

AKDAĞMADENİ MASİFİ METAMORFİTLERİ, EVCİLER-ÇATKÖY (ÇAYIRALAN-YOZGAT) KESİMİNDE BELİRLENEN İNDEKS MİNERALLER VE MİNERAL TOPLULUKLARI

M. Bahadır ŞAHİN* ve Yavuz ERKAN**

ÖZ.- Akdağmadeni masifine ait metamorfitletlerin belirli bir kesimini temsil eden inceleme alanında progresif olarak gelişen dinamo-termal bölgesel metamorfizma koşullarını ifade eden indeks mineraller ve mineral toplulukları belirlenmiştir. Metamorfitletlerin en alt seviyelerine karşılık gelen metapelitlerde biyotit, granat, stavrolit, disten, ortoklaz ve sillimanit gibi indeks mineraller ile bunların oluşturduğu mineral toplulukları saptanmış; ortamdaki karbonat artışına bağlı olarak metapelitik seri üzerinde yer alan semi-metapelitlerde plajiyoklaz, kalsit, skapolit, diyopsit, hornblend, tremolit gibi indeks mineraller ve mineral toplulukları belirlenmiş; yaygın olarak metamorfik serinin en üst seviyelerinde gözlenen metakarbonatlarda ise kalsit, epidot, plajiyoklaz, diyopsit ve tremolit gibi metamorfizma koşullarını yansıtan mineral grupları ortaya konulmuştur. Metasedimanter paket içerisinde ara seviyeler ve mercekler halinde hemen her litoloji türü içerisinde rastlanan ve çeşitli amfibolitlerden oluşan metabazitlerin mineral topluluklarında hornblend, plajiyoklaz, granat gibi indeks mineraller yer almaktadır. Yukarıda belirtilen mineral topluluklarının, deneysel çalışmalarla ortaya konulan oluşum koşulları dikkate alınarak, çalışma alanında yer alan metamorfitletlerin progresif olarak gelişen dinamo-termal bölgesel metamorfizmanın etkisiyle metamorfizmaya uğradıkları belirlenmiştir. Metapelitik türevlerde ortaya çıkan indeks mineral ve mineral toplulukları metamorfizmanın 400-700°C sıcaklık ve 3.5-6.5 kb. basınç aralığında progresif olarak geliştiğini ortaya koymaktadır. Semi-metapelitik türevler ile metakarbonatlarda saptanan mineral toplulukları da metamorfizmanın progresif gelişimi ile ortaya çıkan ve 350-600°C sıcaklık aralığında orta-yüksek mertebeli metamorfizmayı ifade eden topluluklar olarak belirlenmiştir. Amfibolit türü litolojilerde rastlanan mineral topluluğu ise yaklaşık 600 °C sıcaklık ve 6 kb. basınç koşullarını yansıtmaktadır.

GiRiŞ

Orta Anadolu'da Yozgat, Sivas, Kayseri, Niğde ve Kırıkkale illeri arasında kalan bölgede yüzeylenen metamorfik kütleler buldukları coğrafik konum dikkate alınarak en genel ifade ile Orta Anadolu masifi olarak adlandırılmakta (Ketin, 1983), Orta Anadolu kristalin temeli (Tolluoğlu, A.Ü. ve Erkan, 1989) ve Orta Anadolu kristalin kompleksi (Erler, A. ve Bayhan, H., 1995) olarak da tanımlanmaktadır.

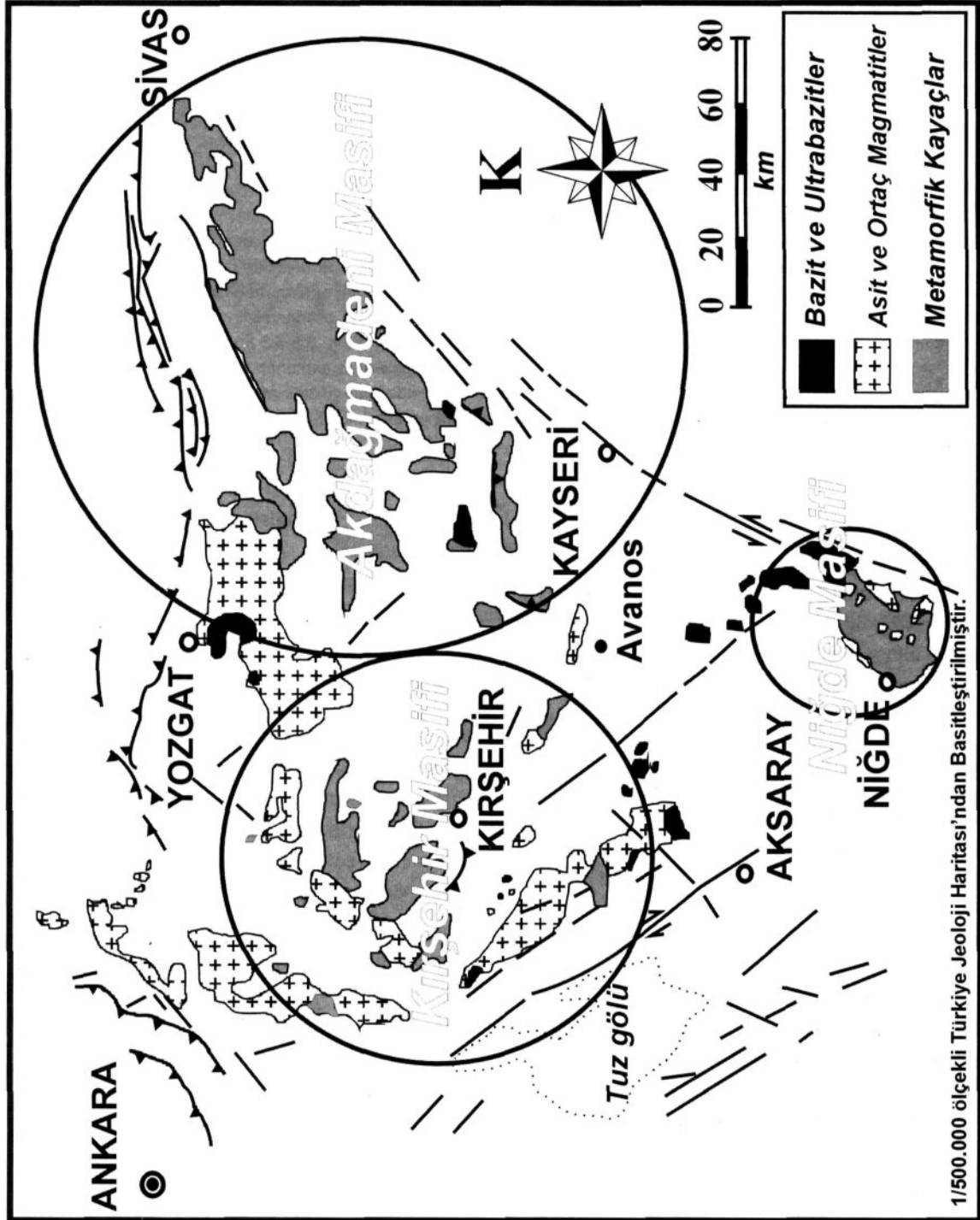
Mesozoyik ve Senozoyik yaşlı birimler tarafından üzerlenen ve birbirlerinden kopuk parçalar halinde yüzeylenen metamorfik kütlelerin en büyüğü olan ve kuzeydoğu kanadını oluşturan Akdağmadeni masifi (Şek. 1), metalojenik potansiyeli dolayısıyla 19. yüzyıldan beri madencilerin ve jeologların ilgilendiği bir kütle olmuştur. Maden yataklarının araştırılması ve işletilmesi amacıyla başlatılan çalışmalar 1970'li yılların sonlarına doğru bilimsel düzeyde yeniden ele alınmış, özellikle temel jeolojik araştırmalara yönelim başlamıştır. Bu çalışmalara baz teş-

kil eden ilk gözlemler Pollak (1958) ve Vache (1963) tarafından yapılmıştır. Araştırmacılar metamorfik kayaç gruplarını kuvarsit, mermer, mika-gneys, mikaşist ve mika-kuvarsit olarak tanımlamışlardır. Pollak (1958) bu kayaç gruplarını; temel serisi, mermer serisi ve tavan serisi olarak üç ayrı seriye ayırmıştır. Vache (1963) bu çalışmadan hareket ederek temel serisinin mezokatazonal koşullar altında, orta ve tavan serilerinin ise epizonal koşullar altında metamorfizmaya uğradığını ifade etmektedir. Ancak daha sonraki yıllarda metamorfizmaya yönelik olarak gerçekleştirilen çalışmalar Vache'nin bu ifadelerini destekler nitelikte değildir.

Erkan (1980), Akdağmadeni doğusunda kalan bölgede oldukça kalın metasedimanter nitelikteki kalsilikatik gneys, gneys ve amfibolit gibi kayaçlarda rastlanılan mineral topluluklarına, minerallerin özelliklerine ve saha gözlemlerine dayanılarak, bu yöredeki bölgesel metamorfik kayaçları, tavan ve taban serisi olarak ayırmanın mümkün olmadığını,

* Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Maden Etüt ve Arama Dairesi, 06520, Ankara (ametist@mta.gov.tr).

** Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü. Beytepe-Ankara.



bölgede önce yüksek daha sonra düşük mertebeli bir bölgesel metamorfizmanın etkili olduğunun söylenemeyeceğini ifade etmektedir. Araştırmacı Akdağmadeni güneyinde yer alan metamorfitleerde disten+stavrolit ve sillimanit+ortoklaz parajenezlerine rastlanıldığını, sıcaklık ve basınç koşullarının değişimine son derece duyarlı olan stavrolit mineralinin düşük mertebeli ikinci bir metamorfizma etkisiyle klorit+serizit agregatına ya da kloritoyide dönüşmesi gerektiğini vurgulamakta, ancak bu mineralde herhangi bir dönüşümün izlenmediğini belirtmektedir.

