

## AKDAĞMADENİ MASIFI METAMORFİTLERİ, YUKARIÇULHALI-BAŞÇATAK KESİMİNİN PETROLOJİK ÖZELLİKLERİ

M Bahadır ŞAHİN\* ve Yavuz ERKAN\*

ÖZ.- Akdağmadeni masifi üzerinde yer alan inceleme alanındaki metamorfiter genel olarak metapelitler, yarı-metapelitler, metapsamitler ve metakarbonatlardan oluşan metasedimanter bir istif niteliğindedir. Bu kayaç gruplarından özellikle metapelitlerin petrolojik yorumlamalara ışık tutabilecek mineral parajenezlerine sahip oldukları saptanmıştır. Çeşitli şist ve gnays türlerinden oluşan bu birimlerden derlenen örneklerin petrografik incelemeleri sonucunda çalışma alanında, biyotit-t-granat (almandin) parajenez ile tipik olan I metamorfizma zonu, stavrolit+disten ve sillimanit-disten parajenez ile tipik olan II metamorfizma zonu varlığı tespit edilmiş, tüm mineral toplulukları değerlendirilerek petrojenetik yorumlamalara gidilmiş ve metamorfizmanın tek evreli progresif nitelikli dinamotermal-rejyonel metamorfizma olduğu ortaya konulmuştur.

### GİRİŞ

inceleme alanının yer aldığı Akdağmadeni masifi metamorfitleri, kuzeyde Yozgat, Akdağmadeni ve Sivas, güneyde Çayıralan, doğuda Yıldızeli ve batıda Hasbek'e kadar uzanan oldukça büyük bir alanda yayılım gösterirler (Şek. 1). Çalışma alanı Akdağmadeni ilçesinin yaklaşık 30 km, güneydoğusunda yer almakta ve masifin merkezine karşılık gelmektedir (Şek. 2).

Orta Anadolu kristalin temelinin kuzeydoğu kesimini oluşturan Akdağmadeni metamorfiteri dinamotermal rejyonel metamorfizmanın etkisinde kalan metasedimanter bir istif niteliğini taşımaktadır.

Egemen litolojiler metapelitler, amfibolitler, metapsamitler ve metakarbonatlar ile bu metamorfik istifi kesen çeşitli intruziflerden oluşmaktadır. Deformasyondan yoğun olarak etkilenen inceleme alanında, elde edilen petrolojik bulgularla metamorfizmanın gelişimi ortaya konulmuş, mineral parajenezlerine dayanılarak iki metamorfizma zonu varlığı belirlenmiştir.

Akdağmadeni yöresinde, metamorfik birimler üzerinde ilk incelemeler Pollak (1958) tarafından yapılmış ve metamorfik kütle en altta kuvarsit, mermer, mika-gnays gibi kayaçlardan oluşan bir "Temel serisi", bunun üzerinde uyumsuz olarak bulunan bir "Mermer serisi" ve en üstte de mika-şist, mika-kuvarsit şeklinde bir "Tavan serisi" olarak üç seriye ayrılmıştır. Vache (1962), buna bağlı olarak yaptığı

çalışmada temel serisinin mezo-katazonal koşullar altında bir metamorfizmaya uğradığını, daha sonra bu seri üzerine transgresif olarak gelen orta ve tavan serilerinin epizonal koşullar altında bölgesel bir metamorfizmaya uğradığını belirtmektedir.

