

Masif sülfid yataklarındaki piritlerin karakteristik iz element içerikleri

Characteristic trace element contents of pyrites from, massive sulphide deposits

NİLGÜN GÜLEÇ)
AYHAN ERLER } O. D. T. Ü Jeoloji Mühendisliği Bölümü, ANKA&A

ÖZ : Bu çalışmada, Türkiye ve Kıbrıs'taki masif sülfid yataklarındaki piritlerin iz element içerikleriyle yatakların Kökeni arasındaki ilişkinin incelenmesi amacıyla 14 yataktan alınan 42 adet pirit örneğinin karakteristik iz elementler olan titanyum, nikel, kobalt, vanadyum, selenyum ve arsenik içerikleri saptanmıştır. Örnekler, Pontid tipi ve Kıbrıs tipi masif sülfid yataklarından alınmıştır. Pontid tipi yataklar için Lahanos, İsrail, Kızılkaya, Kotarakdere, Madenköy - Çayeli ve Anayatak - Murgul'dan alınan örnekler; Kıbrıs tipi yataklar için ise Küre (Aşıköy ve Bakibaba), Ergani (Anayatak ve Weiss), Madenköy - Siirt, Agrokipia, Mavrovouni ve Skouriotissa'dan alınan örnekler kullanılmıştır.

Titanyum, kobalt ve arsenik içerikleri, kobalt: nikel oranları ve bir ölçüye kadar nikel içerikleri, iki değişik masif sülfid yatağı için olası ayırtmanlar olarak gözükmemektedir. Titanyum ve kobalt, gerek değişim aralıkları, gerekse ortalama değerleri açısından, Kıbrıs tipi masif sülfidlerde Pontid tipine oranla daha yüksektir. Arsenik, her iki yatak türünde de benzer değişim aralıklarına sahiptir, ancak ortalama değerler Pontid tipi yataklarda daha yüksektir. Kobalt: nikel oranları, hem değişim aralıkları, hem de ortalama değerleri açısından, Pontid tipi masif sülfidlerden Kıbrıs tipine doğru artış göstermektedir. Nikel içeriklerinin değişim aralıkları ve ortalama değerleri Kıbrıs tipi yataklarda Pontid tipine oranla biraz daha yüksektir. Vanadyum ve selenyum içerikleri, değişim aralıkları ve ortalama değerleri açısından, iki tür masif sülfid yatağını birbirinden ayırmada kullanılabilir gibi gözükmemektedir.

ABSTRACT : In this study, to investigate the relationship between ore genesis and trace element contents of pyrites of massive sulphide deposits from Turkey and Cyprus, 42 pyrite samples from 14 deposits are analyzed for their titanium, nickel, cobalt, vanadium, selenium, and arsenic contents which are characteristic for pyrites. The samples were taken from Pontid type and Cyprus type massive sulphide deposits. The samples used were from, for Pontid type deposits, Lahanos, İsrail, Kızılkaya, Kotarakdere, Madenköy-Çayeli, and Anayatak-Murgul; and for Cyprus type deposits, Küre (Aşıköy and Bakibaba), Ergani (Anayatak and Weiss), Madenköy-Siirt, Agrokipia, Mavrovouni, and Skouriotissa.

Titanium, cobalt, and arsenic contents, cobalt: nickel ratios, and to some extent nickel contents appear as possible discriminators for the two different types of massive sulphides. The ranges and means of titanium and cobalt are higher in Cyprus type massive sulphides compared to Pontid type. Arsenic has similar ranges in both types, but it has a higher mean in Pontid type deposits. Cobalt: nickel ratios, both ranges and means, display an increase from Pontid type towards Cyprus type massive sulphides. The ranges and the means of nickel contents are slightly higher in Cyprus type compared to Pontid type. Neither the ranges nor the means of vanadium and selenium contents appear to be useful for distinguishing the two types of massive sulphides.

GİRİŞ :

Piritlerin içerdiği iz elementler geçmiş yıllarda ayrıntılı biçimde çalışılmış olup, konu günümüzde de ilginçliğini korumaktadır. Bu çalışmalar başlıca üç amaca yöneliktir:

(1) ekonomik açıdan ele alındığında, bugün endüstrinin çeşitli dallarında kullanım alanı bulunan kobalt ve selenyum gibi bazı iz elementler piritlerin yan ürünü olarak

(Kurz ve diğerleri, 1975; Çağatay, 1977; Ryall, 1977); (3) piritlerdeki iz elementler, cevher yataklarının oluşum süreçleri ve or-

tamları —özellikle oluşum sıcaklıkları— hakkında bilgi edinebilmek için kullanılmaktadırlar, başka bir deyişle metalojenez için yol gösterici durumundadırlar (Fleischer, 1955; Coleman ve Delevaux, 1957; Hawley ve Niched, 1959, 1961; Loftus-Hills ve Solomon, 1967).

Kaynakların taranması sonunda, metalojenez açısından, piritlerdeki karakteristik iz elementlerin titanyum, nikel, kobalt, vanadyum, selenyum ve arsenik olduğu görülmüştür (Fleischer, 1955; Coleman ve Delevaux, 1957; Hawley ve Nichol, 1959, 1961; Loftus-Hills ve Solomon, 1967; Cambel ve Jarkovsky, 1968; Anderson, 1969, Raiswell ve Plant, 1980). Piritlerin vanadyum ve selenyum içerikleri ile kobalt: nikel oranları, hidrotermal oluşumları sedimanter oluşumlardan ayırtetmekte pek çok araştırmacı tarafından kullanılmıştır.