Orta Anadolu masiflerinin kuzeydoğu ucunda, Akdağmadeni ile Yıldızeli arasındaki yörede, Özcan ve diğerleri (1980) tarafından yürütülen çalışmalarda, gözlü gnays, biyotit-granat gnays, amfibolit, mikasist, mermer, kuvarsit, kalsilikatik mermer ve masif mermerlerden oluşan bir dizilim izlendiği belirtilmektedir. Bu dizilim içerisinde, litoloji gruplarına ve metamorfizma koşullarına bağlı olarak, stavrolit + sillimanit + muskovit + biyotit + granat + kuvars + turmalin, disten + muskovit + kuvars, sillimanit + biyotit + oligoklaz/andezin + kuvars ± K-feldispat ± granat ± muskovit, stavrolit + disten + muskovit + biyotit + labradorit + kuvars, skapolit + diyopsit + hornblend + andezin + kalsit ve metaultramafitlerde ise talk + filogopit + ortoamfibol + ortopiroksen + olivin + spinel mineral topluluklarının belirlendiği ifade edilmektedir (Özer ve Göncüoğlu, 1982).

Dökmeci'nin (1980) Akdağmadeni ve yakın civarında yaptığı çalışmalarla masifin genelleştirilmiş litostratigrafik kesiti hazırlanmış, Akdag metamorfik grubu olarak adlandırılan metamorfitleer, çeşitli gnays ve şist türlerinden oluşan Köklüdere formasyonu ile genel olarak mermerlerden oluşan Özerözü formasyonu şeklinde tanımlanmıştır.

Tülümen (1980) Akdağmadeni'nde yaptığı çalışmada, bölgede bulunan bölgesel metamorfik kayaların, granitlerin ve skarnların petrografik ve petrolojik özelliklerini incelemiştir; metamorfik kayalar içerdikleri mineral parajenezlerine göre fasiyeslere ayrılmıştır. Bu fasiyesler kayaç adları vurgulanarak muskovit şist almandin-biyotit gnays aralığında değişen bir dizi içerisinde değerlendirilmiştir.

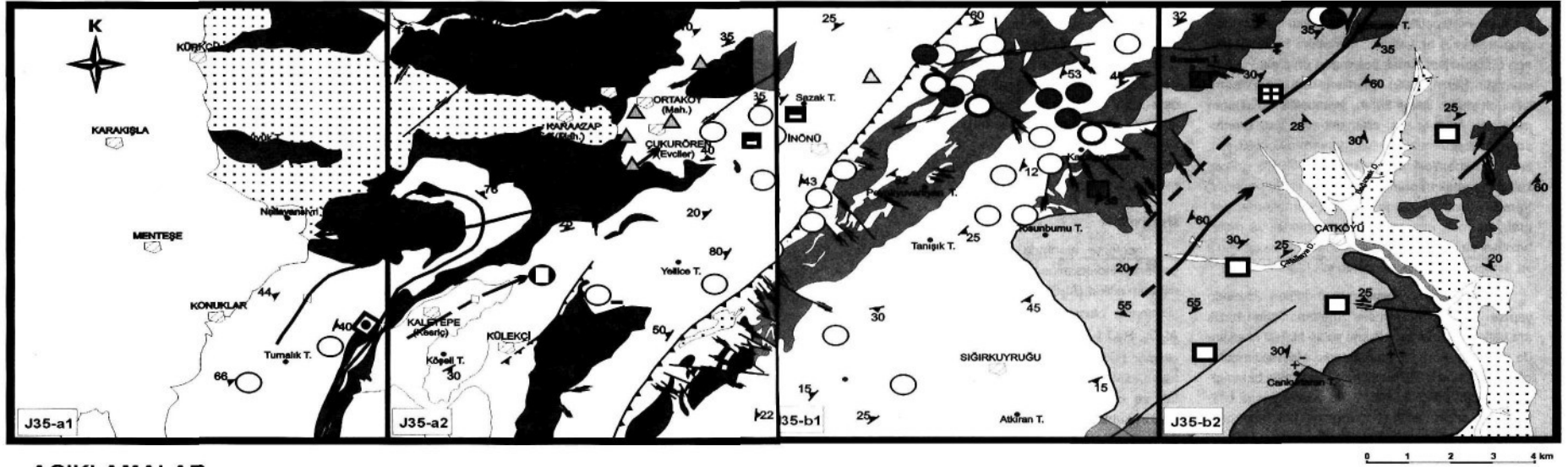
Sağıroğlu (1982), Akdağmadeni yakın civarındaki kurşun-çinko yataklarını ve metasomatizmayı konu alan çalışmasında, metamorfik kayaları ve metamorfizma koşullarını da irdelemiş, mineralojik bileşimlerine göre amfibolit ve amfibol gnays olarak tanımladığı mafik metamorfitleerin kimyasal bileşimlerinin magmatik kökeni ifade ettiğini ortaya koymuştur.

Şahin (1991) tarafından Akdağmadeni-Başçatak kesiminde yapılan çalışmada, sedimanter kökenli metamorfitleerin orta-yüksek mertebeli bölgesel metamorfizmanın etkisiyle progresif olarak metamorfizmaya uğradıkları belirlenmiş; üsteleyen kıvrım geometrisi gösterdikleri ve dört ayrı kıvrımlanma evresi geçirdikleri yapısal analizlerle ortaya konulmuştur. Bu çalışmadan hareketle yapılan bir diğer incelemede sillimanit + disten mineral topluluğunu içeren metapelitlerde sillimanit \Leftrightarrow disten dönüşümlerinin gözlenmediği, bu dönüşümün özellikle anateksi koşullarına ulaşıldığında meydana gelebileceği, dolayısıyla incelenen alanda anateksi için gerekli sıcaklık-basınç koşullarının sağlanmadığı sonucuna varılmıştır (Şahin ve Erkan, 1994).

Akdağmadeni masifinin kuzeydoğu ucunda Yıldızeli yöresi metamorfitleerini inceleyen Alpaslan (1993), metamorfitleeri Yıldızeli grubu olarak adlandırmış, grubu alttan üste metapelitik ve migmatitik kayalardan oluşan Asilik metamorfiti, kalsilikatik ve metapelitik kayalardan oluşan Fındıcak metamorfiti, kuvarsitlerden oluşan Pelitlikaya kuvarsiti ve mermerlerden oluşan Kadıköy metakarbonatı olmak üzere dört birime ayırmıştır. Araştırmacı bu çalışmasında Kırşehir bloğunun yükselme döneminde gerçekleştiğini savunduğu retrograd metamorfizmanın yaşının K-Ar yöntemi ile belirlendiğini ve Santoniyen-mestrihtiyene karşılık geldiğini belirtmektedir.

Yılmaz ve diğerleri (1994) Akdağmadeni'nin doğu kesiminde yaptığı çalışmalarda metamorfitleeri Akdağmadeni litodemi olarak adlandırmış, gnays, amfibolit, şist, mermer ve kuvarsitlerden oluşan bu litodemin üst düzeyde amfibolit fasiyesinde metamorfizmaya uğradığını belirtmiştir.

Akdağmadeni masifinin güneyinde, Çatköy ve Evciler köyleri arasında yer alan inceleme alanının (Şek. 2) litostratigrafi birimleri alttan üste metapelit-



AÇIKLAMALAR

İnceleme Alanına Ait Litostratigrafi Birimleri

	Alüvyon	} Dokmeci (1980) Sağiroğlu (1982) Alpaslan (1993)
	Kireçtaşı	
	Volkanoklastikler	
	Uyumsuzluk	
	Mermer, Tremolit-mermer, Diyopsit-tremolit-mermer, Amfibolit, Olivin-mermer.	
	Kalksilitik gneys, Amfibolit, Kalkışat, Mermer.	
	Muskovit-ışat, Kuvars-muskovit-ışat, Mika-gneys, Mika-ışat, Amfibolit, Granat-stavrolit-mika-gneys, Granat-stavrolit-distan-mika-gneys, Sillimanit-distan-mika-gneys, Sillimanit-mika-gneys.	

Şekiller ve Semboller

	Yerleşim Yeri		Doğrultu Atımlı Fay
	Tepe		Ters Fay
	Foliasyon/şistozite Konumu		Normal Fay
	Formasyon Sınırı		$\beta_1 - \beta_2$ Siniform Eksenli
			Devrik Siniform Eksenli
			Antiform Eksenli
			Devrik Antiform Eksenli

İnceleme Alanında Belirlenen Önemli İnce Mineraller ve Mineral Toplulukları

	Sillimanit + ortoklaz
	Disten
	Diyotit + granat
	Stavrolit
	Tremolit + kalsit
	Diyopsit + kalsit
	Tremolit + talk
	Diyotit + kalsit
	Kalsit + diyopsit + skapolit + kalsiyoklaz + hornblend
	Granat + hornblend

Yer Buldur Haritası



Şek.2- Akdağmadeni Masifi Metamorfittleri, Evciler-Çatköy Kesimi'ne ait indeks mineraller ve mineral topluluklarının dağılım haritası

ler, semi-metapelitler, metakarbonatlar ve bu litoloji grupları içinde arakatlılar, mercıklar halinde bulunan metabazitler olmak üzere dört grup altında toplanmıştır (Şahin, 1999). Belirtilen litostratigrafi birimlerini oluşturan litoloji türleri, metapelitleri oluşturan mika-şist, mika-gneys, sillimanit-mika-şist, granat-stavrolit-disten-mika-gneys, kuvars-muskovit-şist, semi-metapelitleri oluşturan kalsilikatik gneys, kalkışist, metakarbonatları oluşturan epidot-mermer, tremolit-diyopsit-mermer, epidot-tremolit-mermer, grafit-mermer, monomineralik mermerler ve metabazitleri oluşturan epidot-amfibolit, granat-amfibolit ve amfibolitler olarak belirlenmiştir (Şahin, 1999).

