MTA Dergisi, 143, 75-94, 2011

ELDİVAN OFİYOLİTİ'NE (ÇANKIRI) AİT HARZBURJİTİK TEKTONİTLERİN MİNERALOJİK, PETROGRAFİK VE JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Tijen ÜNER* ve Üner ÇAKIR**

ÖZ.- Eldivan Ofiyoliti, İzmir-Ankara-Erzincan kuşağının merkezi bölümünde, Şabanözü, Eldivan ve Korgun ilçeleri arasında yer alır. Ofiyoliti oluşturan birimler alttan üste doğru, volkanik-sedimanter seri, metamorfik seri, tektonitler, kümülatlar ve levha dayklarından meydana gelir. Çalışmanın konusunu oluşturan tektonitler, genel olarak harzburjitlerle temsil edilir ve yer yer dünit, piroksenolit ve kromitit seviyeleri içerir. Plastik deformasyon izleri taşıyan (foliyasyon, lineasyon, kıvrım) harzburjitlerde, mineraller kristal içi kayma ve öğütülme mekanizmaları sonucunda belirgin bir yönlenme gösterir. İstifte deformasyon derecesi yukarıya doğru azalır. Olivin (%60-90) ve ortopiroksen (%10-35) minerallerinden meydana gelen harzburjitlerin alt seviyelerde az miktarda klinopiroksene rastlanır. Üst bölümlere doğru ortopiroksen miktarında bir azalma, kromit oranlarında ise bir artış gözlenir. Olivinler genellikle forsterit, ortopiroksenler enstatit bileşimindedirler ve üst kısımlara doğru Mg bakımından hafif bir fakirleşme gösterir. Kromitlerde ise, yukarıya doğru krom miktarında bir azalma, buna karşılık alüminyum miktarında bir artış görülür. Bu durum üst mantonun ilksel bileşimi ve kısmi ergime süreçlerinin bir sonucu olarak açıklanabilir.

Anahtar sözcükler: Eldivan Ofiyoliti, harzburjit, kromit, olivin, tektonit.

ABSTRACT.- The Eldivan Ophiolite is located at the central part of the İzmir-Ankara-Erzincan Ophiolitic Belt and between Şabanözü, Eldivan and Korgun towns. Ophiolite consists of volcanic-sedimentary series, metamorphic series, tectonites, cumulates and sheeted dikes from bottom to top. Tectonites, which are the main subject of the study, are generally represented by harzburgites and occassionally include dunite, pyroxenolite and chromitite levels. Harzburgites display of traces of plastic deformation (foliation, lineasyon, fold) A clear orientation in minerals can be observed as a result of in the tectonic sequence and grinding mechanisms. The degree of deformation decreases upwards. Harzburgites are generally composed of olivine (60-90%) and orthopyroxene (10-35%). Clinopyroxene is rarely observed in the lower levels. A decrease in the amount of orthopyroxene and an increase in chromite ratio is observed in the upper levels. The composition of olivines is usually forsterite and orthopyroxene is enstatite. A slight decrease in Mg content noticed towards top direction. Furthermore, a decrease in chromium and an increase in aluminum content in chromites is observed towards top in the upwards direction. This situation can be explained by difference in the primary composition of the upper mantle and degree of partial melting processes.

Key words: Eldivan Ophiolite, harzburgite, chromite, olivine, tektonite.

GİRİŞ

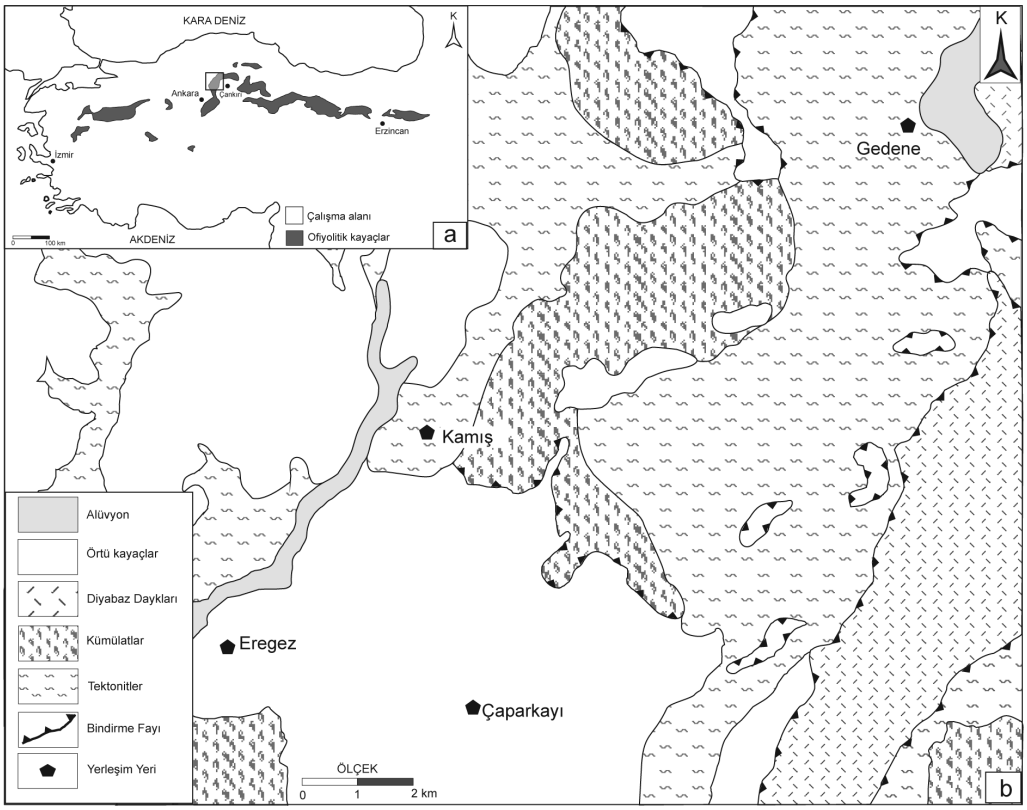
Okyanusal litosferin kıta üzerinde mostra veren parçalarını temsil eden ofiyolitler, doğrudan incelenmesi zor olan okyanusal kabuk ve üst mantonun petrolojik özelliklerinin belirlenmesi ve bulundukları bölgenin jeodinamik evrimi ile ilgili bilgiler vermesi açısından önem taşır.

İzmir-Ankara-Erzincan Kenet Kuşağı, Sakarya ve Pontidler ile Kırşehir Bloğu ve Anatolid-Torid platformu arasında bulunan İzmir-Ankara-Erzincan Okyanusu'nun kalıntısıdır (Şengör ve Yılmaz, 1981). Batıda İzmir'in kuzeyinden başlayıp, doğuda Gürcistan sınırına kadar ~ 2000 km boyunca uzanan bu zon (Okay ve Tüysüz, 1999), Kafkaslarda Sevan-Akera Kenet Kuşağı

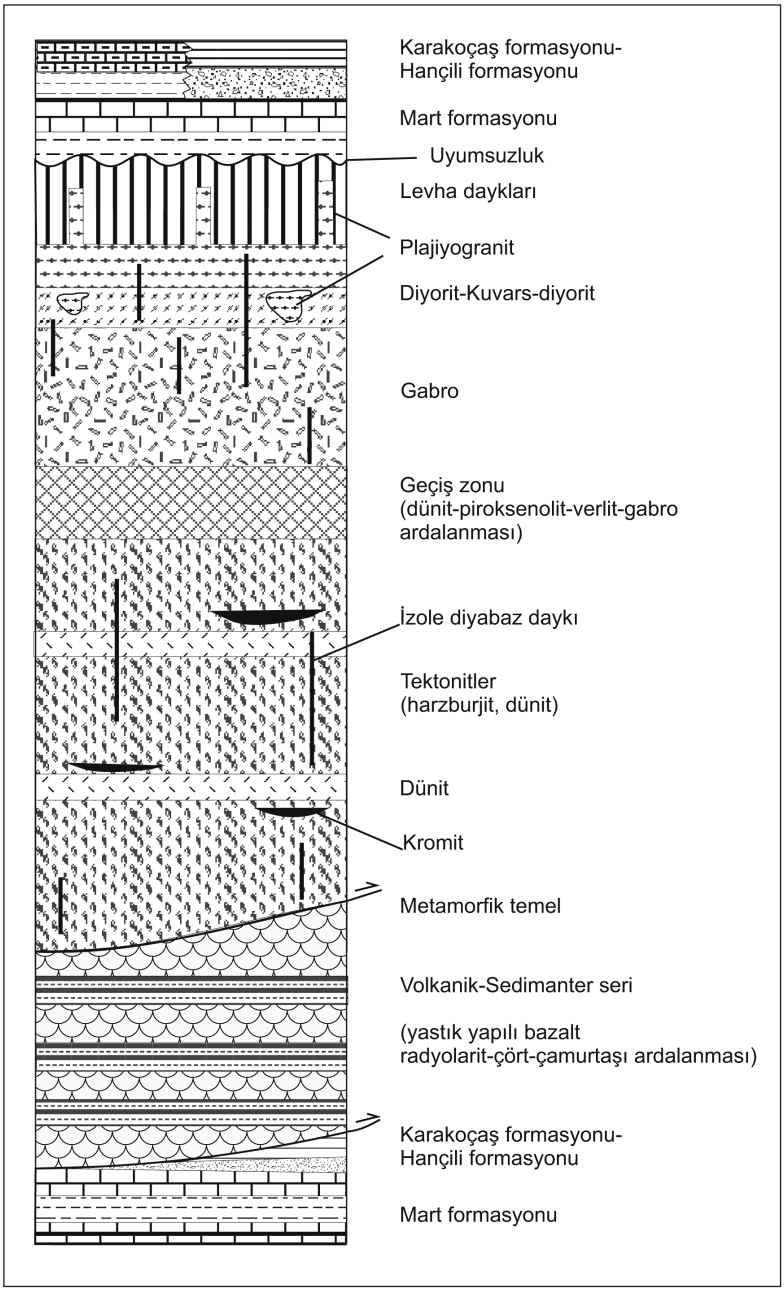
* Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Zeve Kampüsü, 65080, Van.
** Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Beytepe Kampüsü, 06800, Ankara.

adıyla devam eder (Khain, 1975; Adamia ve diğerleri, 1977; Knipper, 1980). İzmir-Ankara-Erzincan Kenet Kuşağı'nın orta kesimlerinde yer alan KD-GB uzanımlı Eldivan Ofiyoliti (Şekil 1a), Triyas sonlarında riftleşmeye başlayan ve Üst Kretase-Alt Paleosen zaman aralığında kapanan Neotetis okyanusuna ait litosfer parçalarını temsil etmekte olup stratigrafisi, tektonik ortamı ve jeokimyasal özellikleri hakkında çok sayıda çalışma bulunmaktadır. (Bailey ve McCallien, 1953; Akyürek, 1981; Tankut, 1984; Tankut ve Gorton, 1990; Floyd, 1993; Önen ve Hall, 1993; Rojay ve diğerleri, 1995; Yalınız ve diğerleri, 1998; Rojay, ve diğerleri, 2001; Rojay ve diğerleri, 2004; Göncüoğlu ve diğerleri, 2006; Dangerfield, 2008; Gökten ve Floyd 2007; Çakır 2009). Bölgedeki birimler, Eldivan Ofiyoliti'ne ait kayaçlar ile bunların üst kısımlarında yer alan Senomaniyen ve sonrası yaşlı örtü kayaçlarıdır (Şekil 1b).

