

## KEBAN (ELAZIĞ) KURŞUN-ÇİNKO CEVHERLEŞMELERİNİN KÖKENİNE BİR YAKLAŞIM: ÖN ÇALIŞMA

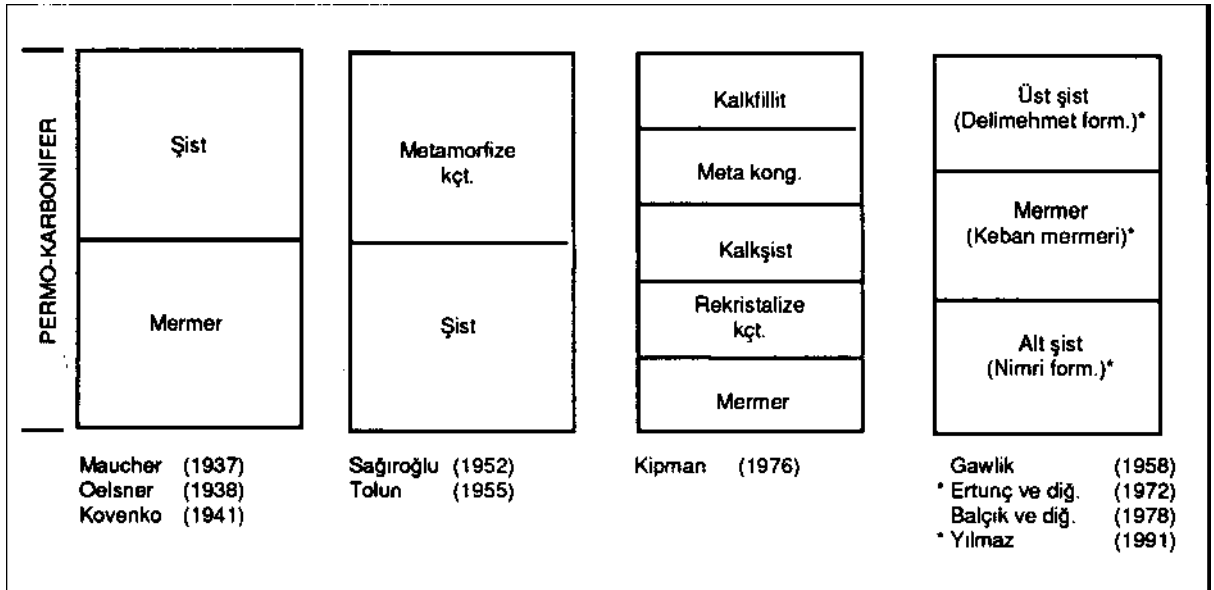
Ayhan YILMAZ\*; Taner ÜNLÜ\*\* ve I. Sönmez SAYILI\*\*

ÖZ. \_ Keban ve çevresi cevher oluşumları, genelde granitoidlerle epimetamorfik kayaç dokanaklarında, Nimri formasyonu içinde ve Keban mermerleri içinde olmak üzere üç ayrı konumda izlenmektedir. Önceki çalışmalarda bu yöredeki Pb - Zn oluşumları granitoidlere bağlı skarn tip yataklar biçiminde yorumlanmıştır. Bu çalışmada ise Nimri formasyonunun karbonatlı litolojileri içerisinde yer alan baskın karbonat cevherleri ile Keban mermerleri içerisinde yer alan sülfid ve karbonat cevherleri ağırlıklı olarak incelenmiştir. Mineraloji, petrografi ve jeokimya çalışmaları sonucu cevherleşmelerin yalnızca doğrudan granitoidlere bağlı skarn tipte olmadıkları konusunda bazı önemli bulgular ortaya çıkarılmıştır. Bu çalışmadaki veri tabanı ile sınırlı kalmak koşuluyla, Nimri formasyonu ve Keban mermerleri içinde varolan cevherlerin granitoidlerin etkisi ile mobilize oldukları görüşü önem kazanmaktadır. Mobilizasyon öncesi cevher oluşumları mevcut verilere dayanarak SEDEX (Ekzalatif Sedimanter) tip ile MVT (Mississippi Valley Tip) yataklanmalar açısından irdelenmiş ve SEDEX tipe özgü bazı bulgular ağırlık kazanmıştır, ikincil süreçlerle birincil oluşumlar yeni konumlarını kazanırken, metal içerikleri açısından da zenginleşmelere uğramıştır. Metamorfizma ve/veya granitoid etkisi ile ilgili hareketlenmeler ve yüzeysel etkiler ile ilişkili zenginleşmelere özgü süreçler çalışma konusu dışında bırakılmıştır. Bilime ve ekonomiye katkıları açısından, birincil oluşumlu cevherleşmelerin köken tartışmalarının yeniden yapılması gerekliliği bu çalışmanın özgün sonucudur.

### GİRİŞ

Keban bölgesi, 18. yüzyıldan günümüze kadar bilinen simli kurşun yatakları, bakır-molibden-flüorit-volfram-vanadyum cevherleşmeleri ve Keban ilçesinin hemen kuzeyinde yer alan Keban barajının mühendislik sorunları nedeniyle birçok yer bilimcinin araştırma ve çalışmalarına konu olmuştur.

Çalışma alanında yer alan litolojiler farklı yazarlarca değişik zamanlarda incelenerek bölge stratigrafisi ortaya konulmaya çalışılmıştır. Bu çalışmacıların litostratigrafik dizinim için savundukları görüşler Şekil 1 de karşılaştırmalı biçimde şematize edilmiştir. Temele yönelik çalışmalar ise Özgül, 1981; Özgül ve Turşucu, 1984te sunulmuştur.



Şek. 1- Keban civarının farklı araştırmacılara göre şematize edilmiş litostratigrafik dizinimleri.

\* ETİBANK Genel Müdürlüğü, Ankara.

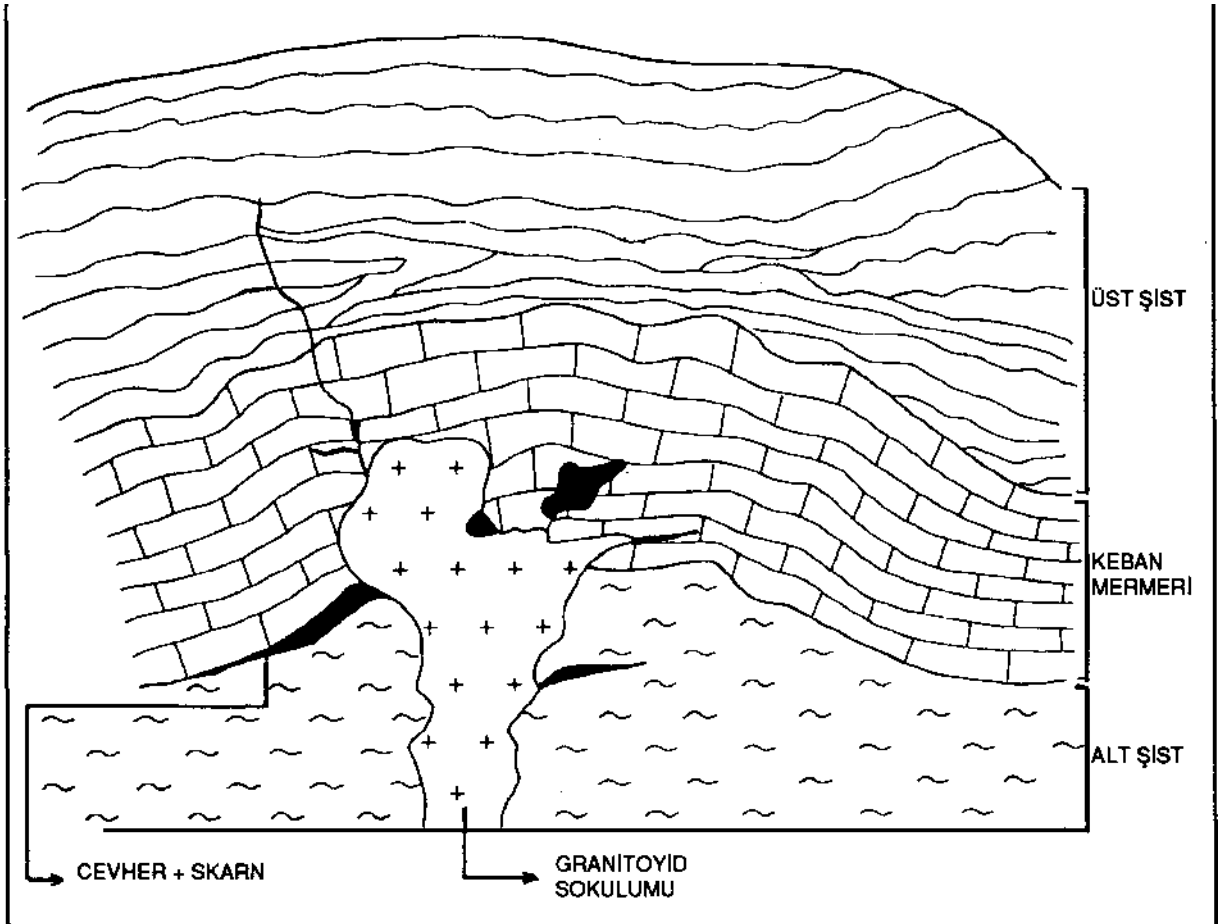
\*\* Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara

Maden jeolojisine yönelik çalışmaların başlıcaları: Fischbach, 1900; Arni, 1937; Maucher, 1937; Kovenko, 1941; Kumbasar, 1964; Ziserman, 1969; Kines, 1971; Köksoy, 1972; Balçık ve diğerleri, 1978; Balçık, 1979; İTÜ, 1981; Yılmaz ve diğerleri, 1983; Çağlayan, 1984; Öztunalı, 1985-1989 dur.

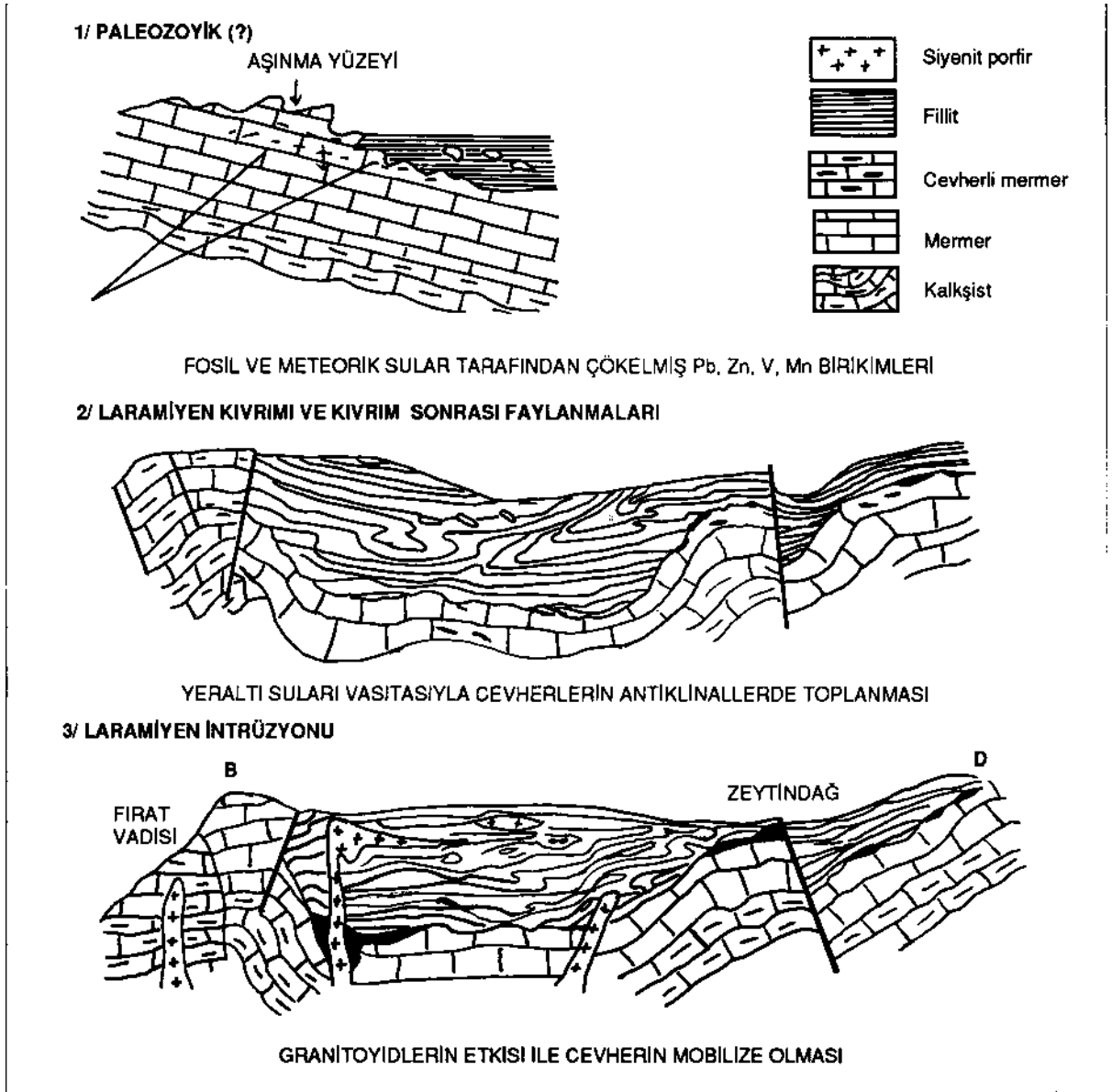
Teknolojiye yönelik çalışmaların başlıcaları ise: Canbazoğlu, 1986; Demirocak ve diğerleri, 1986; Göktekin ve Önal, 1986 olarak sıralanabilir.

