



Süleymaniye (Mihalıççık- Eskişehir) Bölgesindeki Manyezitlerin Jeolojisi ve Jeokimyasal Özellikleri

Geology and Geochemistry of Süleymaniye (Mihalıççık-Eskişehir) Area Magnesite

Asuman YILMAZ Süleyman Demirel Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 32260, ISPARTA
yasuman@mmf.sdu.edu.tr
Mustafa KUŞÇU Süleyman Demirel Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 32260, Isparta

ÖZ

Bu çalışmada İzmir-Ankara Sütür zonunun güneyinde yer alan Triyas yaşlı serpantinleşmiş peridotitlere bağlı oluşmuş manyezitler incelenmiştir. Manyezitler ileri derecede bozunmuş bu kayaların kırıkları ve çatlakları içinde bireysel damarlar ve stokverkler şeklinde olmak üzere iki farklı yataklanma şekli göstermektedir. Her iki manyezit oluşumları manyezit ve dolomit içerirken damar tipi manyezit oluşumları ayrıca az da olsa kalsit içermektedir. Bireysel damarların ortalama major oksit içeriği MgO % 43,73, SiO₂ % 2,95, FeO₃ % 0,75, CaO % 3,73 iken stokverk damarların ortalama major oksit içeriği MgO % 47,04, SiO₂ % 0,39, FeO₃ % 0,55, CaO % 1,15 olduğu ve düşük SiO₂ ve CaO içeren stokverk damarların sinter manyezit olarak kullanımı için daha uygun olduğu belirlenmiştir. Möller (1989)'un iz element dağılım grafikleri kullanılarak her iki manyezit oluşumundan alınan örnekler değerlendirilmeye çalışılmıştır. Bu grafiklere göre Cr, Ni, Co, Cu, Fe, Mn, Ba, Hg, Ti ve B dağılımı ultramafik kayalara bağlı oluşan manyezitlere uygunluk göstermektedir. Bireysel damar oluşumlarında Sr değerinin yüksek olması kalsit içeriğinden kaynaklanmaktadır. Kondrite göre normalize edilmiş Nadir Toprak Element (REE) değerleri incelendiğinde her iki manyezit oluşumunun da pozitif La, Eu, Lu negatif Ce, Sm, Tb, Y anomalisi gösterdiği belirlenmiş olup bu durum çökelme sırasında oksitlenme koşullarının olduğunu ve sıcaklığın düşük olduğuna işaret etmektedir.

Anahtar Kelimeler: İz Element, Jeokimya, Manyezit, Süleymaniye, Türkiye

ABSTRACT

This study investigated the magnesite occurrences which are hosted by Triassic aged serpentinized peridotite located south of the Izmir-Ankara Suture Zone. The magnesite indicates two different depositional forms with individual veins and stokwork type magnesite in fractures and cracks which altered ultramafic rocks. Both types of magnesite occurrences include magnesite and dolomite, while individual magnesite veins besides this have a little calcite. The average contents of the individual magnesite veins in the major-oxides are MgO 43,73%, SiO₂ 2,95%, FeO₃ 0,75%, and CaO 3,73% while the stokwork magnesite is MgO 47,04%, SiO₂ 0,39%, FeO₃ 0,55%, CaO 1,15% and a low amount of SiO₂ and CaO. The content of the stokwork magnesite is determined to be the better for sinter magnesite. Some trace element contents of both types of this magnesite are correlated with the graphics of trace element distribution in magnesite given by Möller (1989), and it is found that Cr, Ni, Co, Cu, Fe, Mn, Ba, Hg, Ti, B, Ba distribution corresponds with magnesite related to ultramafics. Higher Sr contents in individual vein

occurrences results from content of calcite. The REE (Rare Earth Element) distribution of both types of magnesite shows positive La, Eu, Lu anomalies and negative Ce, Sm, Tb, Y anomalies. An oxidizing condition during deposition and a lower temperature environment are indicated.

Keyword: Trace Elements, Geochemistry, Magnesite, Süleymaniye, Turkey

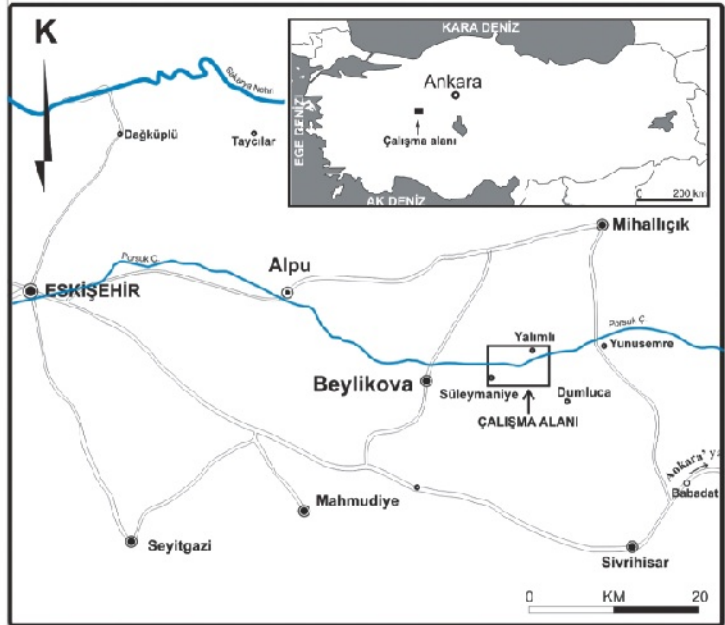
GİRİŞ

Çalışma alanı Eskişehir ili, Mihalicçık ilçesinde yer alan Süleymaniye ve Dumluca köyleri arasında yer almaktadır (Şekil 1). Eskişehir ve Kütahya bölgesi Türkiye'nin manyezit üretimi ve potansiyeli açısından önemli bir bölgedir. İnceleme alanındaki manyezit oluşumları ilk olarak Demirhan (1991) tarafından araştırılmıştır. İnceleme alanındaki manyezit cevherleşmesinin ekonomikliğini ve kalitesini belirlemek için yöredeki birçok manyezit yataklarını inceleyen Demirhan (1991) 1/1000 ölçekli detay jeolojik çalışmalar yapmıştır. Süleymaniye-Dumluca manyezit oluşumunda görünür+mühtemel 13239.9 ton manyezit rezervi olduğunu, ortalama % 1.16 SiO₂, % 1.97 CaO, % 45.22 MgO içerikleri ile sinter manyezit ve kalsine manyezit üretiminde kullanılabilirliğini belirlemiştir. Ayrıca manyezit oluşumunun yöredeki volkanik aktivitenin son evresinde çıkan sıcak suların serpantinlerin zayıf zonlarında dolaşarak bunları hidrotermal alterasyona uğratması sonucu oluştuğu kanısında olduğunu belirtmiştir.

Okay (1984), çalışma alanının içinde bulunduğu bölgeyi İzmir-Ankara Kenet Kuşağı'nın güneyinde Tavşanlı zonu olarak adlandırılan ve yüksek basınç/düşük sıcaklık metamorfizması geçirmiş kalın volkano-sedimanter istif ile bu istifin üzerinde tektonik olarak yer alan ofiyolitlerde yer aldığı belirtmiştir.

Bu çalışma kapsamında, manyezit oluşumlarının jeolojik özellikleri, yataklanma şekli, mineralojik özellikleri, major ve iz element içerikleri açısından değerlendirilerek oluşumu açıklanmaya çalışılmıştır.

