

# Kısmî Ergime ve Ergiyik–Kayaç Etkileşimleri Neticesinde Üst Manto Peridotitlerinin Tüm Kayaç ve Mineral Kimyalarındaki Değişimler, Ortaca (Muğla–GB Türkiye)

*Compositional Variations of Whole–Rock and Mineral Chemistry with Partial Melting and Melt–Rock Interaction of Peridotite in an Upper Mantle Section from Ortaca Area (Muğla–SW Turkey)*

**İbrahim UYSAL<sup>1</sup>, Melanie KALIWODA<sup>2</sup>, Orhan KARSLI<sup>1</sup>, Mahmud TARKIAN<sup>3</sup>, M. Burhan SADIKLAR<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Jeoloji Müh. Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye (iuyisal@ktu.edu.tr)

<sup>2</sup> Department of Earth Science, University of Tübingen, Tübingen, Germany

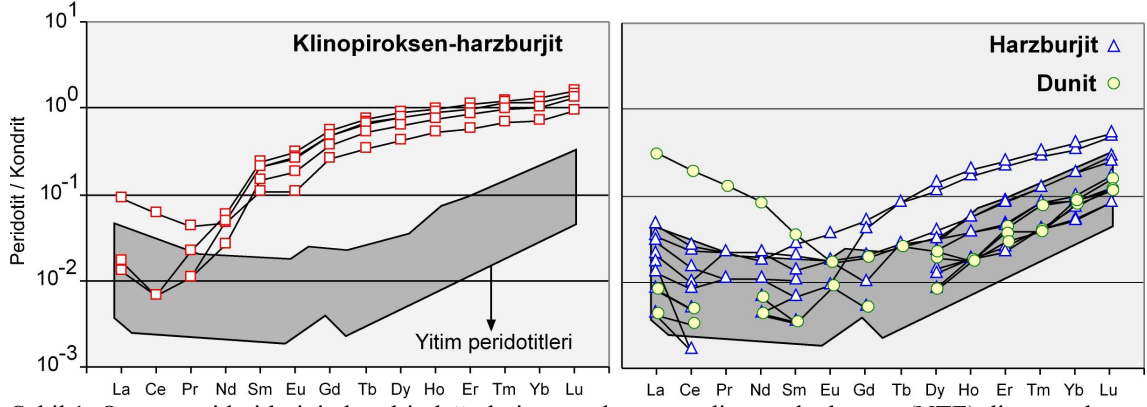
<sup>3</sup> Institute of Mineralogy and Petrology, University of Hamburg, Hamburg, Germany

## ÖZ

Doğu Akdenizde, iki farklı yönde uzanan ofiyolitik kuşaklar önemli kenet zonlarını oluşturur: (1) K–G yönünde, eski Yugoslavya, Arnavutluk, ve Yunanistan boyunca yüzeyleyen ve Dinaridler/Hellenidler diye adlandırılan Jura ofiyolitleri, (2) Güney Türkiye boyunca D–B istikametinde uzanan sunan Kretase yaşlı Torid kuşağı ofiyolitleri. Torid ofiyolit kuşağının batı kesimini oluşturan Ortaca (Muğla–GB Türkiye) ofiyolitleri, Hellenidler ve Toridler birbirine bağlar konumdadırlar.

