

## Divriği Bölgesi Demir Cevheri Yataklarının Nadir Toprak Element (REE) Jeokimyası; Orta Anadolu, Türkiye

### *Rare earth element (REE) geochemistry from the iron ores of the Divriği region, Central Anatolia, Turkey*

TANER ÜNLÜ MTA Genel Müdürlüğü, Ankara  
HENRIK STENDAL Kopenhag Üniversitesi, Genel Jeoloji Enstitüsü, Kopenhag

ÖZ: Divriği Bölgesinde demir cevheri yataklarının oluşumunu kontrol eden faktörler, nadir toprak elementleri (REE) analizleri kullanılarak tartışılmıştır.

Masif demir cevheri ve serpantinleşmiş ultramafik kayaç numuneleri, her ikisi de, kondrit değerlerine yakın veya çok az üzerinde REE değerleri vermiştir. Hafif REE içerikleri, ağır REE içeriklerine göre nispeten yüksektir ( $LREE / HREE > 1$ ). Negatif Ce - ve Eu anomalileri karakteristik özellikler olup demir cevheri ve serpantinit için benzer REE eğrisi verirler.

Divriği bölgesindeki granitik kayaçlar, yüksek hafif REE değerlerine ve düşük ağır REE değerlerine sahip olup nispeten dik eğimli REE eğrileri ortaya koyarlar. Granitik kayaçların intrüzyonu serpantinitin bazı kısımlarını hidrotermal alterasyona uğratmış ve stokverk tipi demir cevheri oluşumuna yol açmıştır. Granitik kayaçlar ve hidrotermal olarak altere olmuş serpantinit ile stokverk tipi demir cevheri, negatif Ce-ve Eu anomalileri içermeyen benzer eğriler sunarlar.

Masif demir cevheri ve serpantinitin REE eğrileri arasındaki paralellik, daha önce yayınlanmış bulunan jeokimya verilerinde yansıtılmış olup, demir cevheri oluşumu ile serpantinleşme arasında genetik ilişki bulunduğunu ortaya koymaktadır. Granitik intrüzyona bağlı daha sonraki bir hidrotermal safha, altere serpantinitin REE eğrisini etkilemiş olup stokverk demir cevherinin hidrotermal kökenli olduğuna işaret etmektedir.

Bu araştırma, demir oluşumunun serpantinleşme işlevi ile ilişkili olduğu demir oluşumları için bir genetik model önermektedir. Yazarlar tarafından yapılmış bulunan daha önceki çalışmalarda da serpantinleşme işlevinin granitik kayaç intrüzyonunun hidrotermal etkisinden daha önce gerçekleştiği saptanmıştır.

ABSTRACT: The factors, which control the formation of the iron ore deposits in the Divriği Region, have been discussed by the use of rare earth element (REE) analyses.

The massive iron - ore and the serpentinized ultramafic rock samples both have low REE values close to the condrite values or slightly higher. The light REE contents are relatively higher than those of the heavy REE ( $LREE / HREE > 1$ ). Negative Ce - and Eu anomalies are characteristic features giving a similar REE pattern for the iron ore and serpentinite samples.

The granitic rocks in the Divriği area have high light REE values and low heavy REE giving fairly steep dipping REE curves. The intrusion of the granitic rocks have hydrothermally altered some parts of the serpentinite, and caused a stock-work type iron ore occurrence. The granitic rocks and the hydrothermally altered serpentinite and the stock-work type iron ore show similar patterns with no negative Ce - and Eu anomalies.

The parallelism between the REE patterns for the massive iron ore and the serpentinite, established with the previously published geochemical data, indicates the genetic relationship between the iron ore and the serpentinization. A later hydrothermal phase due to the granitic intrusion has influenced the REE pattern in the altered serpentinite, and indicates that the stock-work iron ore is hydrothermal in origin.

The present investigation proposes a genetic model for the iron ore, where the iron formation is\* connected with the serpentinization process. In earlier investigations, the serpentinization process was determined to be prior to the intrusion of granitic rocks, which caused the hydrothermal activity.

## GİRİŞ

Divriği Bölgesi demir cevheri yatakları günümüzde; ultra-mafik kayalar (serpantinitle), kireçtaşları ve granitik kayalardan oluşan litolojik birimler ile yakın ilişkili konumdadır. Daha önceden yapılan çalışmalarda maden yataklarına özgü klasik jenetik sınıflandırmalarda, genelde manyetit, maghemit ve hematit minerallerinden oluşan İç Anadolu Bölgesindeki demir cevherlerinin hemen tamamı "skarn tip oluşumlar" olarak değerlendiril-

\* mişlerdir (Klemm, 1960; Koşal, 1973). Jenez konusunda farklı bir görüş, son zamanlardaki çalışmalarda elde edilen yeni jeolojik ve jeokimyasal veriler doğrultusunda ağırlık kazanmaktadır. Bu görüşe göre; demir cevherleri ultra-mafik kayaların serpantinleşmesinin bir sonucu olarak ortaya çıkmış, ancak daha sonraki hidrotermal değişimlerden de etkilenmiştir (Ünlü ve Stendal, 1986; Ünlü ve Stendal, 1989).

Bu yeni yorumun değerlendirilmesinde bir işaret veya bir olasılı yanıt aranması doğrultusunda, demir cevheri yataklarına özgü örneklerin nadir toprak element (REE) analizlerinden yararlanılmıştır. Demir cevherlerinin oluşumları ve nadir toprak element içerikleri ile olan ilişkileri konusunda cevher yan kayaç ilişkisi ve oluşum ortamı özellikleri göz önüne alınarak genelde aşağıdaki soru ve yanıtlar tartışılabilir:

1-) Demir cevheri oluşukları ultra-mafik kayaların serpantinleşmesinin bir ürünü olarak düşünülebilir mi? Bu durumda, serpantinlere ve demir cevheri örneklerine özgü nadir toprak element analiz sonuçlarında uyum beklenmelidir.

2-) Demir cevheri granitik kayalar ile doğrudan ilişkili skarn tip oluşuklarıdır? Bu durumda ise, granitik kayalar ve demir cevheri örneklerine özgü nadir toprak element analiz sonuçlarındaki uyum ağırlık kazanır.

3-) Demir cevheri denizel-sedimenter oluşumludur? Demirce zengin sedimentlere ve deniz suyuna özgü nadir toprak element analizlerindeki negatif Eu- ve Ce anomalileri belirgindir (Robertson ve Boyle, 1984).

4-) Demir cevheri, Algoma Tipi veya Lake-Superior Tipi bantlı demir cevherleri ile karşılaştırılabilir mi? Algoma Tipi cevherler, deniz suyu kimyası ile uyum içinde olmaktan çok, bir hidrotermal sistem içindeki "Su-Kayaç Reaksiyonu" kimyası ile yakın ilişkilidir (Graf, 1978; Maynard, 1983).

5-) Demir cevheri likid-magmatik Kiruna Tipi bir oluşuk mudur? Kiruna cevherlerinde pozitif Ce- ve Eu anomalileri tipiktir (Parak, 1973).

Bu çalışmaya özgü araştırmalar; özgün mineraller yerine bu minerallerden oluşan demir cevherleri, serpantin ve granitik kayaların tüm kayaç örnekleri üzerinde yoğunlaştırılmıştır. Divriği A- ve B Kafa demir cevheri yatakları ile yakın yöresine özgü jeoloji haritası Şekil 1'de, aynı sahadan toplanan nadir toprak element analizlerinin yapıldığı örneklerin yerlerini gösteren profiller ise Şekil 2'de verilmiştir. Her örnek, kayaç türü ve x-ışınları Diffraksiyon Analizleri Yöntemi ile saptanan mineral beraberlikleri ile birarada Çizelge 1a-ve 1b'de su Nadir toprak element analizleri RISQ'da (Roskilde - Danimarka) yapılmış olup, analizlerde Nötron

Aktivasyon Analiz (NAA) yönteminden yararlanılmıştır (Christensen ve Damsgaard, 1985). Nadir toprak elementlerden La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu ve ayrıca diğer elementlerden Na, Sc, Cr, Fe, Co, Zn, As, Rb, Sr, Ag, Cs, Ba, Hf, Ta ve Th aynı yöntemle analiz edilmiştir. Örneklerin bir bölümünde yalnızca iki veya üç adet nadir toprak element analiz değerinin aletin duyarlılık (dedeksiyon) sınırının üzerine çıkabildiği saptanmıştır. Bütün örnekler özgü doğrudan analiz değerleri Çizelge 2a- ve 2b'de birlikte sunulmuştur. Bu yayında örneklerin ancak bir bölümünün analiz sonuçlarının kondrit'lere göre normalize edilmiş (chondrite-normalized) REE şekillerine ait eğrileri sunulmuştur.

Olağan koşullarda ultra-mafik kayaların nadir toprak element içerikleri düşük değerlerde olup, kondrit değerlerinde altında olmaları ile belirgindir. Aynı zamanda bu kayalarda, ağır nadir toprak element (HREE) değerlerinin, hafif nadir toprak element (LREE) değerlerine göre relatif yüksek değerleri de belirgin olup, LREE/HREE < 1 bağıntısı bilinmektedir (Frey, 1984). Ultra-mafik kayalarda alterasyon veya metamorfizma olayları sonucunda hafif nadir toprak elementlerde hareketlenme sonucunda (mobilizasyon) zenginleşmeler gözlenir. Bu durum serpantinleşme olayı için de geçerlidir. Sıralanan bu işlevlerin sonucu olarak hafif nadir toprak elementlerden yana ultra-mafik kayalarda La/Sm>1 bağıntısı doğrultusunda değişimler gözlenir (Shih, 1972; Menzies, 1976; Otonenlo ve diğerleri, 1979; Suen ve diğerleri, 1979).. Çoğunlukla oksit- ve sülfid mineralleri nadir toprak elementleri için iyi birer evsahibi değildir. Daha açıkçası, bu minerallere özgü örneklerde nadir toprak elementlere düşük oranlarda rastlanır (Cullers ve Graf, 1984).