Bu çalışma ile yöredeki altere ultramafiklere bağlı manyezit oluşumları arazide incelenmiş, jeoloji haritasına işlenmiş, bölgede yüzeylenen kayaç topluluklarından ve manyezitlerden laboratuvar çalışmalarına yönelik sistematik örnek alınmıştır. SDÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü İncekesit ve Parlatma Laboratuvarında, sahadan alınan 15 manyezit ve 10 yankayaç örneğinin incekesiti yaptırılmıştır ve örnekler polarizan mikroskopta incelenerek, kayaçların mineralojik-petrografik özellikleri kısmen belirlenmeye çalışılmıştır. X-Ray difraksiyon (XRD) çalışmaları, serpantinleşmiş ultramafik kayaçlardaki serpantin minerallerinin, bireysel damar ve stokverk manyezit oluşumlarının mineralojik içeriklerinin belirlenmesi amacıyla 10 manyezit ve 5 yankayaç örneği MTA X-Işınları Laboratuvarında yaptırılmıştır. İnceleme alanında derlenen 10 adet manyezit ve yan kayaç örneklerinin major ve iz element analizleri Kanada'da ACME Analytical Laboratories Ltd.'de ICP-MS, Fire Assay ve ICP-ES yöntemleriyle yaptırılmıştır.



Şekil 1. İnceleme alanının yer bulduru haritası
Figure 1. Location map of the study area

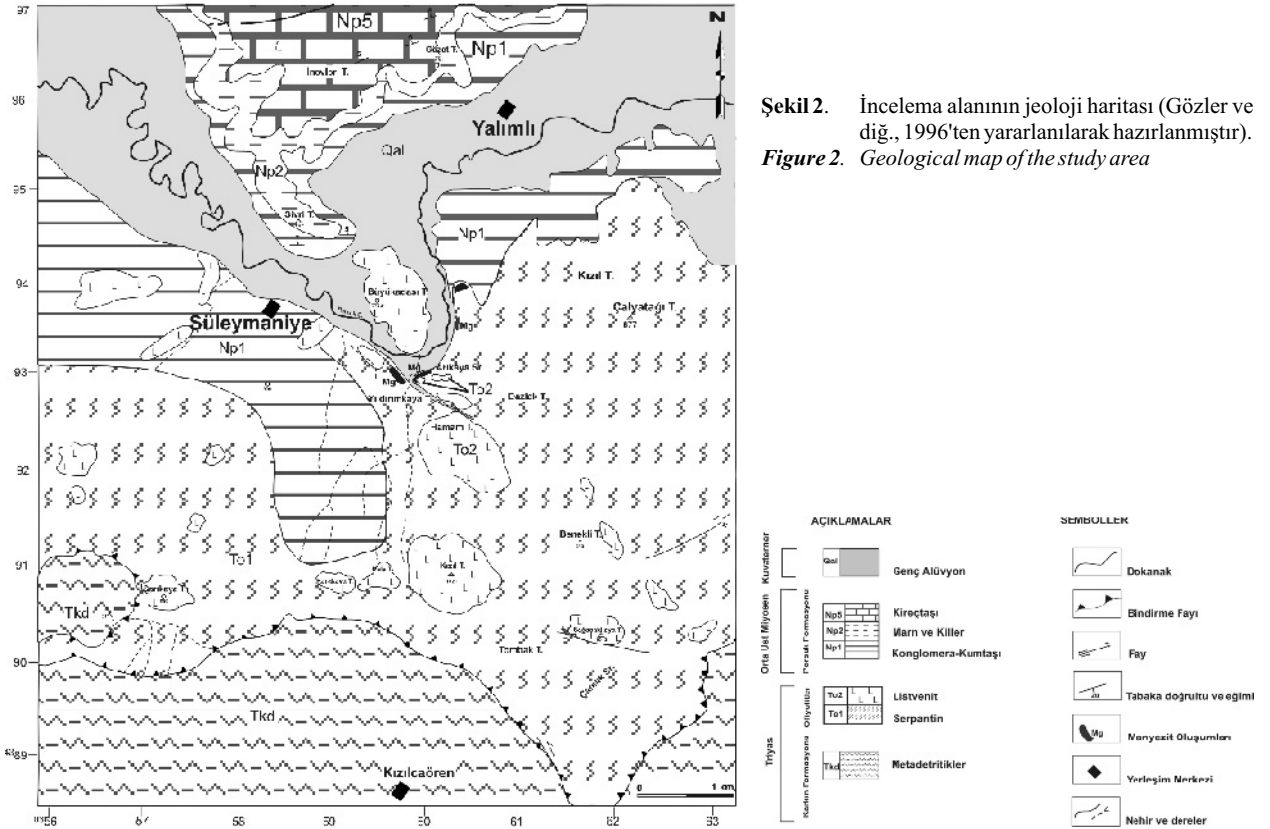
ÇALIŞMA ALANININ JEOLJİ

Çalışma alanında, en yaşlı birimi metakonglomera, metakumtaşı ve fillitlerden oluşan Karkın Formasyonunun Metadetritik (Tdk) olarak adlandırılan Triyas yaşlı birimi oluşturmaktadır (Gözler vd., 1996). Bu birimde yer alan metakonglomera ile metakumtaşları içinde bir metre ile onlarca metre büyüklüğünde değişen beyaz, açık gri renkli fosil içermeyen kristalize kireçtaşı blokları ile siyah, koyu gri renkli, bol çatlaklı, çatlakları kalsit dolgulu, Alt Karbonifer-Üst Permiyen yaşları veren kireçtaşı blokları görülmektedir. Bu birim Süleymaniye köyü güneyinde peridotitler tarafından tektonik dokanakla üzerlenmektedir (Şekil 2 ve 3).

Çalışma alanında ultramafik kayalar, Triyas yaşlı Karkın Formasyonunun metakonglomera, metakumtaşı ve fillitlerden oluşan Metadetritik üyesi üzerine tektonik dokanakla gelmektedir. Ultramafik kayalar açık yeşil, açık kahve renklerde serpantinleşmiş peridotitlerden oluşmaktadır. Serpantin kütlelerinin dokanaklarında ezilmeler ve parçalanmalar görülmektedir. Üst kısımlarda

silisleşmiş serpantinlitler (listvenit) yer almaktadır. Genellikle sahanın yüksek kısımlarında ve kırıklar boyunca yüzeylenir. Kiremit kırmızısı, bordo, kahve renklerde görülen bu birim masif ve sert yapıdadır.

Ultramafik kayaların üzerine Gözler vd., (1996) tarafından Porsuk Formasyonu olarak adlandırılan Orta-Üst Miyosen yaşlı birim açısal uyumsuz olarak bir taban konglomerası ile gelmektedir. Süleymaniye civarında Porsuk formasyonunun Konglomera-kumtaşı (NP1) üyesi, Kireçtaşı (NP5) üyesi ve Marn-Killer (NP2) üyeleri görülmektedir. Konglomera-kumtaşı (NP1) üyesi; kırmızı kahverengi, boz, sarımsı boz, gri yeşilimsi, gri renklerde görülür ve Porsuk çayı boyunca doğu-batı doğrultusunda uzanmaktadır. Kireçtaşı (NP5); beyaz, gri, sarımsı bej renklerde, batıda silisifiye olmuş ve yer yer silis arabantlı, yer yerde gözenekli killi ve tüflü kireçtaşları şeklinde görülmektedir. Marn ve Killer (NP2); genellikle yeşil, sarı, boz yer yer alacalı renklerde, havzanın en derin kesimlerinde görülürler. Tüm birimlerin üzerinde genç alüvyonlar uyumsuz olarak yer almaktadır.



