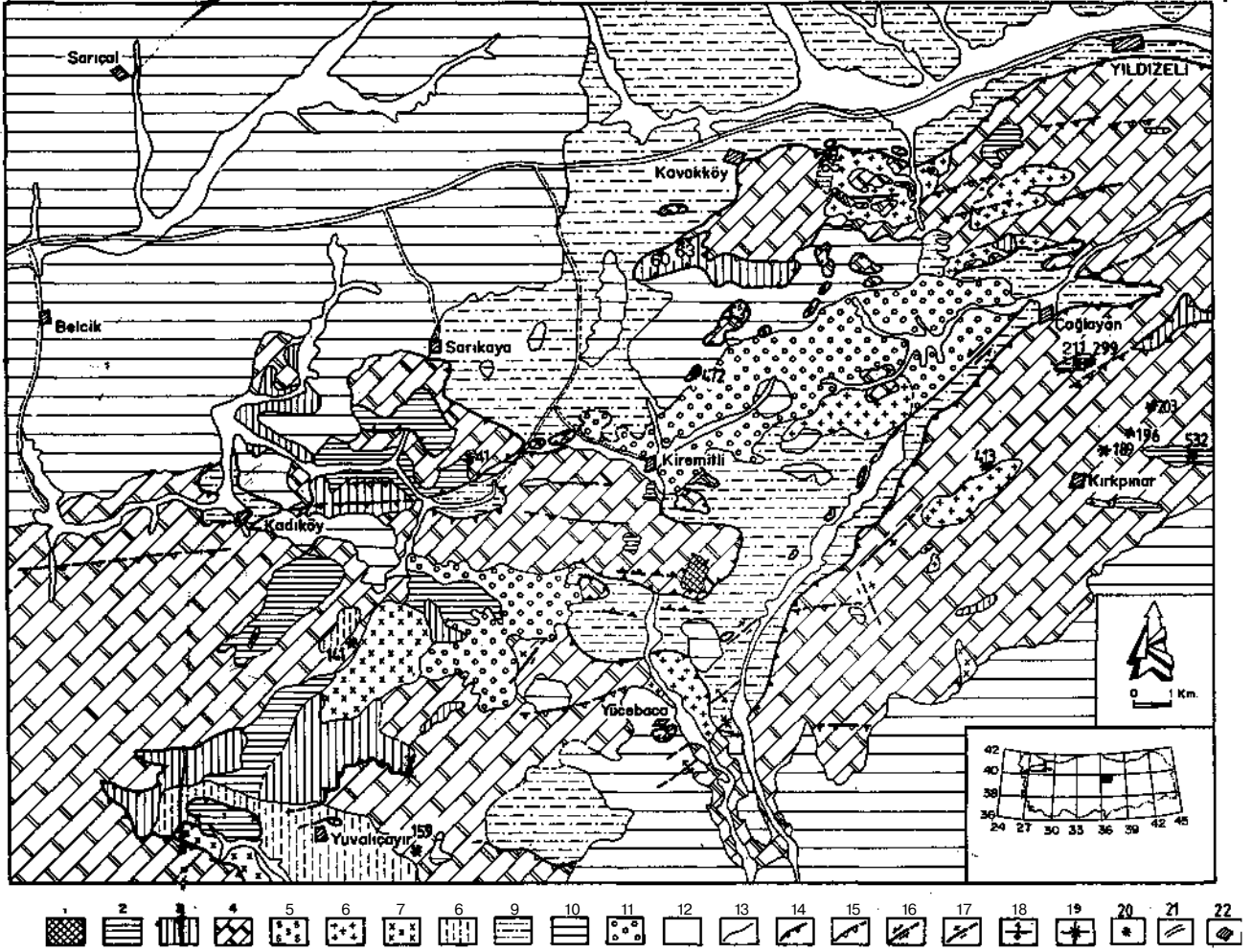
Bu çalışmada, Yıldızeli metasedimanter grubu içerisindeki Fındıcak metamorfiti'nde jeotermobarometre çalışmaları için uygun parajenezler içeren kayalarda yapılan çalışmalar sonucunda, bu birimde etkin olan metamorfizma basınç ve sıcaklık koşullarının belirlenmesi, bu birim içerisinde yer alan ve yeşil şist fasiyesi mineral parajenezlerine sahip kayalardan ayrılan muskovit ve biyotit minerallerinde K - Ar yöntemiyle son

tektono - termal olayın yaşının belirlenmesi amaçlanmıştır.

#### STRATİGRAFİ

İnceleme alanında yapılan çalışmalarda metamorfizma Yıldızeli metasedimanter grubu olarak adlandırılmış ve dört farklı litolojik birime ayrılmıştır (Alpaslan, 1993; Alpaslan ve diğ., 1995). Bu birimler; alttan üste doğru, pelitik gneys ve migmatitlerden oluşan Aşılık metamorfiti; pelitik ve kalsilikatik şist / gneyslerden oluşan Fındıcak metamorfiti; kuvarsitlerden ve kuvarşistlerden oluşan Pelitlikaya kuvarsiti ve tamamen mermerlerden oluşan Kadıköy metakarbonatıdır. Aşılık metamorfiti, Kadıköy metakarbonatının altında tektonik dokanakla yer almakta ve çok sınırlı bir alanda yüzeylenmektedir. Bu birimin diğer metamorfik birimlerle ilişkisi çalışma alanında gözlenmemektedir. Fındıcak metamorfiti, Kadıköy metakarbonatı ve yer yer de Pelitlikaya kuvarsitinin altında yer almaktadır. Fındıcak metamorfiti ile Kadıköy metakarbonatı arasındaki sınır yer yer geçişlidir. Ancak, yer yer de tektonik hareketlere bağlı olarak Kadıköy metakarbonatı bu sınır boyunca hareket etmiş olarak gözlenmektedir (Alpaslan, 1993). Pelitlikaya kuvarsiti, Fındıcak metamorfizmasının üzerine gelmektedir. Ancak çalışma alanında, Pelitlikaya kuvarsiti ile Kadıköy metakarbonatı arasında daima görülmemektedir. Ayrıca, Pelitlikaya kuvarsiti, Kadıköy metakarbonatının içerisinde breşik kuvarsitlerden oluşan mercerler halinde de yer almaktadır. Bütün bu birimleri granitik kayalardan oluşan Üst Kretase - Paleosen yaşlı Yücebaba granitoidi kesmektedir.

