

## MUŞ-KIZILAĞIÇ METAGRANİTİNİN BAŞKALAŞIMI VE YAŞI

M. Cemal GÖNCÜOĞLU\*

ÖZ.— Bitlis metamorfiteri içine Orta Devoniyen ile Alt Permiyen arasında yerleşmiş bulunan Muş-Kızılağaç lökogramiti Alt Türoniyende (95 my), içinde bulunduğu kıtasal kabuğun sıkışması ile kataklastik metamorfizmaya uğramıştır. Orta basınç, düşük/orta sıcaklıkta gerçekleştiği düşünülen bu metamorfizma granitin ilksel mineralojik birleşimini ve dokusunu yer yer tümü ile silerek kuvars-feldispat-fengit gnaysların oluşumuna yol açmıştır. Üst Kampaniyende (75 my), Bitlis metamorfiterinin üzerine yerleşen ofiyolit napı metagranitin gömülerek yeniden ısınmasına neden olmuştur.

### GİRİŞ

Bitlis metamorfik kuşağı içinde başlıca Bingöl güneyinde, Muş güneybatısında, Mutki güneyinde ve Hizan yöresinde olmak üzere yaygın asit İntruzif kayalar yüzeylenmektedir. Bunlardan Muş-Kızılağaç çevresinde yer alan granit birleşimli kayalar yaklaşık 250 km<sup>2</sup> lik yayılımları ile Bitlis metamorfiteri içindeki en büyük asit magmatik kütleli oluşturmaktadırlar. Bu kütle Muş-Kızılağaç metagraniti olarak adlandırılmış, haritalanmış ve incelenmiştir (Şek. 1).

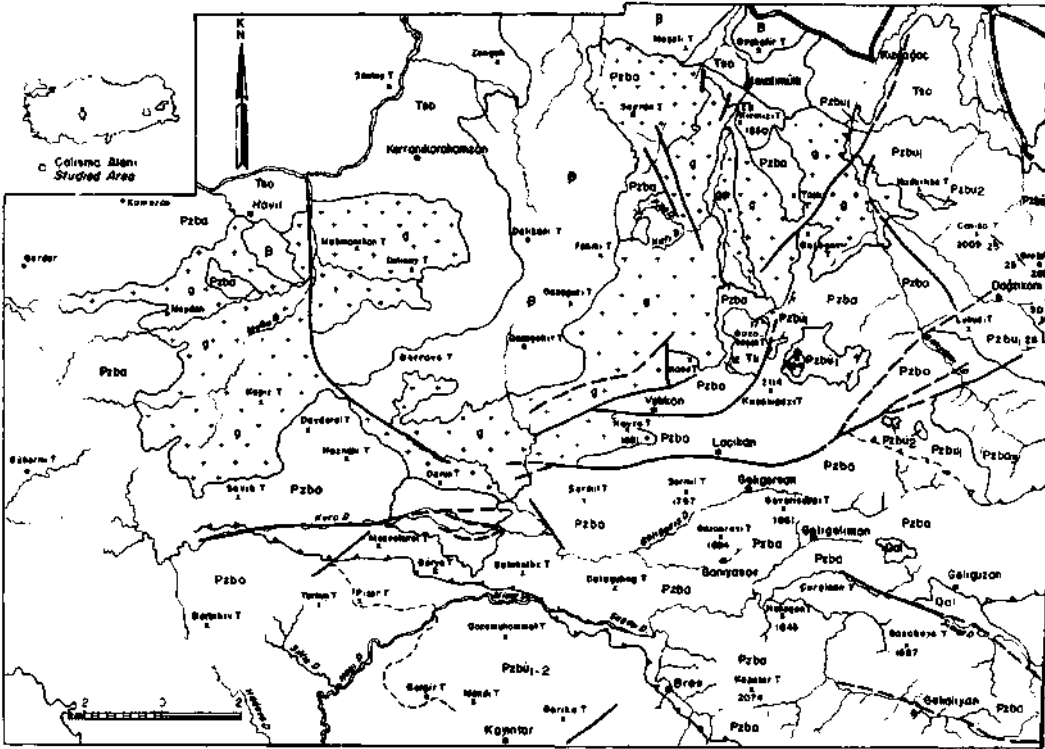
Muş-Kızılağaç metagraniti genelde alt birlik içinde (Göncüoğlu ve Turhan, 1983) yer almaktadır ve çevre kayaları ile çoğun tektonik dokanaktır. Çalışma alanında Koçakigazi tepede metagranitin Mutki grubunun alt kesiminde yer alan mermerleri kestiği görülür. Bu olgu Bitlis metamorfiteri içinde başka yerlerde de izlenmektedir (Kesendere, Mutki KB sı, Merment GD su). Kesilen mermerler Bitlis doğusunda Orta Devoniyen fosilleri kapsar (Göncüoğlu ve Turhan, 1983).

Çatak güneybatısında Kaçit köyü batısında ise Mutki grubunun en alt formasyonunu oluşturan — metagranit ile kesilmiş metakumtaşı ve mermerden oluşma — birim üzerine gelen rekristalize kireçtaşlarının tabanında granit çakılları görülmektedir. Bu rekristalize kireçtaşları içinde Bitlis metamorfik kuşağının pek çok yerinde Alt Permiyen yaşı veren fosillere rastlanır (Göncüoğlu ve Turhan, 1983).

Bu jeolojik veriler Bitlis metamorfik kuşağı içinde yer alan metagranitlerin intruzyonlarının Orta Devoniyen-Alt Permiyen konağında gerçekleştiğini gösterir. Öte yandan Yılmaz (1971), Bitlis metamorfik kuşağının güney kesiminde Cacas yöresinde yaptığı çalışmada granitlerin Hersiniyen örojenezinin Südet fazında (345 my) yerleştiğini öne sürmektedir. Eksik verilerle belirlenen ancak jeolojik bulgularımızla uyuşan bu yaşın, yazarın daha sonraki revizyon çalışmasında (Yılmaz ve diğerleri, 1981) kuramsal olduğu belirtilmiş, gerçek yaşın 570 my ile 100 my arasında değiştiği savunulmuştur. Helvacı (1983), Bitlis metamorfik kuşağı doğu kesiminde yer alan Yayla granitinin intruzyon yaşını kötü tanımlanmış (poorly defined) bir Rb/Sr izokronu ile 347+52 my olarak vermektedir. Avnik granitinin intruzyon yaşının ise 425 ile 250 my arasında olduğu ileri sürülmektedir. Bu yaşlar Bitlis kuşağı içindeki asit İntruzif kayaların büyük olasılıkla aynı magmatizma evresine bağlı olduğunu göstermektedir.