ÜST SİSTEM	SİSTEM	SERİ	BİRİMLER	SİMGELER	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
SENOZOYİK	TERSİYER	Miyosen	Porsuk Formasyonu	Alüvyon	Qal	Kaba tutturulmuş çakıl, kum, kil
				Np5	Uyumsuzluk	Beyaz, gri, sarımsı kireçtaşı
				Np2	İnce kumtaşı bantları içeren marn- kil	
				Np1	Konglomera - kumtaşı	
MESOZOYİK	TRİYAS		Ofiyolitik Birimler	To2	Uyumsuzluk	Listvenit
				To1	Stokverk ve bireysel manyezit damarları	Serpantinleşmiş Peridotit
				Tkd	Tektonik dokanak	Metakonglomera, metakumtaşı, fillit

Şekil 3. İnceleme alanının tektono-stratigrafik sütun kesiti (Gözler ve diğ., 1996'ten yararlanılarak hazırlanmıştır).
Figure 3. Tectono-stratigraphic columnar section of the study area

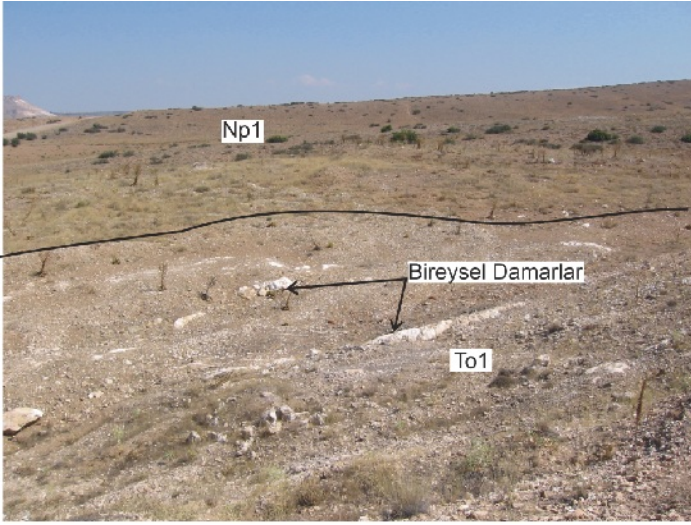
MANYEZİT OLUŞUMLARININ YATAKLANMA ŞEKİLLERİ VE PETROGRAFİK ÖZELLİKLERİ

Manyezit oluşumları Süleymaniye Köyü'ne 2 km uzaklıkta, Süleymaniye-Dumluca yolunun batısında, küçük vadilerde, Arıkaya Tepe, Büyükadası Tepe, Yıldırım Kaya Tepe eteklerinde izlenir (Şekil 2). Ultramafik yan kayaçlı bu manyezitler masif, sert, konkoidal kırılmalı ve kriptokristalin dokuludur. Dış yüzeyleri yer yer karnıbahar görünümlüdür. Manyezit oluşumları bireysel damarlar ve stokverker şeklinde olmak üzere iki şekilde gelişmiştir. Bireysel damarlar Orta-Üst Miyosen yaşlı Porsuk formasyonu sınırında yüzeylenen serpantinler içerisinde gözlenir ve üzeri Porsuk formasyonuna ait çakıl taşları ile kısmen örtülüdür (Şekil 4). Stokverk manyezitler ise listvenitlerin altında yer alan serpantinler içerisinde gözlenmektedir (Şekil 5). Bireysel damarlar 30-60 cm kalınlığında 1.5-3 m uzunluğunda ve beyaz renkli gözlenirken, stokverk manyezitlerin kalınlıkları milimetre ile 20 cm arasında değişmekte, dış yüzeyi sarımsı, kahverengi, kavuniçi renklerde gözlenmektedir (Şekil 6). Manyezitlerin yan kayaçları

olan serpantinler ile sınırları belirgin ve keskindir. Bireysel damar manyezitlerin içinde bulunduğu peridotitler stokverk manyezitlerin yan kayacından daha fazla bozunmuşlardır.

Manyezit oluşumlarından derlenmiş örnekler üzerinde yapılan XRD ve polarizan mikroskop incelemeleri, damar tipi manyezitlerde manyezit, çok az dolomit ve kalsitin bulunduğunu, stokverk yapıları manyezitlerde ise manyezit ve çok az dolomit olduğunu göstermiştir. Sarız (1990), Eskişehir'de Türkmentokat-Karatepe manyezit yatağında yaptığı çalışmada dolomit ve kalsitin, manyezitlerin oluşumundan daha sonra cevher ve yankayaç çatlaklarında yüzeysel sularla oluştuğunu belirtmektedir.

Manyezitlerin hemen yanından alınan yankayaç örneklerinde yapılan mikroskobik incelemelerde; serpantin grubu mineralleri, olivin, piroksen ve kromit gözlenmiş olup XRD incelemelerinde serpantin grubu minerallerinin çoğunlukla krizotil, lizardit ve çok az miktarda antigoritten oluştuğu belirlenmiştir.



Şekil 4. Bireysel Damarların Genel Görünümü (Arıkaya Sırtının kuzeyi, Np1: Konglomera-kumtaşı)
Figure 4. General view of individual veins (N of Arıkaya Ridge, Np1: Konglomerate-sandstone)



Şekil 5. Listvenitlerin altında yer alan stokverk manyezitler (To2: Listvenit, To1: Serpantin, Arıkaya Sırtı)
Figure 5. Stockwork magnesite located below the listvenite (Arıkaya Ridge, To2: Listvenite, To1: Serpantinite)



Şekil 6. Stokverk manyezitlerin genel görünümü (Arıkaya Sırtının Batısı)
Figure 6. General view of stockwork magnesite (West of Arıkaya Ridge)

MANYEZİTLERİN JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

İnceleme alanındaki manyezit oluşumlarından alınan örneklerin major ve iz element içerikleri çizelge 1.'de verilmiştir. Örneklerin major oksit içeriğine bakıldığında bireysel damarların MgO % (43.27-44.19), SiO₂ % (2.43-3.47), Fe₂O₃ % (0.7-0.8), CaO % (3.51-3.94) iken stokverk damarların major oksit içeriği MgO % (47.31-46.76), SiO₂ % (0.57-0.20), Fe₂O₃ % (0.7-0.4), CaO % (1.09-1.20) olduğu ve Al₂O₃ değerinin ise her iki oluşumda aynı değerde (% <0.03) olduğu görülmektedir. Manyezitlerin kullanılabilirliği ve kalitesi açısından % SiO₂, Fe₂O₃, CaO değerlerine bakıldığında daha düşük SiO₂ ve CaO içeriğine sahip stokverk manyezitlerin daha kaliteli olduğu ve sinter manyezit için uygun olduğu belirlenmiştir (Çizelge 2).

