

BOLKARDAĞI YÖRESİ (ULUKIŞLA/NİĞDE) ÇİNKO-KURŞUN YATAKLARININ JEOKİMYASAL İNCELEMESİ

Geochemical investigation of the zinc-lead deposits in the Bolkardağı (Ulukışla/Niğde-Turkey) district

SEDATTEMUR Selçuk Üniv. Mühendislik-Mimarlık Fak. Jeoloji Müh. Böl. KONYA

ÖZ : Üst Permian-Triyas yaşlı Alt mermerler ve Bolkardağı mermerlerinin içinde yer alan Zn-Pb yatakları strata-bound ve epigenetik karakterlidir. Üst Paleosen - Alt Eosen yaşlı ve hidrotermal kökenli yatakların sülfürlü cevher damarlarında gözlenen ana mineraller pirit, galenit ve sfalerittir.

Sülfürlü cevher örneklerinin yüksek Sb ve Ag konsantrasyonları ile Zn/Pb oranları yatakların hidrotermal kökenli ve oldukça yüksek oluşum sıcaklığına sahip olduklarını yansıtmaktadır. Konsantre pirit örneklerinin yüksek Co, Ni, Ti, Cu ve As değerleri ile Co/Ni oranları ve Co-Ni-Mn ilişkileri, konsantre sfalerit örneklerinin yüksek Mn, Cu ve Fe ve konsantre galenit örneklerinin düşük Sb değerleri de bu sonucu doğrulamaktadır.

Ham sülfürlü cevher örneklerinin Fe-Si, Ti-Fe, Cr-Fe, Si-Ca, Cr-Si, Cd-Zn, Ag-Pb ve Sb-Cu element çiftleri ile konsantre pirit örneklerinin Co-Ni, Co-Ti, Co-As, Ni-Ti, Ni-As ve Ti-As element çiftlerinin arasında kuvvetli derecede korelasyon ilişkisi bulunmaktadır.

ABSTRACT: The Zn-Pb deposits occurring in Upper Permian-Triassic lower marbles and Bolkardağı marbles are strata-bound and epigenetic in character. Pyrite, sphalerite and galena are the main minerals within the hydrothermal sulfide ore veins which are Upper Paleocene-Lower Eocene in age.

The high average Sb and Ag concentration and high Zn/Pb ratio of the crude sulfide ores point to a hydrothermal origin and high formation temperature. High average Co, Ni, Ti, Cu and As concentration, high Co/Ni ratio and Co-Ni-Mn relations of pyrite samples, high average Mn, Cu and Fe concentration of sphalerite and low average Sb concentration of galena also support this conclusion.

There is high correlation between Fe-Si, Ti-Fe, Cr-Fe, Si-Ca, Cr-Si, Cd-Zn, Ag-Pb and Sb-Cu element pairs of sulfide ores and Co-Ni, Co-Ti, Co-As, Ni-Ti, Ni-As and Ti-As element pairs of concentrated pyrite samples.

GİRİŞ

İnceleme alanındaki Zn-Pb yatakları Ulukışla (Niğde) ilçesinin 35 km. kadar güneydoğusunda yer almakta ve yaklaşık 65 km²'lik bir alanda yayılım göstermektedir. (Şekil 1).

Bu çalışmada yöredeki Zn-Pb yataklarından derlenen sülfürlü cevher ile konsantre pirit- sfalerit ve galenit örneklerinin bazı ana ve iz element değerleri benzer yataklarla denştirilerek yatakların kökensel özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Bolkardağı ve yakın çevresinde yapılmış çaişmalar arasında Blumenthal (1956), İşgüden (1970), Demirtaşlı ve

diğ. (1973), Çalapkulu (1978, 1980 ve 1981), Şişman ve Şenocak (1982), Temur (1989, 1991 ve 1991a) ile Baş ve Temur (1991) sayılabilir.

MATERYAL VE METOD

Yöreden derlenen ve farklı amaçlar için analize tabi tutulan örnekler sülfürlü cevher ve konsantre sülfür mineralleri olmak üzere iki grupta toplanabilir:

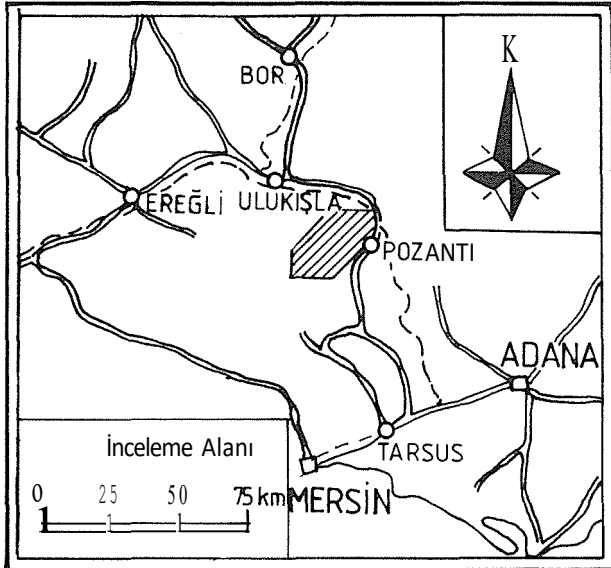
Sülfürlü Cevher Örnekleri

Farklı cevher damarlarına ait 200 adet sülfürlü cevher örneğinden seçilen 50 adet örnekte bazı ana ve iz element konsantrasyonları belirlenmiştir. Örnekler temsil ettikleri

damarlara göre sıralanmıştır. Analiz sırasında örneklerden yaklaşık 150 gr'lık tipik parçalar alınarak pudra kıvamına gelinceye kadar öğütülmüştür. 20 ml 1:3 oranında 1:1'lik soğuk HNO₃+HCl ile muamele edildikten sonra 90° C sıcaklıkta 1 saat süreyle ve karıştırılarak bekletilmiştir. Saf su ile yıkanarak süzölmüş ve 100 ml'ye tamamlanmıştır. Çözölmeyen kısımları tartılarak silisli kısım olarak hesaplanmıştır. Çözötiler Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi (AAS) ve renk indeksine dayalı spektral analiz metodları ile analize tabi tutulmuştur. S.Ü. Müh. Mım. Fak. Jeoloji Müh. Bölümü laboratuvarında Varian Tectron A-175 AAS cihazıyla yapılan analizlerde kalibrasyon sırasında ve sonrasında cihazın el kitabının değerleri kullanılmıştır.

Konsantre Pirit, Sflalerit ve Galenit Örnekleri

Birincil sülfürlü cevher örneklerinden seçilen piritli, galenitli ve sflaleritli 32'er adet örnek 1 mm'den küçük tane boyuna ulaşınca kadar öğütölmüştür. Sonra elenerek 0.5 mm ile 0.7 mm tane boyu aralığı alanmış ve binoköler mikroskopta saf pirit, sflalerit ve galenit taneleri seçölmüştür. Her birinden 1 gr alınarak konsantre piritler 1:1'lik sıcak HCl'de, konsantre sflalerit ve galenitler de sıcak 1:1'lik (1:3 oranında HCl+NHO₃) ile muamele edilmiştir. 100° C sıcaklıkta 1 saat süre ile kaynatıldıktan sonra 24 saat bekletölmüş ve süzölmüştür. Katı kısımlar tartılarak oranları ölçüsünde sonuçlara yansıtölmüştür. Seyreltilen çözötilerde AAS yardımıyla bazı iz element konsantrasyonları okunmuştur.



Şekil 1 İnceleme alanının yer buldurü haritası.

Figure 1 Location map of the study area.

Analizleri yapılan elementler, ikişerli gruplar oluşturularak korelasyon ilişkileri incelenmiştir. Korelasyon katsayısı 0.60'tan büyük olan element çiftlerinin arasında kuvvetli derecede bir ilişki olduğu kabul edilerek bunların regresyon analizleri yapılmıştır. Regresyon denklemlerinin bl katsayıları 't' testine dağılım diyagramlarında noktaların regresyon doğrusuna uyumları da 't' testine tabi tutulmuştur. Test sonuçlarına göre denklemlerin tamamının bl katsayıları ve noktaların regresyon doğrusuna uyumları 0.95 anlamlılık düzeyinde önemli çıkmıştır. Bütün istatistik işlemleri JEOIST programı ile yapılmış ve sonuçlar STATGRAF paket programı ile kontrol edilmiştir.

Çizelgelerde yapılan kısaltınalar şu anlamları taşımaktadır: X_{max}= En büyük değer; X_{min}= En küçük değer; X= Aritmetik ortalama; O_{h1} = Standart sapma; O_x Standart hata; t_h= Hesaplanan t değeri; S_{RA}= Regresyondan ayrılışın standart hatası; b₀= Regresyon denkleminin taban katsayısı; b₁= Regresyon doğrusunun eğimi; r= Örnek korelasyon katsayısı; R= Anakitle korelasyon katsayısı.