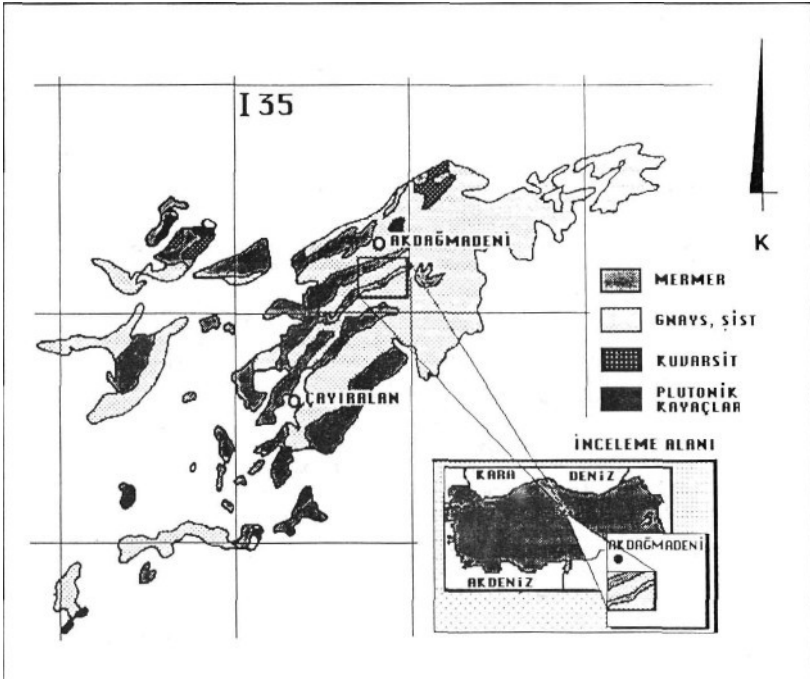
Ketin (1959; Ketin 1983'den) tarafından yapılan 1:100 000 ölçekli jeoloji haritasında metamorfik birimler gnays ve mika-şistler ile mermer ve kalkıştiller olmak üzere iki seriye ayrılmıştır.

Erkan (1975), saptadığı sillimanit+ortoklaz ve disten+stavrolit topluluklarına dayanarak, bölgede Kırşehir yöresindeki etkili metamorfizma basıncından daha yüksek basınç koşullarının etkili olduğunu belirtmektedir. Erkan (1980), saptadığı petrolojik verilere dayanarak metamorfik kayaçları taban ve tavan serisi olarak ayırmanın ve önce yüksek mertebeli metamorfizmanın sonra da düşük mertebeli ikinci bir metamorfizmanın etkili olduğunu olası görülmediğini belirtmiş, yörede etkili olan metamorfizmanın yüksek mertebeli bölgesel bir metamorfizma olduğunu saptamıştır.

Dökmeci (1980) tarafından Akdağmadeni yakın çevresinde yapılan çalışmada, genel kayaç grupları tanımlanmış, çalışma alanının genelleştirilmiş dikme kesiti hazırlanmıştır. Araştırmacı bu çalışmada metamorfiteri Akdağ metamorfik grubu olarak tanımlamış ve iki formasyona ayırmıştır. Köklüdere formasyonu olarak adlandırılan birim gnays ve şistlerden, özerözü formasyonu olarak adlandırılan birim ise genellikle mermerlerden oluşmaktadır. Ayrıca bu alan-

\* Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Maden Etüt ve Arama Dairesi, Ankara.

\* Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara



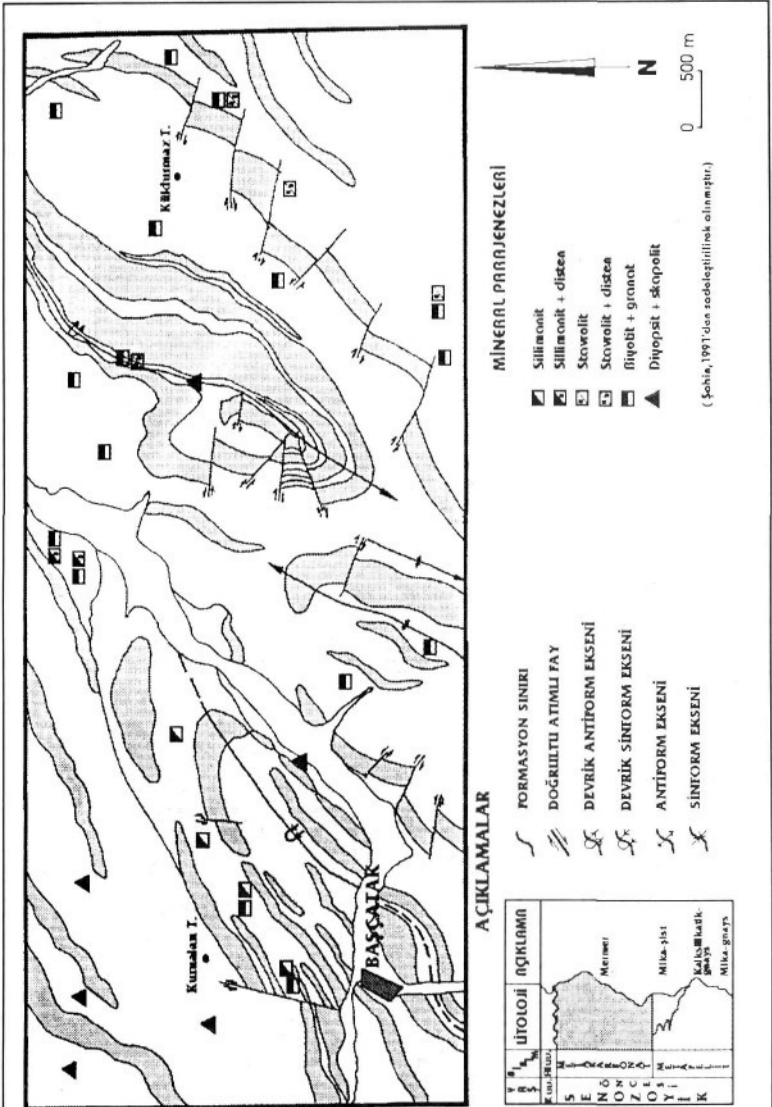
Şek. 1 - Akdağmadeni masifi ve çalışma alanının konumu.

