

KEBAN SKARN OLUŞUMU, KD ELAZIĞ BÖLGESİ

THE KEBAN SKARN FORMATION, NW ELAZIĞ PROVINCE

Ayten ÇALIK ve Sinan ÖNGEN

İ. Ü. Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 34850 Avcılar-İSTANBUL

ÖZ: Keban ilçesi (Elazığ ili) çevresinde yer alan çalışma alanında, başlıca düşük basınç ve sıcaklık koşullarında metamorfizma olmuş, kalkıştı ve serisit klorit şist üyelerinin oluşturduğu Keban metamorfik serisi ile bu metamorfik temeli kesen Üst Kretase – Paleosen yaşlı, alkali özellikteki mağmatik kayalar yer alır. Ayrıca, yaygın bir skarn oluşumu da gözlenir.

Bu çalışmada Keban mağmatik birimi (KMB) olarak adlandırılan alkali karakterli mağmanın yerleşimi, soğuması ve kontak metamorfik etkisi ele alınacaktır. Fırat nehrinin kuzeyinde yer alan porfirik sokulumlardan Sarılımağara granat siyenit porfirinin kesmiş olduğu kalkıştı birimi ile kantağında, bu çalışmada Sarılımağara skarnı olarak isimlendirilmiş, iyi gelişmiş bir skarn zonu yer alır.

Skarn, başlıca endoskarn ve eksoskarn oluşumları ile bimetasomatik karakterdedir. Başlıca skarn mineralleri, klinopiroksen (diyopsit – hedenberjit), granat (grossular – andradit), vezüviyanit, volastonit, kalsit ve epidot'tur.

Anahtar sözcükler: Skarn, granatlı siyenit porfir, alkali mağmatizma, Keban bölgesi.

ABSTRACT: In the East of Turkey, in the Keban region, alkaline intrusive rocks were emplaced into low grade Keban metamorphic series during the Upper Cretaceous – Palaeocene period. Calcareous schists and sericite – chlorite schist are the main metamorphic rock types. The emplacement and cooling of these alkaline intrusive rocks, which are named the Keban magmatic unit in this study, are accompanied firstly by contact metamorphism and later by metasomatism in the wall rock. Therefore, a skarn zone is well developed between the metamorphic unit and the Keban magmatic unit.

The Sarılımağara garnet syenite porphyry is one of the alkaline intrusive rocks outcrop on the northern bank of the Euphrates River. A well – developed skarn zone, which is named the Sarılımağara skarn formation, also occurs between the calcshist and the Sarılımağara garnet syenite porphyry.

The skarn mainly consists of the formation of exoskarn and endoskarn and as a result shows a bimetasomatic evolution. The main skarn minerals are clinopyroxene (diopside –hedenbergite), garnet (grossular – andradite), vesuvianite, wollastonite, calcite and epidote.

Key Words: Skarn, garnet syenite porphyry, alkaline magmatism, and Keban region.

GİRİŞ

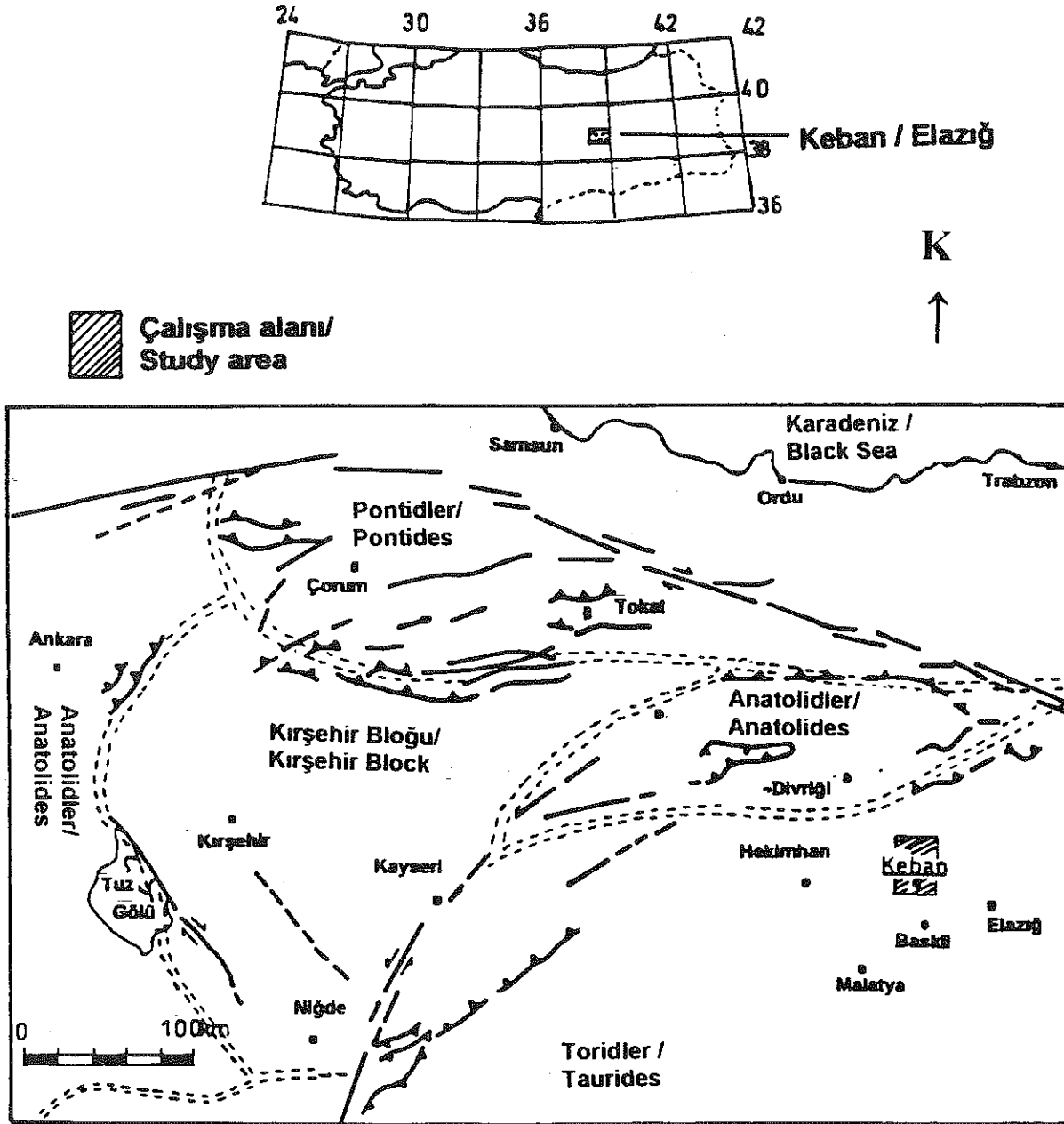
Çalışma alanı, Doğu Anadolu bölgesinde – Elazığ ilinin 45 km kuzeybatısındaki Keban ilçesi sınırları içinde ve Malatya K41 – a3 paftasında yer alır. Keban'ın eskiden beri bilinen metalojenik bir provens olmasının yanı sıra, ilçenin kuzeydoğusunda yer alan Keban barajının mühendislik sorunları nedeniyle bölge, pek çok yerli ve yabancı araştırmacının çalışma konusu olmuştur. Bölgede tespit edilebilmiş en eski çalışma Fischbach'a (1877) aittir. Daha sonra Pilz ve Ceccaty (1936), Maucher (1937), Olsner (1938), Tolun (1950), Gawlik (1958), Kumbasar (1964), Zızman (1969), Köksoy (1972), Kipman (1976 a – b), Çalık (1986), Ya-

zıcı (1986), Hanelçi (1991), Dirim (1991), ve Çelebi (1997) tarafından yapılmış çalışmaların çoğu yine yöredeki maden yatakları oluşumuna yöneliktir. Ayrıca Keban bölgesine yakın bir bölge olan Baskil (Elazığ) çevresinin jeolojisi ve Baskil mağmatiklerinin petrolojisini konu alan çalışma da (Asutay, 1988) bölgede yapılmış çalışmalar arasında yer alır.

Torid tektonik kuşağında, Doğu Toroslarda (Ketin, 1966; Altınlı 1963) bulunan çalışma alanında (Şekil 1) başlıca Permo – Karbonifer yaşlı (Kipman, 1976 a - b) Keban metamorfikleri, bunları kesen alkali siyenit – siyenit bileşimli sığ yerleşimli porfirik sokulumlar ile bunları örten Üst Oligosen - Alt Miyosen yaşlı (Çalık,

1998) Sarılımağara kireçtaşı birimi ve alüvyon taraçaları yüzeylenir. (Şekil 2)

rekristalize kireçtaşı, kalkışit ve serisit klorit şistlerde olistolit olarak bulunur.