GENEL JEOLÖJİ

İnceleme alanında Üst Permiyen-Tersiyer zaman aralığını temsil eden sedimanter, volkano-sedimanter, damar ve derinlik kayaçları ile ofiyolitler yüzeylemektedir. Yörede gözlenen en yaşlı birim, gri ve siyah renkli şist arabantlı Üst Permiyen yaşlı karbonatlardan oluşan Alt mermerlerdir. Bunların üzerinde uyumlu olarak Alt-Orta Triyas yaşlı Bolkaradağ şistleri ve Üst Triyas yaşlı Bolkaradağ mermerleri bulunmaktadır. Bunlar, bölgeye bir sürüklenimle gelen Üst Kretase (Kampaniyen) yaşlı Alihoca ofiyoliti tarafından örtölmektedir. Üst Senoniyen-Paleosen yaşlı Çiftehane karmaşığı kendinden yaşlı birimlerin üzerine açılı bir uyumsuzlukla gelmektedir. Birim; bazaltik, andezitik ve trakitik bileşimli volkanitlerle bunların tabanında ve arasında değişik kalınlıklarda seviyeler halinde bulunan kireçtaşı, şeyl ve kumtaşı seviyelerinden oluşmaktadır. Alt Eosen yaşlı Horoz granodiyoriti ve buna bağlı damar kayaçları, Çiftehane karmaşığından daha yaşlı birimleri kesmektedir. Bütün bu birimler ise Orta Eosen yaşlı Delimahmutlu formasyonu tarafından açılı bir uyumsuzlukla örtölmektedir.

MADEN YATAKLARI

İnceleme alanındaki çinko-kurşun yatakları Horoz Köy ile Maden Köy arasında uzanan yaklaşık 12 km. uzunluk ve 6 km. genişlikte bir alan içinde kalmaktadır. Yataklar hem sülfürlü hem karbonatlı, hem de karst plaseri tipi cevherler bulundurmaktadır. Horoz Köy yakınındaki yataklar Alt

mermerlerin, diğerleri ise Bolkardağı mennerlerinin içinde gözlenmektedir. Birincil cevherler daha çok kuvarsporfir damarlarının yakın kesimlerine, karbonatlı kayaçların içine ve özellikle bunların ezikli ve boşluklu zonlarına yerleşmiş durumdadır.

Çinko-kurşun yatakları Bolkardağı antiklinalinin kuzey kanadında yer almaktadır. Birincil cevher damarları yan kayaçlarının tabakalanmasına uyumlu uzanımlar sunmakta ve benzer konumlu kuvarsporfir damarları ile paralel hatlar oluşturmaktadır. Cevher damarlarında gözlenen ana mineraller pirit, galenit ve sfalerit olup, bunlara daha az oranlarda bulunan kalkopirit, arsenopirit, bornit, fahlerz, arjantit, nabit gümüş, markasit, pirrotin, jeokronit, pirarjirit, nabit altın, elektrum, freislebenit, skutterudit, bravoit, meneginit, semseit, manyetit, molibdenit, bulanjerit gibi mineraller eşlik etmektedir. Gang ise kalsit, dolomit, barit, kuvars, klorit, biyotit, muskovit, siderit ve ankeritle temsil edilmektedir. Birincil minerallerin yüzey ayrışması ile smitsonit, anglezit, seruzit, hematit, götit, amorf demir hidroksit, lepidokrokite, malahit, azurit, hidrozinkit ve hemimorfite türemiştir.

Üst Paleosen-Alt Eosen yaşlı olan bu yatakların jeolojik ve mineralojik özellikleri orta sıcaklıklı hidrotermal oluşumu yansıtmaktadır.

JEOKİMYA

Sülfürlü Cevher Örnekleri:

Toplam 50 adet sülfürlü cevher örneklerinin Fe, Si, Zn, Pb, Cu, Mn, Mg, Sb, Cd, Ti, Ca, Co, Ag, Ni, Cr ve Bi analizleri yapılmıştır (Çizelge 1). Elde edilen değerlerin aritmetik ortalamaları 't' testlerinde anlamlı çıkmaktadır (Çizelge 2).

Örneklerin Zn konsantrasyonları ortalaması %6.98 olup, anakitle aritmetik ortalaması %6.2-7.7 arasında beklenmektedir. Pb değerlerinin ortalaması ise %1.88 olup, anakitle %1.6-2.2 arasında Pb içermektedir. Örneklerde Zn/Pb oranları oldukça yüksektir. Zn/Pb oranlarının aritmetik ortalaması 16.79'dur. Zn ve Pb ortalamalarının oranı ise 4.42 kadardır. Aslaner (1977)'e göre Zn/Pb oranları hidrotermal damarlarda karakteristik olup, dasitik ve andezik lav proklastlarda damar veya stokverk tipinde bulunan yataklarda 2, sedimanter kayaçlar içinde yer alan ve görünürde plütonik kayaçlarla ilişkisi olmayan yataklarda ise bu oran l'in altındadır. Asidik plütolara bağlı hidrotermal damarlarda ise Zn/Pb oranı değişken olup, kaynaktan uzaklaştıkça küçülmektedir. Kuzey Irak'taki Serguza Zn-Pb yatağında Zn ve Pb ortalamalarının oranı 1.71 olup, yatağın kökeni sedimanter veya düşük sıcaklıklı epijenetik-hidrotermal olarak yorumlanmaktadır (Al-Bassam ve diğ. 1982).

Volcano-sedimanter kökenli McArthur (Avustralya) yatağında Zn/Pb oranı 0.4 kadardır (Lambert, 1976). Horzum (Kozan-Adana) yöresi piritli Zn-Pb yatıklarının oluşumu ise hipojen, mezotermal-epitermal geçişli olarak yorumlanmakta ve Zn/Pb oranlarının ortalaması 5.9, Zn ve Pb ortalamalarının oranı ise 3.6 olarak verilmektedir (Temur, 1986). Hidrotermal kökenli Cafana (Malatya) Zn-Pb yataklarında ise bu oran 9'un üzerindedir. (Önal ve diğ., 1991). Bu verilere göre Bolkardağı yöresi sülfürlü cevher oluşumunun oldukça yüksek sıcaklıklı hipojen çözümlerle ilişkili yatak tipini yansıttığı anlaşılmaktadır.

Cevher örneklerinin Cu konsantrasyonları 13-5700 ppm arasında geniş bir dağılım sunmasına karşın 1771 ppm'lik aritmetik ortalaması önemli çıkmaktadır (Çizelge 2). Cevher içinde kalkopirit, bomit, fahlerz, kalkozin, kovelin gibi bakırlı minerallerin dağılımı düzensiz olduğundan Cu değerleri de düzensiz dağılım sunmaktadır. Genel olarak Zn-Pb yataklarında oluşum sıcaklığının artması ile birlikte Cu konsantrasyonu da yükselmektedir. Volkanik ve subvolkanik kayaçlarla beraber bulunan Pb-Zn yataklarında ve asidik plütonlara bağlı Pb-Zn yataklarında ana bileşenlerden birini oluşturan Cu (Aslaner, 1977), kontakt-metasomatik oluşumlu Balya Madeni'nde 5300 ppm'e (Gümüş, 1964) ulaşırken sedimanter veya düşük sıcaklıklı hidrotermal oluşuma sahip Serguza (Irak) yatağında 443 ppm'e kadar düşmekte ve bu durum oluşum sıcaklığının düşük olması gerektiği şeklinde yorumlanmaktadır (Al-Bassam ve diğ., 1982). Orta sıcaklıklı bir oluşumu yansıtan Horzum (Kozan-Adana) piritli Zn-Pb yataklarında 717 ppm Cu değeri (Fezır, 1986) elde edilirken karbonatlı kayaçlar içinde yer alan Aladağ-Delikkaya Pb-Zn yataklarında 25 ppm (Ayhan, 1983), Bakır Dağı yataklarında 90 ppm'dir (Vache, 1964) ve hidrotermal oluşumlu Cafana (Malatya) yataklarında 36 ppm'dir (Önal ve diğ., 1991). Bu bilgilere göre örneklerin Cu değerleri oldukça yüksek sıcaklıklı, hipojen-hidrotermal yataklara ait bir oluşumu yansıtmaktadır.

Ariunetik ortalaması 2879 ppm gibi yüksek bir değer veren Sb konsantrasyonları 73-22000 ppm arasında değişmektedir. Genel olarak Sb, mağmatik-hidrotermal kökenli bir elementtir. Karamadazı (Yahyalı-Kayseri) yakınlarındaki Şipşik Tepe v Keybet Tepe Pb-Zn yataklarında Sb değerinin 1000 ppm'in üzerinde olması yatakların yüksek sıcaklıklarda oluştuğuna bağlanmaktadır (Çevrim ve diğ., 1986). Düşük sıcaklıklı bir oluşuma sahip Serguza (Irak) piritli Zn-Pb yataklarında ise Sb miktarı ortalama 153 ppm'dir (Al-Bassam ve diğ., 1982). Nisbeten yüksek sıcaklıklı hipojen-hidrotermal bir kökene bağlanan Horzum (Kozan-Adana) piritli Zn-Pb yataklarında Sb

