

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**KIZILYÜKSEK (ADANA, GÜNEY TÜRKİYE) OFİYOLİTİK
KROMİTİTLERİNİN PETROLOJİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jeoloji Müh. Erdi AVCI

HAZİRAN 2015
TRABZON



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce

Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : / /

Tezin Savunma Tarihi : / /

Tez Danışmanı :

Trabzon

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun / / gün ve sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda
YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan :

Üye :

Üye :

Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ
Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

“Kızılyüksek (Adana, Güney Türkiye) ofiyolitik kromitlerinin petrolojisi” isimli bu çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmış ve TÜBİTAK 109Y219 numaralı proje tarafından desteklenmiştir.

Yüksek lisans eğitimim boyunca tez, yabancı dil ve günlük hayatta her zaman maddi–manevi desteği ile yanımda olan, engin bilgi ve tecrübeleri ile beni yönlendirip, bilgilendiren, yanında çalışmaktan onur duyduğum çok değerli hocam Doç. Dr. İbrahim UYSAL’a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışma kapsamında araziden alınan kromitit örneklerinin küçük plakacıklar hâline getirilmesi aşamasında değerli vaktinden ferâgat edip, yardımda bulunan Yrd. Doç. Dr. Yılmaz DEMİR’e, arazi ve lâboratuvar çalışmalarında devamlı yanımda olan, deneyim ve bilgisinden yararlandığım Arş. Gör. Samet SAKA’ya, lâboratuvar çalışmaları kapsamında örnek aşındırma ve parlatma aşamalarında yardımlarını esirgemeyip, bana vakit ayıran Jeo. Müh. Mustafa GÜLTEKİN’e, Ludwig Maximilians Üniversitesi’nde gerçekleştirilen elektron mikroprob analiz çalışmaları esnasındaki misafirperverliklerinden dolayı Dr. Melanie KALIWODA, Dirk MÜLLER ve Rolf VETTER’e sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Hayatımın her anında yanımda olan, maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen değerli aileme ne kadar teşekkür etsem azdır.

Her daim motive ve desteğiyle yanımda olup, tezim süresince bana göstermiş olduğu sabırdan dolayı ve tez kapsamındaki dil bilgisi düzenlemelerinde yardımını esirgemeyen nişanlım Şeyda ÖZGENÇ’e sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Erdi AVCI
Trabzon 2015

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Kızılyüksek (Adana, Güney Türkiye) ofiyolitik kromititlerinin petrolojisi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Doç. Dr. İbrahim UYSAL’ın sorumluluğunda tamamladığımı, örnekleri kendim topladığımı, analizleri ilgili lâboratuarlarda yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 08/5/2015

Erdi AVCI

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET.....	VIII
SUMMARY.....	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	X
TABLolar DİZİNİ.....	XII
SEMBOLLER DİZİNİ.....	XIII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Önceki Çalışmalar.....	3
1.2.1. Pozantı-Karsantı Yöresine Ait Çalışmalar.....	3
1.2.2. Dünya Genelinde Podiform Tip Kromitlerin Oluşum Ortamı, Mineralojisi ve PGE Jeokimyasına Yönelik Çalışmalar.....	6
1.3. Çalışmanın Amacı.....	10
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	12
2.1. Materyal ve Yöntemler.....	12
2.1.1. Arazi Çalışmaları.....	12
2.1.2. Lâboratuvar Çalışmaları.....	12
2.1.2.1. Mikroskopik İncelemeler.....	13
2.1.2.2. Kimyasal Analizler.....	13
2.1.2.2.1. Tüm Kayaç PGE Analizleri.....	14
2.1.2.2.2. Mineral Kimyası Analizleri.....	14
2.1.2.2.3. Cr-spinel İz Element Kimyası.....	15
2.1.3. Büro Çalışmaları.....	15
3. BULGULAR.....	17
3.1. Bölgesel Jeoloji.....	17
3.2. Petrografi.....	19
3.2.1. Podiform Kromitlerle İlişkili Ofiyolitik Kayaçlar.....	20

3.2.2.	Podiform Kromititler.....	21
3.3.	Mineral Kimyası.....	23
3.3.1.	Cr–spinel Kimyası.....	23
3.3.1.1.	Ana Oksit Jeokimyası.....	24
3.3.1.2.	İz Eement Bileşimleri.....	31
3.3.2.	Mg–kromit Kristalleri Bünyesindeki Kapanımlar.....	34
3.3.2.1.	Plâtin Grubu Mineral Kapanımları.....	34
3.3.2.1.1.	Laurit.....	34
3.3.2.1.2.	Osmiyum ve İridrum Alaşımaları.....	34
3.3.2.1.3.	Sperillit.....	35
3.3.2.1.4.	Tanımlanmamış Fazlar.....	36
3.3.2.2.	Silikat Kapanımları.....	46
3.3.2.2.1.	Olivin.....	46
3.3.2.2.2.	Klinopiroksen.....	47
3.3.2.2.3.	Amfibol.....	48
3.3.2.2.4.	Serpantin.....	49
3.3.2.3.	Baz Metal Mineral Kapanımları.....	50
3.3.2.3.1.	Hezlavudit.....	50
3.3.2.3.2.	Pentlandit.....	51
3.3.2.3.3.	Avaruvit.....	51
3.4.	Tüm Kayaç Jeokimyası.....	53
3.4.1.	Plâtin Grubu Element Jeokimyası.....	53
4.	TARTIŞMA.....	58
4.1.	Kızılyüksek Kromititlerine Ait Mg–kromit Kristallerinin İksel Ergiyik Karakteristikleri.....	58
4.2.	Mg–Kromit Kristallerindeki Ana ve İz Element Değişimleri ve Bu Değişimlerin Anlamları.....	61
4.3.	PGM, BMM ve Silikat Kapanımlarının Petrolojik Anlamı.....	63
4.4.	Plâtin Grubu Element Dağılımları.....	66
4.5.	Kromit Oluşum Modelleri ve Kızılyüksek Kromititleri İçin Önerilen Model ve Tektonik Ortam.....	70
5.	SONUÇLAR.....	73
6.	ÖNERİLER.....	74
7.	KAYNAKLAR.....	75

8.	EKLER.....	84
	ÖZGEÇMİŞ	

Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

KIZILYÜKSEK (ADANA, GÜNEY TÜRKİYE) OFİYOLİTİK KROMİTİTLERİNİN PETROLOJİSİ

Erdi AVCI

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. İbrahim UYSAL
2015, 83 Sayfa, 26 Ek Sayfa

Güney Türkiye’de yüzeylenen Pozantı–Karsantı ofiyoliti, genellikle ofiyolitik istifin manto kesimlerinde ve manto–kabuk geçiş zonuna yakın kesimlerde ekonomik anlamda önemli kromit yatakları içermektedir. Kromitlere ait kromit kristalleri, yüksek Cr# [$100 \times \text{Cr}/(\text{Cr}+\text{Al})=67-81$] ve 53–72 arasında değişen Mg# [$100 \times \text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe}^{2+})$] değerleri ile temsil edilmektedir. Kromitler, 32–162 ppb arasında değişen ve ortalama 91 ppb gibi düşük toplam plâtin grubu element (PGE) içeriklerine sahiptir. Laurit mineralleri incelenen kromit örneklerinde en bol bulunan plâtin grubu mineraller (PGM) olup, 72–97 arasında değişen Ru# [$100 \times \text{Ru}/(\text{Ru}+\text{Os})$] değerlerine sahiptir. Laurit minerallerine ek olarak osmiyum, iridyum ve sperillit kromit kristallerinde birincil kapanımlar hâlinde bulunur. Osmiyum, iridyum ve Ru’ca zengin lauritlerin varlığı, kromit kristallenmesinin kısmen yüksek sıcaklık (1100–1300 °C) ve düşük $f(\text{S}_2)$ (-1 ilâ -3 arasında) koşullarında gerçekleştiğini göstermektedir. Kızılyüksek kromitlerine ait kromit kristallerinin yüksek Cr# ve düşük Ti içerikli olması, ayrıca kromit kristallerinin bünyesinde düşük Ti içerikli amfibol kapanımlarının varlığı, söz konusu kromitlerinin oluşum ortamının yitim zonu, kromitleri oluşturan ergiyiğin boninitik karakterli olduğuna işaret etmektedir. Ayrıca Kızılyüksek kromitlerinin PGE jeokimyası ve PGM mineraloji söz konusu kromitleri kristallendiren boninitik ergiyiğin farklılaştığını göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Pozantı–Karsantı Ofiyoliti, Kızılyüksek kromitleri, Podiform Kromitit, Plâtin Grubu Element ve Mineral, Silikat Kapanımı

Master Thesis

SUMMARY

PETROLOGY OF THE OPHIOLITIC CHROMITITES FROM KIZILYÜKSEK
(ADANA, SOUTH TURKEY)

Erdi AVCI

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Geological Engineering Graduate Program
Supervisor: Assoc. Prof. İbrahim UYSAL
2015, 83 Pages, 26 Pages Appendix

Pozantı–Karsantı ophiolite from southern Turkey, contains large number of chromitite deposits located mostly in the mantle peridotites, and also close to the Moho transition zone. Chromite grains from the chromitites are represented by high Cr# (67–81) and their Mg# range from 53 to 72. Chromitites contain low concentration of total plâtinum group elements (PGE) ranging between 32 and 162 ppb, with an average value of 91 ppb. Laurite is the most abundant plâtinum group mineral (PGM) in the investigated chromitites with high Ru# between 72 and 97. In addition to laurite, number of osmium and iridium, and single grain of sperryllite were detected as magmatic inclusion in chromite. While the presence of osmium, iridium and Ru–rich laurites imply that chromite crystallization took place at relatively high temperature (1100–1300 °C) and low $f(S_2)$ (between -1 – -3) conditions. High–Cr# and low Ti content of chromite grains and amphibole inclusions with low Ti content found in chromite grains suggest chromitites crystallization from boninitic melt, therefore, we suggest island arc tectonic environment for the generation of Kızılyüksek chromitites. In addition, PGE geochemistry and PGM mineralization of Kızılyüksek chromitites show that Kızılyüksek chromitites crystallized from fractionated boninitic melt.