Eldivan Ofiyolitik istifi alttan üste doğru; volkanik-sedimanter seri (bazalt, radyolarit - çört - çamurtaşı), bunları tektonik olarak üzerleyen metamorfik seri (amfibolit, epidozit, kuvarsit), tektonitler (dünit, harzburjit, kromit), kümülatlar (dünit, piroksenit, gabro, diyorit, plajiyogranit) ve levha daykları ile temsil edilir (Şekil 2). İstifte volkanik-sedimanter seri dışındaki tüm birimler izole diyabaz daykları tarafından kesilmektedir. Bu birimlerden volkanik-sedimanter seri ile metamorfikler harita alanında (Şekil 1) bulunmamakta olup yakın çevrede yüzeyleyen bu birimler genel



Şekil 1- a) İzmir-Ankara-Erzincan kuşağı içerisinde çalışma alanının yerini gösteren harita, b) Çalışma alanında gözlenen Eldivan Ofiyoliti ve örtü kayaçlarının basitleştirilmiş jeoloji haritası (Akyürek ve diğerleri, 1979; Hakyemez ve diğerleri, 1986'dan değiştirilerek alınmıştır).



Şekil 2- Eldivan Ofiyoliti ve ofiyolit yerleşimi sonrası birimlerin tektono-stratigrafik dikme kesiti (Ölçeksiz).

dikme kesitte gösterilmişlerdir (Şekil 2). Eldivan Ofiyoliti hemen üzerine gelen ve şekil 2' de verilen haritada örtü birimleri olarak gösterilen Mart, Karakoçaş ve Hançili formasyonlarına ait birimler ile tektonik ilişki sunmaktadır. Akyürek ve diğerleri (1979; 1981) tarafından isimlendirilen birim tabanda Eldivan Ofiyoliti'ne ait sedimanlardan oluşan çakıltaşı ve kumtaşı seviyeleri ile başlayıp

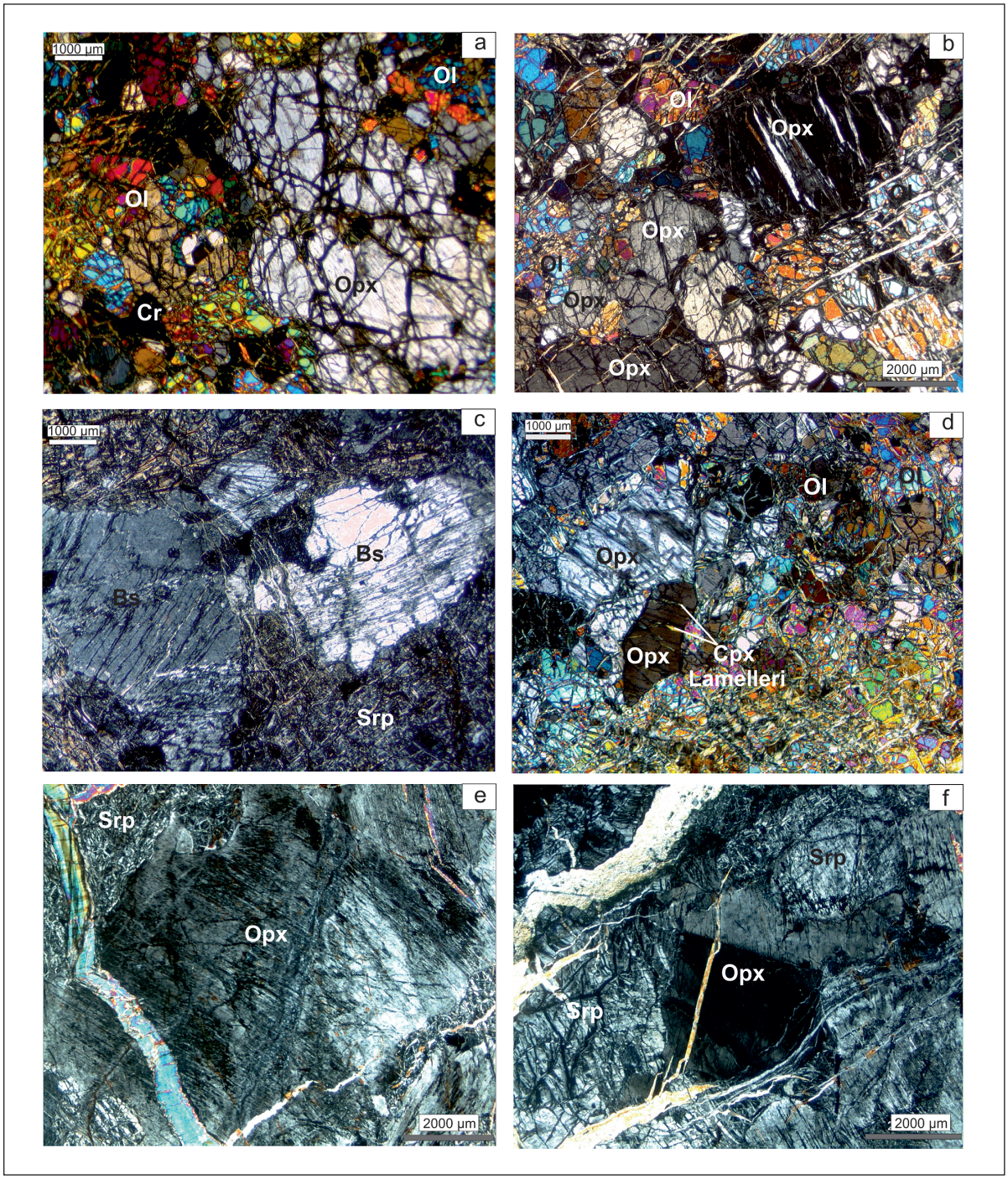
silttaşı, kumtaşı, çakıltaşı ve marn tabakalarının ardalanması ile devam etmektedir. En üst kesimlerde yer yer kireçtaşı seviyeleri gözlenmektedir. Mart formasyonu Eldivan Ofiyoliti'nin hemen üzerine gelen ilk birimdir. Birimin yaşı içerdiği fosiller yardımıyla Senomaniyen-Türoniyen olarak belirlenmiştir (Akyürek ve diğerleri, 1979). Bir diğer birim olan Karakoçaş formasyonu, genel olarak kırmızımsı renkli, kaba çakıltaşı ve kumtaşlarından oluşmaktadır. Birimin yaşı stratigrafik konumuna bakılarak Üst Miyosen olarak belirtilmiştir (Akyürek ve diğerleri, 1979). Hançili formasyonu ise silttaşı, marn, killi kireçtaşı ve tüftüfit ardalanmasından oluşmaktadır. Birim içerisinde yer yer jips ve kömür düzeylerine rastlanmaktadır. Bazı kömürlü seviyelerden alınan örneklerin polen analizlerinden Üst Miyosen yaşı elde edilmiştir (Akyürek ve diğerleri, 1979). Çalışma alanı içerisinde Mart, Karakoçaş ve Hançili formasyonları Eldivan Ofiyoliti'nin üzerine uyumsuz olarak gelmektedir. Miyosen sonrası gelişen tektonizmaya bağlı olarak Eldivan Ofiyoliti Mart, Karakoçaş ve Hançili formasyonları üzerine kimi yerde bindirmiş olarak gözlenir (Şekil 1 ve 2).

Çalışma kapsamında, Eldivan Ofiyoliti'ne ait peridotitlerin şimdiye kadar az incelenmiş olan jeolojik ve jeokimyasal özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Bu kapsamda bölgenin jeoloji haritası hazırlanmış ve Eldivan Ofiyoliti'ne ait tektonitlerden alınan örneklerdeki olivin, ortopiroksen ve spinel minerallerinin kimyaları incelenerek bu kayaçların oluşum ortamları belirlenmiştir.

ELDİVAN OFİYOLİTİ TEKTONİTLERİ

Eldivan Ofiyoliti'nin en önemli bölümünü, tektonit dokulu peridotitler oluşturur. Volkanik-sedimanter seri üzerine bindirme ile gelen tektonitlerin dokanak zonunda, milonitik ve şistleşmiş serpantinitler belirgin olarak gözlenir. Genel olarak harzburjitlerden meydana gelen, yer yer dünit, kromit ve piroksenolit seviyeleri içeren tektonitler, plastik deformasyon izleri taşımaktadır. Minerallerin kristal içi kayma, öğütülme ve yeniden kristalleşmesine bağlı olarak kayaç belirgin bir foliyasyon ve lineasyon kazanmıştır. Yukarıya doğru deformasyon derecesi azalmakta, buna karşılık dünitik seviyelere ve krom cevherleşmelerine daha sık rastlanmaktadır. Harzburjitik ve dünitik tektonitler ileri derecede serpantinleşmiştir.

Tektonitlerden alınan örneklerin petrografik incelenmeleri sonucunda, bu birimlerin genelde serpantinleşmiş harzburjitlerden oluştuğu belirlenmiştir. Tektonitleri oluşturan harzburjitler; %60-70 oranında olivin (forsterit), %20-30 oranında ortopiroksen (enstatit), %3-5 oranında kromit ve < %1-2 oranında klinopiroksen içermektedir. Burada gözlenen dokusal özellikler harzburjitlerde gözlenen ortak dokusal özelliklerdir. Kayaç genellikle granoblastik dokuya (Şekil 3a) sahip olmakla birlikte, iri olivin ve piroksen minerallerinin özellikle kenar zonlarında yeniden kristallenme ürünü küçük olivin minerallerinin oluşturduğu mozayik dokusu yer yer gözlenmektedir (Şekil 3b). Mozayik doku gösteren küçük olivin kristalleri, büyük kristalleri çevreler konumdadır. Dalgalı sönme gösteren iri olivin kristallerinin bazılarının çevresinde yer alan yeniden kristallenme ürünü küçük olivin kristallerinin de dalgalı sönme özelliği göstermesi, dalgalı sönmeye sebep olan plastik deformasyonun yeniden kristallenme sonrası da devam ettiğinin göstergesidir (Engin ve diğerleri, 1980). Olivinler içerisinde gelişen çatlaklar boyunca serpantinleşme açıkça gözlenmektedir (Şekil 3d). Ortopiroksenlerin tane sınırlarında küçük boyutlara ayrılmış halde bulunan olivinler, ortopiroksen tanelerinin etrafını çevrelemektedir (Şekil 3a). Ortopiroksen mineralleri, genellikle orta-iri taneler halinde bulunur ve dilinimler boyunca bastitleşme (Şekil 3c) ve dilinim düzlemlerine paralel gelişmiş ince klinopiroksen eksolüsyon lamelleri yer yer gözlenmektedir (Şekil 3d). Hafif uzama gösteren enstatit minerallerinde seyrek olarak deformasyon lamellerine (kink-band) rastlanır (Şekil 3e, 3f). Değişken kristal boyutlarına sahip olan kromitlerin etrafında farklı oranlarda manyetitleşmeler gözlenir (ferrit-kromit). Deformasyon sonucu parçalanmış minerallerde bazen tek,



Şekil 3- Harzburjitlerin ince kesit görünümü, a) Harzburjitlerde gözlenen granoblastik doku, b) Ortopiroksen mineralleri etrafında gözlenen küçük olivin mineralleri, c) Bastitleşmiş ortopiroksen mineralleri, d) Ortopiroksen mineralleri içerisinde gözlenen klinopiroksen eksolüsyon lamelleri, e ve f) Enstatit minerallerinde gözlenen deformasyon lamelleri (Ol: olivin, Opx: ortopiroksen, Cpx: klinopiroksen, Srp: serpantin mineralleri, Cr: kromit, Bs: bastit minerali).

bazen de iki yönde gelişen kırık sistemleri boyunca serpantinleşme belirgindir.