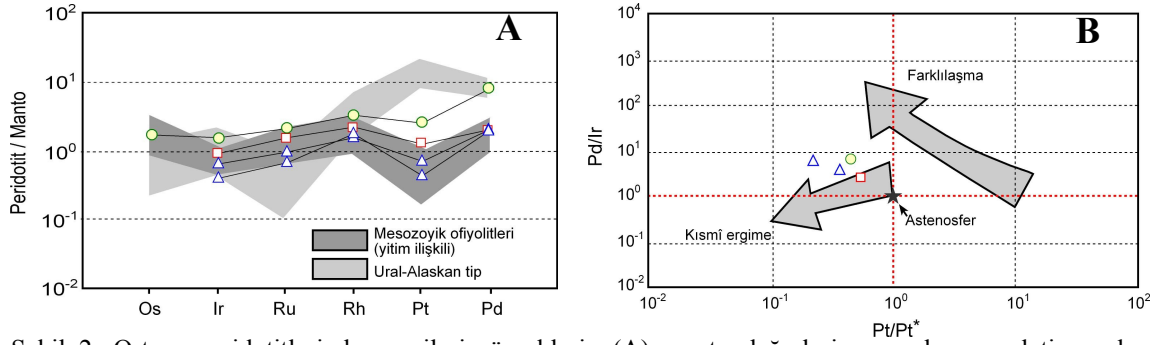
Ofiyolitik istiflere ait manto kesimlerinin mineralojik ve kimyasal özellikleri, jeolojik zamanlar boyunca üst mantodaki magmatik olayları anlamada ve ofiyolitik kompleksin, içinde olduğu tektonik ortamı (adaya veya okyanus ortası sırtı ortamı) belirlemede önemli rol oynarlar. Ofiyolitik mantodaki litolojik ve kimyasal değişimleri ortaya koymak için Güneybatı Türkiye’de yüzeyleyen ve klinopiroksen–harzburjit, tüketilmiş harzburjit ve dunit içeren Ortaca peridotitlerinden alınan örnekler, tüm kayaç ve minerallerinin ana oksit ve iz element kimyalarındaki değişimler bakımından incelenmişlerdir.

Jeokimyasal ve mikrokimyasal analizler sonucunda elde edilen veriler, Ortaca yöresi manto peridotitlerinin geniş ölçekli kimyasal heterojenlik sunduğunu ortaya koymuştur. Klinopiroksen modal bolluklarına, spinellerin Cr–numaralarına (Cr/Cr+Al; atomik oran) ve tüm kayaç jeokimyasalarına göre Ortaca peridotitleri, düşük Cr spinelli (Cr#, Cr/(Cr+Al) ≤ 0.24) az tüketilmiş klinopiroksen–harzburjitlerden (%1.92–2.42 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve %2.00–2.64 CaO) yüksek Cr spinelli (Cr# = 0.31–0.76) tüketilmiş harzburjit ve dunit (%0.17–2.42 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve %0.32–1.71 CaO) kadar bir değişim aralığına sahiptir. Tüm kayaç MgO içeriğindeki artışa karşılık, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, Ga, V, Sc, Y, Yb, Ti ve Lu bolluklarında lineer bir azalma gözlenir. Refrakter harzburjit ve dunitler, yitim ilişkili erkiyiklerden etkilenen yay önü peridotitlerine paralel bir yönseme izlerken, klinopiroksen harzburjitler, yitim ortamında zenginleşmiş abisal peridotitlerle büyük benzerlikler sunarlar. Sr, Rb, Ba, Cu gibi elementler serpantinleşme neticesinde, Zr ve hafif nadir toprak element (HNTE) gibi elementler ise manto ile sulu ergiyik arasındaki etkileşimden dolayı MgO ile herhangi bir korelasyon göstermezler. Element bolluklarındaki değişimler, klinopiroksen harzburjitten refraktör harzburjit ve dunit doğru klinopiroksen miktarındaki azalma ile uyumludur. Klinopiroksen miktarındaki azalmaya karşılık Mg, Co ve Ni gibi elementler artış gösterirken, Si, Al, Ca, Ga, V, Sc, Y, Yb, Ti ve Lu gibi elementlerde bir azalma söz konusudur. Bunun yanında, klinopiroksen miktarındaki azalma olivin miktarında bir artışı sonuçlar ve bu artış ta MgO artışıyla orantılıdır. Dolayısıyla, yüksek MgO içeriğine sahip kayaçlar olivince zengin, klinopiroksence fakirdirler. MgO bolluklarına karşılık bazı ana ve iz elementlerdeki sistematik değişim, üst mantonun değişik oranlardaki kısmî ergimesiyle ilişkilidir. Klinopiroksen harzburjitlerin ağır nadir toprak elementler (ANTE) bakımından göreceli olarak zenginleşmesine karşılık, tüketilmiş harzburjit ve dunitler, kondrite oranlanmış NTE diyagramlarında, yiten okyanusal kabuktan türeyen ve fluid içeren ergiyikler ile yan kayaç etkileşiminin sonuçladığı manto metazomatizması neticesinde hafif nadir toprak elementler (HNTE) bakımından göreceli bir artış sunarlar (Şekil 1).