Şekil 1. Keban Bölgesinin Bulduru Haritası (Bingöl, 1989).
Figure 1. Location map of the Keban region (Bingöl, 1989).

Keban metamorfik serisi, Jura – Alt Kretase yaşlı (Kipman, 1976 a - b) yeşil şist fasiyesine ait kalkışit ve klorit şistlerden oluşur. Çalışma alanının en yaygın yüzeylenen üyesi olan kalkışit, yatay ve düşey geçişli olarak tabakalı kristalize kireçtaşı, gözenekli kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı, laminalı kireçtaşı, rekristalize kireçtaşı seviyeleri içerir. Kalkışit ile serisit klorit şist dokanağı geçişlidir. Keban mermeri olarak adlandırılan masif

Keban metamorfikleri, aynı magmatik seriye ait muhtemelen derinde bulunan bir batolitten farklı fazlarda sokulum yapmış, alkali özellikte, silisce doygun, siyenitik bileşimli Keban magmatikleri tarafından sil, dayk ve bunların geçiş türleri tarafından kesilir (Çalık, 1998). Keban magmatik biriminin K/Ar yöntemiyle yapılmış radyometrik yaş tayininden 76±2.5 ve 78.5±2.5 my tespit edilmiştir (Yazgan, 1983).

Keban mağmatik kayaçlarının karbonatlı çevre kayacı ile dokanaklarında geniş bir kontakt metamorfizma zonu gelişmiştir. Bu zonda kontakt metasomatik mineralleri ile iri kristalli mermerler yer alır. Dokanakta Si, Al, Fe, Mg gibi elementlerin metasomatik göçü, tipik skarn zonunu oluşturmuştur.

Bu çalışmanın amacı; Sarılımağara tepe güneydoğu eteğinde yüzeylenmiş porfirik sokulumlardan, granatlı siyenit porfir biriminin kantağında gelişmiş Sarılımağara skarn oluşumunun petrolojik incelemesidir.

Sahada, 1/5000 ölçekli harita alımı ve sistematik örnek derlemesinden sonra laboratuvarda petrografik gözlemler ve modal analizler yapılmış, seçilmiş örneklerden esas element ve iz element analizleri İ.Ü. Müh. Fak. Jeoloji Müh. Böl. Mineraloji ve Jeokimya laboratuvarında ve Acme Analitik Laboratuvarında (Kanada) yapılmıştır. Elektron prob analizleri Ecole des Mines de Paris (Fransa)'de gerçekleştirilmiştir.

KEBAN SKARN OLUŞUMU

Keban mağmatik biriminin metamorfik temele yerleşmesi ve soğumasına, öncelikle kontak metamorfizma ve daha sonra metasomatizma tarafından eşlik edilmiştir. Böylece, Keban metamorfik serisi ile Keban mağmatik birimi dokanağında bir skarn zonu gelişmiştir. Bimetasomatik skarn içinde granat, klinopiroksen, ve züviyan, volastonit, kalsit, epidot, kuvars, feldspat gözlenmiştir.

Ayrıca Keban derenin kuzey ve güneyinde pirit, kalkopirit eşliğinde skarn oluşumlu Au, Cu, Mo, W cevherleşmesi yer alır (Hanelçi ve diğ. 1989).

Sarılımağara granatlı siyenit porfir

Fırat nehrinin kuzeyinde Sarılımağara tepe güneydoğu eteklerinde yüzeylenmiş olan birim (Şekil 2), sahada pembemsi - kahve renkli olup, gözle iri pembemsi beyaz feldspat fenokristaller (1.3-2 cm) ile koyu renkli mineraller (0.2-0.5 cm) seçilmekte ve porfirik dokusu tanımlanmaktadır. Üç yönde kayaç dilinimi gelişmiş ve yer yer sık aralıklı eklem takımları ile de kesilmiştir. Bozuşma rengi kiremit kırmızısıdır.

Alkali feldspat siyenit ve siyenit porfir geçişleri sunan birim, yaygın olarak içerdiği granat minerali nedeniyle (modal % 1.1 -15) granatlı siyenit porfir olarak adlandırılmıştır. Kütlelenin kuzey kesiminde granatlı siyenit porfiri özelliği daha hakim iken, güneye doğru alkali feldspat miktarının artmasına bağlı olarak alkali feldspat siyenit porfiri özelliği kazanır.

Mikroskopta, iri ve öz şekilli alkali feldspat (ortoklas, sanidin) kristallerinin bol olduğu saptanmıştır

(modal % 21.7 – 89.6). Ünlversal tabla yardımıyla (8°-12° arasında değişen sönme açıları ile) saptanan oligoklas – albit bileşimli ve polisentetik ikizlenmeli plajjoklas kristalleri, daha küçük boyutlarda ve daha az miktarda bulunur. Öz şekilsiz kuvars kristallerine çok az oranda rastlanılmıştır.

Andradit bileşimli granat, kızılımsı kahverengi ile kahverengi arasında değişen renklerde, zonlu öz şekilli kristallerinin yanı sıra yarı öz şekilli ve öz şekilsiz kristalleri ile feldspat mineralinden sonra örneklerde en bol bulunan mineraldir. Mikroskobik inceleme sonuçlarının yanı sıra Tablo 1'de verilmiş olan elektro prob analiz değerlerinden granat cinsi, melanit (Ti içeren andradit) olarak tespit edilmiştir. Nefelin siyenit, alkali siyenit veya volkanik eş değerleri alkali mağmatik kayaçlarda bulunabilen (Deer ve diğ. 1992) melanit, Keban mağmatiklerinde ilk olarak Çalık (1998) çalışmasında tespit edilmiştir.

Diğer bir mafik mineral olan yeşil renkli klinopiroksen kristalleri ve granat kristalleri çoğunlukla yan yanadır. Melanit ile Na bakımından zengin piroksen birlikteliği alkali mağmatik kayaçlarda olağandır (Deer ve diğ. 1992)

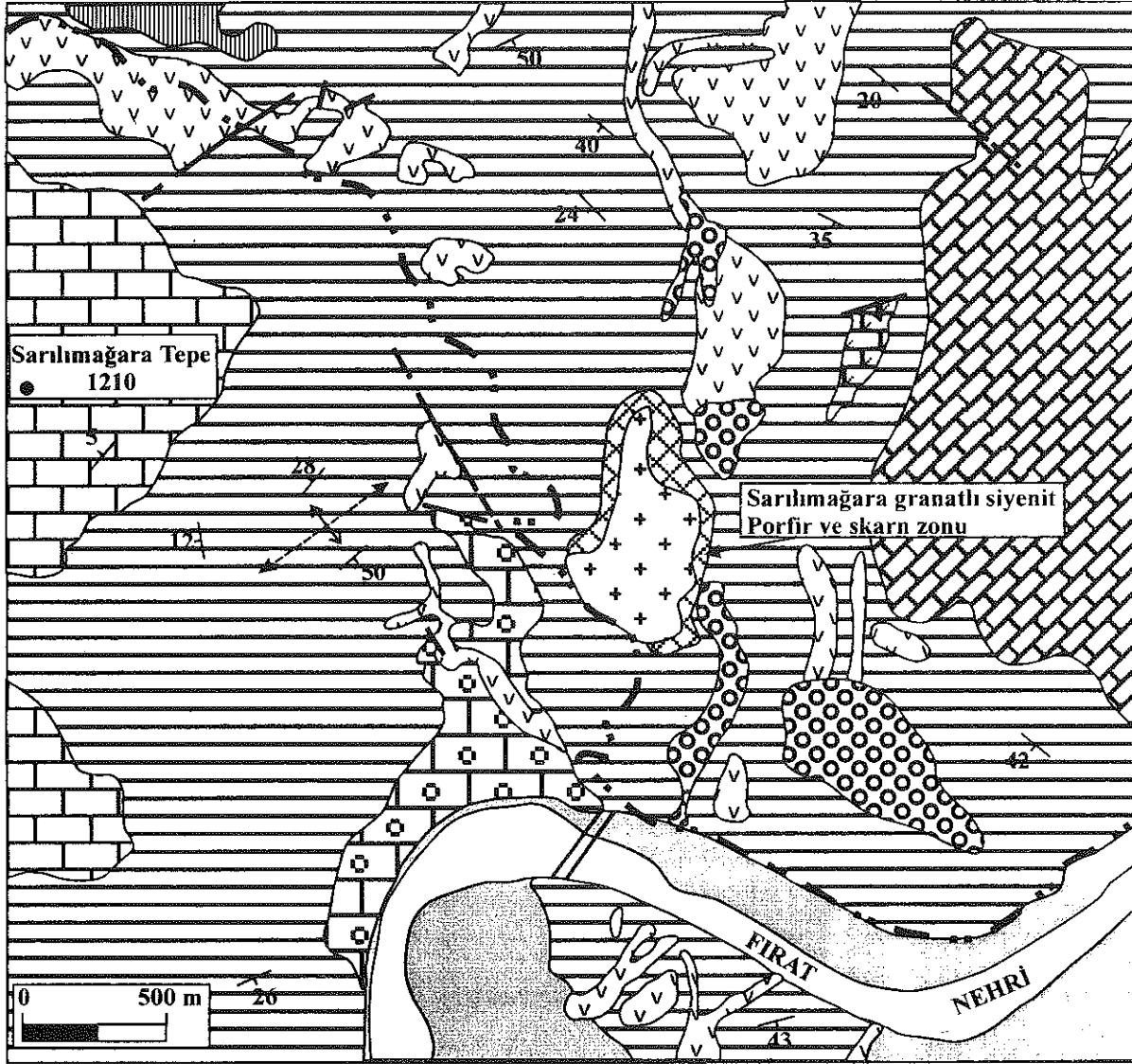
Aksesuar mineraller mızrak şekilli sfen, apatit, zirkon, alanit ve de çok az miktarda fluorit olarak saptanmıştır. Kalsit, ikincil olarak sık olarak izlenir. Opak minerallerden ilmenit en çok gözlenir. İkincil mineraller kalsit, serisit, muskovit, kil mineralleri ve Fe oksit den oluşur.