Muş-Kızılağaç metagranitinin metamorfizma yaşına ilişkin jeolojik veriler çok geniş bir zaman aralığında verilebilmektedir. Metagranitin içinde yer aldığı Bitlis metamorfik kuşağında metamorfizma geçirmiş en genç birimi Triyas yaşlı volkanosedimenter kayalar oluşturur (Savcı ve diğerleri, 1979). Öte yandan Bitlis metamorfik kuşağı üzerinde yer alan Üst Mestrihtiyen yaşlı filiz (Meriç, 1973) metamorfizma göstermez. Bu durumda metamorfizmanın Triyas ile Üst Mestrihtiyen arasında gerçekleşmiş olması gerekmektedir.

\* Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, Temel Araştırmalar Dairesi, Ankara,



Şek. 1 - Muş-Kızılağaç yöresi jeoloji haritası.

Pzba - Hizan grubu; Pzba<sub>1</sub> - Ohin şistleri; Pzbü<sub>1</sub> - Meydan fm.; Pzbü<sub>2</sub> - Çırrık kıt.; Tk - Kızılağaç fm.; Tso - Solhan fm.; P - Bazalt.

Yukarıda sözü edilen, jeolojik verilerle belirlenen yaşları denetlemek amacıyla tüm Bitlis metamorfik kuşağındaki en taze yüzeylenimlerin yer aldığı Muş-Kızılağaç güneydoğusundaki Gelialıyan deresinden kuzey-güney doğrultulu bir kesit boyunca örnekleme yapılmış ve bu örnekler Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) Jeokronoloji laboratuvarlarında incelenmiştir.

#### MUŞ-KIZILAĞIÇ METAGRANİTİNİN PETROLOJİSİ VE METAMORFİZMASI

Muş-Kızılağaç metagraniti makroskobik olarak orta taneli, az belirgin foliyasyonlu ve açık renklidir. Uçuk pembe renkli K-feldispat porfiroklastlarının boyu yerel olarak 1 cm yi aşar. Mikroskopta kayada K-feldispat, kuvars, plajiyoklas (An 18), fengitik muskovit, klinozoyisit, biyotit, zirkon, apatit, rutil, manyetit ve pirit izlenir (Çizelge 1). İnce kesitte milonitik doku ve yeniden kristallenme belirgindir.

Çizelge 1 - Muş-Kızılağaç metagraniti modal analizleri

Mineral	BM1a1	BM1a2	BM1b1	BM1b2
Kuvars	37.4	38.7	38.1	39.3
K-feldispat	48.6	49.0	50.2	48.8
Plajiyoklas	8.3	6.1	5.9	6.3
Fengit	5.4	6.1	5.7	5.4
Klinozoyisit	0.2	0.1	0.1	0.2
Rutil	0.1	—	—	—



Şek. 2 - Olasılı biyotitten dönüşme, klinozoyisit ve biyotit kapantuları içeren iri fengit kristalleri.

P-Fengit; Kz-Klinozoyisit; F-Feldispat; Büyültme X75, çapraz nikel

İri pertitik, kısmen albitleşmiş K-feldispat ve iri kuvars porfiroklâstları yaklaşık 0.02 mm boyundaki kuvars ve albit mikroklastlarından oluşma makaslanma zonları ile çevrelenerek kayanın gözlü doku kazanmasına yol açmıştır. Aynı makaslanma zonlarında yaklaşık 0.03 mm boyunda fengit kristalleri yoğunlaşmıştır. Fengite daha iri taneler halinde (0.07 mm) olasılıkla biyotitin dönüşme ürünü olarak rastlanır (Şek. 2). Bu tip fengit içinde submikroskopik biyotit artıkları ile birlikte klinozoyisit ve rutil iğnecikleri izlenebilir. K-feldispatlarda az deforme bölümlerde pertitik doku hâkimdir. Yeniden kristalleşmiş kesimde mikroklin oluşumu görülür. Polisentetik ve Ala tipi ikizlenmenin sıkça görüldüğü plajiyoklastlarda (An 17-19) ikizler bükülmüştür. Bu tip porfiroklastlarda ince taneli beyaz mika (fengit) oluşumu ile birlikte klinozoyisit dönüşümüne rastlanır. Deformasyonun yoğun olduğu makaslanma zonlarında yeniden kristallenmiş kuvars ve albit granoklastları izlenir.

Açık yeşil renkli, hafif pleokroyik fengitik muskovit ( $n_a$  = renksiz,  $n_b$  ve  $n_d$  = açık yeşil) yüksek çift kırılması ile belirgindir. Kimyasal birleşimi ve yapısal formülü Çizelge 3 ve 4 te verilen fengitik muskovit yapıları x-ışınları difraktometresi incelemesine göre  $2M_1$ - tipinde kristallenmiştir. Fengitler muskovit-seladonit katı eriyik sisteminin orta kesiminde yer alırlar (Schaller, 1950). Mac-hatschki formülüne göre hesaplandığında incelenen örnekler % 57 ile % 60 arasında fengit molekülü içerirler. Graeser ve Niggli'ye (1967) göre hesaplanan 2 P değerlerine bakılırsa  $Pha_2$  no. 11 örnek dışında ölçülen örneklerin tümü fengit alanına düşer. Muskovit-fengit geçiş alanına düşen  $Pha_2$  no.11 örnek ise Graeser ve Niggli'nin (1967) analiz dizisinde belirlenen genel gidişin aksine diğer örneklere oranla demirce zengin, magnezyumca ise fakirdir. Ölçülen örnekler RM değerlerine göre ise (Frey ve diğerleri, 1983) yüksek fengit kapsamlıdır (RM = 0.14 - 0.16).