Key Words: Pozantı–Karsantı ophiolite, Kızılyüksek chromitites, Podiform chromitites, Plâtinum group element and mineral, Silicate inclusion

ŞEKİLLER DİZİNİ

		<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.	Türkiye'nin ana tektonik birlikleri ve ofiyolitik kayaçların Türkiye'deki yayılımı.....	17
Şekil 2.	Çalışma sahasına ait sadeleştirilmiş jeoloji haritası ve Pozantı-Karsantı ofiyolitini temsil eden kolon kesit.....	18
Şekil 3.	Çalışma sahasında yüzeylenen manto kayaçları ve bu kayaçlar bünyesinde bulunan kromit ocakları.....	20
Şekil 4.	Pozantı-Karsantı ofiyolitine ait manto ve kabuksal kesimleri temsil eden kayaçlara ait polarizan mikroskop görüntüleri.....	22
Şekil 5.	Kızılyüksek kromititlerin arazi görüntüleri.....	24
Şekil 6.	Kızılyüksek kromititlerine ait kromitlerin dokusal özelliklerini gösteren BSE görüntüleri.....	25
Şekil 7.	Pozantı-Karsantı ofiyolitleri ile ilişkili kromititlere ait kromit kristallerinin Mg#-Cr# sınıflama diyagramındaki yerleri.....	26
Şekil 8.	Kızılyüksek kromititlerine ait Mg-kromit kristallerinin a: Al ₂ O ₃ (ağ.%) içeriklerine karşılık Cr ₂ O ₃ (%ağ) ve b: TiO ₂ (%ağ) içeriklerine karşılık Cr ₂ O ₃ (ağ.%) içeriklerindeki değişimler.....	27
Şekil 9.	Kızılyüksek kromititlerine ait Mg-kromit kristallerinin Cr# değerlerine karşılık Mg# değerlerindeki değişimler.....	31
Şekil 10.	Kızılyüksek kromititlerine ait bir örnekteki kromit kristali üzerinde kenar-merkez-kenar hattı boyunca belirlenen bazı ana oksit değerleri yanısıra, Cr# ve Mg# değerlerindeki değişimler.....	32
Şekil 11.	Kızılyüksek kromititlerini temsil eden bazı örneklerdeki Mg-kromit kristallerinin iz element içerikleri ile Cr# değerleri arasındaki ilişki.....	33
Şekil 12.	Pozantı-Karsantı ofiyolitine ait kromititlerde a: lauritlerin ve b: osmiyum-iridyum alaşımlarının Ru-Os-Ir (at.%) diyagramındaki yerleri.....	35
Şekil 13.	PK26-1 numaralı kromitit örneğinde bulunan sperillit mineralinin Pt-As-S diyagramındaki yeri.....	36
Şekil 14.	Kızılyüksek ofiyolitik kromititlerine ait a: PK63-2 numaralı örnekte bulunan tanımlanmamış fáz-2'nin Ir-Rh+Pt+Ni+Cu-S diyagramındaki yeri, b: PK49-2 numaralı örnekte bulunan tanımlanmamış fáz-3'ün Ni+Cu-Ir+Ru+Rh-S diyagramındaki yeri.	37
Şekil 15.	Kızılyüksek kromititlerine ait kromit kristalleri bünyesinde gözlenen PGM'lerin dokusal ve morfolojik yapısını gösteren BSE görüntüleri.....	38

Şekil 16.	Kızılyüksek kromitlerine ait kromit kristalleri bünyesindeki birincil silikat kapanımlarının BSE görüntüleri.....	46
Şekil 17.	Kızılyüksek kromitlerine ait Mg–kromit kristalleri bünyesindeki birincil piroksen kapanımlarının Ca–Mg–Fe üçgen diyagramdaki yerleri.....	48
Şekil 18.	Kızılyüksek kromitlerine ait kromit kristalleri bünyesindeki birincil amfibol kapanımlarının Mg#–Si sınıflama diyagramındaki yerleri.....	50
Şekil 19.	Kızılyüksek kromitlerine ait kromit kristalleri bünyesindeki BMM’lerin dokusal ilişkilerini gösteren BSE görüntüleri.....	52
Şekil 20.	Kızılyüksek kromitlerinin ilksel manto değerlerine oranlanmış PGE grafikleri.....	55
Şekil 21.	Kızılyüksek kromitlerine ait bazı PGE’lerin birbirleri ile olan ilişkileri.....	56
Şekil 22.	Kızılyüksek kromitlerine ait Mg–kromit kristallerinin TiO ₂ –Al ₂ O ₃ diyagramındaki yeri.....	60
Şekil 23.	Kızılyüksek ofiyolitik kromitlerine ait kromit kristallerini oluşturan ergiyiğe ait hesaplanan Al ₂ O ₃ ve TiO ₂ değerlerine karşılık kromitlere ait kromit kristallerinin Al ₂ O ₃ (ağ.%) ve TiO ₂ (ağ.%) değerleri arasındaki ilişki.....	61
Şekil 24	Kızılyüksek podiform kromitlerine ait kromit kristallerinin ana ve iz element içeriklerinin OOSB’larda gözlenen kromit kristallerinin ana ve iz element değerlerine oranlanmış çoklu element diyagramı...	63
Şekil 25.	Meta–sülfid dengelenme eğrileri diyagramı.....	66
Şekil 26.	Kızılyüksek kromitlerinin PPGE _N /IPGE _N oranlarına karşılık ΣPGE değerleri arasındaki ilişki.....	68
Şekil 27.	Kızılyüksek ofiyolitik kromitlerinin Pt/Pt* [(Pt/1020)/[(Rh/200)*(Pd/545)] ^{1/2}] değerleri ile Pd/Ir oranları arasındaki ilişki.....	69
Şekil 28.	Geçmişten günümüze kadar kromit oluşumu için önerilen modeller.....	71
Şekil 29.	Kızılyüksek kromitlerinin oluşumu için önerilen tektonik ortam modeli.....	72

TABLULAR DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Pozantı-Karsantı ofiyolitine ait kromitit örneklerindeki Mg-kromit kristalleri üzerinde gerçekleştirilmiş elektron mikroprob analizi sonuçlarının (ağ.%) ortalama değerleri.....	28
Tablo 2. Kızılyüksek kromititlerine ait Mg-kromit kristallerinin bazı iz element konsantrasyonları (ppm) ve C _T # değerleri.....	33
Tablo 3. Kızılyüksek kromititlerine ait Mg-kromit kristalleri bünyesindeki PGM'lerin elektron mikroprob analizleri.....	43
Tablo 4. Kızılyüksek kromititlerine ait Mg-kromit kristalleri bünyesindeki olivin minerallerinin ortalama elektron mikroprob analizleri.....	47
Tablo 5. Kızılyüksek kromititlerine ait Mg-kromit kristalleri bünyesinde birincil kapanımlar hâlinde gözlenen klinopiroksenlere ait ortalama elektron mikroprob analizleri.....	49
Tablo 6. Kızılyüksek kromititlerine ait Mg-kromit kristalleri bünyesinde birincil kapanımlar şeklinde gözlenen amfibollere ait ortalama elektron mikroprob analizleri.....	51
Tablo 7. Kızılyüksek kromititlerine ait Mg-kromit kristalleri bünyesindeki ikincil serpantin minerallerine ait ortalama elektron mikroprob analizleri.....	52
Tablo 8. Kızılyüksek kromititlerine ait Mg-kromit kristalleri bünyesindeki BMM'lerin elektron mikroprob analizleri.....	53
Tablo 9. Kızılyüksek kromititlerine ait PGE konsantrasyonları (ppb) ve ilgili oranlar.....	57
Tablo 10. Kızılyüksek kromititleri için hesaplanan ilksel ergiyik bileşimleri ve dünya genelindeki kromititlere ait ilksel ergiyik bileşimleri.....	59
Ek Tablo 1. Kızılyüksek ofiyolitne ait kromitit örneklerindeki Mg-kromit kristalleri üzerinde gerçekleştirilmiş elektron mikroprob analizi sonuçları.....	85
Ek Tablo 2. Kızılyüksek kromititlerine ait PK-37 numaralı örnekteki Mg-kromit kristali üzerinde kenar-merkez-kenar hattı boyunca gerçekleştirilmiş elektron mikroprob analizi sonuçları.....	98
Ek Tablo 3. Kızılyüksek kromititlerine ait Mg-kromit kristalleri bünyesindeki olivin minerallerinin elektron mikroprob analizleri.....	101

Ek Tablo 4.	Kızılyüksek kromitlerine ait Mg–kromit kristalleri bünyesinde birincil kapanımlar hâlinde gözlenen klinopiroksenlere ait elektron mikroprob analizleri.....	104
Ek Tablo 5.	Kızılyüksek kromitlerine ait Mg–kromit kristalleri bünyesinde birincil kapanımlar şeklinde gözlenen amfibollere ait elektron mikroprob analizleri.....	108
Ek Tablo 6.	Kızılyüksek Mg–kromitlerine ait kromit kristalleri bünyesindeki ikincil serpantin minerallerine ait elektron mikroprob analizleri.....	110

SEMBOLLER DİZİNİ

ağ.	: Ağırlık
at.	: Atomik
Amf	: Amfibol
AYT	: Ada Yay1 Toleyiti
BMM	: Baz Metal Mineral
BSE	: Back Scattered Electron
ÇN	: Çift Nikol
dla	: Deteksiyon Limiti Altında
EDS	: Energy Dispersive Spectroscopy
En	: Enstatit
Fs	: Ferrosillit
IPGE	: İridyum Grubu Plâtin Grubu Element
Irt	: İrarsit
Kpir	: Klinopiroksen
L	: Laurit
LA-ICPMS	: Laser Ablation Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometer
MTA	: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
N	: Analiz Sayısı
Ni	: Nikel
ICP-MS	: Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometer
Olv	: Olivin
OOS	: Okyanus Ortası Sırt
OOSB	: Okyanus Ortası Sırtı Bazalt
Opir	: Ortopiroksen
ort	: Ortalama
Plj	: Plajiyoklas
Pn	: Pentlandit
PGE	: Plâtin Grubu Element
PGM	: Plâtin Grubu Mineral

ppb	: Herhangi bir karışımda toplam madde miktarının milyarda 1 birimlik maddesi
PPGE	: Palladyum Grubu Plâtin Grubu Element
ppm	: Herhangi bir karışımda toplam madde miktarının milyonda 1 birimlik maddesi
TN	: Tek Nikol
Vo	: Vollaştonit
Cr#	: $[100 \times \text{Cr} / (\text{Cr} + \text{Al})]$
Fe ²⁺ #	: $[100 \times \text{Fe}^{2+} / (\text{Mg} + \text{Fe}^{2+})]$
Fe ³⁺ #	: $[100 \times \text{Fe}^{3+} / (\text{Cr} + \text{Al} + \text{Fe}^{3+})]$
Mg#	: $[100 \times \text{Mg} / (\text{Mg} + \text{Fe}^{2+})]$
Pt*	: $(\text{Pt}/1020) / [(\text{Rh}/200) * (\text{Pd}/545)]^{1/2}$
Ru#	: $[100 \times \text{Ru} / (\text{Ru} + \text{Os})]$
σ	: Standart sapma
Σ	: Toplam

1.GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Ofiyolitik kayaçlar dünya genelinde geniş bir yayılım sunan kayaç grubudur. Bu kayaç topluluğu, okyanusal kabuğun oluşumu esnasındaki ergime ve ergiyik–kayaç etkileşimi gibi petrolojik süreçlerinin ortaya konması yanı sıra içerdikleri ekonomik olarak önemli bir yere sahip olan kromitler bakımından da oldukça önemlidir. Ofiyolitik kayaçlar Türkiye’de geniş bir yayılım sunmakta olup, Pozantı–Karsantı ofiyolitik istif bunlardan birisidir. Söz konusu ofiyolitik istifin genellikle harzburjit ve dunit türündeki manto peridotitleri ile ilişkili olan kromitlere ultramafik kümülatların taban kesimlerinde de rastlanılmaktadır. Pozantı–Karsantı ofiyolitik istifinin manto peridotitleri ile ilişkili kromitler genellikle masif yapıyla birlikte yer yer saçınımlı hâlde de bulunmaktadır. Bununla birlikte istife ait ultramafik kümülat kayaçları ile ilişkili kromitler ise genellikle bantlı bir yapı sunmaktadır.