Daha ufak kristalli ara madde, hipidiomorfik granüller doku özelliği gösterir. Kütlelenin güneyine doğru taneli boyutu daha irileşerek ve nispeten eş taneli doku özelliği önem kazanır.

Sarılımağara granatlı siyenit porfiri, alkali, silisce doğun bir magma serisini oluşturan Keban mağmatik birimine aittir. Tablo 2' de izlendiği gibi jeokimyasal açıdan alkali, silisce doğun ve A/CNK < 1 (Clarke, 1992) değerleri ile metaluminyumlu özellik gösterir. Harker değişim diyagramlarında (Şekil 3) izlenebildiği gibi SiO₂ yüzde değerlerine karşı FeO, MgO, ve CaO değerlerinde bir azalma eğilimi izlenir.

Örneklerde yaygın olarak izlenen sfen'in kaynak oluşturduğu TiO₂ değerleri birbirine yakın değerler gösterir. En düşük TiO₂ değerine sahip (0.07 w %) N 323 örneğinde, sfen kristali gözlenmemiştir.

Yüksek Ba değerleri bu tür K-feldspatı bol içeren kayaçlar için doğal bir orandadır. Ayrıca yüksek Zr değerleri mikroskopta izlenen bol zirkon kristallerinin bulunuşunu kanıtlamıştır. İki örnekteki yüksek Sr değeri karbonat özümlemesini işaret edebilir.



Şekil 2. Keban Bölgesinin Jeolojî Haritası (Çalık, 1989).
Figure 2. Geological Map of the Keban region (Çalık, 1989).

Sarılımağara skarn gelişimi

Granatlı siyenit porfir Fırat nehrinin kuzeyinde yüzlek vermektedir; sınırları doğuda Karamağara dere, kuzeyde fluorit cevher alanı, kuzeybatıda Sarılımağara tepe olarak gözlenmektedir.

Kütlenin etrafını ana bileşeni granat + piroksen olan bir eksoskarn çevrelemiştir. Eksoskarna eşlik eden endoskarn bileşenleri ise klinopiroksen (diyopsit – hedenberjit), epidot ve kalsitten oluşur. Eksoskarn zonu-nun dışında Keban metamorfiklerinin kalkıştı üyesi devam eder.

ACIKLAMALAR / EXPLANATIONS**KUVATERNER /
QUATERNARY**

Qal		Alüvyon/ Alluvium
Qt		Yamaç Molozu/ Slope Debris

**TERSİYER /
TERTIARY**

Alt Miyosen-
Üst Oligosen
Lower Miocene-
Upper Oligocene

Tsk		Sarımağara Kireçtaşı/ Sarımağara Limestone
-----	--	---

**KRETASE /
CRETACEOUS**

Üst Kretase-
Paleosen
Upper Cretaceous-
Paleocene

Keban
magmatikleri/
Keban
magmatics

Ükkm		Trakit porfir/ Tachyte porphyry
Ükss		Sarımağara skarn
Ükkm		Sarımağara Granath siyenit porfir/ Sarımağara Garnet syenite porphyry

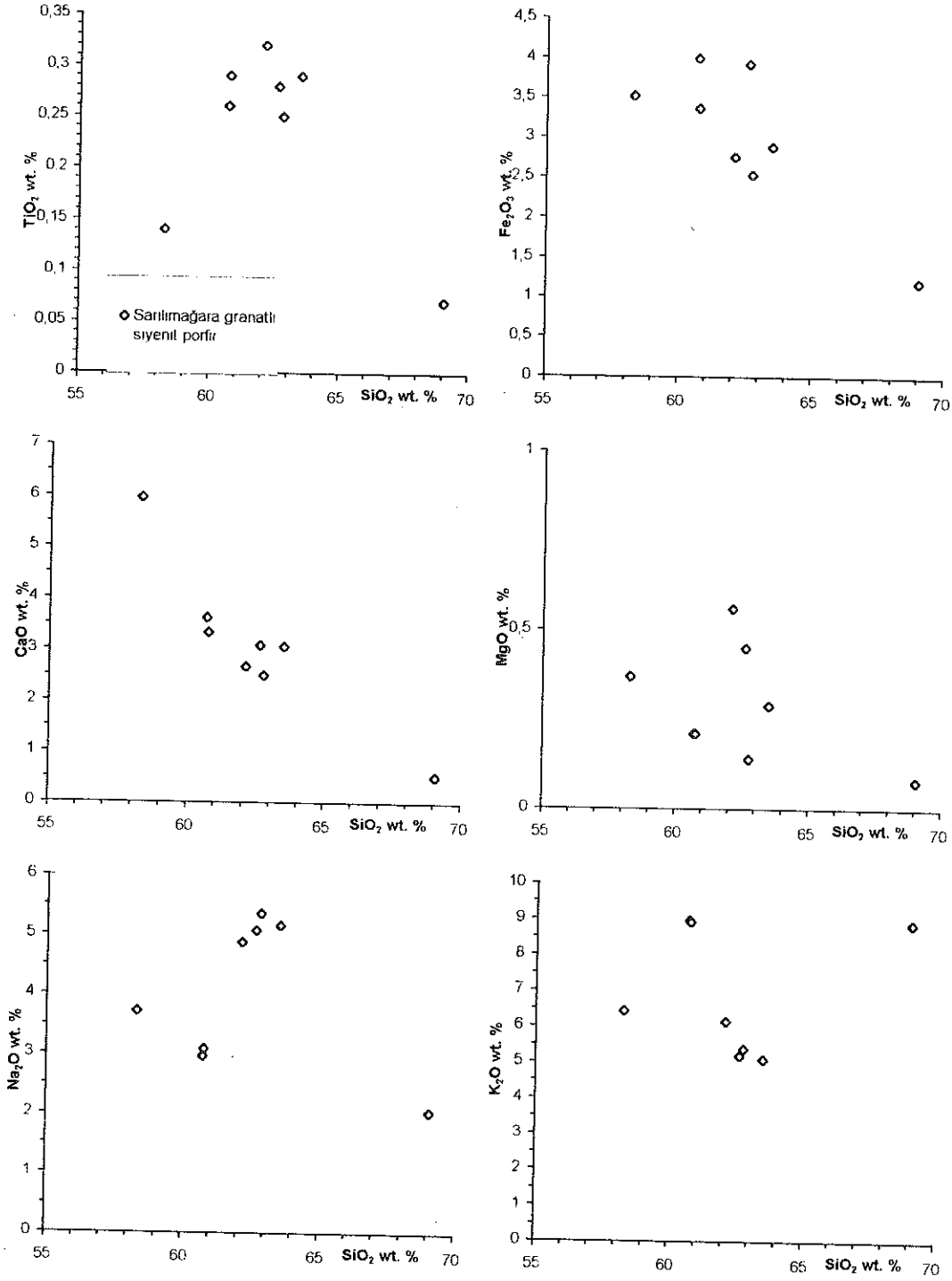
**PERMOKARBONİFER
PERMO-CARBONIFEROUS**

Keban
Metamorfikleri/
Keban
Metamorphics

Pdl		Dolomitik Kireçtaşı/ Dolomitic limestone
Ppl		Gözenekli kireçtaşı/ Porous Limestone
Pbl		Tabakalı kireçtaşı/ Bedded Limestone
Pcs'		Kalkşist/Calcschist
Plm		Keban Mermeri/ Keban marble