Çizelge 2 - Muş-Kızılağaç metagraniti kimyasal birleşimleri

	<i>BM1a1</i>	<i>BM1a2</i>	<i>BM1b1</i>	<i>BM1b2</i>
SiO <sub>2</sub>	77.34	76.80	76.75	77.58
TiO <sub>2</sub>	0.06	0.05	0.05	0.05
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.48	12.53	12.71	12.35
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.76	1.08	0.94	0.89
MnO	0.01	0.04	0.02	0.01
MgO	0.08	0.02	0.05	0.03
CaO	0.10	0.18	0.20	0.07
Na <sub>2</sub> O	3.96	3.96	3.88	5.00
K <sub>2</sub> O	4.75	4.77	7.75	3.56
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.02	0.02	0.02	0.03
SO <sub>3</sub>	0.01	0.02	0.01	0.02
Rb (ppm)	241	237	247	125
Sr (ppm)	8	6	8	12

### Metamorfizma

Petrografik tanımlamadan anlaşılacağı gibi, granit mineralojik birleşimine sahip inceleme alanı kayaları dinamo-metamorfizma etkisi ile ilksel doku ve mineral birleşimlerini büyük çapta kaybetmiş; deformasyon ve yeniden kristallenmenin yoğun olduğu zonlarda kuvars-mikroklin-albit-fengitşiste dönüşmüştür.

Yeni gelişen parajenezin metamorfizma koşulları açısından kritik mineralini fengitik mika oluşturur. Brovra'a (1968) göre fengitlerin kimyasal birleşimleri kayanın metamorfizma öncesi kimyasal birleşimi yanında büyük çapta metamorfizma koşullarını yansıtmaktadır. Muş-Kızılağaç metagraniti ve içerdiği fengitler Çizelge 2 ve 3 te görüldüğü gibi büyük birleşimsel farklar göstermezler. Bu olgu fengit oluşumuna yol açan PT koşullarının aynı kimyasal birleşimli başlangıç kayasında tekdüze gerçekleştiğini ortaya koymaktadır.

Çizelge 3 - Muş-Kızılağaç metagraniti fengitlerinin kimyasal birleşimleri ve RM-2P parametreleri (2P: Graesser ve Niggli, 1967, RM: Frey ve diğerlerine, 1983 göre hesaplanmıştır)

	<i>Pha1</i>	<i>Pha2</i>	<i>Phb1</i>	<i>Phb2</i>
SiO <sub>2</sub>	48.39	49.84	48.99	53.51
TiO <sub>2</sub>	0.25	0.23	0.34	0.19
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	25.56	25.11	25.28	23.90
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.99	6.64	6.41	5.52
FeO	1.31	1.58	1.37	0.89
MnO	0.07	0.08	0.08	0.02
MgO	2.11	0.97	1.63	1.56
CaO	0.22	0.22	0.31	0.08
Na <sub>2</sub> O	0.25	0.16	0.15	0.21
K <sub>2</sub> O	10.51	9.87	10.13	9.26
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.02	0.02	0.03	0.02
SO <sub>3</sub>	0.07	0.07	0.06	0.03
LQI	5.19	4.85	4.97	5.00
Rb(ppm)	816	741	761	529
Sr(ppm)	6	6	8	10
2P	29.1	19.4	24.9	21.2
RM	0.15	0.16	0.16	0.14

**Çizelge 4 - Muş-Kızılağaç metagraniti fengitlerinin yapısal formülleri  
(22 O bazına göre hesaplanmıştır)**

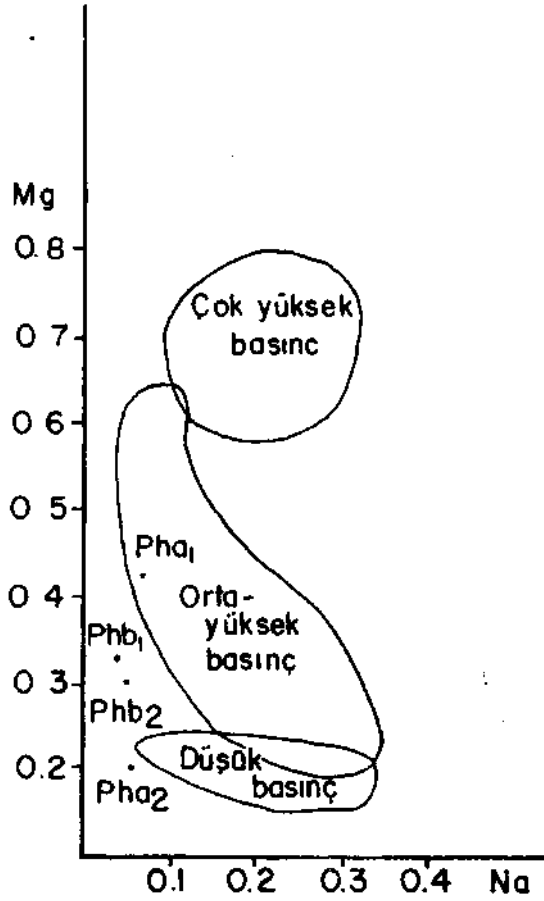
Pha <sub>1</sub> ——	(K <sub>1.84</sub> Na <sub>0.07</sub> Ca <sub>0.03</sub> ) 1.94 $\begin{matrix} +3 \\ (Al_{2.75}Fe_{0.62}Ti_{0.03}Mg_{0.43}Fe_{0.15}Mn_{0.01}) \\ +2 \end{matrix}$ 3.99 Al <sub>1.37</sub> Si <sub>6.63</sub> O <sub>20</sub> (OH) <sub>4</sub>
Pha <sub>2</sub> ——	(K <sub>1.72</sub> Na <sub>0.04</sub> Ca <sub>0.03</sub> ) 1.80 $\begin{matrix} +3 \\ (Al_{2.82}Fe_{0.68}Ti_{0.03}Mg_{0.20}Fe_{0.18}Mn_{0.01}) \\ +2 \end{matrix}$ 3.92 Al <sub>1.21</sub> Si <sub>6.79</sub> O <sub>20</sub> (OH) <sub>4</sub>
Phb <sub>1</sub> ——	(K <sub>1.77</sub> Na <sub>0.04</sub> Ca <sub>0.05</sub> ) 1.86 $\begin{matrix} +3 \\ (Al_{2.76}Fe_{0.66}Ti_{0.04}Mg_{0.33}Fe_{0.16}Mn_{0.01}) \\ +2 \end{matrix}$ 3.96 Al <sub>1.31</sub> Si <sub>6.69</sub> O <sub>20</sub> (OH) <sub>4</sub>
Phb <sub>2</sub> ——	(K <sub>1.58</sub> Na <sub>0.06</sub> Ca <sub>0.01</sub> ) 1.66 $\begin{matrix} +3 \\ (Al_{2.88}Fe_{0.55}Ti_{0.02}Mg_{0.31}Fe_{0.10}Mn_{0.01}) \\ +2 \end{matrix}$ 3.87 Al <sub>0.88</sub> Si <sub>7.12</sub> O <sub>20</sub> (OH) <sub>4</sub>