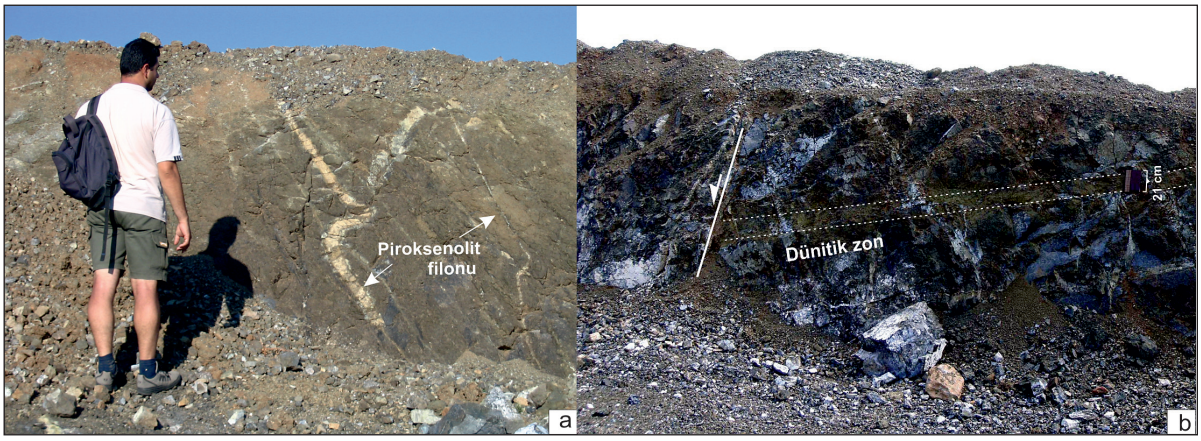
Tektonitlerin üst kesimlerinde genellikle santimetrik ve desimetrik kalınlıkta damarlar ve çoğunlukla filon şeklinde gözlenen piroksenolitler, foliyasyon düzlemi ile küçük bir açı yapacak şekilde harzburjitleri kesmektedir. Kısmi ergime ürünü çözeltiler tarafından oluşturulan piroksenolit filonu, foliyasyonu oluşturan plastik deformasyon sırasında kıvrımlanmıştır (Şekil 4a).

Dünitik zonlar, genellikle tektonitlerin üst seviyelerinde, değişik kalınlıklarda mercekler ve bantlar şeklinde gözlenir (Şekil 4b). Dünitler içerisinde %90-96 oranında olivin, %1-3 oranında ortopiroksen ve %3-5 oranında kromit mineralleri bulunmaktadır. Olivinler, bazı kesitlerde sadece kalıntı halde gözlenirken (Şekil 5a), ileri derecede serpantinleşmiş örneklerde ise, elek dokusunun çekirdek kısımlarında küçük tanecikler şeklinde bulunmaktadır. İnce kesitlerde yaygın olarak gözlenen elek dokusunun bu şekilde geliştiği düşünülmektedir. Dünitler içerisinde kromit mineralleri harzburjitlere göre daha yüksek oranlarda bulunmaktadır. İnce kesitlerde, kromitlerde gözlenen çek-ayır dokusunun (pull-apart texture) plastik deformasyon sırasında, tansiyon kuvvetlerinin etkisi sonucunda geliştiği kabul edilmektedir (Engin ve diğerleri, 1980) (Şekil 5b).

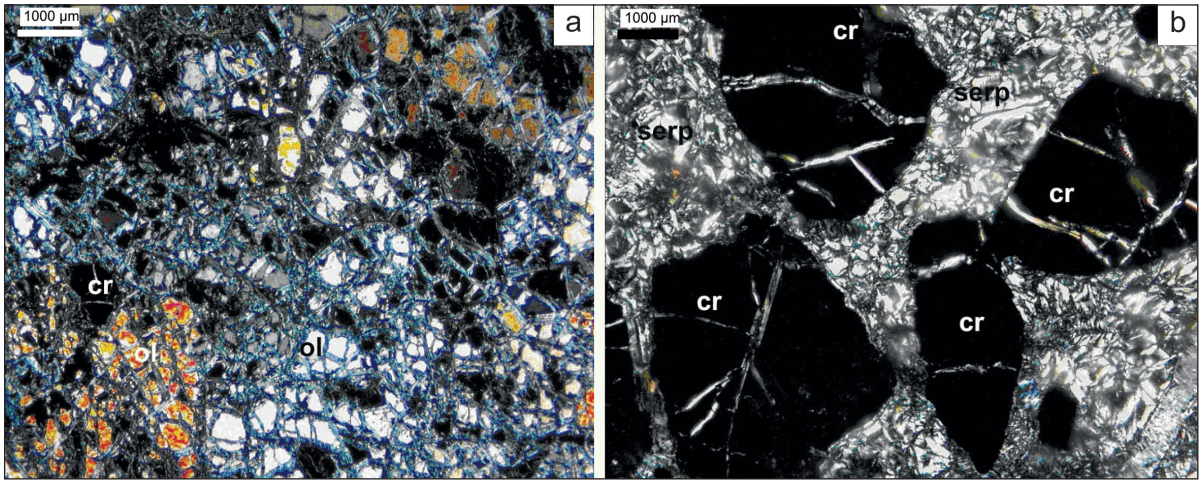
Genellikle dünitik, nadiren de harzburjitik zonlar içerisinde yer alan kromititler, masif, nodüler ve saçınımlı halde kayaç içerisinde dağılım gösterir. Kayaç içerisinde gözlenen kromit minerallerinde tipik olarak uzama ve yönlenme gözlenebilmektedir (Şekil 6). Makroskobik olarak ayırt edilebilen, ortopiroksen ve kromit gibi minerallerdeki yassılaşma ve uzama, kayaçta foliyasyon düzlemlerinin varlığını işaret eder.

Eldivan Ofiyoliti peridotitleri büyük ölçüde serpantinleşmiştir. Genellikle masif yapı gösteren serpantinitler, atmosferik yıkanmaya bağlı olarak oluşan, kahverengi sarı renkli santimetrik kalınlıkta bir kabukla kaplıdır. Kırıldıklarında masif görünümleri ve yeşil-siyah renkleri ile tanımlanabilen bu kayaçlar, fay zonlarında ve diyabaz dayklarının sınırlarında şistleşmiş bir görünüm sunmaktadır. Serpantinleşmeden sonra, tektonik olarak aktif zonlarda meydana gelen bu süreç sonucunda kayaç alacalı yeşil renkli, kaygan ve parlak bir görünüm kazanır.

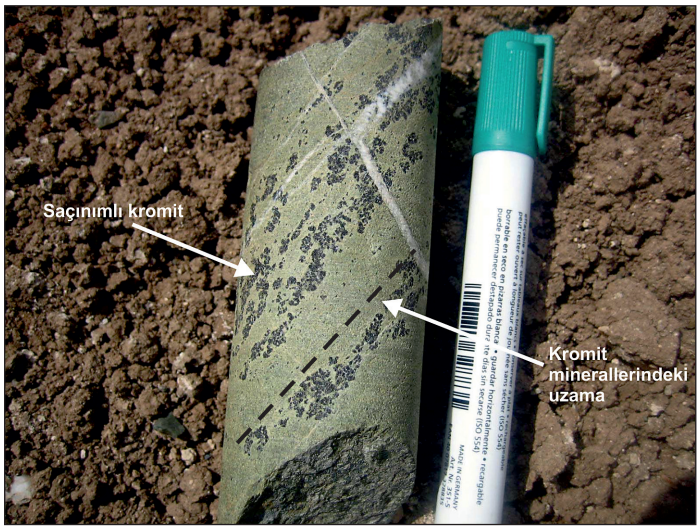
Serpantin minerallerinin tanımlanması amacıyla petrografik incelemeler ve X-RD analizleri



Şekil 4- Eldivan Ofiyoliti'ne ait tektonitler içerisinde a) harzburjit içerisinde kıvrımlanma gösteren piroksenolit damarı ve b) Dünitik bant.



Şekil 5- Dünitler içerisinde gözlenen mineraller ve dokular; a) elek dokusu, b) Kromitler içerisinde yer alan pull-apart yapıları (ol: olivin, serp: serpantinit, cr: kromit).

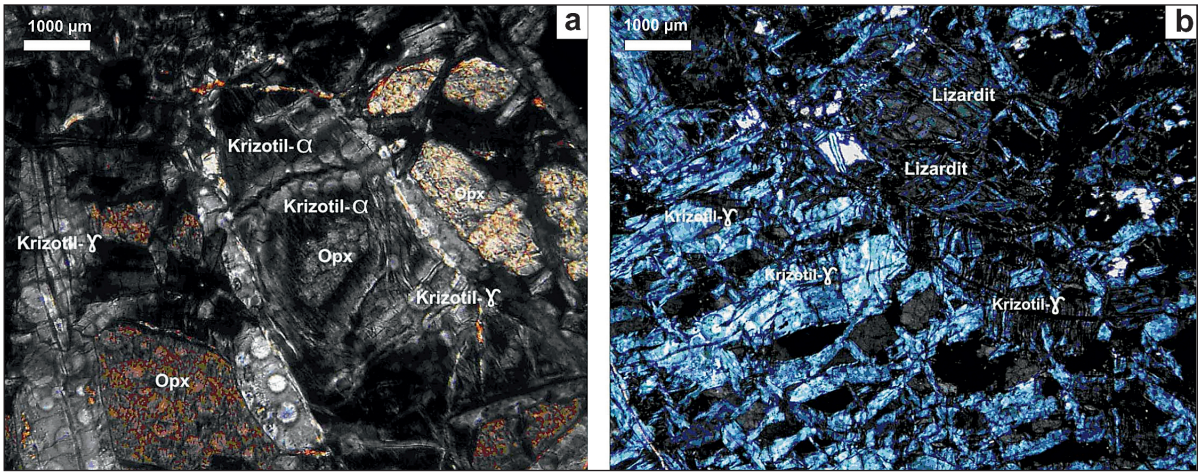


Şekil 6- Eldivan Ofiyoliti'ndeki dünitik zonlar içerisindeki yas-sılaşmış ve uzamış kromit mineralleri.

yapılmıştır. Alınan örneklerin petrografik incelemelerinde; krizotil-γ, krizotil-α ve lizardit minerallerine rastlanmıştır (Şekil 7). Krizotiller, minerallerin kristal yapılarına göre ayırt edilirken, lizarditler masif halde ve elek dokusu içerisinde bulunmaları ile tanınır. X-RD analizleri sonucunda ise, bu minerallere ek olarak kromit, orto-serpantinit, forsterit ve piroksen minerallerine rastlanmıştır (Şekil 8). Kayaçta krizotil, lizardit ve antigorit minerallerinin birlikte bulunması serpantinleşmenin 500 °C'ye ulaşan bir sıcaklıkta meydana geldiğinin göstergesidir (Coleman, 1977).