	Olasılı antiklinal Ekseni ve dalımı/ Fay / fault	Possible anticlinal axis and plunge
	Olasılı formasyon sınırı/ Formasyon sınırı/ Formation boundary	Possible formation boundary
	Tabaka doğrultu ve Eğimi /	Strike and dip of bedding
	Yol / Road	
	Olasılı fay/ Possible fault	

(Şekil 2'nin açıklamaları)



Şekil 3. Sarılmağara granatlı siyenit porfiriye ait majör element Harker değişim diyagramları.

Figure 3. The major element - SiO₂ variation diagrams of the rock samples of Sarılmağara garnet syenite porphyry.

Granatlı Siyenit Porfir	Endoskarn	Eksoskarn						Kalkışt
		Granat Skarn	kpr* + vezüviyan + granat skarn	Volastonit + hedenberjit + granat skarn	Epidot + diyopsit skarn	Volastonit + diyopsit + granat skarn	Vezüviyan + granat skarn	
Alk.feld., Plj granat, kpr Sfen, apatit, Allanit, zirkon, kuvars	Alk.feld., Plj* Granat, kpr, Sfen,apatit, Allanit, epidot, diyopsit, hedenberjit	Granat, kpr kalsit	Granat, Vezüviyan, kpr*, feld., Kalsit, opak mineral	Kalsit, Granat, Hedenberjit, Volastonit, epidot	Diyopsit, Vezüviyan, Kalsit, epidot, feldspat	Granat, Kalsit, Diyopsit, Volastonit, Feldspat, kuvars	Granat, Kalsit, Hedenberjit, Vezüviyan	Kalsit, Kuvars, Serisit, Feldspat, Granat,

* kpr-Klinopiroksen, Plj- Plajiolklas

Tablo 3. Granat'a ait elektron mikroprob analiz değerleri Pyr - Pirope; Alm - Almadin; Spe - Spessartin; Gro - Grossular.

Table 3. Electron microprobe analyses data for garnet Pyr - Pyrope; Alm - Almandine; Spe - Spessartine; Gro - Grosular.

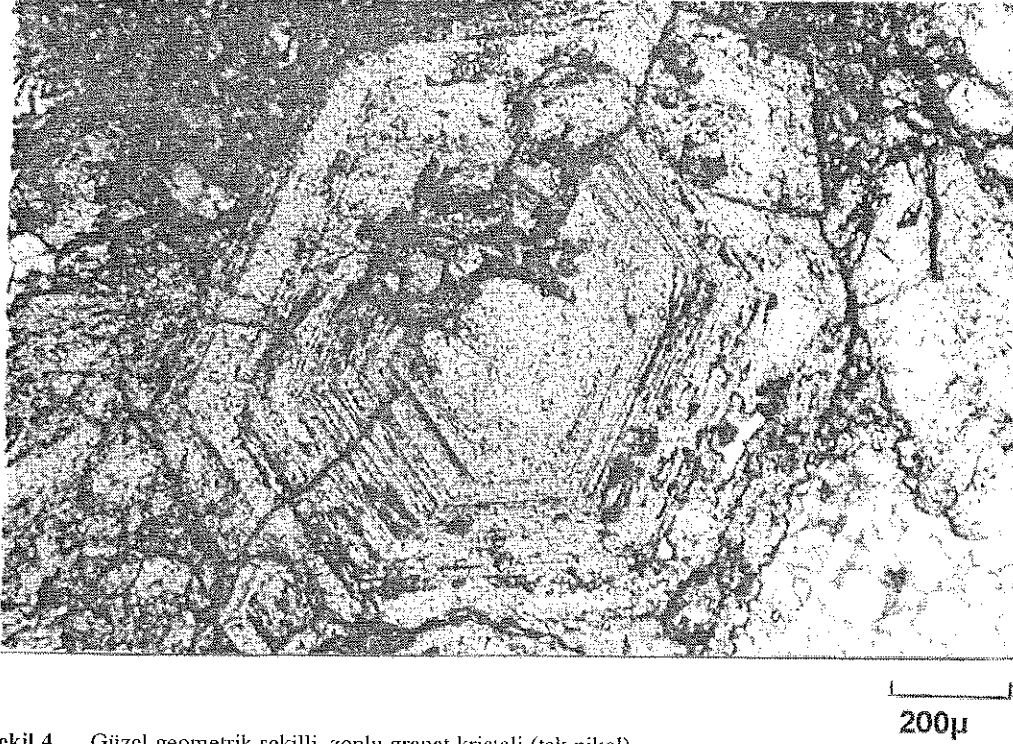
Örnek	N 47							
	Point 23	Point 24	Point 25	point 22	point 20	point 61	point 62	point 65
SiO ₂	38.53	38.43	38.60	38.77	39.43	37.85	38.34	36.29
TiO ₂	0.12	1.05	0.96	0.12	0.08	0.09	0.17	2.01
Al ₂ O ₃	13.9	13.91	14.1	14.35	17.39	15.58	14.12	8.77
FeO	9.81	8.44	10.39	9.33	4.05	10.29	11.91	17.94
MnO	0.91	0.94	0.46	0.98	0.89	1	1.01	0.76
MgO	0.24	0.21	0.26	0.54	0.37	0.29	0.37	0.41
CaO	33.25	32.84	32.72	34.05	34.77	35.28	35.19	34.02
K ₂ O	0.00	0.01	0.78	0.24	0.16	0.01	0.01	0.00
Na ₂ O	0.00	0.02	0.00	0.76	0.00	0.01	0.01	0.00
Y	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ba	0.00	0.00	0.66	0.03	0.05	0.06	0.07	0.00
La	0.1	0.00	0.00	0.08	0.06	0.00	0.00	0.03
Ce	0.05	0.00	0.00	0.00	0.01	0.13	0.04	0.00
Sum	96.92	95.86	98.93	99.26	97.28	100.6	101.24	100.23
Pyr	0.94	0.85	1.01	2.00	1.41	1.08	1.39	1.59
Alm	1.16	0.68	3.00	0.00	0.00	0.46	0.26	0.29
Spe	2.05	2.16	1.01	2.07	1.93	2.14	2.16	1.69
Gro	64.14	65.18	62.35	66.24	83.31	63.89	58.03	31.42
And	31.70	31.13	32.62	29.69	13.34	32.42	38.15	65.01

Çalışma alanında tespit edilmiş başlıca skarn mineralleri; granat (grossular-andradit), klinopiroksen (diyopsit-hedenberjit), vezüviyan (İdokraz), volastonit olup bunlara sonradan epidot, kuvars, fluorit, malakit, hematit oluşumu eşlik eder.