Podiform kromitlerinin oluşum mekanizması hâlâ tartışma konusu olup, mantodaki magmatik kanallar içerisinde devamlı sirkülasyon hâlinde olan ilksel ergiyikten Cr–spinel kristallerinin çökelişi podiform kromit oluşumu için önerilen ilk modeldir (Lago vd., 1982; Lebac ve Ceuleneer, 1992). Fakat son yıllarda, manto peridotitleri ile ergiyik etkileşiminin podiform kromitlerin oluşumunda önemli bir rol oynadığı ortaya konmuştur (Arai ve Yurimoto, 1994; Zhou vd., 1994, 1996, 1998; Arai, 1997). Bu iki oluşum modelinin yanı sıra, silikat ergiyik ile akışkan fazlar arasındaki karışım podiform kromitleri için bir diğer oluşum modeli olarak önerilmiştir (Ballhaus, 1998; Matveev ve Ballhaus, 2002). Podiform tip kromitlerin oluşum mekanizmasının yanı sıra oluşum ortamları üzerine de tartışmalar devam etmektedir. Podiform kromitler, Cr–spinel kristallerinin $Cr\# [100 \times (Cr/Cr+Al+Fe^{3+})]$ değerleri göre yüksek–Cr ve yüksek–Al olmak üzere iki farklı gruba ayrılmaktadır (Zhou vd., 1994, 1996, 1997; Robinson vd., 1997; Uysal vd., 2007b, 2009a, b; Rollinson, 2008; Gongalez–Jimenez vd., 2011a; Kapsiotis, 2013; Akmaz vd., 2014) ve her bir grup için farklı oluşum ortamları önerilmektedir.

Kısmi ergimenin düşük olduğu yay gerisi havza ortamları yüksek–Al kromitlerinin muhtemel oluşum ortamı olarak önerilirken, kısmi ergimenin yüksek olduğu yay–yay önu ortamları ise yüksek–Cr kromitlerinin oluşum ortamı olarak önerilmektedir (Uysal vd., 2007b, 2009b; Gonzalez–Jimenez vd., 2011a; Zaccarini vd., 2011; Garuti vd., 2012; Akmaz vd., 2014; Zhou vd., 2014).

Kızılyüksek kromitleri, Cr# değerleri 67–81 arasında değişen Cr–spinel kristallerinden oluşmaktadır. Söz konusu Cr–spinel kristalleri laurit, osmiyum ve iridyum gibi Plâtin Grubu Mineral (PGM) ve Baz Metal Mineral (BMM) kapanımları yanı sıra silikat kapanımları da içermekte olup, Cr–spinel kristallerinin bünyesinde bulunan bu fazlar kromitlerin fiziko–kimyasal koşulları hakkında önemli bilgiler sunmaktadır (Ahmed ve Arai, 2002, 2003; Agué vd., 2002; Uysal vd., 2009a, b, 2015; Akmaz vd., 2014).

Plâtin grubu elementler (PGE=Os, Ir, Rh, Rh, Pt, Pd) siderofil özelliğe sahip elementlerdir. İridyum–grubu plâtin gurubu elementler (IPG=Os, Ir, Ru) uyumlu elementler olup, kısmi ergime esnasında katı fazı tercih etmekte iken palladyum–grubu plâtin grubu elementler (PPGE=Rh, Pt, Pd) kısmen daha uyumsuz elementler olmakla birlikte kısmi ergime esnasında ergiyik fazı tercih etmektedirler (Leblanc, 1991; Bockrath vd., 2004; Ahmed vd., 2009; Uysal vd., 2009b). Pozantı–Karsantı ofiyolitine ait kromitlerin PGE içerikleri, söz konusu kromitleri kristallendiren ergiyiğin kısmi ergime süreçleri ve tektonik ortamını yorumlamada önemli bir parametre olarak kullanılmıştır. Bununla birlikte son yıllarda yapılan çalışmalarla podiform kromitlerin PGE için potansiyel bir kaynak olabileceği belirtilmiş olup (Economou–Eliopoulos, 1993, 1996; Economou–Eliopoulos ve Vacondios, 1995; Kostantopoulou ve Economou–Eliopoulos, 1991; Melcher vd., 1997; Ahmed ve Arai, 2002; Uysal vd., 2007b; Distler vd., 2008; Akmaz vd., 2014), Kızılyüksek kromitlerinin söz konusu elementler bakımından ne derece ekonomik olduğu/olabileceği de irdelenecektir.

Saka vd. (2014) Pozantı–Karsantı ofiyolitinin manto peridotitleri ve onu üzerleyen kabuksal kayaçlardan oluştuğunu ve manto peridotitlerinin ilksel mantonun farklı basınç koşulları altında yaklaşık %22 ilâ %26 arasında kısmi ergime kalıntısı olduğunu önermiş olup, ofiyolitik istifin manto seviyesinde ve ultramafik kümülat kayaçlarının ise tabanında Cr–spinel cevherleşmesinin olduğunu belirtmişlerdir.

Bu tez kapsamında Kızılyüksek kromitlerine ait Cr–spinel ana ve iz element jeokimyası, Cr–spinel kristallerinin bünyesinde bulunan PGM, BMM ve silikat

kapanımlarının jeokimyası ve kromitlerin PGE içerikleri detaylı olarak incelenmiş olup, söz konusu kromitlerin oluşum koşulları ve tektonik ortamı ortaya konulmaya çalışılmıştır.

1.2. Önceki Çalışmalar

1.2.1. Pozantı–Karsantı Yöresine Ait Önceki Çalışmalar

Çabuk vd. (1977), Çanakpınarı, Kızılyüksek, Kavasak, Dorucalı kromit ocakları ve çevresindeki kromit cevherlerini ekonomik değerleri yönünden incelemiş ve rezerv hesaplamaları yapmıştır. Pozantı–Karsantı ofiyolitinin kromit içeren seviyelerini tektonitler ve kümülatlar olmak üzere iki gruba ayırmış, kromit yataklanmasının dunitik zonlara bağlı olarak geliştiğini gözlemiştir.

Bingöl (1978), Pozantı–Karsantı ofiyolitinin doğu kesiminde 300 km²'lik bir alanın ayrıntılı jeoloji haritasını yaparak, bu alanda petrografik ve mineralojik incelemelerde bulunmuş ve ofiyoliti iki gruba ayırmıştır. Birinci grubun kümülatlardan oluşup, dayk komplekslerini içermediğini belirtmiştir. İkinci grubun ise yitim zonunda meydana geldiğini ve bu grubun ise metaforfitler ve diyabaz dayklarından oluştuğunu belirtmiştir.

Tekeli (1980), Aladağların yapısal evriminde, 1– Üst Triyas–Alt Kretase zaman aralığını kapsayan duraylı kıta kenarı dönemi, 2– Senoniyen'de kıta kenarının bozulmasını ve ilk ofiyolit yerleşmesini kapsayan dönem, 3– Maastrichtiyen'de gerçekleşen kıta kenarının naplanması ve peridotit napının yerleşmesi dönemi şeklinde üç farklı dönemin etkin olduğunu savunmuştur. Maastrichtiyen'de, Senoniyen havzasının itme basıncı etkisiyle sıkışmış ve temeli ile birlikte naplı bir yapı kazandığını ve bunların da üzerine Aladağ peridotit napı ve bunun tabanında yer alan metamorfik dilimin yerleştiğini belirtmiştir.

Çataklı (1983), Aladağ ofiyolit dizisini kaya türü bileşeni, yapısal nitelikleri ve konumu açısından üç birime ayırmıştır. Bunlar; tabanda ofiyolitli melanj, üzerinde metamorfik dilim ve en üstte de peridotit napıdır. Ofiyolitli melanjı altta düzgün taban istifi, üzerinde olistostrom ve en üstte kaotik bir iç yapının olduğu birim olmak üzere üç kısma ayırmıştır. Ayrıca peridotit napının da tabanda harzburjitlerden oluştuğunu ve harzburjitlerin üzerinde ise manto tektonitleri, dunit, piroksenit ve mafik kümülatların bulunduğunu belirtmiştir.

Dilek ve Moores (1990), sol atımlı Ecemiş Fayı'nın Pozantı–Karsantı ofiyoliti ve bu ofiyoliti altlayan Aladağ platformunu Bolkar masifinden ayırdığını ortaya koymuştur. Melanj ve Aladağ platformunun tektonik olarak, kuzeydoğu–güneybatı doğrultulu Üst Kretase yaşlı Pozantı–Karsantı ofiyoliti tarafından üzerlendiğini savunmuş ve ofiyolit in esas olarak, izole diyabaz daykları tarafından kesilen tektonize ultramafik kayalar ve kümülat gabrolardan oluştuğunu belirtmiştir. Ofiyolitik istifin üst kısmında volkanik birimin ya hiç gelişmediğini ya da erozyonla uzaklaştığını belirtmiştir. Ayrıca ofiyolit in tabanını oluşturan tektonize harzburjitlerin altında, kıvrımlanmış amfibolit, kuvarsit, mermer ve şistlerden oluşan metamorfik temelin varlığından bahsetmiş ve amfibolitlerden K/Ar yaşlandırma yöntemiyle yaklaşık 95 milyon yıllık yaş elde etmiştir.

Polat vd. (1996), Aladağ kompleksi olarak yorumlanan Pozantı–Karsantı ofiyolitini jeolojik, jeokimyasal ve yapısal olarak incelemiş ve Neotetis Okyanusu içerisinde Orta–Üst Kretase'de oluştuğunu belirtmiştir.