## FINDICAK METAMORFİTİNİN METAMORFİZMASI VE YAŞI

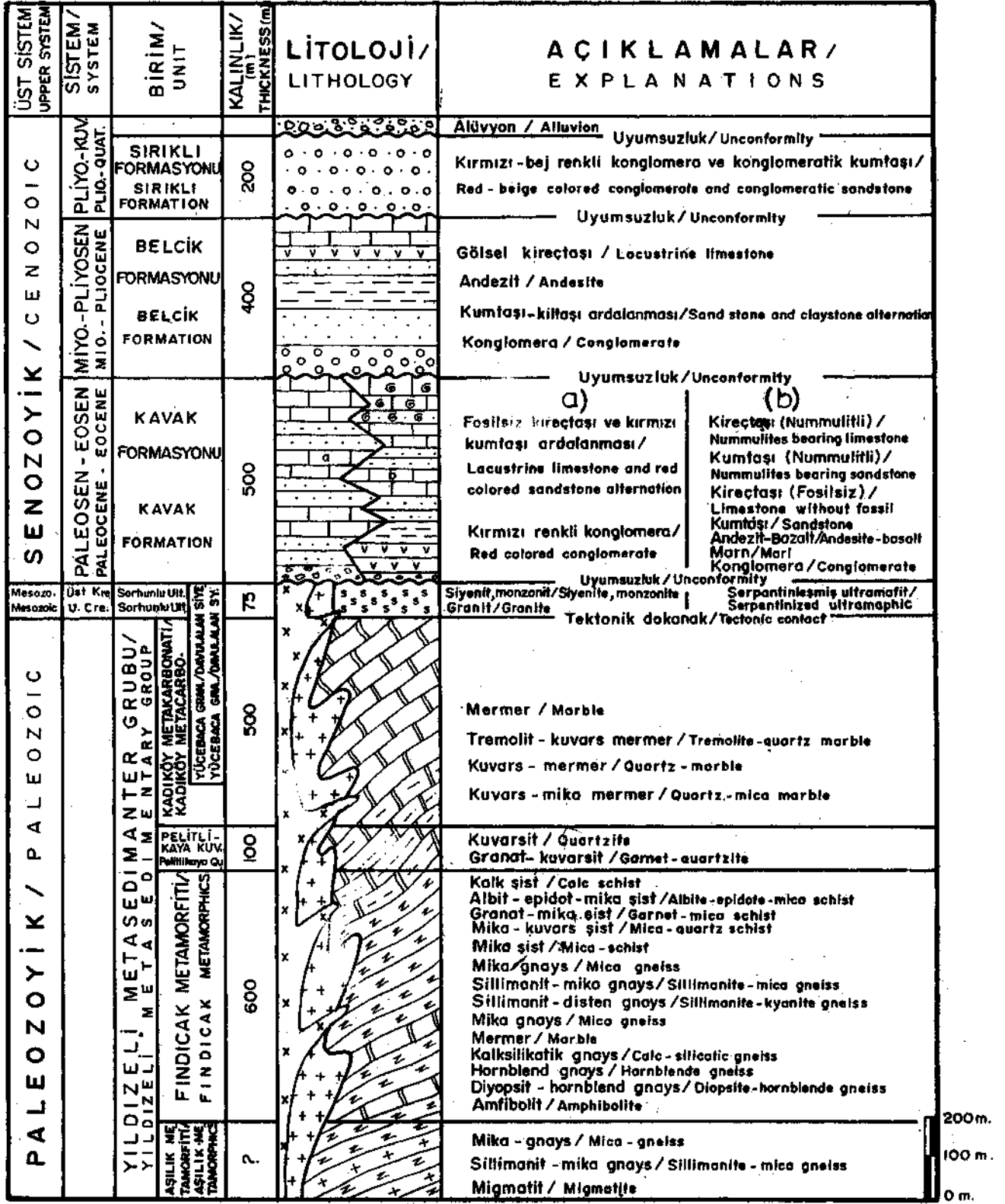


**Şekil 2.** Yıldızeli yöresinin jeoloji haritası. 1- Aşlıklı metamorfite; 2- Fındıcak metamorfite; 3- Pelitlikaya kuvarsiti; 4- Kadıköy metakarbonatı; 5- Sorhunlu ultramafiti; 6- Yücebaba granitoidi; 7- Davulalan siyenitoidi; 8- Yuvalıçayır üyesi; 9- Konaközü üyesi; 10- Belcik formasyonu; 11- Sırlıklı formasyonu; 12- Alüvyon; 13- Formasyon sınırı; 14- Bindirme; 15- Ters fay; 16- Doğrultu atımlı fay; 17- Normal fay; 18- Antiklinal eksen; 19- Senklinal eksen; 20- Ömek lokasyonu; 21- Yol; 22- Yerleşke (8 ve 9 Kavak formasyonunu oluşturmaktadır).

**Figure 2.** Geological map of the Yıldızeli region. 1- Aşlıklı metamorfite; 2- Fındıcak metamorfite; 3- Pelitlikaya quartzite; 4- Kadıköy metacarbonate; 5- Sorhunlu ultramafite; 6- Yücebaba granitoid; 7- Davulalan syenitoid; 8- Yuvalıçayır unit; 9- Konaközü unit; 10- Belcik formation; 11- Sırlıklı formation; 12- Alluvium; 13- Formation boundary; 14- Thrust fault; 15- Reverse fault; 16- Strike - slip fault; 17- Normal fault; 18- Anticline Axis; 19- Syncline Axis; 20- Sample location; 21- Road; 22- Settlement (8 and 9 comprises Kavak format ion).

(Şekil 2 ve Şekil 3). Davulalan siyenitoidi, yine tüm metamorfiteyi kesmekte ve ayrıca Yücebaba granitoidi içerisinde dayklar halinde izlenmektedir. Davulalan siyenitoidi, siyenit ve kuvars - siyenit bileşimli kayalar ile monzonit ve monzo - gabro bileşimli dayklardan oluşmaktadır. Paleosen - Eosen yaşlı Kavak formasyonu tüm bu birimleri uyumsuzlukla örtmektedir. Kavak formasyonu; Konaközü üyesi ve Yuvalıçayır üyesi olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Konaközü üyesi, konglomera, kumtaşı, marn ve kireçtaşlarından oluşmakta

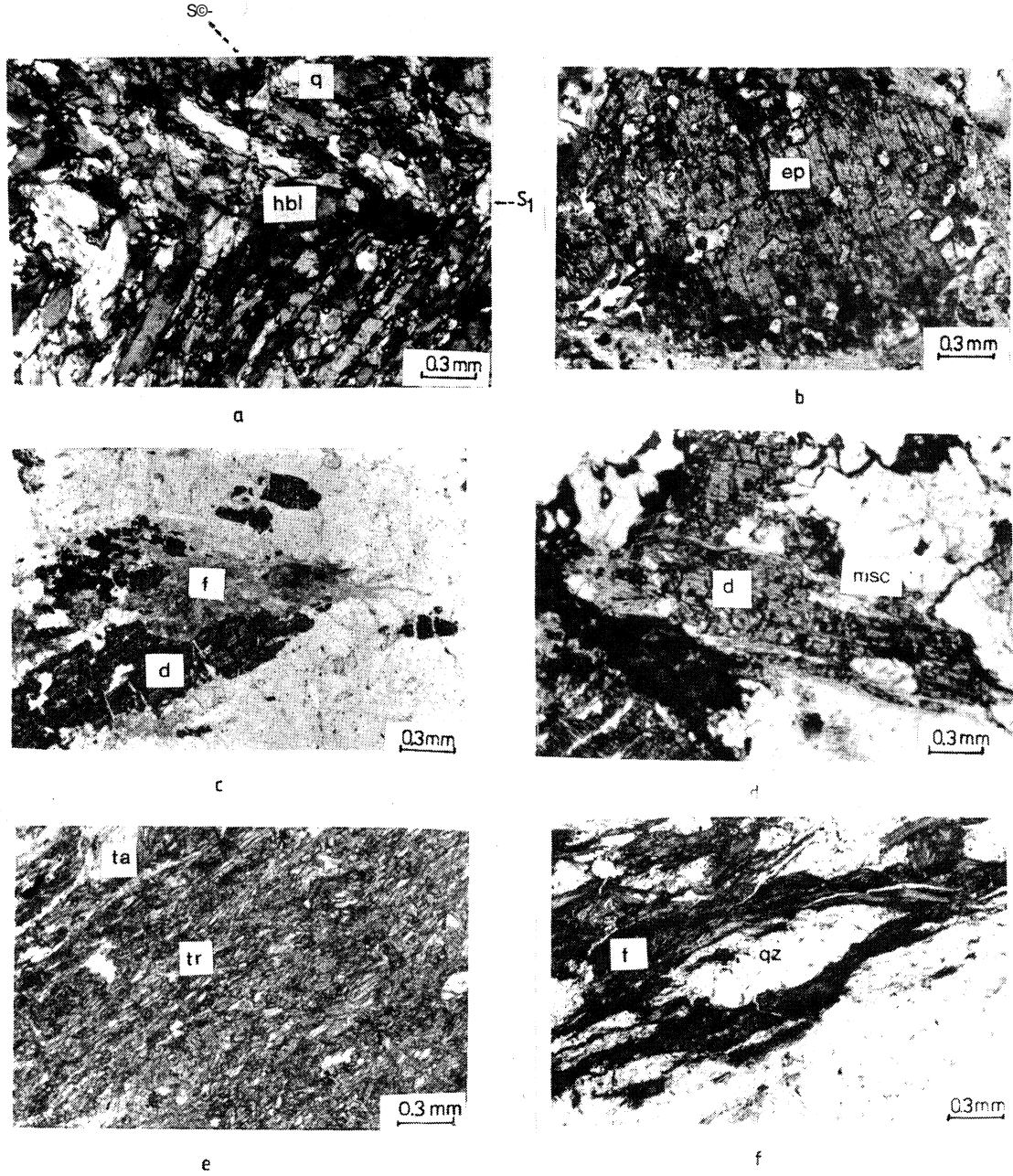
ve bazaltik ve andezitik lav akıntıları içermektedir. Konaközü üyesinde yapılan paleontolojik incelemeler, bu birime, Üst Paleosen - Lütesiyen yaşını vermiştir (Alpaslan, 1993). Yuvalıçayır üyesi ise kırmızı renkli konglomeralarla başlamakta ve kırmızı renkli kumtaşı - fosilsiz kireçtaşı ardalanmasından oluşmaktadır. Miyosen - Pliyosen yaşlı Belcik formasyonu, bu birimleri uyumsuzlukla örtmektedir. Belcik formasyonu, konglomera, kumtaşı ve gölsel kireçtaşından oluşmaktadır. Çalışma alanındaki en genç birim, kırmızı - bej renkli