## JEOLojİK ÇATI

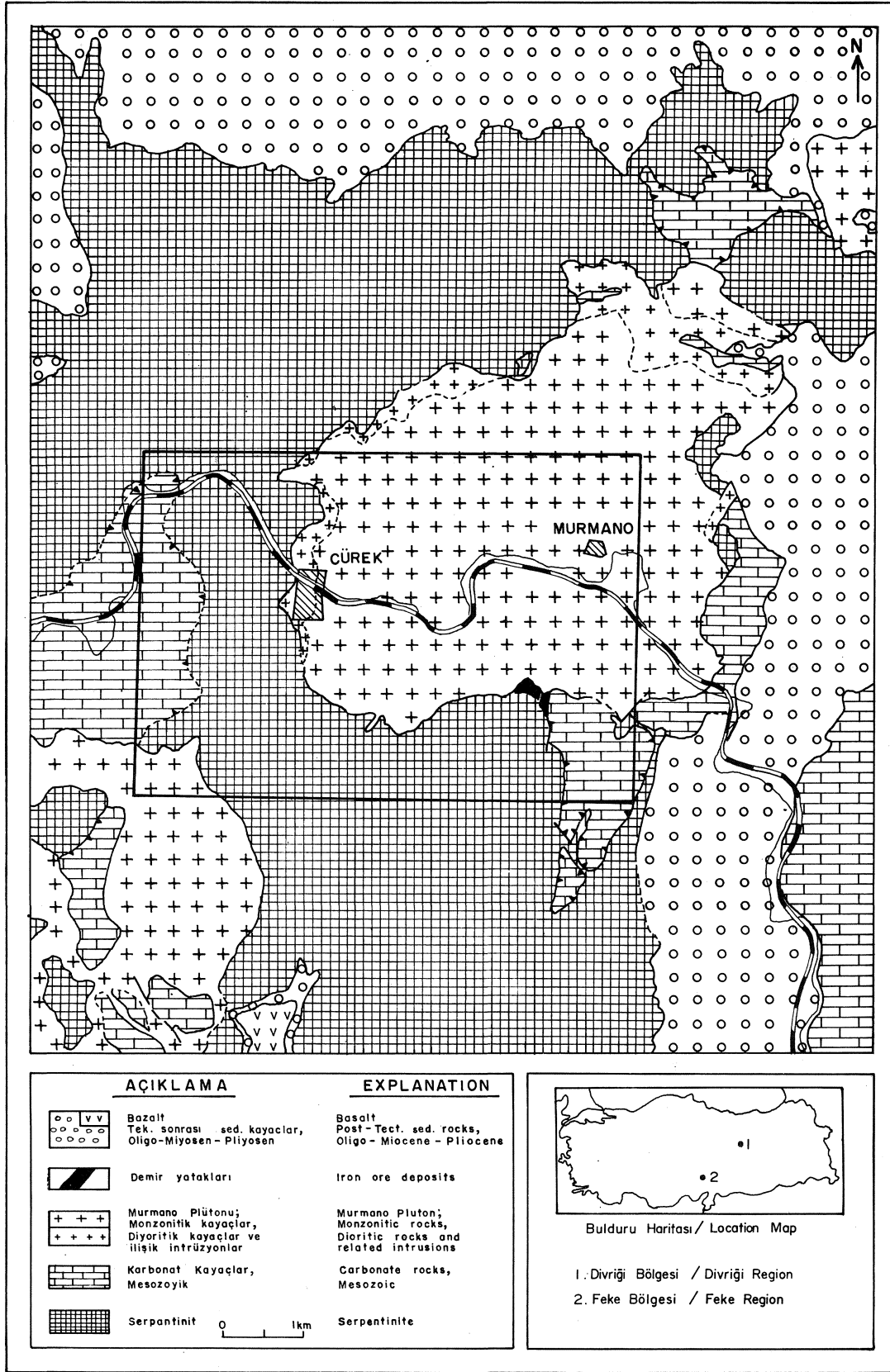
Divriği sahasında genelde serpantinleşmiş ultra-mafik kayalardan oluşan parçalanmış bir ofiyolit karmaşığı yer almaktadır. Karmaşık, monzonitten diyorite değin değişen farklı bileşimlerdeki silisik plüton ile ve Mesozoyik yaşlı kireçtaşları ile dokanak oluşturmaktadır. Ayrıca sahada daha genç; Oligo-Miyosen, Pliyosen yaşta ki kumtaşı ve konglomeralardan ve Üst Pliyosen yaşta ki volkanik kayalardan oluşan bir örtü de bulunmaktadır (Şekil 1). Granitik kayaların, ofiyolit karmaşığının 110 ± 5 milyon yıldan daha önce olduğu düşünülen üzerlemesinden sonra sokulum yaptığı düşünülmektedir (Zeck ve Ünlü, 1987; Zeck ve Ünlü, 1988a; Zeck ve Ünlü, 1988b).

Divriği A- ve B Kafa, Otlukilise, Akdağ, Karahalka, Bizmişen, Kurudere, Sultanmurat, Akuşağı ve aynı bölgede yer alan daha birçok demir yatağı "Neo-Tethyan Ofiyolit Melanj Zonu" içerisinde yer almaktadır. Bu yatakların hepsinde; cevher, granitik kayaç, kireçtaşları ve serpantinlerin tümünün veya bu birimlerden birkaçının birbirleriyle tektonik dokanak ilişkisi bulunmaktadır (Ünlü ve Stendal, 1986).

## Divriği A-Kafa

Divriği A-Kafa en büyük cevher kütesidir. Bu kütle granitik kayaç ve serpantinler ile dokanak oluşturmaktadır. Granitik kayaların yan kayaçla dokanağı keskin sınırlıdır. Granitik kayaçta tektonik etkileme sonucu

# DİVRİĞİ DEMİR YATAKLARI REE JEOKİMYASI



Şekil 1 : Divriği Bölgesi A - ve B Kafa demir cevheri yatağı ve yöresine özgü jeoloji haritası (Yıldızeli ve diğerlerinden, 1987 genelleştirilmiştir).

Figure 1 : Geological map of the A - and B Kafa iron ore deposits and the vicinity at the Divriği Region (generalized from Yıldızeli et al., 1987).

yoğun biçimde çatlaklar oluşmuştur. Cevher kütesinin dokanak zonunda, parçalanma ve breşik yapı gözlenmektedir. Manyetit cevheri % 1-5 arasında değişen oranlarda saçınımdı şekilde pirit içermektedir.

#### Divriği B-Kafa

Divriği B-Kafa cevheri, serpantinit ve kireçtaşları ile dokanak ilişkilidir. Serpantini tier yoğun bir biçimde cm.lerce kalınlıklarda manyetit damarları içermektedir. Ayrıca cevher ve yan kayaç serpantinitlerde hidrotermal silisleşme ve karbonatlaşma izlenmektedir. Bunlar yer yer belirgin damarcıklar şeklinde cevher ve yan kayacı kesmektedir. Manyetit minerali kısmen maghemitleşmiş ve martitleşmiştir. Cevher içinde çeşitli sülfüdlü mineraller de bulunmaktadır.

#### Otlukilise

Otlukilise yatağında karstlaşma ile yakın ilişkili yığılma türü konglomeratik bir hematit-götüt cevheri sözkonusudur. Konglomeralar; cevher ve kireçtaşı parçalarından oluşmaktadır. Kil mineralleri ve götüt ara katkı konumundadır. Cevher bugünkü görünümü ile yan kayaç olan kireçtaşı ile tektonik dokanaklıdır. Demir cevherleşmesi bu tektonik zonda zenginleşme göstermektedir.

#### Akdağ

Akdağ demir zuhuru masif hematitten oluşmaktadır. Ayrıca Otlukilise'de olduğu gibi karstlaşma ile yakın ilişkili yığılma türü yuvarlağımsı hematit çakıllı, götüt, kalsit ve kil mineralleri ara katkılı konglomeratik cevherde bulunmaktadır.

#### Karahalka

Karahalka'da cevher kütesi kireçtaşları ve serpantinitler ile tektonik ilişkilidir. Cevher minerali genelde limonitten oluşmaktadır.

#### Bizmişen

Bizmişen manyetit cevheri Divriği A- ve B Kafa'da olduğu gibi, granitik kayaçlar, kireçtaşları ve/veya serpantinitler ile birarada bulunmaktadır. Divriği A-Kafa'da olduğu gibi, pirit manyetit cevheri içerisinde saçınımlar şeklindedir.

#### Kurudere

Kurudere masif cevheri manyetitten oluşur. Ayrıca serpantinit içinde birkaç cm. çapında manyetit nodülleri de görülmektedir. Bu nodüllerin hamurunu serpantin oluşturmakta ve bir breşik yapı görülmektedir.

#### Sultanmurat

Sultanmurat zuhuru saçınımlı pirit içeren manyetit cevherinden oluşmaktadır. Burada cevher, serpantinit ve granitik kayaç dokanağı tektoniktir.

#### Akuşağı

Akuşağı manyetit cevher zuhuru, serpantinit ve kireçtaşları ile dokanak oluşturmaktadır. Bu tektonik bir dokanaktır.

#### Attepe

Attepe ve Feke bölgesinin diğer yatak ve zuhurları jeotektonik konum açısından Divriği bölgesi yalaklarından farklı özelliktedir. Birincil cevher Kambriyen yaşlı kayaçlar içerisinde sedimentler özelliktedir. Cevherin

bugünkü konumu tektonik kontrollüdür. Kısmen sedimenter özellikteki, kısmen de tektonik hatlara bağlı büyük siderit, ankerit kütleleri şeklinde görülen cevher daha sonra karstlaşma ve yüzeysel ayrışma olayları sonucunda ileri derecede limonitleşmiş ve yatak bugünkü konumunu almıştır. Siderit ve ankerit zuhurları bitümlü şist ve kireçtaşları içerisinde yatakların aktadır. Buna karşılık götüt cevheri ise bitümlü şist ve metakumtaşları içerisinde yer almaktadır. Götüt cevheri ile birlikte değişik oranlarda kil mineralleri izlenmektedir. Götüt büyük olasılıkla sideritin değişmesi sonucu oluşmuştur.

Yukarıda sayılan yatak ve zuhurların coğrafik dağılımları Ünlü ve Stendal'in (1986) çalışmasında verilmiştir.

## KAYAÇ KİMYASI

Serpantinit ve hidrotermal değişmeye uğramış yan kayaçlar yüksek oranda Cr içermektedir. Hidrotermal değişmeye uğramış yan kayaç serpantinit olup, bu birimin bir bölümü Klemm, 1960 ve Koşal, 1973 tarafından "skarn" olarak tanımlanmıştır (Şekil 2). Normal serpantini tier % 4.5-5 oranında Fe içerirken, hidrotermal değişmeye uğramış yan kayaç serpantinitde Fe oranı bunun 10 katma kadar çıkabilmektedir. Ayrıca hidrotermal değişmeye uğramış ve demirce zenginleşmiş yan kayaç serpantinitlerde Na ve K<sub>2</sub>O oranları, normal serpantinite göre 1-10 kat daha yüksektir (Çizelge 2a).