Daha önce yapılan maden jeolojisine yönelik çalışmalarda cevher oluşumu ile ilişkili farklı iki görüş ortaya konulmuştur. Birinci görüş; cevherleşmenin siyenit porfir ile Keban mermeri ve/veya şist dokanaklarında veya Keban mermerlerinin içlerine doğru gelişim gösterir konumlarındaki dağılımına dayanarak, kontakt tip oluşumlar olabileceğini pirometasomatik, pnömatolitik, hidrotermal evrelerin ve skarn minerallerinin cevherleşmeye eşlik etmesi nedeniyle de cevher element kökeninin granitik kayalarla doğrudan ilişkili olduğunu savunmaktadır (Şek. 2). Buna karşılık ikinci görüş; cevherleşmenin yan kayaktan kaynaklanabileceğini ve bu birimler içerisine sokulum yapan granitoidlerin anılan birimler içerisindeki düşük tenörlü metal konsantrasyonlarını mobilize ederek, cevherleşmenin bugünkü konumunu kazanmasında etkin rol oynamış olabileceğini savunmaktadır (Şek. 3).

Önceki çalışmalarda, skarn tip olarak tanımlanan cevher oluşumlarına özgü maden jeolojisi verileri detaylı biçimde ele alınmıştır. Bu çalışmada ise skarn olarak tanımlanan evre öncesine özgü birincil oluşumlar mineraloji, petrografi, jeokimya ve jeostatistik yöntemlerle incelenmiş ve elde edilen bulgular tartışılmıştır.



Şek. 2- Doğrudan granitoidlere bağlı cevher oluşum modeli (Arni, 1937; Köksoy, 1972; Çağlayan, 1984 ten şematize edilmiştir).

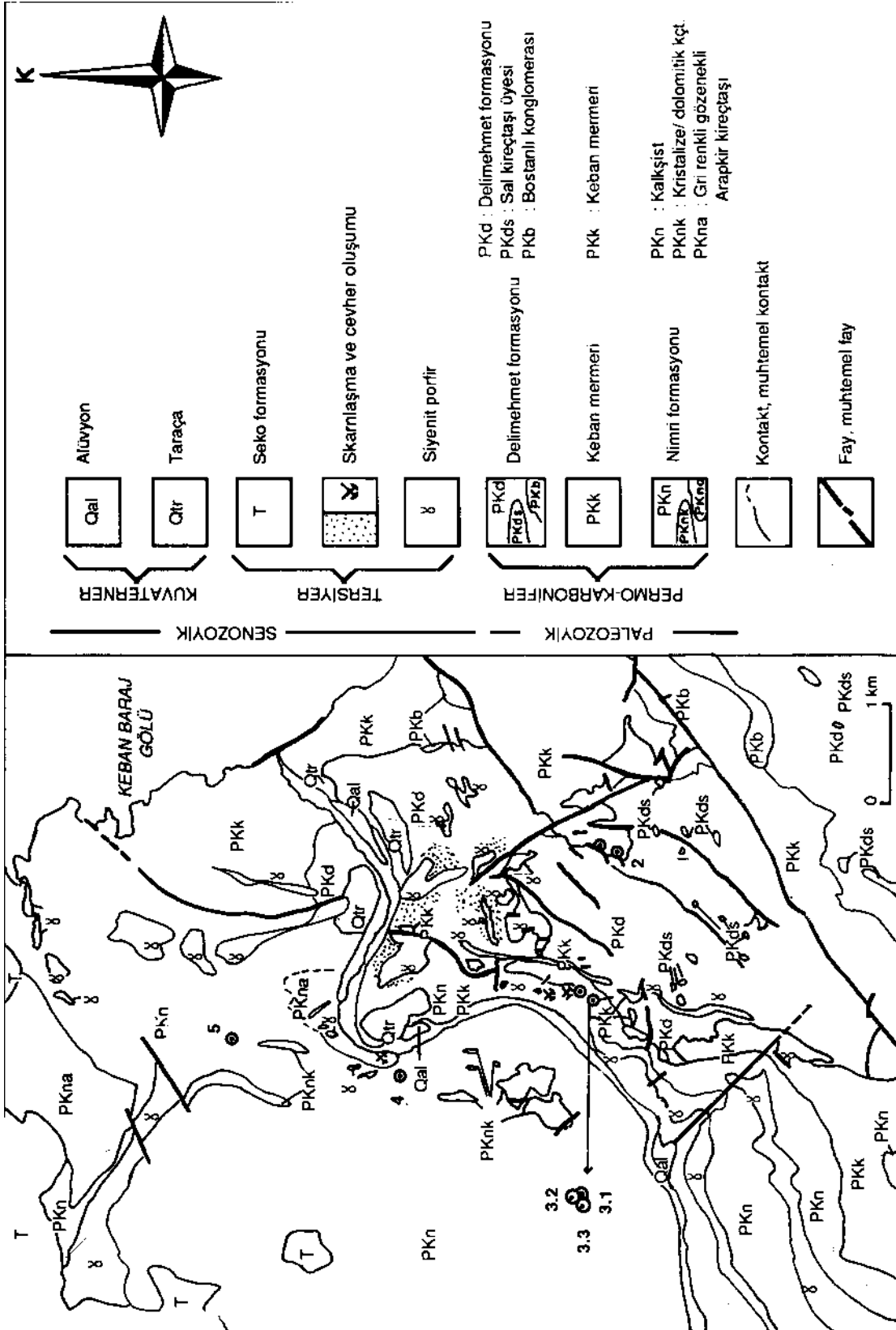


Şek. 3- Yankayaçlardaki cevherleşmelerin granitoyid sokulumları ile hareketlendiğini savunan oluşum modeli (Ziserman, 1969 dan aynen alınmıştır).

#### JEOLOJİK KONUM, SAHA İLİŞKİLERİ VE PETROGRAFI

Keban sahası Anadolu'nun tektonik birliklerinden Torid tektonik kuşağında Doğu Toroslar bölgesinde yer alır. Çalışılan alandaki stratigrafik dizinim yaşlıdan gence doğru; Nimri formasyonu, Keban mermerleri, Delimehmet formasyonu şeklinde olup aralarında düşük açılı uyumsuzluklar gözlenir (Şek. 4 ve 5). Paleozoik (Permo-Karbonifer) yaşlı bu birimler düşük dereceli metamorfizmadan (epimetamorfizma) etkilenmiş olup, Üst Kretase-Eosen başlangıcında meydana gelen magmatik faaliyetlerin ürünü olan siyeniit porfirler tarafından da kesilmişlerdir (Ertunç ve diğerleri, 1972; Yılmaz, 1991).

Nimri formasyonunun tabanında küçük, eş tane boyutlu kalsitlerden ve aksesuar olarak özşekilsiz kuvarsdan oluşan gri renkli gözenekli Arapkir kireçtaşları yer alır. Bunun üzerine Nimri formasyonunun baskın



Şek. 4- Keban ve çevresinin jeoloji haritası ve kimyasal analizi yapılan örnek gruplarının alındıkları yerler (Örnek grup ve numaraları: 1. grup: AKY. 5, 7; 1. grup: AKF. 1; 2. grup: AKY. 39; 3.1. grup: AKF. 19, 21, 22; 3.2. grup: AKF. 8, 9, 12, 14, 16; 3.3. grup: AKF. 17; 4. grup: AKY. 30, 31, 34, 35; 5. grup: AKB. 4, 5, 8).

ZAMAN	Devir	Formasyon	Üye	Kalınlık-m	LİTOLOJİK İSTİF	Açıklamalar
PALEOZOYİK	Permo-Karbonifer	Seko formasyonu (T)	Sal kçt. PKds	500	100	Alüvyon
						Taraça
						Kumlu killi fosilli kireçtaşı
PALEOZOYİK	Permo-Karbonifer	Delirmehmet formasyonu PKd	Bostanlı kongl. PKb	1650	500	Silttaşı-Mam
						Konglomera
						Kristalize kireçtaşı
PALEOZOYİK	Permo-Karbonifer	Keban mermeri PKk	Arapkir kçt. PKna	1500	500	Kristalize kireçtaşı mercek ve bloklar
						Kalkşist (mikaşist + grafit-serisit şist)
						Meta konglomera
PALEOZOYİK	Permo-Karbonifer	Nimri formasyonu PKn	Arapkir kçt. PKna	1500	500	Kristalize kireçtaşı
						Kristalize / dolomitik kireçtaşı
						Kalkşist (serisit - klorit bantlı)
PALEOZOYİK	Permo-Karbonifer	Nimri formasyonu PKn	Arapkir kçt. PKna	1500	500	Kristalize - dolomitik kireçtaşı bant ve mercekleri
						Gri renkli, gözenekli kireçtaşı

Şek. 5- Çalışma alanına ait geliştirilmiş dikme kesit.

litolojisi olan başlıca karbonat mineralleri, plajiyoklaz, kuvars ve bazı seviyelerde izlenen serisit, grafit, klorit ve opak minerallerden oluşan kalkıştler gelir. Nimri formasyonu içinde yanıl ve düşey olarak kalkıştlerle geçiş gösteren ve üst kesimlere doğru dolomit minerallerinden arınan kristalize kireçtaşlan yer alır. Bu litoloji içinde yer yer serisit pulcukları, kuvars, plajiyoklaz ve opak minerallere rastlanırken, demir ve mangan minerallerince zenginleşmeler de gözlenmektedir. Kristalize kireçtaşları yer yer dolomit içeren kristalize/dolomitik kireçtaşları karakteri de sergilemektedir.

Keban mermerleri pembe-beyaz renkli, kırıklı, çatlaklı ve breşik görünümlü olup eş boyutlu, orta tane boylu, basınç ikizli kalsit kristallerinden oluşmaktadır. Keban mermerlerinin Delimehmet formasyonu ile olan dokanaklarında feldispat mineralleri, kuvars, klorit, serisit ve yer yer de grafitlerce artışlar belirlenmiştir.

Delimehmet formasyonu ise Keban mermerlerinin üzerine bazı yerlerde Bostanlı konglomerası ile oturmakta olup kalkışt karakterindedir. Kalkıştler grafit-serisit-kuvars-feldispat ve klorit mineralleri ile temsil edilmektedir. Bu formasyon içerisinde ayrılan Sal kireçtaşı üyesi merccekler halinde olup yer yer ufak kuvars mineralleri de içermektedir.

Tüm bu birimleri kesen magmatik kayalar sanidin ve ortoklazların hâkim olduğu porfiritik yapılu siyenit porfirlerdir. Siyenit porfirlerin kalkışt ve mermerler ile olan dokanaklarında kontakt metamorfizma mineralleri olan granatlar ve epidotlar izlenmektedir. Ayrıca siyenit porfirler de kendi içlerinde alterasyona uğrayarak serisitleşme, killeşme ve kloritleşmeye uğramışlardır.

#### CEVHER KONUMU VE MİNERALOGİSİ

Nimri formasyonu içinde kristalize/dolomitik kireçtaşı seviyelerinde 0.5-2 metre arası kalınlığında ve yankayaç ile uyumlu cevherli seviyeler izlenmektedir. Bu seviyeler çalışma alanında yaklaşık 8 km<sup>2</sup> lik bir bölgeye yayılmakta olup, yeraltı işletme çalışmalarında özellikle 730-795 m kotları arasında gözlenmektedir. Cevherli seviyelerde birincil oluşumlu cevher mineralleri olan rodokrozitten dönüşen psilomelan ve pirolüsit ile küçük taneli piritler yer alır (Foto 1, 2, 3). Psilomelana ayrıca çatlaklarda böbreğimsi jel dokulu dolgu şeklinde de rastlanmaktadır. Piritler kayada küçük taneli veya daha iri taneli, zonlu pirit psödomorfları olarak bulunur. Her iki tür pirit de çoğunlukla limonite dönüşmüştür. Limonit ayrıca çatlaklarda jel dokulu olarak izlenmektedir. Anılan mineraller dışında daha geç evrelere özgü kalkopirit, pirit, sfalerit, pirotin ve molibdenit mineralleri de saptanmıştır.

Keban mermerlerinde 2-20 metre kalınlığında ufak boyutlu ve 20-50 metre kalınlığında büyük boyutlu merccekler biçiminde cevherleşmelere rastlanmaktadır. Cevherleşmeler içinde farklı minerallerden dolayı beyaz, gri ve kahverengi kesimler ayrırtlanmıştır. Bu kesimlerde değişik mineral parajenezleri sunan karbonatlı, sülfürlü ve oksitli cevher türleri saptanmıştır.