Şekil 3. Yıldızeli yöresinin genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesiti.

Figure 3. Generalized stratigraphical columnar section of the Yıldızeli region.

## FINDICAK METAMORFİTİNİN METAMORFİZM AS I VE YAŞI



Şekil 4. a- Amfibolit örneğinin mikroskoptaki görünümü (So: ilksel foliasyon; S1: İkincil foliasyon; hbl: hornblend, Q: kuvars, Örnek no: MA -196, Tek nikol); b- Hornblend gnaysta post - tektonik epidot porfiroblastı (Ep: Epidot, Örnek no: MA - 189, tek nikol); c- Distenin (d) paramorfik olarak fibrolitik sillimanite (f) dönüşümü (d: dişten, f: fibrolite, Örnek no: MA - 203; tek nikol); d- Distenin (d) muskovite (msc) dönüşümü (d: dişten, msc: muskovit, Örnek no: MA - 203; tek nikol); e- Talk - tremolit şistin genel görünümü (ta: talk, tr: tremolit, Örnek no: MA - 532, tek nikol); f- Milonitik dokulu kısımlarda fibrolit gelişimi (f: fibrolite, q: kuvars, Örnek no: MA -159, tek nikol).

Figure 4. a- General appearance of the amphibolite (So: Primary foliation, S1: Secondary foliation, hbl: hornblende, Q: quartz, Sample no: MA -196, plane polarized light); b- Post - tectonic epidote occurrence in hornblende - gneiss (Ep: Epidote, Sample no: MA -189, plane polarized light); c- Paramorphically transformation of kyanite (d) into fibrolitic sillimanite (f) (d: kyanite, msc: muscovite, Sample no: MA - 203, plane polarized light); d- Transformation of kyanite (d) into muscovite (msc) (d: kyanite, msc: muscovite, Sample no: MA - 203, plane polarized light); e- General appearance of talc - tremolite schist (ta: talc, tr: tremolite, Sample no: MA - 532, plane polarized light); f- Fibrolite growth on the mylonitic zones (f: fibrolite, q: quartz, Sample no: MA -159, plane polarized light).

konglomeralardan oluşan Pliyo - Kuvaterner yaşlı Sırlıklı formasyonu'dur.

### FINDICAK METAMORFİTİNİN PETROGRAFİK ÖZELLİKLERİ

Fındıcak metamorfiti, başlıca amfibolit (Şekil 4a), biyotit - amfibolü, diyopsit - hornblend gnays, sillimanit - mika gnays, sillimanit - diştin gnays, mika gnays, granat - diştin mikaşist, kalsilikatik gnays ve kalsilikatik mermer türü kayaların yanı sıra, Kırşehir bloğu'nun üst kabuksal düzeyler yükselmesi sonucu gelişen retrograd kataklastik metamorfizma ile oluşan mikaşist, granat - mika şist, mika - kuvars şist, albit - mikaşist, kalkşist ve hornblend - epidot - kalkşist türü kayalardan oluşmaktadır.

Bu birimde, amfibolit fasiyesini (Turner, 1981) veya orta- yüksek dereceli metamorfizmayı (Winkler, 1979) belirten aşağıdaki parajenezler saptanmıştır: sillimanit + diştin + muskovit + ortoklaz + kuvars; sillimanit + muskovit + biyotit + ortoklaz + kuvars + plajiyoklaz; diyopsit + hornblend + plajiyoklaz + kuvars; hornblend + plajiyoklaz + kuvars; diyopsit + hornblend + kuvars + plajiyoklaz + skapolit + kalsit. Fındıcak metamorfisinde orta - yüksek dereceli metamorfizmayı belirten bu parajenezlerle birlikte yeşilşist fasiyesini belirleyen klorit, tremolit / aktinolit ve epidot minerallerinin retrogressif olarak geliştiği ve hatta yer yer post - tektonik olarak gelişen bazı epidotların porfiroblastlar halinde olduğu (Şekil 4b), distenin paramorfik olarak fibrolite (sillimanit) dönüşümü (Şekil 4c) ve distenin magmatik ve / veya metamorfik akışkanlar etkisiyle muskovite (Şekil 4d) dönüşümü belirlenmiştir. Ayrıca kalsilikatik gnaysın retrograd kataklastik metamorfizma ile talk - tremolit şiste dönüşümü (Şekil 4e) gibi özellikler de saptanmıştır.

### JEOTERMOMETRE

Fındıcak metamorfisinde etkin olan metamorfizma koşullarının belirlenmesi amacıyla, kayaç örneklerinde mineralojik bileşim ve minerallerin birbirleriyle dokanak ilişkileri de gözönüne alınarak jeotermobarometrik çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

Jeotermobarometrik çalışmalar, Museeum Naturelle (Paris - Fransa) Petroloji Laboratuvarında Camebax elektron probu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Analizler sırasında 15 kv elektriksel güç, 10 m A şiddet ve sayma için 20 saniyelik bir zaman kullanılmıştır. Minerallerin kenar ve çekirdek bileşimleri homojeniteyi kontrol etmek için belirlenmiştir. Seçilen kayaç örneklerinde yapılan çalışmalar sonucunda, MA - 472 nolu örnekte plajiyoklaz - hornblend, MA - 299 nolu örnekte granat - muskovit - biyotit - plajiyoklaz, MA - 413 nolu