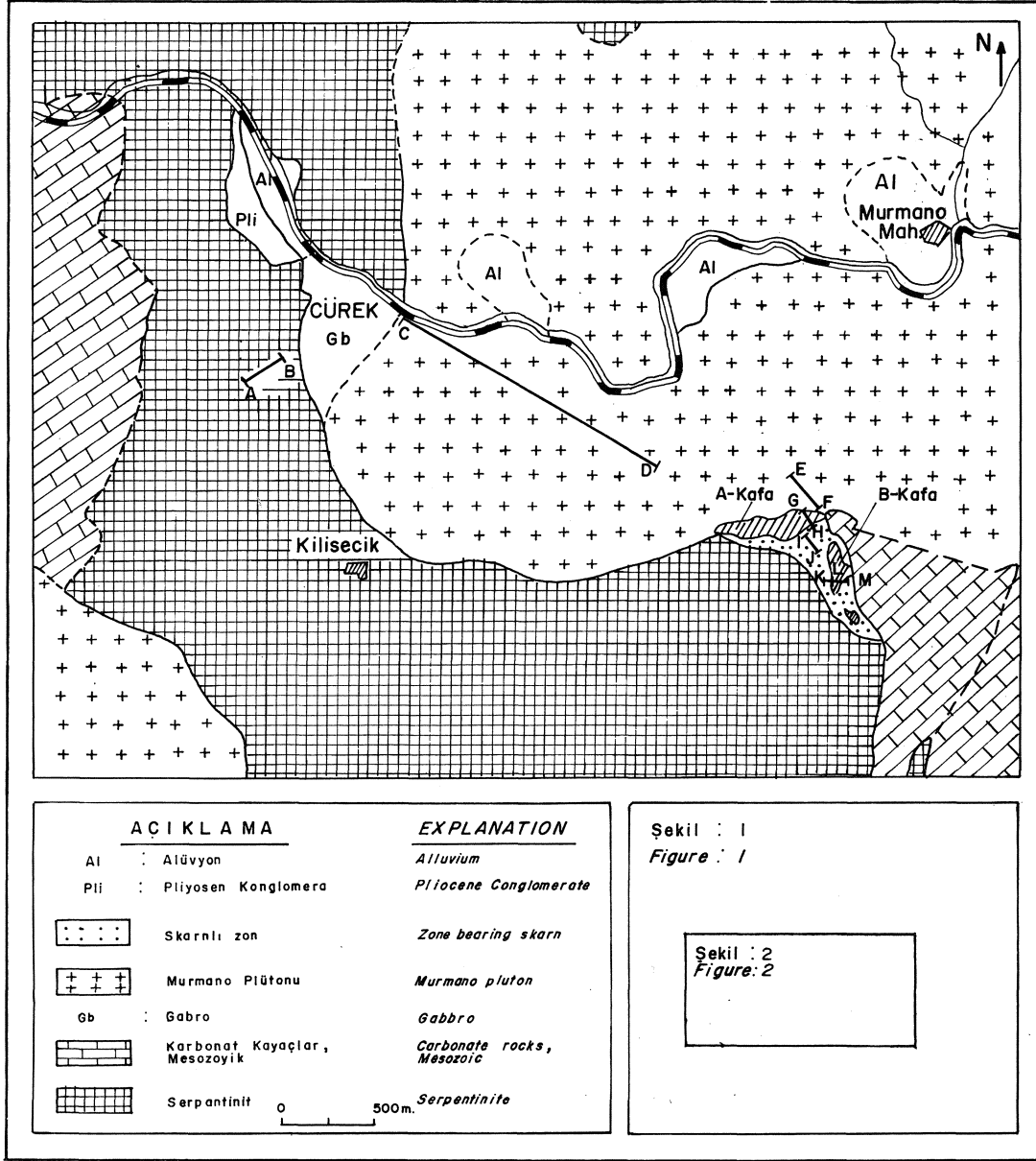
A-ve B Kafa demir cevherleri ortalama yaklaşık % 60 Fe içermektedir. Bu cevherlerin serpantinit ve hidrotermal değişmeye uğramış yan kayaç serpantinitten farkı, alkali metaller bakımından daha zengin olmasıdır. A-Kafa'da Na- ve özellikle K<sub>2</sub>O çok daha yüksektir. B-Kafa'da ise bu oranlar hemen serpantinitle eşdeğer veya biraz daha yüksektir. Ayrıca Divriği demir cevherlerindeki As değerleride dikkate değerdir (Çizelge 2a).

Magmatik kayaçlardan monzonit ve diyorit alışılagelmiş miktarlarda yüksek Ba, Rb, Sc, Sr ve Th içermektedir. İleri derecede hidrotermal değişmeye uğramış serpantinitde (AS 1-1), granitik kayaların fazlaca kapsadığı yüksek oranlardaki alkali metallere rastlanmıştır (Çizelge 2a).

Divriği A-ve B Kafa demir yatağı dışındaki diğer demir cevherleri değişik miktarlardaki elementleri içerirler. Otlukilise, Akdağ ve Attepe gibi karstlaşma ile yakın ilişkili olan yığılma türü demir cevherlerinde Na-ve K<sub>2</sub>O oranları oldukça düşüktür. Otlukilise'de 14 ve 32 nolu örneklerde nisbeten daha yüksek Na- ve K<sub>2</sub>O, daha düşük Fe miktarları ile birlikte rastlanmaktadır. Bu örnekler katkı maddesi olarak kil mineralleri ve kuvars taneleri içermektedir. Otlukilise cevherinde ve Attepe yatağının yan kayacında Ba oranlarının yüksek olması, bu yatakların sedimentler kökenli olabileceğine işaret etmektedir. Buna karşılık Karahalka cevherindeki yüksek Ba içeriği ise geç hidrotermal evre saçılım ve ağsal damarları ile ilişkilidir (Çizelge 2b).

Granitik kayaçların yan kayaç serpantinit üzerindeki jeokimyasal etkilerini saptamak amacıyla bazı örneklerde 87 Rb/86 Sr ve 87 Sr/86 Sr izotop analizleri yapılmıştır. Bu analizlerin bazılarının sonuçları Çizelge 3'te

## DİVRİĞİ DEMİR YATAKLARI REE JEOKİMYASI



Şekil 2 : Örnek alınan lokalitelerden geçen profiller ile birlikte Divriği demir cevheri bölgesi A - ve B Kafa çevresinin jeoloji haritası (Koşal, 1973'ten aynen alınmıştır).

Figure 2 : Geological map of the vicinity of A - and B Kafa at the Divriği iron ore region, together with the profiles tracing sample localities (after Koşal, 1973; without change).

sunulmuştur. Bu analiz sonuçları Zeck ve Ünlü'deki (1987) izokronlar ile benzer özelliktedir. Örneğin AA-10 örneği Zeck ve Ünlü'deki (1987) monzonit izokronu üzerine, CA-10 örneği Zeck ve Ünlü'deki (1987) diyorit izokronu üzerine ve AS 1-1 ve AS 3-1 numaralı 2 adet yan kay aç örneği ise aynı çalışmadaki monzonit izokronunun üzerine düşmektedir. AS 3-1 nolu serpantinitle örneğinde saptanan çok düşük  $87\text{Rb}/86\text{Sr}$  ve  $87\text{Sr}/86\text{Sr}$  oranlarına karşın, AS 1-1 nolu çok fazla hidrotermal değişmeye uğramış serpantinitle örneğinde bu oranlar çok yüksektir. Murmano plütönu genelde monzonitik bir kimyaya sahiptir.

### NADİR TOPRAK ELEMENTLERİ

Divriği Bölgesi manyetit ve serpantinitle örneklerinin nadir toprak element içerikleri çoğunlukla dedeksiyon sınırlarının altında olup, oldukça düşüktür (Çizelge 2a - ve 2b). Bu nedenle REE eğrilerinin çizilmesinde güçlükler çıkmaktadır. Bu sorun bazı eğrilerin çiziminde "yaklaşımli değer"den yararlanılmasını zorunlu kılar. Yaklaşımli değer, analiz değerinin dedeksiyon. sınırının altında olduğu koşullarda, dedeksiyon değerinin % 70'i alınarak hesaplanır. Örneğin bir analiz sonucu o elemente özgü dedeksiyon sınırı olan 2 ppm değerinin altında,

PROFİL PROFILE	ÖRNEK NR. SAMPLE NO.	TANIM DEFINITION	x-İŞINLARI DİFRAKSİYONU ANALİZLERİ İLE SAPTANAN MİNARALLER MINERALS DETERMINED BY X-RAY DIFFRACTION ANALYSIS
A	CSI-10	Serpantinleşmiş ultra-mafik kayacık <i>Serpentinized ultramafic rock</i>	Serpantin + manyetit <i>Serpentine + magnetite</i>
	CSI-15		Serpantin + manyetit <i>Serpentine + magnetite</i>
B	CSI-20		Serpantin + manyetit <i>Serpentine + magnetite</i>
C	CA-1	Biyotit-hornblend diyorit <i>Biotite-hornblend diorite</i>	Glimmer+amfibol(tremolit?) + piroksen (diopsit) <i>Mica + amphibole (tremolite?) + pyroxene (diopside)</i>
	CA-10		Glimmer + diopsit + feldispat + amfibol <i>Mica + diopside + feldspar + amphibole</i>
	CA-20	Granodiyorit <i>Granodiorite</i>	Kuvars + feldispat + glimmer + amfibol (çok az) <i>Quartz + feldspar + mica + amphibole (rare)</i>
D	CA-30		Feldispat (albit) + kuvars + glimmer + amfibol (çok az) <i>Feldspar (albite) + quartz + mica + amphibole (rare)</i>
E	AA-20	Biyotit-hornblend (kuvars) monzonit <i>Biotite-hornblend (quartz) monzonite</i>	Feldispat (albit) + kuvars + amfibol + glimmer (çok az) + manyetit <i>Feldspar (albite) + quartz + amphibole + mica (rare) + magnetite</i>
F	AA-10		Feldispat (albit) + glimmer <i>Feldspar (albite) + mica</i>
G	AC1-1	A- Kafa cevher <i>A- Kafa ore</i>	Manyetit <i>Magnetite</i>
	AC1-10		Manyetit + pirit <i>Magnetite + pyrite</i>
	AC2-1		Manyetit + glimmer <i>Magnetite + mica</i>
	AC2-20		Manyetit + glimmer <i>Magnetite + mica</i>
H	AC3-10		Manyetit + pirit + glimmer <i>Magnetite + pyrite + mica</i>
I	AS1-1	Çok fazla değişmeye uğramış serpantin <i>Highly-altered serpentinite</i>	Kalsit + glimmer + serpantin <i>Calcite + mica + serpentine</i>
		A- Kafa yankayaç <i>A- Kafa host-rock</i>	
J	AS3-1	Serpantin <i>Serpentine</i>	Serpantin <i>Serpentine</i>
K	BT2-5	B- Kafa yankayaç- Serpantin <i>B- Kafa host-rock- Serpentine</i>	Manyetit + serpantin <i>Magnetite + serpentine</i>
L	BT1-1		Manyetit + serpantin + kuvars <i>Magnetite + serpentine + quartz</i>
L	BC2-20	B- Kafa cevher <i>B- Kafa ore</i>	Hematit + manyetit <i>Hematite + magnetite</i>
	BC2-10		Hematit + götit <i>Hematite + goethite</i>
	BC2-1		Hematit + götit <i>Hematite + goethite</i>
	BC1-25		Hematit + manyetit <i>Hematite + magnetite</i>
M	BC1-5		Hematit + manyetit <i>Hematite + magnetite</i>

**Çizelge 1 a:** Divriği A-ve BKafa demir cevheri yatağına özgü örneklerin tanıtımı, kayacık türleri ve mineral beraberlikleri.  
**Table 1 a:** Description of samples, rock species and mineral assemblages typical to the Divriği A-and BKafa iron ore deposits.