Karbonatlı kayalar içindeki karbonatlı cevher mineralleri olarak başta çinko karbonat (smitsonit) olmak üzere kurşun karbonat (serüsit) izlenmektedir. Bu kayalarda çok az galenit ve sfalerit de bulunmaktadır. Böbreğimsi, üzümümsü dokulu smitsonitler içinde yer yer grinokoid ve sfalerit kapanımları vardır. Çatlaklarında limonitler gelişmiştir (Foto 4, 5, 6).

Keban mermerleri içindeki sülfürlü cevher mineralleri başlıca galenit, sfalerit, pirit, kalkopirit, markasit ve arsenopiritlerden oluşur. Piritler ve arsenopiritler bir arada gözlenirken kalkopiritlerin bornit, neodijenit, kalkozin ve kovelline dönüştükleri belirlenmiştir. Sfalerit ve galenitler içinde yüksek ve düşük sıcaklık türleri izlenmektedir. Bunların düşük sıcaklık türleri jel dokuları ile karakterize olunur.

Keban mermerleri içindeki oksitli cevher mineralleri olarak pirit kalıntıları içeren götit ve lepidokrokrit saptanmıştır. Ayrıca Keban mermerlerinin gri ve kahverenkli kesimleri içinde az miktarlarda detritik bileşenler olarak kalkopirit, hematit, manyetit, rutil, anatas ve kloritleşmiş ojit belirlenmiştir.

Delimehmet formasyonu cevher mineralleri bakımından fakir olup, sadece pirit ve limonitler izlenir.

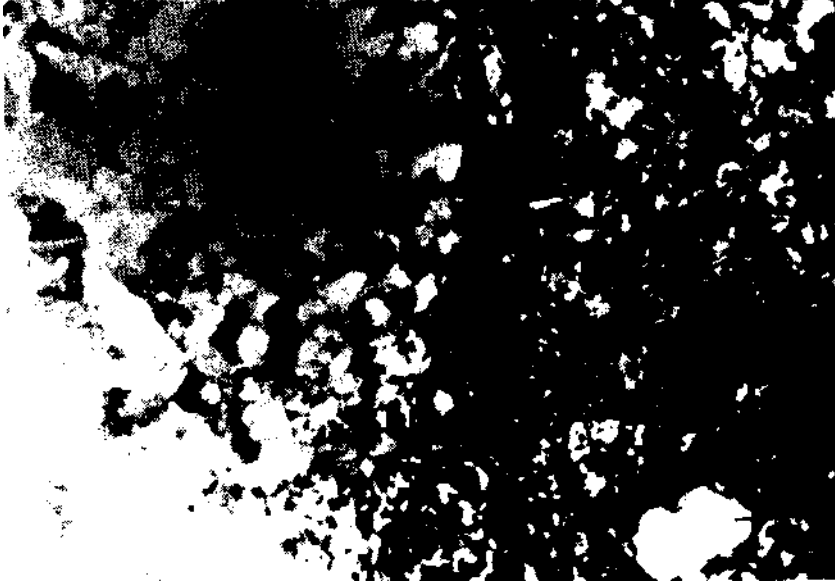
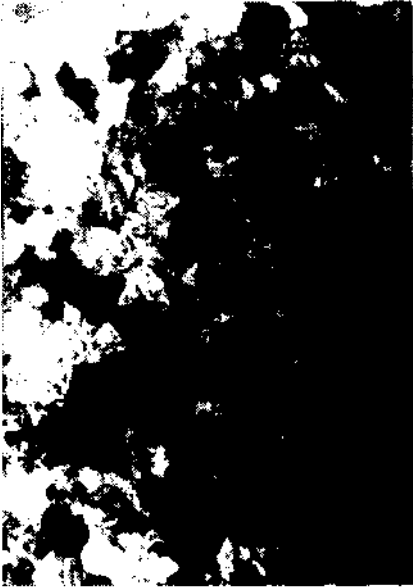
**b****c**

Foto 1- Kristalize/dolomitik kireçtaşı içinde:  
a- Kalsit mineralleri ve mangan minerallerince zengin kesimler; b- Kalsit minerallerinden oluşan kesim; c- Dolomit ve manganoksit mineralleri ile az miktarda kuvarstan oluşan kesim (Çift nikol, 63X).

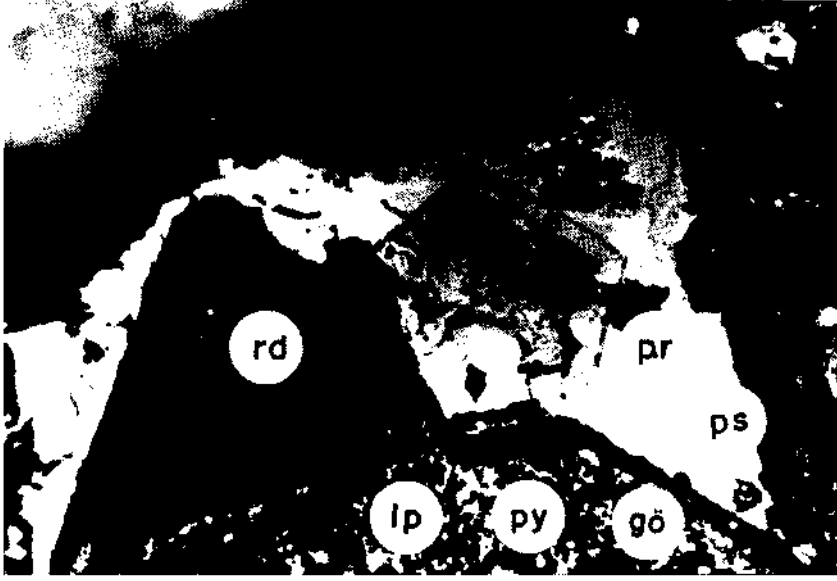


Foto 2- Kristalize/dolomitik kireçtaşı içinde; Rodokrozitten (rd) dönüşen, pirolüsit (pr), psilomelan (ps) ile piritten (py) dönüşen lepidokrokit (lp) ve götüt (gö) oluşumları (420X, yağda).

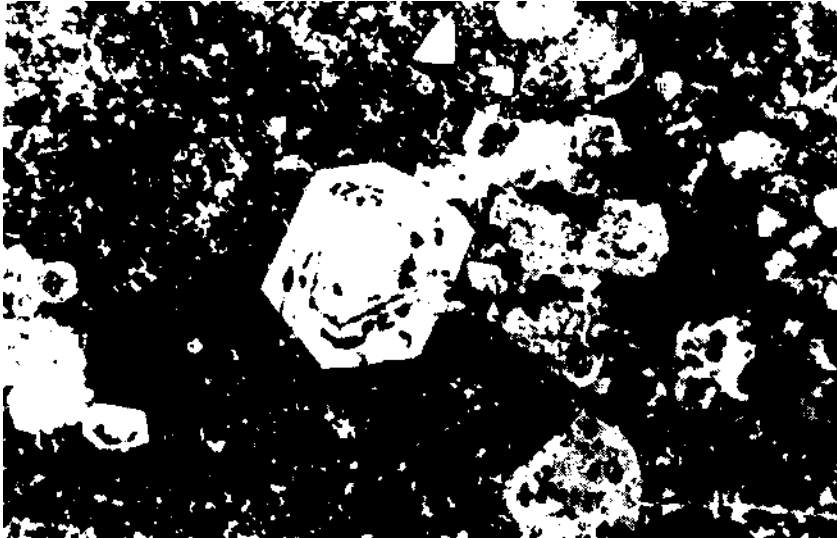


Foto 3- Kristalize/dolomitik kireçtaşı içinde limonite dönüşmüş psödomorf piritler (420X, yağda).

## KEBAN KURŞUN-ÇİNKO CEVHERLEŞMELERİNİN KÖKENİ



Foto 4- Keban mermerleri içindeki karbonatlı cevher. Smitsonit (sm), sfalerit (sf) ve içindeki kalkopirit (kpy) ayrılmaları (420X, yağda).

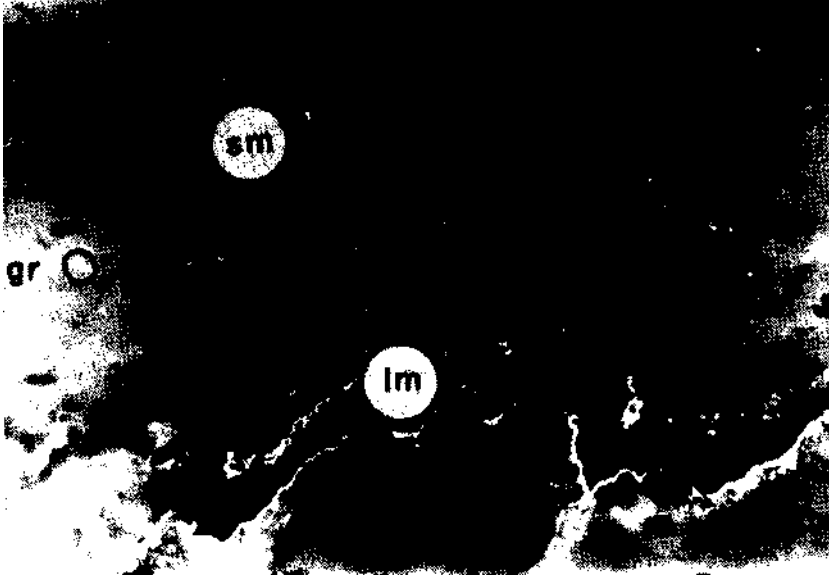


Foto 5- Keban mermeri içindeki karbonatlı cevher. Grinokoid (gr) damlaları içeren smitsonit (sm) ve limonit (lm) oluşumları (420X, yağda).



Foto 6- Keban mermeri içindeki karbonatlı cevher. Götit (gö) ve jel-radyal-ışınsl pirit (py) oluşumları (420X, yağda).

Siyenit porfirlerin yankayaçlarla olan dokanaklarında da yer yer cevher mineral zenginleşmelerine rastlanmıştır (Yılmaz, 1991).

#### JEOKİMYA- JEOİSTATİSTİK

Keban civarından alınan cevher ve yankayaç örneklerinin Etibank Laboratuvarlarında yapılan kimyasal analiz sonuçları Çizelge 1 de ve tüm jeokimya verilerinin alt ve üst sınırları Çizelge 2 de sunulmuştur.

Nimri formasyonu içerisindeki dolomitik kireçtaşı seviyeleri, sahada saptanan Pb-Zn konsantrasyonlarını içeren en eski birimlerdir. Düşük PbO ve ZnO değerleri karakteristiktir.

Keban mermerleri içerisinde görülen karbonat tip cevherler Ca, Mg, Mn, Fe, Pb, Zn karbonat minerallerinden oluşmaktadır. Daha sonra oksit minerallerine dönüşmüşlerdir. Keban mermerleri içerisinde görülen sülfid cevherleri yüksek Mn, Fe, Pb, Zn oranları ve yüksek kil içerikleri ile karakteristiktir. Keban mermerleri demir şapka oluşumları yüzeysel oksidasyon koşullarına özgü Fe, Al ca zenginleşmeler sergilerler.

Yukarıda sunulan tüm mineralizasyon içeren seviyelerden farklı özellikler gösteren Nimri formasyonu içerisindeki hidrotermal oluşumlara, flogopit ve kuvars eşlik etmekte olup yüksek K<sub>2</sub>O oranları belirgindir.

Tüm örneklerdeki çeşitli elementlerin birbirleriyle olan ilişkileri grafiksel olarak Şekil 6 da, Pb-Zn elementlerinin Ca, Mg, Al ve Si ile olan dağılım ilişkileri ise Çizelge 3 te sunulmuştur. Bu çizelgede Ca ve Mg, karbonat minerallerinin; Al ve Si ise kil minerallerinin esas bileşenleridir. Pb ve Zn elementleri karbonatlar ile (Ca ve Mg bileşenleri ile) eksilen; killer ile (Al bileşeni ile) artan ilişkilidir. Pb-Zn elementlerinin kil bileşenlerinden Si ile olan değişken dağılım ilişkisi, ikincil olaylara karşın Si elementinin hareketli olma karakterinden kaynaklanmaktadır. Bu sonuçlara göre bir taraftan Pb ve Zn elementlerinin karbonatların artması ile azalması ve killerin artması ile de artması, diğer taraftan ortamdaki karbonatların artmasına karşın killerin azalması, ilk plânda Pb-Zn elementleri ile killer ve karbonatlar arasındaki ardışıklı çökeltmeli birlikteliği düşündürmektedir.