PERİDOTİTLERİN MİNERAL KİMYASI

Petrografik incelemeler ışığında, Eldivan Ofiyoliti'ne ait iki adet taze (alterasyon gösterme-



Şekil 7- Serpantin grubu minerallerin incekesit görüntüsü; a) Ortopiroksen mineralini çevreleyen Krizotil-α ve krizotil-γ- mineralleri, b) Krizotil-γ- ve lizardit mineralleri.

yen) harzburjit örneği üzerinde, EDS (Enerji Saçınım Spektrometresi) aleti ile noktasal analizler yapılmıştır. Bunun için, Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı, Sedimantoloji ve Rezervuar Jeolojisi Müdürlüğünde bulunan JEOL-6490 elektron mikroskobu, SQ analiz programı ile ZAF düzeltme programı kullanılmıştır. Bu yöntem ile kayaç içerisinde bulunan minerallerin (olivin, ortopiroksen, klinopiroksen, spinel) kimyası belirlenmiş, yapısal formülleri CALCMIN bilgisayar programı yardımıyla hesaplanmıştır.

Olivin mineralleri

Eldivan Ofiyoliti'ne ait harzburjit örneklerindeki olivin mineralleri üzerinde gerçekleştirilen mineral kimyası çözümleme sonuçlarına göre; olivinlerin Fosterit (Fo) içerikleri %88-92, Mg# (100*(Mg/(Mg+Fe^{+2}))) değeri ise %90-94 arasında bulunmaktadır (Çizelge 1). Fo_{88}-Fo_{92} değerlerine sahip olivin mineralleri aşırı tüketilmiş refrakter harzburjit ve düniti işaret etmektedir (Uysal ve diğerleri, 2007)

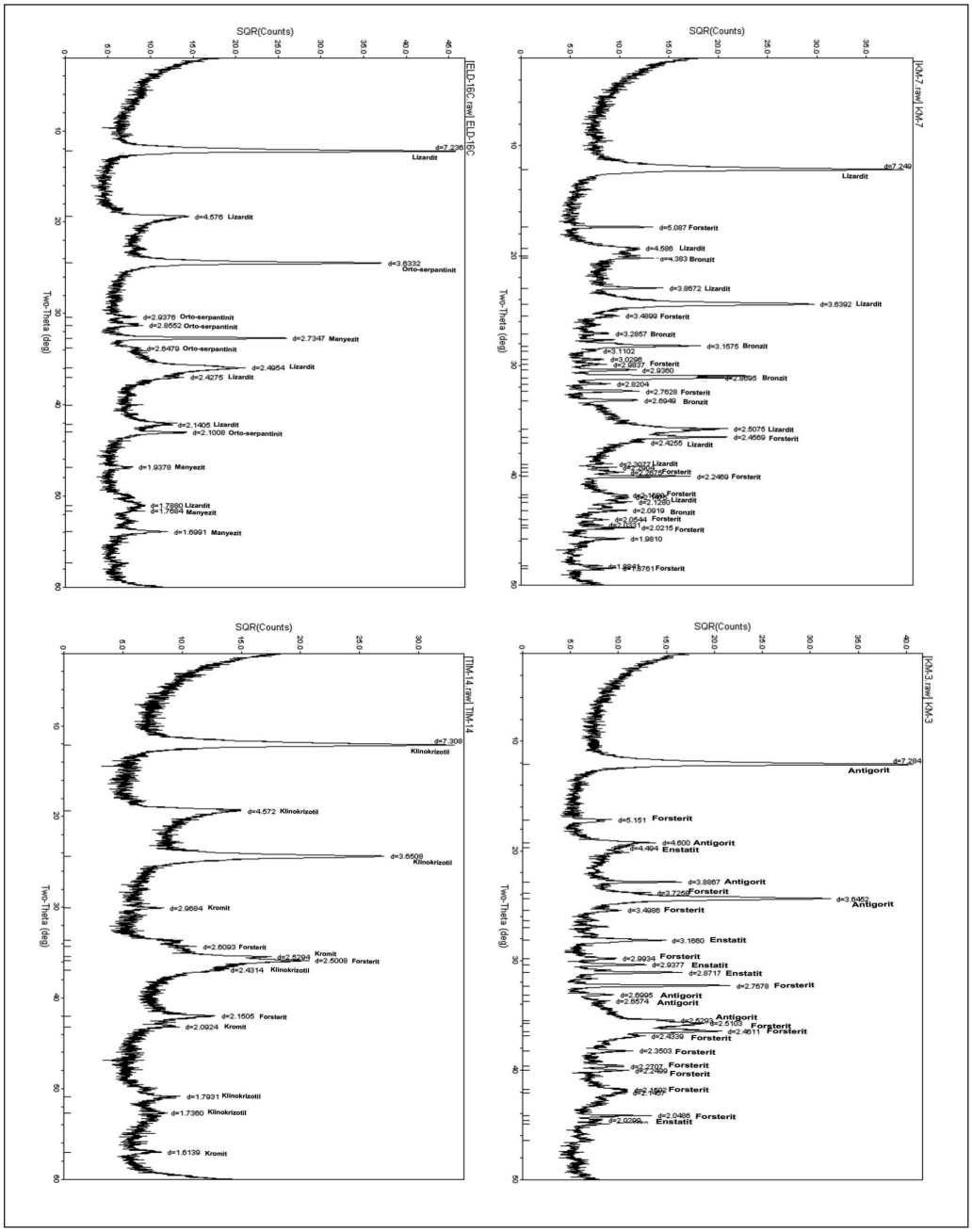
Piroksen mineralleri

Harzburjitler'deki ortopiroksen (Çizelge 2) ve klinopiroksen (Çizelge 3) minerallerinden elde edilen analiz sonuçları, Morimoto (1989) tarafından yapılan En-Wo-Fs sınıflamasına göre değerlendirilmiştir. Buna göre; ortopiroksen minerallerinin Mg içeriklerine bağlı olarak enstatit tarafında yoğunluk gösterdiği (Şekil 9a), klinopiroksen minerallerinin ise, diyopsit karakterinde olduğu belirlenmiştir (Şekil 9b).

Cr- Spinel mineralleri

Krom spineller manto peridotitlerinin kısmi ergime sürecinin en iyi göstergelerinden biri olarak kabul edilmektedir (Matsukage ve Kubo, 2003; Tamura ve Arai, 2006; Uysal ve diğerleri, 2007). Harzburjitler içerisinde bulunan Cr-spinel minerallerinin kimyasal analizlerinde (Çizelge 4); Cr_2O_3 değerleri %32.09-48.43, Al_2O_3 değerleri %12.14-19.89, Fe_2O_3 değerleri %1.95-23.78, MgO değerleri ise %9.26-15.05 aralığında çıkmaktadır. Fe_2O_3 ve Al_2O_3 değerlerinde gözlenen geniş aralık kromitlerin alterasyona maruz kaldığının bir göstergesidir (Uysal ve diğerleri, 2007; Singh, 2009).

Cr-spineller, karakterinin anlaşılabilmesi amacıyla Al-(Fe^{+3}+2Ti)-Cr üçgen diyagramı (Şekil 10a) ile 100*Mg/(Mg+Fe^{+2})-100*Cr/(Cr+Al) diyagramına (Şekil 10b) yerleştirilmiştir. Diyagramlara



Şekil 8- Eldivan Ofiyoliti'ne ait serpantinit minerallerinden alınan X-RD sonuçları. Kayaç içerisinde krizotil, lizardit, kromit, orto-serpantin, forsterit ve piroksen mineralleri yer almaktadır.

Çizelge 1- Eldivan Ofiyolitine ait harzburjitlerin içindeki olivin minerallerinin analiz sonuçları ve katyon değerleri.

	KM-2			Mİ-13		
X	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00
SiO_2	42.50	39.89	41.76	41.93	41.40	38.14
TiO_2	0.14	0.23	0.11	0.14	0.13	0.26
Al_2O_3	0.01	0.04	0.09	0.17	0.02	0.05
Cr_2O_3	0.11	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	7.44	9.19	9.11	9.12	8.77	5.42
Fe_2O_3	0.00	0.35	0.00	0.00	0.00	6.11
MgO	48.37	48.31	48.41	48.36	49.34	49.60
CaO	0.15	0.25	0.21	0.13	0.12	0.20
Toplam	98.72	98.38	99.69	99.85	99.79	99.78
Katyonlar=3, Fe2+/Fe3+ değerlikler=8						
	KM-2			Mİ-13		
Fe^{+2}	0.1539	0.1908	0.1871	0.1871	0.1793	0.1114
Mn	0.0030	0.0092	0.0064	0.0032	0.0044	0.0077
Mg	1.7832	1.7883	1.7712	1.7696	1.7980	1.8183
sum6	1.9400	1.9883	1.9647	1.9600	1.9818	1.9375
Si	1.0508	0.9907	1.0250	1.0292	1.0121	0.9380
Ti	0.0025	0.0042	0.0021	0.0025	0.0024	0.0048
Al	0.0003	0.0011	0.0026	0.0048	0.0006	0.0013
Cr	0.0022	0.0027	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Fe^{+3}	0.0000	0.0065	0.0000	0.0000	0.0000	0.1130
V	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Ca	0.0041	0.0066	0.0055	0.0035	0.0032	0.0053
sum4	1.0600	1.0117	1.0353	1.0400	1.0182	1.0625
Fo	92.0571	90.0368	90.4480	90.4376	90.9323	88.4677
Fa	7.9429	9.9632	9.5520	9.5624	9.0677	11.5323
Mg#	92.0551	90.3593	90.4458	90.4380	90.9321	94.2271

yerleştirilen örneklerin Alpin tipi peridotit alanlarına düştükleri görülmektedir. Cr-spinellerde belirlenen kimyasal değişimler; hidrotermal alterasyon, magmatik alterasyonlar ya da bölgesel metamorfizmaya bağlı olabilmektedir (Cameron, 1975; Kimball, 1990). Eldivan Ofiyoliti'ne ait Cr-spinel minerallerinin Al_2O_3-Fe^{+2}/Fe^{+3} diyagramında ise (Kamenetsky ve diğerleri, 2001) MORB tipi peridotit alanında yer aldığı gözlenmektedir (Şekil 11).

