



Sivas - Kızıldağ Ofiyolitlerinin (Orta Anadolu)
Eser Element, Ni, PGE ve Au Jeokimyası
*Trace Element, Ni, PGE and Au Geochemistry of Sivas - Kızıldağ
Ophiolites (Central Anatolia)*

Yahya ÇİFTÇİ Yüzüncüyü Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 65080 - Van
e-posta: yahyacif@yyu.edu.tr

Öz

Refahiye Ofiyolitli Karmaşığı'na ait Kızıldağ (Sivas) Ofiyolitleri genel olarak ultramafik tektonit kesime ait serpantinleşmiş dünit ve harzburjit; verlit; gabro, piroksenli gabro, hornblendli gabro; mikrogabro; meta - bazalt ve spilitik bazalt'lardan oluşur. Bunlar, Neojen magmatizmasına ait aplit, granit, kuvars monzonit ve diyorit ile eş yaşlı volkanizma ürünleri olan andezit ve bazalt türü kayalar tarafından kesilmektedir.

Ofiyolitler içinde yer yer 4630 ppm'e varan Ni zenginleşmelerinin, cevher mikroskopisi çalışmaları sonucunda linneit, bravogit, gersdorfit, millerit, hazlewoodit ve pentlandit gibi nikel - sülfürlere bağlı olduğu saptanmıştır. Ultramafik kayalarda % 0.2 ila % 0.3 oranlarında bulunabilen Nikel'in % 0.46'ya varan zenginleşmeler gösterdiği, daha detaylı çalışmalar ile olasılıkla işletilebilir tenörlerde nikel zenginleşmelerinin bulunabileceği ortaya konmuştur.

Çalışma alanındaki ultramafik kayalar, PGE açısından ilksel manto değerlerine göre farklı davranışlar göstermektedir. Os ve Ru açısından belirli oranlarda zenginleşme gözlenirken, ir, Rh ve Pt'de fakirleşme gözlenir. Pd ise büyük farklılıklar göstermez. Jeokimyasal açıdan bu grupla birlikte değerlendirilen Au, genel olarak ilksel manto değerinin çok az üzerinde değerler sunmaktadır. Aynı kayalar eser element açısından değerlendirildiğinde ise; N-tipi MORB'a göre normalize edilmiş değerlerin U ve Ta dışında genellikle büyük oranda fakirleşmiş oldukları gözlenirken, Cl kondritlerine göre normalize edilmiş değerler bu konuda farklılıklar sunmakta, Th, U, Ta, La ve Ce'da da yer yer 10 kata kadar zenginleşme gözlenmekte, diğer elementlerde (Sr, Nd, Zr, Sm, Tb, Y, Yb, Rb ve Ba) genel olarak bir fakirleşme gözlenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Sivas - Kızıldağ Ofiyolitleri, Ni - PGE - Au Jeokimyası

Abstract

The Kızıldağ (Sivas) Ophiolites, belonging to the Refahiye Ophiolitic Melange, generally consist of wherlite of transition zone, gabbros of mafic cumulate sequence and pyroxene gabbros, hornblende gabbros, microgabro intrusions, meta basalts and spilitic basalts. The ophiolitic complex is cut by Neogene magmatics, represented by aplite veins, granite, quartz monzonite and diorite as well as volcanic products such as andesite and basalt.

Ni enrichment, up to 4630 ppm took place within the ophiolite bodies. Ore microscopy studies have revealed that the source of Ni is linneite, bravogite, gersdorffite, millerite, hazlewoodite and pentlandite minerals. This study reveals that Ni, occurring at levels of 0.2 to 0.3 % in primary ultramafic rocks, shows enrichments up to 0.46 %. It is believed here that with more detailed studies, economical nickel deposits may be found.

The ultramafic rocks in the investigation area show variable contents of Pt group elements comparison with primitive mantle values. Os and Ru show enrichment, Ir, Rh and Pt show depletion, Pd shows both effects but with few changes. Au, which is treated geochemically with Pt group elements, shows enrichment relative to primitive mantle values with few amounts. Comparison of Kızıldağ Ophiolites with N-Type MORE, the normalized values of REE's show generally depletion except U and Ta. The Cl Chondrite normalized values of REE's show different pattern; Th, U, Ta, La and Ce show enrichment up to 10 times but Sr, Nd, Zr, Sm, Tb, Y, Yb, Rb and Ba show depletion with different amounts.

Keywords: Sivas - Kızıldağ Ophiolites, Nr- PGE - Au Geochemistry

1. GİRİŞ

Tokat ile Erzincan arasında yaklaşık D - B yönelimli olarak uzanan ofiyolit kuşağı, Refahiye (Erzincan) ile İmranlı (Sivas) arasında yer alan yaklaşık KB - GD yönelimli Kızıldağ sisteminde iki tektonik dilim halinde yüzelemektedir. Bölgedeki ofiyolitlerin petrojenetik ve mineralojik - petrografik özelliklerine ait birçok çalışma bulunmakla birlikte, bu ofiyolitlerin olası asil metal zenginleşmeleri üzerine çalışma yapılmamıştır. Bu nedenle, bölgedeki ofiyolitler öncelikle Ni, Pt grubu elementleri (PGE) ve Au açısından irdelenmiştir. Bu kapsamda yürütülen saha çalışmasında kayaç, cevherli kayaç ve cevher örneği derlenmiş, bunların parlatma kesitleri İ.Ü. Mühendislik Fakültesi'nde, Ni analizlerinin bir kısmı Sivas Cumhuriyet Üniversitesi MİPJAL'de X-RF yöntemiyle, önemli bir kısmı da Kanada'da ACME Analytical Laboratories Ltd.'de ICP/MS yöntemiyle 20 ppm dedeksiyon limiti(D.L.) ile yapılmıştır. PGE ve Au analizleri ise yine ACME Analytical Laboratories Ltd.'de yapılmış olup; Au (D.L.:2 ppb), Pt (D.L.:2 ppb), Pd (D.L.:2 ppb) ve Rh (D.L.:5 ppb) için 30 gram çeyreklenmiş örnek fizyonlandıktan sonra sulu çözeltiye alınıp ULTRA/ICP yöntemiyle; Os (D.L.:5 ppb), Ir (D.L.:2 ppb) ve Ru (D.L.:5 ppb) ise yine 30 gram çeyreklenmiş örnek 95 oC'de 180 ml 2 - 2 - 2 HCl - HNO₃ - H₂O ile bir saat yıkandıktan sonra 600 ml'ye seyreltilerek ICP/MS yöntemiyle analiz edilmiştir.

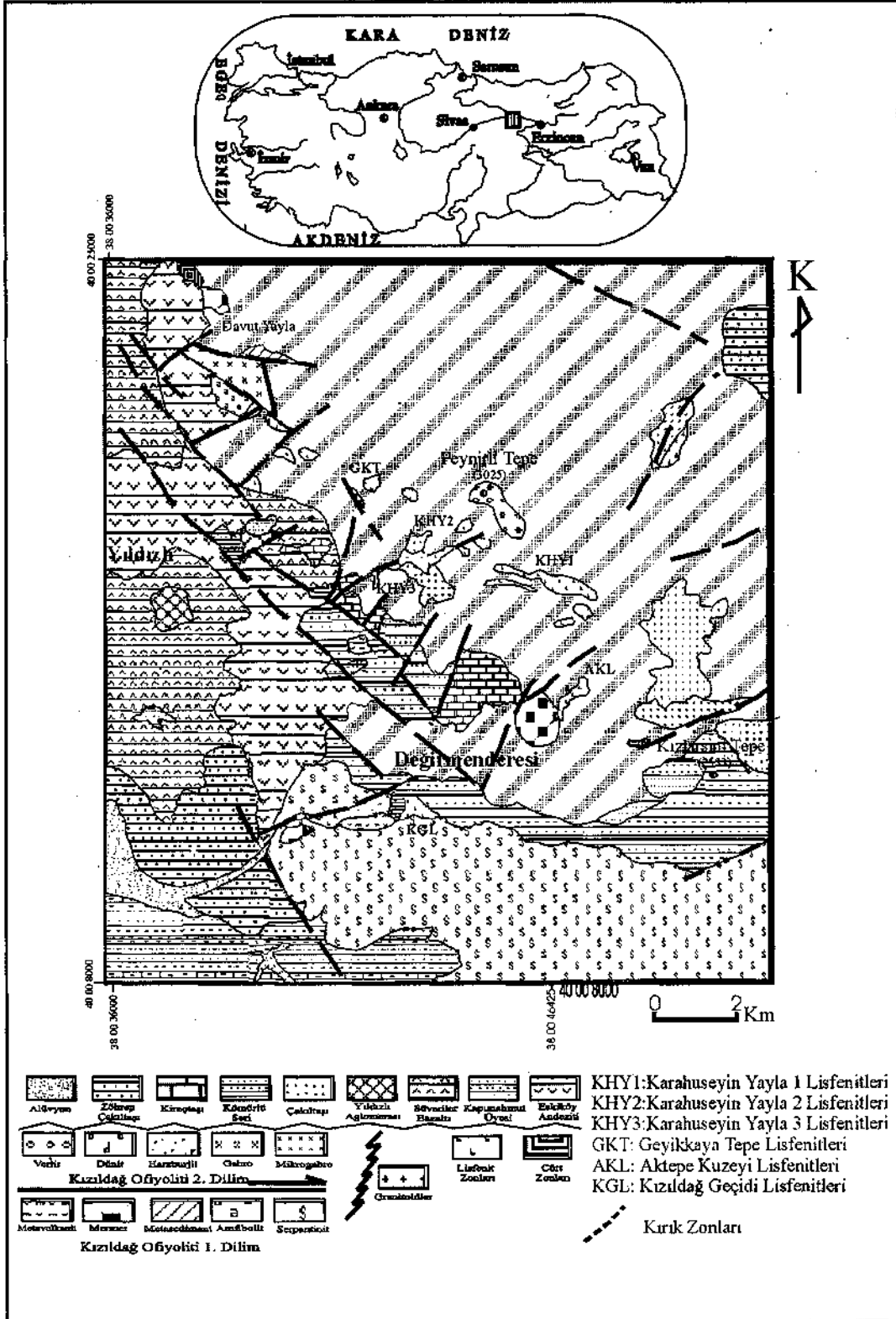
2. JEOLojİ

Kızıldağ ofiyolitleri," batıda İmranlı (Sivas) ile kuzeyinde Suşehri (Sivas) ilçeleri, doğusunda da Refahiye (Erzincan) ilçesi arasında yer alır (Şekil 1). Güneyinden ise Munzur Karbonat Platfor-

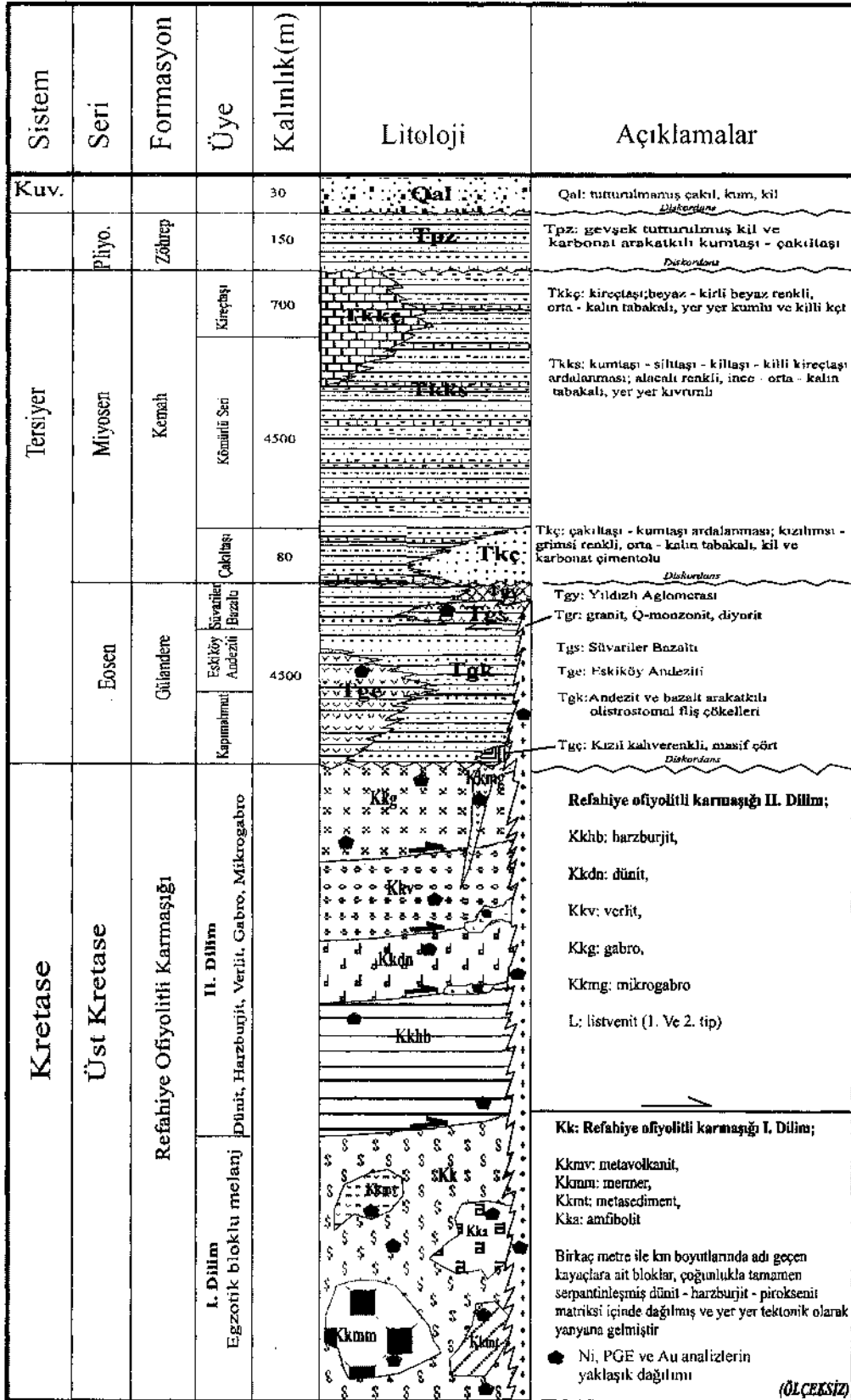
mu'nun karbonatlı kayaçlarından oluşan Munzur Dağ Sistemi ile sınırlanır.