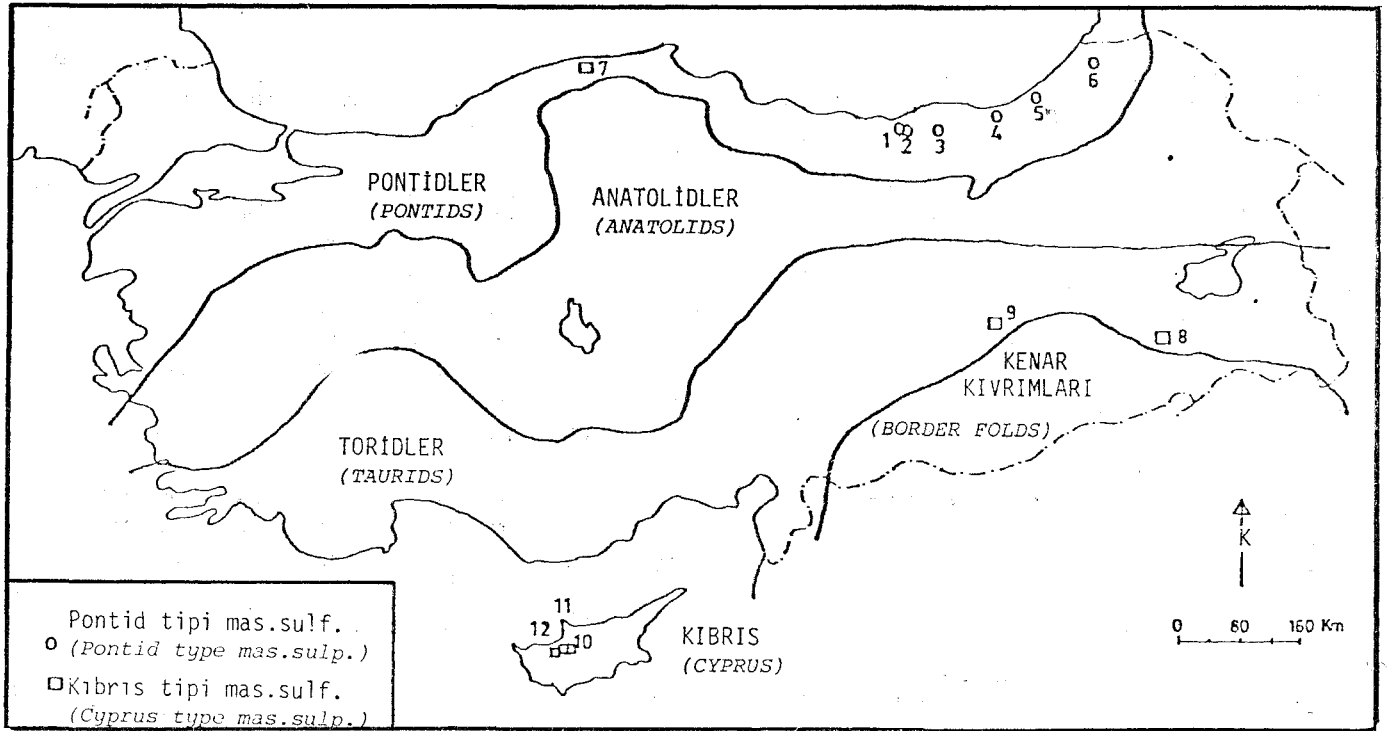
1) Carstens (1941: Anderson, 1969 dan), vanadyumun sedimahter piritlerde bulunduğunu, buna karşın hidrotermal piritlerde yok denecek kadar az olduğunu göstermiştir.

2) Coleman ve Delevaux (1957), Hawley ve Nichol (1959, 1961), Wright (1965) ve Raiswell ve Plant (1980), yüksek selenyum derişimlerinin hidrotermal piritlerde gözleendiğini, buna karşın düşük selenyum içeriklerinin, piritlerin sedimanter kökenli olduğuna dair bir kanıt sayılmayacağını ortaya koymuşlardır.

3) Carstens (1941, 1942: Fleischer, 1955 den), Hegeman (1941: Coleman ve Delevaux, 1957 den), Talluri (1951:

Coleman ve Delevaux, 1957 den) ve Loftus-Hills ve Solomon (1967), sedimanter süreçlerle oluşan piritlerde nikel içeriklerinin kobalta göre yüksek olduğunu, yani kobalt: nikel oranının birin altında bulunduğunu, hidrotermal süreçlerle oluşan piritlerde ise kobalt içeriklerinin daha yüksek olduğunu dolayısıyla kobalt: nikel oranlarının birin üzerinde bulunduğunu göstermişlerdir. Piritlerin titanyum ve arsenik içeriklerine ilişkin çalışmalar (Hawley, 1952: Fleischer, 1955 den ve Hawley ve Nichol, 1961), oluşum sıcaklıklarının artmasıyla değerlerin azaldığını ortaya koymuştur.

Bu çalışmanın amacı, Türkiye ve Kıbrıs'taki çeşitli masif sülfid yataklarından alınan piritlerin iz element içerikleri ile yatakların kökeni arasındaki ilişkilerin incelenmesidir. Bu çalışmada 12 bölgedeki 14 masif sülfid yatağından (Şekil 1) alınan 42 pirit örneği kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan örnekler O.D.T.Ü. Jeoloji Mühendisliği Bölümü Ekonomik Jeoloji koleksiyonundan seçilmiştir. Örneklerin alındığı yataklar başlıca iki türe ayrılmaktadır: Pontid tipi ve Kıbrıs tipi masif sülfidler. Pontid, tipi masif sülfidler, dasitler içindeki Cu - Pb - Zn yataklarıdır (Pejatovic, 1979). Bu yataklar doğu Pontidlerde yer alırlar. Çalışmada kullanılan pirit örneklerinin alındığı yataklar: Lahanos - Giresun, Kızilkaya - Giresun, İsrail - Giresun, Kotarakdere - Trabzon, Çayeli - Madenköy - Rize ve Anayatak - Murgul - Artvin'dir. Kıbrıs tipi masif sülfidler, mafik volkanikler içindeki Cu - pirit oluşum-



Şekil 1. Çalışmada kullanılan örneklerin alındığı yatakların coğrafik dağılımı.