TEKTONİTLERİN JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Harzburjitlerden alınan 5 adet örnek için toplam kayaç analizleri X-RF ve ICP-MS cihazları ile

Çizelge 2- Eldivan Ofiyolitine ait harzburjit örnekleri içerisinde yer alan ortopiroksen minerallerinin analiz sonuçları ve katyon değerleri.

	K-02									Mİ-13				
	1-3	1-1	2-3	4-2	4-3	4-4	4-5	5-1	5-2	1-3	2-5a	4-1	6-1	6-3
SiO_2	55.38	52.67	55.98	55.40	51.58	49.09	55.15	51.19	52.82	50.90	52.37	50.33	51.36	51.30
TiO_2	0.11	0.30	0.22	0.15	0.12	0.22	0.11	0.11	0.20	0.00	0.16	0.28	0.00	0.00
Al_2O_3	2.66	2.43	2.12	2.55	2.39	0.41	2.64	2.30	2.93	1.67	2.49	2.39	1.62	1.80
Cr_2O_3	0.67	1.40	0.46	0.30	0.80	0.14	0.53	0.77	0.69	0.69	0.90	0.59	0.83	0.47
FeO	4.09	6.00	5.41	2.23	3.42	4.20	1.55	4.81	1.19	3.68	2.02	2.82	2.41	2.40
Fe_2O_3	2.35	4.78	1.02	3.38	5.25	8.95	3.85	6.59	6.31	6.12	6.04	5.50	5.95	5.22
MnO	0.16	0.13	0.22	0.00	0.00	0.00	0.24	0.31	0.20	0.00	0.24	0.11	0.30	0.42
MgO	33.13	29.80	33.04	34.65	35.50	37.10	34.62	32.47	35.38	36.23	35.50	36.92	37.63	38.32
NiO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CaO	1.05	1.63	0.67	0.67	0.72	0.20	0.71	1.36	0.99	0.21	0.65	0.28	0.39	0.33
Na_2O	0.36	0.41	0.38	0.33	0.33	0.39	0.35	0.00	0.00	0.29	0.00	0.61	0.00	0.40
Toplam	99.97	99.54	99.52	99.65	100.10	100.69	99.76	99.92	100.69	99.78	100.37	99.84	100.49	100.64

Valences = 12, cations = 4, Fe2+/Fe3+-tüm hesaplamalar OPX modellemesi ile yapılmıştır (Brandelik and Massonne, 2004)

	1-3	1-1	2-3	4-2	4-3	4-4	4-5	5-1	5-2	1-3	2-5a	4-1	6-1	6-3
Si	1.9152	1.8717	1.9439	1.9075	1.7767	1.6447	1.8982	1.7988	1.8184	1.7223	1.8030	1.6778	1.7240	1.7239
Al_T	0.0848	0.0000	0.0561	0.0925	0.0000	0.0000	0.1018	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
sum4	2.0000	1.8717	2.0000	2.0000	1.7767	1.6447	2.0000	1.7988	1.8184	1.7223	1.8030	1.6778	1.7240	1.7239
Al_O	0.0235	0.1017	0.0308	0.0111	0.0969	0.0162	0.0053	0.0952	0.1188	0.0666	0.1167	0.1147	0.0642	0.0785
Ti	0.0028	0.0081	0.0057	0.0038	0.0031	0.0056	0.0030	0.0029	0.0052	0.0000	0.0042	0.0070	0.0000	0.0000
Cr	0.0183	0.0392	0.0126	0.0081	0.0218	0.0036	0.0144	0.0214	0.0188	0.0720	0.0244	0.0156	0.0344	0.0389
Fe^{+3}	0.0613	0.1278	0.0267	0.0876	0.3435	0.7046	0.0997	0.2801	0.2152	0.4359	0.2445	0.5394	0.4534	0.4607
Fe^{+2}	0.1183	0.1784	0.1572	0.0641	-0.1274	-0.5099	0.0445	-0.1414	-0.0342	-0.3021	-0.0582	-0.4410	-0.3670	-0.3657
Mn	0.0046	0.0038	0.0065	0.0000	0.0000	0.0000	0.0070	0.0093	0.0059	0.0000	0.0069	0.0032	0.0086	0.0118
Mg	1.7081	1.5790	1.7102	1.7786	1.8226	2.1027	1.7763	1.5439	1.8156	1.9788	1.8218	2.0338	2.0684	2.0142
Ni	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Ca	0.0391	0.0620	0.0248	0.0249	0.0412	0.0073	0.0263	0.3899	0.0364	0.0075	0.0367	0.0101	0.0140	0.0117
sum6	2.0000	2.1283	2.0000	2.0000	2.2233	2.3553	2.0000	2.2012	2.1816	2.2777	2.1970	2.3222	2.2760	2.2761

Bileşenler	1-3	1-1	2-3	4-2	4-3	4-4	4-5	5-1	5-2	1-3	2-5a	4-1	6-1	6-3
X-ENS_ORTHO	0.8085	0.6957	0.8348	0.8398	0.7029	0.5919	0.8297	0.3898	0.7674	0.6965	0.7509	0.6768	0.7292	0.7106
X-FERROSILIT	0.0560	0.0786	0.0767	0.0303	0.0491	0.1435	0.0208	0.0357	0.0144	0.1064	0.0240	0.1468	0.1294	0.1290
X-Al_ENS_B	0.0118	0.0133	0.0154	0.0055	0.0632	0.1696	0.0026	0.0530	0.0314	0.1055	0.0402	0.1037	0.1059	0.0988
X-CPX	0.0391	0.0620	0.0248	0.0249	0.0412	0.0073	0.0263	0.3899	0.0364	0.0075	0.0367	0.0101	0.0140	0.0117
X-NA_CPX	0.0239	0.0283	0.0255	0.0219	0.0217	0.0251	0.0235	0.0000	0.0000	0.0191	0.0000	0.0394	0.0000	0.0259
X-REST	0.0608	0.1487	0.0228	0.0776	0.3466	0.6887	0.0971	0.3090	0.2421	0.4888	0.2766	0.5243	0.4920	0.4796

Çizelge 3- Eldivan Ofiyoliti'ne ait harzburjitlerin içerisindeki klinopiroksen minerallerinin analiz sonuçları ve katyon değerleri (değerlikler = 12, katyonlar = 4).

	K-02						Mİ-13		
İçerik	1-2	1-6	2-1	2-5	2-6	5-3	1-7	2-8	5-8
SiO_2	53.02	51.28	50.27	47.96	50.84	53.54	47.69	46.55	47.54
TiO_2	0.15	0.20	0.14	0.30	0.22	0.10	0.16	0.30	0.38
Al_2O_3	2.90	2.56	2.15	2.12	2.25	2.84	2.71	2.06	2.65
Cr_2O_3	0.95	1.00	0.87	0.73	1.03	0.65	0.93	0.97	0.00
Fe_2O_3	0.05	2.51	2.27	3.24	3.04	0.00	2.93	3.28	3.03
FeO	2.08	0.00	0.00	0.00	0.00	2.16	0.00	0.00	0.00
MnO	0.17	0.13	0.29	0.27	0.24	0.10	0.12	0.22	0.36
MgO	16.91	16.01	16.28	15.54	16.95	18.69	17.68	14.75	16.09
CaO	23.56	25.84	27.27	29.23	25.13	20.68	27.44	31.99	29.92
Na_2O	0.20	0.46	0.21	0.29	0.22	0.44	0.00	0.07	0.00
K_2O	0.02	0.02	0.02	0.19	0.08	0.00	0.08	0.13	0.00
Toplam	100.00	100.00	99.78	99.87	100.00	99.19	99.73	100.33	99.96
Si	1.9267	1.8701	1.8366	1.7564	1.8541	1.9427	1.7359	1.7052	1.7353
Al_T	0.0733	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0573	0.0000	0.0000	0.0000
sum4	2.0000	1.8701	1.8366	1.7564	1.8541	2.0000	1.7359	1.7052	1.7353
Al_O	0.0509	0.1100	0.0927	0.0915	0.0969	0.0641	0.1162	0.0890	0.1139
Ti	0.0042	0.0055	0.0037	0.0084	0.0061	0.0027	0.0044	0.0082	0.0105
Cr	0.0273	0.0288	0.0252	0.0213	0.0297	0.0187	0.0266	0.0282	0.0000
Fe^{+3}	0.0013	0.0688	0.0624	0.0894	0.0834	0.0001	0.0803	0.0903	0.0831
Fe^{+2}	0.0632	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0654	0.0000	0.0000	0.0000
Mn	0.0053	0.0040	0.0090	0.0083	0.0075	0.0031	0.0036	0.0069	0.0110
Mg	0.9161	0.8702	0.8868	0.8482	0.9215	1.0110	0.9591	0.8056	0.8758
Ca	0.9171	1.0097	1.0676	1.1472	0.9819	0.8039	1.0702	1.2557	1.1703
Na	0.0137	0.0322	0.0149	0.0207	0.0152	0.0310	0.0000	0.0049	0.0000
K	0.0008	0.0007	0.0010	0.0088	0.0038	0.0000	0.0037	0.0060	0.0000
sum6	2.0000	2.1299	2.1634	2.2436	2.1459	2.0000	2.2641	2.2948	2.2647
Na_start	0.0137	0.0322	0.0149	0.0207	0.0152	0.0000	0.0000	0.0049	0.0000

ACME Laboratuvarlarında (Kanada) yaptırılmıştır. Örneklerin major oksit analiz sonuçları incelendiğinde, SiO_2 değerlerinin %44-47, MgO değerlerinin %41-45, FeO_t değerlerinin ise, %8-9 aralıklarında olduğu görülmektedir (Çizelge 5). Örneklerin diferansiyasyon derecelerinin belirlenmesi amacıyla, Coleman (1977)'a ait Al_2O_3-CaO-MgO diyagramına (Şekil 12) yerleştirildiğinde, örneklerin tamamının Mg'ce zengin oldukları ve metamorfik peridotit (ultramafit tektonit) alanında kümelendikleri görülmektedir. Burada kullanılan "Metamorfik peridotit" terimi aynı zamanda "tektonit harzburjit", "harzburjitik tip" veya "Alpin tipi ultramafik" olarak da adlandırılmaktadır (Jackson ve Thayer, 1972).

İnceleme alanındaki tektonitlerin jeokimyasal analizleri sonucu elde edilen Cr_2O_3-NiO değerleri Irvine ve Findlay (1972)'in diskriminasyon diyagramına yerleştirildiğinde, örneklerin tamamının

Çizelge 4- Eldivan Ofiyoliti peridotitleri içerisinde yer alan kromit minerallerinin analiz sonuçları (Krom spinellerin analizleri Droop (1987) denklemi kullanılarak Fe^{+2} ve Fe^{+3} değerleri standartize edilmiştir. Tüm analizlerde katyon sayısı 24 olarak alınmıştır).