DİVRİĞİ DEMİR YATAKLARI REE JEOKİMYASI

MEVKİ LOCATION	ÖRNEK NR. SAMPLE NO.	TANIM DEFINITION	x-İŞINLARI DİFRAKSİYONU ANALİZLERİ İLE SAPTANAN MINERALLER MINERALS DETERMINED BY X-RAY DIFFRACTION ANALYSIS
OTLUKİLİSE	4	Konglomeratik cevher <i>Conglomeratic ore</i>	Hematit+ götit <i>Hematite + goethite</i>
	20	Konglomeratik cevher <i>Conglomeratic ore</i>	Götit <i>Goethite</i>
	32	Siyah renkli, sedimenter cevher <i>Black-colored sedimentary ore</i>	Manyetit+ siderit <i>Magnetite + siderite</i>
	14	Konglomeratik cevherin çimentosu (kum benzeri) <i>Matrix of the conglomeratic ore (sandy)</i>	Kuvars + hematit + manyetit <i>Quartz + hematite + magnetite</i>
AK DAĞ	34	Konglomeratik cevherin çimentosu <i>Matrix of the conglomeratic ore</i>	Hematit+ kalsit+ götit <i>Hematite + calcite + goethite</i>
	36	Konglomeratik cevher <i>Conglomeratic ore</i>	Hematit + götit <i>Hematite + goethite</i>
	58- A	Konglomeratik cevher <i>Conglomeratic ore</i>	Hematit <i>Hematite</i>
	49	Masif cevher <i>Massive ore</i>	Hematit <i>Hematite</i>
	58- B	Konglomeratik cevherin çimentosu(58-Acevherine özgü çimento) <i>Matrix of the conglomeratic ore(matrix typical to ore 58-A)</i>	Hematit+ kalsit <i>Hematite + calcite</i>
KARAHALKA	68	Masif cevher <i>Massive ore</i>	Hematit <i>Hematite</i>
	72	Konkresyon yapılı cevher <i>Concretionary ore</i>	Manyetit + kalsit + hematit <i>Magnetite + calcite + hematite</i>
	73	Konkresyon yapılı cevher <i>Concretionary ore</i>	Manyetit + hematit + kalsit <i>Magnetite + hematite + calcite</i>
	82	Epiklastik malzeme (kum) <i>Epiclastic material (sand)</i>	Hematit+ kalsit+ glimmer (çok az) + götit <i>Hematite + calcite + mica (rare) + goethite</i>
BİZMİŞEN	133	Serpantin içinde cevher <i>Ore in the serpentinite</i>	Manyetit + (?) <i>Magnetite + (?)</i>
	106	Cevher (hidrotermal damarcıklı) <i>Ore (with hydrothermal fiberlets)</i>	Manyetit + kalsit + kuvars + kil mineral grubu <i>Magnetite + calcite + quartz + clay mineral</i>
KURUDERE	170	Manyetit cevheri <i>Magnetite ore</i>	Manyetit + hematit + götit + kuvars + pirit <i>Magnetite + hematite + goethite + quartz + pyrite</i>
	179	Yan kayaç içinde cevher <i>Ore in the host-rock</i>	Pirit+kalsit+manyetit+kuvars+kil mineral grubu (çok küçük miktarlarda amfibol ve glimmer) <i>Pyrite+calcite+magnetite+quartz+clay mineral (rare amphibole and mica)</i>
SULTANMURAT	192	Cevher <i>Ore</i>	Hematit + manyetit + kuvars <i>Hematite + magnetite + quartz</i>
AKUŞAĞI	201	Cevher <i>Ore</i>	Hematit + manyetit + kuvars <i>Hematite + magnetite + quartz</i>
ATTEPE	223	Limonitik cevher <i>Limonitic ore</i>	Götit <i>Goethite</i>
	231	Limonitik cevher <i>Limonitic ore</i>	Manyetit + götit <i>Magnetite + goethite</i>
	243	Limonitik cevher <i>Limonitic ore</i>	Götit <i>Goethite</i>
	272	Siderit cevheri <i>Siderite ore</i>	Siderit <i>Siderite</i>
	275	Siderit cevheri <i>Siderite ore</i>	Siderit <i>Siderite</i>
ATTEPE YAN KAYAÇ ATTEPE HOST ROCK	256	Meta kumtaşı <i>Meta-sandstone</i>	Glimmer + kil mineral grubu + kuvars <i>Mica + clay mineral + quartz</i>
	278	Bitümlü şist <i>Bituminous shale</i>	Kuvars + kalsit + (dolomit veya grafit ?) <i>Quartz + calcite + (dolomite or graphite ?)</i>

Çizelge 1 b: Divriği Bölgesi ve Attepe (Fekke Bölgesi) demir cevheri yataklarına özgü örneklerin tanıtımı, kayaç türleri ve mineral beraberlikleri.

Table 1 b: Description of samples, rock species and mineral assemblages typical to the Divriği region and Attepe (Fekke Region) iron ore deposits.

ELEMENTLER ELEMENTS		As	Ba	Co	Cr	Cs	Fe	Hf	K <sub>2</sub> O *	Na	Rb	Sc	Sr	Ta	Th	Zn	La	Ce	Nd	Sm	Eu	Tb	Yb	Lu
KAYAC TURÜ ROCK TYPE	ÖRNEK NR. SAMPLE NO.																							
Serpantin Serpentine	CS1-10	7		104	1091		49800		370	11	1.8 <sup>x</sup>	3.2	0.5 <sup>x</sup>		0.4	35	0.61	<2	<5	0.11	0.02	<0.1	<0.3	<0.02
	CS1-15	43		92	2593		48000		310	15	<0.5 <sup>x</sup>	3.1	1.1 <sup>x</sup>		0.4	48	0.26	<2		0.04	<0.1		<0.5	<0.02
	CS1-20	45		92	2588		44300		340	16	0.6 <sup>x</sup>	3.1	2.7 <sup>x</sup>			45	0.15	<2	<5	<0.02	0.01		<0.4	<0.02
Değişmeye uğramış yan kayaç Altered host-rock	AS3-1	8		94	2518	0.7	45100		340	45	5.0 <sup>x</sup>	5.6	42 <sup>x</sup>			22	0.09	<1	<6	<0.02	0.04		<0.4	
	BT1-1	46		145	2258	0.9	304100		1990	124	23 <sup>x</sup>	3.5	12 <sup>x</sup>			23	0.62	<2	<6	0.19	0.07	<0.1	<0.8	0.05
	BT2-5	50		100	1706	1.4	444000		3350	140	43 <sup>x</sup>	2.6	12 <sup>x</sup>			30	1.07	<2	<9	0.13	<0.1	<0.04	<0.7	0.02
A-Kafa cevher A-Kafa ore	AC1-1	22		229	15	1.6	611000		2880	300	32 <sup>x</sup>	0.4	22 <sup>x</sup>		1.6	116	1.36	<3	<10	0.10	0.04	0.05	<0.6	<0.02
	AC1-10	7		258			646000		720	231	1.4 <sup>x</sup>	0.4	1.3 <sup>x</sup>		1.7	35	0.56	<3		0.12	<0.1		<1	<0.05
	AC2-1			23	11	3.3	608000		10790	130	147	0.5	<0.5 <sup>x</sup>				0.35	<2	<12	<0.03	<0.06	<0.2	1.30	1.60
	AC2-20	24		77	8	2.6	599000		9120	31	124	0.4	<0.5 <sup>x</sup>				0.54	<2	<10	<0.03	<0.1	<0.1	0.50	0.03
	AC3-10	946		327	16	3.3	572000		7160	94	64	1.1	1.6 <sup>x</sup>		2.6		8.77	4.5	14	0.73	0.06	0.19	<0.9	0.07
B-Kafa cevher B-Kafa ore	BC1-5	15		283	7		606000		460	57	3.5 <sup>x</sup>	0.5	<0.5 <sup>x</sup>		2.4	19	0.89	<3		0.21	<0.03	<0.2	<0.5	<0.04
	BC1-25	5		116			646000		710	70	1.1 <sup>x</sup>	0.6	1.7 <sup>x</sup>			35	0.25	<2	<9	0.11		<0.2	<0.7	0.03
	BC2-1	378		87	26		571000		100	69	<0.5 <sup>x</sup>	0.2	14 <sup>x</sup>		0.6	33	0.43	<2	<10	0.19	<0.03		<0.2	<0.2
	BC2-10	616		79	62		594000	0.7	280	177	1.3 <sup>x</sup>	1.4	15 <sup>x</sup>		1.9	12	2.42	<3	<13	0.64	0.06		1.00	0.08
	BC2-20	7		83	11	1.0	601000		730	71	4.5 <sup>x</sup>	1.9	1.6 <sup>x</sup>		1.3		2.77	<2	<10	0.28	0.04	<0.1	<0.3	0.03
Gabroyik-diyoritik kayaç Gabbroic-dioritic rock	CA-1	3	461	50	278	1.4	63100	3.6	12060	12500	42	33.0	810	1.9	2.2		30.50	70.2	30	7.63	1.80	1.06	2.20	0.45
	CA-10	2	667	39	75	1.9	48400	2.5	16470	23800	76	16.2	1470	1.2	4.1		35.50	73.1	34	6.68	1.48	0.81	2.40	0.33
Granodiyorit- Monzonit Granodiorite- monzonite	CA-20		858	48	13	2.1	27000	4.9	50550	9103	169	6.2	610	1.7	19.9		26.09	75.3	21	3.44	1.00	<0.5	1.64	0.26
	CA-30	2	629	32	5	2.3	15590	3.8	46440	9720	172	3.1	438	2.2	20.2		18.32	48.3	17	2.56	0.65	<0.3	1.77	0.21
	AA-10	1	1071	23	10	3.7	21100	5.3	53750	9990	158	8.2	510	2.1	16.2		32.88	96.5	30	4.67	1.33	1.02	2.29	0.34
	AA-20		1133	30	12	3.5	34900	4.8	50790	27800	179	8.3	520	2.2	16.2		41.70	82.6	28	5.98	1.22	0.98	1.88	0.40
Hidrotermal değişime fazla uğramış kayaç Host-rock, highly altered by hydrothermal effects	AS1-1	21	822	141	76	14.5	90000	3.1	61740	1520	587	17.2	670	1.4	4.8		253.50	311.8	51	9.46	2.59	1.00	3.20	0.38

Çizelge 2 a: Divriği A - ve B Kafa demir cevheri yatağına ait örneklerin ppm mertebesinde jeokimyasal verileri. Yıldız işaretli XRF yöntemi ile yapılan analizler dışındaki tüm analizlerde NAA yönteminden yararlanılmıştır.

Table 2 a: Geochemical data of samples belonging to the Divriği A - and B Kafa iron ore deposits, in ppm range. All analyses made by NAA, except for those by XRF, marked by asterisk.