Keban mermerleri ile bunlar içerisindeki karbonat cevherlerine özgü iki grup karbonatlı örnekler adı altında tek bir grup, Keban mermerleri içerisindeki sülfürlü örnekler ise sülfürlü örnekler adı altında tek bir gruba

Çizelge 1 - Keban civarından alınan cevher ve yan kayaç örneklerinin Etibank Laboratuvarlarında yapılan kimyasal analiz sonuçları (analiz yöntemleri için Yılmaz, 1991 )

BİRİM	NUMUNE NO/İŞARETİ	% SiO <sub>2</sub>	% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% CaO	% FeO*	% K <sub>2</sub> O	% MgO	% MnO	% Na <sub>2</sub> O	% ZnO	% PbO	% KK	TOPLAM	Ba (ppm)	Sr (ppm)	Ag (ppm)	Cd (ppm)	Cu (ppm)	Ni (ppm)	Co (ppm)	AÇIKLAMALAR	
K E B	1 AKF-1	1.86	1.98	41.66	0.77	0.040	9.14	1.12	0.168	0.31	0.19	39.80	97.038	2000	400	ND	ND	ND	60	40	KEBAN MERMERİ	
	13 AKY-5	1.79	2.85	41.90	0.14	0.030	9.75	0.24	0.139	0.09	0.03	40.33	97.288	900	700	ND	ND	ND	ND	ND		
	16 AKY-7	1.92	0.96	48.80	0.18	0.043	3.55	0.61	0.837	0.06	0.05	42.00	98.81	2000	400	ND	ND	100	ND	ND		
M E R	15 AKY-39	6.80	12.41	0.04	70.29	0.063	0.56	0.76	0.174	0.06	0.88	7.20	99.237	400	600	103	ND	1100	60	100	K. M. DEMİR ŞAPKA	
	7 AKF-19	1.76	13.43	11.28	23.31	0.042	1.67	1.86	0.208	39.41	4.49	1.28	98.74	300	100	290	1600	300	ND	ND	KARBONAT TIP CEVHER	
	8 AFK-21	1.86	10.22	12.36	19.15	0.045	1.91	1.78	0.140	44.08	0.74	3.57	95.855	900	800	ND	200	ND	ND	ND		
9 AKF-22	2.00	9.69	10.44	22.78	0.025	1.41	1.51	0.101	43.04	0.71	3.15	94.856	700	200	10	800	100	ND	ND			
M E R	2 AKF-8	12.40	14.75	0.64	36.98	0.054	2.75	0.43	0.220	3.73	2.88	18.59	93.424	400	700	2850	ND	7100	80	60	SULFİT TIP CEVHER	
	3 AKF-9	14.75	12.27	1.48	41.01	0.049	0.20	2.36	0.140	0.62	4.13	17.43	94.439	700	300	395	ND	1900	80	80		
	4 AKF-12	17.84	32.56	1.68	9.11	0.051	0.07	0.46	0.202	7.47	13.62	9.91	92.973	800	400	2050	200	1000	ND	ND		
	5 AKF-14	21.70	22.91	1.30	20.63	0.024	0.07	0.83	0.119	7.26	15.62	6.77	97.233	500	300	1575	200	1100	ND	ND		
	6 AKF-16	16.40	21.45	1.20	21.50	0.052	0.20	1.29	0.216	15.25	5.74	8.39	91.688	400	600	1250	400	1100	ND	ND		
	14 AKF-17	0.50	20.96	7.70	12.32	0.027	1.31	3.24	0.163	23.85	27.47	0.72	98.26	800	800	2000	400	1600	ND	ND		ND
N I M	10 AKB-4	2.70	6.77	38.02	2.15	1.255	8.19	1.64	0.321	0.16	0.68	29.97	91.856	800	300	10	ND	200	ND	ND	NİMLİ FORMASYONU HİDROTHERMAL OLUŞUMLAR	
	11 AKB-5	10.96	8.40	35.84	2.79	1.265	0.73	1.41	0.168	0.15	0.09	29.36	91.163	900	600	ND	ND	300	ND	ND		
	12 AKB-8	3.18	6.51	42.64	1.34	1.305	1.21	1.38	0.410	0.14	0.40	32.93	91.445	1000	1000	ND	ND	100	ND	ND		
F O R M	18 AKY-30	A. Y.	A. Y.	30.92	15.87	A. Y.	A. Y.	7.49	A. Y.	0.24	0.04	40.98	95.539	ND	A. Y.	A. Y.	A. Y.	A. Y.	A. Y.	A. Y.	NİMLİ FORMASYONU	
	17 AKY-31	A. Y.	A. Y.	52.91	5.43	A. Y.	A. Y.	1.07	A. Y.	0.01	ND	42.63	102.05	ND	A. Y.	A. Y.	A. Y.	A. Y.	A. Y.	A. Y.	DOLOMITİK KİREÇTAŞI	

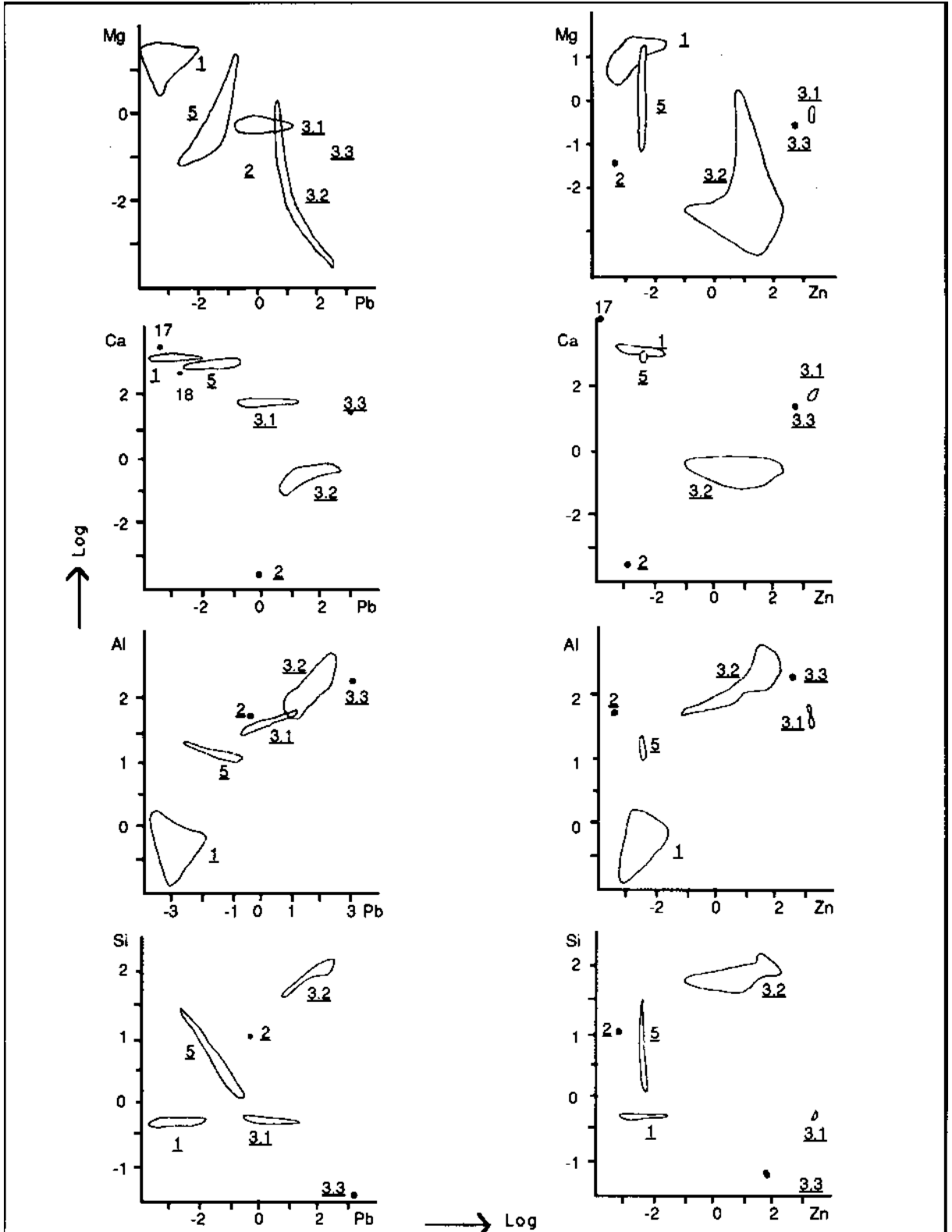
Fe O\* Toplam demir, ND: Aletin duyarlılık sınırları altında, A. Y.: Analiz yapılmadı. Kimyasal analizler 105° C da kuru ağırlıkta örnekler üzerinde yapılmıştır.

Çizelge 2- Çizelge 1 deki kimyasal analiz sonuçlarının alt ve üst sınırları

AÇIKLAMALAR	ÖRNEK SAYISI	PbO %	ZnO %	CaO %	MgO %	FeO* %	MnO %	KK %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	SiO <sub>2</sub> %	Na <sub>2</sub> O %	K <sub>2</sub> O %	Ba ppm	Sr ppm	Ag ppm	Cd ppm	Cu ppm	
K E B A N M E R M E R İ	KEBAN MERMERİ DEMİR ŞAPKA	8800 ppm	600 ppm	0.0	0.6	70.3	0.8	7.2	12.4	6.8	0.2	0.1	400	600	103	ND	1100	
	KEBAN MERMERİ KARIŞIK TIP CEVHER	27.5	23.9	7.7	1.3	12.3	3.2	0.7	21.0	0.5	0.2	0.0	800	800	2000	400	1600	
	KEBAN MERMERİ SÜLFİT TIP CEVHER	2.9-15.6	0.6-15.3	0.6-1.7	0.1-2.8	9.1-41.0	0.4-2.4	6.8-18.6	12.3-32.6	12.4-21.7	0.1-0.2	0.1	400-800	300-700	395.2850	200-400	1000-7100	
	KEBAN MERMERİ KARBONAT TIP CEVHER	0.7-4.5	39.4-44.1	10.4-12.4	1.4-1.9	19.2-23.3	1.5-1.9	1.3-3.6	9.7-13.4	1.8-2.0	0.1-0.2	0.0-0.1	300-900	100-800	10.290	200-1600	100-300	
	KEBAN MERMERİ	300-1900 ppm	600-3100 ppm	41.7-48.8	3.4-9.8	0.1-0.8	0.2-1.1	39.8-42.0	10.2-9	1.8-1.9	0.1-0.8	0.0	900-2000	400-700	ND	ND	ND 100	
	NİMİRİ FORMASYONU DOLOMITİK KIREÇTAŞI	400 ppm	100-2400 ppm	30.9-52.9	A Y	5.4-15.9	1.1-7.5	41.0-42.6	A Y	A Y	A Y	A Y	A Y	A Y	A Y	A Y	A Y	A Y
	NİMİRİ FORMASYONU HİDROTHERMAL OLUŞUMLAR	900-6800 ppm	1400-1600 ppm	35.8-42.6	0.7-8.2	13-2.8	1.4-1.6	29.4-32.9	6.5-8.4	2.7-11.0	0.2-0.4	0.2-0.4	1.3	800-1000	300-1000	ND-10	ND	100-300
	FORM																	

Kısaltmalar Çizelge 1 deki gibidir.

KEBAN KURŞUN-ÇİNKO CEVHERLEŞMELERİNİN KÖKENİ



Şek. 6- Pb ve Zn elementlerinin Mg, Ca, Al ve Si a karşı tüm gruplar içindeki log dağılım ilişkileri (Örnek grupları için Şek. 4 e, 17 ve 13 no.lu örnekler için Çizelge 6 ya bakınız).

Çizelge 3- Tüm gruplardaki Pb-Zn elementlerinin Ca, Mg, Al ve Si a karşı davranış ilişkileri

METAL	KARBONAT		KİL	
	Ca	Mg	Al	Si
Pb	eksilen ilişkili	eksilen ilişkili	artan ilişkili	değişken ilişkili
Zn	eksilen ilişkili	eksilen ilişkili	artan ilişkili	değişken ilişkili

indirgenerek korelasyon analizlerine (cluster ve faktör analizleri) tabî tutulmuşlardır. Element birliktelikleri Çizelge 4 ve Çizelge 5 te sunulmaktadır.

Karbonatlı örnekler özgü toplam kayaç analizlerinde gözlenen (Çizelge 4) yüksek pozitif korelasyonlu 1. grup (Al, Fe, Mn, Zn, Pb, Cd, Ag); metallerin alüminyum ile olan birlikteliklerini yani cevher elementlerinin killere olan ilişkilerini yansıtır. Silisyum elementinin bu grup içinde yer almaması, alüminyum silikat kompozisyonunun bozulması ile alüminyum hidroksit zenginleşmesine karşın, silisyumun ortamdaki uzaklaşmasının bir sonucu olarak düşünülmektedir. Karbonat örneklerine özgü yüksek pozitif korelasyon veren 2. grup ise (Ca, Mg); dolomit oluşumunun da ortamdaki varlığının ve cevher oluşumundaki gerekliliğinin bir sonucudur.