İmranlı (Sivas) ile Refahiye (Erzincan) arasında yükselen Kızıldağ sistemi üzerinde yer alan magmatik, metamorfik ve sedimanter kayaç gruplarının jeolojik, tektonik, mineralojik - petrografik özellikleri ve maden yatakları açısından değerlendirilmesi üzerine, günümüze kadar bölgesel ya da lokal ölçekli birçok çalışma yürütülmüştür (Kovenko, 1939; Tatar, 1973; Buket, 1982; Buket&Ataman,1982).

İnceleme alanında temeli, Refahiye Ofiyolitli Karmaşığı'na (Aktimur, ve diğ., 1990) ait kayaç toplulukları oluşturur (Şekil 1, 2). Üst Kretase'de kapanmaya başlayan Neo-Tetis'in okyanusal kabuğunu ve yitim zonu kompleksini temsil eden bu kayaç toplulukları üzerine açılal uyumsuzlukla volkanik arakatlı olistostromal fliš karakterli Eosen yaşlı Gülandere Formasyonu (Aktimur, ve diğ., 1990) gelmektedir. Gülandere Formasyonu üzerine açılal diskordans ile gelen Kemah Formasyonu (Özgül, 1981) Miyosen yaşlıdır. Kemah formasyonu alttan üste doğru birbiri ile yanal ve düşey geçişli çakıltaşı; yer yer ince kömür düzeyleri içeren kıltaşı - kumtaşı - silttaşı - killi kireçtaşı ardalanmah kömürlü seri ile beyaz kireçtaşı'ndan oluşan kireçtaşı üyeleri ile temsil edilmektedir. Bu formasyonların üzerine açılal diskordans ile Pliyosen yaşlı, az tutturulmuş, yer yer karbonat arakatlı kumtaşı - çakıltaşı ardalanmah Zöhrep Formasyonu (Aktimur, ve diğ., 1990) gelmektedir. İmranlı ovasındaki alüvyon ise, Kızıldağ güney yamaçlarını kateden vadilerdeki akarsular tarafından taşınmış tutturulmamış çakıl - kum - silt ve kilden oluşur (Şekil 2).



Şekil 1. İnceleme alanının yer bulduru ve jeoloji haritası
Figure 1. Location and geological map of the investigation area



Şekil 2. Kızıldağ merkez kesiminin geliştirilmiş tektonostratigrafik sütun kesiti
Figure 2. Tectonostratigraphic column section of central part of the Kızıldağ region

Araştırma süresince derlenen kayaç örnekleri, mineralojik ve petrografik özelliklerine göre beş ayrı grupta toplanabilirler.

1.Grup: Ultrabazik ve bazik kökenli kayaçlar; bunlar harzburjit, serpantinleşmiş dünit, verlit, gabroik kayaçlar,

2.Grup: Ultrabazik kayaçlar ile tektonik yolla karışarak ve onlarla birlikte bölgeye yerleşen metamorfik kayaçlar; şist, amfibolit, mermer ve metavolkanitler,

3.Grup: Ultrabazik kayaçların ikincil alterasyon ürünü olarak oluşmuş serpantin ve lisfenitler,

4.Grup: Ultrabazik kayaçları kesen ve aynı zamanda bölgedeki listvenitleşmenin büyük oranda sorumlusu olan asidik intrüzif kayaçlar; granit, Q - monzonit, ribekitli diyorit , diyorit ve apitler ile bunların hidrotermal boşalım zonlarında oluşmuş silisleşme zonları ve,

5.Grup: Altta serpantin çakıllı, yer yer andezit ve bazalt ve çört arakatlı volkanojenik türbiditik olistostromal fliş kırıntılıları, üste doğru kumtaşı-silttaşı - kireçtaşı ve en üstte çakı ktaşlarından oluşan sedimanter - volkanosedimanter ve üste doğru yer yer kimyasal kökenli kayaç grupları ile temsil edilirler.

2.1. Refahiye Ofiyolitli Karmaşığı

Bu çalışma kapsamında incelenen ofiyolit karmaşığı, önceki çalışmacılar tarafından değişik isimler altında incelenmiş olmakla birlikte, Aktimur ve diğ. (1990) tarafından kullanılan "Refahiye Ofiyolitli Karmaşığı" tanımlaması tarafımızdan da benimsenmiştir. Bu karmaşık, kuzeye ve güneye doğru bindirmeli kuşaklar halinde yerleşen (Ataman ve diğ. 1975; Bergougnan, 1976) okyanusal kabuk dilimleri ve çökel prizması bileşenlerinden oluşmakta ve Kızıldağ yükselimini oluşturmaktadır. Bu yükselim, her yönden volkanik ve karasal - gölssel - sığ denizel sedimanter kayaçlar ile kuşatılmıştır. Kızıldağ yükselimini oluşturması nedeniyle Refahiye Ofiyolitli Karmaşığı'nın bu kesimi "Kızıldağ Ofiyoliti" olarak anılacaktır.

Kızıldağ Ofiyoliti, çalışma alanının yaklaşık % 70 'ini kaplamakta ve iki ana tektonik dilimden oluşmaktadır. Tabanda yer alan dilim tipik melanj bileşenlerinden oluşur ve çalışma alanında yer yer mikritik kireçtaşı hamuru içinde farklı kökenli metasediment, amfibol it, metavolkanit ve mermer blokları içerir. Egemen litoloji ise serpantinleşmiş harzburjit'tir. Bu dilimin üzerinde yer alan ve görece daha düzenli olan dilim ise yer yer serpantinleşmiş dünit, ağırlıklı olarak da harzburjit ve serpantinleşmiş harzburjit'ten oluşur. Ofiyolit dizisinde ultramafik kümülatlar'dan gabro'ya geçişi temsil eden verlit, çalışma alanının çatısını oluşturan Kızıldağ'in zirve kesimlerinde yer almaktadır. Mafik kümülatlar gabro, piroksenli gabro, hornblendli gabro ile temsil edilir. Çok kısıtlı alanlarda yüzeylenen metabazalt ve spilitik bazaltlar; olasılıkla ofiyolit dizisinin en üst kesiminin temsilcileridir. Tüm bu litolojileri yer yer kesen ve çok kısıtlı yayılıma sahip ritikrogabro türü kayaçlar ile tektonik hatlar boyunca ve yer yer birbirinden bağımsız bloklar veya değişik kalınlıklı kabuklar şeklinde gelişmiş olan lisfenit oluşukları, Kızıldağ Ofiyoliti'nin genel kompozisyonunu oluşturmaktadır. Bu karmaşığın ultramafik ve mafik bileşenlerinden derlenen örneklerin mineralojik ve petrografik özellikleri Çizelge 1'de sunulmuştur.

Çizelge 1'de de izleneceği gibi, ultramafik kesimler genel olarak birincil kayaçlardan harzburjit, dünit, verlit ve ikincil kayaçlardan serpantinitler tarafından temsil edilmektedir. Aslında tüm ultramafik örneklerin belirli oranlarda serpantinleştiği belirgin olarak izlenebilmektedir. Bu kayaçlar serpantinleşme derecesi ve maruz kaldıkları basınç koşullarına göre dokusal ve mineralojik değişimlere uğramışlardır. Çalışma alanında yer alan ultramafik ve mafik kayaçlar tetis okyanusunun kalıntılarından oluşmaktadır. Çarpışma sonrası sıkışmalı tektonik rejimin halen devam ettiği bilinmektedir. Bu süreç içinde meydana gelen mağmatik ve volkanik faaliyetlerin etkileri nedeniyle de özellikle ultramafik kayaçlarda, ilerleyen mineralojik ve dokusal dönüşümler meydana gelmiştir. Serpantinitlerde antigorit mineralinin yaygınca bulunması, bu kayaçların yer yer 500 °C'ye varan hidrotermal metamorfizma etkilerine maruz kaldıklarını gös-

temektedir (Coleman,1971; Evans&Frost, 1975). Aynı zamanda antigorit'in varlığı ve kayacın "iğnecikli yığın doku" göstermesi, kayacın metamorfizma etkilerine maruz kalarak yeşilşist fasiyesinde metamorfizma geçirdiğini göstermektedir (Maltmann, 1978).

Çizelge 1. Kızıldağ Ofiyoliti'nden derlenen mafik ve ultramafik kayaç örneklerinin mineralojik - petrografik özellikleri.

Table 1. Mineralogic - Petrographic characteristics of the mafic and ultramafic rock samples taken from Kızıldağ Ophiolites

Örnek No	Birim	Mineral İçeriği *	Alterasyon Türü	Doku	Metamorfik Fasiyes	Kayaç Adı
2	Kkhb	Antigorit, Opx., ±Ol.		Elek		Serpantinit
13	Kkhb	Antigorit ±Bastit, Opak		Şeritli		Serpantinit
16	Kkhb	Olivin, Cpx (Diallag), ± Opx				Harzburjit
21	Kkhb	Opx, Cpx, ± Olivin	İddingsitleşme, Serpantinleşme, Uralitleşme			Harzburjit
25	Kkhb	Feldspat, opak, kaya kırıntıları		Breşik		Fay Breşi
33	Kkhb	Antigorit (Ortö4ip) + Opak	Epidotlaşma	şeritli	Yeşilşist (Barroviyen)	Serpantinit
51/B	Kkhb	Kalsit, Kuvars, Ser., Klorit, Mika		Milonitik	Yeşilşist(Barr)	Ultramilonit
52	Kkhb	Kalsit, Klorit,		Mil.onitik	Yeşilşist(Barr)	Ultramiionit
56	Kk	Antigorit, lizardit + opak	Serpantinleşme	İğneli yığın	Yeşilşist(Barr)	Serpantinit
59	Kkhb	Antigorit, Brusit, lizardit + opak	Serpantinleşme	Elek - şeritli		Serpantinit
59/A	Kkhb	Antigorit, Klinopiroksen	Serpantinleşme	Elek		Harzburjit
67	Kkg	Olig-Alb, Rib, Amesit ± Q	Sosüritleşme-Serpantinleşme-Kloritleşme			Gabro
75	Kkdn	Antigorit+lizardit, kalsit	Sisileşme			Sisileşmiş Serpantinit
80	Kk	lizardit, Antigoritk Krizotil+ opak	Serpantinleşme	Şeritli - I.Y.		Serpantinit
84	Kkg	Labrador, Hbl (Ribekit) ± Q+Epidot	Epidotlaşma			Honblend gabro
88	Kk	Lizardit, antigorit+opak ± Epidot	Serpantinleşme	Şeritli - I.Y		Serpantinit
92	Kkbz	Q ± kalsit+ opak+ Aaragonit	Sos.-Serp.	Amigd.		Spilitik Bazalt
93	Kkbz	Y.Albit - Wairakit ± Kalsit +Opak	Sos.-Serp.	Amigd.		Spilitik Bazalt
94	Kkbz	Plj+Kalsit+Opak	Sos.-Serp.	Akıntı yapılı - Boşluklu		Spilitik Bazalt
95	Kk	Lizardit., Antigorit +Q dolgusu	Serpantinleşme	Işınal yığın		Serpantinit
100	Kkmv	Olivin, Opx.Plj (Labrador)	Sos.-Serp.	İntersertal		Ol-Opx'li Bazalt
102	Kkg	RibekilAntofillit, Prehmit+Klorit	Kloritleşme-Uralitleşme			Px'li gabro
106	Kkmt	Klorit, Albit, Epidot	Kloritleşme		Yeşilşist	Serpantin Şist
107	Kkg	Hornlend + Plj	Epid-Klo.			Hbl-Gabro
109	Kkhb	Olivin, Lizardit, Antigorit- Krizotil	Serpantinleşme	Elek		Serpantinleşmiş Harzburjit
110	Kkhb	Olivin Lizardit ± Antigorit	Serpantinleşme	Elek		Serpantinit
111	Kkg	Hornblend, Plj	Sosüritleşme			Hbl - Gabro
112	Kkg	Hornblend, Plj	Sosu - Klo.	Pokilitik		Hbl - Gabro
113	Kkhb	Lizardit ± Antigorit+ Kalık Px	Serpantinleşme	Işınal Yığın		Serpantinit
114	Kkdn	Kromit				Dünit+Kromitit
123	Kkmv	Andezin, Ojit, Spilit +Kalsit	Klo- Sosu	Amigd-Poik.		Spilitik Andezit
124	Kkv	Cpx, Ol, Uz ± Antigorit + Opak	Serpantinleşme			Serpantinleşmiş Verlit
125	Kkv	Ol, Cpx, Lizardit, ± Antigorit +Opak	Serpantinleşme	Elek		Verlit
126	Kkv	Ol + Cpx +Liz ± Antigorit +Opak	Serp-Klo.			Verlit
127	Kkhb	Lizardit+Cpx, Opak	Serpantinleşme	Şeritli		Serpantinit
128	Kkhb	Lizardit+Cpx, Opak	Serp -Klo	Şeritli		Serpantinit
129	Kkhb	Liz ± Antig, Cpx, Opak, Kalsit	Serpantinleşme	Şeritli-I.Y.		Serpantinit
130	Kkhb	Antig., Lizardit, Kalık Olivin, Opak	Serp-Klo	Işınal yığın		Serpantinit
132	Kkhb	Antigorit ± Lizardit+ Opak	Serpantinleşme	Ezilmiş		Serpantinit
135	Kkhb	Olivin, Opx, Lizardit ± Antigorit	Serpantinleşme	Elek		Harzburjit