Endoskarn

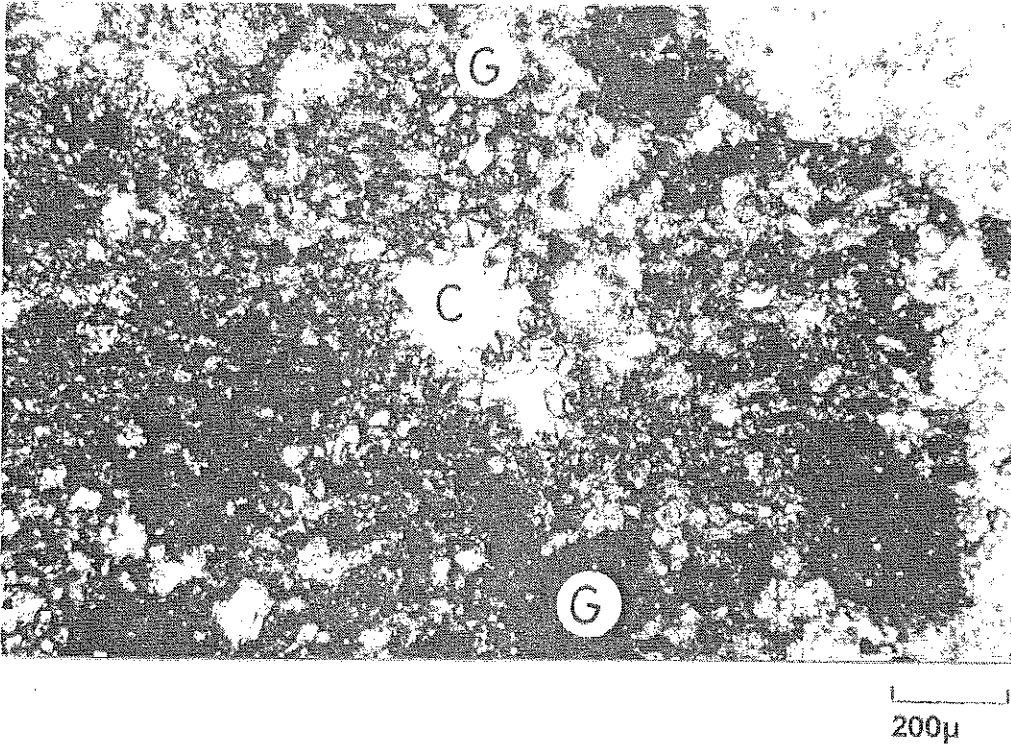
Granatlı siyenit porfir ile kalkışt arasındaki dokanak boyunca siyenit porfir içerisinde piroksence zen-

gin bir zon gelişmiştir. Alkali feldspat + plajiolklas + granat ana mineralojik bileşimli, mafik mineral olarak klinopiroksen ve de tali bileşenler olarak sfen, apatit, allanit'in eşlik ettiği granatlı siyenit porfir biriminin endoskarn gelişimi izlendiği örneklerinde bileşime, epidot, diyopsit ve hedenberjit katılır. Mineral bileşimindeki farklılıklara rağmen, endoskarn içinde relikt porfirik doku korunmuştur. Epidot, öz şekilsiz ve yarı öz şekilli kristalleri ile agregatlar halinde orijinal kayacıkta yer alan



Şekil 4. Güzel geometrik şekilli, zonlu granat kristali (tek nikol).

Figure 4. Garnet shows zoning in a beautiful geometric shape (in light plane).



Şekil 5. Sektör ikizli anizotrop granat kristalleri ve bunların çevresinde izotrop granat kristalleri (çapraz nikol) C=kalsit, G=granat.

Figure 5. Sector twinned anisotropic garnet is surrounded by isotropic garnet (crossed nicols) C=calcite, g=garnet.

feldspatlarda dissemine bir şekilde yer alırken, yeşilimsi hedenberjit kristalleri ile renksiz diyopsit kristalleri de epidota eşlik eder.

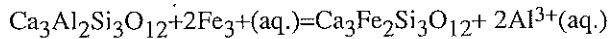
Özümlenme ile birlikte feldspatların kalsik minerallere (özellikle epidota) dönüşmesi ve hedenberjit – diyopsit piroksenin bulunuşu karakteristiktir.

Eksoskarn

Sahada, koyu kahve - yeşilimsi renkli, kompakt, içinde öz şekilli, yarı öz şekilli, iri (0.2-0.5 cm) yeşilimsi - kahve renklerindeki granat kristalleri ve yer yer düzensiz kalsit seviyeleri içeren bir zon görünümündedir.

Eksoskarn başlıca granat skarn ve klinopiroksen + granat halinde gözlenmekle birlikte granat skarn, klinopiroksen + vezüviyan + granat skarn, epidot + diyopsit skarn, volastonit + diyopsit + granat skarn ve vezüviyan + granat skarn parajenezlerinde izlenmiştir.

Granat Skarn: Öz şekilli ve büyüme zonları gösteren Granat, bu kayaçta esas minerallerdir. Granat içinde yer yer ufak kalsitlere rastlanılmıştır (Şekil 4). Elektron mikroprob analizlerinden de (Tablo 3) anlaşılacağı gibi grossular – andradit katı karışım serisinden oluşan ortası kahve dışı açık renkli /renksiz granatlar diffüzyon ve infiltrasyon metasomatizmasından etkilenmiştir. Kerrick'e (1977) göre, bir sulu faz ile dengedeki granatın bileşimi aşağıdaki değişim reaksiyonu ile kontrol edilir.



$$K = (\text{a}_{\text{Ca}_3\text{Fe}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}}) (\text{a}_{\text{Al}^{3+}})^2 / (\text{a}_{\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}}) (\text{a}_{\text{Fe}_3})^2$$

Mono mineralli granat skarn, sabit P ve T'da skarn da hareketsiz gözenek akışkanlarıncı Si, Al, ve Fe³⁺ 'ün difüzyonunun bir sonucu olarak mermerin yerini alması ile oluşur. Bu nedenle granatın bileşimi, sulu fazda (a_{Al³⁺})²/(a_{Fe³⁺})² aktivite oranının bir fonksiyonudur.

Masif granat'da, küçük öz şekilli ve yarı öz şekilli granat kristalleri yanında yama şeklinde piroksen ve kalsit kapanımları gözlenmiştir.

Öz şekilli iri granat ve masif şekilde izlenebilen granat kristallerine ilaveten sektör ikizlenme gösteren küçük anizotrop granat kristalleri de izlenir (Şekil 5). Bu anizotrop granat kristalleri muhtemelen masif granat çatlaklarında dolaşan geç çözeltilerden hızla kristallenmiş ve çatlakta sonradan kalsit birikimi gerçekleşmiştir.

Klinopiroksen, granoblastik kalsit kristalleri ile birlikte küçük kristaller veya iri kristaller halinde yer alır. Granat kristallerinde kapanım kristal olarak da bu-

lunan piroksen, Tablo 4'de verilmiş elektro prob analiz değerlerinde izlendiği gibi Diyopsit-Hedenberjit serisine aittir.

Tablo 4. Piroksen'e ait elektron mikroprob analiz değerleri.

Table 4. Electron microprobe analyses data for pyroxene.

Örnek	N 47		
	point 26	point 18	point 21
SiO ₂	49.45	52.93	52.10
TiO ₂	0.1	0.02	0.02
Al ₂ O ₃	2.50	1.45	2.88
FeO	5.89	2.98	3.54
MnO	0.86	0.88	0.92
MgO	14.78	14.07	13.38
CaO	24.82	24.62	24.56
K ₂ O	0.00	0.00	0.00
Na ₂ O	0.26	0.11	0.08
Sum	99.19	97.12	97.51

Klinopiroksen + Vezüviyan + granat skarn: Granat, vezüviyan, klinopiroksen, feldspat, kalsit ve opak mineralden oluşan mineralojik bileşime sahiptir.

Granat bu skarn da ana minerali oluşturur. Diğer skarn örneklerinde izlenen benzer özellikleri gösterir.

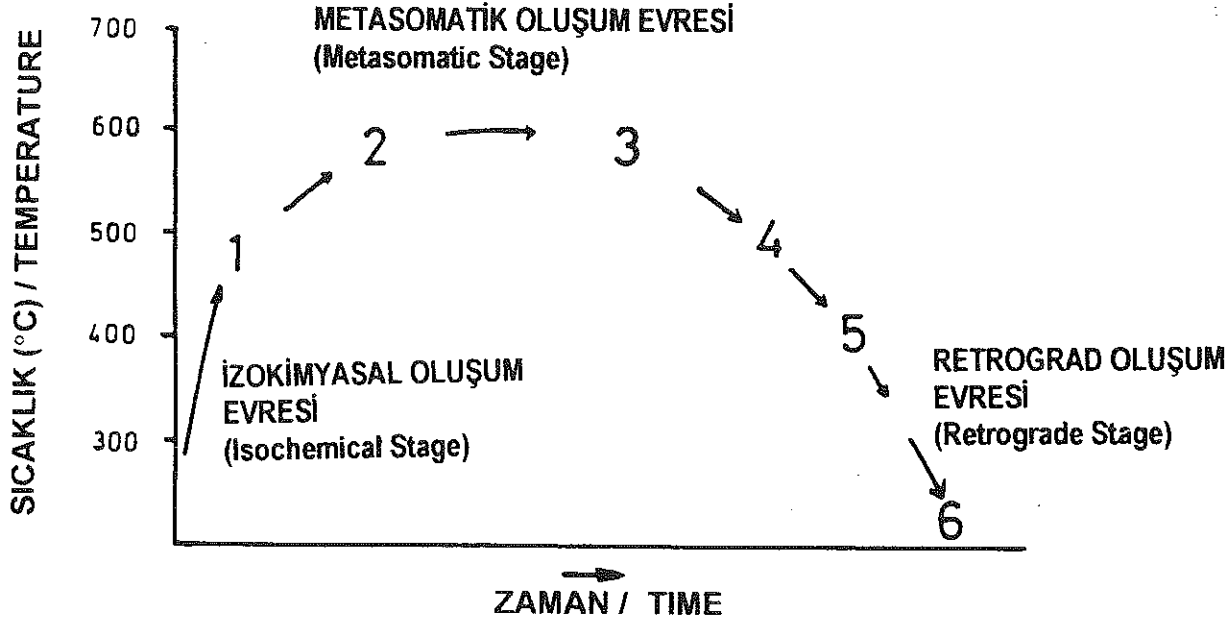
Vezüviyan, iri kristalleri ile granat mineralinden sonra ikinci bollukta izlenen mineraldir. Sarımsı renkli, iri kristaller şeklinde bulunur. Zonlu kristalleri de örneklerde izlenebilmektedir. Anormal koyu mavi girişim renkleri gösterirler.