da metamorfik birimleri kesen granit, apilit-pegmatit ve riylolitten oluşan magmatik birimler de mevcuttur.

Akdağmadeni metamorfizmaları üzerinde Özcan ve diğerleri (1980) tarafından yapılan çalışmada, bölgede yüksek ısı-orta basınç metamorfizmasının etkili olduğu saptanmış, stavorolit-fdisten+granat ve stavorolit+sillimanit parajenezlerinin varlığına dayanılarak metamorfizmanın almandin-amfibolit fasiyesinde geliştiği ortaya konulmuştur,

Tülümen (1980), metamorfik kayaların 500 C° ile 600 C° ısı aralığında ve en fazla 5 kb basınç altında rejyonel metamorfizmaya uğradığını belirtmiş, rejyonel metamorfik kayaları metamorfizma

fasiyeslerine uygun olarak petrografik fasiyeslere ayırmıştır. Şahin (1991) tarafından yapılan çalışmada metamorfik birimler, mika-gneyslar, kalsilikatik-gneyslar ve muskovit şistlerden oluşan metapelitik birimler ile mermerlerden oluşan metakarbonatların meydana getirdiği metasedimenter bir istif olarak tanımlanmış, çalışmaya konu olan alanda iki ayrı metamorfizma zonu belirlenmiştir. Araştırmacı I. metamorfizma zonunun biyotit+granat parajenezi ile II. metamorfizma zonunun stavorolit+disten ve sillimanit+disten parajenezleriyle karakterize edildiğini belirtmiştir. Bu çalışmada ayrıca metamorfik birimlerde gelişen kıvrım ve kırık sistemleri incelenmiş, elde edilen istatistiksel verilere dayanılarak 4 ayrı kıvrım sisteminin varlığı ortaya konulmuştur.



Şek. 2: Çalışma alanının jeolojisi haritası (Şahin, 1991).

## MİNERAL TOPLULUKLARI VE METAMORFİZMA ZONLARI

Çalışma alanında yüzeylenen pelitik kökenli kayalarda rastlanılan ve metamorfizma koşullarını yansıtan tipik mineral toplulukları kayaların kimyasal bileşimleri dikkate alınarak iki ana grup altında incelenmiştir.

Metapelitler:

biyotit+almandin

biyotit+almandin+stavrilit+disten

biyotit-t-almandin+disten+sillimanit

Yarı-metakarbonatlar:

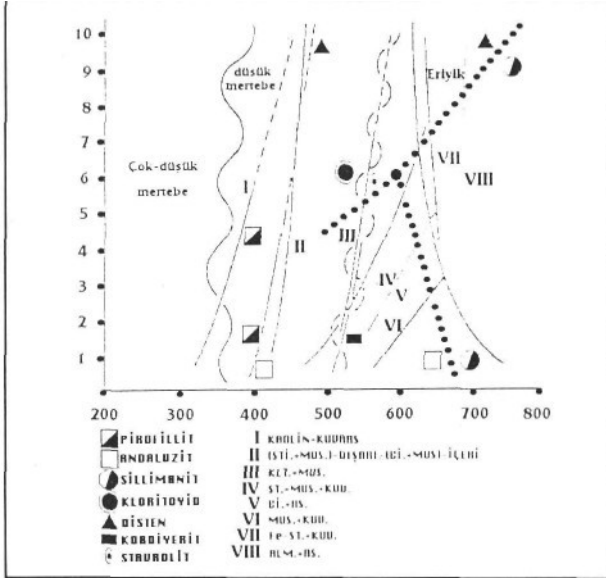
diyopsit+skapolit+kalsit+plajiyoklaz+titanit