Karbonat örneklerine özgü orta pozitif korelasyon sunan 1. grup (Al, Fe, Mn, Zn, Pb, Cd, Ag, Cu), yüksek pozitif korelasyon sunan 1. gruptan yalnızca Cu elementinin birlikteliğe katılması ile ayrılır. Buna karşın orta pozitif korelasyon veren 2. grup (Ca, Mg, Sr, Ba, Co, Ni, Si, Na, K), karbonat bünyesinde yer alması beklenen Ca, Mg, Sr ve Ba elementleri ile kil birlikteliğinde zenginleşmesi beklenen Co ve Ni elementlerini (muhtemelen pirit içinde)

Çizelge 4- Keban mermerleri karbonat örneklerinde ortaya çıkarılan element grupları ve birliktelikleri

<b>KARBONAT ÖRNEKLERİ</b>																					
<b>Yüksek Pozitif Korelasyon (<math>r &gt; + 0.75</math>)</b>																					
1. Grup:	Al,	Fe,	Mn,	Zn,	Pb,	Cd,	Ag														
2. Grup:	Ca,	Mg																			
<b>Orta Pozitif Korelasyon (<math>+ 0.35 &lt; r &lt; + 0.75</math>)</b>																					
1. Grup:	Al,	Fe,	Mn,	Zn,	Pb,	Cd,	Ag,	Cu													
2. Grup:	Ca,	Mg,	Sr,	Ba,	Co,	Ni,	Si,	Na,	K												
<b>Yüksek Negatif Korelasyon (<math>r &lt; - 0.70</math>)</b>																					
Al,	Fe,	Mn,	Zn,	Pb,	Cd,	Ag,	Cu							Ca,	Mg,	Sr,	Ba				
1. Grup								2. Grup													
<b>Orta Negatif Korelasyon (<math>- 0.35 &gt; r &gt; - 0.70</math>)</b>																					
Al,	Fe,	Mn,	Zn,	Pb,	Cd,	Ag,	Cu							Ca,	Mg,	Sr,	Ba,	Co,	Ni,	Si,	Na
1. Grup									2. Grup												

Çizelge 5- Keban mermerleri sülfürlü örneklerinde ortaya çıkarılan element grupları ve birliktelikleri

<b>SÜLFÜRLÜ ÖRNEKLER</b>																
<b>Yüksek Pozitif Korelasyon (<math>r &gt; + 0.75</math>)</b>																
1. Grup:	Al,	Zn,	Pb,	Cd,	Ca,	Si,	Ba									
2. Grup:	Mg,	Sr,	Co,	Ni,	Na,	K,	Cu									
<b>Orta Pozitif Korelasyon (<math>+ 0.34 &lt; r &lt; + 0.75</math>)</b>																
1. Grup:	Al,	Zn,	Pb,	Cd,	Ca,	Si,	Ba,	Mn								
2. Grup:	Mg,	Sr,	Co,	Ni,	Na,	K,	Cu,	Fe,	Ag							
<b>Yüksek Negatif Korelasyon (<math>r &lt; - 0.70</math>)</b>																
Al,	Pb,	Cd,	Ca,	Si				Mg,	Sr,	Co,	Ni,	K,	Cu,	Fe,		
1. Grup							2. Grup									
<b>Orta Negatif Korelasyon (<math>- 0.40 &gt; r &gt; - 0.70</math>)</b>																
Al,	Pb,	Cd,	Ca,	Si,	Zn,	Ba,	Mn	Mg,	Sr,	Co,	Ni,	K,	Cu,	Fe,	Na,	Ag
1. Grup								2. Grup								

ve kil minerallerinin alüminyum hidroksite dönüşmesi sonucu açığa çıkan ve serbestleşen Si elementini içermektedir. Na ve K burada muhtemelen kil kompozisyonu ile ilişkilidir.

Karbonat örneklerine özgü yüksek negatif korelasyon ilişkisi içinde görülen iki gruptan Al, Fe, Mn, Zn, Pb, Cd, Ag, Cu elementlerinden oluşan 1. grup metallere ve alüminyum hidroksite işaret etmekte iken Ca, Mg, Sr, Ba elementlerinden oluşan 2. grup dolomit oluşumunu göstermektedir.

Burada önemli olan nokta kendi içlerinde yüksek pozitif korelasyon sunan bu iki grup arasında aynı zamanda gözlenen yüksek negatif korelasyon ilişkisidir. 1. grup ve 2. grup elementleri kendi içlerinde yüksek pozitif korelasyon ilişkisi sunarlarken, iki grup elementleri karşılıklı olarak birbirleri ile de yüksek negatif korelasyon ilişkisi sunmaktadır. Bu durum her iki grubu oluşturan elementlerin kendi başlarına ayrı ayrı iki farklı davranış özelliği sergilediklerini göstermektedir. Ancak iki grup arasındaki yüksek negatif korelasyon ilişkisi aynı zamanda da bu iki farklı jeolojik olayın, aynı ortamın ve birbirleriyle doğrudan ilişkili gelişimlerin ürünleri olma gerekliliğini ifade etmektedir (bu jeolojik olay burada "birliktelik" kelimesi ile anlatılmaya çalışılmıştır). Bu görüşler doğrultusunda ortaya konan karbonat örneklerine özgü yüksek negatif korelasyon ilişkileri, bir taraftan killerin metallere eşlik ettiğini gösterirken, diğer taraftan ve aynı zamanda da metal iyonlarının çökelebilmesi veya kristalize olabilmesi (durayllaşabilmesi) için, dolomitin oluşturduğu (ve/veya kalsitin çözüldüğü) ortamın fiziko-kimyasal açıdan dengelerin kurulabilmesindeki gerekliliğini düşündürmektedir.

Karbonat örneklerine özgü orta negatif korelasyon ilişkisi içinde görülen Al, Fe, Mn, Zn, Pb, Cd, Ag, Cu a karşı Ca, Mg, Sr, Ba, Si, Na, Co, Ni birlikteliğinde; 1. grup metalleri ve alüminyum hidroksiti, 2. grup ise ağırlıklı biçimde dolomit ve silis oluşumunu yansıtır. Burada da kilin bozunması sonucu alüminyum hidroksit ve silis açığa çıkmakta ve bu iki bileşen farklı fiziko-kimyasal ortamlarda yerini almaktadır. Yani bir yandan alüminyum hidroksit ve metaller zenginleşirken, çözülen silis, ortamdan uzaklaşmakta veya bir diğer jeostatistik ifade ile 2. gruptaki elementlerle birliktelik sağlamaktadır.

Karbonat örneklerine özgü Çizelge 4 ün yukarıdaki açılımı aşağıdaki yorumu gündeme getirilebilmektedir:

Keban mermerleri içindeki metalce zengin karbonat örnekleri, kil ve karbonatların birlikte Sedimente oldukları bir ortamın eşzamanlı bileşenleridir. Muhtemelen metal iyonlarınca zengin karbonatların çözülmesiyle ortamdaki metal konsantrasyonları ile birlikte kil bileşenleri de zenginleşebilmektedir. Çözülen karbonatların dolomitleşmelerinin, çözülen karbonat bileşenlerinden metallerin açığa çıkma prosesi ile yakından ilişkili olduğu düşünülmektedir.

Sülfürlü örnekler özgü toplam kayaç analizlerinde gözlenen özgün sonuçlar (Çizelge 5), karbonat oluşumlarına karşın, sülfid mineralizasyonlarının oluşumlarında gözlenen karmaşık ve yorumlanması güç birliktelikleri simgeler.

Birbirleri ile pozitif korele olan ayrı iki gruba özgü elementlerin ve birbirleri ile negatif korele olan iki grubun element birlikteliklerinin yorumlanmaya çalışılması sonucu ortaya çıkan sonuçlar şu şekilde özetlenebilir:

Sülfidlere özgü yüksek negatif korelasyonlu birlikteliği oluşturan Al, Pb, Cd, Ca, Si ve Mg, Sr, Co, Ni, K, Cu, Fe beraberliğinin yorumlanma güçlüğü, orta negatif korelasyonlu birliktelik ile (Al, Pb, Cd, Ca, Si, Zn, Ba, Mn ve Mg, Sr, Co, Ni, K, Cu, Fe, Na, Ag) beraber değerlendirmeyi zorunlu kılmaktadır. Böylece cevher minerallerine eşlik eden ve ortam koşullarını yansıması beklenen eşdeğer minerallere özgü elementlerden de yararlanılarak, cevher mineralleri ile birlikte bir bütün olarak değerlendirilmeleri gerçekleştirilebilecektir.

1. grubu oluşturan Al, Pb, Cd, Ca, Si, Zn, Ba, Mn, beraberliğinde; Pb, Zn, Cd galenit ve sfalerit ağırlıklı sülfid minerallerini, Al ve Si kil minerallerini, Ca, Ba, Mn ise kil minerallerine eşlik eden az oranlardaki karbonat bileşenlerini ifade eder.

Karbonat örneklerinde Ca un Mg a eşlik ettiği birlikteliğe karşın bu grupta Ca, Mg a eşlik etmemekte ve Mg 2. grupta yer almaktadır. Yine karbonat örneklerinde gözlenen Al ve Si un ayrı ayrı gruplarda yer alması olayı sülfidlerde iki elementin de 1. grupta birlikte görülmesi ile farklılık sergilemektedir. Yani karbonat örneklerinde gözlenen ve muhtemelen metal karbonat çözülmesi yoluyla oluşan metal zenginleşmelerinden farklı bir ortam gündeme gelmektedir. Bu ortamda karbonatlarda çözülmenin hemen hemen görülmediği, dolomitleşmenin olmadığı ve kil minerallerinin duraysızlaşmadığı koşullar ön plâna çıkabilmektedir. Böylelikle doğrudan birincil oluşumlu galenit ve sfalerit bileşimindeki sülfidlerce zengin bir oluşum şekli ağırlık kazanmaktadır.

2. grubu oluşturan Mg, Sr, Co, Ni, K, Cu, Fe, Na, Ag beraberliğinde; Fe, Cu, Co, Ni, Ag pirit ve kalkopirit ağırlıklı sülfid minerallerini ifade etmektedir. Çok düşük oranlardaki Mg, Sr, Na, K ise muhtemelen deniz suyunu (?) yansıtmaktadır. Böylece 2. grubu oluşturan element beraberliği, deniz suyu ile ilişkin etkileşimlerinde gözardı edilemeyeceği pirit ve kalkopirit ağırlıklı sülfid oluşumlarını varsayılmaktadır.

Sülfürlü örnekler özgü Çizelge 5 in yukarıdaki açılımı aşağıdaki yorumu gündeme getirmektedir:

Keban mermerleri içindeki sülfid örneklerinde yapılan çalışmalar, bir taraftan galenit ve sfaleritin; diğer taraftan pirit ve kalkopiritin etkin bileşenler olduğu sülfid minerallerinin ardışıklı beraberliklerini ön plâna çıkarmaktadır. Az karbonat buna karşın bol kil komponentli ve de muhtemelen deniz suyu etkileşimleriyle ilgili oluşumların da gözardı edilemeyeceği bir ortamdaki farklı mineral fazlarının ifade edildiği bir oluşum şekli özgünleşebilmektedir.

## SENTEZ

Eski çalışmalarda granitoidlerle doğrudan ilişkili yataklar sınıfına sokulan Keban ve çevresi cevherleşmelerine özgü cevher ve yankayaç örneklerinde yapılan ve özellikle jeokimya-jeostatistik çalışmalarla ağırlık kazanan farklı genetik olgu, konunun üzerine ayrıntılı biçimde gitmeyi zorunlu kılmaktadır. Bu nedenle, bölgede rastlanılan en eski birim olan Nimri formasyonu içerisinde yer alan ve saha gözlemlerine göre şistlerle uyumlu konumlu gözlenen karbonatlı seviyelerden alınan 4 adet örnek (AKY-30, 31, 34 ve 35) MTA Laboratuvarlarında analiz edilmiştir.

Örneklerin kimyasal analiz, XRD ve DTA sonuçları Çizelge 6 da toplu olarak sunulmaktadır.

KEBAN KURŞUN-ÇİNKO CEVHERLEŞMELERİNİN KÖKENİ

Çizelge 6- Nimri formasyonu içinden alınan 4 örneğe özgü MTA Laboratuvarlarında yapılan kimyasal analizler, XRD ve DTA sonuçları (analiz yöntemleri için Yılmaz, 1991.)

ORANLAR	ELEMENTLER	AKY. 31	AKY. 30	AKY. 34	AKY. 35	
%	Si O <sub>2</sub>	1.40	5.00	1.00	2.40	
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.20	3.15	4.60	3.55	
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.55	12.63	14.61	34.48	
	Mn O	2.03	10.04	30.19	26.05	
	Ti O <sub>2</sub>	0.07	0.07	0.03	0.02	
	Ca O	49.50	29.90	14.40	8.10	
	Mg O	1.90	6.00	0.15	0.55	
	Na <sub>2</sub> O	< 0.10	0.20	0.15	0.10	
	K <sub>2</sub> O	0.15	0.20	0.15	0.15	
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.10	0.10	0.10	0.10	
	A.Z.	41.70	31.45		16.50	
				Ba O	2.40	1.10
				S O <sub>3</sub>	20.00	
				H <sub>2</sub> O	11.94	
	S	0.03	0.17		0.41	
	Pb	0.06	0.02	0.26	3.34	
	Zn	0.05	0.03	1.13	2.35	
	<b>TOPLAM</b>	<b>99.74</b>	<b>98.96</b>	<b>101.11</b>	<b>99.20</b>	
	Ba O	< 0.02	< 0.02			
	Zr	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	
	Sr	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10	
ppb	Au	11	150	17	11	
	Ag	6.2	5.4	28.2	162	
	As	37	380	150	173	
	Sn	< 50	< 50	< 50	< 50	
ppm	Co	< 10	< 10	< 10	< 10	
	Cr	< 10	13	22	25	
	Cu	< 10	24	33	33	
	Ni	< 10	< 10	< 10	< 10	
	V	< 10	15	19	20	
	Cd	< 10	< 10	57	10	
	Sb	< 20	< 20	31	200	
	Bi	< 50	< 50	< 50	< 50	
	Rb	MATRİS NEDENİ İLE ANALİZİ YAPILAMADI				
XRD SONUÇLARI	Kalsit (çok)	Manganokalsit ? - Dolomit ? (Çok)	Jips (çok)	Götit (?) (çok ?)		
	Dolomit (az) Rodokrozit ? (az) Kuars (az)	Kalsit (çoka yakın) Kuars (çok az)	Kil min. (az) Dolomit (az) Kalsit (çok az)	Kuars (çok az ?) Hematit ? (çok ?) Kil min. (çok az) (serisit ?)		
	Kil mineralleri (az)		Barit ? (çok az)	Difraktogramda Amorf Madde Görüntüsü		
DTA SONUÇLARI	Kalsit	Dolomit Kalsit	Jips Kalsit ? Kil mineralleri (kaolinit ?) Jipsit ? veya Götit	Götit ? Kalsit ? Kil mineralleri ?		