Parlak (2000), Pozantı–Karsantı ofiyolitinin ofiyolitik melanj, metamorfik dilim ve ofiyolitik kayalar olmak üzere üç farklı bindirme diliminden meydana geldiğini ve ofiyolitik melanjın dışındaki dilimlerin değişik yapısal seviyelerde izole mikrogabro–diyabaz daykları tarafından kesildiğini belirtmiştir. Kümülat kayaları kesen daykların subalkalen karakterde olduğunu, kimyasal olarak ada yayı toleyitik bazalt ve bazaltik andezitlere benzerlik gösterdiğini ortaya koymuştur.

Billor ve Gibb (2002), Pozantı–Karsantı ofiyolitine ait 1– harzburjitler içerisindeki podiform kromit kütleleri (dunit cepleri içerisinde) ve 2– gabro–peridotit serisi içerisinde ve geçiş zonu üzerinde deformasyona uğramamış kümülat içerisinde bulunan bantlı kromit yatakları olmak üzere iki tip kromit tespit etmiştir. Söz konusu iki gruba ait kromitlerin Cr–spinel kristallerinin Cr# $[100 \times (Cr/C+Al)]$ değerlerinin birinci grupta 77–81 arasında, ikinci grupta ise 72–75 arasında değiştiğini belirtmiştir. Mg# $[100 \times (Mg/Mg+Fe^{2+})]$ değerlerindeki değişimin daha geniş bir aralık sunduğunu belirten yazarlar, bu durumu artan oksijen fugasitesi koşulları ile ilişkilendirmiştir. Podiform kromitler için karakteristik olan düşük TiO₂ içeriğinin Kızılyüksek kromitleri için de karakteristik olduğunu belirtmiştir.

Parlak vd. (2002), Pozantı–Karsantı ofiyolitinin, manto tektonitleri, mafik ve ultramafik kümülatlar, izotrop gabrolar, levha daykları ve volkanitlerden oluştuğunu belirtmiştir. Mineralojik ve jeokimyasal verilere dayanarak ultramafik kümülatların, okyanus ortası sırtı ve yay gerisi havzada oluşan ofiyolitlerin bünyesindeki ultramafik

kümülatlardan farklı olduğunu ve ofiyolitik istifin ada yayı toleyiti (AYT) tarzındaki yitim karakterli ergiyiklerden itibaren oluştuğunu savunmuştur.

Uçurum vd. (2006), Türkiye'deki kromit yataklarını Elazığ, Sivas–Erzincan, Muğla, Adana–Mersin, Hatay–Kahramanmaraş, Bursa–Eskişehir olmak üzere altı ana alana ayırmış ve her bir alandaki kromitlerin kimyasını, kromit kristalizasyonu esnasındaki ergiyiğin oksijen fugasitesini ve kromitin ofiyolitik istifteki muhtemel seviyesini ortaya koymuş, Adana–Mersin yöresine ait kromitlerinin alüminyum kromit bileşiminde olduğunu belirtmiştir. Adana–Mersin kromitlerinin ofiyolitik istifte derin manto, sıg manto, kümülat dunit ve kümülat gabro seviyelerine kadar bulunduğunu belirtmiştir. Araştırmacılar incelediği tüm kromitlerin oldukça düşük PGE içeriklerine sahip olduğunu belirtirken Harmancık (Dalaman, Muğla) bölgesindeki kromitlerin önemli miktarda PGE zenginleşmesi sunduğunu belirtmiştir. Türkiye'deki kromitlerin düşük PGE ve Au içeriğine sahip olduğunu ve bazı PGE ve Au zenginleşmelerinin, kromit cevherleri ve yan kayadaki mikro çatlak ve kırıklar boyunca hidrotermal solüsyonlardan itibaren gelişen sülfür mineralleri ile ilişkili olduğunu belirtilmiştir. Ayrıca Dalaman Nehri boyunca PGM içeren kromitlerin bulunduğunu ve bu alanın PGE bakımından potansiyel bir alan olduğu belirtilmiştir.

Çelik (2007), metamorfik taban kayaçlarının, Torid karbonat platformunun doğusunda bulunan melanj ile Pozantı–Karsantı ofiyoliti arasında gözlendiğini ve bunların, tavanda orto amfibolitlerden tabanda ise meta sedimanter birimden oluştuğunu belirtmiştir. Ana, iz ve lantan grubu element (LGE) kimyasına göre, metamorfik taban kayaçlarından amfibolitlerin okyanus adası bazaltları (OAB), okyanus ortası sırtı bazaltları (OOSB) ve ada yayı toleyiti (AYT) karakterli olduğunu ve izole dolerit dayklarının, metamorfik taban kayaçlarını ve farklı yapısal seviyelerdeki ofiyolitik birimleri kestiğini belirtmiştir.

Çelik (2008), Pozantı–Karsantı ofiyolitinin tabanında bulunan metamorfik dilimden alınan amfibol ve mikalardan K–Ar ve ^{40}Ar – ^{39}Ar yöntemleriyle yaşlandırmalar yapmış olup, mikaşistlere ait muskovitlerden K–Ar yöntemiyle 93.7 ± 2 milyon yıl, ^{40}Ar – ^{39}Ar yöntemiyle 92.1 ± 1 milyon yıl yaş elde etmiştir. Ayrıca yine metamorfik dilime ait amfibolitlerden elde edilen amfibollerden ise K–Ar metoduyla 83.3 ± 3 ilâ 107.0 ± 3 milyon yıl, ^{40}Ar – ^{39}Ar metoduyla 90.4 ± 1.8 ilâ 91.7 ± 1.2 milyon yıl yaş aralığını tespit etmiştir.

Saka vd. (2014), Pozantı–Karsantı ofiyolitinin manto peridotitleri ve onu üzerleyen kabuksal kayaçlardan oluştuğunu ve manto peridotlerinin ise ilksel mantoya kıyasla Al_2O_3 ve CaO bakımından tüketilmiş dunitik ve harzburjitik kayaçlardan oluştuğunu belirtmiştir.

Araştırmacılar manto peridotitlerine ait ağır lantan grubu element konsantrasyonlarından yola çıkarak, kısmi ergimenin garnet lertzolit duraylılık alanında başlayıp spinel lertzolit duraylılık alanında devam ettiğini ve ilksel mantonun farklı basınç koşulları altında yaklaşık %22 ilâ %26 arasında kısmi ergimesiyle oluştuğunu savunmuştur. Ayrıca, manto peridotitlerinde gözlenen hafif lantan grubu element (HLGE) ve Ti zenginleşmesini, tüketilmiş manto ile HLGE ve Ti bakımından zengin yitim zonu ergiyiklerinin etkileşimi ile açıklamışlardır.

1.2.2. Dünya Geneline Podiform Tip Kromititlerin Oluşum Ortamı, Mineralojisi ve PGE Jeokimyasına Yönelik Çalışmalar

Prichard vd. (1988), Shetland ofiyolitik kompleksine ait PGE bakımından zengin iki farklı kromitit oluştuğunda PGE içeren minerallerin kristallenme sırasını ortaya koymuş, dokusal özelliklerini dikkate alarak öncelikle Ru ve Os içeren PGM'lerin kristallendiğini, bunları Ir, Pd, Rh ve sonrasında Pt içeren PGM'lerin takip ettiğini belirtmiştir.

Zhou vd. (1996), Luobusa ofiyolitine (Güney Tibet) ait kromititlerin kimyasını ve PGE içeriklerini ortaya koymuş ve bu kromititlerin boninitik bir ergiyikten itibaren kristallendiğini belirtmiştir. Kromititleri çevreleyen dunitlerin, boninitik ergiyik ile kalıntı manto malzemesinin etkileşime girmesiyle oluştuğunu ve bunların kromititler ile harzburjitler arasında olduğunu savunmuştur. Kalıntı kayaç ile ergiyiğin etkileşime girerek, ergiyiğin kalıntı kayaçtan piroksen minerallerini ergiterek bünyesine kattığını belirtmiş ve bu ergiyikten itibaren kromititleri çevreleyen dunitin oluştuğunu savunmuştur. Ayrıca ergiyiğin giderek boninitik karakter kazandığını ve kromite doymuş hale gelerek kromitin kristallendiğini belirtmiştir.

Zhou vd. (1997), Çin orojenik kuşağındaki yüksek-Cr (1. Tip) ve yüksek-Al (2. Tip) kromititlerini PGE bakımından incelemiş, yüksek-Cr kromititlerinin Os, Ir, Ru, Rh içeriklerinin yüksek-Al kromititlerine göre daha fazla olduğunu ve iki tip kromititin de Pd ve Pt içeriklerinin üst manto peridotitlerinden az olduğunu belirtmiştir. 1. Tip kromititlere ait PGE diyagramlarının ada yayı ortamlarında oluşan kromititlerin PGE diyagramları ile, 2. Tip kromititlere ait PGE diyagramlarının ise yay gerisi havza ortamlarında oluşan kromititlerin PGE diyagramları ile benzerlik sunduğunu savunmuştur.

Kamenetsky vd. (2001), okyanus ortası sırtı, ada yayı ve kıta içi bazaltlarında gözledikleri Cr-spinellerin bünyesindeki ergiyik kapanımları ve bu ergiyik kapanımlarını

bünyesinde barındıran Cr–spinel kristallerinin Al_2O_3 ve TiO_2 içeriklerini karşılaştırmıştır. Söz konusu Al ve Ti içeriklerinin Cr–spinel ve ilişkili ergiyik kapanımları bünyesindeki konsantrasyonlarının bir ilişki içerisinde olduğunu ortaya koymuştur.

Ahmed ve Arai (2003), Umman ofiyolitinin manto kısmındaki kromitlerin PGE bakımından kısmen zengin olduğunu belirtmiş ve kromitleri Moho geçiş zonu ve manto tipi olmak üzere ikiye ayırmıştır. Ayrıca manto tipi kromitleri de PGE bakımından zengin ve PGE bakımından fakir olmak üzere iki gruba ayırmıştır. Plâtin grubu elementler bakımından fakir olan manto kromitlerini oluşturan ergiyiğin kükürt fugasitesinin, PGE bakımından fakir kromitleri oluşturan ergiyiğin kükürt fugasitesine kıyasla daha fazla olduğunu savunmuştur.