ELEMENTLER ELEMENTS		Ag	As	Ba	Co	Cr	Cs	Fe	Hf	K <sub>2</sub> O*	Na	Rb	Sc	Sr	Ta	Th	Zn	La	Ce	Nd	Sm	Eu	Tb	Yb	Lu		
MEVKİ LOCATION	ÖRNEK NR. SAMPLE NO.																										
Otluklise	4	4.90	113	2567	9	5		585000		< 20	73	1.0 <sup>x</sup>	0.1	26 <sup>x</sup>			133	2.64	< 1		0.29	0.06	0.10	0.19	< 0.03		
	14	48.30	1391	24000	12	64	845	282000	6.6	22280	7400	229	7.9	141 <sup>x</sup>	0.8	8.5		26.30	48.5	29	4.02	0.97	0.66	1.70	0.33		
	20	4.00	121	709	14		2.7	532000		< 20	178	5.6 <sup>x</sup>	0.3	10 <sup>x</sup>			81	2.84	< 2	< 10	0.40	0.12	0.11	< 0.6	0.03		
	32	0.13	2862	610	12	22	113.4	464000	1.3	6520	4100	110	2.6	13 <sup>x</sup>	0.5	2.5	115	7.44	8.8	< 15	1.66	0.19	0.26	< 0.8	0.11		
Akdağ	34		227		162		0.6	59600		< 20	80	3.8 <sup>x</sup>	0.5	14 <sup>x</sup>			130	0.82	< 3		0.29	0.06	< 0.1	< 0.9	0.07		
	36		67	129	82	11	0.7	572000		130	88	6.2 <sup>x</sup>	1.4	14 <sup>x</sup>		1.0	39	1.03	< 2		0.15	0.05	< 0.2	< 0.4	0.04		
	49		170		119	9	0.7	622000		< 20	232	< 0.5 <sup>x</sup>	0.3	22 <sup>x</sup>		1.2	102	0.78	< 2	< 12	0.27			1.10	< 0.05		
	58-A		166		118		1.4	616000		< 20	292	3.0 <sup>x</sup>	0.4	29 <sup>x</sup>			83	0.67	< 2		0.14	< 0.1	< 0.3	< 0.8	< 0.02		
	58-B		104		68	28	3.5	573000		< 20	137	5.0 <sup>x</sup>	0.8	590		1.5	84	3.56	< 2	< 14	0.41	0.09	0.08	< 0.8	0.05		
Karahalka	68		261	517	32		0.6	582000		90	119	< 0.5 <sup>x</sup>	0.6	15 <sup>x</sup>			40	1.09	< 2		0.36	0.12		< 0.8	< 0.1		
	72		54	800	60			526000		< 20	649	1.8 <sup>x</sup>	1.3	25 <sup>x</sup>			114	3.96	< 2		0.70	0.13	< 0.1	< 0.9	0.10		
	73		43		37		3.1	549000	2.7	2360	879	11 <sup>x</sup>	1.3	28 <sup>x</sup>	1.7	4.4	30	10.46	5.9	< 9	1.32	0.35	0.05	1.20	0.18		
	82		141	1087	32	192	31.1	185800	1.0	39310	403	237	5.2	74 <sup>x</sup>	0.4	2.2	163	48.90	35.6	18	1.86	0.53	0.23	< 1	0.13		
Bizmişen	106		12		169	10		412000	0.4	160	468	1.3 <sup>x</sup>	1.1	113 <sup>x</sup>		3.7	231	20.95	16.0	< 7	0.94	0.25		0.40	0.06		
	133		5		181	1934		440000		1960	85	19 <sup>x</sup>	4.4	90 <sup>x</sup>		1.6	192	3.78	< 5	< 10	0.30	< 0.1		< 0.2	< 0.02		
Kurudere	170		6		302			571000		< 20		< 0.5 <sup>x</sup>	0.1	< 0.5 <sup>x</sup>			56	0.43	< 2	< 18	0.05		< 0.3	< 0.8	0.03		
	179		99		535	11	1.9	254000	0.5	120	240	20 <sup>x</sup>	1.7	34 <sup>x</sup>		3.2		3.25	< 2	< 8	0.55	0.14	0.30	1.10	0.09		
Sultanmurat	192		32		119	8		587000		< 20	90	< 0.5 <sup>x</sup>	0.2	24 <sup>x</sup>			40	2.56	< 2	< 10	0.21	0.05	0.38	< 1	< 0.02		
Akuşağı	201		5		274	7	0.7	581000		450	779	3.1 <sup>x</sup>	0.3	28 <sup>x</sup>			44	0.55	< 2	< 14	0.06			< 0.5	0.06		
Attepe	223				15			581000		530		6.0 <sup>x</sup>	0.2	< 0.5 <sup>x</sup>				< 1	< 1		0.39	0.41	0.34	1.30	0.09		
	231		2		130			614000		< 20	20	< 0.5 <sup>x</sup>	2.6	10 <sup>x</sup>				0.41	< 2	< 8	0.33	0.15	0.03	< 0.8	0.08		
	243		3	247	8			551000		130	21	1.1 <sup>x</sup>	0.3	16 <sup>x</sup>				1.10	< 2	< 15	1.10	1.53	0.32	< 0.7	0.08		
	272		28		8			434000		< 20	205	< 0.5 <sup>x</sup>	0.7	2.4 <sup>x</sup>			11	8.36	< 4		0.63	0.39	0.16	0.34	0.07		
	275				10			406000		20	132	1.4 <sup>x</sup>	1.2	1.0 <sup>x</sup>					< 2	< 6	0.07	0.09	< 0.2	< 0.3	0.09		
Attepe yan kayaç Attepe host-rock	256		12	2255	25	77	2.7	46400	3.7	35710	12710	160	15.8	37 <sup>x</sup>	1.0	11.8		21.87	46.1	22	3.82	0.60	0.32	2.30	0.34		
	278		11	791	17	53	2.0	20280	3.6	33020	1109	134	10.2	197 <sup>x</sup>	0.8	9.1		25.75	48.9	17	5.02	1.05	0.91	3.11	0.53		

Çizelge 2 b: Divriği Bölgesi - ve Attepe (Feka Bölgesi) demir cevheri yataklarına ait örneklerin ppm mertebesinde jeokimyasal verileri. Yıldız işaretli XRF yöntemi ile yapılan analizler dışındaki tüm analizlerde NAA yönteminden yararlanılmıştır.

Table 2 b: Geochemical data of samples belonging to the Divriği Region and Attepe (Feka Region) iron ore deposits, in ppm range. All analyses made by NAA, except for those by XRF, marked by asterisk.

(< 2 ppm) ise, bu değer % 70'ine karşılık gelen 14 ppm değeri ile alınabilecek ve daha sonra da 14 ppm değeri kondrit'lere göre normalize edilebilecektir. Ancak her örneğin çeşitli elementlerine özgü dedeksiyon sınırlarında farklılıklar olacağı açıktır. Buna karşılık, herhangi bir element analizinde hiçbir değer okunamamış ise, bu elementin değeri tüm örnekler için bu elemente özgü okunan en küçük değer gözönüne alınarak, yukarıdaki işleme devam edilerek hesaplanmıştır (Çizelge 2a-ve 2b).

Cevher ve serpantin örneklerinin bir bölümüne ait kondrit'lere göre normalize edilmiş değerler Çizelge 4'te verilmiştir. Aynı çizelgede Ce, Nd, Tb ve Yb değerlerinde yukarıda belirtilen sorun açık bir biçimde görülmektedir. Genelde Divriği Bölgesi örneklerinde La değerleri çok değişken, Sm, Eu ve Lu değerleri ise az değişken duraylı dağılımlar göstermektedir. Aynı çizelgede dedeksiyon sınırlarının altındaki analizlerin yerleri boş bırakılmıştır. Bu elementlere ilişkin kondrit değerler, yukarıda açıklanan mamematiksel yöntem ile hesaplanarak, REE eğrileri çizilmiştir.

Divriği A- ve B Kafa demir yatağına özgü serpantin (CS1-10, BT1-1), manyetit cevheri (AC1-1, AC 3-10) ve hematit cevheri (BC 2-10, BC 2-20) örnekleri Çizelge 4, Grup I'de kondrit'lere göre normalize edilmiş değerleri ile birlikte sunulmuştur. I nolu kayaç grubuna özgü örneklerin REE eğrileri ise Şekil 3'te aynı diyagram üzerinde birlikte gösterilmiştir. Şekil 3'te izlendiği gibi serpantin (CS 1-10, BT 1-1) ile demir cevheri örnekleri arasında REE eğrileri açısından büyük benzerlik bulunmaktadır. Bu benzerlik serpantin ile demir cevherleri arasındaki jeokimyasal ilişkinin ifadesidir ve jenetik anlam taşımaktadır. Burada negatif Ce- ve Eu anomalileri ve relatif yüksek La-ve Nd değerleri genel özelliktir. Ağır nadir toprak element (HREE) değerleri, negatif Lu değerleri ile birlikte genelde kondrit değerlerin biraz üzerindedir.

Divriği Bölgesindeki A- ve B Kafa dışındaki diğer demir cevheri yataklarının bir bölümünden alınan örneklerin kondrit'lere göre normalize edilmiş REE değerleri Çizelge 4, Grup II'de verilmiştir. Bunlardan 72 ve 73 nolu örnekler Karahalka cevherinden alınmış olup, bu 2 örneğin REE eğrileri Şekil 4a'da birlikte sunulmuştur. REE eğrileri negatif Ce-ye Tb anomalileri ile birlikte Şekil 3'teki eğriler ile benzerlik içerisindedir. Bu örnekler konkresyon yapıları demir cevherlerine karşılık gelmektedir. Bu yapı cevherin oluşumundan sonraki etkimelerle (geç değişme efekti) ilgilidir. Ayrıca 179 ve 192 numaralı örnekler için REE eğrileri ise Şekil 4b'de birlikte sunulmuştur. Bu eğrilerde de negatif Ce-ve Eu anomalileri izlenmektedir. Bu sonuçlar Şekil 3'deki eğrilerle karşılaştırıldığında ikisinin uyumlu olduğu gözlenmektedir. Bu örneklerden 179; Kurudere yatağındaki cevherli yan kayaca (olasılıkla serpantin) ve 192; Sultanmurat yatağındaki demir cevherine karşılık gelmektedir.

Çizelge 4, Grup III'deki örnekler ayrı bir grup altında toplanmışlardır. Bu grubun cevherleri, Grup I ve II'deki örneklerden daha farklı bir jeolojik geçmişle ilişkilidir. Bunlar konglomeratik-sedimenter cevher özelliği taşımaktadırlar. Şekil 5'te görülen REE eğrileri de diğerlerinden biraz daha farklı özelliktedir. Otluklise'den alı-

nan 14, 20 ve 32 nolu örneklerde görüldüğü gibi, La elementinden ağır nadir toprak element değerlerine doğru genel bir düşüş izlenebilmektedir. Ancak tüm örneklerdeki negatif Ce-ve Eu anomalileri burada da belirgindir. Akdağ cevheri örneklerinden alınan 34 ve 58-B nolu örnekler ise konglomeratik cevherin ara katkısından alınmıştır. Bu eğrilerde de negatif Ce-ve Eu anomalileri gözlenmektedir.

Divriği, A-Kafa'ya ait çok fazla oranda hidrotermal değişmeye uğramış serpantin (AS 1-1) ve Bizmişen yatağına ait 106 nolu cevherli hidrotermal damardan alınan örnekte dik eğimli birbirlerine benzer özellikli REE eğrileri görülmektedir. Burada yüksek oranlardaki hafif nadir toprak element içerikleri belirgindir (Şekil 6a). Bu eğriler aynı zamanda granitik kayalara özgü REE eğrileri ile de (Şekil 6b) karşılaştırılabilir benzer özellikler taşımaktadır. Bu özellik hidrotermal granitik ergiyiklerin geç etkilerinin bir sonucudur. Her iki yatakta da (Divriği A-Kafa ve Bizmişen) demir cevherleri ile granitik kayalar bir arada izlenmektedir.