Figure 1. Geographic distribution of deposits, samples of which are used in this study (1. Lahanos - Giresun, 2. Kızilkaya - Giresun, 3. İsrail - Giresun, 4. Kotarakdere - Trabzon, 5. Madenköy - Çayeli - Rize, 6. Murgul - Artvin, 7. Küre - Kastamonu, 8. Madenköy - Siirt, 9. Ergani - Elazığ, 10. Agrokipia - Lefke, 11. Skouriotissa - Lefke, 12. Mavrovouni - Lefke)

larıdır (Hutchinson, 1973). Pirit örneklerinin alındığı yataklar, Küre -Kastamonu (Aşıköy ve Bakibaba), Ergani Elazığ (Weiss ve Anayatak), Madenköy - Siirt, Agrokipia «A» Lefke - Kıbrıs, Mavrovouni - Lefke - Kıbrıs ve Skouriotissa Lefke - Kıbrıs'tır.

Seçilen örneklerdeki piritçe zengin kesimler önce çekiçle kırılarak ayrılmış, bu parçalar seramik kaplı çeneli kırıcı ile kırılmıştır. Kırılan örnekler porselen havanda -60 mesh (-250 μ m) tane boyuna öğütülmüştür. Öğütülen örneklerden -60/+120 mesh (-250/4-125 μ m) tane boyundaki bölüm elenerek ayrılmış ve tetrabrometan (yoğunluk 2964) kullanılarak ağır sıvı ile ayırma yöntemi ile en az 5 g. ağırlığında pirit konsantreleri elde edilmiştir. Konsantreler binoküler stereomikroskop altında incelenmiş, pirit dışındaki taneler seçilerek ayrılmış ve gerektiğinde ağır sıvı ile ayırma işlemi tekrarlanmıştır. Ayırma işleminden sonra, pirit konsantreleri -200 mesh (-75 μ m) tane boyuna porselen havanda öğütülmüştür. Hazırlanan pirit örnekleri, titanyum nikel, kobalt, vanadyum, selenyum ve arsenik içerikleri açısından analiz edilmiştir. Vanadyum ve arsenik analizleri kolorimetrik yöntemle (Stanton; 1986); titanyum, nikel, kobalt ve selenyum analizleri ise x - ışınları flüoresans yöntemiyle yapılmıştır. Analiz sonuçları her iki tip masif sülfid yatağı için istatistiksel olarak değerlendirilmiştir-örneklerin tümüne ait analiz sonuçları Çizelge 1 ve Çizelge 2 de verilmiştir.

PİRİTLERİN İZ ELEMENT İÇERİKLERİ

Titanyum

Piritlerdeki titanyumun dağılımı Şekil 2 de, 100 ppm aralıklı histogramlar halinde gösterilmiştir. Şekil 2 de görüldüğü gibi titanyum daha çok lognormale yakın bir dağılım vermektedir. Pontid tipi masif sülfidlerde, titanyum içeriğinin değişim aralığı daha dar olup değerler 11 ppm'den 608 ppm'e kadar çıkmaktadır; örneklerin büyük çoğunluğunda değerler 100 ppm'den daha düşüktür. Kıbrıs tipi masif sülfidlerde titanyum içeriğinin değişim aralığı oldukça geniş olup 26 ppm'den 1867 ppm'e kadar çıkmaktadır; örneklerin büyük çoğunluğu 300 ppm'den daha düşük titanyum içeriklerde sahiptir. Aritmetik ortalama Pontid tipinde 168 ppm iken, Kıbrıs tipinde 658 ppm olmakta; geometrik ortalama ise Pontid tipi yataklarda 71 ppm iken Kıbrıs tipi yataklarda artarak 388 ppm'e çıkmaktadır. Dolayısıyla titanyum, hem gösterdiği değişim aralıkları, hem de ortalama değerleri açısından iki tür masif sülfid yatağını birbirinden ayırtmakta oldukça kullanışlı bir elementtir, çünkü değerler Pontid tipi yataklarda Kıbrıs tipine oranla oldukça düşüktür;

Nikel

Nikel elementinin örneklerdeki dağılımı, Şekil 3 te, 10 ppm aralıklı histogramlarda görüldüğü gibi, lognormal tipe yakındır. Nikel, Pontid tipi yataklarda 13 ppm ile 66 ppm, Kıbrıs tipinde ise 19 ppm ile 155 ppm arasında değişen değerler vermektedir. Bununla birlikte, örneklerin bü-

TEKTONİK KONUM (TECTONIC SETTING)	YATAK ADI (DEPOSIT)	ÖRNEK No. (SAMPLE No.)	Ti (ppm)	Ni (ppm)	Co (ppm)	Co:Ni	V (ppm)	Se (ppm)	As (ppm)
P O N T I D T I P İ L E R	Lahanos-Giresun	3/1	11	66	2781	42.14	< 30	27	1000
	"	3/2	28	19	280	14.74	50	47	5000
	"	3/3	13	21	14	0.66	50	42	200
	"	3/4	172	13	10	0.80	50	41	100
	"	3/5	68	20	147	7.35	70	66	1500
	"	3/6	608	19	83	4.37	40	72	300
	"	3/7	30	41	85	2.07	< 30	21	4000
	"	3/8	573	17	58	3.41	50	77	300
	İsrail-Giresun	3/9	24	61	1416	23.21	40	15	250
	"	3/10	521	19	28	1.48	50	19	450
	Kızılkaya-Giresun	3/14-A	601	19	164	8.63	30	110	300
	"	3/14-B	115	27	68	2.52	40	45	1000
	Kotarakdere-Trabzon	3/22	66	19	13	0.68	50	16	450
	Madenköy-Çayeli-Rize	3/28	26	23	95	4.13	60	85	200
	"	3/29	29	17	105	6.18	50	137	150
Anayatak-Murgul-Artvin	3/17	44	32	9	0.28	30	41	75	
"	3/24	49	13	23	1.77	80	16	100	
"	3/25	47	17	38	2.24	50	21	25	

Çizelge 1. Pontid tipi masif sülfidlerden alınan piritlerin Ti, Ni, Co, V, Se ve As içerikleri.
Table 1. Ti, Ni, Co, V, Se, and As contents of pyrites from Pontid type massive sulphides.