Uysal vd. (2005), Ortaca (Muğla) yöresindeki Marmaris ofiyolitine ait masif, saçınımlı ve nodüler yapılı birçok podiform kromit kütesinin ultramafik birimler içerisinde olduğunu ve kromit cevher kütesinin farklı kalınlıktaki dunit zarfları tarafından çevrelendiğini belirtmiştir. Silikat, BMM ve PGM gibi kapanımları içeren kromitlerin geniş bir kimyasal bileşime sahip olduğunu belirtmiş ve kromitlerin $Cr\#$ ve $Mg\#$ değerleri ile TiO_2 içeriklerinden yola çıkarak bu kromitlerin yitim zonu üzerinde boninitik ergiyiklerden itibaren oluştuğunu savunmuştur. Kromitlerin genellikle düşük PGE içeriklerine sahip olduğunu ve kromitlerin ilk kristallenme sürecinde sülfür doygunluğunun az olduğunu belirtmiştir. Laurit bileşimlerinin geniş bir aralıkta Ru–Os değişimi gösterdiğini belirten yazarlar, laurit kristallerindeki Os konsantrasyonu artışını, kristalleşme süresince kısmen artan kükürt fugasitesi ve azalan sıcaklığa bağlamışlardır. Ayrıca kromitlerin bünyesindeki sulu silikat kapanımlarının varlığı ve kromitlerin yüksek $Cr\#$ değerlerinin, söz konusu kromitlerin yitim zonu üzerinde kristallendiğini desteklediğini belirtmişlerdir.

Ahmed vd. (2006), Umman ve Mısır'daki Doğu Çölü ofiyolitlerindeki podiform kromitlerinin bünyesinde bulunan Os bakımından zengin PGM'lerin $^{187}Os/^{188}Os$ izotop oranlarını belirlemiştir. Mısır ve Umman ofiyolitlerine ait PGM'lerinin $^{187}Os/^{188}Os$ oranlarının geniş bir aralıkta değiştiğini, bununla birlikte söz konusu bu değişimin farklı kökenlerden kaynaklanmış olabileceğinden ziyade kromitleri kristallendiren ergiyiğin kabuksal kirlenmeden etkilenmiş olabileceği şeklinde açıklamışlardır.

Uysal vd. (2007b), Kahramanmaraş bölgesindeki manto kayaçlarının bünyesinde bulunan kromitleri Cr–spinel bileşimi, PGE içeriği, PGM ve Os izotop jeokimyası bakımından incelemiş, bu bölgeye ait kromitleri yüksek–Cr ve yüksek–Al olmak üzere iki

gruba ayırmıştır. Kahramanmaraş kromitlerinin kısmen yüksek Re/Os oranına sahip olduğunu belirtmiş ve bu durumu, osmiyumca fakir manto ile osmiyum radyojenik eşleniği bakımından kısmen zengin yitim kökenli akışkanların bulunduğu bir kaynağın karışımıyla açıklamıştır. Yüksek–Cr kromitlerinin boninitik karakterli ergiyikten itibaren, yüksek–Al kromitlerinin ise OOSB tipi ergiyikten itibaren kristallendiğini belirtmiştir.

Rollinson (2008), Kamenetsky (2001)'nin OOS ve yitim ortamlarını temsil eden bazaltik kayalarındaki Cr–spinel kristalleri ve bu Cr–spinel kristalleri bünyesindeki ergiyik kapanımlarından elde ettiği kimyasal analiz sonuçlarını karşılaştırmış ve her bir tektonik ortam için söz konusu Cr–spinel ve ergiyik kapanımlarına ait Al_2O_3 ve TiO_2 içeriklerinin bir korelasyon sunduğunu ortaya koymuştur. Yazar, söz konusu korelasyonları temsil eden formülleri belirlemiş ve bu formül kullanılarak kimyasal bileşimi bilinen Cr–spinel kristallerinin hangi bileşime sahip bir ergiyikten itibaren kristallenmiş olabileceğinin belirlenebileceğini otaya koymuştur.

Uysal vd. (2009b), Eskişehir ofiyolitine ait manto tektonitlerinin Cr# değerleri 65 ilâ 82 arasında değişen yüksek–Cr kromitleri içerdiğini belirtmiş ve bu kromitlere ait kromitlerin Mg# değerlerinin 54 ilâ 72 arasında değiştiğini, Fe_2O_3 içeriğinin 3.71 ağ.%'ye ve TiO_2 içeriğinin ise 0.3 ağ.%'ye kadar çıktığını belirtmiştir. Kondrit değerlerine oranlanmış PGE diyagramlarında, osmiyumdan rodyuma doğru yataya yakın yönseme ve rodyumdan palladyuma doğru ise negatif bir yönsemeden bahsetmiş ve kromitlerin toplam PGE içeriği ile düşük Pd/Ir oranının tipik ofiyolitik kromitlerle benzerlik sunduğunu belirtmiştir. İridyum grubu plâtin grubu element alaşımlarının az olması ve laurit minerallerinin düşük Os içeriği, Cr–spinel ve lauriti kristallendiren ergiyiğin kükürt fugasitesinin kısmen yüksek olduğunu ancak ergiyikte erliçmanit kristallendirecek kadar kükürtün bulunmadığını savunmuştur. Ayrıca Cr–spinel kristallerinde birincil kapanım olarak bulunan milleritin varlığının, Cr–spinel kristallenirken artan kükürt fugasitesini yansıttığını belirtmiştir.

González–Jiménez vd. (2011a), Küba'nın doğusunda bulunan Mayari–Cristal ofiyolitine ait kromitleri yüksek–Cr ve yüksek–Al olmak üzere iki gruba ayırmıştır. Yüksek–Cr kromitlerinin harzburjit ile boninitik karaktere sahip ada yayı ergiyiklerinin etkileşimi sonucu oluştuğunu savunurken, yüksek–Al kromitlerinin ise yay gerisi havza bazaltı karakterine sahip ergiyiklerin kanallarda karışımı ile oluştuğunu savunmuştur.

Zaccarini vd. (2011), Santa Elena (Kosta Rica) kromitlerini PGE ve Cr–spinel kimyası bakımından incelemiş ve kromitlerin, kromca zengin bileşime sahip boninitik bir

ergiyiğin farklılaşmasından itibaren oluştuğunu savunmuştur. Ayrıca Cr–spinellerin Al_2O_3 ve TiO_2 değerlerini kullanarak yay ile ilişkili magmanın farklılaşmasıyla kromitlerin oluştuğunu ortaya koymuştur.

Akmaz vd. (2014), Türkiye'nin güney bölgesindeki ofiyolitlerin bünyesinde bulunan üst manto peridotitleri ile ilişkili kromitlerin mercek ve damarcıklar şeklinde yerleşim yaptığını ve bunların masif, bantlı ve saçınımlı kromitlerden oluştuğunu belirtmiştir. Kromitleri jeokimyasal olarak yüksek–Cr ve yüksek–Al olmak üzere iki gruba ayırmış ve yüksek–Cr kromitlerindeki PGE içeriğinin yüksek–Al kromitlerindeki PGE içeriğine kıyasla daha fazla olduğunu vurgulamıştır. Kromitlerin çok küçük boyutlara sahip PGM içerdiğini saptamış ve en bol bulunan PGM fazının laurit olduğunu belirtmiştir. Ayrıca PGM kapanımlarını PGE ile ilişkilendirmiş ve PGE içeriği yüksek olan yüksek–Cr kromitlerinin oluşturduğu kromitlerin PGM bakımından daha zengin olduğunu belirtmiştir. Plâtin grubu mineral kapanımlarının yanı sıra Cr–spinel kristallerinde kapanım hâlinde birincil BMM'lerin varlığını tespit etmiş olup, silikat matrikste ise ikincil BMM fazlarının olduğunu belirtmiştir. Plâtin grubu mineral ve BMM kapanımlarının bileşimi ve dokusal ilişkilerinden yola çıkarak bunların Cr–spinel kristallerinden önce ya da Cr–spinel kristallenirken ve değişen sıcaklık (1000–1300 °C) ve sülfür fugasitesinde oluştuğunu savunmuştur. Yüksek–Cr kromitlerinin, muhtemelen yitim zonu üzerinde oluşan boninitik ergiyik ile dengede kristallenirken, yüksek–Al kromitleri ise okyanus ortası sırtı bazalt (OOSB) tipi ergiyikle dengede kristallendiğini ve yüksek–Al kromitlerindeki amfibollerin varlığının ise yay gerisi ortamda oluşmuş sulu ilksel ergiyiği temsil ettiğini belirtmiştir.

Gongalez–Jimenez vd. (2014a), kromitlerin bünyesinde bulunan PGM'ler üzerinde yapılan mikro yapısal incelemeler ve Os izotop analiz verileri yardımıyla PGM'lerin kökeni hakkında yorumlamalarda bulunmuştur. Söz konusu çalışmada 1: Kromit kristallerindeki PGM'lere ait kristal odacıkları, esas olarak farklı ergiyiklerin karışımını ve fiziksel kapanmayı kaydeder, 2: Cr–spinel kristallerindeki bazı PGM'ler, kromitleri kristallendiren ilksel ergiyiğin yan kayaç olan peridotitlerin içerisindeki hareketi esnasında ergiyiğin bünyesine alınmış olabilir, 3: diğer PGM'ler, mevcut kromitin bünyesine girmiş metazomatik akışkan ya da ergiyikten itibaren kristallenmiş olabilir.

Kozlu vd. (2014), Berit ofiyolitine (Elbistan–Kahramanmaraş) ait yüksek–Al kromitlerinin kabuk–manto geçiş zonunda ve kümülat dunitlerin bünyesinde

bulduğunu savunmuş, söz konusu kromitlere ait PPGE içeriklerinin, yüksek-Cr kromitlerinden fazla olduğunu belirtmiştir.

Uysal vd. (2015), Harmancık ve Orhaneli (Bursa) yörelerine ait kromitlerinin tektonik ortam ve ne tür bir ergiyikten itibaren oluştuğunu belirlemek için kromitlerin PGE içeriğini, kromitlere ait Cr-spinel, PGM, BMM ve silikat kapanım kimyalarını belirlemiştir. Kromitlere ait Cr-spinellerin Mg-kromit bileşiminde olduğunu ortaya koymuş, kromitlerin bünyesinde en bol bulunan birincil PGM'lerin laurit bileşiminde olduğunu belirlemiştir. Söz konusu çalışmada millerit ve pendlandit ise en bol bulunan birincil BMM kapanımları olarak belirlenmiştir. Bunun yanı sıra ikincil BMM'lerin varlığını da ortaya konmuştur. Plâtin grubu mineral ve BMM kapanımlarının yanı sıra Mg-kromitlerde olivin, klinopiroksen ve amfibol gibi silikat kapanımlarının da olduğu belirtilmiştir. Araştırmacılar, kromitleri kristallendiren ilksel ergiyiğin muhtemelen yay ortamında oluşmuş olan boninitik bir ergiyik olduğunu savunmuşlardır.