Bu metamorfizma koşulları, çalışma alanında incelenen hemen hemen her türlü mafik-ultramafik kayaçta izlenmiştir. Aynı şekilde, ultramafik karmaşığın içinde yer alan mafik bileşenlerin metamorfizma koşulları genellikle yeşilist fasiyesini göstermektedir. Melanj içinde yer alan amfibolit bloklarının yoğun kloritleşme göstermeleri, bunların melanjla katıldıktan sonra yeşilist fasiyes koşullarında metamorfizma geçirdiklerini göstermektedir.

3. CEVHER MİNERALOGİSİ VE PETROGRAFİSİ

Çalışma alanından derlenen 21 adet cevher örneğinin mineral parajenezleri Çizelge 2'de sunul-

muştur. Bu tabloda yer alan ultramafik kayaçlarda saptanan cevher parajenezleri, değişkenlikler sunsa da, genel olarak kromit, birincil veya ikincil manyetit, hematit, limonit, götit, Ni - Sulfür mineralleri (millerit, hazlevodit, pentlandit, avaroit), markinavit, pirotin, kalkopirit ve nabit bakır; ikincil olarak oluşmuş Cr-spinel, uvarovit, kemererit minerallerinden oluşur.

Gang minerali olarak yaygınca manyezit ve dolomit gibi karbonatlar ile serpantin, talk, brusit ve kiorit bulunmaktadır. Parlatma kesitlerinde saptanmış olan cevher mineralleri aşağıda kısaca tanımlanmıştır.

Çizelge 2. Kızıldağ Ofiyolitlerinden alınan kayaç, cevherli kayaç ve cevher örneklerinin parlatma kesitlerinde saptanan mineral parajenezleri (Cevher mineralleri bolluk sırasına göre verilmiştir).

Table 2. Mineral paragenesis of the rock forming minerals and ore minerals determined by studies on polished sections of rock, mineralized rock and ore samples collected from Kızıldağ Ophiolites (Ore minerals are in the order of decreasing abundance)

ÖR. NO.	ÖRNEK TÜRÜ	DOKU	MİNERAL PARAJENEZİ	KAYAÇ ADI
13	Kayaç	Şeritli	Manyetit, hematit, kromit, limonit	Serpantinit
33	Kayaç	Şeritli	Manyetit, kromit, Ni - sulfür (millerit, hazlevodit, pentlandit (?)) mineralleri	Serpantinit
59	Kayaç	Elek - Şeritli	Kromit ve Cr - spinel, manyetit, millerit, hazlevodit, götit (*)	Serpantinit
65	Kayaç	Holokristalen	İlmenit, manyetit, kalkopirit, pirit, limonit	Mikrogabro
80	Kayaç	Şeritli	Manyetit, kromit, pentlandit	Serpantinit
114	Cevher	Kenetli - kataklastik	Kromit ve Cr - spinel, manyetit, manyezit, ((dolomit, serpantin, talk, brusit, klorit))	Kromitit
124	Kayaç	Elek	Kromit, manyetit, pirotin, pentlandit, kalkopirit, millerit, hazlevodit, nabit bakır, Cr - spinel, götit	Verit
129	Kayaç	Şeritli - Işınsal yığın	Kromit, manyetit, hematit	Serpantinit
130	Kayaç	Işınsal yığın	Kromit, manyetit, hematit, pentlandit, Cr - spinel, götit	Serpantinit
135	Kayaç	Elek	Kromit, pentlandit, nabit bakır, millerit - hazlevodit, manyetit, limonit	Harzburjıt
211	Kayaç	Elek	Manyetit, kromit	Serpantinit
K-1	Cevher	Kenetli -Kataklastik	Kromit, Cr - spinel - manyetit, kemererit, hematit, limonit	Kromitit
213	Cevherli Kayaç	Şeritli	Kromit, manyetit, Cr-spinel, kemererit	Serpantinleşmiş dünit + kromit
217	Kayaç	Şeritli	Manyetit, kromit, hematit	Serpantinit
231	Kayaç	Elek	Manyetit, kromit, nabit bakır+ hazlevodit+ manyetit, makinavit, pirotin +pentlandit	Serpantinleşmiş Harzburjıt
260	Cevher	Kataklastik	Kromit, Cr-spinel, manyetit, martitleşmiş manyetit, kemererit, uvarovit, pentlandit, avaroyit(Ni-Fe alaşımı), pentlandit, hazlevodit	Kromitit
265	Kayaç	Elek - şeritli	Kromit, Cr-spinel, manyetit, pentlandit	Serpantinit
270	Kayaç	Şeritli - ışınal yığın	Kromit, Cr-spinel, manyezit, manyetit	Serpantinleşmiş dünit
271	Kayaç	Elek	Manyetit, millerit, hazlevodit, kromit,	Serpantinleşmiş dünit
290	Cevher	Kenetli - Kataklastik	Kromit, kemererit, millerit, hazlevodit	Kromitit
291	Cevherli Kayaç	Elek - şeritli	Kromit, Cr-spinel, manyetit, limonit	Serpantinleşmiş dünit+ kromit

Kromit; Krom it cevheri olarak değerlendirilen örnekler dışında genellikle az - çok az miktarda izlenmektedir. Genelde küçük taneli ve iskelet şekillidir. Tane boyu yer yer 1.2 - 1.5 mm'ye ulaşmaktadır. Genel olarak kataklastik yapıya sahip olan kromit taneleri, kenar ve çatlakları boyunca kısmen Cr - spinel ve manyetit'e, yer yer de kemererit'e dönüşmüştür. Kromit kristalleri kimi örneklerde öz, yarı öz şekilli ve kataklastik yapıdadır. Kimi örneklerdeki kromitlerin ara ve çatlakları kemererit, serpantin ve uvarovit tarafından dolgulanmış olup krom itten oluşan Cr-spinel delikli ve elek dokuludur.

Manyetit; İncelenen örneklerden çoğunda manyetitin büyük kısmı serpantinleşme sonucu , çok azı da kroniklerden dönüşerek oluşmuştur. Manyetit, küçük ve ince damar - iskelet şekilli tanelerden meydana gelmiştir. Manyetit, kısmen martitleşme sonucu hematite dönüşmüştür. Bazı manyetitler, bastitlerin dilinimlerini dolduran çubuklar halindedir. Kimi örneklerde manyetit iğ, iskelet ince damarcık ve tanecikler halinde gözlenmektedir. Kimi kayaç örneklerinde ise değişik türde manyetit oluşumları bulunmaktadır. Bunlardan biri, kromitin kenar ve çatlakları boyunca dönüşmesi yoluyla oluşmuştur. Diğerisi ise, serpantinleşme sonucu oluşmuş ve serpantiniti kesen klorit damarları içinde gözlenen ince manyetit damarcıkları halindedir. Serpantinleşme sonucu açığa çıkan manyetit'ler bazen çok ufak ve submikroskopik boyutlarda tane toplulukları oluşturmaktadır. Üçüncü tür manyetit ise, ortama hidrotermal çözeltiler halinde gelmiş, kayacın çatlaklarında ve serpantinleşen kesimlerinde ince damarcık ve küçük tane- tane toplulukları oluşturan hidrotermal kökenli manyetit'tir. Bu sonuçta tip manyetit, bazen pirotin, pentlandit ve kalkopiriti, kenar ve dilinimleri boyunca ornatmakta ve bu sülfürü mineraller ile iç içe - yanyana büyümeler göstermektedir. Manyetit bazen zayıf martitleşme göstermekte, yani yer yer hematit ve maghemite dönüşmüş halde bulunmaktadır.

Hematit - Limonit - Götit; Hematit genel olarak manyetit'in kısmen martitleşmesi sonucu ortaya çıkmıştır. Çok az gözlenir. Limonit, genellikle manyetit ve hematit'in çatlak, boşluk ve dilinim

düzlemlerini doldurur şekilde gözlenmektedir. Götit ise çok az miktarda, kayaç örneklerinin çatlak ve boşluklarını dolduran yüzeysel ayrışma - bozuşma ürünü ikincil bir mineral olarak, büyük olasılıkla da, pirotin ve manyetit gibi demir içerikli minerallerin yüzeysel alterasyonu ile oluşmuştur.

Ni - Sülfürler; Genellikle çok az miktarda , çok küçük tane ve iğnecikler şeklinde izlenmektedir. Ni - sülfür mineralleri çok küçük olduklarından, çoğu örnekte bunların sağlıklı ve kesin tayinleri güçleşmektedir. Serpantinit ve manyetit içinde bulunan bu mineraller; millerit, hezlevodit veya pentlandit olabilirler. Çoğu örnekte manyetit içinde kapanım halinde gözlenen Ni - sülfür mineralleri genellikle pentlandite benzemekte ve izotrop özellik göstermektedir. Kimi örneklerde saptanan avafoyit (Ni-Fe alaşımı) ise çok ufak taneli olup kromit içinde bulunmaktadır.

Millerit - Hezlevodit; \pm miktarlarda ve çok küçük tanecikler halinde serpantin içinde ve bazı kromit çatlaklarında bulunmaktadır. Serpantinleşme sonucu oluşan millerit ve hezlevodit, örgü dokuya paralel olarak oluşmuş çok küçük iğne ve taneciklerden oluşmaktadır. Millerit tane ve çubukları ile hezlevodit tanecikleri, serpantinit dışında, serpantiniti kesen ince klorit damarcıkları içinde de gözlenmektedirler. Bu mineraller bazen sıralanma ve dizilme gösterirler. En iri millerit ve hezlevodit tanesi 40 - 50 mikron uzunluğunda ve birkaç mikron enindedir.

Pirotin; eser miktarda izlenmektedir. Pirotin, manyetit ve pentlandit ile iç içe birlikte büyüme göstermektedir. Kimi örneklerde manyetit hem pirotini hem de pentlanditi kenar ve dilinimleri boyunca ornatmaktadır. Bu durumda manyetit, bu iki sülfürü mineralden daha gençtir.

Pentlandit; eser miktarda ve çok küçük tanecikler halinde manyetit, pirotin ve kalkopirit ile kenetli halde gözlenmektedir. Pentlandit, çok iyi gelişen dilinimleri boyunca markinavite dönüşme göstermektedir. Kimi örneklerde kromitlerin çatlaklarında izlenen pentlandit ise çok küçük tanelidir ve belirgin dilinim göstermektedir

Kalkopirit; Belirli örneklerde eser miktarda izlenmektedir. Kalkopirit, manyetit ve pentlandit ile kenetlidir ve çok küçük tanelidirler.

Nabit Bakır; Belirli örneklerde eser miktarda ve çok küçük tanecikler halinde serpantin içinde ve öncelikle de serpantinleşen piroksenit dilinimlerinde yer almıştır.

4. JEOKİMYA

4.1. Ni Zenginleşmeleri

Ofiyolit karmaşığına ait ultramafik kayalar ile serpantinlerden 21 adet, gabroik kesimden 5, karmaşığın içinde yer alan bazı kromit cevherlerine ait 5, karmaşık ile ilişkili bazik kayalardan 3, bu karmaşığı kesen genç sokulum ürünü felsik kayalardan 6 adet ve bu iki kayaç topluluğunun karşılaştığı kesimlerde geniş yayılımlar sunan listvenit türü kayalarda 11 adet olmak üzere toplam 51 örnek üzerinde Ni analizi yapılmıştır.