İnceleme örneklerde uygun kayaç kimyası aşağıda tartışılacak PT koşullarında kayada muskovit yerine; Muskovit+Biyotit+K-Feldispat+Kuvars+Su =; Fengit (v.d. Plas, 1959)

Reaksiyonu ile fengitin gelişmesine yol açmış olduğu düşünülmektedir. Bu yorum özellikle iri fengit blastlarında biyotitin kalıntı olarak izlenebilmesi ile doğrulanır.

Lambert (1959) ve Ernst (1963) ilk araştırmalarında, akmikalarda fengit birleşiminin yükselen sıcaklığa bağlı olarak azaldığını, mineraldeki SiO<sub>2</sub> kapsamının gerileyerek asıl muskovitin duraylı faz haline dönüştüğünü göstermişlerdir. Beran (1969), yazarların bu araştırmalarından giderek Doğu Alpler'deki granitik gnaysların içerdikleri fengitleri yeşilist fasiyesinin en alt subfasiyesi olan «kuvars-albit-muskovit (fengit)-klorit subfasiyesi» için ayırtman (tympomorphic) sayar. Ernst (1963), fengit muskovit dönüşümü için gerekli PT koşullarının pelitik şistlerdeki biyotit izogradı koşullarına karşılık geldiğini savunur. Fengit oluşumuna ilişkin deneysel çalışmaları yürüten Velde (1965, Şek. 2 ve 6) doğal fengitlerin duraylılık alanlarını saptarken sabit basınçta sıcaklığın azalması ile v.d. Plas'ca (1959) yukarıda verilen reaksiyonun gerçekleşeceğini kaydetmektedir. Cipriani ve diğerleri (1971), metamorfik akmikaların Mg ve Na içeriklerinin metamorfizma koşulları konusunda belirleyici olacağını belirtmektedir. Yazarlarca geliştirilen Mg/Na diyagramına uygulanan Muş -Kızılağaç örnekleri biri dışında orta/yüksek basınç alanı değerleri ile aynı ordinat değerlerine sahip olmakla birlikte, yazarlarca belirlenen sınırın dışında kalmaktadırlar (Şek. 3). Muş-Kızılağaç örnekleri ile yazarların belirlediği basınç alanları düşük Na yönünde genişlemiş olmaktadır. Fengitlerin bu düşük Na kapsamı Eugster ve Yoder'in (1955) deneysel çalışmalarına göre sıcaklığın yüksek olmadığına ilişkin bir başka veridir.

Velde (1965, Şek. 2), Winkler (1976, Şek. 15/2), Cipriani ve diğerleri (1971, Şek. 11) birlikte değerlendirilerek ve örneklerimizde albit yerine oligoklasın oluştuğu, fengit ile birlikte klinozoyisit de duraylı olduğu dikkate alınarak Muş-Kızılağaç metagranitinin metamorfizmasının düşük sıcaklıkta (~400°C) ve orta-yüksek basınç (yaklaşık 5 kb) koşullarında gerçekleştiği düşünülmektedir.



Şek. 3 - Çeşitli metamorfik fasiyelerde beyaz mikaların Mg/Na kapsamalarına göre dağılımları (Cipriani ve diğerlerinden (1971) alınmıştır).

## JEOKRONOLOJİ

Muş-Kızılağaç metagranitinin intruzyon ve metamorfizma yaşlarının araştırılmasında Rb/Sr tüm kayaç, Rb/Sr mineral ve K/Ar mineral yaşı ölçümleri birlikte yürütülmüştür.

## Yöntem

Jeokronoloji çalışması için derlenen örnekler yaklaşık 3 km lik kuzey-güney bir profil boyunca kayacın en taze eklemsiz görüldüğü kesimden alınmıştır. Ağırlıkları 7 ile 11 kg arasında değişen örnekler önce çenetli kırıcılarda < 5 cm ise kırılarak ayrılmış bölümleri ayıklanmış, ardından < 1 cm ye kırılmıştır. Rb/Sr tüm kayaç ölçümü için temsilci örneğin hazırlanmasında Müller (1979) tarafından önerilen yonteme uyulmuştur. Rb ve Sr kimyası için BGR-Hannover yöntemi uygulanmış, Rb için ayrı laboratuvarda hazırlanmış  $Rb^{85}/Rb^{87} = 0.007935$  izleyicisi (spike), Sr için ise SRM988 izleyicisi kullanılmıştır. Rb izotopları «Aldermaston Micromass 30» tipi bir kütle spektrometresinde çift bant üzerinde, Sr izotopları ise «Atlas CH4» tipi kütle spektrometresinde tek bant üzerinde ölçülmüştür.

Fengitin zenginleştirilmesinde alışılmış yöntemler yanında iki eksende değişir açılı kuru sallanır masa kullanılmıştır.

Ölçümler için her örnekten 4 farklı tane boyunda fengit zenginleştirilmiştir. Bu yolla farklı kimyasal birleşimde ve yaşta olabilecek fengitlerin bir arada ölçülmesi olasılığı kontrol altında tutulmuştur.

Fengitlerin Rb/Sr izotoplarının ayrılması ölçümünde Rb/Sr tüm kayaç örneklerine uygulanan yöntem kullanılmıştır. Fengitlerin K içeriği çift kanallı EEL-170 tipinde, Li-iç standartlı, dijital pipetli alev fotometresi ile, Ar izotop oranları ise H-Kreuzer'in geliştirdiği Ar-ekstraksiyon sisteminde sıcaklığı 1480°C kadar aşamalı yükselterek gerçekleştirilmiştir. K/Ar izotopları ölçümünde her fengit örneğinden iki farklı tane boyunda % 99 saflıktaki örnekler ikişer kez ölçülmüş, her ölçüm dizisine katılan GI-o uluslararası standart ile ölçüm koşulları denetlenmiştir.