AKY-31 no.lu örnek mineralojik olarak Nimri formasyonuna özgü kristalize/dolomitik kireçtaşları litolojisi içinden alınmış bulunan ve Foto 1a da genel ve Foto 1b de detay mikrofotoğrafları verilmiş bulunan örnekler çok büyük benzerlik sergiler. Örneğin karbonat kesimi tamamen rekristalize olmuş, kenetlenmiş kalsit mozayığından oluşmaktadır.

AKY-30 no.lu örnek mineralojik olarak yine Nimri formasyonuna özgü kristalize/dolomitik kireçtaşları litolojisi içinden alınmış bulunan ve Foto 1a da genel ve Foto 1c de detay mikrofotoğrafları verilmiş bulunan örnekler ile Foto 7 de mikrofotoğrafi sunulmuş bulunan örnekler arasındaki bir geçişi göstermektedir.



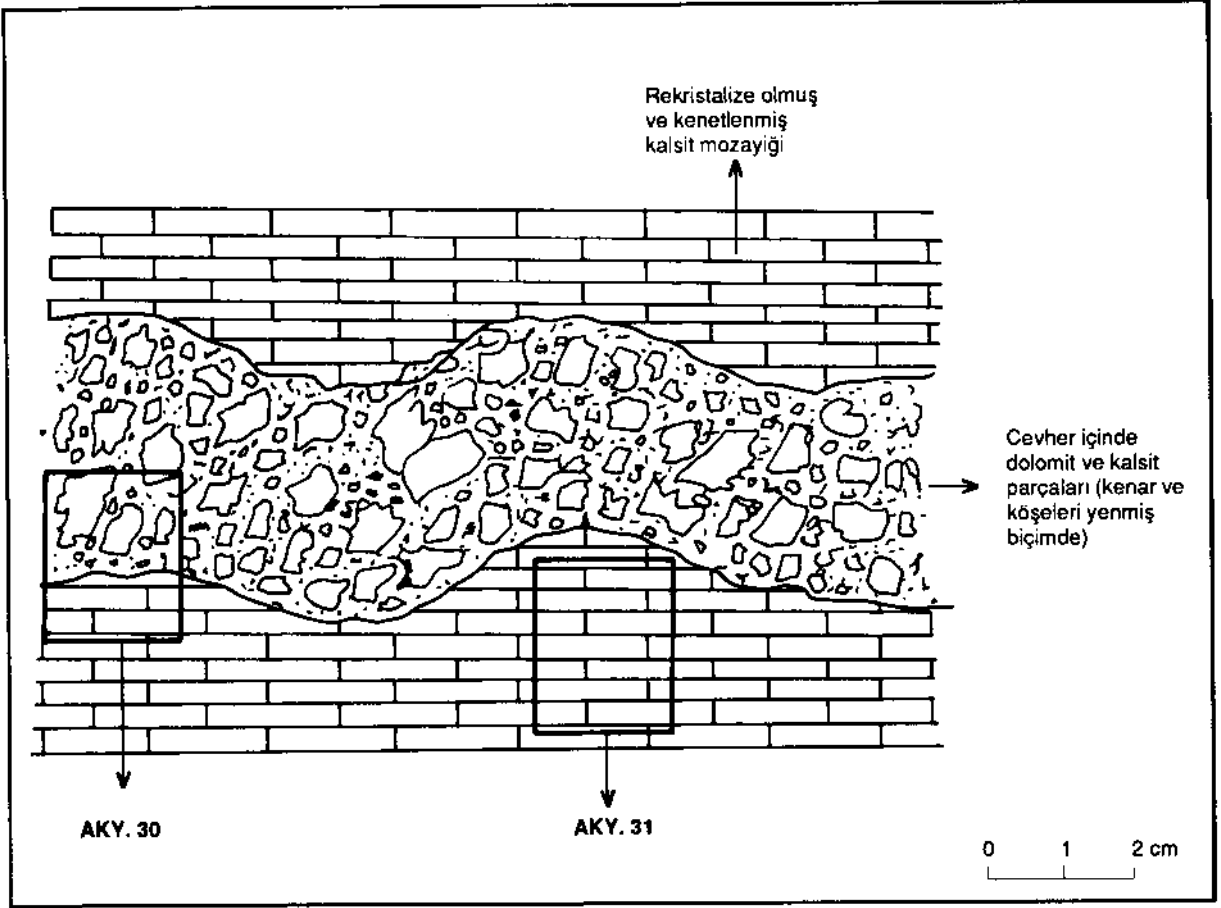
Foto 7- Kristalize/dolomitik kireçtaşı içinde izlenen çözünme breşleri (Çift nikol, 40X).

Mikroskobik olarak AKY-30 örneği çok genel anlamda, breşik doku göstermekte, iri ve orta taneli dolomit kristalleri yine daha küçük dolomit tanelerinden ve cevherden oluşan bir hamur içinde yer almaktadır. Bu örneğin daha başka bölümlerinden yapılan ince kesitlerde AKY-31 örneğinde gözlenen kenetlenmiş, rekristalize olmuş kalsit mozayiklerinin yer yer breşik dokuya geçişler gösterdiği (çözünme breşleri) de izlenmektedir. Bu son durum mikro boyutta Şekil 7 de gösterildiği biçimde şematize edilebilir.

Çözünme breşleri içinde yer yer feldispat (alkali feldispat ?) ve kuvars (volkanik kuvars ?) parçaları da gözlenmektedir. Bu breşler içinde ince dolomit kumu şeklindeki dolomit parçacıkları da etkin olabilmekte ve breşik yapı kırıntılı yapıya geçişler göstermektedir. Serisit pulcukları ile birlikte dolomit kırıntılı cevher içinde zayıf laminasyonlar oluşturmaktadır.

AKY-34 no.lu örnek, diğer iki örnekten farklı bir kompozisyon sergiler. Örnekte yaygın jips oluşumlarına rastlanmaktadır. Karbonatlar yer yer rekristalize olmuş, yer yer de çözülmüş durumdadır. Çözülmüş olan bölgelerdeki kalsitler yaygın olarak ışınal büyüme yapıları göstermektedir. Bu yapılar daha çok boşluk alanları içinde gelişmiş olup, beraberlerinde jips kristalleri izlenmektedir. Bu şekilde boşluk alanları içinde birkaç kez tekrarlanmalı kalsit-jips fazlarına rastlanmaktadır. Bu fazlara cevher yerleşimi de eşlik etmektedir.

AKY-35 no.lu örnek mikroskobik olarak, çoğunlukla serisitle temsil olunan kayaç parçacıklarının gözleendiği, jips kristallerine çok seyrek olarak rastlandığı ve yer yer de kalsit dolgularının bulunduğu cevherli fazın etkin olduğu özellikler sergilemektedir.



Şek. 7- Kristalize/dolomitik kiretaşları içinde şematize edilmiş masif yapıdan breşik yapıya geçiş (AKY. 30, 31: Çalışılan iki örneğin sembolize edilmiş yerleri).

Çizelge 6 incelendiğinde, tamamen kalsitten oluşan AKY-31 no.li örnek % 49.50 CaO ve % 41.70 uçucu oranı ile Nimri formasyonu karbonatları ile büyük bir uyum içinde gözlenmektedir. MgO oranı % 1.90 dolomitleşme hemen hemen yok denecek düzeydedir. Bu örneğin ilginç yanı 500 ppm Zn ve 600 ppm Pb içermesidir.

AKY-30 no.lu örneğin analizlerinde ise MnO % 10.04 ve Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> % 12.63 oranları ile çok yüksek değerler dikkati çeker. MgO oranı % 6.00 dir. Bu örneğin mikroskobik incelenmesinde rodokrozit mineralleri üzerinde ikincil oluşumlu psilomelan ve pirolüsit minerallerine sıkça rastlanmaktadır (Foto 1a, c ve Foto 2 deki gibi). Anılan örnekte 200 ppm Pb ve 300 ppm Zn ya rastlanmaktadır.

Diğer AKY-34 ve 35 no.lu örneklerde Pb oranları 2600 ppm den % 3.34 e kadar, Zn oranları ise % 1.13 ten % 2.35 e kadar çıkabilmektedir. Bu örneklerde Fe ve Mn oranları da fazlaca yüksektir. Anılan iki örneğin ikincil olaylarla metal içerikleri açısından zenginleştiği ince ve parlak kesitlerle de doğrulanmaktadır.

Detay jeokimyasal çalışmalar sonucu, Nimri formasyonu içerisinde yer alan ve şistlerle uyumlu konumlu seviyelerden alınan örneklerde, Pb, Zn, Fe, Mn metallerini içeren karbonat fazlarının daha sonraki ikincil süreçlerle metallerce daha zengin fazlara dönüştüğü gözlenmektedir. Ayrıca Fe, Mn elementlerine özgü yüksek oranların karbonat fasiyesi içindeki varlığı da önemli bir diğer özgün sonuç olarak vurgulanmalıdır.

## TARTIŞMA

Keban ve çevresi Pb-Zn cevherleşmelerinin köken tartışmasına girebilmek için MVT yataklar ile SEDEX tip yatakların genel özelliklerinin literatür çalışmalarından yararlanılarak hazırlanmış kısa bir derlemesinin verilmesinde fayda görülmüştür.

MVT yataklar yakın çevrelerinde magmatik kayaların gözlenmediği, yanal olarak yüzlerce km<sup>2</sup> lere varan yaygın yayımlı, 100 m den daha az kalınlıklı, basit mineralojin oluşumlarıdır. Özellikle düşük gümüş içerikli galenit, düşük demir içerikli sfalerit, fluorit ve barit, nadir pirit ve markasit mineralleri önemli bileşenleridir. Genellikle damar şekilli cevherleşmeler, kıvrımlanmalarla ilişkili eklem dolguları ve çözelti-kollapse (çöküntü) breş dolguları önemli yataklanma tiplerini oluşturmalarına karşın, çoğunlukla dolomit ve dolomitleşmiş kireçtaşlarından oluşan sedimanter anakayaçlarda katmanlanmış stratabaund ornatma uyumsuzlukları biçiminde gelişim gösterirler. Çözelti aktiviteleri çok yaygındır. Bazı cevherleşmeler kesinlikle ornatma kökenli iken, çoğu cevherleşmeler çözelti breşleri içinde boşluk dolguları biçiminde konumlanırlar. Çok büyük sedimanter havzaların kenarlarında, sığ derinliklerde ve yapısal açıdan pasif, orojenik olmayan alanlarda yer alırlar. Kökensel kriterleri açısından sinjenetik, diyajenetik ve epijenetik tipler olarak tartışılmalarına karşın (Ohle, 1959; Snyder, 1967; Anderson, 1975; Roedder, 1976; Vaughan ve Craig, 1978; Giordano ve Barnes, 1981; Sverjensky, 1984; Guilbert ve Park, 1986; Pratt, 1990), genelde Snyder, 1967 kriterlerine göre epijenetik tip ve "şüpheli magmatik ilişkili yataklar" grubuna dahil olunurlar (Guilbert ve Park, 1986).

SEDEX tip yataklar ise çoğunlukla Prekambriyen ve Paleozoyik yaşlı sedimanter ana kayaçlı litolojiler içerisinde yer alırlar. Galenit ve sfalerit minerallerinin çok yaygın olduğu, pirit ve pirotinlere sıkça rastlanıldığı mineralojileri tipiktir. Gümüş ve demir içerikleri yüksektir. Mineral zonlanmalar! özgün özelliklerindedir. Derin deniz sedimanları içinde yataklanabilecekleri gibi sığ sedimanlar içinde de yer alabilirler. Karbonat ve şeyl ana kayaçlar içinde yer alan sinjenetik ve diyajenetik Pb-Zn cevherleşmeleri fazlaca incelenmiş örneklerindedir. Yatakların volkanizma ile doğrudan ilişkileri bulunmamasına rağmen pek çok yatak, bazı bölgesel volkanik aktiviteler ile aynı yaşlı veya stratigrafik dizi'imlerindeki alt kesimlerinde önemli miktarlarda volkanik malzemenin yer aldığı havzalarda oluşurlar. Sediman ana kayaçlı stratiform Cu-Pb-Zn yatakları volkanojenik masif sülfid yataklarından eşlik olundukları volkanizmanın bulunmaması ile MVT yataklardan ise ana sedimanların depolanmalarına göre erken mineralizasyon zamanı, ana sedimanlar ile daha büyük uyumluluk, daha yüksek demir sülfid ve Ag oran ve içerikleri ile ayrılırlar (Gustafson ve Williams, 1981; Large, 1981; Lydon, 1983; Edwards ve Atikson, 1986).