Akdağmadeni masifi metamorfizmaları üzerinde yapılan tüm bu incelemeler, metamorfizmanın bazı ara katlı sedimanter kökene sahip bir istif niteliğinde olduklarını ortaya koymaktadır. Metasedimanter nitelikli olan bu istifin en alt birimlerini mika bakımından zengin, pelitik kökeni ifade eden mineral bileşimlerine sahip çeşitli şist ve gneys türlerinin meydana getirdiği metapelitler oluşturmaktadır, bu seri üzerine ortamdaki karbonat artışına bağlı olarak ortaya çıkan yarı-pelitik kökene sahip, kalsilikatik-gneys, kalkışist, kalsilikatik-mermer türü litolojilerden oluşan semi-metapelitler gelmektedir (Şek. 3). Litostratigrafik olarak en üst birimleri metakarbonatlar oluşturmaktadır ve semi-metapelitlerden metakarbonatlara geçişte yer yer psammitik kökenli ve egeyen kayaç türünü kuvarsitlerin oluşturduğu bir seviye bulunmaktadır. Akdağmadeni masifine ait metakarbonatları oluşturan litoloji türleri mermer, tremolit-mermer, diyopsit-tremolit-mermer ve olivin-mermerlerdir.

İNDEKS MİNERALLER VE MİNERAL TOPLULUKLARI

METAMORFİZMANIN GELİŞİMİ VE METAMORFİZMA ZONLARI

Mineralojik ve petrografik incelemeler sonucunda mineral toplulukları ve kayaç türleri tanımlanan metasedimanter birimler ile metabazitlerde belirlenen, metamorfizmanın türü ve niteliği bakımından indeks mineraller ile mineral toplulukları Çizelge 1'de verilmektedir.

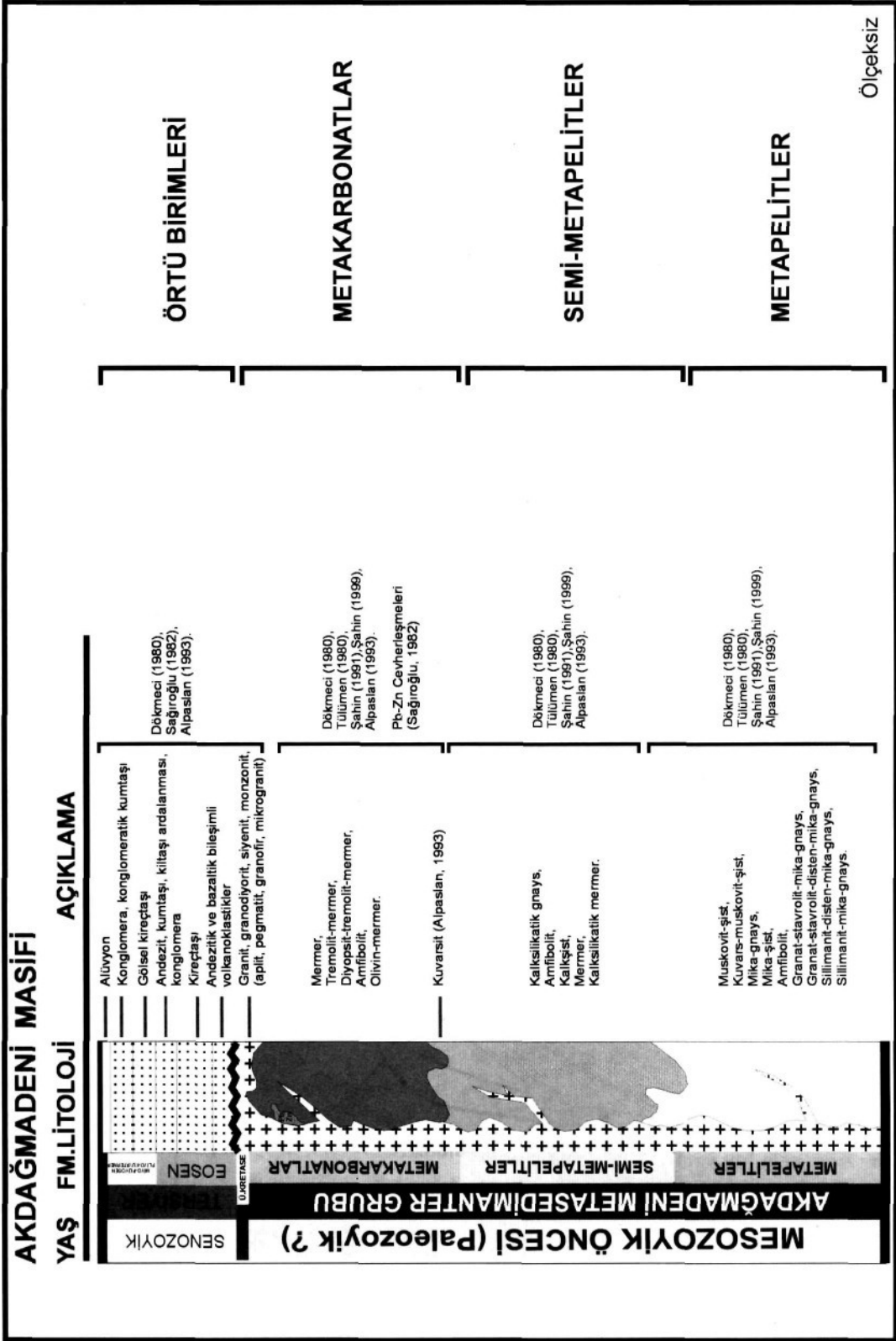
inceleme alanında belirlenen ve Çizelge 1'de yer alan "indeks mineraller ile mineral parajenezleri"nin oluşum ortamları ve oluşum koşulları, literatürden derlenen ve deneysel çalışmalar sonucunda elde edilmiş olan faz diyagramları kullanılarak belirlenmiştir. Kimyasal bileşim ile basınç (P) ve sıcaklık (T) parametrelerini esas alan faz diyagramları pelitik, karbonatlı ve bazik kökenli kayaç gruplarına ait metamorfik türler için ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

Metapelitler

inceleme alanında yer alan metapelitlerde saptanan indeks mineraller dikkate alındığında; alüminyum silikat (Al_2SiO_5) polimorfları olan disten ve sillimanitin oluşum koşulları ile ilgili olarak SiO_2 , Al_2O_3 , H_2O ve P-T parametrelerini esas alan ASH sistemi, bu minerallere ek olarak stavrolit ve granat (almandin) minerallerinin oluşum koşullarını yansıtan ve kimyasal kompozisyondaki parametrelere FeO'ın katıldığı FASH sistemi, mika içeren reaksiyonların yer aldığı ve kimyasal kompozisyonda K ve Na'un da değerlendirildiği KNFASH sistemi ve son olarak da progresif metamorfizma boyunca metapelitik kayaçlarda ortaya çıkan mineral topluluklarının yer aldığı KFLASH (AFM) sistemi AFM projeksiyonları üzerinde irdelenecektir.

İndeks mineral "disten" ve ASH sistemi.- ASH sistemi olarak adlandırılan (Bucher and Frey, 1994) ve alüminyum silikatın polimorfları (andaluzit, sillimanit, disten) olan minerallerin oluşum ve dönüşümünü sıcaklık (T) ve basıncın (P) fonksiyonu olarak ortaya koyan diyagram (Şek. 4) incelendiğinde, disten mineralinin "disten jeotermi" boyunca yaklaşık 400 °C sıcaklık ve buna karşılık gelen yaklaşık 3.7 kb basınç altında pirofilitten itibaren oluştuğu görülmektedir.

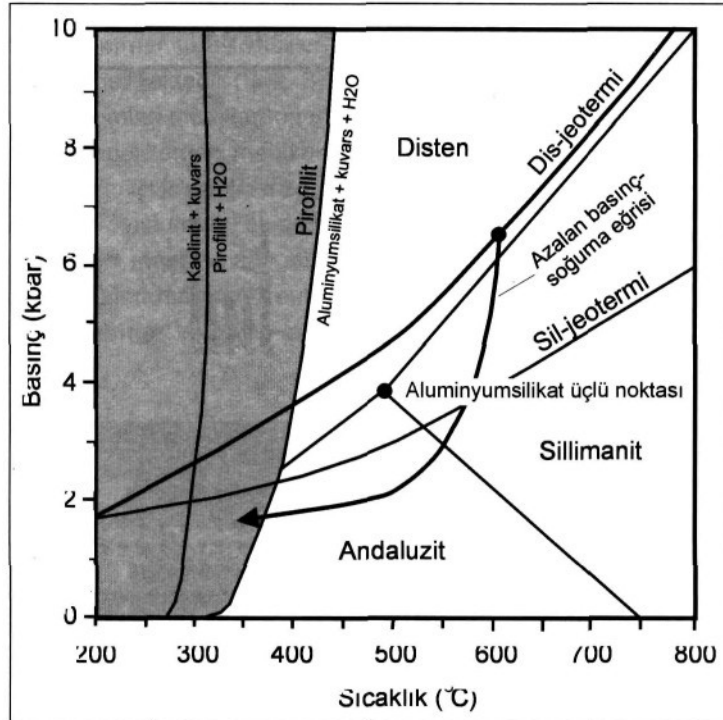
Çalışma alanından derlenen, mineralojik ve petrografik tanımlamaları yapılan örneklerde disten mineraline "biyotit + disten", "biyotit + stavrolit + disten" ve "granat + biyotit + stavrolit + disten" mineral topluluklarında rastlanmaktadır. Bu durumda, disten minerali ile topluluk oluşturan biyotit, granat ve stavrolit minerallerinin oluşum koşulları ve duraylılık alanlarının ilgili faz diyagramları üzerinde irdelen-



Şek. 3- Akdağmadeni masifinin geliştirilmiş litostratigrafik kesiti (Şahin, 1999).