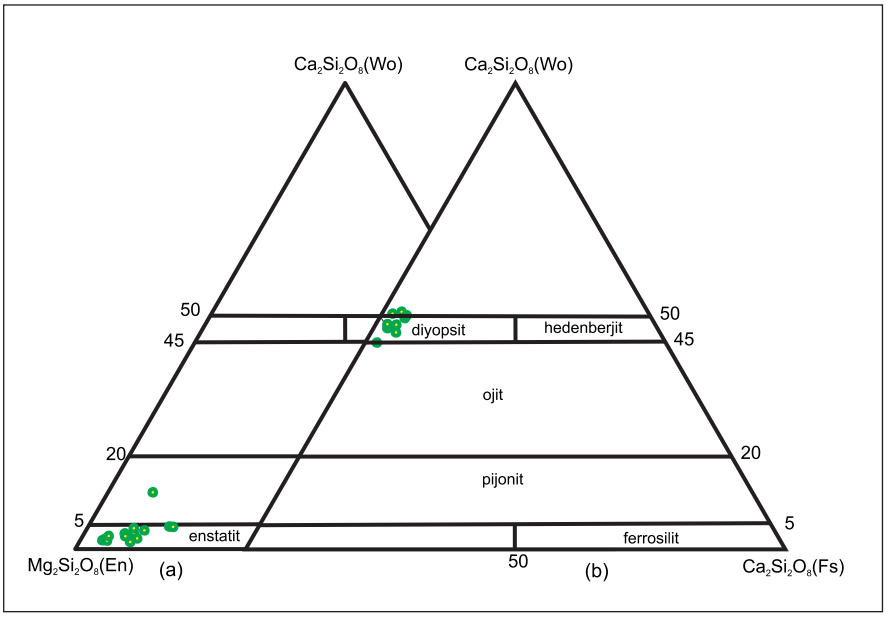
Örnek No	KM-2						MI-13				
Probe No	1-1	2-2	2-4	2-6	3-2	4-5	1-3	1-4	2-3	3-5	4-2
Cr_2O_3	37.14	27.91	33.98	31.87	26.11	33.55	39	34.43	38.34	37.85	34.11
Al_2O_3	27.91	40.96	31.56	36.64	41.08	34.01	27.74	31.73	23.01	29.01	26.32
TiO_2	0.14	0.12	0.05	0.093	0.09	0.07	0.14	0.08	0.06	0.08	0.04
FeO	11.34	13.44	13.71	11.35	15.46	18.61	11.37	13.38	16.8	15.6	12.06
Fe_2O_3	7.25	0.23	5.91	1.86	1.03	0.96	4.24	4.95	9.26	3.73	11.59
MgO	16.72	16.17	15.28	17.27	14.25	12.37	15.26	15.43	12.63	13.24	15.27
MnO	0.05	0.24	0.25	0.03	0.34	0.12	1.99	0.11	0.13	0.38	0.6
NiO	0	0	0	0	1.13	0	0	0	0	0.57	1.39
Toplam	100.69	99.13	100.74	99.24	99.67	99.9	99.92	100.05	100.49	100.41	101.77
Cr	6.8825	4.9862	6.2587	5.7479	4.6989	6.2628	7.3328	6.3652	7.4512	7.1456	6.3751
Al	7.7146	10.9116	8.6695	9.8531	11.0252	9.4661	7.778	8.7454	6.6694	8.167	7.3369
Ti	0.0485	0.0316	0.0088	0.0395	0.0497	0.0503	0.0608	0.0035	0.0593	0.0054	0.0774
Fe^{+3}	1.2792	0.0389	1.037	0.3185	0.1761	0.1702	0.7584	0.8702	1.7123	0.6695	2.0622
Fe^{+2}	2.249	2.5393	2.6887	2.1676	2.9435	3.6755	2.2706	2.6293	3.5007	3.1219	2.4539
Mg	5.8418	5.4457	5.3045	5.87	4.8356	4.3509	5.4084	5.3766	4.6273	4.7119	5.3793
Mn	0.0105	0.0467	0.05	0.005	0.0648	0.0247	0.4001	0.0217	0.0269	0.0767	0.1202
Ni	0	0	0	0	0.2067	0	0	0	0	0.1091	0.2638
Toplam	24.0261	24	24.0171	24.0016	24.0005	24.0005	24.0091	24.012	24.0471	24.0071	24.0687
$Mg/Mg+Fe^{+2}$	0.5863	0.4049	0.467	0.4883	0.3462	0.3311	0.5382	0.4727	0.455	0.4174	0.5494
Cr/Cr+Al	0.4715	0.3136	0.4193	0.3684	0.2988	0.3982	0.4853	0.4212	0.5277	0.4666	0.4649
$Fe^{+3}/(Cr+Al+Fe^{+3})$	0.0806	0.0024	0.065	0.02	0.0111	0.0107	0.0478	0.0545	0.1082	0.0419	0.1307

Alpin tipi peridotit alanında yoğunlaştığı görülmektedir (Şekil 13). Bölgedeki kayaçlardan elde edilen majör oksit analiz sonuçları Ringwood (1975)'un Al_2O_3-MgO diyagramına yerleştirildiğinde ise örneklerin tamamının az tüketilmiş pirolit alanında kümelendiği görülür (Şekil 14).

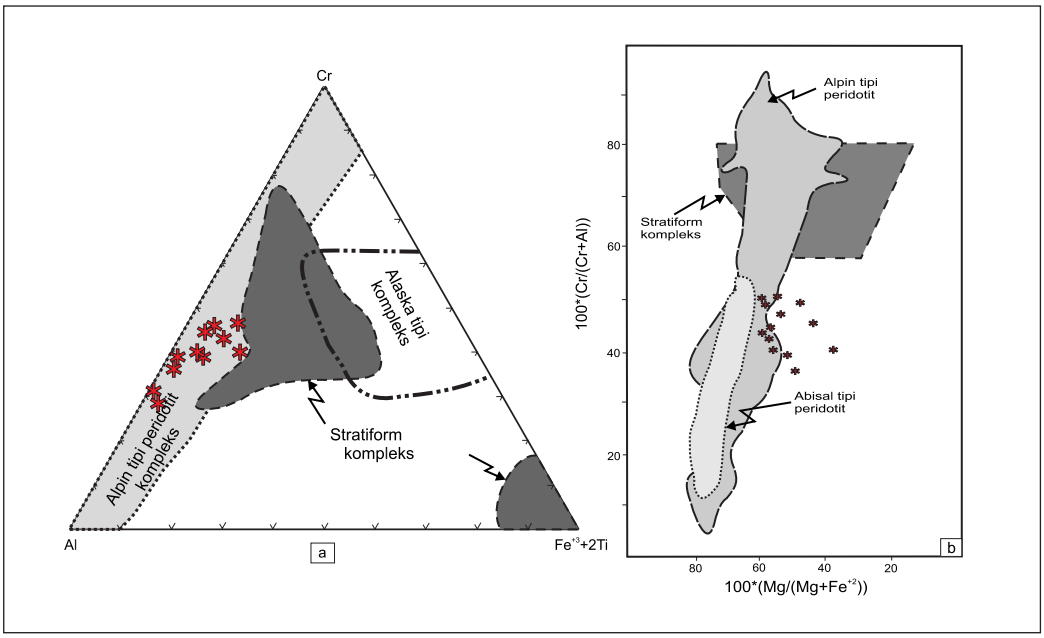
MgO/SiO_2-Al_2O_3/SiO_2 diyagramında (Şekil 15) abisal peridotitlerde MgO/SiO_2 değeri deniz tabanındaki bozunma sürecinde MgO kaybı nedeniyle sistematik olarak azalmaktadır (Snow ve Dick, 1995; Niu, 2004, Paulick ve diğerleri, 2006). Al_2O_3/SiO_2 artışı ile MgO/SiO_2 azalması, termal sınır katmanında eriyiğin emilme süreci ile açıklanabilir (Niu, 2004; Paulick ve diğerleri, 2006).

TARTIŞMA VE SONUÇLAR

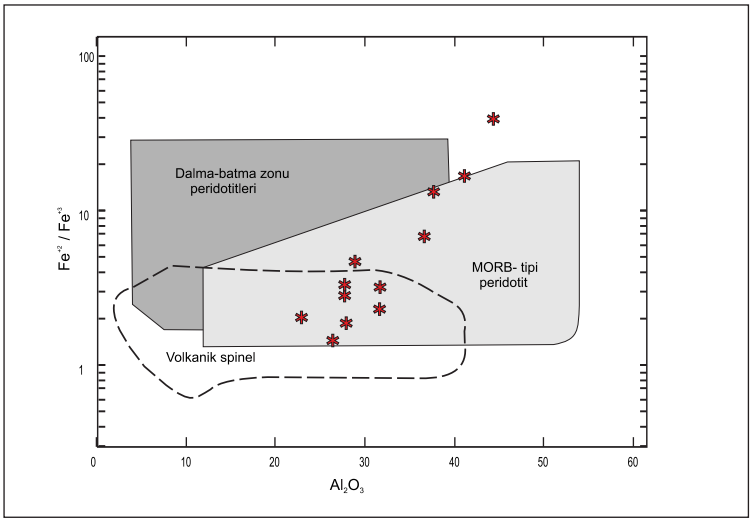
Eldivan Ofiyolitine ait harzburjitik tektonitlerde yapılan jeolojik, mineralojik ve jeokimyasal çalışmalar sonucunda, bu birimlerin kısmi ergime sonrası, kalıntı mantoyu temsil ettikleri belirlenmiştir. Tektonitler içerisinde yukarıya doğru dünitik zonlar, gabro ve piroksenolit filonlarındaki artış, kısmi ergime derecesinin yukarıya doğru arttığı şeklinde yorumlanmıştır. Eldivan Ofiyoliti'ne ait peridotitleri oluşturan minerallerin kimya-



Şekil 9- Eldivan Ofiyoliti'ne ait harzburjit örnekleri içerisinde yer alan ortopiroksen (a) ve klinopiroksen (b) minerallerinin En-Wo-Fs diyagramındaki dağılımları (Morimoto,1989'dan alınmıştır).



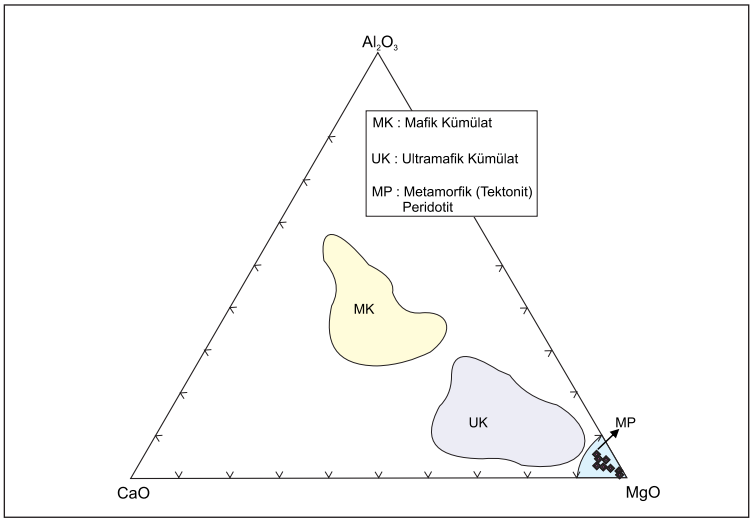
Şekil 10- Eldivan Ofiyoliti'ne ait Cr-spinellerin a) Al-(Fe^{+3} + 2Ti)-Cr (Jan ve Windley, 1990'dan değiştirilerek alınmıştır), b)100*Cr/(Cr+Al) ile 100*Mg/(Mg+Fe^{+2}) (Dick ve Bullen, 1984'den değiştirilerek alınmıştır) diyagramları üzerinde gösterimi.