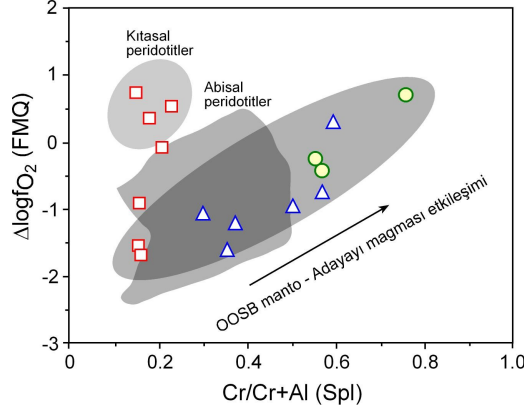
Şekil 1: Ortaca peridotitlerinin kondrit değerlerine oranlanmış nadir toprak element (NTE) diyagramları

Ortaca peridotitleri, kondrite oranlanmış platin grubu element (PGE) diyagramlarında negative Pt-anomalisine karşılık genel bir pozitif bir yönseme sunarlar (Şekil 2a). PGE içerikleri 17 ilâ 75 ppb arasında olup Pd/Ir oranları 2.67 ilâ 6.40 arasındadır. PGE bolluklarının kısmî ergime ve farklılaşma yönsemelerinden sapması, bu kayaçların PGE içeriklerinin farklı olaylar sonucu depolandığını desteklemektedir (Şekil 2b).



Şekil 2: Ortaca peridotitlerinden seçilmiş örneklerin (A) manto değerlerine oranlanmış platin grubu element diyagramı ve (B) farklılaşma ve kısmî ergime ayırtman diyagramı.

Peridotit örneklerine ait mineral kimyası verileri, tüketilmiş harzburgit ve dunitlerin, abisal peridotitlerin oluşumunda etken olan kısmî ergime miktarından daha fazla (%40'lara kadar) bir kısmî ergimeye uğradığını gösterir. Ortaca peridotitleri, abisal peridotitlere göre, yitim ortamındaki suyun varlığından kaynaklanan düşük olivin-spinel dengelenme sıcaklıklarına (519–751 °C) ve daha yüksek iki piroksen dengelenme sıcaklıklarına (707–884 °C) sahiptir. Hesaplanan oksijen fûgasitesi değerleri  $\Delta \log^{FMQ} -1.61$  ilâ  $+0.74$  arasındadır. Genellikle benzer Cr# değerine sahip spinel içeren klinopiroksen harzburgitlerdeki artan oksijen fûgasitesi değerlerine karşılık, tüketilmiş harzburgit ve dunitlerde artan Cr# değerine karşılık oksijen fûgasitesi değerlerindeki artış gayet belirgindir (Şekil 3).



Şekil 3: Ortaca peridotitleri spinellerinin, hesaplanan oksijen fûgasiteleri ile ilişkileri.

Farklı örnekler üzerinde belirlenen mineral ve tüm kayaç analizleri ile sıcaklık ve oksijen fûgasitesi hesaplamaları sonucunda, incelenen peridotitlerin, bir yitim zonu üzerindeki manto kamasının,

yüksek-Cr içerikli podiform kromititlerin oluşmasına olanak sağlayan boninitik bir magma ile etkileşimi sonucu modifiye olduğu düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Manto peridotitleri, mineral kimyası, tüketilmiş harzburjit, yitim zonu, ergiyik-kayaç etkileşimi.