Çizelge 1- İnceleme alanında belirlenen "indeks mineraller ve mineral toplulukları".

Birim	Kayaç	İndeks mineral	Mineral topluluğu
Metapelit	Mika-gneys Mika-şist	Disten Stavrolit Granat Biyotit Muskovit Sillimanit	Biyotit + muskovit Biyotit + granat Biyotit + disten Biyotit + stavrolit Biyotit + stavrolit + disten Granat + biyotit + stavrolit Granat + biyotit + stavrolit + disten Sillimanit + biyotit
Semi-metapelit Metakarbonat	Kalksilikatik gneys Kalk şist Mermer	Kalsit, diyopsit, skapolit, plajiyoklaz, hornblend, klorit, tremolit, talk, biyotit	Talk + tremolit + kalsit Tremolit + kalsit + kuvars Plajiyoklaz + kalsit Plajiyoklaz + kalsit + diyopsit + skapolit + hornblend
Metabazit	Amfibolit	Plajiyoklaz (andezin), hornblend (yeşil), granat, epidot	Plajiyoklaz + hornblend + granat + biyotit + epidot



Şek. 4- ASH sisteminde denge konumları (Bucher ve Frey, 1994).

Çizelge 2- ASH sistemindeki reaksiyonlar (Bucher and Frey, 1994).

Sillimanit (Sil), disten (dis), andaluzit (and)	Al_2SiO_5
Kuvars (kuv)	SiO_2
Pirofillit (Prf)	$Al_2Si_4O_{10}(OH)_2$
Kaolinit (Kln)	$Al_2Si_2O_5(OH)_4$
(1) Andaluzit = Disten	
(2) Andaluzit = Sillimanit	
(3) Sillimanit = Disten	
(4) Kaolinit + 2 Kuvars = Pirofillit + H_2O	
(5) Pirofillit = Disten + 3 Kuvars + H_2O	
(6) Pirofillit = Andaluzit + 3 Kuvars + H_2O	

mesi ve sonuçta mineral topluluklarının oluşum koşulları ve duraylılık alanlarının ortaya konulması gerekmektedir. Ancak, Şekil 4 deki ASH diyagramı ve Çizelge 2 de yer alan ASH sistemindeki reaksiyonlarda (reaksiyon 5) disten mineralinin pirofillit = disten + 3 kuvars + H_2O reaksiyonu ile oluştuğu dikkate alındığında; incelenen örneklerde pirofillit mineraline rastlanmamış olması, indeks mineral olarak disten içeren kayaçlar ile benzer kimyasal bileşime sahip diğer metapelitlerin asgari olarak pirofillitin duraylılık alanının üzerindeki koşullarda oluştuğunu göstermektedir.

Alüminyum silikat polimorflarından bir diğeri olan ve progresif olarak gelişen metamorfizmada sıcaklık artışına bağlı olarak oluşan sillimanitin çalışma alanında yer alan metapelitlerdeki oluşum koşullarına biyotit, muskovit, granat ve stavrolit mineralleri irdelendikten sonra değinilecektir.

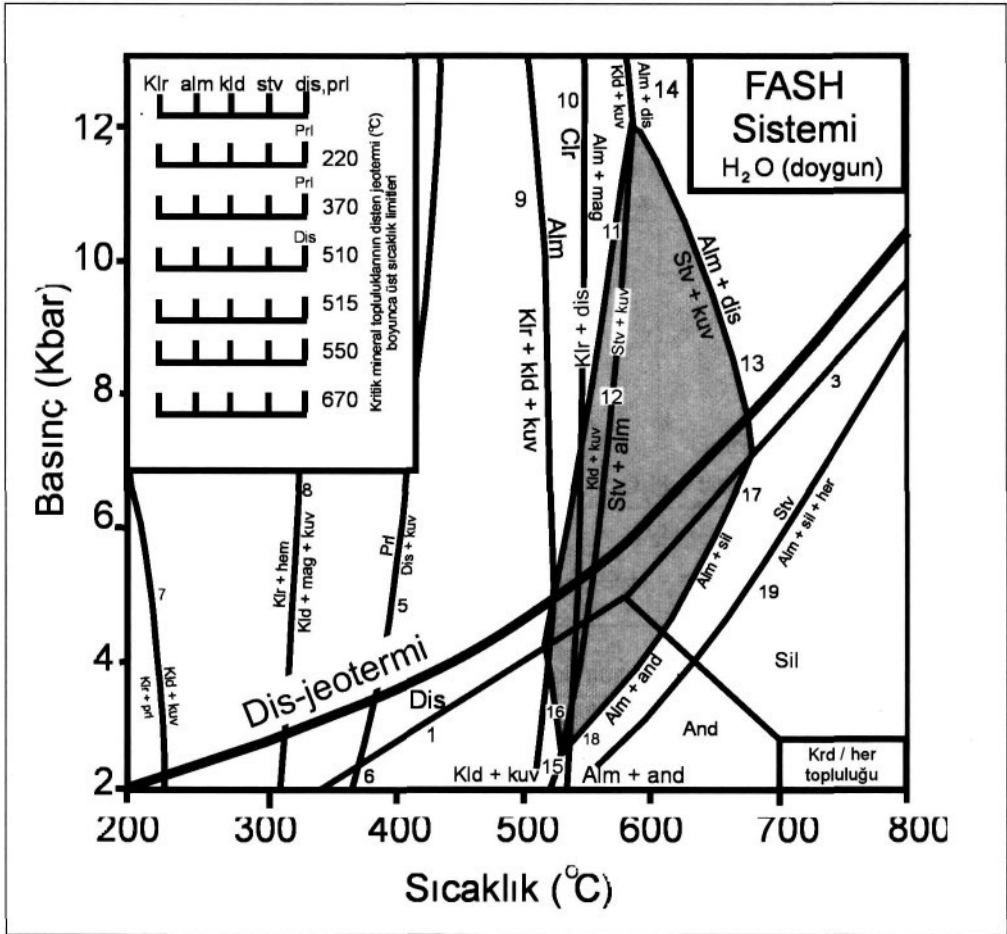
indeks mineral/er "stavrolit + granat" ve FASH sistemi.- Stavrolit ve granat minerallerinin oluşum koşulları ile duraylılık alanlarını gösteren FASH sistemi (Bucher and Frey, 1994), ASH sistemine FeO bileşeninin katılımıyla değerlendirilmektedir.

FASH sistemi (Şek. 5) ve Çizelge 3 de yer alan reaksiyonlar incelendiğinde granat (almandin) minerali reaksiyon (9)'a göre yaklaşık 510 °C'de "klorit + kloritoyid + kuvars" reaksiyonu sonucunda oluş-

maktadır. Aynı sıcaklık koşullarında reaksiyon (11) e göre "kloritoyid + disten" reaksiyonu ile stavrolit minerali meydana gelmektedir. Stavrolit ve granat (almandin) minerallerinin ilk oluşumu yeşilüst fasiyesinden (düşük basınç-düşük sıcaklık) ya da düşük mertebeli metamorfizmadan amfibolit fasiyesine (orta-yüksek basınç, orta-yüksek sıcaklık) ya da orta dereceli metamorfizmaya geçişi temsil etmektedir.

inceleme alanında yüzeylenen metapelitlerde bulunan stavrolit ve granat mineralleri, "biyotit + stavrolit", "biyotit + granat", "biyotit + stavrolit + disten" ve "granat + biyotit + stavrolit + disten" topluluklarında yer almaktadırlar. Dolayısıyla burada da her iki indeks mineralin, içinde buldukları mineral topluluklarında yer alan diğer minerallerle karşılaştırılmalı olarak irdelenmesi ve daha sonra gerçekleşen metamorfizma koşulları hakkında bir sonuca varılması uygun olacaktır.

indeks mineraller "biyotit-muskovit" ve KNFASH sistemi.- inceleme alanında bulunan metapelitlerde yaygın olarak yer alan mika mineralleri, biyotit ve muskovittir. FASH sistemine K ve Na bileşenlerinin katılımıyla oluşan KNFASH sistemine ait faz diyagramı (Şek. 6) ve Çizelge 4 de yer alan reaksiyon (21) incelendiğinde "K-feldispat + klorit" topluluğunun "biyotit + muskovit" topluluğunu oluşturduğu gözlenmektedir. Burada biyotit mineralinin



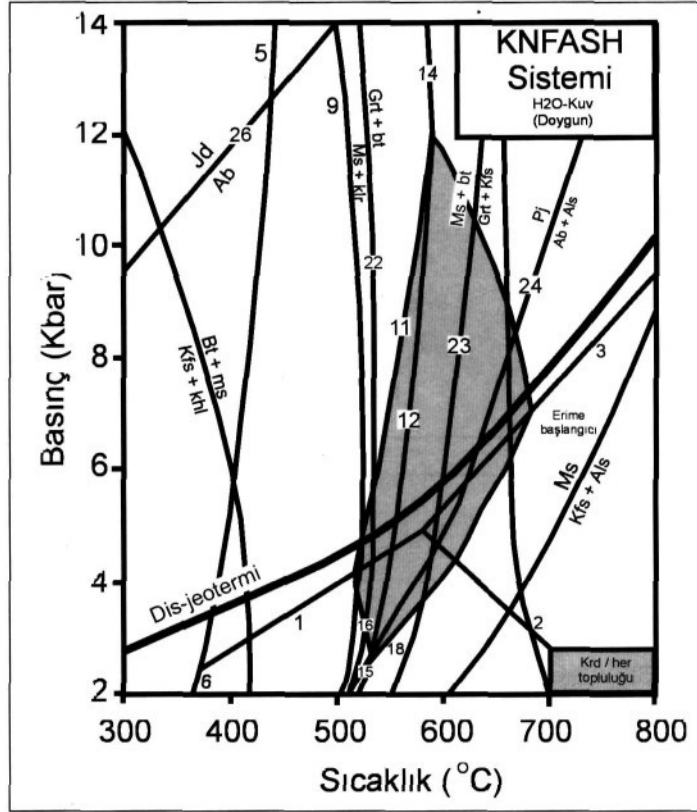
Şek. 5- FASH sisteminde denge konumları (gölgeli alan stavrolit + kuvars topluluğunun duraylılık alanını göstermektedir (Bucher ve Frey, 1994).