Bu analizlere göre ultramafik kayalar, 16 numaralı örnek dışında Ni açısından, Brugmann ve

diğ. (1987)'a göre normal sınırlarda, hatta yer yer oldukça düşük değerlerde bulunmuştur. 16 numaralı kayaç örneğinde ise Ni değeri, normal kabul edilen değerlerin yaklaşık 2 katı zenginleşmiş görünmektedir (Çizelge 3). Mahmutyayla Tepe dolayından alınan 16 numaralı kayaç örneğinin Ni değerinin genel ortalamasının yaklaşık iki kat üzerinde olduğu dikkat çekicidir. Bu örneğe, parlatma kesiti yapılan en yakın lokasyon K-1 örneği olmakla birlikte bu örnekte Ni-sülfür minerali saptanamamış, diğer en yakın lokasyon olan 130 numaralı örnekte ise nikel - sülfürlerden pentlandit tanımlanmıştır (Çizelge 2).

Çizelge 3'te yer alan Ni değerleri incelendiğinde, ofiyolit'lerin karbonitizasyonu ve silisifikasyonu yoluyla oluşan listvenitlerden II. tip oluşukların da yüksek Ni değerleri verdikleri, I. tip oluşuklarda bu değerlerin oldukça düşük düzeylerde bulunduğu gözlenmiştir. Parlatma kesitlerinde bu elementin genellikle millerit, linneit ve gersdorfit türü Ni-sülfür'lere bağlı olduğu gözlenmiştir. Bu oluşukların jeokimyasal özellikleri bu çalışmanın konusunu oluşturmadığından ayrıntısına girilmeyecektir.

Çizelge 3. Çalışma alanında yer alan ofiyolit karmaşığının değişik bileşenlerinden ve ikincil kayalardan alınan örneklerin Ni ve Cr değerleri (ppm).

Table 3. Ni and Cr values (in ppm) of various rocks of the ophiolitic melange and secondary rocks in the investigation area.

ÖRNEK NO.	Ni (ppm)	Cr (ppm)	KAYAÇ ADI	ÖRNEK NO.	Ni (ppm)	Cr (ppm)	KAYAÇ ADI
13	1789	A.Y.	Serpantinit	127	1328	A.Y.	Serpantinit
16	4630	A.Y.	Harzburjıt	129	1335	A.Y.	Serpantinit
21	1529	A.Y.	Harzburjıt	130	1406	A.Y.	Serpantinit
30	187	319	Ol-Bazalt	133	43	186	Rib-Diyorit
32	16	77	Metabazıt	135	1591	A.Y.	Harzburjıt
33	2203	2166	Serpantinit	210	1443	A.Y.	Serpantinit
34	21	85	Diyorit Porfir	213	1749	A.Y.	Srp-dünit + kromit
36	76	208	Q-Monzonit	231	1494	A.Y.	Srp-Harzburjıt
59	3266	1932	Serpantinit	260	982	A.Y.	Kromitit
65	27	106	Mikrogabro	265	1718	A.Y.	Serpantinit
67	928	A.Y.	Gabro	268	1478	A.Y.	Srp-Harzburjıt
80	1628	A.Y.	Serpantinit	271	1530	A.Y.	Srp-Dünit
84	849	A.Y.	Hbl-Gabro	290	1299	A.Y.	Kromitit
93	35	67	Spl-Bazalt	291	1891	A.Y.	Srp-dünit + kromit
95	1545	A.Y.	Serpantinit	LİSFENİTLER			
102	67	237	Px-Gabro	1	1789	A.Y.	II. Tip Listvenit
103	41	181	Rib-Diyorit	8	2056	A.Y.	II. Tip Listvenit
104	25	92	Rib-Diyorit	23	3289	A.Y.	II. Tip Listvenit
107	26	97	Hbl-Gabro	28	1380	A.Y.	II. Tip Listvenit
108	54	202	Rib-Diyorit	44	424-	A.Y.	I Tip Listvenit
109	1391	A.Y.	Srp- Harzburjıt	47	2250	A.Y.	II Tip Listvenit
110	2050	2148	Harzburjıt	89	53	A.Y.	I Tip Listvenit
113	1523	A.Y.	Serpantinit	91	48	A.Y.	1. Tip Listvenit
114	1301	A.Y.	Kromitit	131	626	A.Y.	1. Tip Listvenit
124	1463	A.Y.	Srp-Veriit	137	349	A.Y.	1 Tip Listvenit
125	1457	A.Y.	Verlit	139	134	A.Y.	1. Tin Listvenit

A.Y. = Analizi Yapılmadı

4.2. PGE ve Au

Kızıldağ merkez kesiminde yer alan Refahiye Ofiyolitli Karmaşığı⁵'na ait mafik-ultramafik kayalar ve bunların içinde yer alan kimi kromitit-

lerden Pt grubu elementler ve jeokimyasal açıdan bu grup ile birlikte davranan altın analizleri, yukarıda belirtilen kurum ve yöntemlerle yapılmış olup değerler Çizelge 4'te sunulmuştur.

Çizelge 4. Kızıldağ Ofiyolitlerine ait mafik - ultramafik kayaların ve kromitit'lerin PGE ve Au, Ni, Cu değerleri (ppb).

Table 4. PGE, Au, Ni and Cu values (in ppb) of the mafic - ultramafic rocks and kromitites of Kızıldağ Ophiolites.

Ör. No	Os (ppb)	Ir (ppb)	Ru (ppb)	Rh (ppb)	Pd (ppb)	Pt (ppb)	Au (ppb)	Ni (ppm)	Cu (ppm)	Kayaç Adı
13	10	2	<5	<1	<1	<1	1	1789	4	Serpantinit
16	10	<2	6	3	4	3	3	4630	185	Harzburjit
21	5	<2	9	2	6	4	6	1529	3	Harzburjit
33	15	<2	7	<1	4	4	6	1392	14	Serpantinit
59	17	3	8	1	<1	<1	4	1771	9	Serpantinit
67	7	<2	6	<1	<1	<1	<1	928	29	Gabro
80	8	<2	19	<1	6	2	7	1628	13	Serpantinit
84	<5	<2	<5	<1	<1	<1	1	849	55	Hbl-Gabro
95	7	2	11	<1	2	1	1	1545	3	Serpantinit
109	9	<2	10	<1	3	4	3	1393	20	Srp-Harzburjit
113	<5	<2	5	<1	<1	1	6	1523	5	Serpantinit
114	9	4	18	<1	<1	<1	147	1301	3	Kromitit
124	23	<2	18	2	7	10	4	1463	19	Srp-Verlit
125	14	<2	11	<1	6	6	4	1457	25	Verlit
129	11	<2	5	<1	5	3	3	1335	20	Serpantinit
130	13	2	12	<1	1	3	5	1406	18	Serpantinit
135	9	<2	<5	1	5	6	3	1591	21	Harzburjit
210	18	<2	8	2	6	6	13	1443	629	Serpantinit
213	11	4	18	3	6	6	1	1749	8	Srp-dünit + kromit
231	10	<2	16	<1	4	7	3	1494	36	Srp-Harzburjit
260	37	23	<5	<1	1	<1	38	982	2	Kromitit
265	30	5	6	4	7	7	7	1718	9	Serpantinit
268	20	<2	<5	<1	7	7	2	1478	31	Srp-Harzburjit
271	9	<2	<5	<1	1	<1	1	1530	3	Srp-Dünit
290	16	<2	11	<1	1	<1	15	1299	2	Kromitit
291	16	<2	6	<1	<1	<1	1	1891	3	Srp-dünit + kromit
LİSFENİTLER										
1	7	2	<5	<1	<1	1	<1	1789	4	II. Tip Listvenit
8	6	<2	<5	2	1	3	1	2056	7	II. Tip Listvenit
23	9	<2	9	<1	<1	<1	<1	3289	130	II. Tip Listvenit
28	7	<2	6	<1	5	<1	1	1380	1110	II. Tip Listvenit
44	<5	<2	<5	<1	<1	<1	<1	424	10	I. Tip Listvenit
47	7	<2	<5	<1	2	2	<1	2250	9	II. Tip Listvenit
89	<5	<2	<5	<1	1	2	1	53	9	I. Tip Listvenit
91	<5	<2	<5	<1	1	1	1	48	16	I. Tip Listvenit
131	5	<2	6	<1	1	<1	1	626	8	I. Tip Listvenit
137	<5	<2	<5	<1	1	1	1	349	<1	I. Tip Listvenit
139	<5	<2	<5	<1	1	1	2	134	1	I. Tip Listvenit
İM	3.3	3.6	4.3		4	(7)	1	2110	28000	İlksel Manto

İM: İlksel Manto, Brugmann et. al., 1987'den; (..) : Jagoutz et. al., 1979'dan.

Çizelge 4'teki değerler kullanılarak oluşturulan Çizelge 5, Kızıldağ ofiyolitleri için yapılan PGE analizi sonuçlarının ağırlıklı ortalaması (kromit

analizleri kullanılmamıştır) ile Fertile Mantle, Primitive Mantle, C1 Kondritleri, Kanada'daki Komatitler, King Island'daki Pikritler, Avustral-

ya'daki Munni Munni kompleksi, Bushveld Masifi B4 kesimi ve Boninit'lere ait ortalama değerleri içermektedir. Çizelge 5'teki veriler kullanılarak

oluşturulan spider diyagramları Şekil 3, Şekil 4 ve Şekil 5'te görülmektedir.

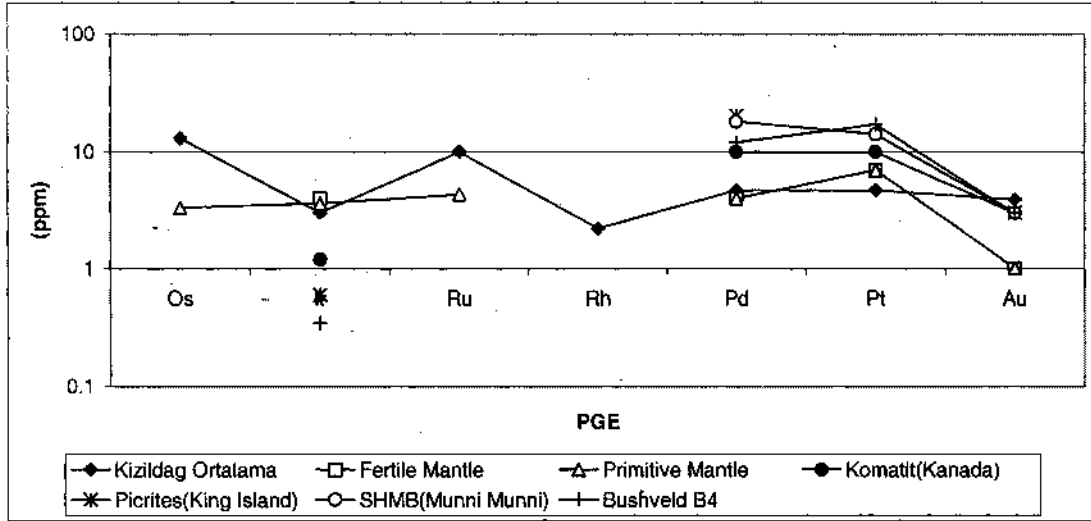
Çizelge 5. Kızıldağ Ofiyolitlerinin, dünyadaki değişik bazik - ultrabazik kayalar ile fertile manto, primitive manto ve C1 kondritlerinin ortalama PGE içerikleri.

Table 5. The PGE abundance of the Kızıldağ Ophiolites, some of the basic - ultrabasic rocks of the world and fertile mantle, primitive mantle and C1 chondrites.