1.3. Çalışmanın Amacı

Podiform kromitlerinin oluşum mekanizması hâlâ tartışma konusu olup, mantodaki magmatik kanallar içerisinde devamlı sirkülasyon hâlinde olan ilksel ergiyiğin farklılaşması sonucu kristallenmesi ile kromit kristallerinin çökeldiği önerilmiştir (Thayer, 1964; Greenbaum, 1977; Quick, 1981; Lago vd., 1982; Lebac ve Ceuleneer, 1992). Buna karşılık son yıllarda yapılan çalışmalar podiform kromitlerin oluşumu için manto peridotitleri ile ergiyik etkileşimlerinin etkili olabileceğini ortaya koymuştur (Kelemen, 1990; Arai ve Yurimoto, 1994; Zhou vd., 1994, 1996; Arai, 1997). Ayrıca, silikat ergiyik ile akışkanlar arasındaki karışım podiform kromitler için bir diğer oluşum modeli olarak önerilmiştir (Paktunc, 1990; Ballhaus, 1998; Matveev ve Ballhaus, 2002).

Krom ve PGE'leri bünyesinde barındıran kromitler günümüze kadar ekonomik olarak değerini korumuş ve endüstrileşmeye bağlı olarak artan taleple birlikte dünya ülkelerinin en önemli maden kaynaklarından biri hâline gelmiştir. Dünya üzerinde krom cevherinin üretimi, stratiform ve podiform olmak üzere her iki tip kromititten de elde edilmektedir. Bununla birlikte PGE'ler, spesifik fazlar oluşturdukları PGM'lerin kromititi oluşturan Cr-spinel mineralleri ile olan dokusal ilişkileri itibarıyla söz konusu kromitlerden kolay kazanımı sayesinde günümüzde podiform tip kromititten ziyade stratiform tip kromititlerden elde edilmektedir. Spesifik fazlar şeklinde gözlenen PGM'ler,

stratiform kromitlerde çoklukla Cr–spinel kristalleri arasında gözlenirken podiform kromitlerde ise Cr–spinel kristalleri içerisinde çok küçük boyutlu kapanımlar şeklinde bulunurlar. Bu durum, söz konusu PGM’lerin ve dolayısıyla PGE’lerin kazanımını oldukça zorlaştırmaktadır.

Birçok endüstri alanında kullanılan PGE’lere olan talebin giderek artmasıyla, bu elementleri barındıran stratiform kromitit yataklarındaki rezerv gittikçe azalmaktadır. Bu azalmayla birlikte podiform kromititlerin yakın gelecekte PGE kaynakları olarak değerlendirileceği düşünülmektedir. Bu sebeple, ofiyolitik podiform kromititlerin PGE içeriklerinin yanı sıra kromititleri oluşturan Cr–spinel kristalleri bünyesindeki PGE’leri barındıran PGM’lerin boyutları, dokusal özellikleri, kimyası ve diğer fazlarla olan ilişkilerinin belirlenmesi, podiform kromititlerin gelecekte PGE içerikleri bakımından değerlendirilebilmesi için oldukça önemlidir.

Kromititler ekonomik değerlerinin yanı sıra ofiyolitlerin oluşum ortamları ve manto kayaçlarının kısmi ergime süreçleri gibi bazı petrolojik süreçlerin açıklanmasında önemli rol oynarlar. Pozantı–Karsantı ofiyoliti, Torid kuşağında yer alan ofiyolitik istiflerden bir tanesi olup, bünyesindeki kromititlerle ilgili detaylı çalışma sayısı oldukça azdır. Bu çalışma kapsamında Kızılyüksek kromititlerinin tektonik ortamları ve ne tür bir magmadan itibaren kristallendiğinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bunun yanı sıra, söz konusu kromititlerin PGE içeriklerinin belirlenmesi krom cevheri bakımından oldukça önemli olan bu kromititlerin yakın gelecekte aynı zamanda PGE içerikleri bakımından da değerlendirilebilmesine ışık tutacaktır. Bu amaç için yapılan çalışmalar bir sonraki kısımda detaylı olarak verilmiştir.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Materyal ve Yöntemler

Adana ili sınırlarında yüzeyleyen Pozantı–Karsantı ofiyoliti ile ilişkili kromititlerin petrografik özelliklerinin yanı sıra tüm kayaç ve mineral bazındaki jeokimyasal özellikleri dikkate alınarak ofiyolitik kayaçların özellikle manto kesiminde zenginleşme sunan kromitit oluşuklarının irdelenmesini amaçlayan bu çalışmada ofiyolitik istifin özellikle manto kesimi ve MOHO sınırına yakın bölgelerden derlenen kromitit örnekleri materyal olarak kullanılmıştır. Bu çalışma, arazi, lâboratuvar, literatür araştırma ve büro çalışmaları olmak üzere dört aşamada gerçekleştirilmiştir. Arazi çalışmaları, MTA'nın hazırlamış olduğu 1/25.000 ve 1/500.000 ölçekli jeolojik haritalar kullanılarak söz konusu materyallerin derlenmesini içermektedir. Lâboratuvar çalışmaları, mikroskobik tayinler ve kimyasal analizler olmak üzere iki bölümden oluşmuştur. Literatür araştırmaları, bölgede ve dünya genelinde konuyla ilgili yapılan çalışmalar ve çalışılması plânlanan sahaya yönelik yayınların taranması ve değerlendirilmesi tarzında yapılmıştır. Büro çalışması ise, arazi ve lâboratuvar çalışmalarının birlikte yorumlanarak tez yazımının gerçekleşmesini içermektedir.

2.1.1. Arazi Çalışmaları

Bu çalışma kapsamında, Pozantı–Karsantı ofiyolitine ait manto kayaçları bünyesinde ve kısmen MOHO sınırına yakın kesimlerde zenginleşme sunan kromitit örnekleri derlenmiştir. Örnekleme sırasında farklı bölgelerdeki zenginleşmeler yanı sıra farklı dokular sunan kromitit örneklerinin alınmasına da dikkat edilmiştir.

2.1.2. Lâboratuvar Çalışmaları

Lâboratuvar çalışmalarında kromitit örnekleri petrografik, mineralojik ve jeokimyasal açıdan incelenmek üzere farklı analiz teknikleri için farklı örnek hazırlama süreçlerine tâbi tutulmuştur.

Arazi çalışmalarında kromitit oluşuğunu temsil edebilecek şekilde 2 kg'dan fazla ve sağlam olmak koşuluyla örnekler alınmıştır. Büyük kromitit blokları döner bıçak yardımıyla dilimlere ayrılmış ve yüzeysel alterasyon izleri temizlenerek yaklaşık 3×5×8 cm boyutlarında plâkalar alınmıştır. Kromititlere ait söz konusu bu plâkalar tüm kayaç PGE içeriklerinin belirlenmesi için öğütölüp toz hâline getirilmiştir.

Her bir kromitit örneğinden en az üç adet olacak şekilde hazırlanmış küçük plâkacıklar 2.5 cm çapına sahip kalıplara yerleştirilebilecek boyutlara gelene kadar elmas disklerden geçirilmiş ve kenarları yuvarlaklaştırılmıştır. Kalıplara tam olarak yerleşecek şekilde aşındırılan örnekler kalıplara yerleştirilip üzerine sertleştirici epoxy malzemesi döküldükten sonra sertleşmeye bırakılmıştır. Kalıplardan çıkarılan örnekler öncelikle kademeli olarak elmas aşındırıcı disklerden geçirilip, yine kademeli olarak Al₂O₃ tozları yardımıyla parlatılmış ve elektron mikroprob ve LA-ICPMS analizlerinde kullanılmak için hazır hâle getirilmiştir.

2.1.2.1. Mikroskobik İncelemeler

Kromitit örneklerinden hazırlanan parlak kesitler Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, araştırma mikroskobu lâboratuvarında "Nicon Eclipse E400 Pol" marka polarizan mikroskobun üstten aydınlatma modu kullanılarak incelenmiştir. Bu çalışma esnasında yüzeyleri oldukça iyi parlatılmış kromitit örnekleri 20X büyütmeli objektif kullanılarak incelenmiş, parlak kesitin tüm yüzeyinin sistematik bir şekilde taranması sağlanmıştır. Bu çalışma esnasında kromititleri oluşturan Cr-spinel kristalleri bünyesinde oldukça nadir fazlar olan PGM ve BMM kapanımlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bununla birlikte silikat kapanımları da mümkün olduğunca belirlenmeye çalışılmış ve gözlenen kapanımlar bir kalemle daire içerisine alınmıştır.

2.1.2.2. Kimyasal Analizler

Kimyasal analiz kapsamında, kromitit örneklerinin tüm kayaç PGE içerikleri belirlenmiş ve her bir kromitit örneğinin Cr-spinel kimyası yanı sıra Cr-spinel kristalleri bünyesindeki mineral kapanımlarının kimyasal bileşimleri de belirlenmeye çalışılmıştır.

2.1.2.2.1. Tüm Kayaç PGE Analizleri

Kromitlere ait örneklerin tüm kayaç PGE içerikleri Genalysis Laboratory'de (Avustralya) nikel-sülfür ön zenginleştirme işlemi uygulanarak endüktif eşleşmiş plazma kütle spektrometresi (ICP-MS) ile belirlenmiştir. 25 gr örnek, boraks, soda külü, silika, nikel oksit ve sülfürden oluşan bir karışım ile ergitilmiştir. Ergiyik, tüm fazların tamamıyla ergidiğinden ve tüm PGE'lerin nikel sülfür tarafından tutulduğundan emin olmak için 1200 °C'de tutulmuştur. Nikel sülfür butonu yaklaşık 100 °C'de hidroklorik asit ile çözülmüştür. Sonra, çözünmeyen PGE ve Au-sülfürler, bir selüloz nitrat membran filtre üzerinde toplanmış ve yüzer durumdaki borosilikat test tüpünde sindirilmiştir. Elde edilen çözelti, % 10 v/v nitrik asit ile tamamen karıştırılarak seyreltilmiştir. Son olarak elde edilen çözelti, Perkin Elmer/Sciex Elan 6000 ICP-MS ile analiz edilmiştir. Altı adet ölçümleme çözelti standardı kullanılmıştır. Tüm standart ve örneklerin, yonseme monitörü aracılığıyla iki iç standart kullanılarak pikleri izlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, Ni ve Cu'dan kaynaklanan girişimler için düzeltmeye tâbi tutulmuştur. Ölçüm alt sınır limitleri Rh için 1 ppb ve Os, Ir, Ru, Pt ve Pd için ise 2 ppb'dir.

2.1.2.2.2. Mineral Kimyası Analizleri

Kromit örneklerine ait minerallerin kimyasal içeriklerinin tayini için, Ludwig Maximilian Üniversitesi (Münih, Almanya), Mineraloji ve Petroloji Enstitüsü'ndeki CAMECA-SX100 marka elektron mikroprob aleti kullanılmıştır. Bu kapsamda, parlatılmış her bir kromit örneğindeki Cr-spinel kristalleri bünyesindeki mineral kapanımları ve Cr-spinel kristallerinin kimyasal bileşimleri belirlenmeye çalışılmıştır.