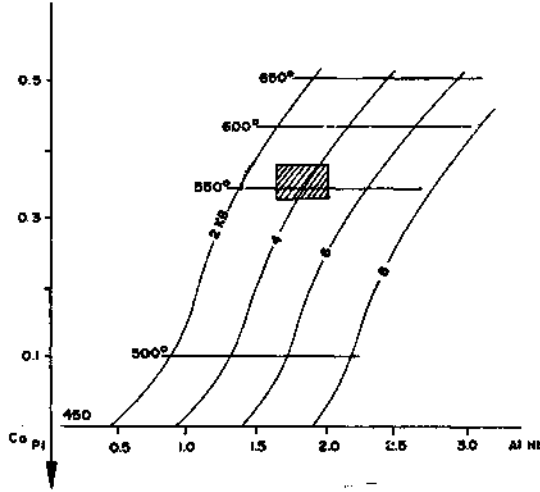
örnekte granat - muskovit - biyotit - plajiyoklaz - diştin ve MA - 141 nolu örnekte ise muskovit - biyotit - klorit ve granat - klorit - biyotit jeotermobarometre çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Sıcaklık Belirlemeleri: Birlikte oluşan granat ve biyotit mineralleri arasındaki dengelenme sıcaklığı. Ferry ve Spear (1978) ve Newton ve Haselton (1981) jeotermometre hesaplamalarına göre Fe - Mg değişimi kullanılarak hesaplanmıştır. Beraber oluşan klorit ve biyotit mineralleri arasındaki Fe - Mg değişimi de diğer bir termometre olarak (Dickenson ve Hewitt, 1986; Grambling, 1990) kullanılmıştır. Amfibolit türü kayalarda ise amfibollerdeki Al içeriği ve plajiyoklazlardaki Ca/Na + Ca oranı jeotermobarometre (Plyusnina, 1982) olarak kullanılmıştır.

Basınç Belirlemeleri: Metapelitik kayalarda yapılan çalışmalarda jeobarometre olarak; granat - Al - silikat - plajiyoklaz (GASP) jeobarometresi (Newton ve Haselton, 1981) - Al - silikat minerallerinin bulunmadığı topluluklarda granat - muskovit - biyotit - plajiyoklaz jeobarometresi (Ghent ve Stout, 1981) ve fenjit - klorit - biyotit jeobarometresi (Powell ve Evans, 1983) yöntemleri kullanılmıştır.

Plajiyoklaz - hornblend jeotermobarometresi: Plyusnina (1982) tarafından geliştirilen bu yöntemde, sıcaklığa bağlı olarak plajiyoklazlardaki Ca içeriğindeki değişim ve basınç - sıcaklık değişimi ile de Ca - amfibollerdeki  $Al_2O_3$  içeriğinin değişimi deneysel olarak belirlenerek jeotermobarometre olarak kullanılmaktadır. Plajiyoklazlardaki An içeriği düşey eksene, Ca - amfibollerdeki Al içeriği yatay eksene yerleştirilir (Şekil 5). izobarlar, P ve T'nin her ikisine bağlı olarak Ca - amfibollerdeki Al içeriğine göre, izotermeler ise plajiyoklazlardaki Ca içeriğine göre işaretlenmiştir. Sonuçta, birlikte oluşan Ca - amfiboller ve plajiyoklaz birleşimlerinin işaretlenmesi, onların denge P - T koşullarını belirtir. Bu jeotermobarometre metodunda, P (kbar) ölçümünde  $\pm 1$  kbarlık bir standart sapma ve T ( $^{\circ}C$ ) belirlemede ise  $\pm 10 - 15$   $^{\circ}C$ lik bir standart sapma sözkonusudur. Şekil 5'de görüldüğü gibi MA - 472 nolu örneği (Çizelge 1) etkileyen metamorfizma koşullarının 547 - 573  $^{\circ}C$  sıcaklık ve 2.64 - 5.0 kbar arasında olduğu görülmektedir.

Granat - biyotit - muskovit - plajiyoklaz - diştin jeotermobarometrisi: Granat, biyotit, muskovit, plajiyoklaz minerallerinin kimyasal bileşiminden hesaplanan parametreler yardımıyla P ve T hesaplamalarının yapıldığı bu yöntemde Newton ve Haselton (1981) ve Ferry ve Spear (1978) tarafından geliştirilen yöntemler kullanılmıştır. 413 nolu örnekte yapılan EMA sonuçları Çizelge 2'de görülmektedir.



Şekil 5. Hornblent! - plajiyoklaz jeotermobarometresi (Plyusnina, 1982; taralı alan, örnekten elde edilen sonuçları göstermektedir).

Figure 5. Hornblende - plagioclase geothermobarometry (Plyusnina, 1982; shaded area shows results obtained from this sample).

Çizelge 2'de verilen değerlerden hesaplanan basınç ve sıcaklık değerleri şunlardır:

Sıcaklık	Basınç
(Ferry ve Spear, 1978)	(Ghent ve Stout, 1981)
551- 489	5365-6770
(Newton ve Haselton, 1981)	
572 - 550	5560 - 7496
(Ferry ve Spear, 1981)	(Newton ve Haselton, 1981)
555-489	5240-7040

Burada da görüldüğü gibi her iki termometre hesaplaması sonucu Ghent ve Stout (1981)'e göre elde edilen jeobarometre değerleri birbirleriyle uyum içerisindedir. Newton ve Haselton (1981)'e göre elde edilen basınç değerleri de yukarıdaki sonuçlarla uyum içerisindedir.

**Granat - muskovit - biyotit - plajiyoklaz jeotermobarometresi yöntemi:** Bu yöntemde sıcaklık hesaplamaları Ferry ve Spear (1978)'e göre ve basınç hesaplamaları ise Ghent ve Stout (1981)'e göre yapılmıştır. EMA sonuçları Çizelge 3'de görülmektedir. Analiz edilen örnekten elde edilen değerler ilişkili formüllerde yerine konulduğunda hesaplanan P ve T değerleri şunlardır:

Sıcaklık (T°K)	Basınç (bar)
(Ferry ve Spear, 1978)	(Ghent ve Stout, 1981)
667 612	7505 8673
(Newton ve Haselton, 1981)	
680 622	7641 8796

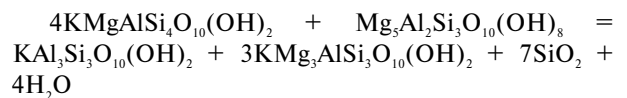
Çizelge 1. Amfibolit örneğindeki hornblend ve plajiyoklazlardan elde edilen EMA analiz sonuçları ve katyon değerler (Örnek no: MA - 472).

Table 1. SEM analyses of, and cation values for hornblendes and plagioclases from the amphibolite sample (Sample no: MA - 472).