*Biyotit+granat (almandin) mineral topluluğu.* - Metapelitlere ait mineral topluluklarının oluşum koşulları incelendiğinde biyotit-t-granat (almandin) beraberliğinin çalışma alanındaki en düşük metamorfizma zonunu karakterize ettiği anlaşılmaktadır. Şekil 3 incelendiğinde biyotit mineralinin ilk olarak

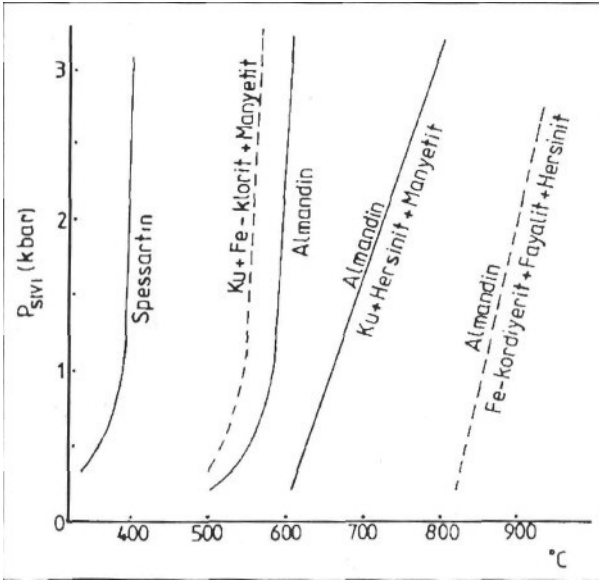
400 °C'in üzerinde bir sıcaklıkta ortaya çıktığı görülmektedir. Oldukça geniş bir P/T aralığında yer alan biyotit tek başına değerlendirildiğinde metamorfizma koşulları hakkında önemli bir bilgi sağlamamaktadır.

Granatın ilk kez ortaya çıktığı zon Winkler (1979) tarafından granat zonu olarak adlandırılmıştır. Ancak metapelitik kayalarda almandinin ilk olarak ortaya çıkışının kesin bir P/T sınırı oluşturamayacağı ifade edilmektedir. Hsu'nun (1968) duraylılık alanlarını belirlediği almandin Şekil 4'te görüldüğü gibi 500 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda ortaya çıkmaktadır.

Her iki mineralin oluşum sıcaklıkları birlikte değerlendirildiğinde biyotit-t-granat (almandin) beraberliğinin düşük mertebeli metamorfizmanın yüksek sıcaklık aralığında ortaya çıktığı anlaşılmaktadır. Çalışma alanının güneybatı kesimlerinde saptanan ve biyotit-t-granat (almandin) topluluğu ile karakterize olan I. metamorfizma zonu olarak adlandırılan bu zonun alt sınırını belirleyecek mineral toplulukları



Şek. 3- Pelitik kayalardaki metamorfik tepkimeler (Winkler, 1979).



Şek. 4- Almandinin duraylılık alanları (Hsu, 1968).

saptanamamıştır. Üst sınır ise basınç ve sıcaklık koşullarının progresif olarak artışıyla ortaya çıkan stavrolit, disten ve sillimanit gibi orta-yüksek mertebeli metamorfizma zonlarını karakterize eden minerallerin varlığı ile belirlenmiştir.

*Biyotit+granat (almandin)+stavrolit+disten mineral topluluğu.* -Çalışma alanının doğu kesimlerinde gözlenen stavrolit minerali düşük mertebeli metamorfizmadan orta mertebeli metamorfizmaya geçişi belirlemektedir. II. metamorfizma zonu olarak belirlenen orta mertebeli metamorfizma zonu, çalışma alanındaki metapelitlerde biyotit+almandin-stavrolit+disten topluluğu ile karakterize edilmektedir.