Tek bir Cr-spinel kristaline ait kimyasal değişimleri belirlemek için bazı Cr-spinel kristalleri üzerinde bir kenardan diğer kenara doğru belirlenen profiller (kenar-merkez-kenar) boyunca nokta analizler de gerçekleştirmek için koordinatlar alınmıştır. Son olarak, bu işlemlerden geçen her bir örnek analiz edilmeden önce karbon kaplama işlemine tâbi tutulmuştur. Bu işlemlerden sonra örnekler analiz edilmek üzere nem barındırmayan kaplara konularak beklemeye bırakılmıştır.

Pozantı-Karsantı ofiyoliti bünyesindeki kromit örneklerine ait parlatılmış kesitlerdeki PGM ve BMM kapanımlarının mikrokimyasal analizleri iki ayrı aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada PGM veya BMM olduğu düşünülen mineraller EDS

metodu ile analiz edilmiş ve elde edilen element pikleri neticesinde, mikrokimyasal analizler için hangi elementlerin ölçüleceği belirlenmiştir. PGM ve BMM'ler için belirlenen elementleri barındıran tek bir dosya kullanılarak bu kapanımlar analiz edilmiştir. Plâtin grubu mineral ve BMM analizleri sırasında alet çalışma koşulları 15–20 kV ve 40 nA olarak ayarlanmış, elektron ışınının çapı ise 1 µm olarak seçilmiştir. Standart olarak, PGE, Ni ve Cu elementleri için saf metaller, As için arsenopirit (FeAsS) ve Fe için pirit (FeS₂) kullanılmıştır. Analizler süresince, Ru, Ir, Rh, Pt için L α , Os için M α , Pd ve As için L β ve Ni, Fe, Cu ve S için K α X-ışınları çizgisi kullanılmıştır. RuL β → RhL α , IrL α → CuK α , RhL β → PdL α , RuL β → PdL α , CuK β → OsL α düzeltmeleri çevrimiçi olarak gerçekleştirilmiştir. Cr–spinel kimyası ve silikat kapanımı ölçümlerinde deteksiyon limitleri (ağ.%) SiO₂ için 0.06, TiO₂, CaO, Na₂O ve K₂O için 0.04, Al₂O₃ için 0.05, Cr₂O₃ için 0.09, FeO ve NiO için 0.1, MnO için 0.08 ve MgO için 0.07'dir. Plâtin grubu mineraller ve BMM'ler için deteksiyon limitleri (ağ.%) ise Os için 0.09, Ir için 0.13, Ru için 0.23, Rh, Pt ve S için 0.03, Pd için 0.25, Ni için 0.06, Fe için 0.07 ve, Cu ve As için 0.02'dir.

2.1.2.2.3. Cr–spinel İz Element Kimyası

Mineral kimyası belirlenen kromitit örneklerinden seçilmiş bazı örnekler üzerinde “Thermo X-Series 2 quadropole ICP-MS, New Wave UP-213 Laser Ablation” sistemi kullanılarak bazı ana ve iz element analizleri gerçekleştirilmiştir. Hata payını en aza indirebilmek için her bir element, iç standart değerlerine (alüminyum) göre normalize edilmiş ve NIST 611 Glass cihaz kalibrasyonu kullanılmıştır. Kalibrasyon kalitesi için her 8–10 noktadan sonra NIST 611 tekrar analiz edilmiştir.

2.1.3. Büro Çalışmaları

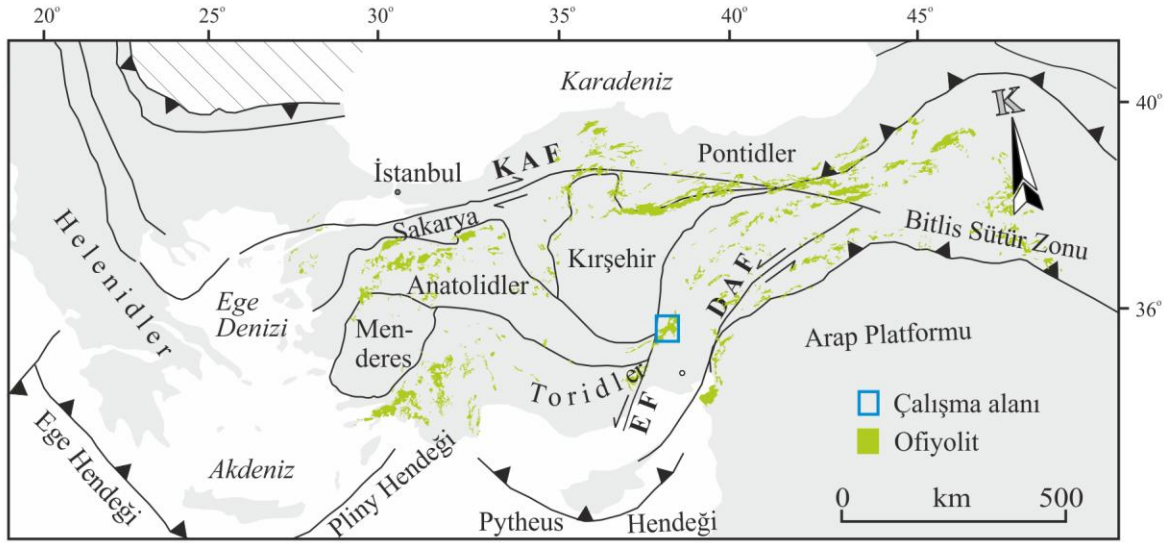
Arazi ve l aboratuvar çalışmalarından elde edilen bilgiler b uro çalışmaları sırasında bir araya getirilerek, Pozantı–Karsantı ofiyoliti bünyesinde ekonomik boyutta yataklar oluşturan kromit cevherleşmelerinin PGE jeokimyalarının yanı sıra Cr–spinel kristallerinin ve Cr–spinel kristalleri bünyesindeki mineral kapanımlarının kimyaları kullanılarak kromitleri oluşturan ergiyik bileşimleri ve oluştukları tektonik ortam hakkında sonuçlara

varılmaya çalışılmıştır. Elde edilen bulgu ve sonuçlar Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü yazım kurallarına uygun bir şekilde rapor edilerek Yüksek Lisans Tezi hâline getirilmiştir.

3. BULGULAR

3.1. Bölgesel Jeoloji

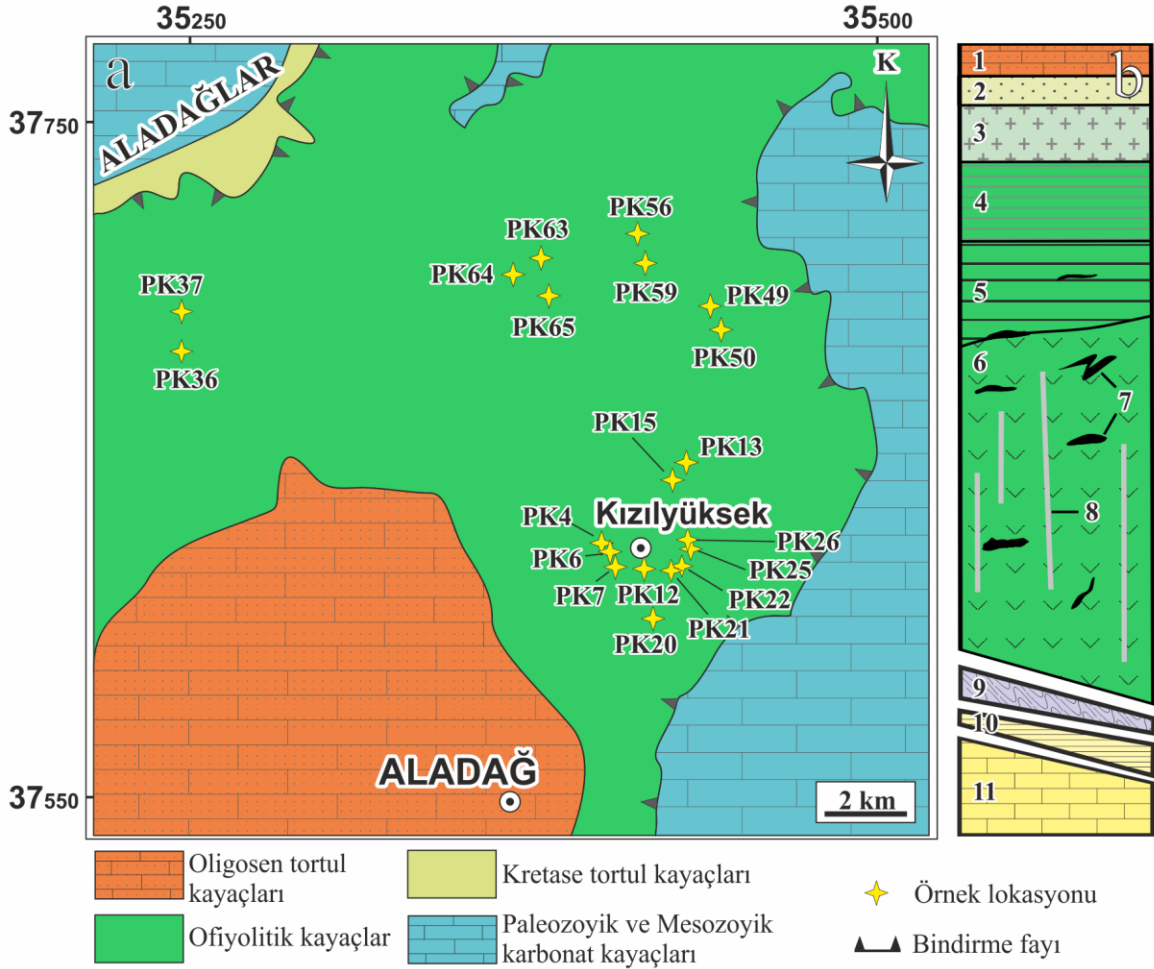
Türkiye jeolojik olarak Pontidler, Anatolidler ve Toridler olmak üzere üç ana tektonik birliğe ayrılmaktadır (Dilek ve Moores, 1990; Okay, 2008). Pozantı–Karsantı (Aladağ) ilçeleri arasında geniş yüzeylemeler sunan ve ilk kez Bingöl (1978) tarafından adlandırılan Pozantı–Karsantı ofiyoliti Adana ilinin kuzeyinde ve Toridler jeolojik kuşağında yer almaktadır (Şekil 1). Tekeli (1980) ve Tekeli vd. (1981) bölgede yaptıkları çalışmalarda benzer kayaç topluluğunu Aladağ ofiyolit karmaşığı adı altında tanıtmışlardır (Alan vd., 2011).