Rb<sup>87</sup>/Sr<sup>86</sup> ölçümünde relatif hata % 1.5, Sr<sup>87</sup>/Sr<sup>86</sup> da % 0.1, K ölçümünde ise % 0.06 dır. Rb/Sr için sabiteler Steiger ve Jager'den (1977) alınmış, izokronların hesaplaması York'un (1967) en küçük kareler yöntemine göre yapılmıştır.

#### Rb/Sr tüm kayaç sistematigi

Çizelge 5 te görüldüğü gibi, Muş-Kızılağaç metagranitinin tüm kayaç Rb/Sr ölçüm noktaları bir izokron oluşturmaz. Bitlis metamorfik kuşağı içinde yer alan metagranitlerde bu olgu yaygın olarak ortaya çıkar (Yılmaz, 1981; Helvacı, 1983). Genelde intruzyon ya da metamorfizma yaşlarının belirlenmesinde en güvenilir yöntem olan Rb/Sr tüm kayaç sistematiginin inceleme alanında izokron vermemesi iki yolla açıklanabilir.

Çizelge 5 - Muş-Kızılağaç metagraniti ve fengitleri Rb/Sr analitik verileri

Örnek	Ölçülen	Rb <sup>87</sup>	Sr <sup>86</sup>	Rb <sup>87</sup> /Sr <sup>86</sup>	Sr <sup>87</sup> /Sr <sup>86</sup>	Yaş (a) (my)	Yaş (b) (my)
BM1a1	Tüm kayaç	76.55	0.8169	81.74	0.96385	—	—
	Fengit (Pha1)	305.5	0.5768	524.5	1.4715	80.7±1.5	102±1.5
BM1a2	Tüm kayaç	66.67	0.7416	88.87	0.94368	—	—
	Fengit (Pha2)	301.6	1.0053	296.6	1.1644	75 ±1.7	108±1.6
BM1b1	Tüm kayaç	68.79	0.8314	81.79	1.01721	—	—
	Fengit (Phb1)	300.2	0.8096	366.5	1.2646	62 ±1.3	107±1.6
BM1b2	Tüm kayaç	34.30	1.1530	29.41	0.89861	—	—
	Fengit (Phb2)	273.6	1.0101	232.5	1.0378	48 ±1	99±1.5

Yaş (a) = Fengit yaşı «olağan» Sr ile hesaplanmıştır (Sr<sup>87</sup>/Sr<sup>86</sup>,0.71014).

Yaş (b) = Fengit yaşı ait olduğu tüm kayaçla birlikte hesaplanmıştır.  
(totalrock/mineral izochrone)

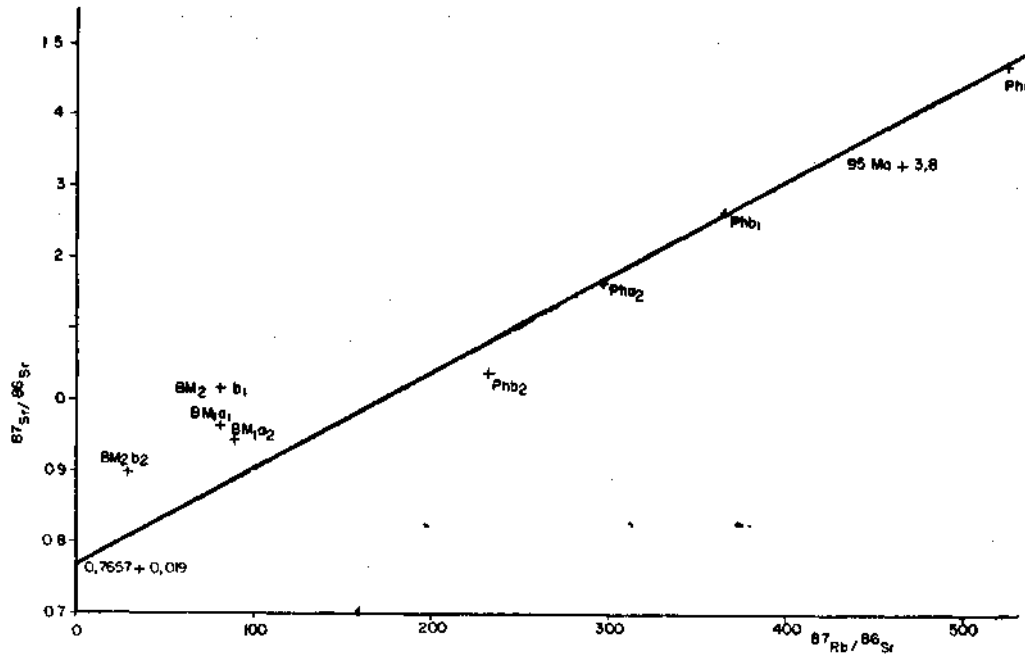
a. Alınan örneğin büyüklüğü tüm kaya sistematiginin araştırılması için uygun değildir. Tüm metagranit göz önünde tutulduğunda Rb/Sr dağılımı kapalı bir sistem oluşturmuş iken alınan örnek boyutunda sistem açıktır ya da bu boyutta Rb/Sr homojenleşmesi gerçekleşmemiştir. Bu açıklamaya destek sağlayacak verilerin ilki dar alanda görülen farklı deformasyon ve yeniden kristallenmedir. İkinci veri ise aşağıda sözü edilecek tüm kayaç-fengit izogradının yapısıdır.

b. Yapılan çalışmada Muş-Kızılağaç metagranitindeki bölgesel Rb/Sr dağılımı yeterince göz önüne alınmamıştır. Bu nedenle Rb/Sr tüm kayaç sistematiği için ideal koşul olan yüksek Rb/Sr oranlı örneklerin seçilmesi gerçekleşmemiştir. Alınacak çok daha fazla sayıda ve büyük örnekler ile büyük olasılıkla Rb/Sr tüm kayaç izokronu oluşacaktır.