	Os	Ir	Ru	Rh	Pd	Pt	Au	Cu	Referans
Kızıldağ Ortalama*	13	3	10	2.2	4.7	4.7	3.9	50	13
Fertile Mantle		4			4	7	1	28	1, 2, 3, 5, 7
Primitive Mantle	3.3	3.6	4.3		4	7	1		1, 9
C1 Chondrites	514	540	690	200	545	1020	152		12
Komatit(Kanada)		1.2			10	10	3	50	4, 9, 10
Picrites(King Island)		0.6			20		3	18	4, 6
SHMB(Munni Munni)					18	14	3	85	11
Bushveld B4		0.35			12	17	3	56	8
Boninit (ort.)					15		2	20	6

* Çizelge 4 verileri kullanılmış ve kromitlere ait analiz değerleri ortalamaya katılmamıştır

1: Jagoutz et al.(1979), 2: Morgan et al. (1981), 3: Mitchell and Keays (1981), 4: Keays (1982 a,b), 5: Sun (1982), 6: Hamilyn et al. (1985), 7: Barnes et al. (1985), 8: Davies and Tredoux (1985), 9: Brugmann et al. (1987), 10: Barnes and Naldrett (1985), 11: Sun et al. (1991), 12: Naldrett and Duke (1980), 13: This Study

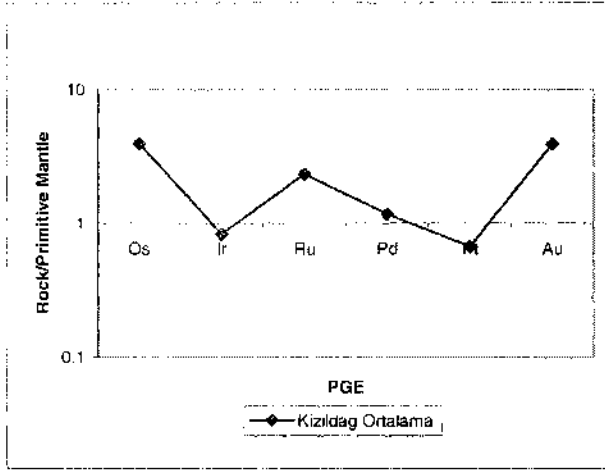


Şekil 3. Kızıldağ Ofiyoliti'nin PGE içeriğinin dünyadaki diğer örneklerle karşılaştırılması
Figure 3. Comparison of the Kızıldağ Ophiolites with other mafic - ultramafic samples around the world by PGE's

Şekil 3'te, tüm bu temsilci bölgelerin PGE içeriklerinin dağılımı görülmektedir. Buna göre Kızıldağ ofiyolitleri tüm birimlere göre Os ve Ru açısından belirli oranlarda zenginleşme sunmakta, Ir, Pd ve Pt'de fakirleşme gözlenmektedir. Jeokimyasal açıdan bu grupla birlikte değerlendirilen Au ise

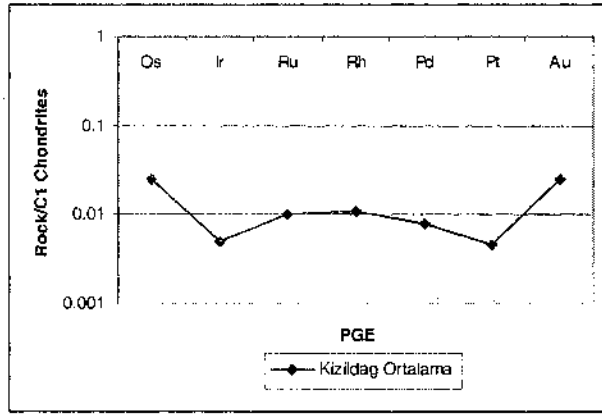
genel olarak ilksel manto değerinin oldukça üzerinde değerler sunmaktadır. Şekil 4'te Kızıldağ ofiyolitlerinin Primitive Mantle normalize spider diyagramı görülmektedir; buna göre Ir ve Pd fazla bir değişiklik sunmazken Os, Ru ve Au yaklaşık 8 kata kadar zenginleşme göstermektedir. Pt'de ise bir

miktar fakirleşme gözlenmektedir. Aynı kayaçların Cl kondritlerine göre normalizasyonunda tüm PGE'lerin önemli bir fakirleşme gösterdikleri izlenmiştir.



Şekil 4. Kızıldağ Ofiyolitlerinin ilkel manto normalize PGE modeli

Figure 4. The primitive mantle normalized PGE pattern of the Kızıldağ Ophiolites



Şekil 5. Kızıldağ Ofiyolitlerinin Cl kondrit normalize PGE modeli

Figure 5. The Cl Chondrite normalized PGE pattern of the Kızıldağ Ophiolites

Çizelge 4'teki veriler incelendiğinde 114 numaralı kromit örneğinde dikkat çekici bir Au anomalişi gözlenmektedir. Bu cevher örneğinin parlatma kesitinde ilksel kromit ve kromitin dönüşüm ürünü Cr - spinel ve manyetit ile serpantin, talk, brusit ve klorit gibi mineraller tanımlanmıştır. İlksel manto-daki bulunuş oranı 1.0 ppb dolayında olduğu kabul

edilen (Brugmann ve diğ., 1987) Au'nun, bir kromit cevherinde bu oranda zenginleşmiş olması ilginçtir. Ancak Buisson ve Leblanc'a (1987) göre kromit cevherlerinde 60 ppb'ye kadar Au bulunabilmektedir. Kromit'in cevher mikroskobu incelemesinde, kromit minerali yanısıra ikincil olarak Cr-Spinel, manyetit ve manyezit ile kayaç yapıcı minerallerden serpantin, talk, brusit ve klorit mineralleri saptanmıştır. Altının, cevherdeki manyetitle- rin ikincil olması nedeniyle manyetite bağlı olması zayıf bir olasılık olarak görülmektedir. Bölgede gelişmiş yoğun hidrotermal alterasyon ile lisfenitizasyon süreçleri dikkate alınır, altının bu geç faz çözeltilerine bağlı olarak mobilize olduğu savunulabilir.

İnceleme alanında gabroik kayaçlarda Pt grubu elementler ve Au son derece düşük, hatta dedeksiyon limitlerinin altında değerlerdedir. Ultramafik kayaçlardan en yüksek Pt değerini verlit türü kayaçlar verirken (10 ppb), dünitlerde bu değer çok düşük (<1 ppb), harzburjitlerde ise ortalama 5 ppb değerler elde edilmiştir. Bu ultramafik kayaçların alterasyon ürünü serpantin itlerde ortalama Pt değeri 3 ppb dolayındadır. Bunların da karbonatizasyonu ve/veya silisifikasyonu ile oluşmuş listvenitlerde Pt değerinin ortalama 1 ppb dolayında olduğu görülmüştür.

4.3 Kızıldağ Ofiyolitlerinin Eser Element Davranışı

Kızıldağ Ofiyolitlerinden alınan kayaç örneklerinin eser element analiz sonuçları topluca Tablo 6'da sunulmuştur. Bu tablodaki veriler kullanılarak oluşturulan Çizelge 7, bu kayaçların ortalama eser element içerikleri ile MORB ve Cl kondrit ortalama içeriklerini göstermektedir. Tablo 7'deki veriler kullanılarak oluşturulan spider diyagramları ise Şekil 6, Şekil 7 ve Şekil 8'de sunulmuştur.

Şekil 7'de Kızıldağ Ofiyolitlerinin N-tipi MORB'a göre normalize eser element \hat{c}^{norm} görülmektedir. Burada U ve Ta'da bir miktar zenginleşme, Ba, Th, La ve Ce'da 10 kata kadar fakirleşme, Sr, Nd, Zr, Sm, Tb, Y ve Yb'de 100 kata varan fakirleşme gözlenmektedir. Rb'da herhangi bir değişim olmamıştır.

Çizelge 6. Kızıldağ Ofiyolitlerinin eser element içerikleri
Table 6. The trace element abundance of the Kızıldağ Ophiolites

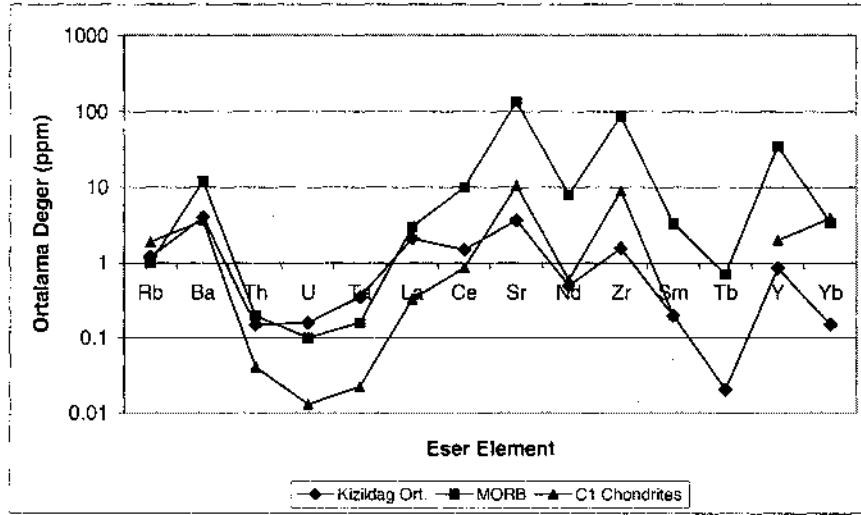
	Ba	Co	Cs	Ga	Hf	Nb	Rb	Sn	Sr	Ta	Th	Tl	U	V	W	Zr	Y	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu
13	67	93,1	0,1	1	<0,5	<0,5	0,6	1	2,7	<0,1	<0,1	0,2	<0,1	48	<1	1,3	0,3	<0,5	<0,5	0,06	<0,4	0,2	<0,05
16	68	129,8	1,2	1,5	<0,5	<0,5	8,1	<1	7,3	<0,1	<0,1	0,3	0,1	31	<1	1,3	0,1	<0,5	<0,5	<0,02	<0,4	0,1	<0,05
21	<1	108,9	0,1	1,3	<0,5	<0,5	0,5	1	2,5	0,2	<0,1	0,2	0,1	41	<1	1,5	0,2	<0,5	<0,5	0,08	0,6	0,6	0,14
33	4	99,4	<0,1	1,6	<0,5	<0,5	0,6	1	3,3	<0,1	<0,1	0,2	<0,1	68	<1	1,9	0,9	<0,5	<0,5	0,04	<0,4	0,2	<0,05
59	<1	117,7	<0,1	0,9	<0,5	<0,5	<0,5	<1	0,9	<0,1	<0,1	0,2	<0,1	10	8	1,3	0,1	<0,5	<0,5	<0,02	<0,4	<0,1	<0,05
80	<1	84,7	0,1	1,1	<0,5	<0,5	1	<1	1,5	<0,1	<0,1	0,2	<0,1	39	<1	1,3	0,6	<0,5	<0,5	<0,02	<0,4	<0,1	<0,05
95	<1	111,4	<0,1	0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<1	2,5	<0,1	<0,1	0,4	<0,1	23	<1	1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,02	<0,4	<0,1	<0,05
109	<1	96	<0,1	1,2	<0,5	<0,5	<0,5	1	4,4	<0,1	<0,1	0,5	<0,1	50	<1	1,1	0,5	<0,5	<0,5	<0,02	<0,4	<0,1	<0,05
113	<1	118,7	<0,1	1,2	<0,5	<0,5	<0,5	<1	1,5	<0,1	<0,1	0,4	<0,1	39	<1	1,2	2,3	<0,5	<0,5	0,05	0,4	0,1	0,06
124	<1	99,9	0,1	1,8	<0,5	<0,5	0,7	1	1,8	<0,1	<0,1	0,5	<0,1	59	<1	1,2	0,9	<0,5	<0,5	<0,02	<0,4	<0,1	<0,05
125	<1	96,6	0,1	2,2	<0,5	<0,5	0,5	<1	0,5	<0,1	<0,1	0,3	<0,1	69	<1	1,2	1,3	<0,5	<0,5	<0,02	<0,4	<0,1	<0,05
127	<1	95,8	0,2	2	<0,5	<0,5	1,2	2	10,2	0,9	0,2	0,5	0,3	54	1	11	2,2	2,1	1,5	0,12	<0,4	0,1	<0,05
129	<1	98,6	0,1	1,3	<0,5	<0,5	0,6	<1	1,2	0,2	<0,1	0,3	0,2	43	2	2,5	1	<0,5	<0,5	<0,02	<0,4	<0,1	<0,05
130	<1	100,7	0,1	1,3	<0,5	<0,5	0,6	1	4,2	0,5	<0,1	0,4	<0,1	42	<1	2	0,8	<0,5	<0,5	<0,02	<0,4	<0,1	<0,05
135	<1	97,8	0,1	1,6	<0,5	<0,5	0,7	<1	5,9	0,5	<0,1	0,2	<0,1	50	<1	1,1	0,9	<0,5	<0,5	0,02	<0,4	<0,1	<0,05
210	<1	95,9	<1	2,3	<0,5	<0,5	0,5	16	4,8	0,1	<0,1	0,2	<0,1	73	<1	1,9	2,3	<0,5	<0,5	0,03	<0,4	0,1	<0,05
231	<1	93	0,2	1,4	<0,5	<0,5	<0,5	<1	2,2	0,1	0,1	0,2	<0,1	75	<1	0,7	0,9	<0,5	<0,5	0,02	<0,4	<0,1	<0,05
265	<1	110,4	<0,1	0,8	<0,5	<0,5	0,6	<1	8,3	<0,1	<0,1	0,1	0,1	68	5	2	0,2	<0,5	<0,5	<0,02	<0,4	<0,1	<0,05
268	<1	98,5	0,7	0,8	<0,5	<0,5	1,5	<1	6,7	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	42	<1	3,9	0,2	<0,5	<0,5	0,03	<0,4	<0,1	<0,05
271	<1	104,5	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<1	0,5	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	14	<1	1,6	<0,1	<0,5	<0,5	<0,02	<0,4	<0,1	<0,05