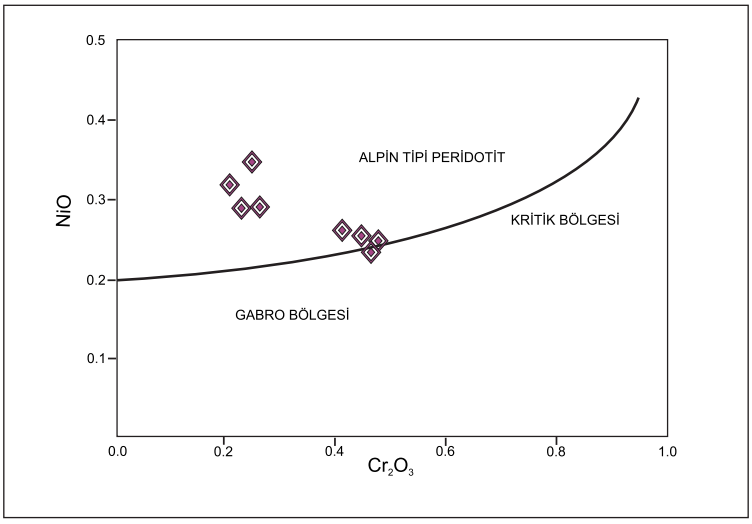
Şekil 11- Cr-spinel minerallerinin Fe^{+2}/Fe^{+3}-Al_2O_3 diyagramı üzerinde gösterimi (Kamenetsky ve diğerleri, 2001'den değiştirilerek alınmıştır).

Çizelge 5- Eldivan Ofiyoliti'ne ait peridotitlerin major oksit analiz sonuçları.

	KM-1	KM-2	KM-3	KM-5	KM-7	KM-9	SB-3	SB-6
SiO_2	41.32	37.65	41.79	37.99	42.49	43.21	40.38	42.21
Al_2O_3	1.07	0.15	1.18	0.14	1.45	0.98	1.25	0.73
Fe_2O_3	8.15	8.55	8.2	8.9	7.79	8.24	6.98	8.55
MgO	38.1	38.92	37.83	37.26	37.46	38.23	39.11	38.79
CaO	1.46	0.59	1.34	0.39	1.41	1.41	0.62	0.81
Na_2O	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
K_2O	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
TiO_2	0.01	0.03	0.01	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04
P_2O_5	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
MnO	0.12	0.11	0.12	0.11	0.12	0.12	0.16	0.15
NiO	0.27	0.31	0.26	0.31	0.25	0.28	0.35	0.38
Cr_2O_3	0.398	0.222	0.409	0.206	0.423	0.362	0.182	0.218
Ateş Kaybı	8.41	12.8	8.18	14.01	7.92	8.14	7.44	7.61
H_2O^-	0.47	0.97	0.55	1.17	0.7	1.01	0.41	0.89
H_2O^+	8.56	11.24	8.35	11.61	8.19	8.59	9.13	8.63
Ba	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Sr	2	23	2	15	<2	2	18	21
Zr	<5	10	<5	<5	<5	<5	5	5
Y	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Sc	12	5	12	5	13	12	12	12
Cu	0.003	<0.001	0.001	<0.001	0.002	0.002	0.003	0.004
Co	0.01	0.012	0.01	0.011	0.009	0.012	0.009	0.016

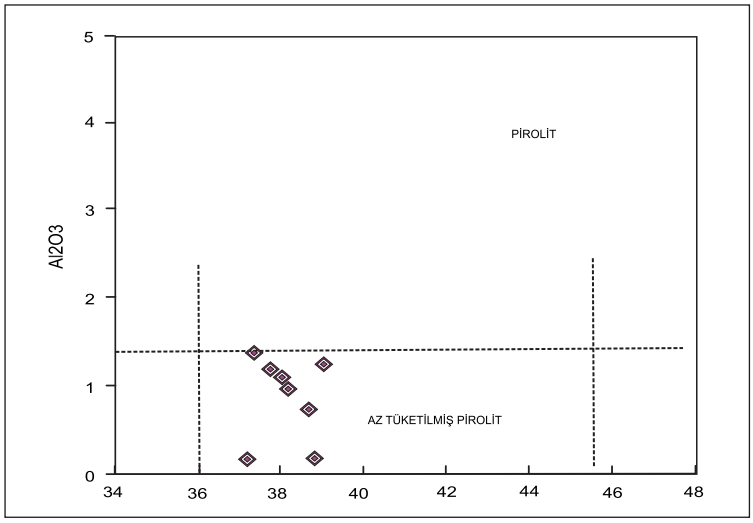


Şekil 12- Eldivan Ofiyoliti'ne ait ultramafik kayaçların CaO-Al_2O_3-MgO diyagramındaki yerleri (Coleman, 1977'den alınmıştır).

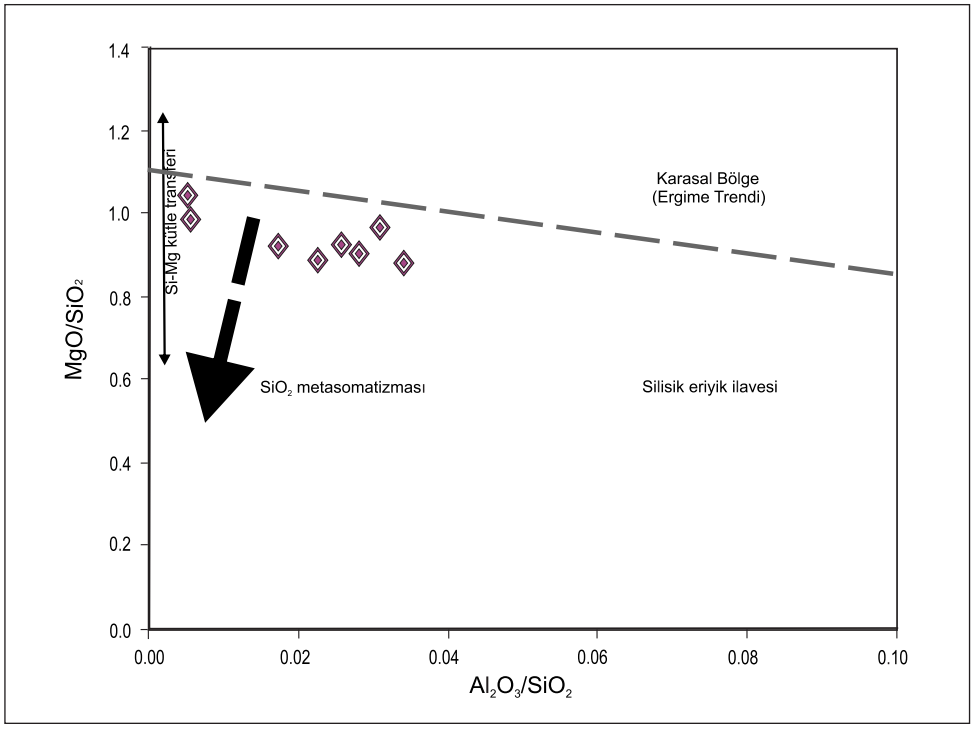


Şekil 13- Eldivan Ofiyoliti'ne ait tektonit örneklerinin Cr_2O_3 -NiO diskriminasyon diyagramındaki yerleri (Irvine ve Findlay, 1972' den alınmıştır).

sal analizleri ve tüm kayaç analizlerinin değerlendirilmesi sonucu, bu kayaçların toleyitik bir eriyikten (örneğin MORB'dan) düşük dereceli kısmi ergime ile türedikleri düşünülmektedir. Tüm kayaç kimyasal analizleri sonucunda, Mg oranlarının yüksek değerlerde, Al ve Ca oranlarının ise düşük değerlerde olması, kayaçların ilksel manto kaynağının düşük dereceli kısmi ergimesiyle ve fazla tüketimiyle geliştiğini gösterir. Olivin minerallerindeki Mg# yaklaşık olarak %90-94 aralığında değerler alması, peridotitler içerisinde yer alan olivinlerin kökenlerinin de manto kaynaklı olduğunu göstermektedir.



Şekil 14- Eldivan Ofiyoliti'ne ait tektonitlerin Ringwood (1975)'e ait Al_2O_3-MgO diyagramındaki dağılımları.



Şekil 15- Eldivan Ofiyolitindeki harzburjitik tektonitlerin MgO/SiO_2-Al_2O_3/SiO_2 diyagramındaki yerini gösteren diyagram. Diyagramda örneklerin, karasal bölge olarak nitelendirilen ve kesikli çizgi ile gösterilen sınır ile paralellik sunmaktadır (Jagoutz ve diğerleri, 1979). Örneklerin jeokimyası modal mineralojik bileşimleri ve hidrotermal bozunma içeren çeşitli süreçler tarafından kontrol edilmektedir (Paulick ve diğerleri 2006'nden alınmıştır).

Tüketilmiş harzburjit ve dünitlerin oluşumunun ergime, manto-eriyik etkileşimi ve manto metasomatizması gibi çeşitli nedenleri olduğu düşünüldüğünde (Kelemen ve diğerleri, 1992; Zhou ve diğerleri, 1996; Uysal ve diğerleri, 2007), Eldivan Ofiyoliti'ne ait harzburjit ve dünit örneklerinin çeşitli derecelerde tüketilmiş kayaçlar olduğu düşünülmektedir. Ayrıca tektonit örneklerindeki Cr# sayısının değişen oranlarda olması manto peridotitlerindeki kısmi ergime derecesinin en iyi örneklerinden birisidir (Dick ve Bullen, 1984; Arai, 1994; Tamura ve Arai, 2006; Uysal ve diğerleri, 2007).

Pirolitik modelde, dunit ve harzburjitler, manto ergimesinin tipik kalıntılarıdır (Wilson, 1993; Blatt ve Tracy, 1996). Okyanus ortası sırtlarda da Al_2O_3'ce tüketilmiş kalıntı tip harzburjit ve dunitler yer alması (Bacak ve Uz, 2003), Eldivan Ofiyoliti tektonitlerinin tüketilmiş mantodan oluştuğunu gösterir.

KATKI BELİRTME

Bu çalışma Yüzüncü Yıl Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Dairesi Başkanlığı'nın 2008-FBE-D006 numaralı projesi tarafından desteklenmiştir. Yazarlar değerli katkı ve yardımlarından dolayı İrem Arat, E.Merter Bilgin ve Kerem Avcı'ya teşekkür ederler.