mikroskop altında yeşil renk tonlarında görülebileceği ve oluşum sıcaklığının yaklaşık olarak 400 °C'ye karşılık geldiği ifade edilmektedir (Bucher and Frey, 1994). Mineralojik ve petrografik incelemeleri yapılan örneklerde "biyotit (yeşil) + muskovit" topluluğuna yaygın olarak rastlanılmaktadır. Metapelitlerde yapılan bu incelemelerde, klorit mineraline birincil olarak rastlanılmamış olması, "biyotit + muskovit" topluluğunun, inceleme alanındaki metapelitlerde en düşük metamorfizma koşullarını temsil ettiğini ve düşük mertebeli metamorfizmanın (yeşilist fasiyesi) üst sınırına karşılık gelen yaklaşık 400 °C sıcaklık ve 3-4 Kb arasında değişen basınç koşullarında oluştuklarını ifade etmektedir.

Çalışma alanında Kazıkgeçmez tepe (J35-b1)

civarından alınan "disten-mika-gneys" örneğinin mikroskopik incelemelerinde "biyotit (yeşil) + muskovit + disten" topluluğu belirlenmiştir. Bu topluluğun oluşum koşulları, KNFASH sisteminde (Şek. 6) "biyotit + muskovit" eğrisi ile "disten jeotermi"nin ara kesit noktasını temsil etmektedir. Metapelitlerde etkili olan metamorfizmada basınç ve sıcaklık artışının yani progresif gelişimin ilk göstergesi olan bu noktada sıcaklık değeri yaklaşık 410 °C, basınç değeri ise yaklaşık 3.7 Kb civarındadır.

Çizelge 4 de yer alan reaksiyon (22) incelendiğinde "biyotit + granat" topluluğunun "muskovit + klorit + kuvars" reaksiyonu ile meydana geldiği anlaşılmaktadır. Şekil 6 daki faz diyagramı irdelendiğinde bu reaksiyonun basınca bağlı olmadığı ve



Şek. 6- KNFASH sisteminde denge durumu ve mika reaksiyonları (Bucher and Frey, 1994).

yaklaşık 520 °C'de gerçekleştiği görülmektedir, inceleme alanında rastlanan en yaygın parajenez "biyotit + granat" topluluğudur (Şek. 2). Daha önce irdelenen FASH sistemi (Şek. 5) ve bu sisteme ait reaksiyonlara (Çizelge 3) tekrar dönüldüğünde biyotit minerali ile topluluk oluşturan stavrolit ve granat (almandin) minerallerinin reaksiyon (12) ye göre "kloritoid + kuvars" reaksiyonu ile yaklaşık 550 °C'de daha önceden mevcut olan biyotit minerali ile birlikte "biyotit + stavrolit + granat" parajenezini oluşturdıkları gözlenmektedir, inceleme alanında kloritoid mineraline rastlanmamaktadır, inönü köyünün kuzeydoğu kesimlerinde (J35-b1) belirlenen bu parajenez metamorfizmanın progresif niteliğini ortaya koyan bir diğer bulgudur. Aynı yörede belirlenen "stavrolit + disten + biyotit + granat" topluluğu orta mertebeli metamorfizmanın (amfibolit fasiyesi) yüksek sıcaklık-yüksek basınç aralığına karşılık gel-

mekte ve stavrolitin ortadan kaybolduğu sıcaklık olan yaklaşık 670 °C'nin altında bir sıcaklık ile 5 Kb'nin üzerindeki basınç koşullarını temsil etmektedir.

Şekil 6 daki KNFASH sistemi ve Çizelge 4'de yer alan reaksiyon (25), kuvarsin mevcudiyeti durumunda, muskovit mineralinin duraylılık alanındaki en üst sınırı ifade etmektedir. Burada "muskovit + kuvars" reaksiyonu ile "K-feldispat (ortoklaz) + sillimanit" topluluğu oluşmaktadır. Ancak reaksiyon (24) e göre alüminyum silikat polimorfuna albit eşlik etmektedir. Reaksiyon (24) ve reaksiyon (25) sonucunda oluşan mineral topluluğunda alüminyum silikat polimorfuna eşlik eden mineral topluluğu "K-feldispat + albit + kuvars" mineralleridir, inceleme alanında Kaletpe köyünün kuzeydoğu kesiminden alınan sillimanit-mika-gnays örneğinde belirlenen "sillimanit + ortoklaz + andezin + kuvars" topluluğu sı-

Çizelge 3- FASH sisteminde reaksiyonlar (Bucher and Frey, 1994).

Klorit (Klr)	$Fe_5Al_2Si_3O_{10}(OH)_8$
Kloritoyid (Kld)	$FeAl_2Si_6(OH)_2$
Stavrolit (Stv)	$Fe_4Al_{18}Si_{7.5}O_{44}(OH)_4$
Almandin (Alm)	$Fe_3Al_2Si_3O_{12}$
Hersinit (Her)	$FeAl_2O_4$
Magnetit (Mag)	$FeFe_2O_4$
Hematit (Hem)	Fe_2O_3
(7) $Klr + 4 Prf = 5Kld + 4Kuv + H_2O$	
(8) $Klr + 4Hem = Kld + 4Mag + 2Kuv + 3H_2O$	
(9) $Klr + Kld + 2Kuv = 2Alm + 5H_2O$	
(10) $3Klr = 3Alm + 2Mag + 12H_2O (+KFM)$	
(11) $8 Kld + 10 Dis = 2Stv + 3Kuv + 4H_2O$	
(12) $23Kld + 7Kuv = 2Stv + 5Alm + 19H_2O$	
(13) $75Stv + 312Kuv = 100Alm + 575Dis + 150H_2O$	
(14) $3Kld + 2Kuv = Alm + 2Dis + 3H_2O$	
(15) $3Kld + 2Kuv = Alm + 2And + 3H_2O$	
(16) $8Kld + 10And = 2Stv + 3Kuv + 4H_2O$	
(17) $75Stv + 312Kuv = 100Alm + 575Sil + 150H_2O$	
(18) $75Stv + 312Kuv = 100 Alm + 575And + 150H_2O$	
Stavrolit dekompozisyonu (kayaçta kuvars serbest)	
(19) $2Stv = Alm + 12Sil + 5Her + 4H_2O$	
(20) $2Stv = Alm + 12And + 5Her + 4H_2O$	

caklık artışının devam ettiğini gösteren bir bulgudur. Burada stavrolit mineralinin tamamen ortadan kaybolması ve "sillimanit (veya disten) + K-feldispat + andezin + kuvars" topluluğunun ortaya çıkması, ortamda erime başlangıcına kadar ulaşan yüksek sıcaklık metamorfizmasının gerçekleştiğini, sıcaklığın 700 °C'nin üzerinde bir değere ulaştığını göstermektedir.

Yukarıda değinilen indeks mineraller, mineral

toplulukları ve faz diyagramlarına göre bunların temsil ettiği metamorfizma koşullarının ortamdaki fiziksel ve kimyasal parametrelere bağlı olarak, zaman ve mekân içinde değişim gösterdiği ortaya çıkmaktadır. Bu değişimin özellikle ortamda progresif olarak gelişen sıcaklık ve basınç artışına bağlı olduğu anlaşılmaktadır. Bu progresif gelişimi ifade eden "indeks mineraller" ve "mineral topluluklarının, inceleme alanında yer alan metapelitlerde ortaya çı-

Çizelge 4- KNFASH sistemindeki önemli reaksiyonlar (Bucher and Frey, 1994).