#### Rb/Sr fengit sistematiği

Muş-Kızılağaç metagraniti fengitlerinin yaş sistematiği Çizelge 5 te görülmektedir. Ölçülen fengit izotop oranları olağan (common) Sr ile ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0.71014$ ) ile düzeltildiklerinde 108 ile 99 my arasında yaşlar elde edilmektedir. Aynı fengit izotop oranları kayaç örneğinin Sr izotop oranı ile düzeltildiğinde ise (wholerock-mineral izochrone) 81 ile 48 my lık yaşlar ortaya çıkmaktadır. Tüm kaya-mineral yaşındaki bu geniş konak tüm kayaç Rb/Sr izotop dağılımı ile mineral Rb/Sr izotop sistematiği arasında denge durumunun gerçekleşmediği ortaya koymaktadır. Bu olgu yukarıda tüm kayaç sistematiği tartışılırken de belirlenen yetersiz izotop homojenleşmesinin kanıtı olarak getirilebilir. Kaldı ki fengitin oluşumunun mikroskobik gözlemlerle son metamorfizmaya bağlı olduğu belirlenmiştir. Bu durumda tüm kayaç değerleri ile yapılan düzeltme anlam taşımayacaktır.

Muş-Kızılağaç metagraniti fengitlerinin ölçüm verileri doğrudan Nicolaysen diyagramına taşındıklarında (Nicolaysen, 1961) ilginç bir olgu ortaya çıkmaktadır; genelde aynı kayacın değişik mineralleri için kullanılan mineral-mineral izokronu Muş-Kızılağaç örneğinde bir fengit-fengit izokronu olarak belirlenmektedir (Şek. 4). Dört fengit örneğinin bir izokron oluşturacak biçimde dizilmeleri ve ortak bir başlangıç Sr (initial Sr) değerine sahip olmaları bunların birlikte oluştuklarını gösterir. Bu örnekler  $95 \pm 4$  my lık bir yaş ve  $0.7657 \pm 0.019$  olarak belirlenen oldukça yüksek bir başlangıç Sr değeri vermektedir. Başlangıç Sr değerinin yüksek olması biyotit-fengit dönüşümü sırasında fengitin biyotitte bulunan yüksek olağan Sr u bünyesine aldığını düşündürmektedir.



Şek. 4 - Muş - Kızılağaç metagraniti tüm kayaç ve fengit örnekleri Nicolaysen diyagramı.  
BM - Tüm kayaç; Ph - Fengit örnekleri.



Fengitlerde ölçülen izotop oranlarının olağan Sr ile düzeltilmesi ile sağlanan 99-108 my ile fengit-fengit izokronu ile belirlenen  $95 \pm 4$  my hata sınırı içerisinde birbirine çok yaklaşmakta ve bir diğerini desteklemektedir.

Jager (1979), Orta Alpler'de fengitlerin Rb/Sr için kapanma sıcaklıklarının (blocking temperatures) 500-550°C dolayında olduğunu saptamıştır. Yazar bu sıcaklığın altında gelişen yeşilist metamorfizmasında Rb/Sr yöntemi ile belirlenen yaşların doğrudan mikanın oluşum yaşını verdiğini belirtmektedir. Muş-Kızılağaç metagranitinin metamorfizma sıcaklığının yukarıda tartışıldığı gibi 400°C dolayında gerçekleştiği varsayılırsa, belirlenen  $95 \pm 4$  my in doğrudan fengit oluşumunun dolayısıyla metamorfizmanın yaşı olduğu anlaşılır.

### K-Ar mineral yaşı

Muş-Kızılağaç metagraniti fengitlerinin K/Ar model yaşları hata sınırları içinde 75 my olarak belirlenmektedir (Çizelge 6).

**Çizelge 6 - Muş-Kızılağaç metagraniti fengitlerinin K/Ar analitik verileri**

Örnek	Taneboyu (µ)	%K	$^{40}\text{Ar}$ rad	% rad	$^{40}\text{K}/^{36}\text{Ar} \cdot 10^3$	$^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$	Model yaşı (my)
Pha <sub>1g</sub>	200-125	8.58	262.3	96.0	1619	7694	77 $\pm 1.2$
Pha <sub>1f</sub>	90-63	8.82	268.7	95.3	1359	6486	76.7 $\pm 1.2$
Pha <sub>2g</sub>	200-125	8.37	248.3	93.43	974	4617	74.8 $\pm 1.2$
Pha <sub>2f</sub>	90-63	8.67	258.2	94.07	1086	5132	75 $\pm 1.2$
Phb <sub>1g</sub>	200-125	8.31	250.9	94.57	1178	5613	76.1 $\pm 1.2$
Phb <sub>1f</sub>	90-63	8.67	261.6	95.52	1454	6852	76 $\pm 1.2$
Phb <sub>2g</sub>	200-125	8.56	250.2	95.97	1686	7661	73.7 $\pm 1.2$
Phb <sub>2f</sub>	90-63	8.61	250.5	94.58	1228	5635	73.3 $\pm 1.2$

Rb/Sr fengit yaşlarından oldukça farklı olan bu yaşlar çeşitli yollardan yorumlanır.