Möller (1989) yaptığı çalışmada seçilmiş 11 elementin (Cr, Ni, Co, C, Fe, Mn, Sr, Ba, Hg, Ti ve B) dört farklı kökenli manyezitte kendine özgü dağılım gösterdiğini belirtmiştir. Bu amaçla inceleme alanındaki manyezitlerin iz element içerikleri Möller (1989)' un manyezitlerdeki iz element dağılımını gösteren logaritmik grafiklere göre değerlendirilmesi yapılmıştır. Çizelge 3'de verilen iz element sonuçlarına göre manyezitlerin Ni değeri 14-121 ppm arasındadır, bu değer logC değeri 1.146- 2.08 arasındadır. Cr değeri ise 6,8-20.55 (ppm) arasında olup logC değeri 0.83-1.31 arasındadır. Kobalt değeri ise 0.5 ile 2.9 (ppm) arasında değişim gösterir, log C değeri ise 0.69-1.46 arasındadır. Bakır değeri ise 0.5 ile 1.0 ppm arasında değişim gösterir, logC değeri ise 0,70-1 arasındadır. Bulunan bu değerler Möller (1989)'un vermiş olduğu grafiklerde belirtilen altere ultramafiklere bağlı gelişen manyezitlerdeki Ni, Cr, Co, Cu değerleri ile uyum içindedir (Şekil 5a, b, c, d).

Fe değeri ise 279,72-559,44 (ppm) olup logC değerleri 2,62-3,99 aralığındadır Mn dağılım değerleri <77.46 olup logC değeri de <89 dir. Fe ve Mn değerleri Möller (1989)'un vermiş olduğu grafiklerde belirtilen altere ultramafiklere bağlı gelişen manyezitlerdeki Fe, Mn değerleri ile uyum içindedir (Şekil 5e, f).

Sr değeri ise 28.6-147.1 ppm aralığında olup logC değerleri ise 1,465-2,167 dir dolayısıyla altere ultramafiklere bağlı gelişen manyezitlerle uyum içinde olmasına rağmen oldukça yüksek değerler vermektedir (Şekil 5g). Sr içeriği bireysel damar şeklinde gözlenen manyezitlerde oldukça yüksek (104.8-147.1 ppm) stokverk manyezitlerde ise daha düşük değerler (41.1-28.6 ppm) aralığında olduğu görülmektedir. Mineral bileşimine bakıldığında ise bireysel damarların mineralojik bileşiminde kalsit ve dolomitin daha fazla olduğu görülmektedir. Oksit değerlerine bakıldığında CaO oranına bağlı olarak Sr içeriğinin arttığı görülmüştür.

Sr ve Ba elementlerinin karbonatları aragonit yapısında kristalize olmaktadır, bu nedenle bu iki element kalsit yapıları manyezit içinde çok az yer almaktadır. Sr ve Ba iyonları sırasıyla 1.32 A°-1.49 A° gibi çok büyük yarıçapa sahip olduklarından manyezitin kristalizasyonu veya rekristalizasyonu sırasında hiçbir zaman manyezitin yapısına giremeyecektir (Möller, 1989 ve Manav, 2001). Fakat Sr, Ca'un Martiniy ve Rojkovoviç, (1997)'e göre ince taneli Mg⁺² içeren kriptokristalin manyezitler, Sr ve Ba sülfat ve karbonat gibi mineral fazı halinde Ba ve Sr içerebilir. Ultramafik kayalarındaki Sr/Mg ve Ba/Mg oranları bunlarla ilişkili kriptokristalin manyezitler ile oldukça çok benzerlik gösterir. Sr/Mg hafif düşüktür fakat Ba/Mg oranının çok yakın olmasının nedeni ise Ba' un çok düşük olan eriyebilme özelliğinden kaynaklanmaktadır.

Ba değeri ise 0.5-7.0 aralığında olup -0.3-0.84 aralığındadır, Hg ve Ti değerleri ise dedeksiyon değerlerinin altında olup logC değeri 0 noktası civarında olup altere ultramafiklere bağlı gelişen manyezitlerle uyum içindedir (Şekil 5h, i, j).

Çalışma alanından alınan örneklerin Nadir Toprak Element analiz sonuçları çizelge 4'de verilmiştir. Her iki manyezit oluşumunun REE değerleri kondrite göre normalize edildiğinde La, Eu, Lu pozitif anomali gösterirken Ce, Sm, Tb, Y'nin negatif anomali verdiği görülmektedir (Şekil 7).

Örnek	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	Cr ₂ O ₃	LOI	TOT/C	TOT/S	Toplam
S2	2.43	<.03	.07	44.19	3.51	.01	<.04	<.01	<.01	<.01	<.001	49.7	13.10	.01	99.95
S3	3.47	.03	.08	43.27	3.94	.02	<.04	<.01	<.01	<.01	.003	49.1	12.74	<.01	99.94
S7	.57	.03	.07	47.31	1.09	<.01	<.04	<.01	<.01	<.01	<.001	50.9	13.61	.01	99.96
S8	.20	.03	.04	46.76	1.20	.01	<.04	<.01	<.01	.01	<.001	51.7	13.35	.01	99.95

Çizelge 1. Çalışma alanındaki manyezitlerin major element içerikleri
Table 1. Major element content of magnesite in the study area

İÇERİK	Ham Manyezit %	Kostik Kalsine Manyezit 900-1100 °C %	Sinter Manyezit 1650 °C %	Fused Magnezit 2000 °C %
MgO	45.0-46.6	82.0-93.5	93.0-96.0	96.0-99.9
CaO	0.40-1.20	2.00-2.50	1.50-3.50	0.05-1.50
SiO ₂	0.40-4.00	2.50-9.00	1.20-2.50	0.05-0.50
Fe ₂ O ₃	0.03-1.00	0.10-0.60	0.30-0.50	0.04-0.12
Al ₂ O ₃	0.20-1.00	-	0.10-0.50	-
Ateşte kayıp	48.5-51.5	-	-	-
CaO/SiO ₂	0.30-1.00	0.30-0.80	1.00-2.00	1.00-3.00
yoğ. g/cm ³	2.90-3.00	-	3.30-3.40	3.50-3.60