Düşük mertebeli metamorfizmadan orta mertebeli metamorfizmaya geçişin stavrolit ve kordiyerit minerallerinin ortaya çıkışı ile belirlendiği ve her iki minerali oluşturan tepkimelerin isoreaksiyon-grad olarak değerlendirildiği bilinmektedir (Vinkler, 1979). Çalışma alanındaki metapelitlerde kordiyerit

yerine stavrolitin bulunuşu ilginçtir. Bu bakımdan stavrolitin oluşum koşullarını kısaca gözden geçirmek yerinde olacaktır. Şekil 3'teki denge diyagramında her iki mineralin de 500 °C'nin üzerinde ve hemen hemen aynı sıcaklıkta ortaya çıktığı, stavrolitin kordiyerite göre daha yüksek basınç aralığında yer aldığı görülmektedir. Ancak stavrolit ve kordiyerit oluşumu için P/T koşullarının yanı sıra en önemli etken kayacın toplam kimyasal bileşimidir. Yapılan deneysel çalışmalara göre stavrolit

kloritoyid+Ca<sup>++</sup> stavrolit+manyetit+kuvars+HgO

tepkimesi ile 575 °C sıcaklık-10 kb basınç ve 545 °C sıcaklık - 5 kb basınç aralıklarında ortaya çıkmaktadır (Ganguly ve Newton, 1969). Bunun yanı sıra kloritoyidin bulunmadığı ortamlarda klorit+muskovit tepkimesiyle de stavrolitin oluşabileceği yine deneysel çalışmalarla Hoschek (1969) tarafından ortaya konulmuştur:

klorit+muskovit = stavrolit+biotit+kuvars+H<sub>2</sub>O

klorit + muskovit + almandin = stavrolit + biyotit + kuvars + H<sub>2</sub>O

Bu tepkimeler stavrolitin belirli kimyasal bileşime sahip metapelitlerde oluşabileceğini göstermektedir. Burada Mg/(Mg+Fe) oranının önemli bir yeri vardır. Winkler (1979) bu oranın 0.25'ten büyük olması durumunda stavrolit yerine aşağıda gösterilen tepkime ile kordiyeritin oluşacağını belirtmektedir.

klorit + muskovit + kuvars = kordiyerit + biyotit + Al<sub>2</sub>SiO<sub>5</sub>+H<sub>2</sub>O

Çalışma alanında II. metamorfizma zonunda ortaya çıkan

biyotit+granat+stavrolit+disten

topluluğu ve stavrolitin belirlenen oluşum koşulları dikkate alındığında, orta mertebeli metamorfizmanın yaklaşık 550 °C'nin üzerinde bir sıcaklık ve 5.5-6 kb'in üzerinde bir basıncın etkisinde gerçekleştiği, kayaç bileşiminin stavrolit oluşumu için uygun Mg/(Mg+Fe) oranına sahip olduğu anlaşılmaktadır.

Erkan ve Tolluoğlu (1990) tarafından Kırşehir kuzeyinde yapılan çalışmada saptanan III. metamorfizma zonunda kordiyerit+granat parajenezine rastlanıldığı ifade edilmektedir. Bu yörede I. metamorfizma zonunda kloritoyid+klorit parajenezinin belirlendiği ve kloritlerin yüksek Mg içeriğine sahip oldukları belirtilmektedir. Kırşehir masifi metamorfizmalarında, orta mertebeli metamorfizma zonunda stavrolit yerine kordiyeritin ortaya çıkması, Kırşehir yöresinde Akdağmadeni metamorfizmalarına göre basıncın bu zonda daha düşük olduğunu göstermekte ve Mg/(Mg+Fe) oranının Kırşehir'de stavrolit oluşumuna uygun olmadığı anlaşılmaktadır.

*Diyopsit+skapolit+plajiyoklaz+kalsit+titanit mineral topluluğu.* -Çalışma alanının kuzeybatı kesimlerinde yer alan yarı-metakarbondatlı litolojilerde yani kalsilikatik-gnayslarda diyopsit + skapolit + plajiyoklaz + kalsit + titanit topluluğuna rastlanılmıştır. Aynı topluluk Erkan (1975) ve Tolluoğlu (1986) tarafından Kırşehir yöresindeki kalsilikatik türverlerde II. metamorfizma zonunda da saptanmıştır. Bu bölgede skapolit mineralinin varlığına dayanılarak bu topluluğun bölgesel metamorfizma sonucu amfibolit fasiyesinin yüksek sıcaklık koşulları altında oluşabileceği ifade edilmektedir. Bu durum çalışma alanında II. metamorfizma zonunda da sıcaklığın arttığına işaret eden bir bulgudur.