Yayına verildiği tarih, 24 Mart 2011

DEĞİNİLEN BELGELER

Adamia, S. A., Lordkipanidze, M. B. ve Zakariadze, G. S., 1977. Evolution of an active continental margin as exemplified by the Alpine history of the Caucasus. Tectonophysics, 40, 183-199.

Akyürek, B., 1981. Ankara Melanjının Kuzey Bölümünün Temel Jeoloji Özellikleri, Türkiye Jeoloji Kurumu 35. Bilimsel ve Teknik Kurultayı, "İç Anadolu Jeolojisi Sempozyumu" Tebliğler Kitabı, 41-45.

_____, Bilginer, E., Çatal, E., Dağer, Z., Soysal, Y. ve Sunu, D.,1979. Eldivan - Şabanözü (Çankırı) Dolayında Ofiyolit yerleşmesine İlişkin Bulgular, Jeoloji Mühendisliği, 9, 5-11.

Arai, S., 1994. Characterization of spinel peridotites by olivine-spinel compositional relationships: review and interpretation. Chemical Geology, 113, 191-204.

Bacak, G. ve Uz, B., 2003. Dağardı güneyi (Kütahya) Ofiyoliti'nin jeolojisi ve jeokimyasal özellikleri: İstanbul Teknik Üniversitesi Mühendislik Dergisi, 2, (4), 86-98.

Bailey, E.B. ve McCallien, C., 1953. Serpentine lavas, the Ankara melange and the Anatolian thrust. Transactions Royal Society Edinburgh, 62, 403-442.

Blatt, H. ve Tracy, J. R., 1996. Petrology: Igneous, sedimantary and metamorphic: W.H. Freeman Company Pres, New York, USA, 350 p.

Cameron, E. N., 1975. Postcumulus and subsolidus equilibration of chromite and coexisting silicates in the Eastern Bushveld Complex. Geochimica et Cosmochimica Acta, 39, 1021-1033.

Coleman, R.G., 1977. Ophiolites: Ancient Oceanic Lithosphere?, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 229 p.

Dangerfield, A., 2008, Geochemistry, structure and tectonic evolution of the Eldivan Ophiolite, Ankara Melange, central Turkey, Department of Geological Sciences, Brigham Young University, Master of Science, 51 p.

Çakır, Ü., 2009, Structural ve geochronological relationships of metamorphic soles of eastern Mediterranean ophiolites to surrounding units: indicators of intraoceanic subduction and emplacement, International Geology Review, 51, 3, pp:189-215

Dick, H.J.B. ve Bullen, T., 1984. Chromian spinel as a petrogenetic indicator in abyssal and alpine-type peridotites and spatially associated lavas. Contribution of Mineralogy Petrology, 86, 54-76.

Droop, G.T.R., 1987. A general equation for estimating Fe^{3+} concentrations in ferromagnesian silicates

and oxides from microprobe analyses, using stoichiometric criteria. Mineralogical Magazine, 51:431-435.

Engin, T., Balcı, M., Sümer, Y. ve Özkan, Y.Z., 1980. Guleman (Elazığ) krom yatakları ve peridotit biriminin genel jeolojik konumu ve yapısal özellikleri. Maden Tetkik ve Arama Dergisi, 95-96, 77-101.

Floyd, P.A., 1993. Geochemical discrimination and petrogenesis of alkali basalt sequences in part of the Ankara melange, central Turkey. The Geological Society of London, 150, 541-550.

Gökten, E. ve Floyd, P.A., 2007. Stratigraphy and geochemistry of pillow basalts within the ophiolitic mélange of the İzmir-Ankara-Erzincan suture zone: implications for the geotectonic character of the northern branch of Neotethys: International Journal of Earth Sciences, 96, 725-741 (Geology Rundsch).

Göncüoğlu, M.C., Yalınız, K. ve Tekin, U.K., 2006. Geochemistry, Tectono - Magmatic Discrimination and Radiolarian Ages of Basic Extrusives within the İzmir-Ankara Suture Belt (NW Turkey): Time Constraints for the Neotethyan Evolution, Ofioliti, 31, 25-38.

Hakyemez, Y., Barkurt, M.Y., Bilginer, E., Pehlivan, Ş., Can, B., Dağer, Z. ve Sözeri, B., 1986. Yaprak-lı-Ilgaz-Çankırı-Çandır Dolayının Jeolojisi. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Rapor No: 7966, 114s, Ankara (yayımlanmamış).

Irvine, T. A. ve Findlay, T. C., 1972. Alpin type peridotite with particular reference to the bay of island igneous complex: Publications of the Earth Physics Brach, Department of Energy, Mines and Resources, Ottowa, Canada, 42, 97-128.

Jackson, E. D. ve Thayer, T. P., 1972. Some criteria for distinguishing between stratiform concentric and Alpin peridotite-gabbro complexes: 24th International Geological Congress, Montreal, Canada, 289-296.

Jagoutz, E., Palme, H., Baddenhausen, H., Blum, K., Cendales, M., Dreibus, G., Spettel, B., Lorenz, V. ve Waenke, H., 1979. The abundance of major, minor and trace elements in the Earth's mantle as derived from primitive intramafic modules. In: Merrill, R. B., Bogard, D. D., Hoerz, F., Mc Kay, Dç S. and Robetson, D. C. (Eds.) Proceeding of the Lunar and Planetary Science Conference, 2:2, 031-2, 050, Pergamon New York.

Jan, M.Q. ve Windley, B.F., 1990, Chromian Spinel - Silicate Chemistry in Ultramafic Rocks of the Jijal Complex, NW - Pakistan, Journal of Petrology, 31,666-715.

Kamenetsky, V. S., Crawford, A. J. ve Meffre, S., 2001. Factors controlling chemistry of magmatic spinel: an empirical study of associated olivine, Cr-spinel and melt inclusions from primitive rocks. Journal of Petrology, 42, 655-671.

Kelemen, P.B., Dick, H.J.B. ve Quick, J.E., 1992. Formation of harzburgite by pervasive melt. rock reaction in the upper mantle. Nature, 358, 635-641.

Khain, V., 1975. Structure and main stages in the tectono-magnetic development of the Caucasus: an attempt at geodynamic interpretation. American Journal of Science, 275-A, 131-156.

Kimball, K. L., 1990. Effects of hydrothermal alteration on the compositions of chromian spinels. Contributions to Mineralogy and Petrology, 105 (3), 337-346.

Knipper, A.L., 1980. The tectonic position of ophiolites of the Lesser Caucasus. In: Panayiotou, A.(ed). Ophiolites. Proceeding of International Ophiolite Symposium, Cyprus,1979, 372-376.

Matsukage, K. ve Kubo, K., 2003. Chromian spinel during melting experiments of dry peridotite (KLB.1) at 1.0.2.5 GPa. American Mineralogist, 88, 1271-1278.

Morimoto, N., 1989. Nomenclature of pyroxenes. Canadian Mineralogist, 27, 143-156.

Niu, Y., 2004. Bulk-rock major and trace element composition of abyssal peridotites: implications for mantle melting, melt extraction and post-melt-

ing processes beneath mid-ocean ridges. Journal of Petrology, 45, 2423-2458.

Okay, A. I. ve Tüysüz, O., 1999. Tethyan sutures of northern Turkey: In B. Durand, L. Jolivet, E. Horvath and M. Serrane (Eds.), The Mediterranean Basins, extension within the Alpine Orogen. Geological Society London Special Publication, 156: 475-515.

Önen, P ve Hall, R., 1993. Ophiolites and related metamorphic rocks from the Kütahya region, northwest Turkey. Geological Journal, 28, 399-412.

Paulick, H., Bach, W., Godard, M., De Hoog, J.C.M., Suhr, G. ve Harvey, J., 2006. Geochemistry of abyssal peridotites (Mid-Atlantic Ridge, 15°20' N, ODP Leg 209): Implications for fluid/rock interaction in slow spreading environments. Chemical Geology, 234, 179-210.

Ringwood, A. E., 1975. Composition and petrology of the earth's mantle: McGraw Hill, New York, USA, 618 p.

Rojay, B., Yalınız, K. ve Altıner, D., 1995. Age and Origin of Some Spilitic Basalts from Ankara Melange and their Tectonic Implications to the Evolution of Northern Branch of Neotethys. Cenral Anatolia, International Earth Sciences Colloquium on the Aegean Region, Abstracts, 82.

_____, _____ ve _____, 2001. Age and Origin of some Pillow Basalts from Ankara Melange and Their Tectonic Implications to the Evolution of Northern Branch of Neotethys, Central Anatolia. Turkish Journal of Earth Sciences, 10, 93-102.

_____, Altıner, D., Özkan-Altıner, S., Önen, A. P., James, S. ve Thirlwall, M. F. 2004. Geodynamic significance of the Cretaceous pillow basalts from North Anatolian Ophiolitic Melange Belt (central Anatolia, Turkey). Geodinamica Acta, 17/5, 349-361.

Singh, A.K., 2009. High-Al chromian spinel in peridotites of Manipur Ophiolite Complex, Indo-Myanmar Orogenic Belt: implication for petrogenesis and geotectonic setting. Current Science, 96, 7, 973-978.

Snow, J.E. ve Dick, H.J.B.,1995. Pervasive magnesium loss by marine weathering of peridotite. Geochim. Cosmochim. Acta 59, 4219-4235.

Şengör, A.M.C. ve Yılmaz, Y. 1981. Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach. Tectonophysics. 75, 181-241.

Tamura, A., Arai, S., 2006. Harzburgite - dunite - orthopyroxenite suite as a record of supra-subduction zone setting for the Oman ophiolite mantle. Lithos, 90, 43-56.

Tankut, A., 1984. Basic and ultrabasic rocks from the Ankara melange, Turkey. In: Dixon. J.E. and Robertson A.H.F. (Eds.) The geological evolution of eastern Mediterranean. Geological Society of London, Special Publication, 17, 441-447.

_____ ve Gorton, M.P., 1990. Geochemistry of a mafic-ultramafic body in the Ankara melange, Anatolia, Turkey; evidence for a fragment of oceanic lithosphere. Ophiolites, oceanic crustal analogues, Troodos 1987 Symp Proc. 339-349.

Uysal, İ., Kaliwoda, M., Karslı, O., Tarkian, M., Sadıklar, M.B. ve Ottley, C.J., 2007. Compositional variations as a result of partial melting and melt-peridotite interaction in an upper mantle section from the Ortaca Area, Southwestern Turkey. The Canadian Mineralogist, 45, 1471-1493.

Yalınız, K., Göncüoğlu, M.C. ve Floyd, P.A., 1998. Geochemistry and geodynamic setting of basic volcanics from the northern-most part of the İzmir-Ankara branch of Neotethys, Central Sakarya Region, Turkey. 3 International Turkish Geology Symposium 31 August - 4 September 1998 Ankara,174.

Wilson, M., 1993. Igneous petrogenesis: A global tectonic approach, Chapman & Hall Pres, New York, USA, 446 s.

Zhou, M., Robinson, P.T., Malpas, J. ve LI, Z., 1996. Podiform chromitites in the Luobusa ophiolite (southern Tibet): implications for melt rock interaction and chromite segregation in the upper mantle. Journal of Petrology, 37, 3-21.