Her iki tipe özgü önemli parametreler Çizelge 7 de verilmiştir.

Çizelge 7- MVT ve SEDEX tip yataklara özgü önemli parametreler (Pratt, 1990 dan geliştirilmiştir.)

PARAMETRELER	MVT	SEDEX
Sıcaklık	~ 100 - 150° C	~ 100 - 300° C
Tuzluluk	1 - 3 m	0.5 - 3 m
pH	4 - 7	3.5 - 6
εS	10 <sup>-3</sup> - 10 <sup>-2</sup> m	10 <sup>-3</sup> - 10 <sup>-2</sup> m
fO <sub>2</sub>	10 <sup>-58</sup> - 10 <sup>-46</sup>	10 <sup>-50</sup> - 10 <sup>-38</sup>
Metaller	<u>Zn, Pb</u> , Fe, Cu, Ba	<u>Zn, Fe, Pb</u> , Cu, Ba, Ag
Rezerv	< 10 <sup>6</sup> - > 10 <sup>6</sup> t	> 10 <sup>7</sup> t
Tenör	4 - 6 % Zn + Pb	10 - 15 % Zn + Pb

## KEBAN KURŞUN-ÇİNKO CEVHERLEŞMELERİNİN KÖKENİ

Çok genel anlamda SEDEX ve MVT yataklar arasındaki kökensel kritik, sinjenetik ve epijenetik oluşum biçimlerinin tartışmasını bünyesinde barındırır. Cevherli eriyiklerin (metallerin ve/veya sülfidlerin) içinde yer aldıkları kayaçların birincil minerallerinin oluşumu esnasında mı, yoksa oluşumundan sonra mı ortama geldikleri tartışması köken irdelemelerindeki problemin odağını teşkil eder. Son yıllarda yapılan çalışmalarda sinjenetik oluşumları (SEDEX) besleyen kanalların, epijenetik oluşumları (MVT) karakterize ettikleri konusunda iki oluşum tarzının birbirine ilişkili, oluşum mekanizmaları ve karakteristikleri açısından bir sürekliliğin devamlılığı oldukları biçiminde birleştirilmiş modeller şeklinde modern bulgular da sunulmaktadır. (Gustafson ve Williams, 1981; Pratt, 1990).

Keban ve çevresi Pb-Zn cevherleşmelerine özgü saptanmış bulunan bazı temel özellikler ise aşağıda sıralanmıştır:

a- Saha çalışmalarına göre Nimri formasyonu içinde yankayaç ile uyumlu konumlu stratiform yataklanma türü cevherleşmeler yer almaktadır.

b- Mikroskobik çalışmalarda Nimri formasyonu içerisindeki uyumlu konumlu cevherleşmeler içinde yoğun biçimde birincil oluşumlu rodokrozit minerallerinin varlığı dikkat çekmektedir.

c- Jeokimyasal çalışmalarda Nimri formasyonuna özgü birincil karbonat minerallerinden kalsitin bünyesinde 500 ve 600 ppm Zn ve Pb değerleri saptanmıştır (Çizelge 6).

d- Jeostatistik değerlendirmeler sonucu Nimri formasyonu ve Keban mermerleri içindeki cevherleşmelere özgü metallerin, karbonat ve killere olan ardışıklı çökeltmeli birliktelikleri ve zonlanmaları ağırlık kazanmaktadır (Çizelge 3, 4 ve 5).

e- Nimri formasyonu içinde özellikle cevherli seviyelerde çözünme breşlerine ve breşlerin çimentosu konumundaki cevher oluşumlarına rastlanmaktadır.

Böylece yukarıda sıralanmış bulunan Keban ve çevresi Pb-Zn cevherleşmelerine özgü önemli kriterlerin bir bölümünün SEDEX, bir diğer bölümünün ise MVT yataklar ile olan benzer ve/veya ortak karakterleri ortaya konulabilmektedir.

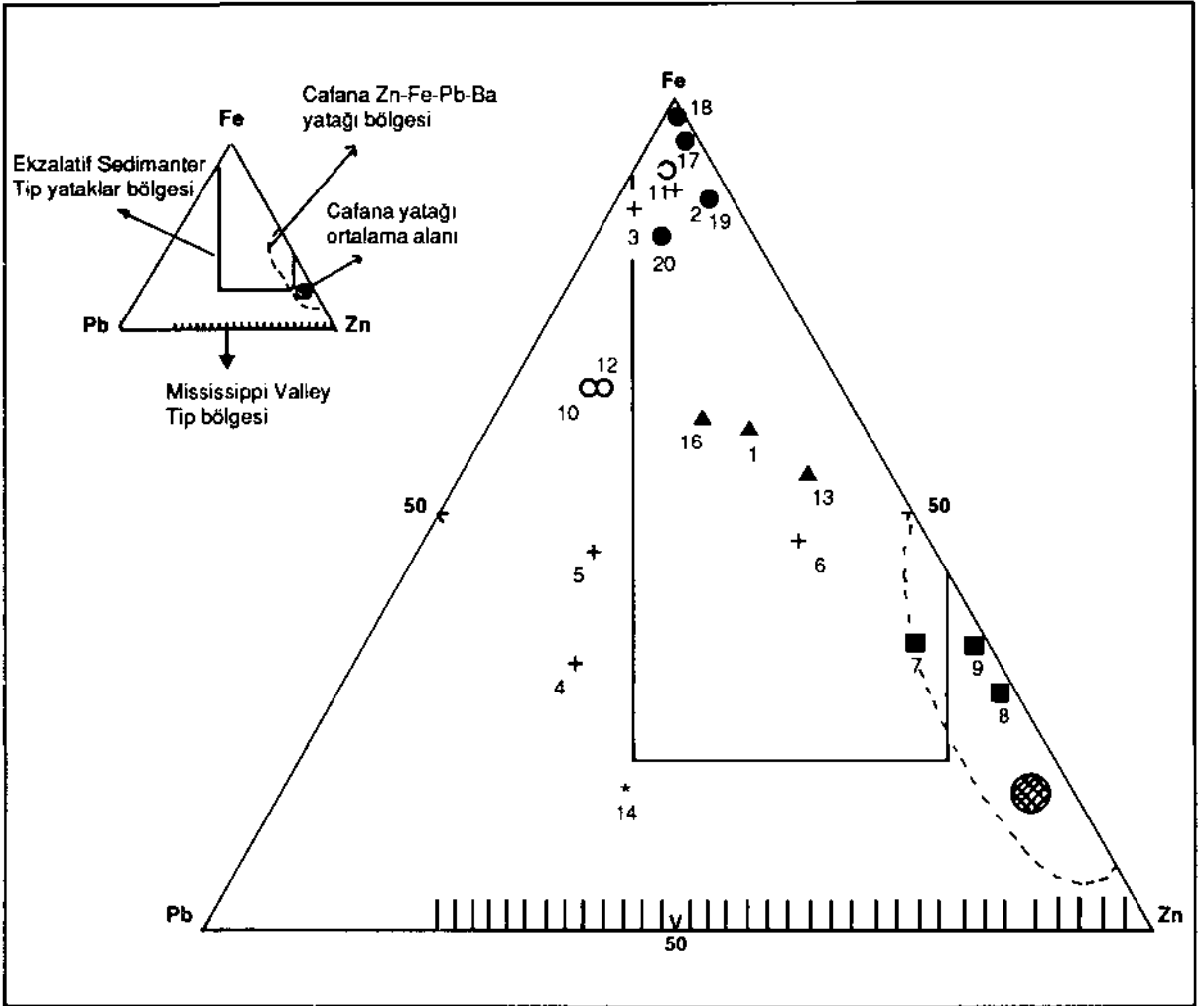
### YORUM

Kimyasal analiz sonuçları, Şekil 8 de gösterilen Fe, Pb, Zn üçgen diyagramı üzerine taşındığında, örneklerin büyük bir bölümü Ekzalatif Sedimanter tipe özgü alan içinde yer almaktadır. Aynı sonuçlar Şekil 9 da gösterilen Cu, Ag, Pb+Zn üçgen diyagramı üzerine taşındığında ise örneklerin büyük bir bölümünün Ekzalatif Sedimanter tip (SEDEX)'e yakın, ancak yüksek Ag içerikli özellikleri belirginleşebilmektedir.

Keban mermerleri içerisinde yer alan karbonat örneklerinin (Şek. 8; 7, 8 ve 9 no.lı noktalar) Cafana (Malatya) sedimanter tip Zn-Fe-Pb-Ba cevherleri ile olan benzerliği de dikkat çekmektedir. Ancak Cafana oluşumlarının Ekzalatif Sedimanter tip ile Mississippi Valley tip yataklar arasındaki geçiş tip özelliğine karşın (Pratt, 1990), Keban oluşumlarının SEDEX tipe olan daha yakın eğilimleri sezilmektedir.

Keban Pb-Zn cevherleşmelerinde rastlanılan yüksek Fe, Mn ve Ag oranları SEDEX tip ile olan daha yakın benzerliği vurgulayan en önemli jeokimyasal kriterlerdendir.

Cevher gelişimine kaynak kayaç oluşturması beklenen eşyaşlı volkanizmanın lokal anlamda saha çalışmalarında izlenememesi ve bu olgunun üzerine yeterince gidilememiş olması bir gerçektir. Buna karşın geniş bölge jeolojisi içinde Permiyen yaşlı birimler içerisinde volkanizma varlığının (metadiyabazlar) bilinmesi (Özgül, 1981; Özgül ve Turşucu, 1984), yukarıdaki yorum ile daha sonraları yapılacak çalışmalarda ortaya çıkarılacak veriler arasındaki ilginin kurulabilmesinde ve kuvvetlendirilebilmesinde önemli ipuçlarını oluşturabilecektir.



Şek. 8- Keban (Elazığ) kurşun-çinko oluşumlarının Pb, Fe, Zn üçgen diyagramındaki konumları (numaralar Çizelge 1 deki gibidir. Ancak 17, 18, 19 ve 20 no.li noktalar Çizelge 6 daki sırasıyla AKY. 31, 30, 34 ve 35 no.li örneklerle karşılık gelmektedir; ilgili alanlar Gustafson ve Williams, 1981; Lydon, 1983; Sangster, 1983 ve Pratt, 1990 dan alınmıştır).

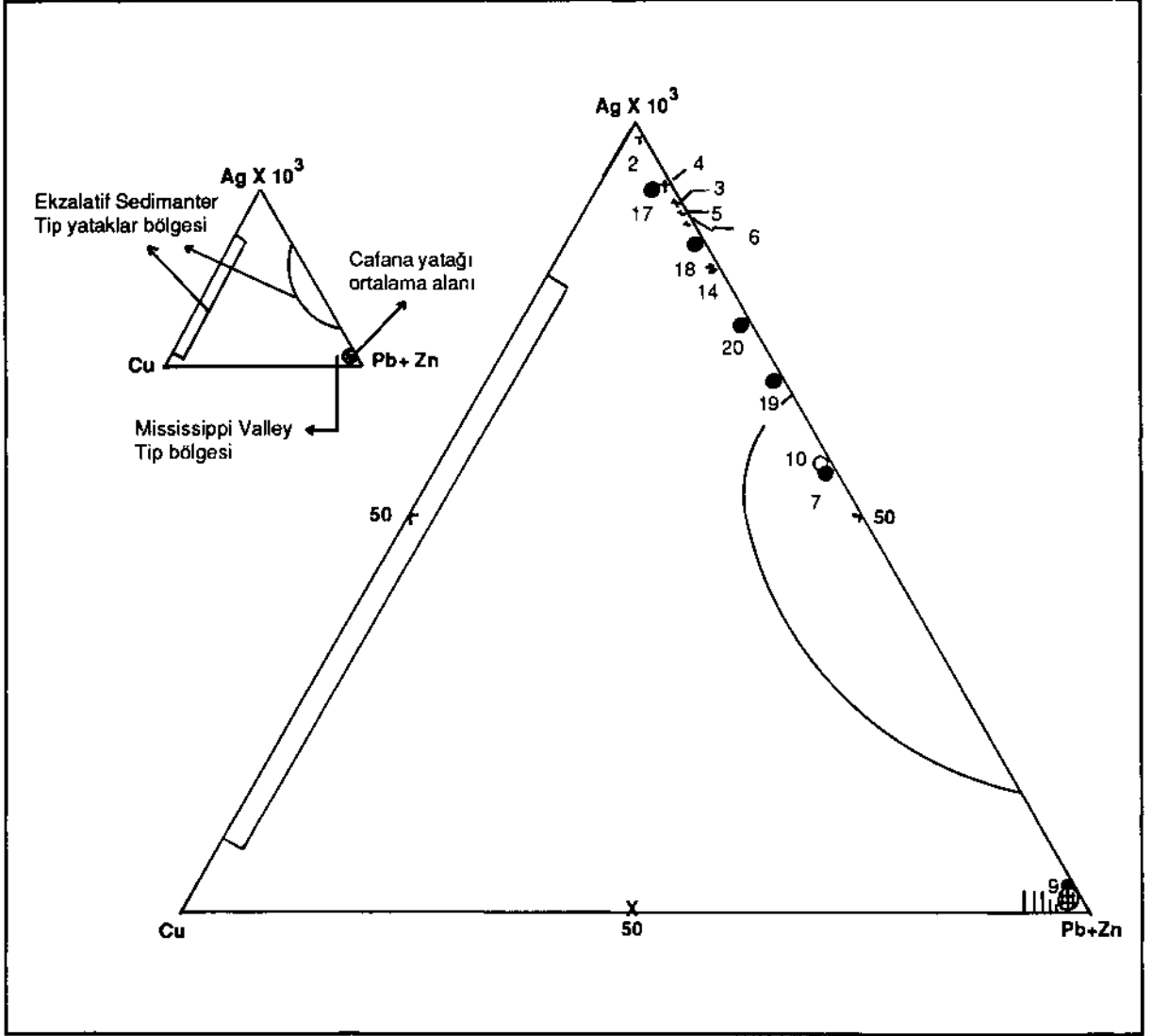
## SONUÇLAR

Keban Pb Zn cevherleşmelerinin Nimri formasyonu içinde yer alan ilksel oluşumları, ister SEDEX isterse MVT yataklar sınıfına sokulsunlar, doğrudan granitoidlere bağlı skarn tip oluşumlar değildirler.