Divriği A-ve B Kafa demir cevheri yatağından alınan granitik kayaç örnekleri (diyorit, granodiyorit ve monzonit), bu kayaç gruplarına özgü karakterlerdeki, benzer REE eğrilerini sergilemektedirler (Şekil 6b).

Attepe yatağı örneklerinin REE eğrileri Şekil 7'de verilmektedir. Siderit cevheri (272) ile olasılıkla siderit cevherinin değişmesi sonucu oluşmuş limonitçe zengin cevherden alınan 223 ve 243 nolu örnekler yaklaşık benzer özelliklerde REE eğrileri vermektedir (Şekil 7a). Diğer yataklara özgü cevher örnekleri ile olan benzerlik negatif Ce anomalisi, farklılık ise pozitif Eu anomalisidir. Attepe sedimentlerine özgü yan kayaç örneklerinin (256 ve 278) REE şekilleri ise Şekil 7b'de sunulmuştur. Bu örneklere özgü REE şekilleri 7a'da görülen REE şekillerinden farklı özellik taşımaktadır.

## TARTIŞMA ve SONUÇ

Divriği Bölgesi demir cevheri yataklarının oluşumunda, bugüne dek demirin granitik plüton ile doğrudan ilişkili hidrotermal kökenli olduğu düşünülmektedir. Son zamanlarda yapılan ayrıntılı çalışmalar sonucu yatağın oluşumu değişik jeolojik evreler düşünülerek açıklanmaya çalışılmaktadır. Bu konuda demir element kökeni ile serpantinler arasındaki yakın ilişki daha önce Ünlü ve Stendal'de (1986) tartışılmıştır. Bu tip yataklarda cevherin hidrotermal değişmelere uğramış olması ve tektonik işlevler sonucunda değişmesi nedeniyle bir önceki oluşumu bile açıklayabilmek oldukça güçtür. Bu nedenle bu çalışmada nadir toprak element analizlerinden faydalanılarak, bazı sonuçlara gidilmeye çalışılmıştır. Divriği Bölgesindeki serpantin ve manyetit-hematit cevherleri REE eğrileri arasındaki benzerlik, bu birimlerin birbirleriyle yakın bağımlılıklarını göstermektedir (Şekil 3). Divriği Bölgesi B-Kafa cevherleri (BC 2-10, BC 2-20), serpantinlere benzer düşük oranlarda Na-ve K<sub>2</sub>O içermekte, buna karşın, A-Kafa cevherleri ve değişmeye uğramış yan kayalar (AC 1-1, AC 3-10, BT 1-1) yüksek oranlarda K<sub>2</sub>O içermektedir. Bu koşulda granitik plütonun bu kayalarındaki hidrotermal etkimesinden de söz edilebilir. Bu granitik etkimenin, cevher oluşumuna göre daha geç etkimler olduğu, Ünlü ve Stendal'in (1989) Divriği Bölgesi cev-

DİVRİĞİ DEMİR YATAKLARI REE JEOKİMYASI

ÖRNEK NR. Sample No.	Rb (ppm)	Sr (ppm)	Rb/Sr	<sup>87</sup> Rb/ <sup>86</sup> Sr	<sup>87</sup> Sr/ <sup>86</sup> Sr
CA-10	88	1120	0.079	0.23	0.70637
AA-10	251	623	0.403	1.17	0.70841
AS 1-1	594	469	1.27	3.67	0.71216
AS 3-1	5	42	0.12	0.35	0.70780

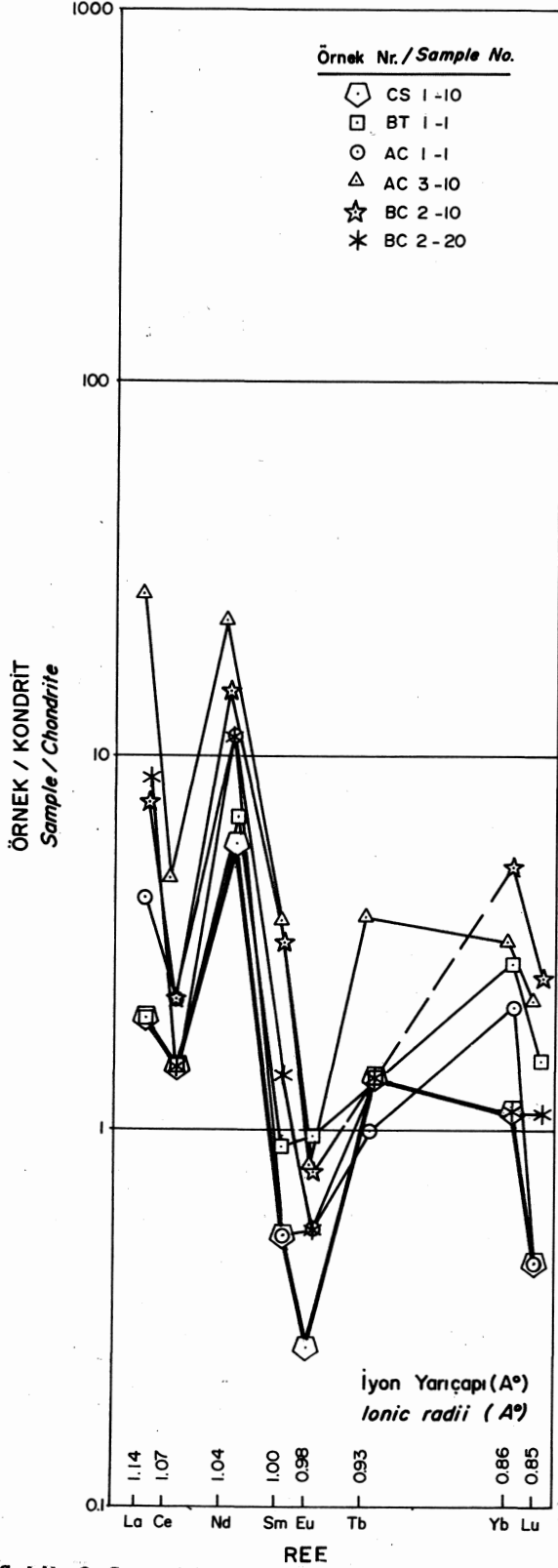
Çizelge 3: Divriği A - ve B Kafa demir cevheri yatağının bazı örneklerinin Rb - Sr izotop verileri. Rb, Sr analizlerinde XRF yönteminden yararlanılmıştır. Kütle -spektrometrik ölçümler Varian MAT TH5 katı kaynak spektrometresi yardımıyla yapılmıştır.

Table 3: Rb - Sr isotopic data for some samples belonging to the Divriği A - and B Kafa iron ore deposits. XRF method has been used for the Rb - Sr analyses. Mass -spectrometrical measurements have been made by Varian MAT TH5 solid source spectrometer.

KAYAÇ GRUPLARI Rock Groups	ÖRNEK NR. Sample No.	La	Ce	Nd	Sm	Eu	Tb	Yb	Lu
I	CS 1-10	1.90	—	—	0.53	0.26	—	—	—
	BT 1-1	1.95	—	—	0.93	0.96	—	—	1.57
	AC 1-1	4.24	—	—	0.52	0.49	1.10	—	—
	AC 3-10	27.39	4.8	23	3.63	0.85	3.81	—	2.24
	BC 2-10	7.55	—	—	3.22	0.77	—	5.20	2.42
	BC 2-20	8.65	—	—	1.41	0.56	—	—	1.11
II	72	12.37	—	—	3.48	1.84	—	—	3.34
	73	32.68	6.3	—	6.60	4.84	0.98	6.40	5.93
	170	1.33	—	—	0.27	—	—	—	1.11
	179	10.15	—	—	2.77	1.98	6.04	5.50	3.04
	192	8.00	—	—	1.04	0.62	7.58	—	—
	201	1.72	—	—	0.31	—	—	—	1.96
III	14	82.30	51.6	49	20.10	13.26	13.25	9.10	10.68
	20	8.87	—	—	1.98	1.57	2.26	—	1.10
	32	23.26	9.4	—	8.32	2.55	5.16	—	3.40
	34	2.57	—	—	1.47	0.80	—	—	2.36
	58-B	11.11	—	—	2.03	1.20	1.55	—	1.50

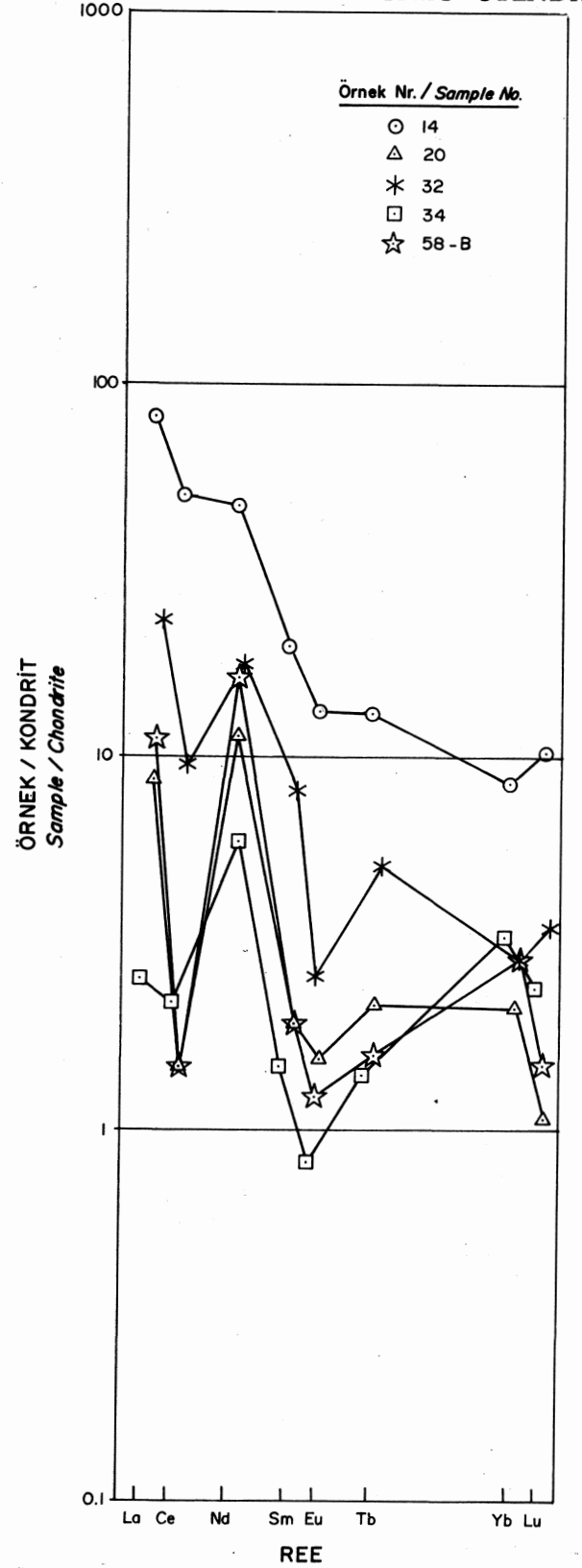
Çizelge 4: Serpantinit ve cevher ölçümlerinin kondritlere göre normalize edilmiş REE değerleri. I-Divriği A ve B Kafa, II- Karahalka, Kurudere, Sultanmurat ve Akuşağı, III- Otlukilise ve Akdağ; demir cevheri yatakları.