Hornblendler/Hornblendes	1	2	4	6	7	9	12	13	
Oksit/Oxide									
K <sub>2</sub> O	0.77	1.09	0.95	0.80	1.23	0.82	1.32	1.06	
NiO	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.08	0.04	0.00	
Na <sub>2</sub> O	1.50	1.80	1.67	1.50	1.85	1.56	1.72	1.77	
CaO	11.53	11.87	11.79	11.83	11.62	11.51	11.59	11.71	
FeO	14.50	16.42	15.05	16.29	16.28	15.69	16.39	16.32	
MgO	12.45	11.18	12.02	12.55	11.00	11.89	11.19	11.18	
TiO <sub>2</sub>	0.65	1.10	0.68	0.64	0.94	0.58	0.66	0.72	
MnO	0.39	0.42	0.35	0.29	0.28	0.20	0.29	0.18	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9.08	10.82	9.73	9.35	11.20	9.84	10.18	11.05	
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.02	0.08	0.01	0.00	0.00	0.11	0.00	0.11	
SiO <sub>2</sub>	43.97	42.21	43.05	44.15	42.02	43.53	41.91	42.49	
H <sub>2</sub> O	1.96	1.97	1.95	1.99	1.96	1.97	1.93	1.97	
Toplam	96.82	98.95	97.39	99.38	99.38	97.77	97.22	98.56	
Total									
Katyonlar/Cations									
K	0.15	0.21	0.18	0.15	0.24	0.16	0.26	0.20	
Ni	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	
Na	0.44	0.52	0.49	0.43	0.54	0.45	0.51	0.52	
Ca	1.89	1.93	1.93	1.90	1.90	1.87	1.92	1.90	
Fe	1.85	2.08	1.92	2.04	2.07	1.99	2.12	2.07	
Mg	2.83	2.53	2.74	2.81	2.50	2.70	2.58	2.53	
Ti	0.07	0.12	0.07	0.07	0.10	0.06	0.07	0.08	
Mn	0.05	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.03	0.02	
Al	1.63	1.94	1.75	1.65	2.01	1.76	1.85	1.99	
Si	6.72	6.42	6.59	6.63	6.42	6.63	6.49	6.46	
OH	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
Top./Total	16.67	16.84	16.78	16.75	16.85	16.71	16.88	16.81	
Plajiyoklazlar/Plagioclases									
Oksit/oxide	3	5	10	11					
K <sub>2</sub> O	0.31	0.29	0.33	0.39	K	0.018	0.017	0.019	0.022
Na <sub>2</sub> O	6.91	6.64	7.11	7.22	Na	0.61	0.58	0.62	0.64
CaO	7.39	7.77	7.46	6.81	Ca	0.36	0.38	0.36	0.33
FeO	0.27	0.08	0.10	0.18	Fe	0.010	0.003	0.003	0.006
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	25.26	26.01	25.37	24.41	Al	1.36	1.39	1.36	1.32
SiO <sub>2</sub>	57.08	57.02	57.67	57.92	Si	2.62	2.60	2.62	2.66
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.05	0.08	0.10	0.11	Cr	0.001	0.003	0.003	0.003
Top./Total	97.36	98.08	98.18	97.16	Top.	5.00	4.99	5.01	5.00

Bu örnekte Ferry ve Spear (1978)'e jeotermometre ve Ghent ve Stout (1981)'e göre jeobarometre hesaplamaları yapılmıştır. Newton ve Haselton (1981) jeobarometre yöntemini kullanabilmemiz için kayaç içerisinde Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (sillimanit / dişten) mineralinin bulunması gerekmektedir.

**Granat - muskovit - biyotit - klorit ve muskovit - biyotit - klorit jeotermobarometresi:** MA- 141 nolu kuvarşist örneğinde yapılan incelemelerde kayacın mineralojik bileşimi granat - kuvarş - muskovit - biyotit - klorit - kuvarştan oluşmaktadır. Bu mineralojik bileşim aşağıdaki reaksiyonun gerçekleşmesine neden olabilmektedir:



muskovit (cel) + klorit = muskovit + biyotit + kuvarş + akışkan

Çizelge 2. MA - 413 nolu örnekten elde edilen EMA analiz sonuçları.

Table 2. SEM analyses of MA - 413.

Oksit/oxide	Biyotit Biotite		Muskovit Muscovite		Granat Garnet		Plajiyoklaz Plagioclase	
	19	17	2	11	9	14	4	5
SiO <sub>2</sub>	35.33	32.78	45.49	43.93	38.15	37.41	62.67	61.44
TiO <sub>2</sub>	1.71	1.46	0.64	0.58	0.00	0.00	0.11	0.00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	19.28	18.78	36.25	35.24	21.81	21.80	23.14	23.41
FeO	16.44	18.05	1.06	1.67	36.19	29.52	0.00	0.00
MnO	0.00	0.17	0.00	0.00	0.61	4.12	0.00	0.00
MgO	9.61	8.75	0.58	0.62	3.36	1.81	0.00	0.00
CaO	0.26	0.22	0.00	0.00	1.95	5.75	4.34	3.95
Na <sub>2</sub> O	0.21	0.12	0.96	0.96	0.00	0.00	9.02	8.77
K <sub>2</sub> O	8.94	8.85	10.63	10.35	0.00	0.00	0.10	0.13
Top./Total	91.78	89.18	95.61	93.95	102.07	100.41	99.38	97.70
tOX	4.655	4.887	3.993	4.108	9	10	2.672	2.714
<b>Kation/Cation</b>								
Si	5.505	5.328	6.046	6.002	5.992	5.968	2.785	2.775
Ti	0.199	0.178	0.064	0.059	0.001	0.002	0.003	0.000
Al	3.520	3.598	5.678	5.675	4.038	4.098	1.212	1.246
Fe	2.129	2.453	0.118	0.191	4.754	3.938	0.000	0.000
Mn	0.002	0.024	0.000	0.000	0.080	0.556	0.003	0.000
Mg	2.220	2.120	0.115	0.116	0.786	0.430	0.000	0.000
Ca	0.042	0.038	0.000	0.000	0.328	0.983	0.206	0.191
Na	0.062	0.038	0.246	0.267	0.004	0.000	0.777	0.768
K	1.767	1.835	1.801	1.804	0.000	0.000	0.005	0.007
Top./Total	17.44	17.62	16.07	16.12	15.98	15.97	4.991	4.987

Çizelge 3. MA - 299 nolu örnekten elde edilen Ema analiz sonuçları.

Table 3. SEM analyses of MA - 299.

Oksit Oxide	Biyotit Biotite		Plajiyoklaz Plagioclase		Muskovit Muscovite		Granat Garnet	
	29	26	5	23	32	28	1	11
SiO <sub>2</sub>	35.37	36.97	65.95	65.46	44.19	45.43	35.90	38.48
TiO <sub>2</sub>	1.14	1.67	0.00	0.00	0.55	0.54	0.00	0.04
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18.11	20.22	19.61	19.25	33.60	34.08	20.63	22.45
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00
FeO	13.13	11.94	0.25	0.00	2.49	2.70	15.13	15.98
MnO	0.68	0.65	0.09	0.11	0.13	0.14	21.65	21.33
MgO	13.33	13.97	0.00	0.00	0.77	0.81	3.22	3.35
CaO	0.11	0.00	0.63	0.50	0.00	0.00	0.73	1.16
Na <sub>2</sub> O	0.15	0.00	10.79	10.72	0.52	0.50	0.00	0.00
K <sub>2</sub> O	10.02	9.64	0.18	0.18	10.89	10.70	0.00	0.00
Top./Total	92.04	95.21	97.50	96.22	92.62	94.61	97.26	102.79
tOX	4.637	4.410	2.699	2.729	4.146	4.076	10	9
<b>Kation/Cation</b>								
Si	2.729	2.713	2.962	2.974	3.049	3.055	5.948	5.982
Al <sup>IV</sup>	1.271	1.287	0.00	0.00	0.951	0.945	0.00	0.00
Al <sup>VI</sup>	0.376	0.462	1.038	1.031	1.782	1.780	4.029	4.114
Cr	0.000	0.009	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	0.000
Fe <sup>2+</sup>	0.847	0.733	0.009	0.000	0.144	0.153	2.097	2.078
Mn	0.044	0.040	0.003	0.004	0.008	0.008	3.036	2.806
Mg	1.533	1.528	0.000	0.000	0.079	0.082	0.795	0.776
Ca	0.009	0.000	0.030	0.024	0.000	0.000	0.130	0.194
Na	0.022	0.000	0.940	0.944	0.070	0.066	0.000	0.000
K	0.986	0.903	0.010	0.010	0.959	0.926	0.000	0.000
Ti	0.066	0.092	0.000	0.000	0.029	0.028	0.000	0.005
Top./Total	7.883	7.767	4.992	4.987	7.070	7.049	16.035	15.955

Çizelge 4. MA -141 nolu örnekten elde edilen EMA analiz sonuçları.

Table 4. SEM analyses of MA -141.