	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Mo	Cu	Pb	Zn	Ni	As	Cd	Sb	Bi	Kaya Adı
13	0,22	0,01	0,21	<0,05	0,11	<0,05	0,25	0,01	<1	4	4	37	1789	8	<0,2	1,4	1,1	Serpantinit
16	<0,05	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,01	<1	185	10	62	4630	1035	0,5	85	3,9	Harzburjlit
21	0,6	0,08	0,37	0,06	0,23	<0,05	0,5	0,04	<1	3	<3	29	1529	<2	<0,2	3	<0,5	Harzburjlit
33	0,21	0,02	0,24	<0,05	0,15	<0,05	0,22	0,02	<1	14	<3	23	1392	<2	<0,2	3,1	<0,5	Serpantinit
59	<0,05	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,01	<1	9	<3	12	1771	<2	<0,2	2,6	0,5	Serpantinit
80	<0,05	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,01	<1	13	<3	16	1628	<2	<0,2	2,1	<0,5	Serpantinit
95	<0,05	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,01	<1	3	<3	25	1545	4	<0,2	2,7	<0,5	Serpantinit
109	<0,05	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,08	<0,01	<1	20	<3	20	1393	<2	<0,2	0,8	<0,5	Srp-Harzburjlit
113	0,2	0,01	0,17	<0,05	0,15	<0,05	0,12	<0,01	<1	5	<3	15	1523	<2	<0,2	2,5	<0,5	Serpantinit
124	<0,05	<0,01	0,08	<0,05	0,07	<0,05	0,06	<0,01	<1	19	<3	21	1463	<2	<0,2	2,9	<0,5	Srp-Verlit
125	<0,05	0,01	0,15	<0,05	0,15	<0,05	0,12	<0,01	<1	25	<3	17	1457	<2	<0,2	1,1	<0,5	Verlit
127	<0,05	0,03	0,14	0,07	0,1	<0,05	0,1	0,04	<1	18	<3	23	1328	<2	<0,2	<0,5	<0,5	Serpantinit
129	0,07	0,01	0,16	<0,05	0,1	<0,05	0,14	0,02	<1	20	<3	22	1335	<2	<0,2	0,5	<0,5	Serpantinit
130	<0,05	<0,01	0,06	<0,05	0,06	<0,05	0,07	<0,01	<1	18	<3	21	1406	<2	<0,2	2,9	<0,5	Serpantinit
135	<0,05	<0,01	0,07	<0,05	0,07	<0,05	0,09	0,01	<1	21	<3	21	1591	<2	<0,2	2,7	<0,5	Harzburjlit
210	0,24	0,03	0,35	0,06	0,25	<0,05	0,21	0,03	<1	629	28	313	1443	<2	<0,2	1,8	<0,5	Serpantinit
231	<0,05	0,01	0,07	<0,05	0,09	<0,05	0,17	0,01	<1	36	<3	22	1494	<2	<0,2	2,4	<0,5	Srp-Harzburjlit
265	<0,05	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,08	<0,01	<1	9	<3	17	1718	<2	<0,2	1,9	<0,5	Serpantinit
268	<0,05	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,01	<1	31	<3	19	1478	<2	<0,2	1,6	<0,5	Srp-Harzburjlit
271	<0,05	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,01	<1	3	<3	16	1530	<2	<0,2	2,8	<0,5	Srp-Dünit

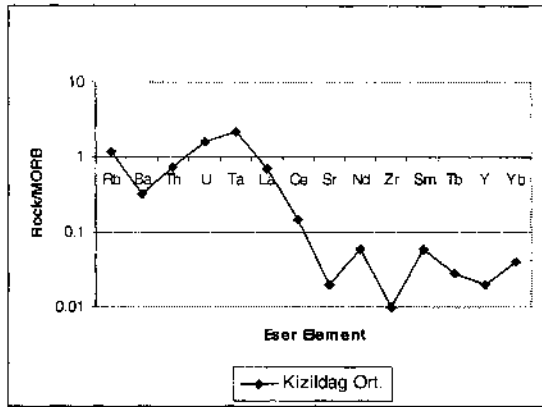
Çizelge 7. Kızıldağ Ofiyolitleri, N - tipi MORB ve C1 kondritlerinin ortalama eser element içerikleri
 Table 7. The average trace element abundance of Kızıldağ Ophiolites, N-Type MORB and C1 Chondrites

	Rb	Ba	Th	U	Ta	La	Ce	Sr	Nd	Zr	Sm	Tb	Y	Yb
Kızıldağ Ort.	1.2	4	0.15	0.16	0.35	2.1	1.5	3.65	0.5	1.56	0.2	0.02	0.86	0.15
MORB*	1	12	0.2	0.1	0.16	3	10	136	8	88	3.3	0.71	35	3.4**
C1 Chondrites***	1.88	3.6	0.04	0.013****	0.022	0.328	0.865	10.5	0.597****	9	0.203		2	3.87****

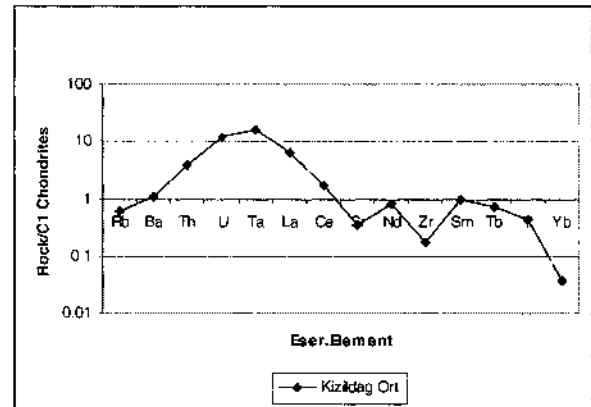
*Average N-Type MORB (Saunders and Tarney, 1984; Sun, 1980), ** Pearce (1983), ***Wood et al.(1979b), ****Sun (1980), *****Sun and McDonough (1989)



Şekil 6. Kızıldağ Ofiyolitleri, C1 Kondritleri ve N-tipi MORB eser element modeli
 Figure 6. The trace element pattern of the Kızıldağ Ophiolites, C1 Chondrites and N-Type MORB



Şekil 7. Kızıldağ Ofiyolitlerinin N-tipi MORB normalize eser element modeli
 Figure 7. The N-Type MORB normalized trace element pattern of the Kızıldağ Ophiolites



Şekil 8. Kızıldağ Ofiyolitlerinin C1 kondrit normalize eser element modeli
 Figure 8. The C1 Chondrite normalized trace element pattern of the Kızıldağ Ophiolites

Şekil 8'de ise aynı kayaların C1 kondritlerine göre normalize edilmiş eser element davranışları görülmektedir. Burada ise Th, U, Ta, La ve Ce'da

10 kata kadar zenginleşme; Rb, Sr, Zr, Tb ve Y'da 10 kata kadar, Yb'de 100 kata kadar fakirleşme gözlenirken Ba, Nd ve Sm'da herhangi bir değişim izlenmemektedir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Ultramafik kayaların ilksel bileşimlerinde eser miktarda bulunan Ni, değişik süreçlerle zenginleşebilir. Bunlardan birisi, hidrotermal alterasyon sürecidir. Hemen hemen tüm ultramafik kayalarda olduğu gibi, bölgedeki kayalar yerleşmelerini izleyen dönemde yoğun tektonik ve hidrotermal etkiler altında kalmıştır. Özellikle Eosen'de gelişen kıta kalınlaşmasına bağlı volkanizmaya ve magmatizmaya eşlik eden hidrotermal çözeltiler, ofiyolitlerin çatlak sistemlerinde dolaşarak bu kayaların bünyesindeki metalik elementleri yıkamış ve daha yukarılara taşımış olabilir. Yükselen ve metalce zenginleşmiş olan çözeltiler, ofiyolitlerin üzerinde henüz başka litolojilerin gelişmemiş olması nedeniyle, fiziko - kimyasal koşulların değiştiği ortamlara gelindiğinde ancak yine aynı litolojinin elek dokusu içinde taşıdığı metalleri bırakabilir. Bir diğer süreç, serpantinizasyon ile kimyasal olarak kayaların metal açısından yerinde bir miktar zenginleşmesinden sonra bu kayaların süperjen koşullarda daha da zenginleşmeleridir.

İnceleme alanındaki ofiyolitlerde Ni'in, cevher mikroskopisi çalışmaları sonucunda birincil nikel - sülfürlere, ağırlıklı olarak da millerit (NiS), hazlevodit (Ni₃S₂) ve pentlandit ((Fe,Ni), S₈)'e bağlı olduğu saptanmıştır. Yukarıda belirtilen yoğun hidrotermal süreçlere rağmen bölgedeki ofiyolitlerde nikelin, gersdorffit gibi hidrotermal Ni minerallerine ve yoğun silisifikasyona rağmen Ni-silikat minerallerine rastlanmamıştır. Au açısından da ikincil bir zenginleşme saptanmamıştır. Özellikle, geç hidrotermal çözeltilerde selenid - tellürid veya sülfürlü çözeltilerle kolayca taşınabilen Au için önemli bir anomalinin saptanmamış olması ilginçtir. Aslında yer kabuğundaki ortalama bulunuş oranına göre oldukça yüksek değerlerde Au içeren ofiyolitlerin bu bölgede Au açısından oldukça fakir oldukları veya hidrotermal çözeltiler tarafından çözülen ve taşınan Au'nun başka ortamlara göç etmiş olabileceği söylenebilir. Bu nedenle, bölgedeki Au jeokimyasının daha sağlıklı değerlendirilmesi için geniş yayımlı alüvyonların Au açısından denetlenmeleri önerilebilir.

Okyanusal kabuğu temsil eden ultramafik kayaların bileşiminde ortalama 2110 ppm Ni (Brugman ve diğ.,1987) ve ortalama 3140 ppm Cr (Sun, 1982) bulunur. Oysa bu elementlerin yer kabuğunun bileşiminde ağırlıkça % 0,0075 ve % 0,01 oranlarında buldukları bilinmektedir (Mason, B.

and Moore, C.B., 1982). Bu elementlerin metalojenik olarak değerlendirilmesinde Tablo 8⁵'de verilen değerler kullanıldığında, bölgedeki kimi ultramafik kayaların yer kabuğu ortalama değerlerine göre Cr açısından normalden yaklaşık 22 kat, Ni açısından ise yer yer 62 kat zenginleştikleri ortaya çıkmaktadır. İşletme alt sınırının % 1 tenörlü cevher olarak belirlenmesi durumunda (ki dünyanın en büyük nikel-bakır yatağı olan Sudbury'de %1.1, Yeni Kaledonya'da %1-4 arasında, Cornwall-Manitoba'daki Thompson yatağında %2.8, Oregon yatağında %1.5, Dominik Cumhuriyeti'nde %0.15-0.35, Rankin inlet yatağında %4.6, Kalgorlie yatağında %4.6, Kambolda yatağında ise %1.5; Jensen, M.L. and Bateman, A.M., 1981), Ni için zenginleşme faktörü 133'tür. Çalışma alanında yer alan kimi ultramafik kayalarda ölçülen Ni değerleri %0.4630 oranına ulaşmaktadır. Bu durumda zenginleşme faktörü 62 olarak belirlenmektedir. Ni zenginleşmelerinin gerek nedenlerini gerekse boyutlarını ortaya koyabilmek için, zenginleşmelerin gözlemlendiği alanlarda daha ayrıntılı ve sistematik örneklemelerin yapılması, buna bağlı olarak da Ni için eş tenor haritalarının oluşturulması için gerekli olan projelerin üretilmesi anlamlı olabilir. Anomali bölgesinde metalojenik amaçlı çalışmaların yürütülmesi durumunda her bir bölgede daha ayrıntılı ve sistematik örnek alımları sonucunda bu kesimlerdeki gerçek zenginleşme değerleri ve bunların yayılım alanları ortaya konabilir.

Krom'un işletme tenörü günümüzde %30'lara kadar düşmüş olmakla birlikte bu metalin değerlendirme kriterleri Ni ve PGE ile Au'dan çok değişiktir. Cevher kalitesi ve tenörü yanısıra rezervi ve işletme şekli de değerlendirilmesinde önemli kriterler olduğundan bu cevher mineralinin tartışmasına burada girilmeyecektir.

Kimi cevher örneklerinde saptanmış olan 147 ppb Au anomalisi nedeniyle Au'nun zenginleşme faktörü 73.5 olarak belirlenmiştir. Minimum işletme tenörü 10 gr/ton kabul edilirse ve bunun için gerekli zenginleşme faktörünün 5000 olduğu gözönüne alınırsa (nitekim Alaska - Juneou madeninde 1.24 gr/ton, Güney Afrika'da 6.2 - 15 gr/ton tenörler işletilmektedir; Jensen ve Bateman-, 1981) (Tablo 8), bölgedeki ultramafik kayaların Au açısından herhangi bir ekonomik değer taşımadıkları anlaşılacaktır. Ayrıca, herhangi bir Au anomalisi saptanmış olsa bile, bunun yataklanma şekli, yayılımı, cevher parajenezi ve rezervi ortaya konmadan tartışma konusu yapılamayacağı belirtilmelidir.