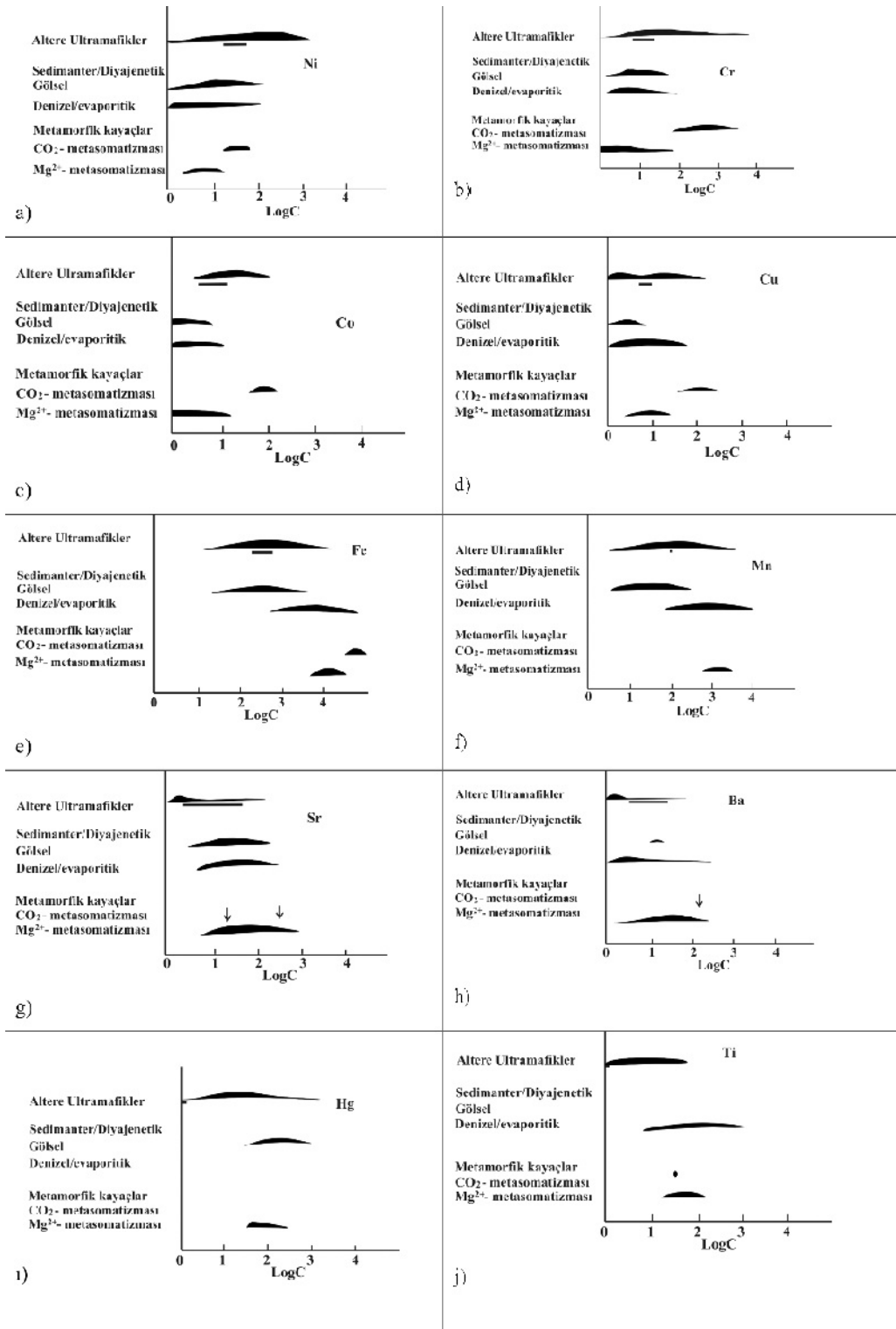
Çizelge 2. Manyezit ve işlenmiş manyezitin kimyasal bileşim oranları (Kümaş, 2006)
Table 2. Chemical composition ratio of magnesite and processed magnesite (Kümaş, 2006)

Örnek	Au	Ag	As	Ba	Co	Ni	Pb	Cu	Zn	Sr	Mo	Cd	Sb	Bi	Rb	Cs	Th	U	V	W	Zr	Y
S2	<.5	<.1	<.5	5.4	1.3	121	<.1	.8	1	113.4	<.1	<.1	<.1	<.1	<.5	.5	<.1	<.1	<.5	<.1	<.5	<.1
S3	<.5	<.1	<.5	5.8	1.3	65	<.1	1.0	1	147.1	.1	<.1	<.1	<.1	<.5	.2	<.1	<.1	<.5	.1	<.5	<.1
S7	<.5	<.1	<.5	.5	.5	14	<.1	.4	1	41.1	<.1	<.1	<.1	<.1	<.5	<.1	<.1	<.1	<.5	<.1	<.5	<.1
S8	.7	<.1	<.5	7.0	2.9	38	<.1	.5	1	28.6	<.1	<.1	<.1	<.1	<.5	<.1	<.1	<.1	<.5	<.1	.6	<.1

Çizelge 3. Çalışma alanındaki manyezitlerin iz element içerikleri (Au ppb, diğerleri ppm)
Table 3. Trace element content of magnesite in the study area (Au ppb, others ppm)

Örnek	La	Ce	Sm	Eu	Tb	Yb	Lu
S2	0.25	0.25	0.05	0.25	0.005	0.25	0.005
S3	0.25	0.25	0.05	0.25	0.005	0.25	0.005
S7	0.25	0.25	0.05	0.25	0.005	0.25	0.005
S8	0.25	0.25	0.05	0.25	0.005	0.25	0.005

Çizelge 4. Çalışma alanındaki manyezitlerin REE içerikleri (ppm)
Table 4. REE content (ppm) of magnesite in the study area



Şekil 7. İnceleme alanındaki manyezitlerin Ni, Cr, Co, Cu, Fe, Mn, Sr, Ba, Ti, Hg içeriklerinin Möller (1989)'a ait manyezitlerdeki dağılım grafikleri üzerindeki konumu (koyu renkli çizgi şeklinde olanlar).

Figure 7. Ni, Cr, Co, Cu, Fe, Mn, Sr, Ba, Ti, Hg content of magnesite which is on Möller (1989)'s element distribution graphics (dark line).

KÖKEN ÜZERİNE TARTIŞMA

Dünyada ve Türkiyede'deki manyezit yataklarının kökeninin belirlenmesinde manyezit oluşumunun yan kayacı, mineral içeriği, jeokimyasal özellikleri önemlidir.

Abu-Jaber ve Kimberley (1992), dünyadaki manyezit yataklarını oluşumlarına göre sınıflandırılmasını çizelge 5'deki gibi yapmıştır.

Schroll (2002) manyezitler için uygun genetik modelin bulunmasında Fe ve iz element Mn, Ni, B, REE veya sıvı kimyası, Örneğin Na, Cl, Br kullanılması gibi farklı metodlar uygulanması gerektiğini belirtmiştir.

Dulski ve Morteani (1989); Schroll (2002)'ye göre ultramafik ve mafik kayalarda Fe ortalaması % 9 civarındadır, denizsuyu genellikle Fe'ce fakirdir, genellikle ultramafik kayalarla ilişkili manyezitler yüksek (Fe >%5) içeriği ile sedimanter ortamlarda ise Fe içeriği \leq %1 ile karakteristiktir. Möller (1989) kökeni farklı dört manyezit türünde yapılan çalışmaları derleyerek Cr, Ni, Co, Cu, Fe, Mn, Sr, Ba, Hg, Ti ve B ayrı ayrı karşılaştırarak, her birinin kökeni farklı manyezitlerde kendine özgü dağılım periyoduna sahip olduğunu göstermiştir. Buna göre: Cr, Ni, Cu ultramafik ortamlarda; Cr, Ni, Cu, B, Ti denizel-evaporitik ortamlarda; Ni ve Cu gölsel ortamlarda; Hg, As ve Sb ultramafik kayalarda damar şeklinde gelişen manyezitlerde daha yüksek değerlerde olduğunu belirtmiştir (Abu-Jaber&Kimberley, 1992).

Möller (1989) Cr, Ni, Co, Cu'un ultramafik kayalarla ilişkili manyezitlerde oldukça geniş dağılım gösterdiğini, gölsel manyezitlerin Cr, Ni açısından denizel/evaporitik manyezitlerden daha az olduğunu bunun nedenini ise gölsel ortamlarda Mg^{+2} iyonunun genellikle ultramafiklerden türediğini belirtmiştir. Fakat Cu açısından ise altere serpantinlerdeki manyezite göre oldukça düşük olduğunu belirtmiştir. Sr ve Ba elementlerinin karbonatları aragonit yapısında kristallenir bu nedenle kalsit yapıları manyezitlerde Ba ve Sr yer değiştirmesi çok az olmalıdır. Ti ise ultramafiklerle ilişkili manyezitlerde düşük denizel/evaporitik yataklar ve metamorfik manyezitlerde yüksektir (Martiny ve Rojkokoviç, 1977).

REE örnekleri sparry manyezitin oluşumu ve Mg'un kökeninin belirlenmesinde önemlidir. Deniz suyu ve ultramafik kayalar REE açısından fakirdir ve ağır REE grubunun çok az miktarı manyezitin kafes yapısına girebilir. Eu nadiren manyezitte yer alır ve ikincil hidrotermal mobilizasyon ürünüdür (Möller, 1989).