s3 EK 1 s ml Nu	ELEMENTLER ELEMENTS															
	1 Fe	% Si	% Zn	% Pb	ppm As	ppm Sb	ppm Cd	ppm Ti	% Ca	H Co	pp2 Ig	ppm Ni	ppm Cr	ppm Bi		
T01	21.1	6.6	u	1.48	1411	7987	0.39	473	4748	m	16.35	43	89	43	13C	246
T01	22.3	5.7	o	1.56	1582	6738	0.35	429	2142	511	14.86	39	159	27	118	150
T03	21.9	u	4.9	1.11	1165	7144	0.56	433	5124	442	16.69	36	88	53	167	181
T04	21.9	6.7	5.1	uc	1485	7233	3.83	627	300	78	16.11	10	11j	52	111	354
T05	21.8	5.4	5.3	1.15	1153	7487	C, 7%	JG6	4C46	isa	17.79	31	6i	31	141	265
m	u	11.5	5.4	3.23	2144	7297	0.11	11:	4279	766	6.97	41	135	46	19Z	241
T07	17.8	12.9	6.2	1.43	2235	7101	1.10	756	2188	78E	7.15	33	231	42	112	156
T08	28.8	11.B	5.0	3.21	2419	68:9	0.95	631	3896	909	1.49	52	:92	36	130	349
T09	18.7	12.6	5.2	1.48	mc	7306	0.37	787	3015	887	6.13	38	116	47	10i	153
T10	26.8	10.5	5.0	:.91	1169	m8	0.70	721	3008	896	6.99	41	179	40	171	281
T11	10.8	30.7	3.3	1.10	1427	5949	1.03	1761	2008	186	1.15	23	261	113	16	106
T12	9.9	32.0	5.3	0.74	569	5161	1.13	1m	2038	59	1.18	20	98	80	68	49
m	11.6	29.8	5.7	1.59	733	5473	0.93	1418	3156	43	1.72	15	187	94	35	102
T14	11.0	30.1	5.7	OBE	775	5428	1.01	1400	4109	58	1.22	17	81	110	13	607
T15	12.6	19.1	5.6	1.07	393	5949	1.00	2712	4256	132	uo	12	119	E!	37	105
T16	25.5	8.2	9.C	0.16	794	552	0.86	350	105	740	10.47	69	175	109	150	242
m	26.6	1.9	9.1	0.28	738	525	0.77	604	148	681	12.48	61	142	89	108	192
T18	27.7	8.1	9.1	0.34	797	566	1.10	828	40i1	691	12.79	77	165	100	180	357
m	15.0	9.5	8.7	0.2a	826	551	0.68	580	82	661	1C, 20	92	63	101	84	260
m	25.9	u	8.0	0.29	m	558	0.83	716	JJ	574	20.27	43	122	92	i49	361
T21	12.6	3U	5.2	0.07	524i	403	0.88	91:	167	118	0.49	21	132	296	37	31
T22	13.1	34.6	5.2	0.07	5682	31;	0.99	304J	198	33	0.33	4	76	249	80	53
m	11.2	35.5	5.2	0.06	5135	409	1.21	7361	181	157	O.H	21	99	254	18	25
m	11.8	36.6	5.0	0.06	1fö	400	0.96	0211	199	334	0.62	17	128	286	136	179
18	11.2	36.6	5.2	0.03	4719	420	1.11	:n	178	435	ü J7	26	106	336	83	23
T26	25.3	9.6	5.9	1.37	2878	7087	0.39	:m	3003	551	5.89	24	155	J4	165	146
m	22.0	8.3	G.1	1.60	2905	5715	1.11	11:5	975	593	7.33	1;	95	:8	141	10C
T28	21.2	11.9	6.1	1.10	2854	6993	1.11	2279	4844	695	5.89	13	112	11	143	m
T29	21.j	9.1	5.3	1.71	J3Z6	6778	0.72	2352	2855	263	6.20	24	151	:5	242	191
T30	26.5	7.8	5.1	1.71	:687	7068	0.70	1997	5061	539	10.74	35	:19	19	326	306
T31	12.2	9.1	10.1	1.70	743	7041	0.97	929	279	751	1.14	28	97	69	35	124
T32	15.j	10.4	10.3	3.72	1021	5935	1.21	1253	1621	213	12.27	16	:a	11r	71	145
T33	16.6	3.2	12.2	0.34	383	7235	0.57	1120	2004	195	1.11	9	104	113	142	80
T34	1u	9.1	11.3	0.35	1025	7456	0.33	1146	1152	292	1U4	J7	75	103	187	70
T35	16.5	10.4	11.u	C.54	1113	7027	1.06	1235	1099	224	12.81	11	49	90	45	m
T36	9.4	8.0	16.6	1.95	968	7223	1.11	332	57	332	1.15	5	86	89	113	56
T37	10.7	6.1	16.7	4.13	1993	7589	0.97	73	291	32	13.71	90	132	73	191	81
T38	9.2	7.1	15.5	4.00	zm	6892	1.04	115	2721	150	13.33	40	62	11	1	85
T39	9.1	7.2	15.7	LC2	2.96	7342	0.30	167	2543	190	13.21	4	107	92	1E	383
m	10.5	5.5	11.1	4.35	:669	7294	1.07	111	2112	356	12.66	13	150	66	26	153
m	5.4	31.9	2.9	5.14	J04.	1529	0.39	1823	318	259	2.57	5	62	92	42	:66
T12	6.1	32.0	3.3	5.01	543	5169	G.70	1639	:0	71	3.72	25	79	65	S	26
T43	5.8	J3.8	3.C	5.43	91	5(84	G.92	200:	525	180	3.67	4	110	31	68	127
T14	5.9	31.5	2.9	6.35	125	6m	1.00	1536	4049	16D	2.32	:0	10!	87	68	77
T45	5.9	31.1	2.8	6.34	59	5731	0.93	:612	18:8	142:	3.:9	E	49	81	90	228
m	14.7	32.1	2.8	D.57	816	1518	:.03	275	:88	91	6.55	9	68	24	1H	51
T47	13.3	14.1	2.5	0.16	43	im	1.06	:12	B75	4B	5.35	24	117	:J	168	166
m	17.3	:0.1	2.7	0.38	178	2290	1.13	203	JC75	18	i.BJ	13	63	14	6i	154
T49	22.6	20.0	1.7	1.50	2368	7566	1.11	S:5	:rn	350	7.60	13	m	16	11S	:09
m	22.5	15.7	1.a	1.24	2452	6951	0.97	744	2012	267	7.36	4	113	1:	1:9	252

Çizelge 1 Hamsulfidli cevher örneklerinin bazı ana ve iz element konsantrasyonları.
 Table 1 Some major and trace element concentration of the crude sulphide ore samples.

değeri ortalama 106 ppm olarak çıkmaktadır (Temur, 1986). Kontakt-metazomatik veya yüksek sıcaklıklı hidrotermal kökenli olan Balya (Balıkesir) Madeni'nde ise Sb konsantrasyonu ortalaması 5300 ppm'dir (Gümüş, 1964). Bu veriler ışığında Bolkardağı yöresi Zn-Pb yataklarının oldukça yüksek Sb değerlere sahip olması, bunların oluşumunun yüksek sıcaklıklı olduğuna işaret etmektedir.

Örneklerin Cd değerleri 98-6721 ppm arasında değişmekte ve anakitlede 2260-2923 ppm arasında Cd beklenmektedir. Genel olarak sfalerite bağlı bir element olan Cd, oluşum sıcaklığının artışı ile zayıf bir ters orantılı değişim sunmaktadır. Mississippi Vadisi tipi yataklarda hemen her zaman 100 ppm'in üzerinde Cd değerleri çıkarken (Mercer, 1976) Alpin Tipi yataklara benzetilen Göktepe-Eimenek (Karaman) yöresi Pb-Zn yataklarında 2500 ppm (Kuşçu, 1983), kökeni sedimanter veya düşük sıcaklıklı hidrotermal olarak kabul edilen Serguza (Irak) yataklarında 443 ppm (Al-Bassam ve diğ., 1982), nisbeten yüksek sıcaklıklı oluşuma sahip hidrotermal Horzum (Kozan-Adana) yataklarında 200 ppm (Temur, 1986) ve kontakt-metazomatik veya yüksek sıcaklıklı hidrotermal kökenli Balya Madeni'nde 100 ppm (Gümüş, 1964) ortalama değerler vermektedir. Bu bilgilere göre 2592 ppm'lik Cd değeri Bolkardağı yöresi Zn-Pb yataklarının çok düşük sıcaklıklı bir oluşuma sahip olduğunu ifade etmekte ve bu sonuç diğer verilere ters düşmektedir.

Co değerleri 4 ppm ile 92 ppm arasında olup, örnek ortalaması 29 ppm, anakitle aritmetik ortalaması 25-32 ppm arasındadır. Mercer (1976) Mississippi Vadisi ve Alpin Tipi yataklar için Co oranının 20- 10000 ppm olarak vermektedir. Buna göre numunelerin Co konsantrasyonları çok düşük kalmaktadır. Ancak hidrotermal kökenli Cafana (Malatya) Zn-Pb yataklarında Co ortalamasının 16 ppm olması hipojen yataklarda Co değerinin daha düşük olduğunu göstermektedir. Örneklerin Co/Ni oranlarının ortalaması 0.52, Co ve Ni ortalamalarının oranı ise 0.33'tür. Genel olarak Zn-Pb yataklarında Co/Ni oranları oluşum sıcaklıkları ile ters orantılı olarak değişmektedir. Bu oran Mississippi Vadisi yataklarında 0.8 (Mercer, 1976), volkano-sedimanter oluşumuna sahip McArthur (Avustralya) yataklarında 1.5 (Lambert, 1976) ve hidrotermal kökenli Cafana (Malatya) yataklarında 0.51 (Önal ve diğ., 1991) civarındadır. Buna göre Bolkardağı yöresi yatakların Co/Ni oranları hidrotermal yataklara benzemektedir.