Oksit/oxide	Biyotit/Biotite			Klorit/Chlorite		Muskovit/Muscovite	
	23	18	19	10	7	9	19
SiO <sub>2</sub>	36.52	40.66	30.29	38.03	38.68	46.50	45.27
TiO <sub>2</sub>	0.97	0.28	0.13	0.03	0.06	0.11	0.36
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.42	29.47	18.48	31.17	33.08	33.57	31.8
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.97	0.28	0.13	0.00	0.00	0.00	0.07
FeO	10.14	5.05	13.48	5.72	2.15	1.99	2.43
MnO	0.34	0.28	0.35	0.23	0.06	0.33	0.07
MgO	15.54	7.00	19.40	10.86	4.80	1.25	1.10
CaO	0.00	0.10	0.50	0.41	0.18	0.00	0.02
Na <sub>2</sub> O	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	1.12
K <sub>2</sub> O	9.40	5.83	1.50	0.01	0.02	2.30	9.63
Top./Total tOX	90.63	88.67	84.33	86.42	78.23	92.24	91.93
	4.60	4.93	4.88	5.50	5.84	4.07	4.17
<b>Kation/Cation</b>							
Si	2.79	2.93	2.46	3.48	3.76	3.15	3.14
Al <sup>IV</sup>	1.20	1.06	1.54	0.51	0.23	0.84	0.83
Al <sup>VI</sup>	0.37	1.43	0.22	2.84	3.55	1.84	1.74
Fe <sup>2+</sup>	0.65	0.30	0.91	0.43	0.17	0.17	0.14
Mn	0.022	0.017	0.024	0.018	0.005	0.019	0.004
Mg	1.77	0.75	2.34	1.48	0.58	0.12	0.11
Ca	0.00	0.008	0.044	0.04	0.019	0.00	0.001
Na	0.045	0.00	0.00	0.00	0.00	0.157	0.151
K	0.919	0.536	0.153	0.001	0.002	0.632	0.853
Ti	0.056	0.015	0.008	-	-	-	-
Cr	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.004
Top./Total	7.84	7.07	7.72	8.83	8.33	6.89	7.03

LnK = 11.4529 - 11.4338

Muskovit - biyotit - klorit jeotermobarometre yönteminde (Powell ve Evans, 1983) elde edilen analiz sonuçlarından gidilerek hesaplanan Ln K değeri ilişkili diyagrama yerleştirilerek kayacın uğramış olduğu metamorfizma basınç ve sıcaklık koşulları saptanır (Şekil 6). Şekil 6'ya bakıldığında analiz edilen kayaç örneğinde saptanan reaksiyonun denge koşullarının 2.0 - 5.0 kbar basınç ve 475 - 700°C sıcaklıkta gerçekleştiği görülmektedir.

Granat - klorit - muskovit - biyotit minerallerinden elde edilen mineral kimyası analizi sonuçlarından hesaplanan parametreler yardımıyla metamorfizma sıcaklığının hesaplanması için şu formüllerde ilişkili değerler yerine konularak termometre değeri hesaplanır:

$$T^{\circ}\text{C} = 516 \text{ (Newton ve Haselton, 1981)}$$

$$TC = 482 - 562 \text{ (Ferry ve Spear, 1978)}$$

$$T^{\circ}\text{C} = 440 - 501 \text{ (Dickinson and Hewit, 1986)}$$

$$T^{\circ}\text{C} = 453 - 501 \text{ (Grambling, 1990)}$$

Yukarıdaki değerler kullanılarak Ghent ve Stout (1981) ve Newton ve Haselton (1981) hesaplama metoduna göre elde edilen jeobarometre değerleri şunlardır:

$$P(\text{kbar}) = 4.8 - 5.2 \text{ (Ghent ve Stout, 1981)}$$

$$P(\text{kbar}) = 5 - 5.3 \text{ (Newton ve Haselton, 1981)}$$

## K - Ar JEOKRONOLOJİSİ

İnceleme alanından derlenen örneklerden K - Ar yöntemiyle jeokronolojik yaş tayini yapılabilecek kayalardan muskovit ve biyotit mineralleri manyetik ayırma ve yoğunluklara göre (ağır sıvılar) ayırma yöntemleriyle ayrılmıştır. Bu mineral örnekleri dikkatli bir



## FINDICAK METAMORFİTİNİN METAMORFİZMASI VE YAŞI

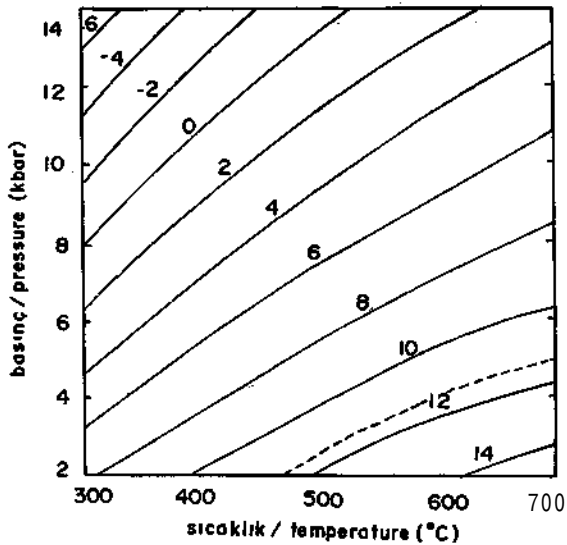
şekilde incelendikten sonra alterasyon gösteren örnekler elenmiş ve muskovit ve biyotit minerallerinden K - Ar yöntemiyle yaş tayini yapılmıştır. K - Ar yöntemiyle jeokronolojik yaş tayininde mineralin oluşumu anında hiçbir radyojenik Argon'un bulunmadığı, Potasyum'un radyoaktif bozunmasıyla oluşan Argon'un kaçmadığı ve mineralin oluşumundan hemen sonra Argon'a kapalı bir sistem haline geldiği varsayımları kabul edilmektedir (Fauer, 1986). Bu varsayımlar, K-Ar yöntemiyle yapılan yaş tayinlerinde elde edilen yaşın mineraldeki Argon'un son dengelenme yaşı olacağını göstermektedir. Dolayısıyla bu yaş, minerali etkileyen son tektono - termal olayın yaşını verecektir.

K - Ar yöntemiyle minerallerden elde edilen yaşlar aşağıda verilmiştir:

MA-41	Muskovit-kuvarşist	Muskovit	71.8±2.3 my
MA-65	Mikaşist	Muskovit	74.311.8 my
MA-211	Mikaşist	Muskovit	77.711.8 my
MA - 60	Kalkşist	Biyotit	72.312.1 my
MA-63	Kalkşist	Biyotit	68.111.8 my

### SONUÇLAR VE TARTIŞMA

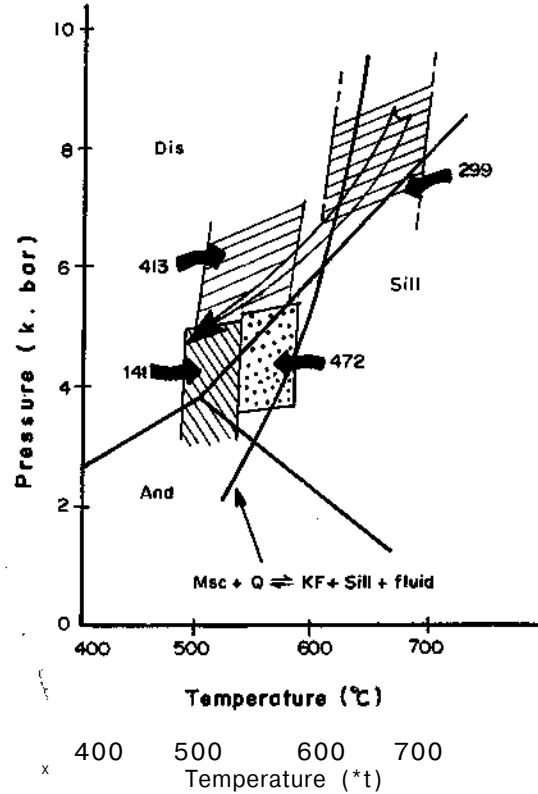
Yıldızeli metasedimanter grubu içerisindeki Fındıcak metamorfite yapılan jeotermobarometre çalışmalarında elde edilen sonuçlar P - T diyagramına aktarıldığında (Şekil 7) analiz edilen örneklerden elde edilen koşulların diğten - sillimanit eğrisi üzerinde 4 kbar'dan 8 kbar'a kadar değişen bir aralıkta değiştiği



Şekil 6. Metin içerisinde verilen reaksiyon için LnK değerleri ve basınç - sıcaklık diyagramı (Powell ve Evans, 1983).