Çizelge 8. Bazı metallerin yer kabuğunda ağırlıkça % oranları, günümüzde kabul edilen minimum işletme tenörleri ve zenginleşme faktörleri ile çalışma alanındaki Cr, Ni, PGE ve Au zenginleşme faktörleri
 Tablo 8. Abundance of some metals in the earth's crust by % in weight, Cut - off grades and enrichment factors, enrichment factors of the Cr, Ni, PGE and Au in the study area

Metal Türü	Yerkabuğunda Ortalama Ağırlıkça % (*)	Minimum İşletme Tenörü (**) %	Zenginleşme Faktörü	Çalışma Alanında Gözlenen Zenginleşme Faktörü
Ni	0,0075	1	133	62
Cr	0,01	30	3.000	
PGE				
Os, Ir, Ru, Rh, Pd, Pt	0,000 000 5 – 0,000 001	0,002	4.000	Max. 7,5
Au	0,000 000 4	10 gr/ton	5.000	73,5

(*) Mason, B. and Moore, C.B., 1982. (**) Jensen, M.L. and Bateman, A.M., 1981

Pt grubu elementleri, dünyada da genellikle kendi başlarına yatak oluşturmayıp, işletilen krom veya nikel yataklarından yan ürün olarak elde edilmektedirler (Sudbury (Kanada), Talnakhski - Octiabrski (Rusya)). Bu nedenle, Ni anomalisi gözlenen kesimlerde açılacak olası bir işletmede ve halihazırda bölgede işletilen veya Cr açısından ekonomik olmayan kromit yataklarında cevher Pt grubu elementleri açısından denetlenmelidir. Yine de, Çizelge 8'deki veriler göz önüne alındığında, bölgedeki ultramafik kayaların ve cevher örneklerinin PGE açısından önemsenerek bir zenginleşme sunmadıkları anlaşılmaktadır.

PGE'leri ve Au genellikle magmadaki sülfür fazı tarafından taşınır. Her ne kadar ofiyolitlerde kalkopirit gibi birincil sülfürlü minerallere rastlansa da bunların miktarı ve kayaca oranı çok çok az düzeydedir. Bu nedenle de, cevher taşıyan sülfürlerin oluşması için yeterli kaynağın bulunmadığı ve belki de bu kayaları oluşturan magmanın evrimleşmek için yeterli zaman bulamadığı sonucuna varılabilir. Nitekim kümülat kesime ait kayalar bölgede fazla yayılım sunmamaktadırlar ve dünyada bu metallerin işletmeye konu olabilecek miktar-

larda zenginleştikleri kesimler genellikle ofiyolit kümülat kesimine karşılık gelmektedir (Batı Avustralya'daki Batı Pilbara Block ve Halls Creek Mobile Zone gibi; Sun ve diğ., 1991).

Çalışma alanındaki ofiyolit karmaşığını batıdan sınırlayan ve onun üzerine gelen Tersiyer yaşlı andezit ve bazalt türü volkanik kayaların farklı düzeylerinden alınan örnekler üzerinde yürütülen laboratuvar çalışmaları ise Çizelge 9'da sunulmuştur. Tersiyer yaşlı Gülandere Formasyonu içinde yer alan bu andezit ve bazalt düzeylerinden alınan kaya örneklerinin kimyasal analiz sonuçlarına bakıldığında ilk dikkati çeken unsur, Ni oranındaki artıştır. Normal olarak kıta kabuğunun kalınlaşması ve kısmi ergimesine bağlı olarak gelişen volkanik kayalarda Ni oranı 50 ile 150 ppm düzeylerinde olmaktadır. 82 numaralı bazalt örneğinde bu oran 490 ppm'e kadar çıkmıştır. Diğer volkanik kaya örneklerinde de bu oranlar üst limitlerdedir. Ni oranındaki bu artış olasılıkla, kısmi ergime ürünü bazik magmanın kıta kabuğunu katederken yer yer ofiyolit kütlelerini de kesmesi ve bu elementi özümsemesi ile ilişkili olmalıdır.

Çizelge 9. Refahiye Ofiyolit Karmaşığı'nın batı kesiminde yer alan genç volkanik kayaların metal içerikleri (ppm).

Table 9. Metal contents (in ppm) of the rocks exposed to the west of Refahiye Ophiolitic Melange

ÖRNEK NO	Au	Ag	Ni	Co	Cu	Zn	Pb	Sb	As	KAYAÇ ADI
53	-	-	200	15	330	90	<20	<50	<50	Andezit
57/c	-	3.8	170	40	80	80	<20	<50	<50	Metabazit
82	-	-	490	50	55	90	<20	<50	<50	Amig. Bazalt
123	-	-	160	23	170	95	<20	<50	<50	Spilitik Andezit
162	-	-	150	12	200	160	<20	<50	<50	Mermer

6. KATKI BELİRTME

Saha çalışmaları sırasında ulaşım, barınma ve teknik destek sunan dönemin T.P.A.O. İmranlı Kamp Sorumlusu Jeoloji Yük. Müh.Yaşar KESGİN ve diğer kamp elemanlarına, çalışma sırasında her türlü yardımı gördüğüm yöre halkına içtenlikle teşekkür ederim. Cevher minerallerinin determinasyonundaki katkılarından dolayı Mineralog Dr. Ahmet ÇAĞATAY'a ayrıca teşekkür ederim.

Bu çalışma kapsamında yürütülen jeokimyasal analizler için sağladığı mali destek için İ.Ü. Araştırma Fonu'na teşekkür ederim. Yazar, görüş ve önerileri ile bu çalışmaya önemli katkıları olan Doç. Dr. Hüseyin ÖZTÜRK'e şükran borçludur.

EXTENDED SUMMARY

The study area located between İmranlı (Sivas) and Refahiye (Erzincan), Central Anatolia. The Kızıldağ system is a NW-SE trending mountain system that mainly consist of ophiolitic melange and fliş sequence or young volcanic rocks. The PGE, Au, Cr-Ni and Trace Element geochemistry of the ophiolitic rocks (Kızıldağ Ophiolites) has been investigated in this study.

The Kızıldağ (Sivas) Ophiolites, belonging to the Refahiye Ophiolitic Melange, generally composed of wherlite of transition zone, gabbros of mafic cumulate sequence and pyroxene gabbros, hornblende gabbros, microgabbro intrusions, meta basalts and spilitic basalts. The ophiolitic complex is intruded by Neogene magmatics, represented by aplite veins, granite, quartz monzonite, diorite and their related volcanic products such as andesite and basalt. Secondary rocks like serpentinites and listwaenites are common in study area, especially adjacent to the tectonic zones such as faults or thrusts. Serpentinization, silicification and carbonatization of the ultramafic country rock is the result of the hydrothermal fluids which are derived from young magmatic system.

Ni enrichment, up to 4630 ppm took place within the ophiolite bodies. Ore microscopy studies have revealed that the source of Ni is linneit,

bravogite, gersdorffite, millerite, heazlewoodite and pentlandite minerals. This study reveals that Ni, occurring at levels of 0.2 to 0.3 % in primary ultramafic rocks, shows enrichments up to 0.46 %. It is belived here that with more detailed studies, economical nickel deposits may be found.

The ultramafic rocks in the investigation area show variable contents of Pt group elements comparition with primitive mantle values. Os and Ru show enrichment, Ir, Rh and Pt show depletion, Pd shows both effects but with few changes. Au, which is treated geochemically with Pt group elements, shows enrichment relative to primitive mantle values with few amounts but the enrichment still doesn't enough for mining. Comparision of Kızıldağ Ophiolites with N-Type MORB, the normalized values of REE's show generally depletion except U and Ta. The CI Chondrite normalized values of REE's show different pattern; Th, U, Ta, La and Ce show enrichment up to 10 times but Sr, Nd, Zr, Sm, Tb, Y, Yb, Rb and Ba show depletion with different amounts.

The PGE's and Au mobilization mainly related by sulphure droplets in magma. Because of the low abundance of these elements, they can be maintaining that the magma evaluated rapidly and threfore magma was considered as undersaturated by sulphure. However there is primer sulphur ore minerals in the ophiolitic rocks such as chalkopyrite but in a few amounts.

As a result, the Kızıldağ Ophiolites doesn't show any enrichment for PGE's, but geneticaly they are strongly related with nickel and chromium enrichments. Threfore, this ophiolites have been investigated systematicaly for both metals.

DEĞİNİLEN BELGELER

Aktimur, H. T., Tekirli, M. E., Yurdakul, M. E., 1990. Sivas - Erzincan Tersiyer havzasının jeolojisi, M.T.A. Dergi No: 111, Sh. 25-36, Ankara.

Aktimur, S., 1985. Sivas- Erzincan yöresinin u-zaktan algılama tekniği katkısıyla jeolojik ve

- tektonik yapısının incelenmesi, M.T.A. Ens. Derleme Rap. No: 7850, Ankara.
- Arpat, E., Tütüncü, K., 1978. Gürlevik ve Tecer dağları yöresinde serpantin yerleşimi sorunu, T.J.K. 32. Kurultayı Bildiri Özetleri, Sh.56-57, Ankara.
- Ataman, G., Buket, E., Çapan, U. Z., 1975. K.A.F. Zonu bir paleo-benioff zonu olabilir mi? M.T.A. Dergisi S: 84, Sh.112 - 118, Ankara.
- Barnes, I., Rapp, J.B., O'neil, J.R., 1972. metamorphic assemblages and the direction of flow of metamorphic fluids in four instance of serpentinization, Contrib. Mineral. Petrol., Vol. 35, Pp. 263 - 276
- Barnes, S.-J. and Naldrett, A.J., 1985. Fractionation of the platinum-group elements and gold in some komatiites of the Abitibi greenstone belt, Northern Ontario, Econ. Geol., 82: 165-183.
- Barnes, S.-J., Naldrett, A.J. and Gorton, M.P., 1985. The origin of the fractionation of platinum- group elements in terrestrial magmas, Chem. Geol., 53: 303 - 323.
- Baykal, F., 1966. 1/500.000 ölçekli Türkiye jeoloji haritası, Sivas paftası, M.T.A. Yay., Ankara.
- Bektaş, O., Pelin, S., Korkmaz, S., 1984. Doğu Pontid yay gerisi havzasında manto yükselimi ve polijenik ofiyolit olgusu, Ketin Simp. 175-178, Ankara.
- Bergougnan, H., 1976. Doğu Anadolu'da Avrupa ve Arabistan bloklarının çarpışması, Çev. O.Yılmaz, Yerbilimleri, 1, 31-40.
- Boztaş, D., Larson, L.T., Yılmaz, S., Uçurum, A., Öztürk, A., 1994. Alacahan yöresi (GD Sivas) listvenitlerinin jeolojik konumu, mineralojisi ve değerli metal içeriği; Çukurova Üniversitesi 15. Yıl Simpozyumu, Sivas.
- Brugmann, G.E., Arndt, N.T., Hoffmann, A.W., Tobschall, H.J., 1987; Noble metal abundances in komatiite suites from Alexo, Ontario And Gorgona Island, Colombia, Geochim, Cosmochim. Acta, Vol. 51, Pp. 2159-2169.
- Buisson, G., Leblanc, M. 1985. Gold-bearing listwaenites (carbonatized ultramafic rocks) from ophiolite complexes; Centre Geologique Et Geophysique, Université Des Sciences Et Techniques Du Languedoc, Montpellier. France.
- Buisson, G., 1986; Gold bearing listwaenites (carbonitized ultrabasic rocks) in ophiolite complexes, In: Metallogeny of basic and ultrabasic rocks, London Instit.Mining Metallurgy, P. 121-132.
- Buisson, G., Leblanc, M, 1987 ;Gold in mantle peridotites from Upper Proterozoic ophiolites in Arabia, Mali And Morocco, Economic Geology, Vol:82, Pp.2091-2097.
- Buket, E., Ataman, G., 1982. Erzincan-Refahiye ultramafik ve mafik kayaların petrografik ve petrolojik özellikleri, Yerbilimleri, 9, 5 - 17, Ankara.
- Buket, E., 1982. Erzincan-Refahiye ultramafik ve mafik kayaların petrokimyasal karakterleri ve diğer oluşumlar ile denştirilmesi, Yerbilimleri, 9, 43 - 55, ANKARA
- Bulur, K., 1973. Sivas-İmranlı (Aktepe) Pb zuhurunun jeoloji raporu, M.T.A.Enstitüsü Sivas Bl. Md. Rap.No: 52, Sivas.
- Can, A., 1970. Aktepe kurşun zuhuru (Sivas - İmranlı - Ortaköy - Gölcük), M.T.A. Enstitüsü Sivas Bl. Md. Rap.No:36, Sivas.
- Clark, A. M. S., 1978. Chemical and mineralogical development of the Sidamo Nickeliferous Serpentinites (Ethiopia), Min. Deposita, V.13,N.2, 221-234.