### **ABSTRACT**

*In the Eastern Mediterranean, two contrasting ophiolite belts mark an important suture zone: (1) the N-S trending chains of the Jurassic ophiolites of the Dinarides/Hellenides from the former Yugoslavia, Albania and Greece, (2) the E-W trending Cretaceous ophiolites of the Taurides in southern Turkey. Ophiolites in Ortaca (Muğla-SW Turkey), forming the western part of the ophiolite belts of the Taurides, connect the Hellenides and Taurides with each other.*

*Mineralogical and chemical characteristics of ophiolitic mantle sections are important to understand the magmatic processes of upper mantle evolution throughout time and reflect the tectonic environments (suprasubduction or mid ocean ridge settings), in which the ophiolitic complexes were formed. Major and trace element abundances of minerals as well as whole-rock chemistry of the Ortaca peridotites from SW Turkey have been determined to understand processes controlling lithological and compositional variations in the mantle section.*

*Obtained data from the mantle peridotite of Ortaca demonstrate a large-scale compositional heterogeneity. Based on modal abundances of clinopyroxene, Cr-number ( $Cr/Cr+Al$ ; atomic ratio) of spinel and whole-rock geochemistry, Ortaca peridotites vary from almost fertile cpx-bearing harzburgite (1.92–2.42 wt.%  $Al_2O_3$  and 2.00–2.64 wt.% CaO) with lower Cr-numbers of spinel ( $<0.24$ ) to depleted harzburgite and dunite (0.17–1.60 wt.%  $Al_2O_3$  and 0.32–1.71 wt.% CaO) with higher Cr-numbers of spinel (0.31–0.76).  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$ , CaO, Ga, V, Sc, Y, Yb, Ti and Lu abundances display well-defined inverse linear correlations with MgO concentrations. The trends of the refractory harzburgite and dunite are parallel to those of fore arc peridotites formed by subduction-related melting, whereas cpx-bearing harzburgite exhibit very similar trends to abyssal peridotites enriched in a suprasubduction zone environment. Various elements do not exhibit significant correlations with MgO, probably due to the serpentinization (i.e. Sr, Rb, Ba, Cu) and/or subsequent interaction between the mantle and aqueous fluids or melts (i.e. Zr, LREE). From cpx-bearing harzburgite to refractory harzburgite and dunite, element variations are consistent within the relative range of cpx content. Mg, Co and Ni contents increase with decreasing cpx abundance, whereas other elements (Si, Al, Ca, Ga, V, Sc, Y, Yb, Ti and Lu) tend to decrease with decreasing modal cpx. Also, MgO abundances are positively correlated with modal olivine abundance, as modal cpx decreases at the expense of olivine. Therefore rocks having higher MgO contents are enriched in olivine and depleted in clinopyroxene. Systematic variations of major and trace elements within MgO-contents are regarded as varying degree of partial melting by forming of the peridotites. The depleted harzburgite and dunite display LREE enriched chondrite-normalized patterns, suggesting mantle metasomatism probably by fluid-bearing melt, derived from the subducted slab, due to the melt-rock interaction process, whereas cpx-bearing harzburgite show HREE enriched chondrite-normalized patterns (Figure 1).*

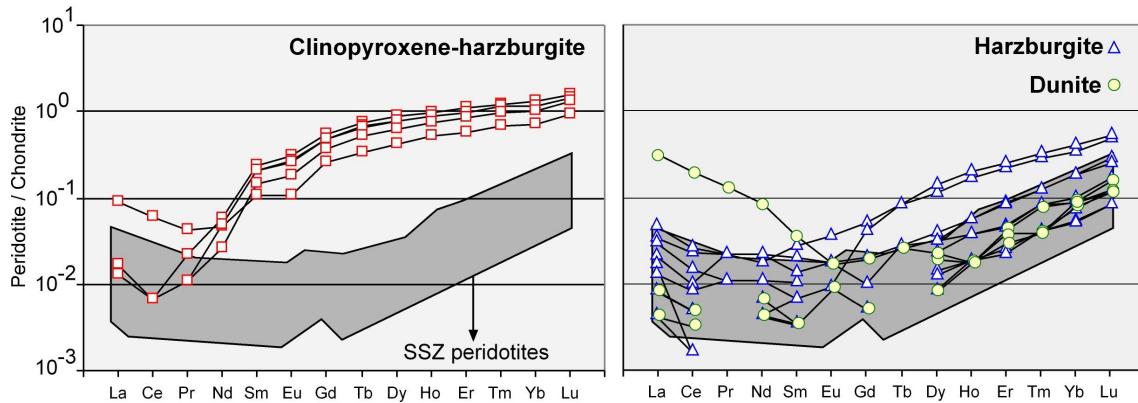


Figure 1: Chondrite-normalised rare earth element (REE) pattern of the Ortaca peridotites.