Table 4: Condrite - normalized REE values of serpentinite and ore samples. I- Divriği A - and B Kafa; II- Karahalka, Kurudere, Sultanmurat and Akuşağı; -III Otlukilise and Akdağ iron ore deposits.



Şekil 3: Serpantinit (CS1-10), A - Kafa cevher (AC1-1, AC3-10), B-Kafa cevher (BC2-10, BC 2-20) ve B - Kafa yan kayalık-serpantinit (BT 1-1) örneklerine özgü REE şekilleri (CS 1-10 nolu serpantinit örneğine özgü REE dağılımı koyu çizgi ile ayrıca belirlenmiştir).

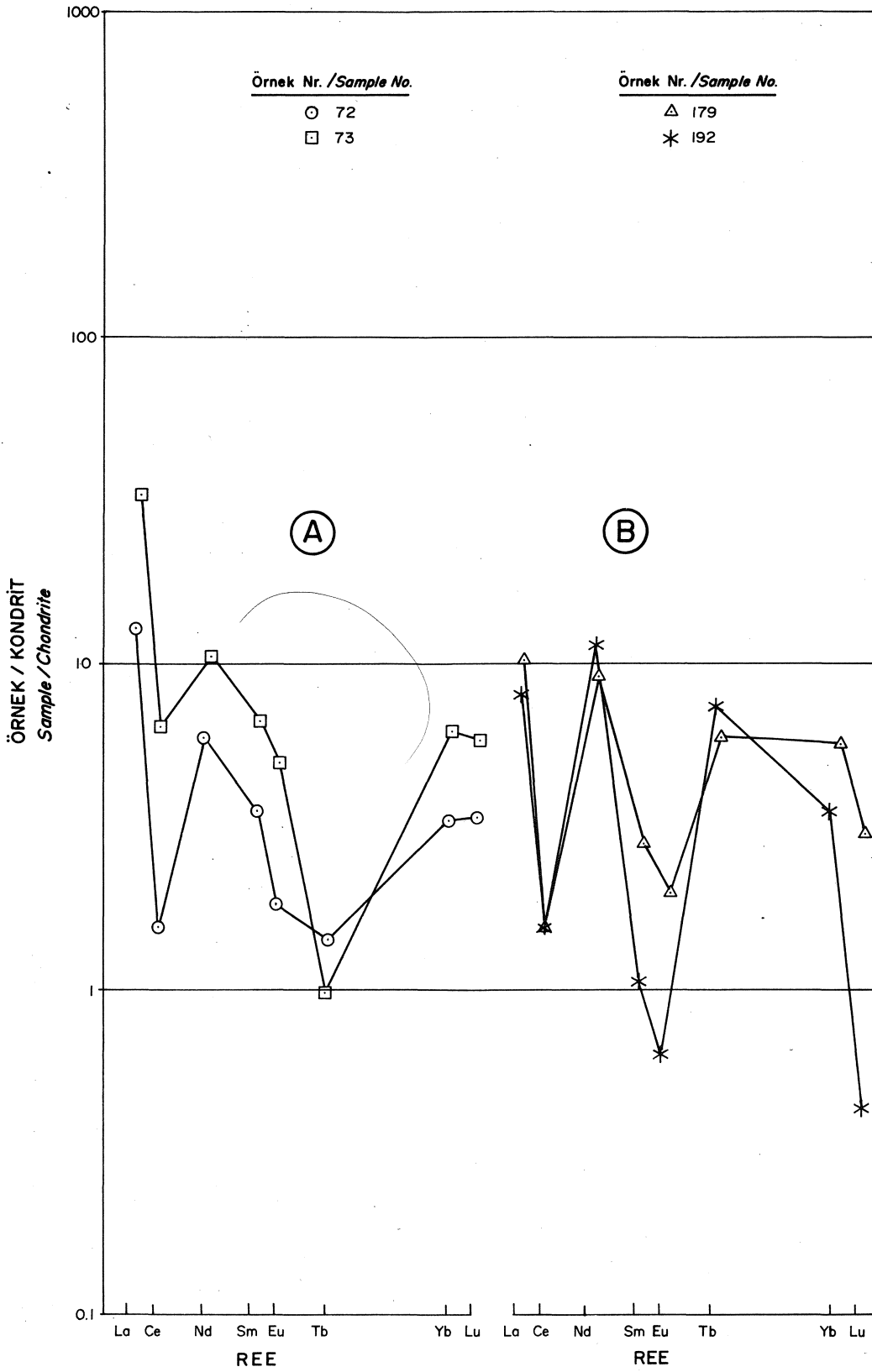
Figure 3: REE figures typical to serpentinite (CS 1-10), A - Kafa ore (AC 1-1, AC 3-10), B-Kafa ore (BC 2-10, BC 2-20) and B-Kafa host rock-serpentine (BT 1-1) samples (REE distribution typical to CS 1-10 serpentine sample is marked by dark line).



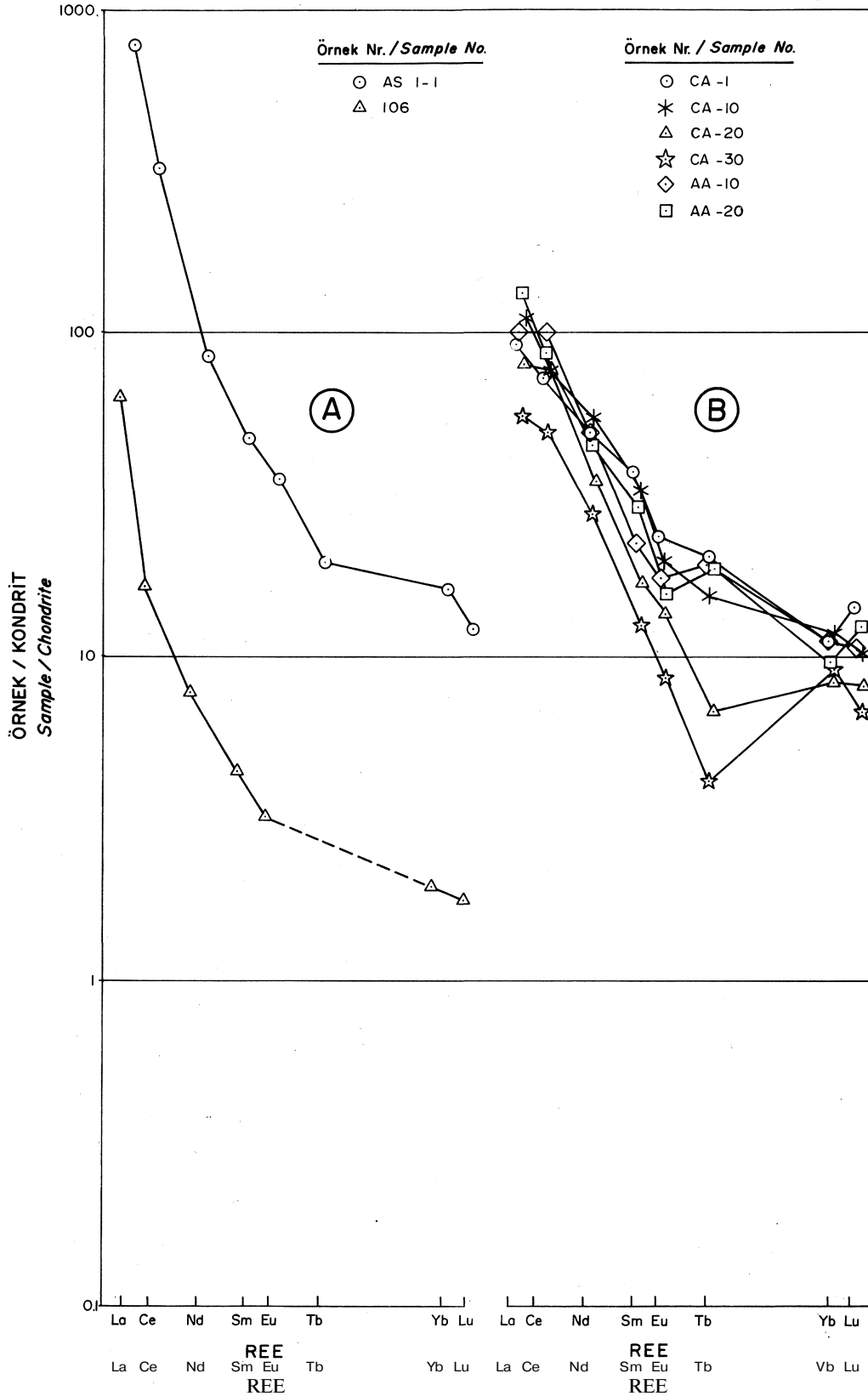
Şekil 5: Otlukilise cevher (14, 20, 32) ve Akdağ cevher (34, 58-B) örneklerine özgü REE şekilleri.

Figure 5: REE figures typical to the Otlukilise ore (14, 20, 32) and Akdağ ore (34, 58-B) samples.

DİVRİĞİ DEMİR YATAKLARI REE JEOKİMYASI



Şekil 4 : a) Karahalka cevher (72, 73) örneklerine özgü REE şekilleri.  
b) Kurudere cevher (179) ve Sultanmurat cevher (192) örneklerine özgü REE şekilleri.  
Figure 4 : a) REE figures typical to the Karahalka ore (72, 73) samples.  
b) REE figures typical to the Kurudere ore (179) and Sultanmurat ore (192) samples.