*Disten+sillimanit mineral topluluğu.* -Al<sub>2</sub>SiO<sub>5</sub> polimorfları olan andaluzit, disten ve sillimanit mineralleri metamorfizma koşulları hakkında önemli bilgiler vermektedir. Bu minerallerin duraylılık alanlarının belirlenmesi için Althaus (1967) tarafından yapılan deneysel çalışmalar sonucunda faz sınırlarının keşif noktası olan üçlü noktada basıncın 6.5+0.5 kb ve sıcaklığın 595+10 °C olduğu belirlenmiştir. Buna göre basınç ve sıcaklığın artışına bağlı olarak andaluzit-sillimanit

disten-sillimanit

dönüşüm sırasının izleneceği ifade edilmektedir. Çeşitli araştırmacılar tarafından yapılan deneysel çalışmalar disten = sillimanit dönüşümünün oldukça yüksek sıcaklık ve basınç koşullarında meydana geldiğini göstermiştir. Newton (1966), disten = sillimanit dönüşümünün 750 °C sıcaklık ve 8.1+0.4 kb basınç altında meydana geldiğini belirtmektedir. Richardson ve diğerleri (1968) tarafından yapılan deneysel çalışmada bu dönüşümün 700-1500 °C sıcaklık aralığında gerçekleştiği belirlenmiştir. Anderson ve Kleppa (1969) disten—sillimanit dengesinin termokimyasını incelemiş ve disten = sillimanit dönüşümünün 12 kb'dan düşük basınçlar için 701 °C'de meydana geldiğini ortaya koymuştur. Bu P/T koşulları dikkate alınarak Şekil 3 değerlendirildiğinde disten — sillimanit dönüşümünün anateksinin meydana geldiği P/T aralığında gerçekleşebileceği anlaşılmaktadır.

inceleme alanında saptanan disten+sillimanit topluluğu bu dönüşümün göstergesi olarak kabul edilebilecek herhangi bir özellik göstermemektedir. Petrografik incelemelerde her iki mineralin de duraylı oldukları, herhangi bir dönüşümün meydana gelmediği gözlenmektedir. Ayrıca bu topluluğun yer aldığı bölgede anateksiye işaret edecek bir veriye de rastlanılmamıştır. Bu durum inceleme alanında gerçekleşen metamorfizmada sıcaklığın 700°C'nin altında olduğunu göstermektedir. Ancak genel bir değerlendirme için sillimanit ve disten minerallerinin oluşumları ile bu minerallerle birlikte kayaçlarda önemli miktarlarda bulunan muskovit, biyotit, kuvars, almandin ve plajiyoklaz gibi minerallerin de dikkate alınması uygun olacaktır.

Al<sub>2</sub>SiO<sub>5</sub>'in yüksek basınç modifikasyonu olan disten ilik olarak aşağıdaki tepkime ile düşük mertebeli metamorfizmanın yüksek basınç aralığında ortaya çıktığı ifade edilmektedir.

1 pirofillit— disten+3 kuvars+ 1 H<sub>2</sub>O



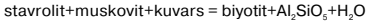
BU tepkimede pirofillit duraylılığını kaybederek disten mineralinin oluşumunu sağlamaktadır. Bunun dışında dişlerin oluştuğu bir diğer tepkime de stavrolit'in mevcut olması durumunda stavrolit+kuvars tepkimesidir.



Bu tepkime yaklaşık 700°C'de ve anateksi koşullarında gerçekleşmektedir (Şek. 3). Daha önce de ifade edildiği gibi, çalışma alanında anateksinin görülmemiş olması, II. metamorfizma zonunda disten+stavrolit beraberliğinin varlığı ve incelenen örneklerde stavrolitten itibaren bir stavrolit= disten dönüşümünün gözlenmemesi distenin stavrolitkuvars tepkimesi ile oluşmadığını destekleyen bir veridir. Bu örneklerde her iki mineralin de duraylı oldukları gözlenmektedir.

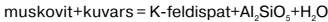
Çalışma alanında disten ilk olarak stavrolit minerali ile birlikte ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla distenin ortaya çıkışının mineral transformasyonuna bağlı olmadığı, kimyasal bileşimin uygun olduğu P/T aralığında stavrolit ile birlikte kristallendiği görüşünü desteklemektedir.

Al<sub>2</sub>SiO<sub>5</sub>'in yüksek sıcaklık modifikasyonu olan sillimanitin oluşumunda devamlı olarak iki tepkime incelenmiştir. Bunlar

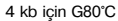
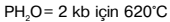


reaksiyonlardır.