Numunelerin Ag konsantrasyonları 38 ppm ile 470 ppm arasında olup, 160 ppm'lik bir aritmetik ortalamaya sahiptirler. Aladağ-Deliklikaya yataklarında Ag değeri 20 ppm (Ayhan, 1983), Serguza (Irak) yataklarda ise 62 ppm'dir (Al-Ba.,sam ve diğ., 1982). Düşük oluşum

sıcaklığına sahip bu yatakların yanısıra granodiyorit kontağına yakın ve yüksek oluşum sıcaklığına sahip Şişik Tepe ve Keybet Tepe (Yahyalı-Kayseri) yataklarında Ag oranı 1000 ppm'in üzerinde çıkmaktadır (Çevrim ve diğ., 1986). Nisbeten yüksek oluşum sıcaklığına sahip Horzum (Kozan-Adana) Zn-Pb yataklarında ise 124 ppm ve hidrotermal kökenli Cafana (Malatya) yataklarında 44 ppm (Önal ve diğ., 1991) ortalama değer vermektedir. Bu verilere göre Bolkardağı yataklarının Ag değerleri oldukça yüksek sıcaklıklı yataklara benzemektedir.

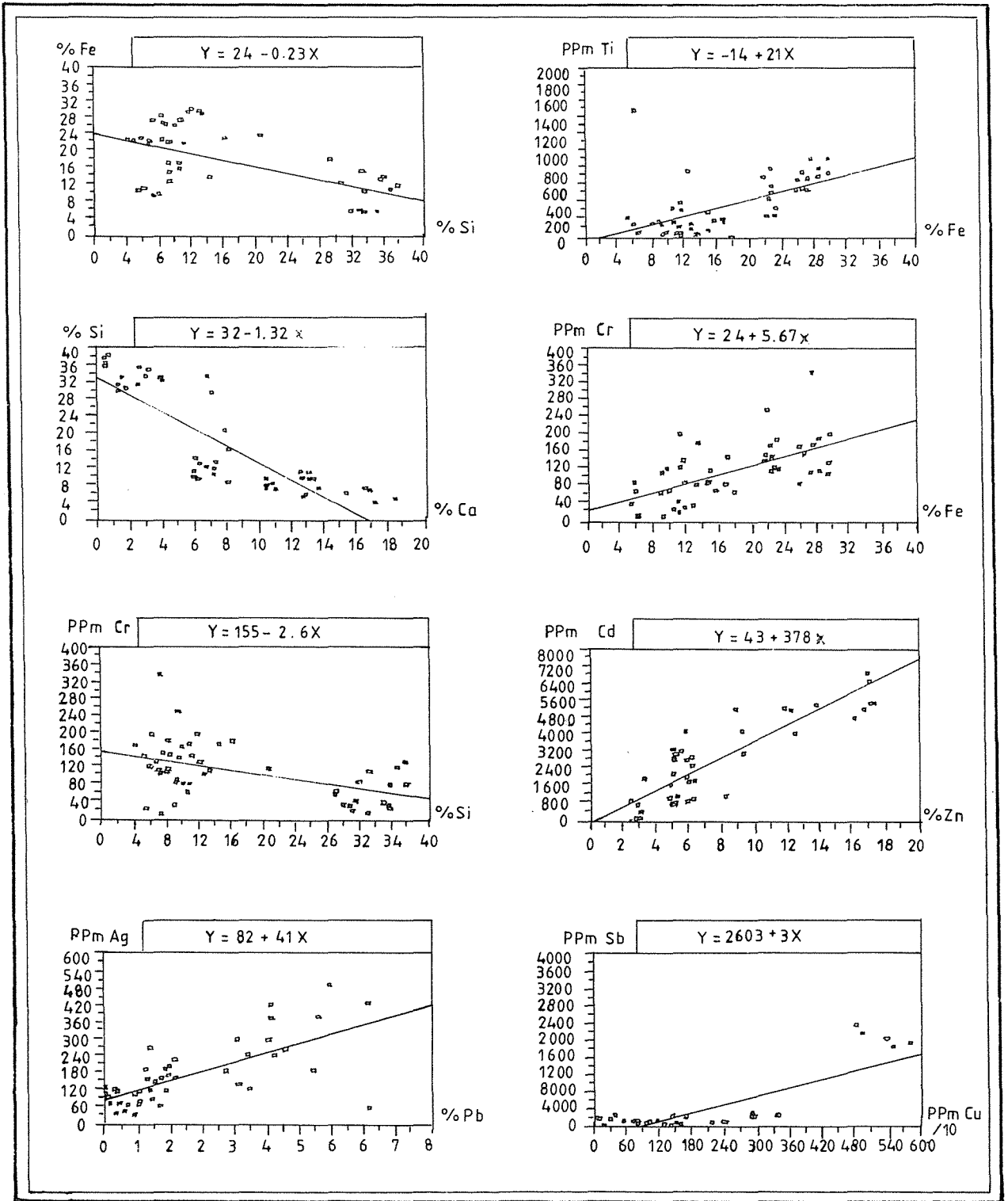
Cr konsantrasyonları ise 16 ppm ile 326 ppm arasında değişmektedir. Çalapkulu (1978a) Bolkardağı sülfidli cevherlerinde Cr değerlerinin Sulu Mağara'da Oile 827 ppm arasında değiştiği, Suluca Dere'de ise 306 ppm olduğunu ve değerlerin ofiyolitik serilerden uzaklaştıkça azaldığını, dolayısıyla Cr'un ofiyolitlerden geldiğini belirtmektedir. Değişik cevherlerden seçilen örneklerde ise bu kadar yüksek Cr değerleri elde edilmezken, yataklar arasında belirgin bir farklılık da belirlenmemiştir. Ancak 14 ppm'lik ortalama değer veren hidrotermal kökenli Cafana (Malatya) Zn-Pb yataklarına göre Bolkardağı yataklarının oldukça yüksek Cr içerdikleri anlaşılmaktadır.

Sülfürlü cevher örneklerinin Si-Fe, Fe-Ti, Fe-Cr, Ca-Si, Si-Cr, Zn-Cd, Pb-Ag ve Cu-Sb element çiftlerinin arasında kuvvetli korelasyon ilişkisi vardır (Çizelge 3 ve Şekil 2). Bunlardan Si-Fe element çiftinin arasındaki kuvvetli negatif korelasyon cevher içinde bu elementlerin kaynağını oluşturan minerallerden birinin artması ile diğerinin azalmasının sonucudur.

Fe-Ti ve Fe-Cr değerlerinin arasında kuvvetli pozitif korelasyonların olması bu elementlerin demire kimyasal yakınlıklarından sülfidli cevherleşmelerde bu elementlerin daha çok piritleme ilişkisi olarak yayılım göstermelerinden kaynaklanmaktadır. Si-Cr değerlerinin arasında negatif korelasyon olması kromun piritleme ilişkisiyle olan ilişkisinden ileri gelmektedir.

Zn-Cd element çiftinin arasındaki çok kuvvetli pozitif korelasyonun varlığı kadmiyumun sfalerite bağlılığını ifade etmektedir. Hurşit-Köprübaşı Madeni'nde Zn-Cd arasındaki korelasyon katsayısı 0.98 (Acar ve Akıncı, 1975) ve Horzum (Kozan-Adana) yöresi Zn-Pb yataklarında ise 0.88 (Temur, 1986) olarak bulunması da bu tip cevherlerde her zaman Zn-Cd ilişkisinin kuvvetli olduğunu belirtmektedir.

Kuvvetli Pb-Ag korelasyonu gümüş sülfö-tuzlarının galenitin içinde ayrılım dokuları oluşturmalarına veya bu minerallerde Pb'nin yerine Ag geçmesine bağlanabilir.



Şekil 2 Tüvenan sülfüdlü cevher örneklerinin bazı element konsantrasyonlarının arasındaki basit regresyon ilişkileri ve dağılım diyagramları.
 Figure 2 Linear regression relationship and distribution diagrams between some element concentrations in crude sulphide ore samples.