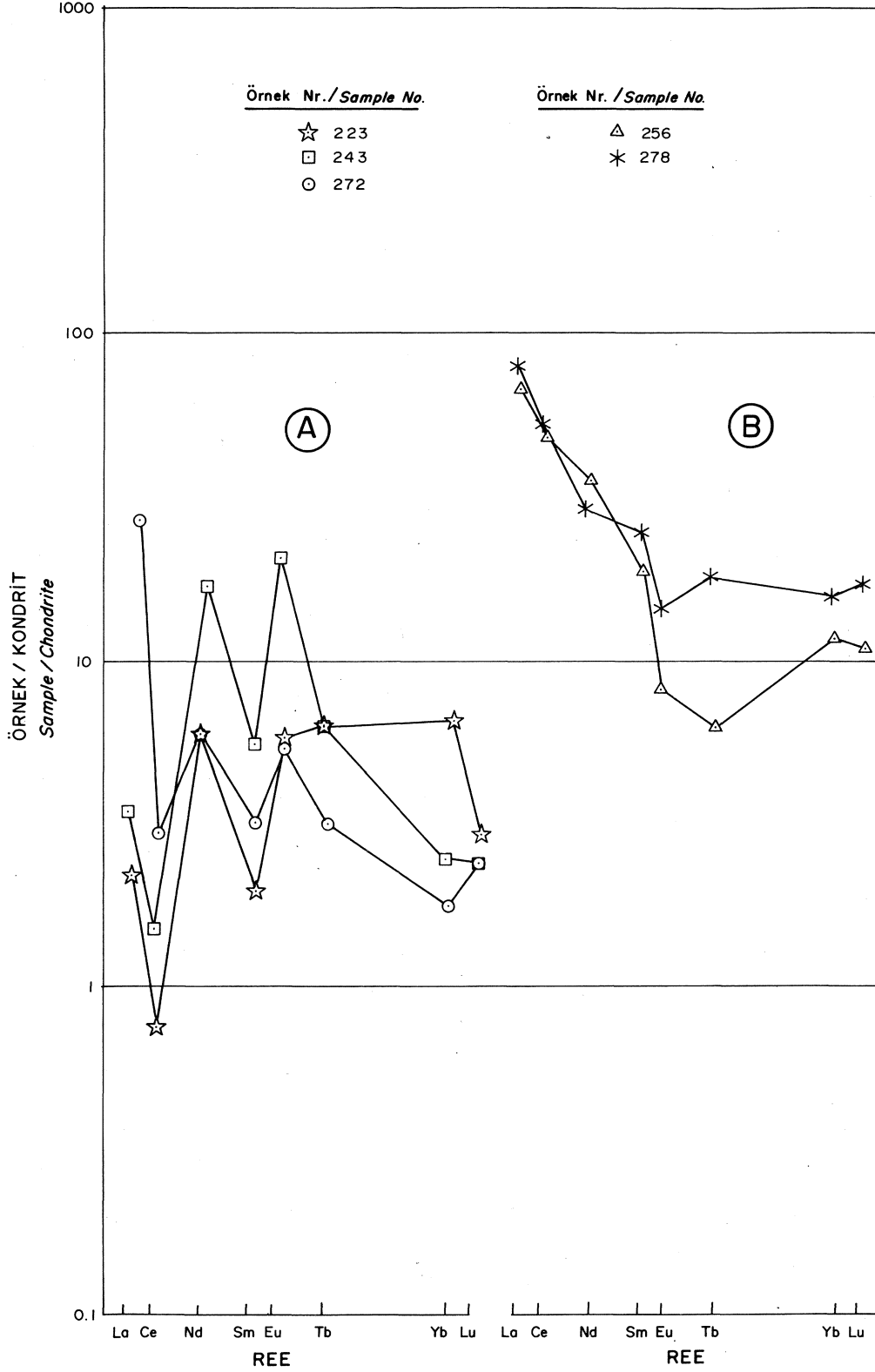
Şekil 6 a) A Kafa yan kayalık-çok fazla hidrotermal değişmeye uğramış serpantin (AS1-1) ve Bizmişen cevher (106) örneklerine özgü REE şekilleri,

b) Diyorit (CA-1, CA-10), granodiyorit (CA-20, CA-30) ve monzonit (AA-10, AA-20) örneklerine özgü REE şekilleri.

Figure 6 : a) REE figures typical to A - Kafa host rock, hydro thermally highly altered serpentinite (AS 1-1) and Bizmişen ore (106) samples.

b) REE figures typical to diorite (CA-1, CA-10), granodiorite (CA-20, CA-30) and monzonite (AA-10, AA-20) samples.

DİVRİĞİ DEMİR YATAKLARI REE JEOKİMYASI



Şekil 7 : a) Attepe (Feke) limonit (223, 243) ve siderit (272) cevher örneklerine özgü REE şekilleri.  
 b) Attepe (Feke) yan kayaç (256, Metakumtaşı; 278, Bitümlü şist) örneklerine özgü REE şekilleri.  
 Figure 7 : a) REE figures typical to Attepe (Feke) limonite (223, 243) and siderite (272) ore samples.  
 b) REE figures typical to Attepe (Feke) host rock (256, meta-sandstone; 278, bituminous shale) samples.

her örneklerinin jeokimyasal verilerinin çok değişkenli jeostatistik yöntemle değerlendirilmesi" konulu çalışmada da sunulmuştur. Bu çalışmada da nadir toprak element analizleri yardımıyla, cevherleşmenin serpantinleşme ile olan doğrudan ilgisinin yanı sıra, granitik kayalar ve hidrotermal ergiyiklerin yakın ilişkisi de ortaya çıkartılmıştır (Şekil 6a-ve 6b).

Sonuçta, incelenen örneklerin büyük bir bölümünün nadir toprak element eğrileri yardımı ile, serpentin ve cevher örneklerinin jeokimyasal açıdan büyük benzerlik içinde oldukları ortaya konulmuştur. Ancak bazı örneklerin eğrileri, demirin bir bölümünün demir cevherinin oluşumundan daha sonra mobilize olduğuna işaret etmektedir. Ağsal ve damarlı cevherde ve yan kayada yapılan RĒE analiz sonuçları, ayrıca Rb-Sr izotop verileri, bu mobilizasyonun granitik kayaların intrüzyonu ile ilişkili olduğunu göstermektedir.

Nadir toprak element analiz sonuçları ve jeostatistik sonuçlar (Ünlü ve Stendal, 1989; Stendal ve Ünlü, baskıda) birlikte demir ve serpentin arasında yakın bir ilişkinin bulunduğu, demir oluşumları için olası bir modeli düşündürmektedir.

#### KATKI BELİRTME

Bu çalışmada sunulan Nötron Aktivasyon Analizleri (NAA), Danimarka Tabii Bilimler Araştırma Komitesi'nin desteği ile Danimarka RISQ Laboratuvarında yapılabilmektedir (SNF-Kabul Nr.: 11-5479). Yazarlar her iki kuruşa da teşekkür borçludur.

Ayrıca Taner Ünlü, saha ve 3 devre halinde Kopenhag Üniversitesi'ndeki laboratuvar çalışmalarına katılmasındaki destekten dolayı; M.T.A., TDÇİ Genel Müdürlüklerine (Ankara), Türkiye ve Danimarka Milli Eğitim Bakanlıklarına, Henrik Stendal, saha çalışmalarına (1986, 1987) katılmasındaki destekten dolayı, "The NATO Science Fellowship Programme in Denmark'a teşekkür ederler.

#### DEĞİNİLEN BELGELER

- Christensen, L. H., Damsgaard, E., 1985, Neutron Activation Analysis at the Danish Reactor DR3: International Atomic Energy Agency; Seminar on applied research and Service Activities for Research Reactor Operations, Copenhagen, Denmark, 9-13 September 1985, IAEA - SR -119/10, 15.
- Cullers, R. L., ve Graf, J. L., 1984, Rare Earth Elements in Igneous Rocks of the Continental Crust: Intermediate and Silicic Rocks-Ore Petrogenesis. In: Rare Earth Element Geochemistry, Developments in Geochemistry 2 (eds., Henderson, P.), Elsevier, Amsterdam, 275-317.
- Frey, F. A., 1984, Rare Earth Element Abundances in Upper Mantle Rocks. In: Rare Earth Element Geochemistry, Developments in Geochemistry 2

(eds., Henderson, P.), Elsevier, Amsterdam, 153-203.

- Graf, J. L. Jr., 1978, Rare earth elements, iron formations and sea water: *Geochim. Cosmochim. Acta*, 42, 1845-1850.
- Klemm, D. D., 1960, Die Eisenerzvorkommen von Divriği (Anatolien) als Beispiel tektonisch angelegter pneumatolytisch - metasomatischer Lagerstättenbildung: *N. Jahrbuch f. Min., Abh.* 94 (Festband Ramdohr), Stuttgart, 591-607.
- Koşal, C., 1973, Divriği A-B-C Demir yataklarının jeolojisi ve oluşumu üzerinde çalışmalar: *M.T.A. Dergisi*, 81, Ankara, 1-22.
- Maynard, J. B., 1983, *Geochemistry of Sedimentary Ore Deposits*: Springer-Verlag, N. Y., 305.
- Menzies, M., 1976, Rare earth geochemistry of fused ophiolitic and alpine Iherzolites, I. Othris, Lanzo and Troodos: *Geochim. Cosmochim. Acta*, 40, 645-656.
- Otonello, G., Piccardo, G. B., ve Ernst, W. G., 1979, Petrogenesis of some Ligurian peridotites, II. Rare earth element chemistry: *Geochim. Cosmochim. Acta*, 43, 1273-1284.
- Parak, T., 1973, Rare earths in the apatite iron ores of Lapland and some data about the Sr, Th and U content of these ores: *Econ. Geol.*, 62, 210-221.
- Robertson, A. H. F., ve Boyle, J. F., 1984, Tectonic setting and origin of metalliferous sediments in the Mesozoic Tethys Ocean. In: *Ocean floor hydrothermal processes* (eds., Rona, P. A. et al), NATO Advanced Research Institute Series, Plenum Press, 595-663.
- Shih, C. Y., 1972, The rare earth geochemistry of oceanic igneous rocks: Ph. D. Thesis, Columbia University, New York, N. Y.
- Stendal, H., ve Ünlü, T., baskıda, An example to the evaluation of geochemical data by multivariate geostatistical analyses: Divriği region iron deposits, Central Anatolia: *Communications, A. Ü. F. F. Dergisi*, Ankara.
- Suen, C. J., Frey, F. A., ve Malpas, J., 1979, Bay of Islands Ophiolite Suite, Newfoundland: petrologic and geochemical characteristics with emphasis on rare earth element geochemistry: *Earth Planet. Sci. Lett.*, 45, 337-348.
- Ünlü, T., ve Stendal, H., 1986, Divriği Bölgesi demir yataklarının element korelasyonu ve jeokimyası: Orta Anadolu, Türkiye (Geochemistry and element correlation of iron deposits in the Divriği Region, Central Anatolia, Turkey): *Jeol. Müh.*, 28, Ankara, 5-19, (İngilizce özet).
- Ünlü, T., ve Stendal, H., 1989, Jeokimya verilerinin çok değişkenli jeostatistik analizlerle değerlendirilmesine bir örnek: Divriği Bölgesi demir yatakları, Orta Anadolu: *M.T.A. Dergisi*, 109, Ankara, 127-140, (İngilizce özet).



## DİVRİĞİ DEMİR YATAKLARI REE JEOKİMYASI

- Yıldızeli, N., Yıldırım A., Yurt, M. Z., Adıgüzel, O., Özcan H., Avcı, N. ve Çubuk, Y., 1987, Divriği A-ve B Kafa demir cevheri ve yöresinin jeoloji haritası (Ünlü, T. ve diğerleri, hazırlanmakta; Divriği (Sivas) yöresi granitik kayalık - yan kayalık ilişkilerine yönelik jeoloji raporu içinde, M.T.A., Ankara).
- Zeck, H. P., ve Ünlü T., 1987, Parallel whole rock isochrons from a composite monzonitic pluton, Alpine belt, Central Anatolia, Turkey: N. Jb. Miner. Mh., 5, Stuttgart, 193-204.
- Zeck, H. P., ve Ünlü, T., 1988a, Alpine ophiolite obduction before  $110 \pm 5$  Ma ago, Taurus Belt, eastern central Turkey: Tectonophysics, 145, Amsterdam, 55-62.
- Zeck, H. P., ve Ünlü, T., 1988b, Murmano Plütönu'nun yaşı ve ofiyolitle olan ilişkisi (Divriği-Sivas): (Age of the Murmano pluton and its relationship with the ophiolites-Divriği, Sivas): M.T.A. Dergisi, 108, Ankara, 82 - 97, (İngilizce özet).