Orta büyüklükte veya daha küçük öz şekilli veya yarı öz şekilli kristal şekillerinde izlenebilen *piroksen* kristalleri, vezüviyan ve granat kristalleri arasında izlenir. Feldspat, klinopiroksen ve granat kristallerinin arasındaki boşlukları doldurur.

Volastonit+hedenberjit+granat skarn: Mineralojik bileşimini, kalsit, granat, hedenberjit volastonit ve epidot oluşturur.

Granat, kalsit minerali ile birlikte ana minerali oluştururken öz şekilli kristallerinin yanı sıra masif bir şekilde izlenir. Ayrıca, küçük epidot kristallerinin çizgisel bir dizilim sunan kapanımları ve kalsit kristallerinin yama şeklinde kapanımlarının izlenebildiği poikiloblastik kristalleri de yaygındır.

Yeşilimsi renkli *hedenberjit*, hem kalsit ile birlikte oldukça yaygın olarak hem de granat kristallerinde kapanım kristal olarak bulunur. Kalsit kristallerine eşlik eden bir diğer mineral *volastonit*'tir. Uzama yönünde doğru sönme özelliği gösteren, grimsi girişim renklerine



Şekil 6. Zaman ve sıcaklığın bir fonksiyonu olarak skarn gelişimi safhaları (Brown ve diğ. 1985)

1. Kalsit, diyopsit; 2. Kalsit, diyopsit, volastonit, idokraz (vezüviyanit), grassular; 3. Andradit, diyopsit-hedenberjit, epidot; 4. Kuvars, kalkopirit, düşük-Mo şelit; 5. Amfibol, kalsit, epidot, kuvars; 6. Zeolitler.

Figure 6. Stages of skarn development as a function of time and temperature (After Brown et al. 1985)

1. Calcite, diopside; 2. Calcite, diopside, wollastonite, idocrase, grassular; 3. Andradite, diopside-hedenbergite, epidote, high Mo scheelite; 5. Amphibole, calcite, epidote, quartz; 6. Zeolites.

sahip yelpaze şeklinde kristal demetleri şeklinde bulunur.

Epidot + diyopsit skarn: Diyopsit, vezüviyan, kalsit, epidot, feldspat dan oluşan mineralojik bileşime sahiptir. *Diyopsit*, genellikle küçük yarı öz şekilli ve öz şekilli kristaller halinde yer yer de iri kristaller olarak bulunur. Kalsit tüm kristal aralarını doldurur. Feldspat, az miktarda, temiz kristal yüzeylerine sahip gri girişim renklerinde diğer kristallerin çevrelerinde yer alır.

Yüksek rölyefli, sarımsı renkli vezüviyan kristalleri, poikilitik görünüşlü iri kristaller olarak bulunur. Kristal çevresi opak mineraller ile çevrelenmiştir. Kapantı mineral olarak epidot ve piroksen yer alır.

Volastonit + diyopsit + granat skarn : Granat, kalsit, diyopsit, volastonit, feldspat ve kuvars minerallerinden oluşan mineralojik bileşime sahiptir. Granat, ana minerali oluşturur. İri klinopiroksenlere sarımsı renkli vezüviyan ve öz şekilsiz granat kristalleri eşlik eder.

Masif granat kristalleri arasında kalsit, damarlar şeklinde bulunur. Küçük kuvars kristallerinin yanı sıra volastonit, kristal demetleri şeklinde bu kalsit damarları içinde yer alır. Kuvars kristallerinin izlenmesi volastonit oluşumunu veren yüksek ısının olasılıkla uzun zaman sürmediğini gösterebildiği gibi akışkanlarda yeterli miktarda CO₂ tüketimini de gösterebilir (Kerrick, 1974).

Yüksek rölyefli, canlı girişim renklerine sahip küçük epidot kristalleri, granat ve vezüviyan kristalleri ile birlikte bulunur.

Vezüviyan + granat: Granat, kalsit, hedenberjit ve vezüviyan minerallerinden oluşan mineralojik bileşime sahiptir.

Granat, oldukça büyük, zonlu kristalleri ile ana minerali oluşturur. Kalsit ile hedenberjit kristalleri kapantı olarak yer alır. Küçük granat kristalleri, dokanağında yeşil renkli, yer yer kalsit kristallerinde belli bir dizi gösteren veya bazı kesimlerde dağınık bir şekilde yer alan hedenberjit kristalleri eşlik eder.

Granat kristalleri ile iç içe büyüme gösteren vezüviyan yaygın izlenir. Kuvars, ince damarlar boyunca yer alır.

Kalksist

Keban metamorfik biriminin çalışma alanında en yaygın yüzeylenen üyesidir. Gri, beyaz renkli, ayrışma rengi sarı, şistozitesi belirgin, bol kırıklı ve çatlaklı kesimleri rekristalize ve daha masif görünümlüdür.

Mikroskopta; kalsit, kuvars, serisit, feldspat, granat ve opak minerallerden oluşan mineralojik bileşim ile granolepidoblastik ve lepidoblastik doku özellikleri gösterir. Ana mineral olarak yer alan *kalsit*, şistozite yönün-

de, sistroziteye paralel uzamış kristaller halinde veya granoblastik kristaller halinde bulunur. *Kuvars*, dalgalı sönmeye gösteren öz şekilsiz kristaller halinde az miktarda yer alır. *Feldspat* ise az miktarda relik kristaller halinde bulunur. Karlsbad ikizlenme gösteren relik feldspat kristalleri, yer yer rotasyonel yapı özelliği gösterirler. *Granat* çok küçük kristaller halinde kalsit kristallerinin çevresinde izotrop ve anizotrop kristaller halinde bulunur.

TARTIŞMA

Kontak metamorfizma veya metasomatizma ile oluşmuş iri taneli Ca-Fe-Mg-Mn silikat minerallerini ifade eden skarn oluşumunu meydana getiren süreçler, başlıca karbonat kayaçlarının rekristalizasyonu, farklı kayaçlar arasındaki metasomatik reaksiyon, mağmatik kökenli çözeltilerin infiltrasyon metasomatizması şeklindedir. Bu tür silikatları gang minerali olarak içeren ve yukarıda belirtilmiş süreçlerin herhangi birisiyle veya bazıları ile oluşabilen maden yatakları da skarn yatakları olarak tanımlanır (Einaudi ve diğ. 1981).

Skarnlar, ölçeklerine göre reaksiyon skarnları ve ornatma (cevher) skarnları olarak iki gruba ayrılır. Ornatma skarnlar, ornatıkları kayaç tipine göre de sınıflandırılır. Eğer karbonat kayaçlarda yer alıyorsa "eksoskarn", intrüzif veya alüminyumlu kayaçların yerini almışsa "endoskarn" olarak tanımlanır. Eksoskarnlar, genellikle endoskarnlara nazaran daha genişler ve cevherin çoğunu taşırlar (Burt, 1974;1977).

Özette skarn oluşumu üç ana safha ile ilişkilendirilebilir.