Biyotit (Bt)	$KFe_3AlSi_3P_{10}(OH)_2$
Muskovit (Ms)	$KAl_3Si_3O_{10}(OH)_2$
Paragonit (Pa)	$NaAl_3Si_3O_{10}(OH)_2$
K-feldispat (Kfs)	$KAlSi_3O_8$
Albit (Ab)	$NaAlSi_3O_8$
Yadeyit (Yd)	$NaAlSi_2O_6$
Granat (Grt)	
Aluminyum silikat (Als)	
(21) $3Klr + 8Kfs = 5Bt + 3Ms + 9Kuv + 4H_2O$	
(22) $Ms + 3Klr + 3Kuv = 4Alm + Bt + 12H_2O$	
(23) $Ms + Bt + 3Kuv = Alm + 2Kfs + 2H_2O$	
(24) $Pa + Kuv = Ab + Als + H_2O$	
(25) $Ms + Kuv = Kfs + Als + H_2O$	
(26) $Yd + Kuv = Ab$	
KNFASH sisteminde devamlı olmayan reaksiyonlar	
(27) $Kld = Stv + Grt + Klr$	
(28) $Grt + Klr = Stv + Bt$	
(29) $Stv + Klr = Bt + Als$	
(30) $Stv = Grt + Bt + Als$	
(31) $Stv + Bt = Grt + Als$	
(32) $Stv + Klr = Als + Grt$	
(33) $Grt + Klr = Bt + Als$	

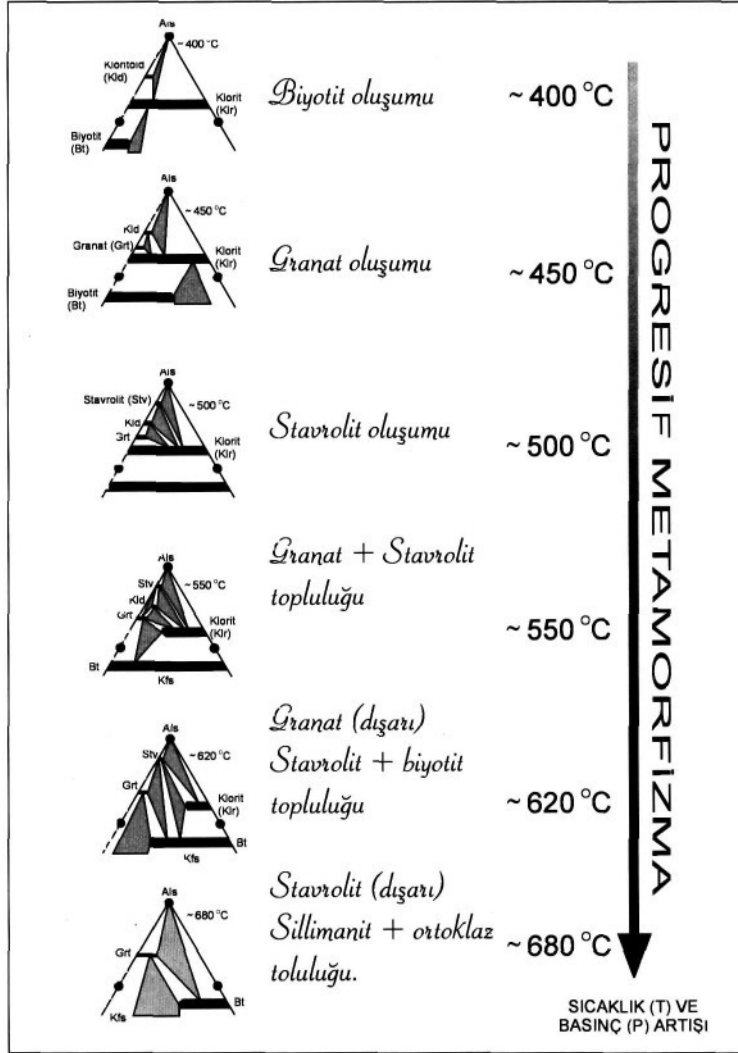
kışlarını ve oluşum koşullarını AFM diyagramları üzerinde progresif oluşum sırasıyla ifade etmek yerinde olacaktır (Şek. 7).

Çalışma alanında yüzeylenen metapelitlerde gözlenen ve Şekil 7 deki AFM diyagramlarında rejyonel metamorfizmanın progresif gelişimini ifade eden mineral ve mineral toplulukları, inceleme alanında Şekil 8 de yer alan progresif oluşum sırasını izlemektedirler.

Semi-metapelitler ve metakarbonatlar

inceleme alanında yüzeylenen ve semi-metapelitler olarak tanımlanan kalksilikatik gnayslar, kalkşistler ile metakarbonatlar başlığı altında toplanan mermerlerin mineralojik bileşimlerinde yer alan ve metamorfizma koşulları hakkında bilgi veren indeks mineraller, bu bölümde de deneysel çalışmalara dayanan faz diyagramları kullanılarak irdelenecek ve petrolojik yorumlara gidilecektir.

Çalışma alanındaki kalksilikatik gnayslarda,

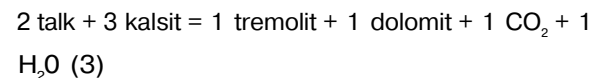
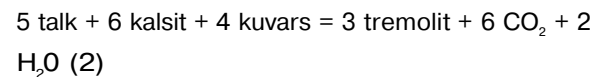
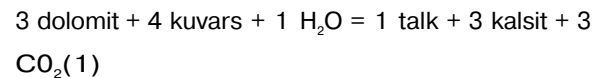


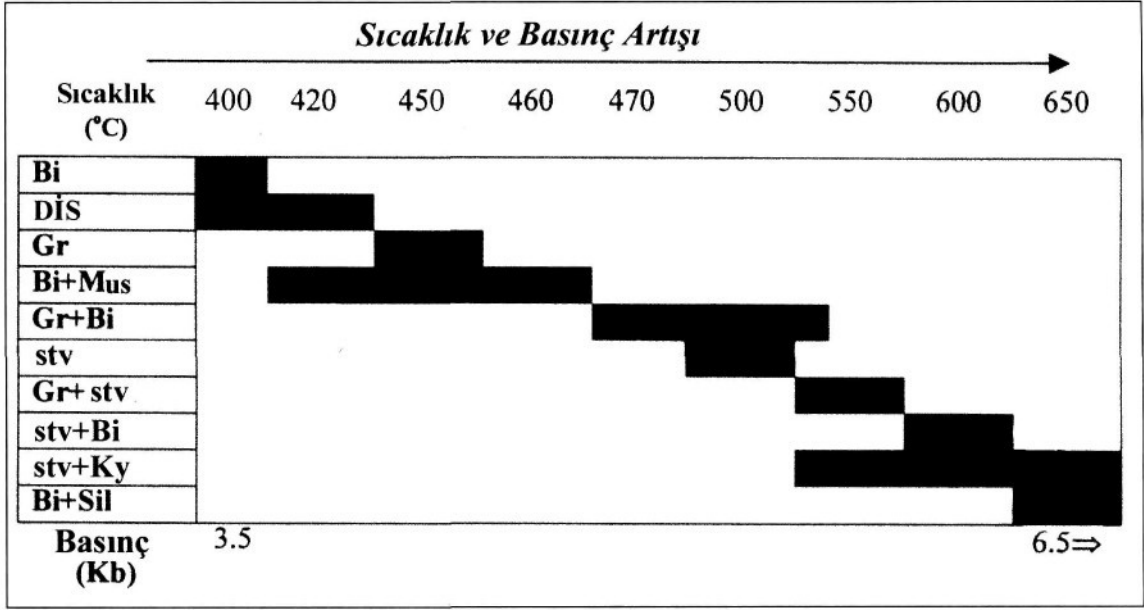
Şek. 7- İnceleme alanındaki metapelitlerde metamorfizmanın progresif gelişimi (AFM diyagramları; Bucher and Frey, 1994).

Kalkıştelerde ve mermerlerde rastlanan ve petrolojik yorumlamalara esas olan indeks mineraller, kalsit, plajiyoklaz, diyopsit, skapolit, hornblend, klorit, tremolit, talk ve biyotit mineralleri ile bunların oluşturduğu mineral topluluklarıdır. Bu mineral türlerine birçok örnekte kuvars, titanit, apatit ve epidot minerallerinin de eşlik ettiği gözlenmektedir.

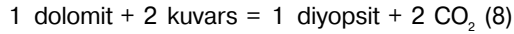
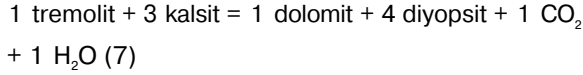
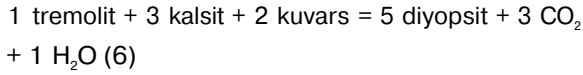
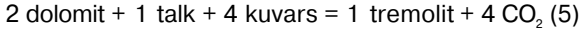
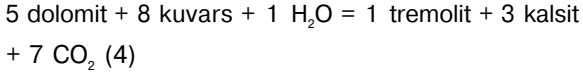
Bu bölümde öncelikle CaO-MgO-SiO₂ ana bileşenlerine sahip olan ve inceleme alanındaki karbonatlı kayaçların indeks minerallerinden olan talk, tremolit ve diyopsit minerallerinin oluşumları ve sonuçta ortaya çıkan mineral parajenezlerine değinile-

cektir. Turner (1968), Metz ve Trommsdorff (1968) tarafından yapılan deneysel çalışmalar sonucunda, kuvars, dolomit, kalsit, talk, tremolit ve diyopsit minerallerinin yer aldığı aşağıdaki reaksiyonlar belirlenmiştir (Winkler, 1976):

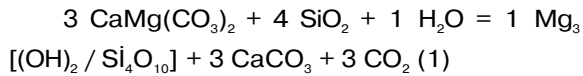




Şekil 8- Çalışma alanındaki metapelitlerde rastlanan mineraller ve mineral topluluklarının progresif oluşum sırası.



İlk olarak Metz ve Trommsdorff (1968) tarafından hazırlanan daha sonra Metz (1970), Metz ve Puhan (1970, 1971) tarafından yapılan deneysel çalışmalarla güncelleştirilen Şekil 7 incelendiğinde "talk + kalsit" parajenezi ilk olarak aşağıdaki eşitliğe göre, yaklaşık 400 °C nin üzerinde bir sıcaklıkta ve düşük basınç koşulları altında, dolomit ve kuvarsin reaksiyona girmesiyle oluşmaktadır.