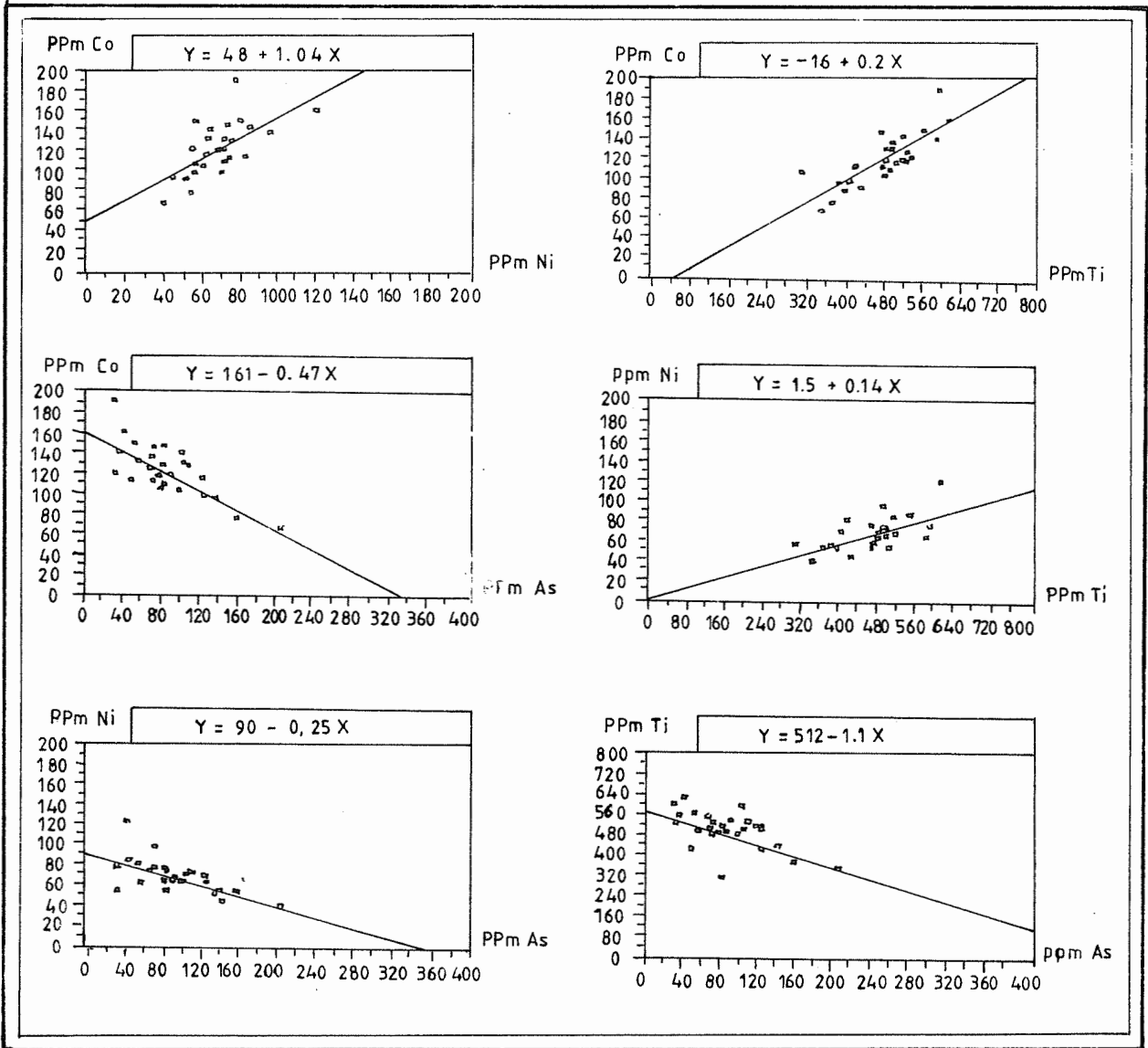
Konsantre Piritler

Toplam 32 adet konsantre pirit örneğinin Co, Ni, Mn, Ti, Cu, Sb ve As analizleri yapılmıştır (Çizelge 4). Elde edilen element konsantrasyonlarının aritmetik ortalamaları 't' testlerinde önemli çıkmaktadır (Çizelge 5).

Piritlerin Co konsantrasyonları 66 ppm ile 185 ppm arasında değişmektedir. Genel olarak Co cevher içinde piritlere bağlı bir element olup, oluşum sıcaklıkları ile doğru orantılı olarak değişmektedir. Fakat iyi bir belirleyici değildir. Türkiye'deki masif sülfid yataklarına ait piritlerde Co değeri 518 ppm gibi yüksek bir değer verirken (Güleç ve Erler, 1983), diyajenetik piritlerde 20 ppm'e (Raiswell ve

Plant, 1980) düşmektedir. Nisbeten yüksek sıcaklıklı Horzum (Kozan-Adana) Zn-Pb yatakları 59 ppm'lik ortalama değer vermektedir (Temur, 1987). Buna göre Bolkardağ yöresi Zn-Pb yataklarına ait piritlerin Co değerleri bunların oldukça yüksek bir sıcaklıkta oluştuğuna işaret etmektedir.

Pirit örneklerinin Ni değerleri 40 ppm ile 117 ppm arasında değişmektedir (Ort. 68 ppm). Sedimanter piritlerde 200 ppm kadar olan Ni değeri (Raiswell ve Plant, 1980) Mississippi Vadisi yataklarında 300 ppm ile 10000 ppm arasında (Mercer, 1976), Türkiye'deki masif sülfid yataklarındaki piritlerde ortalama 38 ppm (Güleç ve Erler, 1983), sedimanter veya düşük sıcaklıkta hidrotermal kökenli Ser-



Şekil 3 Pirit örneklerinin bazı element konsantrasyonlarının arasındaki basit regresyon ilişkileri ve dağılım diyagramları.

Figure 3 Linear regression relationship and distribution diagrams between some element concentrations in pyrites samples.

guza (Irak) yataklarındaki piritlerde 78 ppm (Al-Bassam ve diğ., 1982) ve nisbeten yüksek sıcaklıklı bir oluşuma sahip Horzum (Kozan-Adana) Zn-Pb yataklarındaki piritlerde 40 ppm (Temur, 1989) değerleri elde edilmiştir. Bu örneklerden, piritlerin Ni değerlerinin oluşum sıcaklıkları ile ters orantılı değişim gösterdiği, ancak iyi bir kriter olmadığı anlaşılmaktadır. Buna göre Bolkarıdağı yataklarına ait piritlerin Ni değerleri ise nisbeten yüksek bir oluşum sıcaklığını yansıtmaktadır.

Piritlerin Co/Ni oranları, bunların oluşumlarının belirlenmesinde çok kullanılan bir yöntem olup- diyajenetik

ORm HO (Sarıtle Hu)	ELEMENTLER (Elmnt.s)						
	pp1 Co	pp1 Ni	pp1 Mh	pp1 Ti	ppa Cu	ppm Sb	ppa As
Py 1	136	63	25	575	216	175	100
Py 2	111	55	23	463	235	160	83
Py 3	156	117	32	602	296	203	41
Py 4	185	76	28	180	283	190	32
Py 5	111	81	17	412	43	80	50
Py 6	96	69	17	406	231	32	123
Py 7	121	75	20	490	257	197	81
Py 8	133	94	15	485	263	71	70
Py 9	88	51	22	390	223	12	114
Py10	76	54	20	165	211	108	156
Py11	138	81	25	507	111	230	44
Py12	124	73	21	514	316	199	108
Py13	113	65	17	494	92	137	121
Py14	107	70	17	474	101	14	11
Py15	120	73	23	513	101	113	13
Py16	66	40	19	342	217	54	203
Py17	104	55	22	301	111	163	110
Py18	128	62	23	176	177	1	56
Py19	109	74	25	464	211	190	73
Py20	112	61	23	100	260	194	124
Py21	111	73	38	100	316	53	55
Py22	94	55	36	378	294	145	110
Py23	115	63	28	476	148	12	88
Py24	116	71	33	498	266	42	84
Py25	118	51	31	503	109	36	11
Py26	91	45	24	421	100	304	141
Py27	136	85	35	537	284	42	37
Py28	115	61	27	470	263	116	80
Py29	141	72	28	506	311	120	73
Py30	116	68	25	511	219	130	91
Py31	102	60	24	470	276	115	98
Py32	127	70	26	436	291	114	104

Çizelge 4 Konsantre pirit örneklerinin bazı element konsantrasyonları.

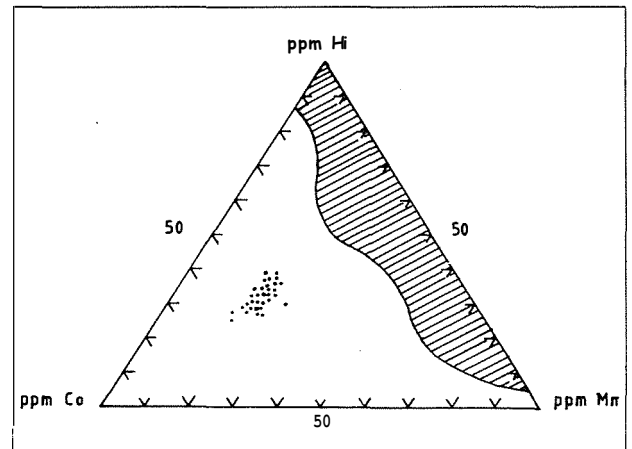
Table 4 Some element concentrations of the concentrated pyrite samples.

piritlerde 01 'den küçük (Mercer, 1976), karbonatlı kayalarda bulunan ve plütonik kayalarla görünür bir ilişkisi olmayan Zn-Pb yataklarındaki piritlerle 0.1 ile 1.5 arasında (Aslaner, 1977), hidrotermal piritlerde her zaman l'den büyük (Güleç ve Erler, 1983) ve masif sülfid yataklarındaki piritlerde 2'den büyüktür (Aslaner, 1977). Nisbeten yüksek sıcaklıklı hidrotermal bir oluşuma sahip Horzum (Kozan-Adana) Zn-Pb yataklarındaki piritlerin Co/Ni oranları da 1.5 kadardır (Temur, 1987). Analiz edilen örneklerde Co/Ni oranlarının ortalaması 1.7 çıkmaktadır. Buna göre Bolkarıdağı piritlerinin oluşumu yüksek sıcaklıklı hidrotermal kökeni yansıtmaktadır.

Uduhaşa (1984) piritlerin Co, Ni ve Mn değerlerine göre hazırlanan üçgen diyagramında sedimanter ve sedimanter olmayan piritlerin birbirlerinden ayrılmasının mümkün olduğunu belirtmektedir. Numunelerin Co, Ni ve Mn değerlerine göre hazırlanan üçgen diyagramında noktalar sedimanter pirit alanının dışında kalmaktadır (Şekil 3).

Örneklerin Ti değerlerinin ortalaması 473 ppm'dir. Güleç ve Erler (1983)'e göre piritlerin Ti değerleri oluşum sıcaklıkları ile doğru orantılı bir artış göstermekte ve Türkiye'deki masif sülfid yatakları 548 ppm'lik bir ortalama değer vermektedir. Analiz edilen örneklerin Ti değerleri masif sülfidlere çok yakın olduğundan yüksek sıcaklığı yansıttıkları söylenebilir.