TEKTONİK KONUM (TECTONIC SETTING)		YATAK ADI (DEPOSIT)	ÖRNEK No. (SAMPLE No.)	Ti (ppm)	Ni (ppm)	Co (ppm)	Co:Ni	V (ppm)	Se (ppm)	As (ppm)
P O N T I D T İ P İ L E R	P O N T I D T İ P İ L E R	Aşıköy-Küre-Kastamonu	2A/1	60	58	269	4.64	< 30	59	450
		"	2A/2	1213	63	426	6.76	50	46	75
		"	2A/3	26	32	978	30.56	70	92	500
		"	2A/4	979	46	1337	29.06	50	77	300
		"	2A/6	1235	20	703	35.15	70	26	250
		"	2A/7	766	59	2543	43.10	50	89	250
		Bakibaba-Küre-Kastamonu	2A/5	1822	155	350	2.26	80	116	50
T O R İ D İ L E R V E K İ B R İ S	T A U R İ D İ L E R A N D İ C Y P R İ S	Weiss-Ergani-Elazığ	9/1	435	34	23	0.68	30	1	400
		"	9/2	468	32	25	0.78	30	1	750
		"	9/4	293	34	26	0.76	30	2	500
		Anayatak-Ergani-Elazığ	9/3	1867	77	3389	44.01	30	22	200
		"	9/5	1043	100	77	0.77	70	10	250
		"	9/6	34	36	2783	77.31	30	75	50
		Madenköy-Siirt	9/7	1655	21	29	1.38	50	5	4000
		"	9/8	290	19	164	8.63	30	43	1000
		"	9/9	164	22	282	12.82	50	158	450
		"	9/10	202	56	462	8.25	< 30	92	500
		"	9/11	237	38	370	9.74	30	110	100
		"	9/12	163	28	897	32.04	50	52	1500
		"	9/13	707	31	536	17.29	60	56	300
		"	9/14	859	24	116	4.83	70	29	4000
Agrokıpia	A-Lefke-Kıbrıs	10/1	490	30	402	13.40	30	98	250	
Mavrovouni	Lefke-Kıbrıs	10/2	692	21	126	6.00	40	101	25	
Skouriotissa	Lefke-Kıbrıs	10/3	84	42	23	0.55	< 30	251	150	

Çizelge 2. Kıbrıs tipi masif sülfidlerden alınan piritlerin Ti, Ni, Co, V, Se ve As içerikleri.
Table 2. Ti, Ni, Co, V, Se, and As contents of pyrites from Cyprus type massive sulphides.

yük çoğunluğu, ilk tür yatakta 10-20 ppm arasında, ikinci tür yatakta ise 30-40 ppm arasında değişen nikel içeriklerine sahiptir. Aritmetik ortalama Pontid tipi yataklar için 26 ppm, Kıbrıs tipi için 45 ppm'dir; geometrik ortalama ise sırasıyla 23 ppm ve 38 ppm'dir. Bir başka deyişle, her ne kadar değişim aralığının kısıtlı olması nedeniyle değerler arasında büyük bir farklılık yoksa da, nikel içerikleri Kıbrıs tipi yataklarda Pontid tipine oranla biraz daha yüksektir. Dolayısıyla nikel, iki tür yatağı ayırtmakta bir ölçüye kadar kullanılabilir.

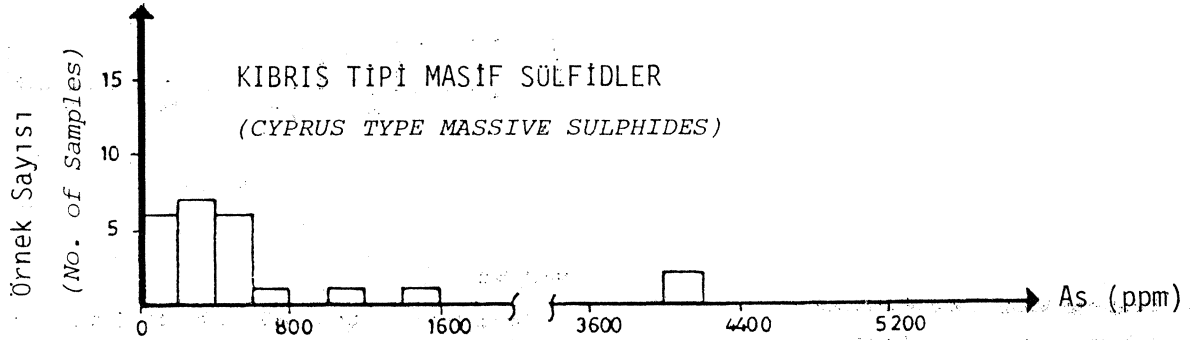
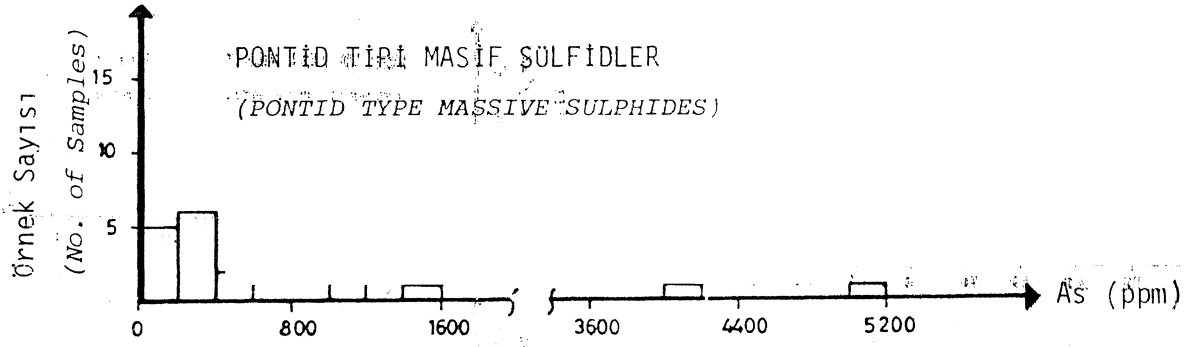
Kobalt