Peridotite samples from Ortaca show positively sloped platinum-group elements (PGE) patterns with negative Pt-anomaly (Figure 2a). The PGE contents vary from 17 to 75 ppb and the Pd/Ir ratios from 2.67 to 6.40. PGE concentrations of peridotite samples scatter from partial melting and fractional crystallization trend, also suggesting that PGE concentration controlled by different processes (Figure 2b).

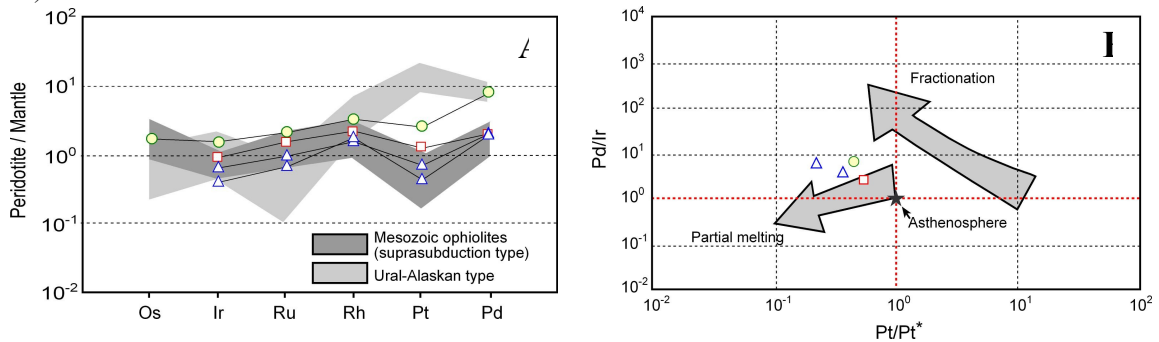


Figure 2: (A) Mantle normalized platinum-group element pattern and (B) discrimination of partial melting and fractionation diagram of selected peridotite samples from the Ortaca.

Mineral chemistry implies that the refractory harzburgite and dunite experienced higher degree of partial melting (up to 40%) than abyssal peridotites. The Ortaca peridotites have low olivine spinel (519–751 °C) and somewhat higher two pyroxene equilibration temperatures (707–884 °C) relative to abyssal peridotites, because of water-assisted diffusional equilibration in the suprasubduction zone. They are characterized by oxygen fugacities between  $\Delta \log^{FMQ} -1.61$  and  $+0.74$ . Clearly, the cpx-bearing harzburgites define an increasing oxygen fugacity with almost constant Cr-number, whereas the refractory harzburgite and dunite show a strong positive correlation between oxygen fugacity and Cr-number (Figure 3).

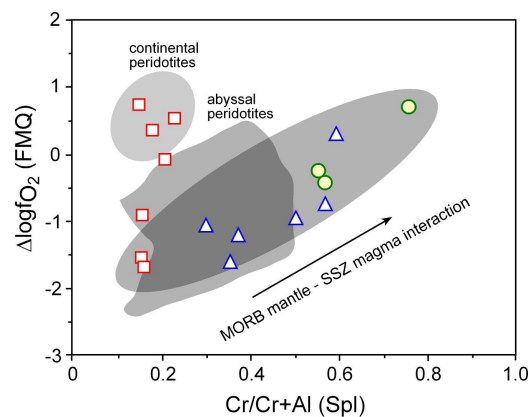


Figure 3: Correlations of calculated oxygen fugacities with spinel from the Ortaca peridotites.

*Within the different mineral and whole rock measurements as well as within the temperature calculations and the oxygen fugacity it can be suggested that the investigated peridotites were subsequently affected by interaction with boninitic melt from which the high-Cr chromitites were formed within the mantle wedge above the suprasubduction zone.*

*Keywords: Mantle peridotite, mineral chemistry, depleted harzburgite, suprasubduction zone, melt–rock interaction.*