Birincil oluşumlu cevherlere özgü metaller daha sonraları granitoidlerin etkileri ile mobilize olarak bir kez daha zenginleşebilmişlerdir. Bi' şekilde hareketlenen metali çözeltilerin oluşturabildiği mineraller yer yer skarn mineralleri ile birlikte konumlanırken, yer yer de granitoidlerle ilişkili minerallerin birincil cevher oluşumları içine katılması gerçekleşebilmiştir. Birincil cevher oluşumları skarn tip mineralleşmelerden daha düşük sıcaklıklara özgü farklı mineral parajenezlerini içerirler ve farklı oluşum ortamı koşullarını yansıtır.

Bu çalışmada metamorfizma ve/veya granitoid etkisi ile oluşan mobilizasyonlarla ilişkili cevherleşmeler, skarn tip oluşumlar ve yüzeysel oksidasyon koşulları ile ilişkin zenginleşmeler konu dışı bırakılmış olup bölgede cevherleşmelere kaynak teşkil edecek birincil m,,.eralizasyonlarm kökeni üzerinde yoğunlaşmıştır.

## KEBAN KURŞUN-ÇİNKO CEVHERLEŞMELERİNİN KÖKENİ



Şek. 9- Keban (Elazığ) kurşun-çinko oluşumlarının Cu,  $Ag \times 10^3$ , Pb+Zn üçgen diyagramındaki konumları (simgeler ve kaynaklar Şek. 8 deki gibidir).

Birincil oluşumlu cevherlere yer yer eşlik eden granitoidlere özgü cevherleşmelerin, daha sonra yapılacak saha çalışmalarında daha detaylı uğraşlar ile ele alınmaları ve ayrılınmaları, yapılacak çalışmalarda karmaşıklıkların önlenmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

Nimri formasyonuna özgü litolojilerin kökeni ve Keban mermerleri ile olan ilişkileri konusu daha sonraki çalışmalarda ele alınması gereken önemli bir sorun olarak açık bırakılmıştır.

Burada sunulan çalışma Keban bölgesi cevher oluşumlarının birincil kökenlerinin ortaya çıkarılmasına yönelik, ancak daha çok konu ile ilişkin problemlerin ortaya konulmasını sağlayan bir "Ön Çalışma" dir. Çalışmaya özgün veri tabanının dar olması, ilerideki çalışmalarda geniş tabanlı veri setleri ile konunun üzerine gidilmesini zorunlu kılmaktadır. Günümüzde nihayetlenmekte olan bölge madenciliğinin yeniden canlandırılması, belki de geliştirilecek olan bu tür çalışmaların sonucu olarak yeniden gündeme gelebilecektir.

## TEŞEKKÜR

Çalışma birinci yazarın AÜFF Jeoloji Mühendisliği Bölümünde ikinci ve üçüncü yazarların denetiminde yapmış bulunduğu yüksek lisans tez çalışması esas alınarak hazırlanmıştır. Yazarlar gerekli çalışma müsaadesinin verilmesindeki katkılarından dolayı ETİBANK Genel Müdürlüğünden Dr. Tarık Tuğal'a ve Orhan Uzluk'a, kimyasal analizlerin yapılmasındaki katkılarından dolayı ETİBANK Araştırma Geliştirme Dairesi Başkanlığı Kimya Laboratuvarı yetkililerine, detay kimyasal analizlerin yapılmasındaki katkılarından dolayı başta gerekli müsaadeyi veren MTA Genel Müdürü Dr. M. Ziya Gözler ile Dr. Jerf Asutay ve Rükzan Teşrekli ile MTA Laboratuvarları çalışanlarına teşekkür ederler. Ayrıca çalışmanın çeşitli aşamalarındaki bilimsel katkılarından dolayı Prof. Dr. Ayhan Erler, Doç. Dr. Baki Varol ve Dr. Ahmet Çağatay teşekkürü borç bilirler.

*Yayına verildiği tarih, 31 Mart 1992*

## DEĞİNİLEN BELGELER

- Anderson, G.M., 1975, Precipitation of Mississippi Valley Type Ores: Econ. Geol., 70, 937-942.
- Asutay, H.J. ve Turan, M., 1986, Doğu Toroslar-Keban Baskil (Elazığ) dolaylarının jeolojisi: MTA Rap., 8007 (yayımlanmamış), Ankara.
- Arni, P., 1937, Keban madeni jeolojisi hakkında muvakkat rapor: MTA Rap., 564, (yayımlanmamış), Ankara.
- Balçık, A., 1979, Keban Nalliziyaret ve Karamağara Dere (Bamas) cevherleşmesi. MTA Rap., 6675, (yayımlanmamış), Ankara.
- ; Tüfekçi, Ş.; Koyuncu, M. ve Ulutürk, Y., 1978, Keban Madeni ve Fırat Ocağı geliştirme raporu: MTA Maden Etüd Rap., 1518, (yayımlanmamış), Ankara.
- Canbazoğlu, M., 1986, Etibank-Keban manganezli gümüş cevherinden mangan ve gümüş kazanılması laboratuvar çalışmaları: Etibank Arşiv No: 1099, 26s., Ankara.
- Çağlayan, H., 1984, Die Vererzung der Fluorit-Molybdanglanzführenden Blei-Zink-Lagerstätten von Keban-Elazığ im Südost-Taurus (Türkei): Ph. D. Theises Univ. Vienna.
- Demirocak, Y.; Ertem, M.; Kumru, C. ve Ünal, S., 1986, Keban simli kurşun cevherinin zenginleştirme çalışmaları: Etibank Arşiv No: 1090, 22s., Ankara.
- Edwards, R. ve Atkinson, K., 1986, Ore deposit geology and its influence on mineral exploration: Chapman and Hall, London-New York., 466s.
- Ertunç, A.; Ural, Y.; Baysak, M. ve Eser, N., 1972, Keban projesi rezervuar sol sahili muhtemel su kaçak yollarının araştırılması: Etibank Arşiv No: 85, 48s., Ankara.
- Fischbach, W., 1900, Keban gümüş madeni hakkında rapor: MTA Rap., 384, (yayımlanmamış), Ankara.
- Gawlik, J., 1958, Keban (Elazığ) prospeksiyon raporu: MTA Rap., 3096, (yayımlanmamış), Ankara.
- Giordano, T.H. ve Barnes, H.L., 1981, Lead transport in Mississippi Valley type ore solutions: Econ. Geol., 76, 2200-2211.
- Göktekin, A. ve Önal, G., 1986, Keban gümüşlü mangan cevherinin değerlendirilmesine ilişkin teknolojik ön etüdlar: Etibank Arşiv No: 1098, 11 s., Ankara.
- Guilbert, J. M. ve Park, C. F. . 1986. The geology of ore deposits W H Freeman ve Company. New York . 985 s
- Gustafson, L. B. ve Williams, N. . 1981. Sediment hosted stratiform deposits of Copper lead and zinc Skinner. B J (ed ). Econ Geol Seventy fifth anniversary volume, 139 178. Amsterdam

## KEBAN KURŞUN-ÇİNKO CEVHERLEŞMELERİNİN KÖKENİ

- İTÜ, 1981, Etibank Elazığ-Keban ruhsat sahaları içinde yer alan cevherleşmelerin ön değerlendirme raporu: Etibank Arşiv No: 965, 52s., Ankara.
- Kines, T., 1971, The geology and ore mineralization in the Keban area, E Turkey: Doktora tezi, Durkham Univ. 213s., (yayımlanmamış), İngiltere.
- Kipman, E., 1976, Keban'ın jeolojisi ve volkanitlerinin petrolojisi: Doçentlik tezi, 92s., (yayımlanmamış), Ankara.
- Kovenko, V., 1941, Keban madeni etüdü hakkında rapor: MTA Rap., 1255, (yayımlanmamış), Ankara.
- Köksoy, M., 1972, Keban madeni civarında cevherleşmeyle ilgili elementlerin dağılımları: Etibank Arşiv No: 983, 88s., Ankara.
- Kumbasar, I., 1964, Keban bölgesindeki cevherleşmelerin petrografik ve metalojenik etüdü: Doktora tezi, İTÜ, 113s., (yayımlanmamış), İstanbul.
- Large, D.E., 1981, Sediment-hosted submarine exhalative lead-zinc deposits-a review of their geological characteristics and genesis: In: Wolf, K.H. (ed.): Handbook of strata-bound and stratiform ore deposits, 9, 469-507.
- Lydon, J.W., 1983, Chemical parameters controlling the Origin and deposition of sediment-hosted stratiform lead-zinc deposits: Min Assoc. Can., Short course, S. 8., 175-245.
- Maucher, A., 1937, Keban maden zuhuratı hakkında mineralojik rapor: MTA Rap., 406, (yayımlanmamış), Ankara.
- Oelsner, O., 1938, Keban madeni hakkında rapor: MTA Rap., 279, (yayımlanmamış), Ankara.
- Ohle, E.L., 1959, Some considerations in determining the Origin of ore deposits of the Mississippi Valley type: Econ. Geol. 54, 769-789.
- Özgül, N., 1981, Munzur dağlarının jeolojisi: MTA Rap., 6995, (yayımlanmamış), Ankara.
- \_\_\_\_\_, ve Turşucu, A., 1984, Stratigraphy of the Mesozoic carbonate sequence of the Munzur Mountains (Eastern Taurides): Tekeli, O ve Göncüoğlu, M.C. (ed.): Geology of the Taurus Belt, 173-180, Ankara.
- Öztunalı, Ö., 1985-1989, Etibank-Keban maden sahaları durum tespit raporları: Etibank Arşivi, 85s., Ankara.
- Pratt, A.D., 1990, The geology, geochemistry and mineralogy of the Sedimentary Cafana Zn-Fe-Pb-Ba deposit, SE Turkey: Ph. D. Tezi, 2 Cilt, 116s., Copenhagen, Danimarka.
- Roedder, E., 1976, Fluid inclusion evidence on the genesis of ores in Sedimentary and volcanic rocks: In: Wolf, K.H. (ed.): Handbook of strata-bound and stratiform ore deposits, 2, 67-110. Elsevier, Amsterdam.
- Sağiroğlu, G., 1952, Keban wolfram zuhuratı hakkında rapor: MTA Rap., 1942, (yayımlanmamış), Ankara.
- Sangster, D.F., 1983, Mississippi Valley-Type deposits: a geological melange: Program, Int. conf. on MVT lead-zinc deposits, Univ. of Rolla, Missori-Rolla, s. 7-18.
- Snyder, F.G., 1967, Criteria for Origin of stratiform orebodies: Econ Geol. Mon. 3, 1-13.
- Sverjensky, D.A., 1984, Oil field brines as ore-forming solutions: Econ. Geol., 79, 23-37.
- Tolun, N., 1955, Elazığ, Keban, Çernişgezek ve Pertek bölgesinin jeolojik etüdü: MTA Rap., 2227, (yayımlanmamış), Ankara.
- Vaughan, D.J. ve Craig, J.R., 1978, Mineral chemistry of metal sulphides: Cambridge University Press, London: 493s.
- Yılmaz, A., 1991, Keban (Elazığ) kurşun-çinko cevherleşmelerinin maden jeolojisi incelenmesi: AÜFF Jeo. Müh. Bölümü, Yüksek Lisans tezi, 134s. (yayımlanmamış), Ankara.

Yılmaz, A., Unsal, A., Savcı, C. ve İskit, M., 1983, Keban simli kurşun işletmesinde yapılan arama çalışmalarına ait ara rapor: Etibank Arşiv No: 938, 4s., Ankara.

Ziserman, A., 1969, Geological and mining study of Keban Maden: Etibank Arşiv No: 123, 70s., Ankara.