Analizi yapılan örneklerde kobalt lognormal yakın bir dağılım vermektedir (Şekil 4). Değişim aralığı özellikle Kıbrıs tipi masif sülfidlerde oldukça geniştir ve 23 ppm'den 3389 ppm'e kadar çıkmaktadır. Pontid tipi masif sülfidlerde kobalt içerikleri 9 ppm'den 2781 ppm'e kadar değişen aralıklar vermekle birlikte, örneklerin sadece iki tanesi 1416 ppm ve 2781 ppm gibi çok yüksek değerler vermektedir. Şekil 4 de, 200 ppm aralıklı histogramlarda görüldüğü gibi

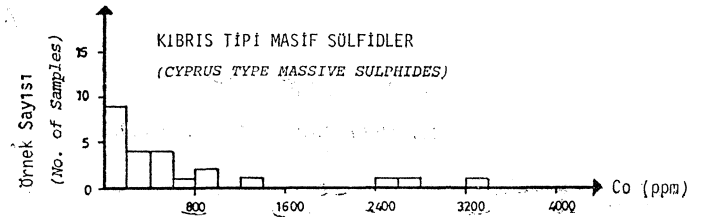
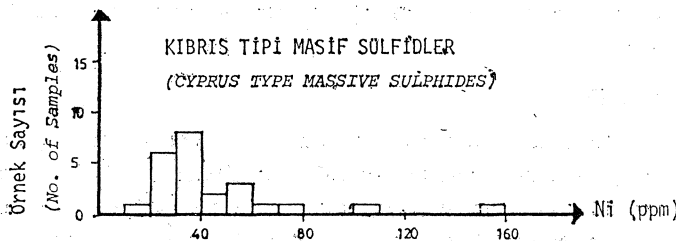
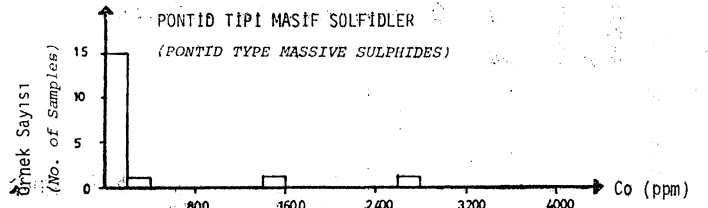
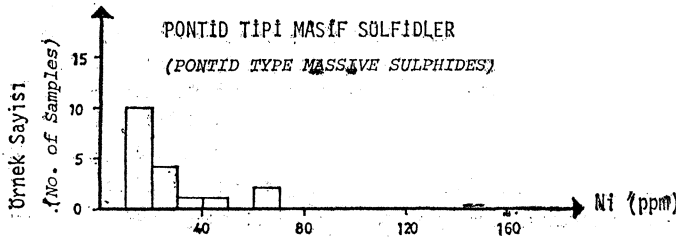
her iki yatak türünde de modal aralık 0-200 ppm aralığıdır; ancak Pontid tipi yataklarda örneklerin %83 ü, Kıbrıs tipinde ise %38 i 200 ppm'in altında değerler vermektedir. Aritmetik ortalama Pontid tipinde 301 ppm, Kıbrıs tipinde 681 ppm'dir; geometrik ortalama ise, sırasıyla, 72 ppm ve 266 ppm'dir. Dolayısıyla kobalt hem gösterdiği değişim aralığı hem de ortalama değerleri açısından iki tür masif sülfid yatağını ayırtmakta oldukça kullanışlı bir elementtir.

Kobalt: Nikel Oranları

Piritlerin kobalt : nikel oranlarına ait histogramlar (Şekil 5), dağılımın lognormal olduğunu ortaya koymaktadır. Oranlar Pontid tipi yataklarda 0.28 ile 42.14 arasında değişirken, Kıbrıs tipinde aralık genişlemekte ve oranlar 0.55 ile 77.31 değerleri arasında değişmektedir. Her iki tip yatakta da örneklerin çoğu 5 in altında kobalt : nikel oranlarına sahiptir. Aritmetik ortalama Pontid tipinde 7.04 iken Kıbrıs tipinde 1628 e çıkmakta, aynı şekilde geomet-



Şekil 2. Piritlerin titanyum içerikleri.
Figure 2. Titanium contents of pyrites.



Şekil 3. Piritlerin nikel içerikleri.
Figure 3. Nickel contents of pyrites.