Yapılan deneysel çalışmalar yüksek mertebeli metamorfizmaya geçişte muskovit ve kuvarsın duraysız bir durum aldıklarını ve birbirleriyle tepkimeye girerek sillimanit+ortoklaz beraberliğini meydana getirdiklerini göstermiştir.



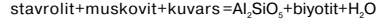
tepkimesi için denge koşulları



olarak saptanmıştır (Winkler, 1967). Bu deneysel çalışmaya göre muskovit+kuvars tepkimesinde su buharı basıncının denge sıcaklığı üzerinde etkili ol-

duğu, 1 kb'lık basınç artışı ile 30°C'lik bir sıcaklık artışının meydana geldiği, dolayısıyla 5 kb basınç altında denge sıcaklığının 725°C'ye kadar ulaşabileceği ifade edilmektedir. Bu sıcaklığın muskovit+kuvars topluluğunun maksimum duraylılık sınırını oluşturduğu ve aynı zamanda gnayslarda anateksinin başlama sıcaklığına karşılık geldiği belirtilmektedir. Muskovit+kuvars tepkimesi üzerinde yapılan bu deneysel çalışmalara dayanarak her 1 kb'lık basınç artışına karşılık 30°C'lik bir sıcaklık artışının gerçekleşeceği düşünüldüğünde 6 kb'lık bir basınç yaklaşık 740°C'lik bir sıcaklığı gerektirmektedir. Bu sıcaklık anateksinin ileri evrelerine karşılık gelmekte, ancak inceleme alanında buna işaret edecek herhangi bir veriye rastlanılmamaktadır. Çalışma alanında disten+sillimanit topluluğunun yer aldığı kayaçlarda birbirleri ile sınır ilişkisine sahip, bol miktarda muskovit ve kuvars mineralinin yer alması, ayrıca bu örneklerde feldispat minerallerinden ortoklaz yerine plajiyoklazın bulunması, sıcaklığın muskovit+kuvars = sillimanit+ortoklaz tepkimesini tamamlayacak kadar yükselmediğini göstermektedir.

Sillimanitin, sıcaklık artışına bağlı olarak stavrolit-fmuskovit+kuvars reaksiyonu ile de oluşabildiği de bilmektedir (Hoschek, 1969).



Bu reaksiyon sonucu sillimanit ilk kez ortaya çıkarken, biyotit minerali ikinci jenerasyon kristaller olarak daha önceden oluşmuş olan biyotitlerle birlikte bulunmaktadır, inceleme alanında disten+sillimanit topluluğunun yer aldığı örneklerde lifsi sillimanit minerallerinin biyotit mineralleri ile iç içe demetler halinde bulunması ve bu kayaçlarda stavrolitin görülmemesi, sillimanit oluşumunun stavrolit+muskovit+kuvars tepkimesi ile meydana gelebileceği izlenimini vermektedir.

Çalışma alanında II. metamorfizma zonunda yer alan disten+sillimanit topluluğu yüksek sıcaklık ve yüksek basınç koşullarını karakterize etmektedir.

## SONUÇLAR

inceleme alanında yüzeylenen metamorfik birimlerden derlenen kayaç örneklerinin petrografik ve petrolojik değerlendirmeleri sonucunda elde edilen verilerin ışığında inceleme alanında yer alan metamorfik kayaç gruplarının metasedimanter nitelikli oldukları belirlenmiştir. Petrografik bulgular incele-

me alanında tek evrede gelişen progresif dinamo-termal-rejyonel bir metamorfizmanın etkin olduğunu ortaya koymaktadır.

Petrografik incelemelerle saptanan; biyotit-t-granat (almandin), biyotit+granat (almandin+stavrolit+disten), biyotit+granat (almandin)+disten+sillimanit, diyopsit+skapolit+plajiyoklaz+titanit

toplulukları metamorfizmanın düşük mertebenin yüksek sıcaklık bölgesinden orta mertebenin yüksek sıcaklık-yüksek basınç koşullarına kadar değişen bir aralıkta progresif olarak geliştiğini ortaya koymaktadır.

#### KATKI BELİRTME

Bu çalışma, Hacettepe Üniversitesi Araştırma Fonu tarafından desteklenen 89-02-010-04 numaralı projeye ilişkin sonuçların bir kısmını kapsamaktadır.