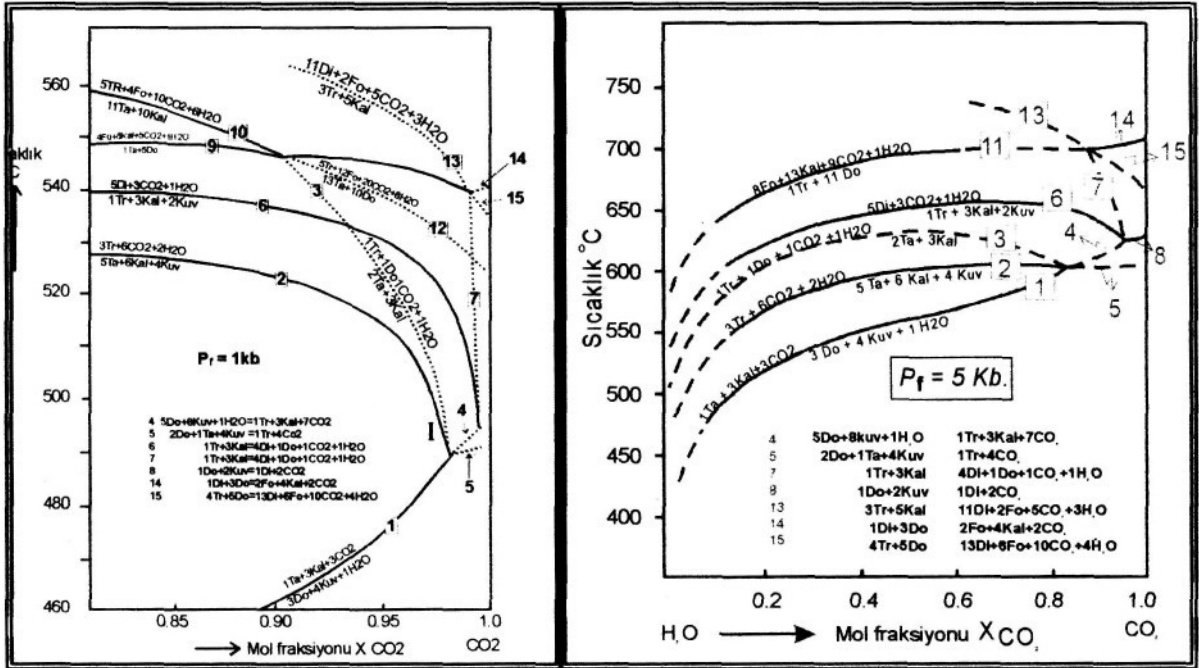


Steck (1969), Puhan ve Hoffer (1973) tarafından G. Afrika'daki Damara kuşağında, Trommsdorff (1972) tarafından ise Alp'lerde yapılan araştırma ve

gözlemlerde bölgesel metamorfizmanın ilk ürünü olarak talk mineralinin oluştuğu belirtilmektedir, inceleme alanında Sıraalan tepenin (J 35-b2) güneydoğu kesimlerinde yüzeylenen Semi-metapelitik türevlerde ortaya çıkan talk mineraline kalk-şist türevlerinde ve "talk + tremolit + kalsit" topluluğunda rastlanmaktadır.

Şekil 9 daki denge diyagramında 2 no'lu reaksiyon temsil ettiği "talk + tremolit + kalsit" topluluğunun duraylılık koşulları akışkan fazın bileşimindeki X_{CO_2} miktarına bağlı olarak değişim göstermektedir. Ancak $P_1 = 1$ kbar ve $P_1 - 5$ kbar basınçlar altında X_{CO_2} miktarı 0.2-0.8 arasında değişse bile bu topluluğun oluşum sıcaklığı 490-600 °C sıcaklık aralığı içinde kalmaktadır. Toplam akışkan faz basıncı ve X_{CO_2} miktarının bilinmemesi nedeniyle burada bu mineral topluluğunun oluşum sıcaklığı hakkında kesin bir değer vermek olası değildir.

Çalışma alanının doğu kesimlerinde Sıraalan tepede (J35-b2) yüzeylenen metakarbonatlardan tremolit-mermerlerde sıcaklık artışına bağlı olarak ortaya çıkan "tremolit + kalsit + kuvars" topluluğuna, çalışma alanındaki mermerlerde, yer yer diyopsit mineralinin de katılması sıcaklığın yaklaşık 540 °C'ye



Şek. 9- CaO, MgO, SiO₂ ve H₂O bileşenlerinden türeyen mineral reaksiyonlarına ait izobarik T-X_{CO2} diyagramı (Winkler, 1976).

doğru yükseldiğini ifade etmektedir. Şekil 9 incelendiğinde bu parajenezin oluşumunun da toplam akışkan faz basıncına ve X_{CO2} miktarına bağlı olduğu görülmektedir. Diyopsit minerali veren bu reaksiyonun (6) oluşum sıcaklığı, talk minerali veren (2) numaralı reaksiyonun oluşum sıcaklığından yüksektir. Bu durum 540°C nin üzerindeki sıcaklıklarda duraylı mineral topluluğunun "diyopsit + tremolit + kalsit + kuvars" olduğunu göstermektedir. Kalksistlerde ve/veya mermerlerde diyopsit mineraline yer yer rastlanırken forsterit mineralinin gözlenmemiş olması, sıcaklığın 600-700 °C nin üzerine çıkmadığının göstergesidir.

inceleme alanındaki karbonatlı ve yarı karbonatlı kayaç türlerinde rastlanan "kalsit + plajiyoklaz" topluluğu da metamorfizma koşullarını ifade eden bir diğer mineral topluluğudur. Wenk (1962) tarafından İsviçre Alp'lerinde yapılan araştırmalar sırasında progresif metamorfizma sırasında sıcaklık artışına bağlı olarak "kalsit + plajiyoklaz" topluluğunda yer alan plajiyoklaz mineralinin anortit içeriğinin artış gösterdiği belirlenmiştir. Çalışma alanında yü-

zeylenen kalksilikatik gnays ve kalksist türlerinde de gözlenen "kalsit + plajiyoklaz" topluluğu, orta mertebeli metamorfizma koşullarını ifade eden bir topluluk olarak ortaya çıkmaktadır.

Ortaköy, Çukurören mahallesi ve Sazak tepe (J35-a.) yörelerinde yüzeylenen kalksilikatik gnays türlerinin tipik mineral topluluğu ise "plajiyoklaz + diyopsit + skapolit + kalsit + hornblend (yeşil)" topluluğudur. Bu toplulukta özellikle skapolit mineralinin yer alması orta-yüksek mertebeli metamorfizmanın göstergesi olarak değerlendirilmektedir.

Çalışma alanında yer alan karbonatlı ve yarı karbonatlı litoloji türlerinde belirlenen mineraller ve mineral toplulukları da metapelitik türevlerde olduğu gibi progresif nitelikli bölgesel metamorfizmanın gelişimini ortaya koymaktadır. Akışkan toplam basıncına (P_f) ve X_{CO2} miktarına bağlı olarak 4-5 kbar basınç altında ve 450-600 °C sıcaklık aralığında ortaya çıkan, "talk => tremolit => diyopsit" oluşum sırasının izlendiği, forsterit ve vollastonit minerallerinin görülmediği, orta-yüksek mertebeli metamorfizma-

nın gerçekleştiği anlaşılmaktadır.

Metabazitler

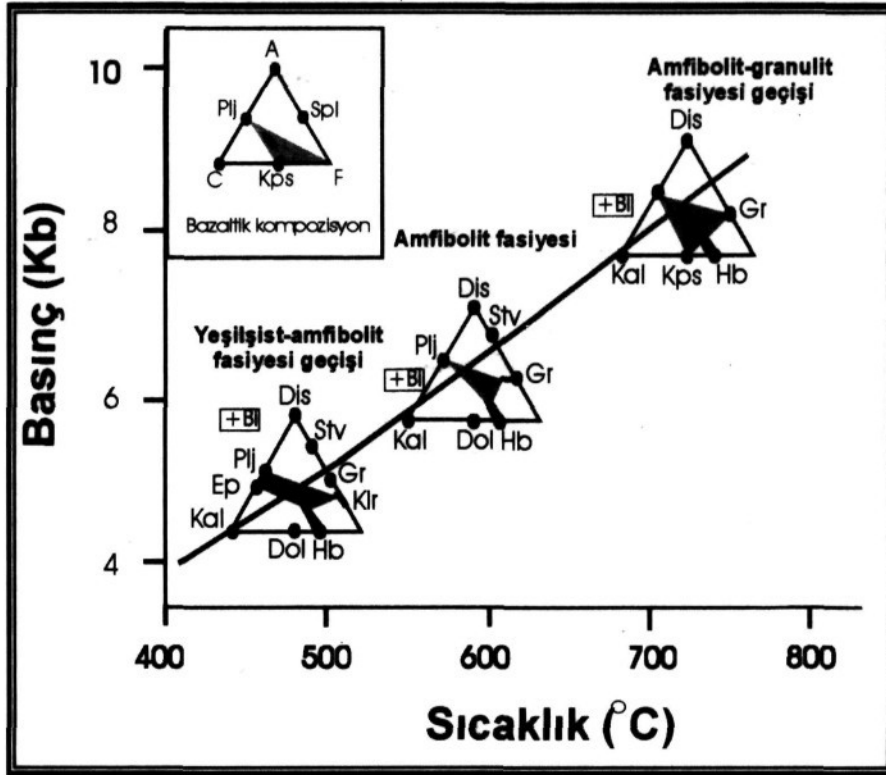
Çalışma alanındaki metapelitik birimler içerisinde mercerler veya ara seviyeler halinde bulunan ve metabazitler olarak adlandırılan amfibolitlerin indeks mineralleri plajiyoklaz, hornblend, granat ve epidot mineralleridir. Bu minerallere apatit, titanit, kuvars, biyotit ve opak mineraller de yer yer eşlik etmektedir.

Mineralojik bileşim/erinin *dışında* jeolojik konumları dikkate alındığında, diğer metasedimanter birimler gibi belirli bir litostratigrafik düzene sahip olmadıkları ve hemen her litoloji birimi içerisinde düzensiz mercerler oluşturdukları, boyutlarının birkaç metreden birkaç on metreye kadar değişim gösterdiği belirlenmiştir. Esasen magmatik kökenin ifadesi olan bu göstergeler ile Sağiroğlu (1982) tarafından yapılan kimyasal incelemeler sonucunda masifte yer alan amfibolit grubu kayaçların magmatik ko-

kenli oldukları anlaşılmaktadır.