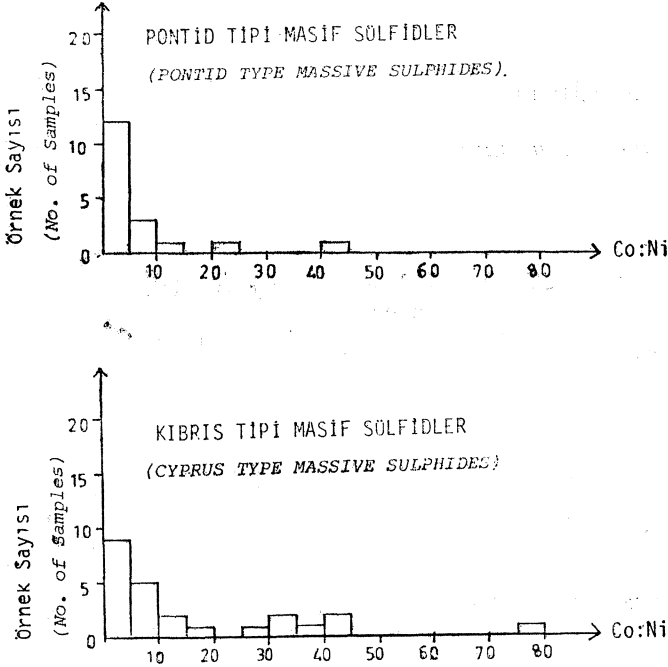
Şekil 4. Piritlerin kobalt içerikleri.
Figure 4. Cobalt contents of pyrites.

rik ortalama da 3.17 den 692 ye yükselmektedir. Dolayısıyla gerek değişim aralıkları gerekse ortalama değerler, Pontid tipi masif sülfidlerden Kıbrıs tipine doğru belirgin bir artış sergilemektedir.

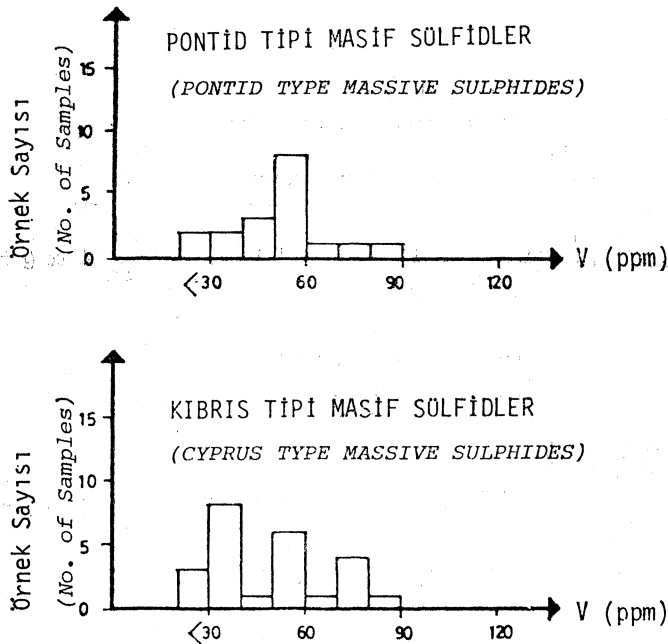
Vanadyum

Vanadyum elementinin piritlerdeki dağılımı, Şekil 6 da 10 ppm aralıklı histogramlarda görüldüğü gibi, daha çok

normal dağılıma yakındır. Nikel gibi vanadyum da oldukça dar değişim aralıklarına sahiptir ve her iki yatak türünde de en yüksek değer 80 ppm'dir. Piritlerin çoğunda vanadyum içerikleri, Pontid tipi masif sülfidlerde 50-60 ppm, Kıbrıs tipinde ise 30-40 ppm arasında değişmektedir. Ortalama değerler açısından da iki tür yatak arasında önemli bir fark yoktur. Aritmetik ortalama Pontid tipinde 46 ppm, Kıbrıs tipinde 44 ppm'dir; geometrik ortalama ise, sırasıyla, 42 ppm ve 39 ppm'dir. Sonuç olarak vanadyum içerik-

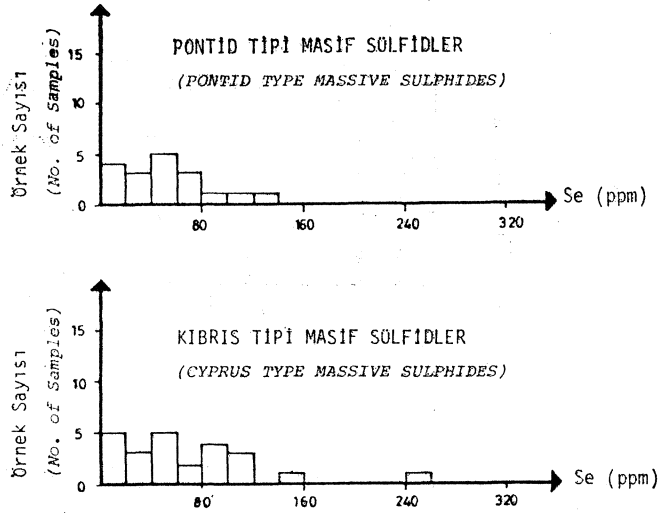


Şekil 5. Piritlerin kobalt : nikel oranları.
Figure 5. Cobalt : nickel ratios of pyrites.



Şekil 6. Piritlerin vanadyum içerikleri.
Figure 6. Vanadium contents of pyrites.

lerinin gösterdiği değişim aralıkları ve ortalama değerler iki tip masif sülfid yatağını ayırtmakta kullanılamamaktadır.