Manyezitlerin oluşumuyla ilgili tartışmalı görüşler vardır. Ana görüşler bozunma (O'Neil ve Barnes, 1971; Möller, 1989; Zachman ve Johannes, 1989) veya hidrotermal süreçlerle (Ilich, 1968; Fallick vd., 1991; Abu-Jaber ve Kimberley, 1992) oluştukları şeklindedir.

Bozunma ile oluşumda CO_2 içeren meteorik su; ultramafik kayalardan Mg ve Si'i çözerek çözelti bünyesine alır, geride Fe kalır. Aşağı doğru inen çözeltinin Mg ve Si içeriği artar ve çözelti doygunlaşır. Daha sonra yukarıya doğru yönelen çözeltiden CO_2 'in serbest kalmasıyla manyezit çökelir ve yüzeye yaklaştıkça pH değişir. Manyezitin çökmesi esnasında suyun pH'ının 8.5-10 arasında, Eh'inde buna bağlı olarak 0.75 ile 1.0 arasında olduğu belirtilmiştir (Kuşçu ve Cengiz, 2004).

Hidrotermal süreçler ile oluşumda Ilich (1968), gölsel sedimanter ve ultramafik-yan kayaçlı damar-stokverk tipi manyezitlerin, CO_2 'ce zengin volkanojenik eksalasyon ile oluştuğunu açıklamıştır. CO_2 -içeren hidrotermal çözeltiler ultramafik kayaların kırık-çatlaklarında dolaşırken Mg^{+2} iyonlarınca zenginleşir. Çözelti yüzeye doğru hareket ettikçe basıncın hızlı bir şekilde birden azalmasıyla CO_2 serbest kalır ve manyezit çökelir. Bu oluşum mekanizması Fallick vd., (1991), Abu-Jaber ve Kimberley (1992) tarafından da kabul etmiştir.

Altere ultramafiklere bağlı gelişen manyezitlerde $MgCO_3$ 'u oluşturan elemanlardan Mg^{+2} ultramafik kayalardaki olivin ya da serpantinden kaynaklandığı bilinmektedir, bu minerallerin alterasyonu $15^\circ C$ 'ye kadar düşük sıcaklıklarda bile olabilmektedir (Barnes ve O'Neil, 1996). En çok tartışılan konu CO_2 'in kaynağıdır (Pohl, 1990; Rao vd., 1999; Zedef vd., 2000; Cengiz ve Kuşçu, 2003) CO_2 'in aşağıdaki kaynaklardan türemiş olduğu düşünülmektedir.

- 1) Atmosferik CO₂ (O'Neil ve Barnes, 1971).
- 2) Meteorik CO₂, kireçtaşlarının ve dolomitlerin dekarbonlaşması sırasında açığa çıkar (Abu-Jaber ve Kimberley, 1992).
- 3) Volkanik kökenli CO₂ (Ilich, 1968).
- 4) Topraktaki organik malzemenin ayrışması ile oluşan CO₂ (Zachmann ve Johannes, 1989)
- 5) Organik sedimanların dekarbonlaşmasıyla oluşan CO₂ (Fallick vd., 1991; Brydie vd., 1993).
- 6) Yukarıdakilerin birkaçının karışımıyla oluşan CO₂.

Abu-Jaber ve Kimberley (1992), Margarita adasındaki (Venezuela) ultramafik yan kayaçlı damar tipi manyezit yatakları üzerinde yaptıkları çalışmada, buradaki manyezitlerin çökeliminin serpantinleşme sonrası yüzeye yakın koşullarda oluştuğunu, karbonun kaynağının ise ultramafiklerin üzerine geldiği kireçtaşı ve organik maddece zengin şeyllerin rejyonel metamorfizması ile oluştuğu sonucunu çıkarmıştır. Manyezitte $\delta^{13}\text{C}$ değerinin ise (‰ -16 ile -9) ile derin yerleşimli metamorfik reaksiyonlara uygun olabileceğini belirtmiştir.

Zedef (2000) Konya manyezitlerinde yaptığı çalışmada manyezit oluşumunun 80-100 °C arasında gerçekleştiğini CO₂'in kaynağının ise ofiyolitlerin üzerine bindirdiği organik maddece zengin sedimanlardan kaynaklandığını açıklamıştır. Bu karbonatlı kayaçlar, bindirme sırasındaki sürtünmeden ileri gelen ısı artışı ile bir miktar su ve CO₂ çıkarırlar. Bunu, yüzeysel kökenli atmosferik CO₂ de desteklediğini ve en hafif $\delta^{13}\text{C}$ izotop değerlerine (‰ 13.1 ve - 12.4) sahip olduğunu belirtmiştir.

Buna göre çalışma sahasındaki manyezit oluşumları için gerekli CO₂'in kaynağının bindirme ile üzerine geldiği karbonat kayaç içerikli metadetritik birimlerden, meteorik suların, yakın çevredeki şeyilli ve karbonatlı kayaçlardan geldiği düşünülmektedir.

İnceleme alanındaki manyezitlerin yankayaçlarına bakıldığında altere ultramafiklerin içerisinde yer aldığı, yan kayacın krizotil, lizardit gibi düşük dereceli serpantin minerallerinden az miktarda antigoritten oluştuğu belirlenmiştir. Krizotil

ve lizardit genel olarak yeşilist fasiyesinin alt seviyelerinde ortaya çıkar, antigorit ise yeşilist/mavişist ve düşük amfibolit fasiyeslerinde gözlenen serpantin grubu mineralidir (Bucher ve Frey, 1994).

Tuncay (2000), Çayırbağı-Meram (Konya)'da altere ultramafiklerde oluşan manyezitlerin iz element içeriğinde Ni 107-23 ppm aralığında; Co 5-2 ppm aralığında; Cu 6-2 ppm aralığında; Fe % 0.01- 0.14 aralığında; Mn 186-6 ppm aralığında; Sr 14-2 ppm aralığında; Ba 32-7 ppm aralığında; Ti ise <0.01 ppm değer göstermektedir. Manav (2001) Harmançık (Bursa) manyezitlerinin iz element içerikleri ise Ni 413-24 ppm aralığında; Co 1-9 ppm aralığında; Cu 1-13 ppm aralığında; Fe 0,02-0.39 % aralığında; Sr 2-40 ppm aralığında, Cr 3-37 ppm aralığında, Ti ise < 0.01 ppm aralığında değer göstermektedir.

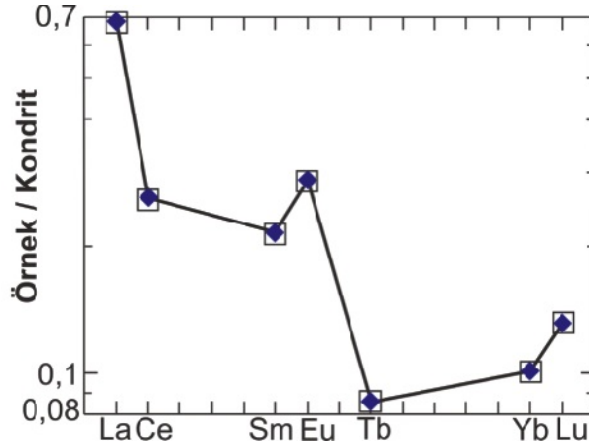
Çalışma sahasındaki manyezitlerin Ni 14-121 ppm aralığında; Co 0.5-2.9 aralığında; Cu 0.4-1.0 aralığında; Fe 0.07-0.04 aralığında; Ba 0.5-5.8 aralığındadır; Sr ise bireysel damarlarda 41.1-28.6 aralığında, stokwerk manyezitlerde ise 113,4-147.1 aralığındadır ve ultramafiklere bağlı oluşan manyezitlerden oldukça yüksek Sr içeriği göstermektedir. Çalışma alanındaki Cr, Ni, Co, Cu, Fe, Mn, Ba, Hg, Ti ve B element kapsamında bakıldığında altere ultramafiklere bağlı gelişen manyezitlerle uyumlu olduğu belirlenmiştir.