*Yayına verildiği tarih, 6 Temmuz 1993*

#### DEĞİNİLEN BELGELER

- Althaus, E., 1967, The triple point andalusite-sillimanite-kyanite: An experimental and petrologic study: Contrib. Min. Pat, 16, 29-44.
- Anderson, P.A.M. ve Kleppa, O.J., 1969, The thermochemistry of the kyanite-sillimanite equilibrium: American Journal of Science, c. 267, s. 285-290.
- Dökmeci, I., 1980, Akdağmadeni yöresinin jeolojisi: MTA Rap., 6953 ? , 37 s. (yayımlanmamış), Ankara.
- Erkan, Y., 1975, Orta Anadolu masifinin güneybatısında (Kırşehir bölgesinde) etkili rejyonel metamorfizmanın petrolojik incelenmesi: Hacettepe Üniversitesi Yer Bilimleri Ens., Doçentlik Tezi, 147 s. (yayımlanmamış), Ankara.
- 1980, Orta Anadolu Masifi'nin kuzeydoğusunda (Akdağmadeni-Yozgat) etkili olan bölgesel metamorfizmanın incelenmesi: Türkiye Jeol. Kur. Bül., 23,213-218.
- ve Tolluoğlu, A.Ü., 1990, Ulusal birinci Türkiye jeotravers alanı içinde yeralan Kırşehir metamorfizmasının (Kırşehir kuzey ve kuzeydoğusu) petrografik, stratigrafik, tektonik ve metamorfizma özelliklerinin incelenmesi: TÜBİTAK Temel Bilimler Araştırma Grubu TBAG-832 Projesi, 236 s. (yayımlanmamış).
- Ganguly, J. ve Newton, R.C., 1968, Thermal stability of chloritoid at high pressure and relative oxygen fugacity: J. Petrol., 9,3, 444-466.
- Hoschek, G., 1969, The stability of staurolite and chloritoid and their significance in metamorphism of pelitic rocks: Contrib. Min. Pet., 22, 208-232.
- Hsu, L.C., 1968, Selected phase relationships in the system Al-Mn-Fe-Si-O; a model for garnet equilibria: J. Petrol., 9, 40-83.
- Ketin, I., 1983, Türkiye Jeolojisine Genel Bir Bakış: İ.T.Ü. Kütüphanesi, Sayı 1259, 595 s.
- Newton, N.C., 1966, Kyanite-sillimanite equilibrium at 750 °C: Science, 151, 1222-1225.
- Özcan, A.; Erkan, A.; Keskin, A.; Keskin, E.; Oral, A.; Sümmengen, M. ve Tekeli, O., 1980, Kuzey Anadolu Fayı-Kırşehir Masifi arasındaki temel jeolojisi: MTA Rap., 6722 (yayımlanmamış), Ankara.
- Pollak, A., 1958, 1957 yılında Akdağmadeni-Yıldızeli sahasında yapılan prospeksiyon: MTA Arşiv No: 2321 (yayımlanmamış).
- Richardson, S.W.; Bell, P.M. ve Gilbert, M.C., 1968, Kyanite-sillimanite equilibrium between 700 °C and 1500 °C: Am. J. Sci., 266, 513-541.
- Şahin, M.B., 1991, Başçatak köyü (Akdağmadeni-Yozgat) doğusunun jeolojik ve petrografik özelliklerinin incelenmesi: Yüksek Mühendislik Tezi, H.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, 68 s. (yayımlanmamış), Ankara.
- Tolluoğlu, A.Ü., 1986, Orta Anadolu Masifi'nin güneybatısında (Kırşehir yöresinde) petrografik ve petrotektonik incelemeler: Doktora Tezi, H.Ü. Fen Bilimleri Ens., 237 s. (yayımlanmamış), Ankara.
- Tülümen, E., 1980, Akdağmadeni (Yozgat) yöresinde petrografik ve metalojenik incelemeler: Doktora Tezi, K.T.Ü. Yer Bilimleri Fak., 157 s. (yayımlanmamış).
- Vache, K., 1962, Die Kontaktagerslaette von Akdağmadeni und ihr geologischer Rahmen innerhalb des Zentralalpalatischen Kristallins: MTA Derg., 60, 22-36.
- Winkler, H.G.F., 1967, Petrogenesis of Metamorphic Rocks: Springer-Verlag New York Inc., 237.
1979. Petrogenesis of Metamorphic Rocks: Springer-Verlag, New York-Heidelberg-Berlin, 334.