Örneklerin Cu değerleri ortalaması 276 ppm'dir. Genel olarak Cu konsantrasyonu Mississippi Vadisi Tipi yataklara ait piritlerde 10 ppm ile 1500 ppm arasında (Mercer, 1976), düşük sıcaklıklı hidrotermal veya sedimanter kökenli Serguza (Irak) Pb-Zn yataklarına ait piritlerde 110 ppm (Al-Bassam ve diğ., 1982), diyajenetik piritlerde



Şekil 4 Konsantre piritlerin Co-Ni-Mn değerlerine göre hazırlanmış üçgen diyagram (taralı alan sedimanter piritleri göstermektedir (Uduhaşa, 1984).
Figure 4 Co-Ni-Mn ternary diagram of concentrated pyrite samples.

ortalama 132 ppm civarında (Raiswell ve Plant, 1980) ve nisbeten yüksek sıcaklıklı hidrotermal bir oluşuma sahip Horzum (Kozan-Adana) yöresi Zn-Pb yataklarına ait piritler 297 ppm'lik (Temur, 1987) değer vermektedir. Attepe (Fek-Adana) demir yataklarının bitişinde piritlerin Cu değerleri hidrotermal olanlarda 330 ppm ile 6790 ppm arasında, sedimanter olanlarda ise eser ile 740 ppm arasında değişmektedir (Ayhan ve diğ., 1992). Bu bilgilere göre, iyi bir kriter olmasa da oluşum sıcaklığı ile doğru orantılı bir artış gösteren piritlerin Cu değerleri Bolcardağı yataklarında da nisbeten yüksektir. Bu özelliği ile hidrotermal kökenli yataklara benzemektedir.

Piritlerin Sb konsantrasyonları 16 ppm ile 304 ppm arasında değişmekte ve 126 ppm ortalama değer vermektedir. Anakitle aritmetik ortalaması ise 111-143 ppm arasında beklenmektedir. Nisbeten yüksek sıcaklıklı hidrotermal kökenli Horzum (Kozan-Adana) yöresi Zn-Pb yataklarındaki 213 ppm (Temur, 1987), diyajenetik piritlerde 16 ppm (Raiswell ve Plant, 1980) ve Attepe (Fek-Adana) demir yataklarının bitişindeki hidrotermal piritlerde Sb değerleri 4070 ppm'e kadar çıkarken sedimanter piritlerde deteksiyon limitinin altında kalmaktadır (Ayhan ve diğ., 1992). Buna göre örneklerin diyajenetik piritlerden çok hidrotermal piritlere benzediği anlaşılmaktadır.

Piritlerin As değerleri ise 32 ppm ile 203 ppm arasında değişmekte ve 89 ppm'lik bir aritmetik ortalama değeri vermektedir. Genel olarak oluşum sıcaklığının artışı ile beraber azalma gösteren As değerleri (Güleç ve Erler, 1983), Mississippi Vadisi tipi yataklardaki piritlerde 0-15000 ppm arasında (Mercer, 1976), düşük sıcaklıklı hidrotermal veya sedimanter bir oluşuma sahip Serguza (Irak) yataklarına ait piritlerde 2 ppm (Al-Bassam ve diğ., 1982), diyajenetik piritlerde 47 ppm (Raiswell ve Plant, 1980), Attepe (Fek-

Adana) demir yataklarının bitişindeki sedimanter piritlerde eser ile 1570 ppm, aynı yataklardaki hidrotermal piritlerde 3330 ppm ile %2.52 arasında oldukça yüksek değerler çıkmaktadır (Ayhan ve diğ., 1992). Nisbeten yüksek sıcaklıklı hidrotermal bir oluşumu yansıtan Horzum (Kozan-Adana) yöresi yataklarındaki piritlerde 51 ppm ve Türkiye'de masif sülfid yataklarına ait piritlerde 755 ppm (Güleç ve Erler, 1983) değerler vermektedir. Örneklerin As değerleri piritlerin nisbeten yüksek bir sıcaklıkta oluştuğunu, ancak Mississippi Vadisi tipi yataklarda ve Attepe yöresindeki piritlerde değişim aralığının genişliği, piritlerin As konsantrasyonlarının oluşumlarının belirlenmesinde iyi bir kriter olmadığını ortaya koymaktadır.

Konsantre pirit örneklerinin Co-Ni, Co-Ti, Co-As, Ni-Ti, Ni-As ve Ti-As element çiftlerinin arasında kuvvetli korelasyon ilişkisi bulunmaktadır (Şekil 3). Bu durum, pirit örneklerinin alındığı damarların cevher getiren magmatik kayalara uzaklığının veya piritlerin süksesyon içindeki oluşum evrelerinin bir ölçüsü olarak düşünülebilir. O halde, As değerlerinin Ti, Ni ve Co değerleri ile kuvvetli negatif korelasyon göstermesi, piritlerin oluşum sıcaklığının artmasına karşılık As oranının azalmasından kaynaklanmaktadır. Ni değerlerinin Co ve Ti değerleri ile kuvvetli pozitif korelasyon sunması ise piritlerdeki Ni değerlerinin yatak içi değişimden çok yatak tipleri arasındaki değişimden etkilendiği şeklinde yorumlanabilir (Çizelge 6 ve Şekil 4)

Konsantre Sfaleritler

Toplam 32 adet konsantre sfalerit örneğinin Cd, Mn, Cu ve Fe analizleri yapılmıştır (Çizelge 7). Elde edilen değerlerin aritmetik ortalamaları 't' testlerinde önemli çıkmaktadır (Çizelge 8).

BİKMENT (Elements)	X_{max}	X_{min}	t	$\hat{\sigma}_{n-1}$	$\hat{\sigma}_x$	th	ANAKITLIK ART. ORT. (Population mean)
pp1 Co	185	66	118	23.58	4.17	1.30	112.8 - 125.7
pp1 Ki	117	40	68	14.83	2.62	25.84	64.6 - 71.
pp11 Kn	38	17	25	5.00	0.88	28.87	24.4 - 26.7
pp1 Ti	602	304	473	67.89	12.00	39.44	457.7 - 488.9
pp1 cu	370	214	275	39.45	6.97	39.55	266.7 - 284.9
pp11 Sb	304	16	126	29.11	12.22	10.38	110.9 - 142.7
pp11 As	203	32	89	39.18	6.93	12.88	80.2 - 98.2

Çizelge 5 Konsantre pirit örneklerinin bazı element konsantrasyonlarının aritmetik ortalamalarının "t" testi.
Table 5 "Student t test" of mean of some element concentrations in concentre the pyrite samples.

Örneklerde Cd konsantrasyonları ortalaması 597 ppm olup, anakitle ortalaması 570-623 ppm arasında beklenmektedir. Genci olarak Cd sülfidli cevherlerde sfalerite bağlı bir elementtir. Wedepohl ve Brehler (1969)'a göre sfaleritlerin Cd değerleri 10- 1000 ppm arasında değişmektedir. Karbonatlı kayalarda yer alan Zn-Pb yataklarına ait sfaleritlerde ve yüksek sıcaklıklı (> 500° C) bir oluşuma sahip Kutna Hora (Çekoslovakya) yataklarındaki sfaleritlerde Cd oranı da hemen hemen aynı değerler vermektedir (Hak ve Novak, 1970). Aslaner (1977)'c göre Türkiye'deki karbonatlı kayaç içinde yer alan plütonlarla görünür bir ilişkisi olmayan yalaklara ait sfaleritlerde Cd değerleri 100 ppm ile 1000 ppm arasında dağılım göstermektedir. Bu örneklerden anlaşılacağı sfaleritlerin Cd değerleri yalak tipi ve oluşum sıcaklığının belirlenmesinde iyi bir kriter değildir. Bolkar- dağı yataklarının Cd değerleri benzer yalaklara göre biraz daha düşük çıkmaktadır.

Sfaleritlerin Mn değerleri 36-241 ppm arasında değişmektedir (on. 136 ppm). Wedepohl ve Brehler (1969)'e göre sfaleritler 1000 ppm'e kadar Mn bulundurmaktadır ve oluşum sıcaklığı veya yalak tipi ile ilişkisi belirgin değildir. Aslaner (1977) Türkiye'deki Zn-Pb yataklarını sınıflandırırken karbonatlı kayalardaki Zn-Pb yataklarının düşük Mn oranlarını epitermal bir kökeninin belirleyicisi olarak değerlendirmektedir. Al-Bassam ve diğ. (1982) sfaleritlerin 20 ppm'lik Mn ortalamasını çok düşük sıcaklıklı hidrotermal veya sedimanter bir kökene bağlarken, Kutno Hora (Çekoslovakya) yataklarında 566° C'ta oluşmuş sfaleritlerin Mn değerleri 7000 ppm'e kadar yükselmektedir (Hak ve Novak, 1970). Nisbeten yüksek sıcaklıklı hidrotermal oluşumlu Horzum (Kozan-Adana) Zn-Pb yataklarına ait sfaleritlerde de ortalama 63 ppm Mn değeri elde edilmektedir (Temur, 1987). Bu bilgi-

Co						
.65	Ni					
.42	.31	Kn				
.82	.64	.45	Ti			
.42	.28	.53	.59	cu		
.15	.07	-.13	.10	.09	Sh	
-.79	-.66	-.39	.64	-.47	.28	As

Çizelge 6 Konsantre pirit örneklerinin bazı element konsantrasyonları arasındaki korelasyon katsayıları.
Table 6 Correlation coefficient between some element concentrations in the concentrate pyrite samples.