Altere ultramafiklere bağlı gelişen manyezitlerin tanımsal nitelikli en önemli özelliklerinden biri çok az miktarda REE içeriğine sahip olmasıdır (Möller 1989). Eu⁺² pozitif anomalisi manyezitin kafes yapısında nadiren bulunur, ikincil hidrotermal mobilizasyon ürünüdür, 200-250 °C sıcaklık koşullarında gelişir (Bau ve Möller, 1992). Çalışma sahasındaki örneklerinde REE içerikleri oldukça düşüktür ve pozitif Eu anomalisi ile altere ultramafiklerde gelişen manyezitlere benzerlik gösterir. Damar ve stokverk olmak üzere iki şekilde gözlenen Süleymaniye manyezit oluşumları Abu-Jaber ve Kimberley (1992)'nin sınıflandırılmasındaki Kraubath Tipi manyezitlerin özelliklerini taşımaktadır.

Yerleşimi	Örnek
Ultramafik Kayaçlarla ilişkili manyezitler	
<i>Yüzeyle veya yüzeyle yakın hidrotermal mineralizasyon ile oluşum</i>	
Gölsel/evaporitif ortamlarda tabakalı manyezit oluşumları	Bela Stena Tipi
Damar-tipi manyezit oluşumları (derin kaynaklı çözelliden ve atmosferik CO ₂ 'den)	Kraubach Tipi
Deniz altı ortamında damar-tipi oluşumlar	
<i>Meta Ofiyolitik Ortamlarda Manyezit Oluşumu</i>	
Yeşilist fasiyesi ortamlarında manyezit oluşumları	Hochfilzen, Breitenau Greiner Tipi
Amliboli fasiyesi ortamlarında manyezit oluşumları	
Sedimanter Ortamlarda Tabakalı Manyezitler (Ultramafiklerle İlişkili Olmayan)	
Karasal ortamlarda manyezit oluşumları	Redbed Tipi (Alpin permyen)
Playa/Sabka ortamında manyezit oluşumları	
Güncel ve Kuvaterner	Caroorong L, Sebka el Melah
Yaşlı	Barton Farm, Adelaide Syncline
Evaporitlerle ilişkili	Kaswasser (Hall) Tipi
Denizel-sedimanter kayaç serilerinde manyezit oluşumlar	Sabka el Melah
Metasedimanter kayaç serilerindeki manyezit oluşumları	Veitsch Tipi

Çizelge 5. Manyezit oluşumlarının sınıflandırılması (Abu-Jaber ve Kimberley, 1992)

Table 5. Classification of magnesite occurrences (Abu-Jaber and Kimberley, 1992)



Şekil 8. İnceleme alanındaki manyezitlerin REE değerlerinin kondirit normalize diyagramı

Figure 8. Chondrite normalized diagram of magnesite's REE values in the study area

TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Çalışma alanındaki manyezit oluşumlarının jeolojik konumu, mineral birliği ve jeokimyasal özellikleri birlikte değerlendirildiğinde; damar ve stokverk

olmak üzere iki şekilde gözlenen manyezit oluşumları Triyas yaşlı altere ultramafikler içerisinde bulunurlar. Damar tipi manyezit oluşumları manyezit, çok az dolomit ve kalsitten oluşurken, stokverk yapılı manyezitler ise manyezit ve çok az dolomitten oluşur.

Kriptokristalin dokulu ve masif olan manyezit cevherleşmesinin kimyasal analizi sonucunda elde edilen Ni, Cr, Co, Cu, Fe, Mn, Sr, Ba, Hg, Ti ve B iz element içerikleri Möller (1989)'a ait grafiklere göre değerlendirildiğinde; sadece damar şeklindeki oluşumlarda Sr içeriklerinin altere ultramafiklere bağlı manyezitlerden yüksek çıktığı diğer elementlerin ise altere ultramafiklere bağlı olarak oluşan manyezitlerle uyum içerisinde olduğu belirlenmiştir. REE değerleri kondrite göre normalize edildiğinde damar ve stokverk manyezitlerin her ikisi de pozitif La, Eu, Lu negatif Ce, Sm, Tb, Y anomalisi göstermektedir ve düşük REE içerikleri ile altere ultramafiklere bağlı gelişen manyezitlerle benzerlik göstermektedir.

EXTENDED SUMMARY

The magnesite deposits of Süleymaniye village (Eskişehir), which are hosted by Triassic serpentized peridotite, are located in the South of the Izmir-Ankara suture zone. The aim of this study is to examine the magnesite mineralization and geochemical properties of the magnesite occurrences in detail. In this study mapping, petrographic-mineralogic study and geochemistry have been carried out. Magnesite and host rock samples were taken from the study area. The mineralogical composition of these samples were determined by both X-Ray diffractometer (in the General Directorate of Mineral Research and Exploration, Ankara, Turkey) and polarizing microscope. Some of these samples were analysed for major, minor and trace elements using ICP-ES and ICP-MS methods in ACME analytical laboratories (Canada).

The study area is a Metadetrictic unit of the Karkın Formation composed of metaconglomerate, metasandstone and phyllite of the Triassic period. The formation includes a recrystallized Lower Carboniferous-Upper Permian limestone block (Gözler et al., 2004). An ultramafic unit consisting of serpentized peridotite and listvenite, overlies the tectonically metadetrictic unit of the Karkın Formation. The Middle-Upper Miocene Porsuk Formation rests unconformably on the ultramafic unit and is composed of a conglomerate-limestone unit, limestone and marl-clay units. The magnesite indicates two different depositional forms with individual veins and stockwork type magnesite in fractures and cracks which altered the ultramafic rocks. The individual veins are 30-60 cm thick and 1.5-3 m in length. The stockwork magnesite varies

between a few millimeters to 20 cm in thickness. The ultramafic that hosted this magnesite is massive, has a snow white, conchoidal fracture, and a hard and cryptocrystalline texture. Contacts between the magnesite veins and serpentinite are sharp and regular. In thin section and XRD analysis, much of the altered ultramafic host rock consist of chrysotile, lizardite, olivine, pyroxene, and chromite minerals. The minerals in both types of magnesite include magnesite and dolomite while individual magnesite veins besides this have a little calcite.