Figure 6. LnK values for reactions given in the paper and pressure - temperature diagram (Powell and Evans, 1983).

görülmektedir. İnce kesitlerdeki gözlemlerden distenin ilk evre ürünü olduğu ve sillimanit gelişimiyle izlendiği belirlenmiştir. Ayrıca analiz edilen MA - 413 nolu örnekte distenin beyaz mikaya dönüşümü de izlenmektedir. Hesaplanan basınç aralığı içerisinde, sıcaklık üst limiti muskovit + kuvars = K - feldispat + sillimanit + su reaksiyonuyla belirlenmektedir. Şekil 7'de inceleme alanı için basitleştirilmiş P - T yolu gösterilmektedir. Şekil 7'ye bakıldığında ilk metamorfik evrenin oldukça yüksek bir basınç evresiyle (M1) belirlendiği görülmektedir. Metamorfitlerin sıg kabuksal düzeylere yükselmesi sırasında oluşan dekompresyon ise metamorfitlerde retrogresyona (M3) neden olmuştur. Jeotermobarometre çalışmalarından elde edilen sonuçlar, mineralojik - petrografik çalışmalardan elde edilen sonuçlarla karşılaştırıldığında; inceleme alanında yüksek basınç metamorfizmasını belirleyen mineral parajenezlerinin bulunduğu görülmektedir. Bu örneklerde gözlenen diğten mineralinin daha sonra fibrolit (sillimanit) mineraline



Şekil 7. Analiz edilen örneklerden elde edilen basınç ve sıcaklık değerlerini gösteren basınç - sıcaklık diyagramı. Alüminyum - silikat üçlü noktası Holdaway (1971)'den alınmıştır. İçi boş ok, olası P - T yolunu gösterir.

Figure 7. Pressure - temperature diagram showing pressure and temperature values obtained from analyzed samples. Aluminium silicate triple point from Holdaway (1971). Open arrow shows a possible P - T trajectory.

paramorfik olarak dönüşümü, sıcaklığın yükselmesini (M2) belirtmektedir (bkz. Kerrick, 1990). Bu veriler; inceleme alanında gözlenen metamorfiteğin ilksel olarak amfibolit fasiyesinin yüksek basınç koşullarında metamorfizmaya (M1) uğradığını ve bu evrenin sıcaklık yükselmesiyle (M2) izlendiğini belirtmektedir. Bu sıcaklık yükselimi ise inceleme alanında yaygın olarak gözlenen ve Üst Kretase - Paleosen yaş aralığında yerleşmiş olan granitoidik intrüzyonların varlığıyla belirlenmektedir. Nitekim, bu intrüzyonlara bağlı olarak gelişen çözeltilerin kayaç içerisindeki milonitik dokulu kısımlarda fibrolit (Şekil 4f) minerallerinin oluşumuna neden olduğu saptanmıştır. Metamorfiteğin sıg kabuksal düzeylere yükselmesini sağlayan tektonik aktiviteler ve bu aktivitelere bağlı olarak gelişen dekompresyon (M3) ise inceleme alanında gözlenen ve yeşilşist fasiyesi mineral parajenezlerini içeren kayaç gruplarının oluşumuna neden olmuştur.

Fındıcak metamorfiteğindeki mikaşist ve kalkıştlerden ayrılan muskovit ve biyotit minerallerinin K - Ar jeokronolojik yaş belirlemeleri, son argon dengelenmesinin Santoniyen - Maestrihtiyen (Üst Kretase) aralığında gerçekleştiğini göstermektedir. Çalışma alanının jeolojik konumu ve yörede gözlenen granitoidik intrüzyonlar gözönüne alındığında; tektonik aktivitelerin ve intrüzyonlardan kaynaklanan sıcaklık yükseliminin muskovit ve biyotit minerallerindeki argon dengesini kolaylıkla bozabilmesi nedeniyle, elde edilen bu yaşların en son tektono - termal aktivitenin yaşı olduğu kabul edilmiştir. İnceleme alanında yüzeyleyen metamorfiteğinin Üst Kretase - Paleosen yaşlı olarak kabul edilen (Tatar, 1977; Yılmaz, 1980) ofiyoitik birimin (Sorghunlu ultramafiti) üzerine bindirmiş olarak gözlenmesi (Alpaslan, 1993). Tersiyer yaşlı birimlerin içerisinde bu metamorfik birimlere ait çakılların bulunması ve Kırşehir yöresinde yapılan çalışmalarda metamorfiteğinin yaşının en azından Mesozoyik öncesi olduğunun belirlenmesi (Erkan, 1975; Tolluoğlu, 1986, 1990) nedeniyle saptanan bu yaşların son metamorfizma yaşı olabileceğini göstermektedir. Derlenen metamorfik kayaç örneklerinde yapılan petrografik çalışmalarda, metasedimentlerin yükselimi (uplift) ile ilgili retrograd metamorfizma izlerinin yanısıra, bu metamorfiteği kesen intrüzyiflerin yol açtığı termal etkiler de gözlenmiştir (Alpaslan, 1993). Bu nedenle, elde edilen bu K - Ar yaşlarının, Kırşehir bloğunun (Görür ve diğ., 1984; Poisson, 1986) veya Orta Anadolu kristalin kırımaşığının (Göncüoğlu ve diğ., 1991; Akıman ve diğ., 1993; Göncüoğlu ve Türeli, 1994) yükselimi ile ilgili son tektono - termal olayların yaşlan olabileceği gibi, intrüzyif kütlelerin yol açabileceği son termal etkilerin yaşlan olabileceği de düşünülmektedir. Diğer taraftan, Erkan ve Ataman (1981) tarafından Kırşehir yöresindeki metamorfik ka-

yaçlarda K - Ar yöntemiyle elde edilen benzer yaşlar da intrüzyif kütlelerin yol açabileceği termal etkinin yaşı olarak yorumlanmıştır. Bu konunun daha ayrıntılı bir şekilde incelenebilmesi için, K - Ar radyometrik yaş tayini yönteminin yanısıra, Ar<sup>40</sup>/Ar<sup>39</sup> yönteminin de kullanılması önerilmektedir.

#### KATKI BELİRTME

Bu çalışma TÜBİTAK - Yerbilimleri Araştırma Grubu tarafından YBAG - 0022 nolu Araştırma Projesi olarak desteklenmiştir.