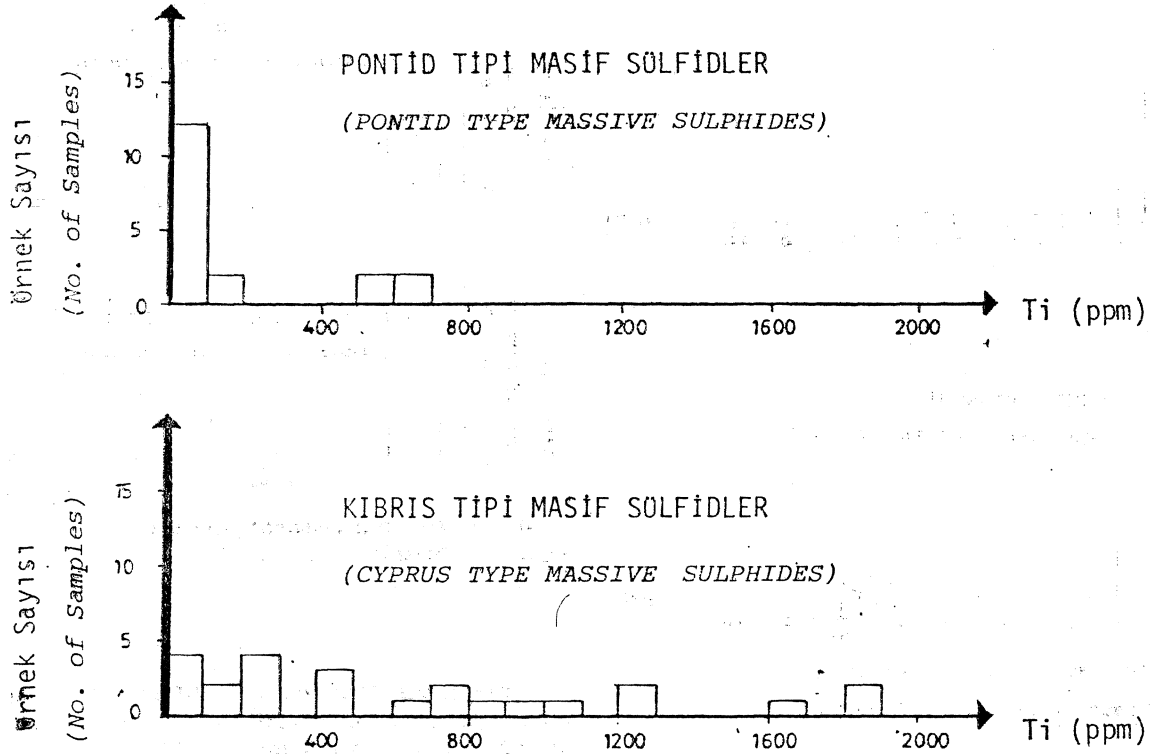
Şekil 7. Piritlerin selenyum içerikleri.
Figure 7. Selenium contents of pyrites.

Selenyum

Selenyumun örneklerdeki dağılımı, Şekil 7 de 20 ppm aralıklı histogramlarda görüldüğü gibi, lognormal tipe daha yakındır. Pontid tipi masif sülfidlerde içerikler 15 ppm ile 137 ppm arasında, Kıbrıs tipinde ise 1 ile 251 ppm arasında değişmektedir. Şekil 7 den de görüldüğü gibi Kıbrıs tipinde, yüksek değer veren tek bir örnek değişim aralığının biraz geniş görünmesine neden olmaktadır; ayrıca her iki tip yatakta da örneklerin çoğunda selenyum içerikleri 60 ppm'in altındadır. Dolayısıyla değişim aralığı, iki tip masif sülfid yatağını ayırtmakta belirgin bir veri değildir. Ortalama değerler arasında da önemli bir fark yoktur. Aritmetik ortalama Pontid tipi yataklar için 50 ppm, Kıbrıs tipi yataklar için 67 ppm değerlerini verirken, geometrik ortalama, sırasıyla, 40 ppm ve 35 ppm değerlerini vermektedir. Bir diğer deyişle, piritlerin selenyum içeriklerini kullanarak iki tip masif sülfid yatağını ayırtmak olası değildir.

Arsenik

Arsenik, analizi yapılan tüm diğer elementlerden daha geniş değişim aralıkları vermektedir. Şekil 8 deki 200 ppm aralıklı histogramlar, dağılımın log - normal tipte olduğunu göstermektedir. Pontid tipi masif sülfidlerde 5000 ppm değerini veren bir örnek dışında, her iki tip yatakta da arsenik içerikleri 25 ppm'den 4000 ppm'e kadar değişmektedir ve örneklerin çoğu 0-600 ppm aralığı içinde toplanmıştır. Dolayısıyla değişim aralığı iki tür yatağı ayırtmakta kullanılamamaktadır. Ortalama değerler ise söz konusu yatakları ayırtmakta kullanılabilir, çünkü ortalamalar Kıbrıs tipi yataklarda daha düşüktür. Aritmetik ortalama Pontid tipi yataklarda 856 ppm'den Kıbrıs tipi yataklarda 679 ppm'e, geometrik ortalama ise 344 ppm'den 315 ppm'e düşmektedir.



Şekil 8. Piritlerin arsenik içerikleri.
Figure 8. Arsenic contents of pyrites.

TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Özet olarak analizi yapılan örneklerde vanadyum ve nikel oldukça kısıtlı değişim aralıkları vermekte, buna karşın titanyum, kobalt, ve arsenik hayli geniş değişim aralıkları göstermektedir. Selenyumun değişim aralıkları, vanadyum ve nikel oranla geniş, titanyum, kobalt ve arsenik oranla dardır.

Titanyum, kobalt ve arsenik içerikleri, kobalt : nikel oranları ve bir ölçüye kadar nikel içerikleri, Kıbrıs ve Pontid tipi masif sülfid yatakları için olası ayırtmalar olarak gözükmemektedir. Titanyum ve kobalt içerikleri ile kobalt : nikel oranları, gerek değişim aralıkları, gerekse ortalama değerleri açısından Kıbrıs tipi masif sülfidlerde Pontid tipine oranla daha yüksektir. Arsenik, her iki yatak türünde de benzer değişim aralıkları vermekte, ancak ortalama değerler Pontid tipi yataklardan Kıbrıs tipine doğru azalmaktadır. Nikel içerikleri belirgin bir ayırtman olarak gözükmemekle birlikte, değişim aralıkları ve ortalama değerleri açısından, Pontid tipi yataklarda biraz daha düşüktür. Vanadyum ve selenyum içeriklerinin değişim aralıkları ve ortalama değerleri iki yatak türünü birbirinden ayırtmakta kullanılabilir gibi gözükmemektedir.