Araştırmacı tarafından amfibolitlerin kökeninin belirlenmesine yönelik olarak yapılan bu çalışmada amfibolit örneklerinin kimyasal analizleri yapılmış, Nigglı değerleri hesaplanarak Leake (1964) tarafından hazırlanan diyagramlarda "bazik magmatik kayaçlar" bölgesine düştükleri belirlenmiştir (Sağiroğlu, 1982).

Çalışma alanından derlenen amfibolit örneklerinde metamorfizma koşullarını yansıtan indeks mineral/er, özellikle andezin bileşimli plajiyoklazlar ve yeşil renkli hornblend mineralleri ile bunlara eşlik eden granat, biyotit ve epidot minerallerinden oluşan "plajiyoklaz (andezin) + hornblend ± granat ± biyotit ± epidot" topluluğunu meydana getirmektedir. Amfibolit fasiyesinin başlangıç koşullarında ve yaklaşık 550 °C ye kadar olan sıcaklık koşullarında "plajiyoklaz + hornblend" topluluğuna eşlik eden klorit mineralinin incelenen amfibolit örneklerinde gözlenmemesi, ancak granat mineraline rastlanması



Şek. 10- Mafik kayaçların metamorfizması (ACF diyagramı) (Bucher and Frey, 1994).

ve özellikle 650 °C'lik sıcaklık koşullarına ulaşıldığında topluluğa katılabilen diyopsit mineralinin gözlenmemiş olması, Bucher ve Frey (1994) tarafından hazırlanan ACF diyagramına göre (Şek. 10) çalışma alanındaki amfibolitlerin yaklaşık 600 °C sıcaklık ve 6 Kb basınç koşulları altında gerçekleşen bir metamorfizmanın ürünü olduklarını göstermektedir.

SONUÇLAR

inceleme alanında belirlenen mineral topluluklarının (Şek. 2) petrolojik değerlendirmeleri sonucunda, çalışma alanında yer alan metamorfizmanın progresif olarak gelişen dinamo-termal bölgesel metamorfizmanın etkisiyle metamorfizmaya uğradıkları belirlenmiştir. Metapelitik türlerde ortaya çıkan "biyotit, granat, disten, biyotit + muskovit, biyotit + granat, stavrolit, granat + stavrolit, biyotit + stavrolit, stavrolit + disten, biyotit + sillimanit" gibi indeks mineral ve mineral toplulukları metamorfizmanın 400-700 °C sıcaklık ve 3.5-6.5 kb. basic aralığında progresif olarak geliştiğini ortaya koymaktadır. Semimetapelitik türler ile metakarbonatlarda saptanan "talk + tremolit + kalsit, diyopsit + kalsit + tremolit + kuvars, plajiyoklaz + kuvars, plajiyoklaz + diyopsit + skapolit + kalsit + hornblend" toplulukları da metamorfizmanın progresif gelişimi ile ortaya çıkan ve 350-600 °C sıcaklık aralığında orta-yüksek mertebeli metamorfizmayı ifade eden topluluklar olarak belirlenmiştir. Amfibolit türü litolojilerde saptanan "plajiyoklaz (andezin) + hornblend (yeşil) ± granat ± biyotit ± epidot" topluluğu yaklaşık 600 °C sıcaklık ve 6 kb. basınç koşullarını yansıtmaktadır. Elde edilen tüm petrolojik sonuçlar metamorfizmanın türü ve niteliği açısından birbirlerini destekler niteliktedir.

Yayına verildiği tarih, 14 Şubat 2000

DEĞİNİLEN BELGELER

- Alpaslan, M., 1993, Yıldızeli yöresinin petrografik incelenmesi. Doktora Tezi., C.Ü., 359 s., (yayımlanmamış).
- Bucher, K. ve Frey, M., 1994, Petrogenesis of metamorphic rocks. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 6 th. Ed., 317 p.
- Dökmeci, L., 1980, Akdağmadeni yöresinin jeolojisi: MTA Rap. No. 6953., (yayımlanmamış), Ankara.
- Erkan, Y., 1980, Orta Anadolu masifinin kuzeydoğusunda (Akdağmadeni-Yozgat) etkili olan bölgesel metamorfizmanın incelenmesi: Türkiye Jeol. Kur. Bül., C23,213-218.
- Erler, A. ve Bayhan, H., 1995, Orta Anadolu granitoyitlerinin genel değerlendirilmesi ve sorunları: Yerbilimleri, 17,49-67.
- Ketin, L., 1983, Türkiye jeolojisine genel bir bakış: İTÜ Kütüphanesi, Sayı 1259, 595 s.
- Leake, B.E., 1964, The Chemical distinction between ortho and para-amfibolites: Journal of Petrology, 5, 238-244.
- Metz, P., 1970, Experimental investigation of the metamorphism of silicious dolomites; II. Conditions of diopside formation. Contribution Mineral. Petrol., 28, 221-250.
- ve Trommsdorff, V., 1968, On phase equilibria in metamorphosed silicious dolomites: Contr. Mineral. Petrol., 18, 305-309.
- ve Puhan, D., 1970, Experimentelle Untersuchung der Metamorphose von Kieselig Dolomitschen Sedimenten I. Die Gleichgewichtstaden der Reaktion "3 dolomit + 4 quarz + 1H₂O » 1 talk + 3 calcit + 3 CO₂ für Gesamtgasdrucke von 1000. 3000 and 5000 Bar. Contr. Mineral. Petrol., 26, 302-314.
- ve—————1971, Korrektur zur Arbeit, Experimentelle Untersuchung der Metamorphose von Kieselig Dolomitschen Sedimenten I. Die Gleichgewichtstaden der Reaktion "3 dolomit + 4 quarz + 1H₂O «• 1 talk + 3 calcit + 3 CO₂ für Gesamtgasdrucke von 1000, 3000 and 5000 Bar. Contr. Mineral. Petrol., 31, 169-170.
- Özcan, A., Erkan, A.; Keskin, E.; Oral, A.; Sümengen, M. ve Tekeli, O., 1980, Kuzey Anadolu fayı-Kırşehir masifi arasının temel jeolojisi: MTA Rap. No. 1604., (yayımlanmamış), Ankara.
- Özer, S. ve Göncüoğlu, M.C., 1982, Orta Anadolu Masifi doğusunda (Akdağmadeni-Yıldızeli) ilginç metamorfik parajenezler: MTA Derg., 95/96, s. 173-174.
- Pollak, A., 1958, 1957 Yılında Akdağmadeni-Yıldızeli sa-

- hasında yapılan prospeksiyon hakkında Rapor: MTA Rap. No. 2321., (yayımlanmamış), Ankara.
- Puhan, D. ve Hoffer, E., 1973, Phase relations of talc and tremolite in metamorphic calcite-dolomite sediments in the southern portion of the Damara Belt (SW Africa). *Contr. Mineral. Petrol.*, 40, 207-214.
- Sağıroğlu, A., 1982, Contact metasomatism and ore deposition of lead-zinc deposits of Akdağmadeni, Yozgat, Turkey: Londra Üniversitesi Ph. D. Thesis., 324 p., (yayımlanmamış).
- Steck, A., 1969, Kaledonische Metamorphose. NE-Gronland, Habilitationsschrift, Basel.
- Şahin, M. B., 1991, Başçatak köyü (Akdağmadeni-Yozgat) doğusunun jeolojik ve petrografik özelliklerinin incelenmesi: H.Ü. Fen Bilimleri Enst., Yüksek Mühendislik Tezi, 68 s., (yayımlanmamış).
- , 1999, Akdağmadeni Masifi Metamorfittleri, Evciler-Çatköy kesiminin mineralojik ve petrolojik özelliklerinin incelenmesi: H.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi. 105 s., (yayımlanmamış).
- ve Erkan, Y., 1994, Petrological features of the metamorphics of the Yukarıçulhalı-Başçatak segment of the Akdağmadeni Massif: *Buletin of MTA*, 116,39-46.
- Tolluoğlu, A.Ü. ve Erkan, Y., 1989, Regional progressive metamorphism in the Central Anatolian Crystalline Basement, NW Kırşehir Massif, Turkey: *METU Journal of Pure and Applied Sci.*, 22/3, 19-41.
- Trommsdorff, V., 1972, Change in T-X During metamorphism of silicious dolomitic rocks of the Central Alps: *Schweiz. Mineral. Petrog. Mitt.*, 52, 567-571.
- Turner, F.J., 1968, *Metamorphic Petrology*: McGraw-Hill Book Comp., New York.
- Tülümen, E., 1980, Akdağmadeni (Yozgat) yöresinde petrografik ve metalojenik incelemeler: Doktora Tezi, KTÜ Yer Bilimleri Fakültesi, 157 s., (yayımlanmamış).
- Vache, K., 1963, Akdağmadeni kontakt yatakları ve bunların Orta Anadolu kristalinine karşı olan jeolojik çerçevesi: *MTA Derg.*, 60, 22-36.
- Wenk, C., 1962, Plagioclase als index mineral in den Zentralalpen: *Miner. Petrog. Mitt.*, 42, 139-107.
- Winkler, H.G.F., 1976, *Petrogenesis of metamorphic rocks*: 4 th Ed., Springer Verlag, New York, 334 p.
- Yılmaz, A., Uysal, Ş., Yusuf oğlu, H., Ağan, A., İnal, A., Aydın, N., Bedi, Y., Havzoğlu T., Göç, D., İnal, E. ve Erkan, E.N., 1994, Akdag Masifi (Sivas) dolayının jeolojik incelenmesi: MTA Rap. No. 9721., (yayımlanmamış), Ankara.