The Average contents of the major-oxides for individual magnesite veins is MgO 43,73%, SiO₂ 2,95%, FeO₃ 0,75%, CaO 3.73% while the stockwork magnesite is MgO 47.04%, SiO₂ 0, 39%, FeO₃ 0,55%, CaO 1,15%. The percentage/concentration of SiO₂, FeO₃, CaO in magnesite is important for quality and usage, and on this account a low amount of SiO₂ and CaO in stockwork magnesite is determined to be better for sinter magnesite. Some trace elements of magnesite in the study area are correlated with the graphics of trace element distribution in four types of magnesite as given by Möller (1989). In the study area, the Ni content in the magnesite varies between 14-121 ppm; Cr is 6.8-20.55 ppm; Co is 0.5-2.9 ppm and Cu is 0.5-1.0 ppm. The Fe and Mn content of the magnesite range from 279.72 to 559.44 ppm and <77.46 ppm, respectively. The amount of Sr in the individual veins (104.8-147.1 ppm) is higher than in the stockwork type magnesite (14.1-28.8 ppm) and in the altered ultramafic-hosted magnesite, owing to dolomite and calcite content. Möller (1989) indicated that Sr can not enter the magnesite lattice. Martiny and Rojkokovic (1977) explained that Sr replaced Ca. The ratio of Ba is between 0.5 and 7.0 ppm and the Hg and Ti contents are below ICP-MS detection limits. The geochemistry of trace element in magnesite was studied according to Möller (1989)'s trace element distribution diagrams, and in the study area magnesite in Cr, Ni, Co, Cu, Fe, Ba, Ti contents were determined to suitable for ultramafic-hosted magnesite. The REE (Rare Earth Element) distribution of both types of magnesite indicate the presence of positive La, Eu, Lu anomalies and negative Ce, Sm, Tb, Y anomalies. This indicates oxidizing conditions during deposition and a lower temperature environment.

In the study area ultramafic-hosted individual veins and a stockwork type of magnesite have been formed. The individual veins of magnesite contain

magnesite, dolomite, calcite and the stockwork type of magnesite contains magnesite and dolomite. Both magnesite mineralizations have massive and cryptocrystalline textures, and lines in altered serpentinite. The magnesite in the study area displays Cr, Ni, Co, Cu, Fe, Ba, Ti and REE content suitable for ultramafic-hosted magnesite.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Abu-Jaber, N.S., Kimberley, M.M., 1992. Origin of Ultramafik-Hosted Magnesite on Margarita Island, Venezuela: Mineral Deposita 27, 234-241.
- Barnes, L., ve O'Neil, J.R., 1969. The Relationship Between Fluids in Some Fresh Alpine-type Ultramafics and Possible Modern Serpentinisation, Western United States: Geological Society of America Bulletin, 80, 1947-1960.
- Bau, M. ve Möller, P. (1992) Rare earth element fractionation in metamorphigenetic hydrothermal calcite, magnesite and siderite. Miner.Petrol., 45, 231-246
- Bucher, K., ve Frey, M., 1994. Petrogenesis of Metamorphic Rocks 6th Edition Complete Revision of Winkler's Textbook, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 144-169.
- Brydie, J.R., Fallick, A.E., Ilich, M., Maliotis, G., ve Russell, M. J., 1993. A Stable Isotopic Study Of Magnesite Deposits In The Akamas Area, N.W. Cyprus: Institution Of Mining And Metallurgy Transactions, V. 102, Sec.B, P. B50-B53.
- Cengiz, O., Kuşcu, M., 2003. Madenli (Gelendost-Isparta) Manyezit Cevherleşmesinin Jeoloji ve Jeokimyasal Özellikleri: Geosound Yerbilimleri Dergisi, 43, 45-61. Adana.
- Demirhan, M., 1991. Kümaş Genel Müdürlüğüne Ait Kütahya ve Eskişehir Yörelerinde Yeralan 5 Adet Manyezit Sahasının Prospeksiyon ve Detay Etüt Raporu, MTA Rapor No: 9173, Ankara
- Dabitziyas, S., 1980. Petrology and genesis of the Vavdos cryptocrystalline magnesite deposits, Chalkidiki Peninsula, Northern Greece. Econ. Geol. 75: 1138-1151.
- Dulski, P. & Morteani, G., 1989. Magnesite formation by CO₂ metasomatism during regional metamorphism of the ultrabasic rock of the Ochsner serpentine (Zillertaler Alpen, Tyrol, Austria). Monograph Ser. Mineral Deposits, 28, 95 -104.
- Fallick, A.E., Ilich, M., Russell, M.J., 1991. A stable Isotope Study of the Magnesite Deposits Associated with the Alpine-Type Ultramafic Rocks of Yugoslavia, Economic Geology, 86, 847- 861.
- Gözler, Z., Cevher, F., Erdem, E., Asutay H.J., 1996. Orta Sakarya ve Güneyinin Jeolojisi, MTA Rapor No: 9973, Ankara.
- Ilich, M., 1968. Problems Of The Genesis And Genetic Classification Of Magnesite Deposits. Geol. Caro. 19. 149-160.
- Kuşcu, M ve Cengiz, O., 2004. Geochemical Properties of Different Genesis Magnesite Deposits In The Lake District (Isparta-Burdur) of Turkey: 5th International Symposium on Eastern Mediterranean Geology, Greece, 3, 1601-1604.
- Kümaş A.Ş., 2006. İşlenmiş Manyezitlerin Oksit Değerleri, www.kumasref.com, 28. 12. 2006.
- Manav, H., 2001. Harmancık Bölgesi (Batı Anadolu) Manyezit Yataklarının Jeolojisi ve Oluşumu Geosound Yerbilimleri, 36
- Martiny, E. & Rojkovic, I. 1977. Trace elements in magnesites of Slovakia (Central West Carpathians)-Geol. Zbor. Geol. Carpath., 28, 311-322.
- Möller, P. 1989. Minor and Trace Elements In magnesite Monograph Series On Mineral Deposits 28. 173-195. Gebrüder Borntrager. Berlin-Stuttgart.
- O' Neil, J.R. ve Barnes, I., 1971. C¹³ and O¹⁸ composition in some fresh-water carbonate associated with ultramafic rocks: Western United States: Geochimica et Cosmochimica Acta, 35, 687-697.
- Okay, A.I., 1984. Kuzeybatı Anadolu Yer alan Metamorfik Kuşaklar, Ketin Sempozyumu, Türkiye Jeoloji Kurumu, 83-92.
- Pohl, W., 1990. Genesis of magnesite deposits-models and trends. Geol. Rundschau 79, 291-299.
- Rao, B.K., Sethumadhv, M.S., Prasad, M.H., Mahabaleshwar, T.D., Rao, A.V., 1999. Features and Genesis of Vein-Type Magnesite Deposits in the Doddakanya Area of Karnataka, India: Journal of the Geological Society of India, 54/5, 449-465.
- Sarıiz, K., 1990. Türkmেন্টokak-Kartepe (Eskişehir) Manyezit Yataklarının Oluşumu, MTA Dergisi, 110, 77-96.
- Scroll, E., 2002. Genesis of magnesite deposits in the view of isotope geochemistry, Boletim Paranaense de Geociencias, 50. 59-68.
- Tuncay, A., 2000. Çayırbağı-Meram (Konya) Manyezitlerinin Kökeni Üzerine, Türkiye Jeoloji Bülteni, 43/2, 21-29.
- Zachmann, D.W. ve Johannes, W., 1989. Cryptocrystalline magnesite In: magnesite. Geology, Mineralogy, Geochemistry and Formation of Mg-Carbonates (Monograph Series on mineral deposits, 28) (Ed. By. pMöller), 15-28.
- Zedef, V., Russell, M.J., Fallick, A. E., 2000. Genesis of Vein Stockwork and Sedimentary Magnesite and Hydromagnesite Deposits in the Ultramafic Terranes of Southwestern Turkey: A stable Isotope Study, Economic Geology, 95, 429-446.

Makale Geliş Tarihi: 20 Kasım 2006

Kabul Tarihi : 01 Şubat 2007

Received : November 20, 2006

Accepted : February 1, 2007