- Clark, A. L., Greenwood, W.R., 1972. Petrographic evidence of volume increase related to serpentinization, Union Bay, Alaska, U.S. Geol. Surv. Prof. Pap. 800, Pp. C21-C27.
- Coleman, R. G., 1971. Plate tectonic emplacement of upper mantle peridotites along continental edges, J. Geophys. Res., Vol. 76, Pp. 1212-1222.
- Coleman, R. G., 1977. Ophiolites - ancient oceanic lithosphere? In P.J. Wyllie (Ed), Minerals And Rocks, Springer-Verlag, Berlin, Vol.12.
- Coleman, R.G., 1981. Tectonic setting for ophiolite obduction in Oman, J. Geophys. Res., Vol.86, Pp. 2497-2508.
- Coleman, R. G., Keith, T. E., 1971. A chemical study of serpentinization-Burro Mountain, California, J. Petrol., Vol. 12, Pp. 331-328.
- Conference Participants, 1972. Ophiolites, Geotimes: 17,12,24-45.
- Davies, G. and Tredoux, M., 1985. The platinum-group element and gold contents of the marginal rocks and sills of the Bushveld Complex, Econ. Geol., 80: 838 - 848.
- Erdem, P. N., 1973. Türkiye'deki ofiyolitik seriler; Avrupa Jeoloji Birliği Uluslararası Kongresi, Zürich.
- Evans, B. W., Frost, B. R., 1975. Chrome spinel in progressive metamorphism-A Preliminary Analysis, Geochim. Acta, Vol. 39, Pp. 959-972.
- Hall, R., 1979. Türkiye'de ofiyolit yerleşmesi ve Toros suture zonunun evrimi, Geol.Soc.Of Am.Bull.July-1976, V:8, Pp. 178-188. (Çev: Ali Dinçel, Yeryuvarı ve İnsan, Mayıs-1979)
- Hamlyn, P. R., Keays, R. R., Cameron, W.E., Crawford, A. J. and Waldron, H. M., 1985. Precious metals in magnesian low-Ti lavas: implications for metallogenesis and sulfur saturation in primary magmas, Geochim. Cosmochim. Acta, 49: 1797 - 1811.
- Jagoutz, E., Palme, H., Baddenhausen, H., Blum, K., Cendales, M., Dreibus, G., Spottel, B., Lorenz, V., Wanke, H., 1979. The abundances of major, minor and trace elements in the earth's mantle as derived from primitive ultramafic nodules, Proc. Lunar And Planet. Sci. Conf. No. 10, Geochim. Cosmochim. Acta, Supplement 1.1, 2031-2050.
- Jensen, M.L. and Bateman, A. M., 1981. Economic Mineral Deposits, John Wiley & Sons, New York, 593 pp.
- Kaaden, G. Van Tjer, 1963. Alpin-tipi ultrabazik kayaların kökeni ve bunların kromit prospeksiyonu ile olan ilgisi hakkında çeşitli görüşler; Kromit Prospeksiyonu Semineri, Atina.
- Kazancı, N., 1993. K.A.F. üzerinde tektonik kontrollü depolanma örneği: Suşehri havzası, Alt Pliyosen - Holosen, KD Türkiye, Doğa Türk Yerbilimleri Dergisi No:2,Sh.89-102.
- Keays, R.R., 1982a; Palladium and iridium in komatites and associated rocks: Application to petrogenetic problems, In: N.T. Arndt and E.G. Nisbet (Editors), Komatites, Allen & Unwin, London, pp. 435-457
- Keays, R. R., 1982b. Archean gold deposits and their source rocks: the upper mantle connection. In: R.P. Foster (Editor), Gold 82: The Geology, Geochemistry and Genesis of Gold Deposits, Geol. Soc. Zimbabwe Spec. Publ., 1: 17-51.
- Ketin, İ., 1969. Türkiye'nin genel tektonik durumu ile başlıca deprem bölgeleri arasındaki ilişkiler, M.T.A. Dergisi S: 71, Sh.129-134, Ankara.

- Kılıç, M., 1973. Sivas-İmranlı (Aktepe) kurşun zehurları hakkında kısa not, M.T.A. Enstitüsü Sivas BLMd. Rap.No: 56 , Sivas.
- Koçyiğit, A., 1990. Üç kenet kuşağının Erzincan batısındaki (KD Türkiye) yapısal ilişkileri : Karakaya, İç Toros ve Erzincan Kenetleri , Türkiye 8. Petrol Kongresi, T.P.J.D., P.M.O., Ankara.
- Kovenko, V., 1939. Kızılmezcraa bakır ve nikel yataklarının ziyareti hakkında muhtıra, M.T.A. Rapor No: E 819, Ankara.
- Labotka, T.C., Albee, A.L., 1979. Serpentinization of the Belvidere Mountain Ultramafic Body, Vermont: Mass Balance And Reaction At The Metasomatic Front, Can. Mineral., Vol. 17, Pp. 831-845.
- Maltman, J.A., 1978. Serpentine textures in Aglesey, North Wales, United Kingdom, Geol. Soc.Of Am. Bull. V.89, 972 - 980 (Doc.No: 80702)
- Mason, B. and Moore, C.B., 1982. Principles of Geochemistry, 4th edition, John Wiley & Sons, New York, 344 pp.
- Masor, R., 1985. Metamorphism and melange, Sixth Colloquium An Geology Of The Aegean Region, İzmir.
- Mitchell, A.H., Garson, M.S., 1979. Levha Sınırlarında Mineralleşme (Çev: Ayaroğlu, H.), Jeoloji Mühendisliği Dergisi S:9, Ankara.
- Mitchell, R.H. and Keays, R.R., 1981. Abundance and distribution of gold, palladium and iridium in some spinel and garnet lherzolites: Implications for the nature and origin of precious metal-rich intergranular components in the upper mantle, Geochim. Cosmochim. Acta, 45: 2425-2442.
- Miyashiro, A., 1975. Classification, characteristics and origin of ophiolites, Jour. Of Geology, 81, 249 - 281.
- Moody, J.B., 1976. Serpentinization: A Review, Lithos, Vol. 9, Pp. 125 - 138.
- Moody, J.B., 1979. Serpentinites, spilites and ophiolite metamorphism, Can. Mineral., Vol. 17, Pp. 871-887.
- Moore, E.M., 1973. Geotectonic significance of ultramafic rocks, Earth - Sciences Rev., 9 (1973), 241-258, Netherland.
- Morgan, J.W., Wandless, G.A., Petrie, R.K. and Irwing, A.J., 1981. Composition of the Earth's upper mantle, I. Siderophile trace elements in ultramafic nodules, Tectonophysics, 75: 47-67.
- M.T.A., 1973. Kuzey Anadolu Fayı ve Deprem Kuşağı Simpozyumu (29-30-31 Mart 1972), Ankara.
- M.T.A., 1988. 1/100.000 ölçekli açın-sama nitelikli Türkiye jeoloji haritaları serisi, Divriği - F 26 paftası (Hazırlayan: H.T. Aktimur).
- Naldret, A.J., Duke, J.M., 1980. Platinum metals in magmatic sulfide ores, Science, 208, 1417-1424.
- Nebert, K., 1961. Kelkit çayı ve Kızılırmak giriş sahalarının jeolojik yapısı, M.T.A. Enst. Yay. Ankara.
- Norman, T.N., 1990. Orta Anadolu'da Hafik (Sivas) kuzeyindeki melanj kuşağının gelişimi hakkında, Türkiye 8. Petrol Kongresi, Nisan 1990, Sh. 107-112, Ankara.
- Özgül, N., 1981. Munzur Dağları'nın Jeolojisi, M.T.A. Derleme Rapor No: 6995, Ankara.
- Page, J.N., 1967. Serpentinization at Burro Mountain, California, Contr. Mineral And Petrol. 14, 321-342.
- Pearce, J. A., 1983. Role of the sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins, In: Hawkesworth, C.J.

- and Norry, M.J.(eds.), *Continental Basalts and Mantle Xenoliths*, Shiva, Nantwich, pp.230-249.
- Rollinson, H., 1993. *Using Geochemical Data: evaluation, presentation, interpretation*, Longman Scientific & Technical, U.K., ISBN: 0 582 06701 4
- Saunders, A.D. and Tarney, J., 1984. Geochemical characteristics of basaltic volcanism within back-arc basins, In: Kokelaar, B.P. and Howels, M.F. (editors), *Marginal Basin Geology*, Spec. Publ. Geol. Soc. London 16, pp. 59-76.
- Seyfried, W.E., Dibble, W.E., 1980. Seawater-peridotite interaction at 300 °C and 500 bars: Implications for the origin of oceanic serpentinites, *Geochim. Cosmochim. Acta*, Vol. 44, Pp. 309-321.
- Shilo, N.A., 1971. The problems of the geology of gold, *Earth Sciences Rev.* 7, Pp. 215-225
- Skjerlie, K.P. & Furnes, H., 1996. The gabbro-dyke transition zone demonstrated an Tviberg, Solund-Stavfjord Ophiolite Complex, *Geol. Mag.* 133(5), Pp.573-582, Cambridge Univ.Press, England
- Stchepinsky, V., 1944 ; Yukarı Kelkit Çayı havzasının jeolojisi ve mineral varlıkları; M.T.A. Rapor No:E 1617 , Ankara.
- Sun, S. S., 1980. Lead isotopic study of young volcanic rocks from mid-ocean ridges, ocean islands and island arcs, *Phil. Trans. R. Soc.*, A297, 409-445.
- Sun, S. S., 1982. Chemical composition and origin of the Earth's primitive mantle, *Geochim. Cosmochim. Acta*, 46, 179-192.
- Sun, S. S. and McDonough, W.F., 1989. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes, In: Saunders, A.D. and Norry, M.J. (eds.), *Magmatism in ocean basins*, Geol. Soc. London, Spec. Pub. 42, pp.313-345.
- Sun, S. S., Wallace, D.A., Hoatson, D.M., Glikson, A.Y. and Keays, R.R., 1991. Use of geochemistry as a guide of mafic-ultramafic rocks: examples from the west Pilbara Block and Halls Creek Mobile Zone, Western Australia, *Prec. Res.*, 50: 1-35.
- Şaroğlu, F., Yılmaz, Y., 1984. Doğu Anadolu'nun neotektoniği ve ilgili magmatizması; *Ketin Simpozyumu Sh.* 149-162, Ankara.
- Şengör, A.M.C., Yılmaz, Y., 1981. Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach, *Tectonophysics*, 75, P. 181 - 241.
- Tatar, Y., 1973. Refahiye (Erzincan) GD'sunda Conur Köyü yöresi ofiyolitleri, M.T.A. Yay., 50. Yi) Kongresi, Sh.435 - 445, Ankara.
- Tatar, Y., 1978. K.A.F.Z.'Nun Erzincan-Refahiye arasındaki bölümü üzerine tektonik incelemeler, *H.Ü. Yer BİL Derg.* C: 4, No:1-2, Sh. 201-236.
- Tıstl, M., 1994. Geochemistry of platinum-group elements of the zoned ultramafic Alto Condoto Complex, Nw Colombia; *Economic Geology*, Vol.89, 158-167.
- Üşümezsoy, Ş., Ulakoğlu, S., 1987-88. Suşehri öncükur çanağının evrimi, Orta Anadolu'da çarpışma sonrası olgular, *İ.Ü. Yerbilimleri Derg.* C : 6, S: 1-2, Sh. 174-185, İstanbul.
- Witechurch, H., Juteau, T., Montigny, R., 1984. Role of the Eastern Mediterranean ophiolites (Turkey, Syria, Cyprus) in the history of the Neo - Tethys: The geological evolution of the Eastern Mediterranean, Special Publication Of The Geological Society, London, 17.
- Wood, D.A., Tarney, J., Varet, J., Saunders, A.D., Bougault, H., Joron, J.L., Treuil, M. and Cann, J.R., 1979b. Geochemistry of basalts

drilled in the North Atlantic by IPOD Leg. 49: implications for mantle heterogeneity, Earth Planet. Sci. Lett., 42, 77-97

Yılmaz, A., 1983. Tokat (Dumanlıdağ) ile Sivas (Çeltekdağı) dolaylarının temel jeoloji özellikleri ve ofiyolitli karışığın konumu, T.J.K. Kurultayı Bildiriler Kitabı, Ankara.

Yılmaz, A., 1985. Yukarı Kelkit Çayı ile Munzur Dağları arasının temel jeoloji özellikleri ve yapısal evrimi, T.J.K. Bülteni C:28, 79-92, Ankara.

Yılmaz, Y., 1984. Türkiye'nin jeolojik tarihinde magmatik etkinlik ve tektonik evrimle ilişkisi, Ketin Simpozyumu, 63-82, Ankara.

Zhelobow, P.P., 1979. Alpine-type hyperbasite rocks as a probable source of gold; International Geological Rev., V:23, Nr.3.