1. Karbonatlı kayaçların rekristalizasyonu (izokimyasal metamorfizma - isochemical metamorphism)
2. Metasomatizma (metasomatik evre - metasomatic stage)
3. Retrograd hidrotermal alterasyon (retrograde stage)

Yukarıdaki skarn gelişiminin üç safhası, Kaliforniya'da Pine Creek'de W (şelit) skarn çalışmasını referans alarak sıcaklık ve zamanın bir fonksiyonu olarak Şekil 6'da gösterilmiştir (Brown ve diğ., 1985). Burada kalsit, dolomit, kuvars, K-feldspat ve organik materyal bileşimli karbonatlı ilksel kayaç; artan sıcaklık ile kalsit + diyopsit + K-feldspat + sfen + grafit birliğini verir (izokimyasal evre - isochemical stage). Kuvars-monzonit plütununun soğumasını takiben H₂O zengin akışkanlar, plütomla karbonat kayaçların kontaklarında oluşmuş yapışal kırıklar boyunca hareket ettirilerek, uzaklaştırılmıştır. Bu akışkanlar, Ca ve CO₂'i serbestleyen karbonat kayaçları ile reaksiyon gösterir. Bazıları plütona doğru geri dönerek endoskarn oluşumlarını meydana getirirler.

Karbonat kayaçlarında metasomatik akışkanların infiltrasyonu Fe'ce fakir silikatlar ve Fe'ce zengin granat ve piroksenleri oluşturur (metasomatik evre). Bu şekilde fluorit + granat + vezüviyan + volastonit + diyopsit + kalsit mineral bileşiminden meydana gelen açık yeşil renkli skarn zonu meydana gelir. Şelit taşıyan skarn, granat + piroksen + epidot içerir. Amfibol mineralleri, epidot, kuvars ve zeolitler de retrograd safhayı karakterize ederler.

Keban skarn oluşumunda da yukarıda özetlenmiş olan skarn oluşumu ve Pine Creek örneğinin benzeri bir oluşum izlenmektedir. Çalışma alanında, Üst Kretase - Paleosen döneminde sokulum yapmış siyenit porfir kütleli kalkışist bileşimli karbonatlı kayaçlarda 700 - 500°C sıcaklık aralığında kontak metamorfizma etkisiyle belli bir kontak zonu geliştirmiştir (Kineş 1969, Keban bölgesinde yapmış olduğu jeotermometrik çalışmalarda kontak metamorfik yataklar için maksimum sıcaklığı 700 °C olarak tespit etmiştir). Sarılmağara granatlı siyenit porfir kondağında piroksen granat hornfels, skapolit hornfels gibi kontak metamorfik kayaçlar izlenir. Bu kayaçlarda izlenen başlıca mineraller, kalsit, granat, vezüviyan, diyopsit, hedenberjit epidot, skapolitdir. Bu mineral parajenezinde görülebildiği gibi Piroksen - Hornfels Fasiyesinde izlenmesi beklenen mineraller tespit edilememiştir. Buradaki kontak metamorfizma Hornblend - Hornfels Fasiyesinde gelişmiştir (izokimyasal metamorfizma).

Granatlı siyenit porfir / kalkışist dokanağında metasomatik evrede, H₂O aktivitesinin etkisi altında diyopsit - hedenberjit ve grossular - andradit bileşimli silikat mineralleri kalkışist içinde belli bir zonda gelişmişlerdir. Metasomatik zonlanma eğilimi granat skarn, klinopiroksen + piroksen granat, diyopsit skarn ve epidot + diyopsit skarn şeklinde izlenir. Ayrıca volastonit, vezüviyan ve ortama Cl ve F getirimi ile skapolit ve fluorit de bu parajenezlere eşlik eder.

Skarn mineralleri, farklı sıcaklık, basınç ve uçucu madde fugasitelerinde duraylıdır. Uçucu fugasitesi ve sıcaklık genellikle fasiyeslerin duraylılıklarında ters rol oynarlar. Örneğin sabit basınç altında volastonit, kalsit ve kuvarsdan daha yüksek sıcaklıkta duraylı kalabilen bir mineral olmasına karşın, eğer akışkanlarda yeterli miktarda CO₂ tüketimi söz konusu ise volastonit oldukça düşük sıcaklıkta duraylı olabilir (Kerrick, 1974). Örneklerde yelpaze demetleri şeklinde bulunan volastonit kristallerini kuvars ve kalsit kristalleri ile birlikte aynı kesitte izleyebilmekteyiz. Buradan da akışkanlarda yeterli miktarda CO₂ tüketiminden söz edebiliriz. Başka bir deyişle metasomatizma esnasında reaksiyonlar sonucu oluşan CO₂ ortamdan uzaklaşınca H₂O önem kazana-

rak, mineraller düşük ısıda duraylı hale geçmiştir. Akışkanların bir kısmı da siyenit porfire hareket etmiş ve kal-sik fazların yer almasıyla epidot + klinopiroksen endoskarn oluşumuna neden olmuştur. Bu evre Keban skarn oluşumunda metasomatik safhayı verir.

Skarn türleri içerdikleri granat, hedenberjit gibi minerallerin katkıları ile koyu kahve rengi ile yeşilimsi renkler arasında bir renge sahiptirler.

Bimetasomatik gelişimi en güzel şekilde zonlu granat kristallerinde çekirdek kesimden kenar kısma doğru izleyebildiğimiz renk değişimi ile anlamaktayız. Si, Al ve Fe³⁺ kation göçü renk değişiminin kökünde yatmaktadır.

Sarılımağara granat siyenit porfiri kantağında gelişmemiş olmakla beraber bölgede, Keban derenin kuzeyinde ve güneyinde manyetit, kalkopirit, pirit, sfalerit, eşliğinde Skarn oluşumlu Au, Cu, Mo, W cevherleşmesi gelişmiştir.

SONUÇLAR

Keban bölgesinde, Üst Kretase – Paleosen döneminde (Kipman, 1976 ; Yazgan, 1983) sokulum yapmış siyenit porfir intrüzyonları, karbonatlı bölge kayaların da 700-500 °C sıcaklık aralığında kontak metamorfizmaya sebebiyet vererek farklı yayılım ve genişliğe sahip bir kontak zon geliştirmiştir. Bu zon kantağın bazı kesimlerinde kontak metamorfik mineral içeriğine göre farklı olarak isimlendirilen ve hornblend - hornfels fasiyesinde metamorfize olmuş kalkfels kayalar veya daha saf kireçtaşı özelliği gösteren yerlerde sakkaroid dokulu rekristalize kireçtaşı ile temsil edilir. Aynı zamanda Keban magmatik biriminin karbonatlı çevre kayacıyla dokanağında Si, Al, Fe, Mg gibi elementlerin getirimine bağlı olarak metasomatik olarak gelişen mineralojik değişimlerle de skarn oluşmuştur.

Keban skarn oluşumu, Sarılımağara tepe eteklerinde sokulum yapmış granat siyenit porfiri biriminin kantağında izlendiği gibi endoskarn ve eksoskarn oluşumları ile bimetasomatik karakterde, ornatma skarn şeklidir. Madde göçü, akıcı akışkanlar tarafından gerçekleştirilerek infiltrasyon metasomatizması sonucu oluşum göstermiştir.

Endoskarn oluşumu epidot + klinopiroksen skarn şeklinde gelişirken eksoskarn oluşumları da granat skarn, klinopiroksen + vezüviyan + granat skarn, Epidot + diyopsit skarn, volastonit + diyopsit + granat skarn ve vezüviyan + granat skarn şekillerinde tespit edilmiştir.

KATKI BELİRTME

Çalışma sırasında kayaç örneklerinin bir kısmına ait majör ve iz element analizleri İ. Ü. Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Jeokimya Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Jeokimyasal analizlerin yapılmasındaki katkılardan dolayı Kimya Mühendisi Sayın Nurten Akbulut'a ve Ecole des Mines De Paris – Fransa'da gerçekleştirilmiş elektron prob analizlerin yapılmasındaki katkılarından dolayı Sayın Michel Demange'a teşekkürü bir borç biliriz.

SUMMARY

Keban region, NW Elazığ province, East of Taurides, contains the polymetallic Keban argenitiferous Pb – Zn, Mo – W mine and some fluorite deposits used among which some of them have already been operated. The stratigraphic units of the region are mainly composed of the Keban metamorphics (Permo – Carboniferous) and the Keban magmatics which cut the metamorphic basement. The Sarılımağara limestone is the youngest unit the mapped area that unconformably overlies all the units older than Tertiary.