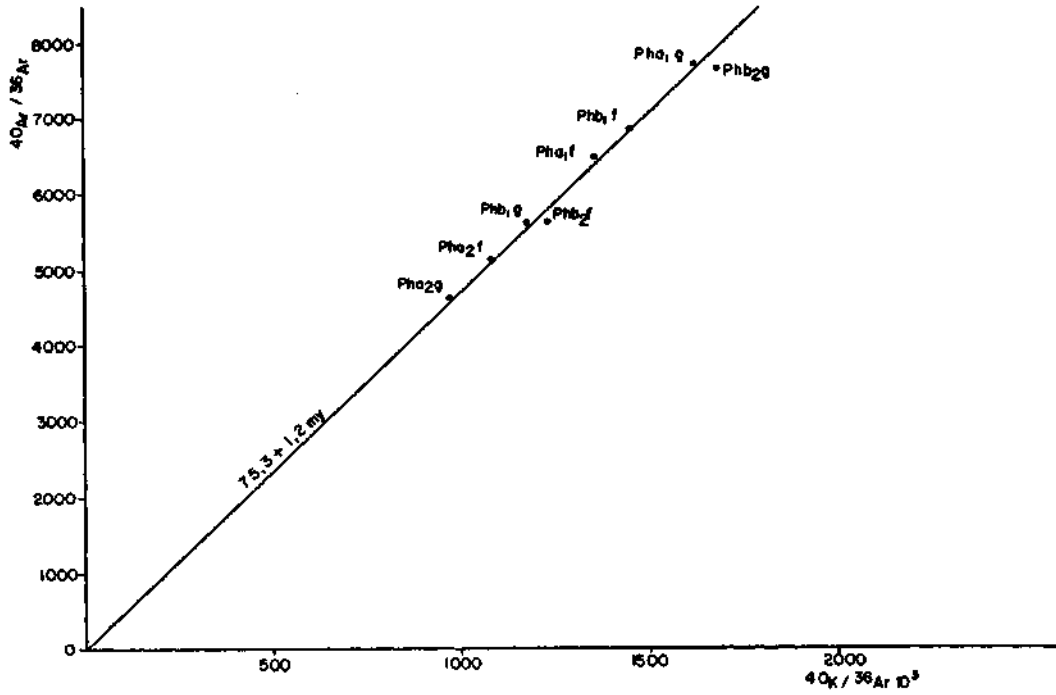
a. Fengitler daha önceden kayanın içinde yer alan radyojen Ar 40 ı bünyelerine almışlardır (inherited argon), belirlenen yaşlar anlam taşımaz.

b. Fengitin K/Ar için kapanma sıcaklığı 350°C dolayındadır (Purdy ve Jager, 1976), belirlenen yaş fengitin oluşumundan sonra sistemin 350°C nin altında soğuduğu yaştır (cooling age).

c. Belirlenen yaş kayacın mineralojik birleşimine yansımayan bir olaydan ötürü (tektonizma, termal etki vb. ) argon kaybını gösterir.

Bu olasılıklardan ilki doğrudan bir kenara bırakılabilir. Şekil 5 ve Çizelge 6 da görüldüğü gibi bulunan yaşlar hem hata sınırı içinde duraylıdır ve hem de  $^{40}\text{Ar}/^{86}\text{Ar}$  Ar-K<sup>40</sup>/<sup>36</sup>Ar diyagramında bir doğru ile tanımlanırlar. Buna göre ölçülen tüm örneklerde ve tüm tane boylarında aynı oranda  $^{40}\text{Ar}$  un bünyeye alınmış olması gerekirdi ki bu durum olağan değildir.

Olasılıklardan diğer ikisi arasında sadece jeokronolojik verilere dayanarak bir seçim yapılamaz. 75 my lık fengit K/Ar yaşının için çalışma alanının jeolojik özelliklerinin de tartışılması gerekmektedir.



Şek. 5 - Muş - Kızılâğıç fengitlerinin  $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}/^{40}\text{K}/^{36}\text{Ar}$  diyagramında dağılımları (ölçüm noktalarını Çizelge 6 ile karşılaştırınız).

ikinci olasılıkta belirlenen yaşın metagranitin  $350^{\circ}\text{C}$  nin altına soğuması ile fengitin K/Ar sistemi için kapanmasına karşılık geldiği varsayılmaktadır. Bu durumda fengit oluşum yaşı olarak yorumladığımız 95 my ile  $350^{\circ}\text{C}$  altına soğumaya karşılık gelebilecek 75 my arasında geçen süre içinde metagranitin, içinde yer aldığı Bitlis metamorfikleri ile birlikte kabaca  $5^{\circ}\text{C}/\text{my}$  hızla soğuması gerekmektedir. Bu soğuma hızı Alp kuşağından bilindiği kadarı ile oldukça yavaş bir yükselmeye karşılık gelmektedir. Oysa jeolojik bulgular aynı zaman diliminde Bitlis metamorfikleri üzerine ofiyolit naplarının yerleştiğini göstermektedir (Göncüoğlu ve Turhan, 1983). Yerleşen ofiyolit naplarının metagranitte soğumaya yol açtığı düşünülemez. Bu durumda söz konusu zaman sürecinde Bitlis kıtasal kabuğunda soğuma bir yana üzerleyen ofiyolit napının yükü altında (Şengör ve Yılmaz, 1981) —üçüncü olasılıkta öngörüldüğü gibi— gömülme etkisi ile bir yeniden ısınma gerçekleşmiş olmalıdır.

Ölçülen tüm örneklerde ve tane boylarında aynı yaşların saptanmış olması da 75 my dolayında tüm birimi etkileyerek fengitin K/Ar sisteminin açılmasına yol açan bir termal olayın varlığını düşündürmektedir. Bu olay kayacın mineralojik birleşimine yansımamış, ancak fengitin kristal sisteminden  $\text{Ar}^{40}$  in uzaklaşmasına neden olmuştur.

Yılmaz'ın (1971) Cacas yöresinde kloritleşmiş biyotitte belirlediği 75 my ile Helvacı'nın (1983) Avnik yöresinde belirlediği 71 my dolayındaki yaşlarda aynı yeniden ısınmaya bağlı olmalıdır.

## SONUÇLAR

Bitlis metamorfik kuşağı üzerinde yaygın yüzeylenen asit intrüziflerin oluşum ve metamorfizmasını araştırmak ve yaşlandırmak amacıyla Muş-Kızılâğıç yöresinde yer alan metagranit örneklen-

dirilmiş ve incelenmiştir. Jeoloji verileri metagranit Sokulumunun Orta Devoniyen ile Alt Permiyen arasında gerçekleştiğini göstermektedir.

Genellikle kataklastik deformasyon gösteren ve metamorfik mineral olarak fengitik muskovit içeren Muş-Kızılağaç metagraniti, metamorfik mineral parajenezi ve fengitik muskovitin kimyasal birleşimine göre düşük sıcaklık/orta basınç koşullarında başkalaşım geçirmiştir.

İncelenen örneklerde Rb/Sr için tüm kaya izokronunun gerçekleşmemesi, metamorfizma sırasında kayada Rb/Sr dağılımının homojen olmamasına bağlanmaktadır.