#### DEĞİNİLEN BELGELER

- Akıman, O., Erler, A., Göncüoğlu, C., Güleç, N., Geven, A., Türeli, T.K. ve Kadioğlu, Y.K., 1993, Geochemical characteristics of granitoids along the western margin of the Central Anatolian Crystalline Complex and their tectonic implications. In: Keeling, G., Park, R.G. and Rowbotham (eds): Aspects of the Geology of Turkey, Geological Journal, 28, 371 - 382.
- Alpaslan, M., Guezou, J.C., Poisson, A. ve Boztuğ, D., 1991, Structure, kinematic and timing of the Eastern Kırşehir Thrust Complex, EUG - V, Terra Abstracts, 3, 269.
- Alpaslan, M., 1993, Yıldızeli Yöresi (Sivas batısı) metamorfiteğinin Petrolojik incelemesi, C.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 359 s., Sivas (yayınlanmamış).
- Alpaslan, M., Guezou, J.C. ve Boztuğ, D., 1995, Structural and Metamorphic features of the Easternmost part of the Kırşehir Block, Second International Turkish Geology Workshop, Sivas, Abstracts, p. 12.
- Dickenson, M.P. and Hewitt, D.A., 1986, A garnet - chlorite geothermometer, Geol. Soc. Am. Bull, Abstract Program., 18, 584.
- Durr, S.T., Altherr, R., Keller, J., Okrusch, M. and Seidel, E., 1978, The Median Aegean Crystalline Belt: stratigraphy, structure, metamorphism, magmatism. In: Closs, H., Rolder, D. and Schmidt, K. (Eds): Alps, Apennines, Hellenides, Inter - Union Comm. Geodyn. Sci. Rep., 38,455 - 477.
- Erkan, Y., 1975, Orta Anadolu Masifinin Güneybatısında (Kırşehir bölgesinde) etkili rejyonal metamorfizmanın petrolojik incelenmesi: H.Ü. Yerbilimleri Enstitüsü, Doçentlik Tezi, Ankara, 147 s. (Yayımlanmamış).
- Erkan, Y., 1981, Orta Anadolu Masifinin Metamorfizması üzerine yapılmış çalışmalarda varılan sonuçlar: TJK 35. Bilimsel ve Teknik Kurultayı "İç Anadolu'nun Jeolojisi Sempozyumu". 9-11.
- Erkan, Y. ve Ataman, G., 1981, K - Ar metoduyla Orta Ana-

## FINDICAK METAMORFİZİNİN METAMORFİZMASI VE YAŞI

- dolu Masifinin (Kırşehir bölgesi) metamorfizma yaşı üzerine çalışma, H.Ü. Yerbilimleri, 8, 27 - 30.
- Faure, G., 1986, Principles of isotope geology, New York, Wiley, 578 pp.
- Ferry, J.M. and Spear, F.S., 1978, Experimental calibration of the partitioning of Fe and Mg between biotite and garnet. Contr. Mineral. Petrol, 66, 113-117.
- Ghent, E.D. and Stout, M.Z., 1981, Geobarometry and geothermometry of plagioclase - biotite - garnet - muscovite assemblages, Contr. Mineral. Petrol, 76, 113 - 117.
- Göncüoğlu, C, Toprak, G.M.V., Kuşçu, L, Erler, A. and Olgun, E., 1991, Geology of the western part of the Central Anatolian Massifs, Part I: Southern part, Middle East Technical University (METU) - Turkish Petroleum Corporation (TPAO) Project Report, 140 pp. (Yayınlanmamış).
- Göncüoğlu, C. ve Türeli, T.K., 1994, Alpine collisional - type granitoids from western Central Anatolian Crystalline Complex, Journal of Kocaeli University, 1, 39 - 46.
- Görür, N., Oktay, F.Y., Seymen, I. ve Şengör, A.M.C., 1984, Paleo - tectonic evolution of the Tuzgölü Basin complex, Central Turkey: Sedimentary record of a Neo - Tethys closure. In: J.E. Dixon and A.H.F. Robertson (eds): The geological evolution of the Eastern Mediterranean. Spec. Publ. Geol. Soc. London, 17, 455 - 466.
- Grabling, J.A., 1990, Internally consistent geothermometry and H<sub>2</sub>O barometry in metamorphic rocks; the example garnet - chlorite - quartz. Contr. Mineral. Petrol, 105, 617 - 628.
- Holdaway, M.J., 1971, Stability of the andalusite and aluminium silicate phase diagram. Am. J. Sci., 271, 97 - 131.
- Kerrick, D.M., 1990, The Al<sub>2</sub>SiO<sub>5</sub> polymorphs, Reviews in Mineralogy, Mineralogical Soc. of America, v. 22, 406 s.
- Koçyiğit, A., 1991, An example of an accretionary forearc basin from northern Central Anatolia and its implications for the history of subduction of Neo - Tethys in Turkey, Geol. Soc. Am. Bull., 103, 22 - 36.
- Newton, R.C. and Haselton, H.T., 1981, Thermodynamics of the garnet - plagioclase - Al<sub>2</sub>SiO<sub>5</sub> - quartz geobarometers. In: Newton, R.C, Navrotsky, A., Woods, B.J. (eds), Thermodynamics of Minerals and Melts. Springer, Berlin - Heidelberg - New York., 131 -147.
- Plyusnina, L.P., 1982, Geothermometry and geobarometry of plagioclase - hornblende bearing assemblages. Contrib. Mineral. Petrol., 80, 140 - 146.
- Poisson, A., 1986, The Anatolian micro - continent in the Eastern Mediterranean context, The Neo - Tethyan oceanic troughs. Science de la Terre Memoirs, 47, 311 -318.
- Powell, R. and Evans, J.A., 1983, A new geobarometer for the assemblage biotite - muscovite - chlorite - quartz. J. Metam. Geol., 1,331-336.
- Seymen, I., 1981, Kaman (Kırşehir) dolayında Kırşehir Masifinin stratigrafisi ve metamorfizm aşısı, TJK Bült., 24, 101 - 108.
- Şengör, A.M.C., Yılmaz, Y. ve Sungurlu, O., 1985, Tectonic of the Mediterranean Cimmerides: nature and evolution of the western termination of the Paleo - Tethys. In: J.E. Dixon and A.H.F. Robertson (eds): The geological evolution of the eastern mediterranean. Geol. Soc. London, Spec. Publ., 17, 77 -112.
- Tatar, Y., 1977, Ofiyolitli Çamhbel (Yıldızeli) yöresinin stratigrafisi ve petrografisi, MTA Dergisi, 88, 56 - 72.
- Tolluoğlu, A.Ü., 1986, Orta Anadolu Masifinin güneybatısında (Kırşehir yöresinde) petrografik ve petroteknik incelemeler, H.Ü. Fen Bilimleri Entitüsü, Doktora tezi, Ankara, 237 s., 8 ek (Yayınlanmamış).
- Tolluoğlu, A.Ü., 1990, Orta Anadolu Masifi Kırşehir Metamorfizmasının (Kırşehir kuzeybatısı) petrolojik incelenmesi, C.Ü. Müh. Fak. Dergisi, Seri - A, Yerbilimleri, 6 - 7, 3 - 25.
- Turner, F.J., 1981, Metamorphic petrology: mineralogical, field and tectonic aspects. New York: McGraw Hill. 524.
- Yılmaz, A., 1980, Tokat ile Sivas arasındaki bölgede ofiyolitlerin kökeni, iç yapısı ve diğer birimlerle ilişkisi. A.Ü. Fen Fak. Jeoloji Kürsüsü, Doktora Tezi, 136 s. (Yayınlanmamış).
- Winkler, H.G.F., 1979, Petrogenesis of Metamorphic Rocks, Springer - Verlag, New York, 348 s.

Makalenin geliş tarihi: 05.11.1994.

Makalenin yayına kabul tarihi: 12.02.1996.

Received November 5, 1994.

Accepted February 12, 1996.