During Upper Cretaceous – Paleocen time, alkaline syenitic rocks emplaced at shallow depth, and intruded the metamorphic basement in form of dykes and sills clearly seen in the field. The Keban magmatic rocks typically show a porphyritic texture with phenocrysts of alkali feldspar and white plagioclase, dark colour mafic minerals set in a grey groundmass in the field.

The emplacement and cooling of the Keban magmatic unit is accompanied firstly by contact metamorphism and later by metasomatism in the wall rock. Therefore, a skarn zone is well developed between the metamorphic unit and the Keban magmatic rocks. The skarn consists mainly of the formation of exoskarn and endoskarn and consequently shows a bimetasomatic evolution. The main skarn minerals are clinopyroxene, garnet, and vesuvianite, wollastonite, calcite and epidote.

The Sarılımağara garnet syenite porphyry is one of the Keban magmatic rocks outcrop on the northern bank of the Euphrates River. A well – developed skarn zone, which is named as the Sarılımağara skarn formation, also occurs between the calcshist and the Sarılımağara garnet syenite porphyry.

Contact metamorphism and metasomatism in the wall rocks accompany the emplacement and cooling of the plutonic mass. Thus, the formation of skarns involves stages of isochemical metamorphism and metaso-

matism. Towards the final phases of cooling a retrograde stage occurs, during which the early skarn assemblages are destroyed and replaced by hydrous minerals. In summary, the formation of skarns can be related to three main stages: 1. Isochemical metamorphism, 2. Metasomatism, and 3. Retrograde hydrothermal alteration.

During Upper Cretaceous – Paleocene time the Keban magmatic rocks intruded the Keban metamorphic unit. Firstly, the intrusion of the Keban magmatic rocks result in contact metamorphism of the carbonate wall rocks – isochemical stage. Following the cooling of these alkaline syenitic intrusions, H₂O – rich fluids were expelled out and moved up along the structural break provided by the contact of the carbonate rocks with intrusions. These fluids reacted with carbonates to release Ca and CO₂, some of which diffused back towards the Keban magmatic unit forming an endoskarn. Infiltration of the metasomatising fluids into carbonates formed Fe – poor silicates and Fe – rich garnet and pyroxene – metasomatic stage.

Wollastonite is stable at higher temperatures than calcite plus quartz, but it can form at quite low temperatures if the fluids are sufficiently depleted in CO₂. Quartz and wollastonite are observed in the same thin sections, which in may suggest that skarn – forming fluids, are depleted in CO₂ in the Keban skarn formation.

Scheelite mineralization occurs as skarn formation continues in the region. Scheelite mineralization is associated with Au, Mo, Cu and calcopyrite, pyrite, sphalerite.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Altınlı İ. E., 1963,** 1\ 5000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası Erzurum Paftası İzahatnamesi M. T. A Enstitüsü Yayını – Ankara.
- Asutay H. J., 1988,** Baskil (Elazığ) çevresinin jeolojisi ve Baskil mağmatiklerinin Petrolojisi MTA dergisi sayı 107, Ankara.
- Bingöl E., 1989,** 1/ 2.000.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası. M. T. A Yayını, Ankara.
- Brown E. P. & Bowman J. R. & Kelly W.C., 1985,** Petrologic and Stable Isotop Constraints on the Source and Evolution of Skarn-Forming Fluids at Pine Creek, California. Economic Geology Vol. 80, pp. 72-95.
- Burt M. D., 1974,** Metasomatic Zoning in Ca - Fe -Si Exoskarns. Carnegie Inst. Washington Publ. 634, p. 287-293.
- Burt M. D., 1977,** Mineralogy and Petrology. of Skarn Deposits. Rendiconti Societa Italiana di Mineralogia Petrologia, 33 (2), 859 – 873.
- Çalık A., 1986,** Keban İlçesi - Elazığ Karamağara Dere Kuzeybatısının Jeolojik, Petrografik Etüdü ve Fluorit Cevherleşmesi. İ. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü –Yüksek Lisans Tezi (Yayınlanmamış) 1986.
- Çalık A., 1998,** Keban plütonitleri: Mineraloji, Petrojenez ve yan kayaç ilişkisi. Doktora tezi İ. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Çelebi H., 1997,** Keban (Elazığ) simli kurşun yatağı Batı Fırat sahası gümüşlü Mn cevherleşmesinin jeokimyası. Türkiye Jeoloji Bülteni, C. 40, sayı 1, 19, 36.
- Deer W. A., Howie R. A., Zussman J. 1992,** The Rock Forming Mineral. Longman Scientific & Technical New York, p. 45 – 200.
- Dirim M. S., 1991,** Keban, Zeytin dağ -Hazine Mağara Asil Metal Cevherleşmelerinin Kökeni ve Ekonomik Jeolojik Değerlendirilmesi. İ. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi.
- Einaudi M. T., Meinert D., Newberry J., 1981,** Skarn Deposits. Economic Geology 75 Th. Anniversary volume, 1981 p. 317 – 391.
- Fischbach W., 1877,** Keban madeni hakkında rapor. MTA Ens. Derleme no.384 Ankara.
- Gawlik J., 1958,** Keban - Elazığ Prospeksiyon raporu (yayınlanmamış). M. T. A Raporu 3096 - Ankara.
- Hanelçi Ş. & Taşçı İ. & Söylemez M., 1989,** Keban Güneyi (Keban -Elazığ) skarn zonu cevherleşmesinin ön etüd raporu. (Yayınlanmamış) Etibank Arşivi.
- Hanelçi Ş., 1991,** Zeryan dere -Siftil Tepe (Keban - Elazığ) Metalojenezinin incelenmesi. İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü - Doktora Tezi.
- Kerrick D. M., 1974,** Review of metamorphic mixed volatile (H₂O – CO₂) equilibria. Am. Mineral v. 59, p. 729 – 762.
- Kerrick D. M., 1977,** The genesis of zoned skarns in the Sierra Nevada, California. Journal of Petrology., vol. 18, part 1, p.144 -181.
- Ketin, İ., 1966,** Anadolu' nun Tektonik Birlikleri MTA Enstitüsü Dergisi s.66 Ankara.
- Kineş, T., 1969,** The geology and ore mineralization of the Keban of the Keban area, East Turkey. Ph.D. Thesis - Durnham University.
- Kipman, E., 1976 a,** Keban volkanitlerinin petrolojisi İ. Ü. Yerbilimleri Dergisi 1,1 s.2 03 –230.

- Kipman E., 1976 b**, Keban'ın Jeolojisi ve Keban şarhı-
yayı İ. Ü. Yerbilimleri Dergisi 1, 1 s.75 - 81 İstanbul.
- Köksoy, M., 1972**, Keban Madeni civarında cevherleş-
me ile ilgili elementlerin dağılımı .M. T. A – Ankara.
- Kumbasar, I., 1964**, Keban Bölgesindeki cevherleşme-
lerin petrografik ve metalojenik etüdü. İstanbul Tek-
nik Üniversitesi Maden Fakültesi - Doktora Tezi.
- Maucher, A., 1937**, Keban maden zuhuratı hakkında
mineralojik rapor. MTA Derleme no. 406 Ankara.
- Olsner, 1938**, Keban madeni hakkında rapor. Etibank
Maden Arama Mües. Kütüphanesi Ankara.
- Pilz, R.& Ceccatty, R., 1936**, Keban iptidai istikşaf
raporları MTA Derleme no. 178, Ankara.
- Tolun, N. 1950**, Keban Bölgesi jeolojisine ait (V. Ko-
venko'nun Raporuna) Dair Notlar. Etibank Arşivi –
Ankara.
- Yazıcı, B., 1986**, Keban İlçesi Karamağara dere güney
batısının (Elazığ) jeolojik Petrografik etüdü ve kon-
tak metasomatik cevherleşmesi. İ. Ü. Fen Bilimleri
Enstitüsü Maden yatakları ve Jeokimya Anabilim
Dalı Yüksek Lisans Tezi (yayınlanmamış).
- Yazgan, E., 1983**, Geodynamic evolution of the Eastern
Taurus region. International symposium on the ge-
ology of the Taurus belt. 1983, Ankara p. 199 – 208.
- Zızerman, A., 1969**, Geological and Mining Study of
Keban Maden. Etibank Genel Müdürlüğü - Ankara
69 RME 014.

Makalenin geliş tarihi : 22.12.1998
Makalenin yayına kabul tarihi : 11.10.1999
Received : December 22, 1998
Accepted : October 11, 1999