Üzerinde durulması gereken bir diğer nokta ise, titanyum, kobalt, arsenik ve bir ölçüye kadar selenyum içeriklerinin sadece değişik yatak türlerinde değil, aynı zamanda aynı türün değişik yataklarında ve hatta tek bir yatağa ait değişik pirit örneklerinde farklı değerler vermesidir. Bu farklılıklar büyük bir olasılıkla, cevherleşmenin kay-

nağına, değişik sıcaklıklarda kristalleşen pirit oluşumlarına, yatakların oluşumunda egemen olan süreçlere ve yan kayaçlardan gelen kirlenmenin derecesine bağlıdır, örneğin, mafik volkaniklere bağlı olarak gelişen Kıbrıs tipi masif sülfidler, felsik volkaniklere bağlı olarak gelişen Pontid tipi yataklara oranla titanyum, nikel ve kobalt bakımından zengin, arsenik bakımından fakirdir. Bunun nedeni mafik magmatik kayaçların felsiklere oranla daha yüksek olan titanyum, nikel ve kobalt içeriklerinin bu kayaçlara bağlı olarak gelişen yataklara yansımaları olabilir. Her ne kadar nikel elementinin yer kabuğundaki derişimi kobalta oranla çok daha yüksekse de, yatakların pek çoğunda kobalt: nikel oranlarının birin üzerinde olması, kobaltın nikel göre daha kolaylıkla yan kayaçlardan yıkanıp çözültüye alınmasına ve daha sonra yataklarda derişmesine bağlıdır. Masif sülfid yataklarının tartışmalı kökenleri ve oluşumlarında hem sedimanter hem de hidrotermal süreçlerin etkin olduğu gözönüne alınacak olursa, element derişiminin yüksek olduğu yerlerde hidrotermal süreçlerin egemen olduğu tahmin edilmektedir; çünkü hidrotermal çözültüler kendi kaynaklarından aldıkları element içeriklerine bir de yan kayaçlardan çözüp aldıkları element içeriğini eklemektedirler. Yüksek selenyum ve birin üzerindeki kobalt : nikel oranlarının hidrotermal piritlerin karakteristikleri olduğu hatırlanacak olursa (Fleischer, 1955; Coleman ve Delevaux, 1957; Hawley ve Nichol, 1959, 1961; Wright, 1965; Loftus -Hills ve Solomon, 1967; Raiswell ve Plant, 1980), masif sülfid yataklarının oluşumunda hidrotermal süreçlerin oldukça etkili olduğu önerisi kuvvet kazanmaktadır.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Anderson, C.A., 1969, Massive sulphide deposits and volcanism : *Econ. Geol.*, 64,129 -146.
- Cambel, B. ve Jarkovsky, J., 1968, Geochemistry of nişel and cobalt in pyrrhotines of different genetic types : 23 rd. Int. Geol. Cong., Sect. 6, Prague, 169-183.
- Coleman, R.G. ve Delevaux, M., 1957, Occurrence of selenium in sulphides from some sedimentary rocks of the western United States : *Econ. Geol.*, 52, 499-526.
- Çağatay, M.N., 1977, Development of geochemical exploration techniques for massive sulphide deposits, Eastern Black Sea Region, Turkey : Doktora Tezi, London Univ., Yayınlanmamış.
- Fleischer, M., 1955, Minor elements in some sulphide minerals : *Econ. Geol.*, 50 th. Anniv. vol., 970-1024.
- Hawley, J.E. ve Nichol, I., 1959, Selenium in some Canadian sulphides : *Econ. Geol.*, 54, 608 - 628.
- , 1961, Trace elements in pyrite, pyrrhotite, and chalcopyrite of different ores : *Econ. Geol.*, 59, 467 - 487.
- Hutchinson, R.W., 1973, Volcanogenic massive sulphide deposits and their metallogenic significance : *Econ-Geol.*, 68,1223 -1246.
- Kurz, S.L., Bronlow, A.H. ve Park, W.C., 1975, Properties of pyrites from ore and non - ore environments : *Geol. Soc America Abstracts*, 7, 7,1156.
- Lakin, U.W. ve Davidson, D.F., 1973, Selenium; Brobst, D.A. ve Pratt, W.P., ed., United States Mineral Resources da : U.S. Geol. Survey Prof, Paper 820, 573-576.
- Loftus - Hills, G. ve Solomon, M., 1967, Cobalt, nickel, and selenium in sulphides as indicators of ore genesis : *Mineralium Deposita*, 16, 241 - 257.
- Pejatovic, S., 1979, Pontid tipi masif sülfid yataklarının metalojenezi : M.T.A. Yayınl., No. 177, Ankara, 100 s.
- 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.
- Ryall, W-R., 1977, Anomalous trace elements in pyrite in the vicinity of mineralized zones at Woodlawn : N.S.W. Australia : *Jl. Geochem, Expl.*, 8, 73-83.
- Stanton, R.E., 1966, Rapid methods of trace analysis : Edward Arnold (Publishers) Ltd., London, 96 s.
- Vhay, J.S., Brobst, D.A. ve Heyl, A.V., 1973, Cobalt; Brobst, D.A. ve Pratt, W-P., ed., United States Mineral Resources da : U.S. Survey Prof. Paper 820, 143 -155.
- Wright, C.M., 1965, Syngenetic pyrite associated with a Precambrian iron ore deposit : *Econ. Geol.*, 60, 998 -1019-

Yazının geliş tarihi : Ekim 1983

Yayıma verildiği tarih : Ocak 1984