Fengitik muskovitler Rb/Sr yöntemi ile 95 my, K/Ar yöntemi ile 75 my yaşları vermektedir. Bu yaşlardan ilki fengitin oluşumu, dolayısıyla metamorfizmanın yaşı, diğeri ise fengitin düşük sıcaklıkta yeniden etkilenmesi olarak yorumlanmaktadır.

Jeokronoloji verilerinin de desteği ile Bitlis metamorfikleri ile onları Paleozoyikte kesen asit intruziflerden oluşan kıta kenarı gerecinin Alt Türoniyende sıkışarak metamorfize olduğu ve dilimlenmeye başladığı; Üst Kampaniyen döneminde ise, bunların üzerleyen ofiyolit napı etkisi ile gömülerek yeniden ısındığı düşünülmektedir.

#### **KATKI BELİRTME**

Bu araştırma, Bitlis Kuşağı Projesi içinde Necati Turhan'ın sürekli işbirliği ve Doç.Dr.M. Satır'ın önerileri ile başlatılmıştır. Yazar araştırma için fon sağlayan Federal Almanya CDG kuruluşuna, mineral ayırımı için olanak sağlayan Dr.P.Müller'e (BGP-Hannover) Rb/Sr analizleri için BGR Hannover Jeokronoloji bölümünden Prof. Dr.I.Wendt, Dr.A.Höhndorf ve S.Lenz'e, K/Ar analizleri için ise H.Kreuzer'e katkılarından ötürü teşekkür eder.

*Yayına verildiği tarih, 8 Kasım 1983*

#### **DEĞİNİLEN BELGELER**

- Beran, A., 1969, Beiträge zur Verbreitung und Genesis Phengit-führender Gesteine in den Ostalpen: Tschermaks Miner. und Petrogr. Mitt., 13, 115-130.
- Brown, E.H., 1968, The Si<sup>+4</sup> content of natural phengites: A discussion: Contrib. Mineral. Petrol., 17, 78-81.
- Cipriani, C.; Sassi, F.P. ve Scolari, A., 1971, Metamorphic white micas, definition of paragenetic fields: Schweizer Mineralog, und Petrogr. Mitteilungen, 51, 259-293.
- Ernst, W.G., 1963, Significance of phengitic white micas from low grade schists: American Mineral., 48, 1357-1373.
- Eugster, H.D. ve Yoder, H.S.Jr., 1955, The join muscovite-paragonite: Carnegie Inst. Washington Year Book, 54, 124-126.
- Frey, M.; Hunziker, J.C.; Jager, E. ve Stern, W.B., 1983, Regional distribution of white K-Mica polymorphs and their phengite content in the Central Alps: Contrib. Mineral. Petrol., 83, 185-197.
- Göncüoğlu, M.C. ve Turhan, N., 1983, Bitlis metamorfiklerinde yeni yaş bulguları: Maden Tetkik ve Arama Enst. Derg., 95/96, 44-48, Ankara.
- Graeser, S. ve Niggli, E., 1967, Zur Verbreitung der Phengite in den Schweizer Alpen; ein Beitrag zur Zoneographie der alpinen Metamorphose: Etages tectonique, 89-104, Lozan.

- Helvacı, C., 1983, Avnik (Bingöl) bölgesi Bitlis Masifi Metamorfik kayalarının Rb/Sr jeokronolojisi: Türkiye Jeol. Kurumu 37. Bilimsel ve Teknik Kurultayı Bildiri Özleri, 111.
- Jager, E., 1979, introduction to Geochronology: 329 s, Springer Verlag, New York.
- Lambert, R.S.J., 1959, The mineralogy and metamorphism of the Moine Schists of the Morar and Knoydart district of Inverness-shire: Transact. Royal Soc. Edinburgh, 63, 553-588.
- Meriç, E., 1973, Sur la presence d'un affleurement du Maestrichtien Superieur au S de Mutki (Bitlis-Turquie): Rev. Fac. Sci. Univ. İst., B, tome 38, fasc. 1-4, 49-51.
- Müller, P., 1979, Erfahrungen bei der Mineraltrennung für radiometrische Altersbestimmungen: Erzmetall, 32/2, 232-263.
- Nicolaysen, L.O., 1961, Graphic interpretation of discordant age measurements on metamorphic rocks: New York Acad. Sci., 91, 198-206.
- Plas, V. der, L., 1957, Petrology of the northern Adula region -Switzerland: Leid. Geol. Meded, 24.
- Purdy, J.W. ve Jager, E., 1976, K-Ar ages on rock forming minerals from Central Alps: Memoire de Padova, XXX.
- Savcı, H.; Yöndem, F.; Göncüoğlu, M.C. ve Turhan, N., 1979, Bitlis-Mutki dolayının jeotektonik evrimi: Türkiye Jeol. Kurumu 33. Bilimsel Teknik Kurultayı Bildiri özleri, 113-114.
- Schaller, W.T., 1950, An interpretation on the Composition of high silica sericites: Mineralog. Mag., 29, 405-415.
- Steiger, R.H. ve Jager, E., 1977, Subcommission on geochronology: convention on the use of decay constants in geo-and cosmochronology: Earth and Planet. Sci. Letters, 36, 359-362.
- Streckeisen, A., 1976, To each plutonic rock its proper name: Earth Sci. Reviews, 12, 1-33.
- Şengör, A.M.C. ve Yılmaz, Y., 1981, Tethyan evolution of Turkey: A platetectonic approach: Tectonophysics, 75, 181-241.
- Velde, B., 1965, Phengitic micas: Sythesis, stability and natural occurrence: Am. Jour. Sci., 263, 881-913.
- Winkler, H.G.F., 1976, Petrogenesis of metamorphic rocks: Springer Verlag, New York, 334 s.
- Yılmaz, O., 1971, Etude petrographique et geochronologique de la region de Cacas: Doktora tezi, Grenoble, 230 s.
- ; Michel, R.; Vialette, Y. ve Bonhomme, M.G., 1981, Reinterpretation des donnees izotopiques Rb/Sr obtenues sur les Metamorphites de la partie meridionale du Massif de Bitlis (Turquie): Sci. Geol. Bull., 34, 59-73.
- York, D., 1967, The best isochrone: Earth and Planet. Sci. Letters, 2, 479-482.