ÖRNEK NO (Sample)	ELEMENTLER (elements)			
	ppm Cd	ppm Mn	ppm Cu	Fe
Sp 1	507	241	810	3.50
Sp 2	670	168	954	3.10
Sp 3	570	237	1109	4.55
Sp 4	455	185	1025	3.71
Sp 5	476	145	1246	3.82
Sp 6	692	111	1164	3.10
Sp 7	616	234	2318	8.60
Sp 8	610	85	2473	5.87
Sp 9	556	36	1813	5.60
Sp10	806	143	1264	6.6
Sp11	592	118	1920	5.06
Sp12	560	202	1884	5.46
Sp13	792	113	1266	3.60
Sp14	586	37	974	3.92
Sp15	561	115	1310	5.04
Sp16	478	213	2750	4.50
Sp17	781	204	1970	3.76
Sp18	456	63	2355	4.58
Sp19	697	198	1871	4.54
Sp20	665	121	3282	5.68
Sp21	406	123	910	3.59
Sp22	714	193	1160	3.45
Sp23	750	75	787	3.97
Sp24	484	177	643	6.17
Sp25	607	102	1418	5.06
Sp26	459	155	2840	4.01
Sp27	735	72	2204	5.00
Sp28	470	38	1916	4.35
Sp29	748	136	2592	5.84
Sp30	452	56	1984	5.59
Sp31	627	114	2346	5.42
Sp32	510	150	1007	4.82

Çizelge 7 Konsantre sfalerit örneklerinin bazı element konsantrasyonları.
Table 7 Some element concentrations of the concentrate sphalerite samples.

ELKKN'L' (Elements)	X _{max}	X _{min}	- X	$\hat{\sigma}$ n-1	$\hat{\sigma}$ X	t _h	ANAKITIK ART. ORT. (Population Mean)
pp11 Cd	806	406	597	116	20	28	570 - 623
pp11. Kn	20	36	136	61	10	12	122 - 150
pp1 Cu	3282	43	1674	701	124	13	513 - 1835
% Fe	3	3	5	1	0	30	4.4 - 4.8

Çizelge 8 Konsantre sfalerit örneklerinin bazı element konsantrasyonlarının aritmetik ortalamalarının "t" testi.
Table 8 "Student t test" of mean of some element concentrations in the concentre sphalerite.

ÖRNEK NO (Sample Nu)	ELEMAN'L' (Elements)		ÖRNEK NO (Sample Nu)	ELEMAN'L' (Elements)	
	pp1 Ag	pp11 Sb		pp1 Ag	pp11 Sb
G1 1	1181	165	G117	610	14
G1 2	500	178	G118	481	7420
G1 3	359	21	G119	332	1031
G1 4	219	191	G120	122	536
G1 5	144	82	G121	1586	32
G1 6	126	18	G122	130	557
G1 7	2264	56	G123	375	883
G1 8	179	154	G124	390	41
G1 9	135	171	G125	850	94
G110	45	61	G126	2310	558
G111	485	558	G127	483	182
G112	510	52	G128	1164	29
G113	275	450	G129	730	14
G114	110	163	G130	944	29
G115	300	61	G131	896	225
G116	590	556	G132	301	75

Çizelge 9 Konsantre galenit örneklerinin bazı element konsantrasyonları.
Table 9 Some element concentrations of the concentre galena.

ELEMENT (Elements)	X _{max}	X _{min}	- X	$\hat{\sigma}$ n-1	$\hat{\sigma}$!	\	ANAKITIK ART. ORT. (Population Mean)
pp11 Ag	2310	45	586	557	98.5	5.94	457 - 714
pp11 Sb	7420	14	489	1302	230.2	2.13	190 - 789

Çizelge 10 Konsantre galenit örneklerinin bazı element konsantrasyonlarının aritmetik ortalamalarının "t" testi.
Table 10 "Student t test" of mean of some element concentrations in concentre galena samples.

lere göre, Bolkardağı yöresi Zn-Pb yataklarına ait sfaleritlerin Mn değerleri orta sıcaklıklı hidrotermal damarları yansıtmaktadır.

Sfaleritlerin 643 ppm ile 3282 ppm arasında değişim gösteren Cu değerleri 1674 ppm'lik ortalama değer vermektedir. Genel olarak Cu, yüksek sıcaklıklı çözeltilerin yaygın bir elementidir. Çözeltilerin soğuması ile beraber Cu, sfalerit içinde kalkopirit ayrılımları halinde kristalleşmektedir. Dolayısıyla sfaleritlerin oluşum sıcaklığı ile Cu değerleri arasında yakın bir ilişki bulunmaktadır. 640°C civarında oluşmuş Kutna Hora (Çekoslovakya) yataklarındaki sfaleritlerde Cu değeri 6000 ppm (Hak ve Novak, 1970), buna karşın düşük sıcaklıklı Serguza (Irak) yataklarında sfaleritlerin içinde 850 ppm Cu (Al-Bassam ve diğ., 1982) bulunmaktadır. Appalachian (ABD) yataklarındaki sfaleritlerde 1 -2000 ppm olan Cu oranı ile Mississippi Vadisi yataklarına benzemektedir (Hoagland, 1976). Nisbeten yüksek sıcaklıklı hidrotermal oluşumlu Horzum (Kozan-Adana) yataklarında da ortalama 1204 ppm Cu bulunmaktadır (Temur, 1987). Bu bilgilere göre örneklerin Cu değerleri sfaleritlerin Hormm (Kozan-Adana) (150-200°C) ve Mississippi Vadisi yataklardan (100-150°C) daha yüksek oluşum sıcaklığına sahip olduğunu, ancak oranuya göre 350°C'tan da daha düşük sıcaklıkları yansıtlığı söylenebilir.

Sfaleritlerin %3.10 ile %6.17 arasında değişen Fe değerleri ortalmnası %4.56'dır. Genel olarak sfalerit içinde Zn²⁺ kationunun yerine Fe²⁺ kationunun alması mümkün olup, sfalerit içinde Fe oranı pirit veya pirrotin ayrılımı olarak en fazla %1 kadar bulunmaktadır. (Wedepohl ve Brehler, 1969). Sfalerit ve demir sülfidlerin beraber oluşması halinde sfaleritin içindeki Fe miktarı oluşum sıcaklığının belirlenmesinde jeotennometre olarak kullanılabilir. (Comliu ve Hurlbut, 1981).

Konsantre Galenitler

Toplam 32 adet konsantre galenit örneğinin Ag ve Sb analizleri yapılmıştır (Çizelge 9). Elde edilen element değerlerinin aritmetik ortalamaları önemli çıkmaktadır (Çizelge 10).

Galenitlerin Ag değerleri 45 ppm ile 2310 ppm arasında değişmektedir. Verilerin aritmetik ortalaması 486 ppm'dir. Genel olarak galenitlerin Ag konsantrasyonları 200 ppm ile 5000 ppm arasındadır (Wedepohl ve diğ., 1970). Yukarı Mississippi yataklarına ait galenitlerde ise Ag değerleri 18 ppm kadardır (Mercer, 1976). Al-Bassam ve diğ. (1982)'ne göre galenitlerin düşük (448 ppm) Ag değerleri oldukça düşük sıcaklıklı hidrotermal veya sedimanter bir kökene karşılık gelmektedir. Türkiye'de karbonatlı kayaçlar içinde yer alan ve granitik sokulumlarla görünür bir ilişkisi olmayan Zn-Pb yataklarındaki galenitlerin Ag değerleri genel olarak 20 ppm ile 500 ppm arasında

değişmekte ve bazen 3000 ppm'e kadar çıkmaktadır. Asidik plütonlara bağlı hidrotermal (mezotermal) yataklara ait galenitlerde ise 5000 ppm civarında Ag bulunmaktadır (Aslaner, 1977). Nisbeten yüksek sıcaklıklı hidrotermal bir oluşuma sahip Hormm (Kozan-Adana) piritli Zn-Pb yataklarındaki galenitlerin ortalaması ise 641 ppm olup, düşük sıcaklıklı yataklara göre yüksek bir değer olarak yorumlanmaktadır. Bu bilgiler ışığında, Bolkardağı yöresi Zn-Pb yataklarının simli olarak bilinmesine rağmen benzer yataklara göre düşük oranlarda gümüş içerdiği ve düşük oluşum sıcaklığına karşılık gelen bu sonucun diğer verilere ters düştüğü söylenebilir.

Konsantre galenit örneklerinin Sb değerleri 14 ppm ile 7420 ppm arasında değişmektedir. Wedepohl ve diğ. (1970)'ne göre galenitlerin Sb değerleri genel olarak 200 ppm ile 5000 ppm arasında değerler vermektedir. Al-Bassam ve diğ. (1982) ise galenitlerin yüksek Sb değerleri düşük sıcaklıklı hidrotermal veya sedimanter bir kökeni ifade ettiğini belirterek 3000 ppm'lik bir Sb ortalamasını yüksek bir değer olarak kabul etmektedirler. Nisbeten yüksek sıcaklıklı bir oluşumu yansıtan Horzum (Kozan-Adana) Zn-Pb yataklarına ait galenitlerin de Sb değerleri ortalaması 1268 ppm olarak bulunmuştur (Temur, 1986). Bu bilgilere göre Bolkardağı yöresi Zn-Pb yataklarına ait galenitlerin Sb oranları oldukça düşük olup, bu da yüksek bir oluşum sıcaklığını yansıtmaktadır.

SONUÇLAR

Bolkardağı yöresi Zn-Pb yataklarının jeokimyasal olarak araştırılması ve benzer yataklarla denestirilmesi şu sonuçları ortaya koymuştur:

Yüzey alterasyonunun oldukça ilerlemiş olması ve eski işletmelere ait galerilere girilememesi birincil cevherlerden rastgele örnek seçimini zorlaştırmaktadır. Buna karşın aritmetik ortalamaları anlamlı çıkması uygulanan metodun geçerliliğini göstermektedir.

Tüvenan sülfidli cevher analizlerinde Zn/Pb oranının yüksekliği ile benzer yataklara göre yüksek Sb ve Ag değerleri, yatakların oluşum sıcaklığının yüksek olması gerektiğinde veri olarak kullanılabilir. Ancak Cd değerlerinin yüksek ve Co/Ni oranının düşük olması bu sonuca ters düşmektedir.

Birincil sülfidli cevher örneklerinin Fe-Si, Ti-Fe, Cr-Fe, Si-Ca, Cr-Si, Cd-Zn, Ag-Pb ve Sb-Cu element çiftleri arasında en az orta derecede korelasyon ilişkisi bulunmaktadır.

Konsantre piritlerin yüksek Co, Ni, Ti, Cu ve As değerleri ile Co/Ni oranları ve Co-Ni-Mn dağılımları, bunların hidrotermal kökenli ve nisbeten yüksek sıcaklıklı bir oluşuma sahip olduklarını göstermektedir.

Konsantre piritlerin Co-Ni, Co-Ti, Co-As, Ni-Ti, Ni-As ve Ti-As element çiftlerinin arasında kuvvetli derecede korelasyon ilişkisi vardır. Konsantre sfaleritlerin yüksek Mn, Cu ve Fe değerleri yine oldukça yüksek bir oluşum sıcaklığını ifade etmektedir. Konsantre galenitlerin düşük Sb değerleri hidrotermal bir oluşumu ve nisbeten yüksek bir sıcaklığı yansıtmaktadır.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Acar, E. ve Akınca, Ö., 1975, Harşit-Köprübaşı (Tirebolu) Cu-Pb-Zn Madeni'nde Zn-Cd oransal bağlantısının istatistik yöntemlerle saptanması; Türkiye Jeol. Kur. Bült., 18, 1, 85-86.
- Al-Bassam, K.S., Hak, J. ve Watkinson, D.H., 1982, Contribution to the origin of the Serguza lead-zinc-pyrite deposits, Northern Irak; Mineralium Deposita, 17, 133-149.
- Aslaner, M., 1977, Türkiye bakır-çinko-kurşun yataklarının jeolojisi ve bölgesel sınıflamasıyla plaka tektoniği yönünden incelenmesi; K.T.Ü. Yayınl., No. 85, 70 s.
- Ayhan, A., 1983, Aladağ yöresi karbonatlı Pb-Zn yataklarının kökeni; Türkiye Jeol. Kur. Bült., 26, 2, 103-116.
- Ayhan, A., Küpeli, Ş. ve Amstutz, G.C., 1992, Atatepe (Feke-Adana) yataklarının bitişiğindeki pirit oluşumları; MTA Derg., 113, (baskıda).
- Baş, H. ve Temur, S., 1992, Çifttehan-Koçak-Elmalı (Ulukışla-Niğde) yöresi demir, barit ve bakır oluşumları; Türkiye Bil. ve Tek. Araş. Kur. projesi, Proje no: TBAG-007, 100 s.
- Blumenthal, M.M.- 1956, Yüksek Bolkardağ'ın kuzey bölgelerinin ve uzantılarının jeolojisi; Maden Tet. Ar. Enst. Yay., Seri D, No 7, 179 s.
- Cornalius, S. ve Hurlbut, J.R., 1982, Mineraloji; (Çev. K. İnan ve E. Tanyolu), Doyuran Matbaası, İstanbul, 2, 315 s.
- Çalapkulu, F., 1978, Bolkardağ bölgesinin jeolojik evrimi; Türkiye Jeol. Kur. 32 Bilimsel ve Teknik Kurultayı Bildiri Özetleri, 7-8.
- Çalapkulu, F., 1978 a, Bolkardağı Pb-Zn-Ag-Au Maden yatakları; Türkiye Jeol. Kur. 32. Kurultayı Bildiri Özetleri, 58-59.
- Çalapkulu, F., 1980, Horoz Granodiyoritinin jeolojik incelemesi; Türkiye Jeol. Kur. Bült., 23, 1, 59-68.
- Çalapkulu, F., 1981, Les observation sur la tectonique des plaques dans la Region de Bolkardağ (Turquie); Sixth colloquium on Geology of the Aegean Region, Piri Reis International Contribution Series, Publ. No: 2, Second ed. (Ed.: E. İzdar ve E. Nakoman). 81-97.
- Çevrim, M., Echle, W. ve Friedrich, G., 1986, Aladağlar'da paleokarlaşmaya bağlı Zn-Pb mineralizasyonu; Türkiye Jeol. Kur. Bült., 29, 1, 27-42
- Demirtaşlı, E., Bilgin, Z., Erenler, F., Işıklar, S., Sanlı, D., Selim, M. ve Turhan, N., 1973, Bolkar Dağları'nın jeolojisi; Cumhuriyetin 50. yılı Yerb. Kong., Maden Tet. ve Ara. Enst. Der., 12, 42-67.
- Güleç, N. ve Erler, A., 1983, Masif sülfid yataklarındaki piritlerin karakteristik iz element içerikleri; Türkiye Jeol. Kur. Bült., 26, 2, 145-152.
- Gümüş, A., 1964, Important lead-zinc deposits of Turkey; Symposium on mining geology and the base metals, UNESCO, Ankara, 155-165.
- Hak, J. ve Novak, F., 1970, Zoning and vertical extent of the ore mineralization in the Kutna Hora ore district; Problems of hydrothermal ore deposition; The origin, evolution and control of ore-forming fluids (Ed.: Z. Pauba ve M. Stenprok), E. Schweizerbart'sche Verlagbuchhandlung, Stuttgart, 164-167.
- Hoagland, A.D., 1976, Appalachian zinc-lead deposits; Handbook of strata-bound and stratiform ore deposits (Ed.: K. H. Wolf), Elsevier, Amsterdam, 6, 495-534.
- İşgüden, O., 1970, Bolkardağ Maden sahası tektonik etüdü; Etibank Raporu, Rap. No 463, 125 s.
- Kuşçu, M., 1983, Göktepe-Ermenek (Konya) yöresinin jeolojisi ve Pb-Zn yatakları; Selçuk Üniv. Fen Bil. Enst. Doktora Tezi, Konya, 181 s.
- Lambert, I. B., 1976, The McArthur zinc-lead-silver deposits, Features, metallogenesis and comparisons with some other stratiform ores; Handbook of strata-bound and stratiform ore deposits (Ed.: K.H. Wolf), Elsevier, Amsterdam, 6, 535-585.
- Mercer, W., 1976, Minor elements in metal deposits in sedimentary rocks, A review of the recent literature; Handbook of strata-bound and stratiform ore deposits (Ed.: K.H. Wolf), Elsevier, Amsterdam, 4, 396-425.
- Önal, M., Tuzcu, N. ve Helvacı, C., 1991, Geological setting, mineralogy and origin of the Cafana (Malatya) Zn-Pb sulfide and carbonate deposit, eastern Anatolia, Turkey; International Earth Sciences Congress on Aegean Regions (Ed: M.Y. Savaşçın and A.H. Erond), V-1, 52-59.
- Raiswell, R. ve Plant, J., 1980, The incorporation of trace elements into pyrite during diagenesis of black shales, Yorkshire, England; Econ. Geol., 75, 684-699.
- Temur, S., 1986, Horzum (Kozan-Adana) yöresi piritli Zn-Pb yataklarının jeolojik, petrografik ve genetik incelemesi; Selçuk Üniv. Fen Bil. Enst. Doktora Tezi, 253 s.
- Temur, S., 1989, Bolkardağı (Ulukışla-Niğde) yöresi Zn-Pb yataklarının incelenmesi; Selçuk Üniv. Araş. Fonu Projesi, No: 659, 120 s.
- Temur, S., 1991, Bolkardağı (Ulukışla-Niğde) yöresi Zn-Pb yataklarının genetik özellikleri; Çukurova Üniv. Müh.-Mim. Fak. Jeo. Müh. Böl., Ahmet Acar Jeoloji Sempozyumu, Bildiriler, 191-198
- Temur, S., 1991a, Bolkardağı (Ulukışla-Niğde) yöresi Zn-Pb yataklarının mineralojik incelemesi; Maden Tet. Ara. Derg., 112, 74-81
- Udupaşa, G., 1984, Iron sulfides in sedimentary rocks, Some occurrences in Romania; Syngeneses and epigenesis in the formation of mineral deposits (Ed.: A. Wauschkuhn, C. Kluth ve R.A. Zimmermann), Springer-Verlag, Berlin, 28-35.
- Wedepohl, K.H. ve Brehler, B., 1969, Zinc; Handbook of geochemistry (ed.: K.H. Wedepohl), Springer-Verlag, Berlin, 30, 108 s.
- Wedepohl, K.H., Sahl, K. ve Doe, B.R., 1970, Lead; Handbook of geochemistry (Ed.: K.H. Wedepohl), Springer-Verlag, Berlin, 82, 111 s.