Şekil 1. Türkiye'nin ana tektonik birlikleri (Dinter, 1988) ve ofiyolitik kayaçların Türkiye'deki yayılımı (MTA, 2002). KAF: Kuzey Anadolu Fayı, DAF: Doğu Anadolu Fayı, EF: Ecemiş Fayı.

Sol yönlü doğrultu atımlı fay olan Ecemiş fayı batıda Pozantı–Karsantı ofiyolitini ve bu ofiyoliti altlayan, birçok kez deformasyona uğramış Paleozoyik–Erken Mesozoyik karbonat kayaçlarından oluşan Aladağ platformunu (Tekeli vd., 1984), Bolkar masifi ve ofiyolitik kayaçlardan ayırmaktadır (Dilek ve Moores, 1990).

Melanj ve Aladağ platformu tektonik olarak, kuzeydoğu–güneybatı uzanlı Üst Kretase yaşlı Pozantı–Karsanti ofiyoliti tarafından üzerlenmektedir (Juteau, 1980; Dilek ve Moores, 1990) (Şekil 2a). Aladağ platformunun Üst Triyas ve Alt Kretase karbonat kayaçları, ofiyolitik parça içeren kaotik ve olistostromal melanj tarafından uyumsuz olarak üzerlenmektedir (Tekeli vd., 1984).



Şekil 2. a: Çalışma sahasına ait sadeleştirilmiş jeoloji haritası (MTA 2002'den basitleştirilmiştir) ve b: Pozantı–Karsanti ofiyolitini temsil eden kolon kesit (Tekeli vd., 1981; Çakır, 1978; Bingöl, 1978; Çapan, 1980; Çatak, 1983'den basitleştirilmiştir). 1: tortul kayaçlar, 2: izotrop gabrolar, 3: mafik kümülatlar, 4: piroksenitler, 5: kromitit içeren kümülat dunitler, 6: manto tektonitleri, 7: podiform kromititler, 8: diyabaz daykları, 9: metamorfik dilim, 10: ofiyolitik melanj, 11: otokton birlikler.

Aladağ ofiyolit dizisi kaya türü bileşeni, yapısal nitelikleri ve konumu açısından üç birimden oluşur. Bunlar; tabanda ofiyolitli melanj, melanjin üzerinde metamorfik dilim ve

en üstte de peridotit napıdır (Tekeli vd., 1981, Çakır, 1978; Bingöl, 1978; Çapan, 1980; Çataklı, 1983) (Şekil 2b).

Melanj, kıta kenarı karbonatları üzerine çökme dokanağı ile yerleşmiş (Şekil 2a), yapısal özellikler ve kayaç türü bakımından farklılıklar sunduğundan üç bölüme ayrılmıştır. Bunlar; altta düzenli taban istif, üzerinde olistostrom ve en üstte kaotik bir iç yapının egemen olduğu birimlerdir (Tekeli, 1981, Çataklı 1983). Çökme ortamının temelini oluşturan platform karbonatlarının üzerine uyumsuz olarak oturan düzenli taban istif, ofiyolit kırıntılı türbidit ve çakıl boyu malzeme içeren tane akması çökelleri, serpantin kırıntıları, konglomeratik çökeller, pelajik mikrit ve çamurtaşlarından oluşmaktadır (Tekeli, 1981). Düzenli taban istif ile geçişli dokanağına sahip olistostrom çökelleri, hamuru genellikle siyah–koyu kahverengi şeyl, bazen de volkanik kökenli yeşil renkli şeyl veya kırmızı silisleşmiş şeyl türünden olan akma çökelleridir (Tekeli, 1981). Olistostromun hemen üzerine uyumsuzlukla gelen kaotik bölüm, yumuşak bir morfoloji içinde gelişigüzel saçılmış değişik boyutlarda masif ve iyi taşlaşmış kayaç bloklarından oluşmaktadır (Tekeli, 1981).

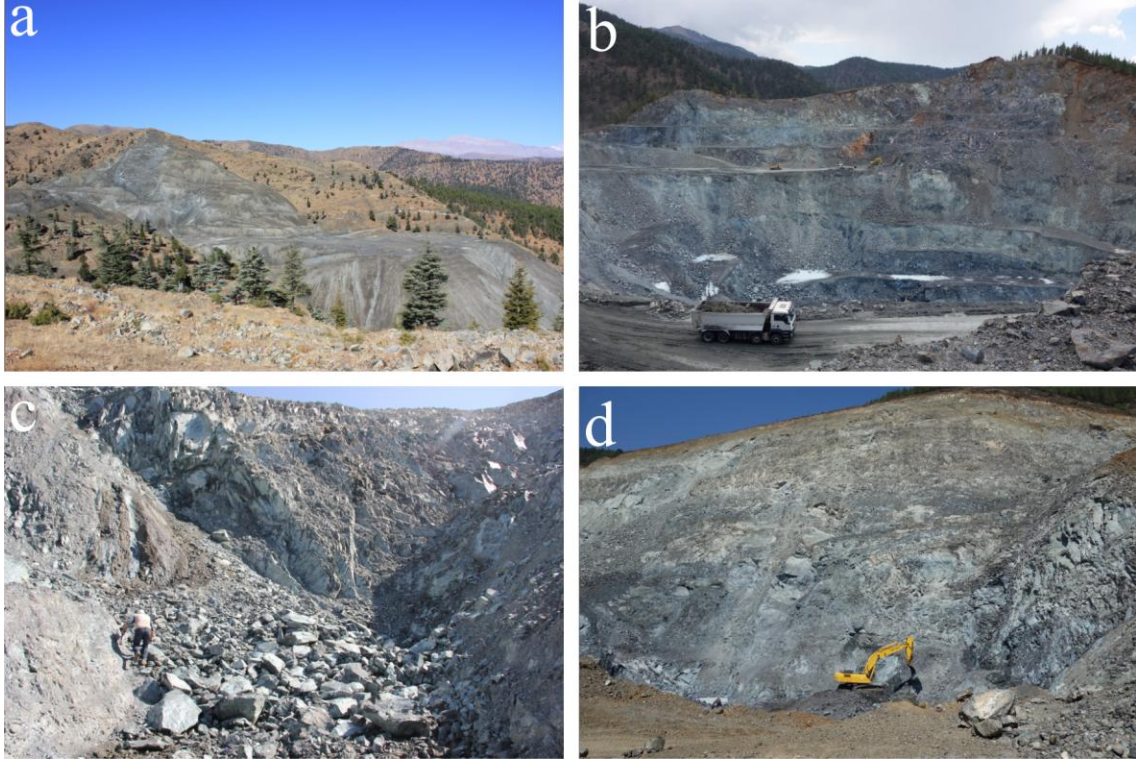
Metamorfik dilim, ofiyolit tabanını oluşturan tektonize harzburjitlerin altında, kıvrımlanmış amfibolit, kuvarsit, mermer ve şistlerden oluşmaktadır (Çakır, 1978; Juteau, 1980; Tekeli, 1981) (Şekil 2b).

Ofiyolitik istif, tabanda porfiroklastik tektonit dokulu harzburjitler, onun üzerine granoblastik harzburjitler olmak üzere diyabaz daykaları tarafından kesilen manto tektonitleri ile başlar ve dunit, piroksenit, mafik kümülatlarla devam edip, düzensiz daneli kalın noritik gabro düzeyi ile sona erer (Çakır, 1978; Bingöl, 1978; Juteau, 1979; Çapan, 1980, Çataklı, 1983) (Şekil 2b).

3.2. Petrografi

Aladağ ilçesindeki (Adana) Kızılyüksek ve çevresinde yüzeyleme veren ve aktif olarak işletilen kromitit ocakları (Şekil 3a) ve bu kromititleri içeren ofiyolitik kayaçlardan örnek alımı gerçekleştirilmiştir. Örnek alımlarının yapıldığı ofiyolitik kayaçlar çoğunlukla harzburjitler ve dunitlerden oluşmakta olup, dunitlerde serpantinleşmenin yoğun olduğu gözlenmiştir (Şekil 3b–d). Bu kapsamda Kızılyüksek podiform kromititleri ve bu kromititleri bünyesinde barındıran kayaç grupları petrografik olarak incelenmiş olup,

kromititler ve genellikle harzburjit, dunit ve serpantinitten oluşan yan kayaçlarının dokusal ve yapısal özellikleri ve birbirleri ile olan ilişkileri ortaya konmaya çalışılmıştır.



Şekil 3. Çalışma sahasında yüzeyleyen manto kayaçları ve bu kayaçlar bünyesinde bulunan kromit ocakları. a: işletilmiş bir krom ocağı, b: harzburjitler içerisindeki kromititler, c–d: serpantinize olmuş dunitler ve onlarla ilişkili kromit cevherleşmesi.

3.2.1. Podiform Kromititlerle İlişkili Ofiyolitik Kayaçlar

Adana (Güney Türkiye) yöresindeki Pozantı–Karsantı ofiyoliti manto peridotitleri, ultramafik kümülatlar, mafik kümülatlar ve izotrop gabrolardan oluşmakta olup, manto peridotitleri dunit ve harzburjit; ultramafik kümülatlar kümülat dunit, verlit, olivin–klinopiroksenit, klinopiroksenit; mafik kümülatlar ve izotrop gabrolar ise gabro ve gabronorit türü kayaçlardan oluşmaktadır (Saka vd., 2014).

Manto peridotlerini temsil eden dunitik kayaçlar çoklukla (>%90) serpantinize olmuş olivinden oluşmuş olup, az da olsa ortopiroksen ve spinel minerallerini de içermektedir. Söz konusu kısmi ergime kalıntısı dunitlerde ikincil klinopiroksen minerallerinin varlığı da ortaya konmuştur (Saka vd. 2014).

Harzburjitler genel olarak %66–84 arasında serpantinize olmuş olivin ve %13–32 arasında ortopiroksen minerallerinden oluşmakta olup, poikilitik doku göstermektedir (Şekil 4a,b). Olivin ve ortopiroksen minerallerinin yanı sıra harzburjitlerde ikincil klinopiroksenlerin olduğu ve kayada bazı klinopiroksenlerin Cr–spinel kristalleri ile birlikte simplektit dokuyu meydana getirdiği belirtilmiştir (Saka vd., 2014).

Adkümülat dokunun gözleendiği kümülat dunitlerde genellikle manto dunitlerine kıyasla daha küçük boyuttaki olivin kristalleri hâkim olmakla birlikte yarı öz şekilli spinel ve küçük, öz şekilsiz klinopiroksenler de bulunmaktadır (Saka vd., 2014). Verlit, olivin–klinopiroksenit ve klinopiroksenitler genellikle iri daneli klinopiroksenler içermekte ve olivin minerallerinin klinopiroksen ile ortopiroksenler arasına kapanlanması ile bu kayalarda kümülat doku gözlenmektedir (Şekil 4c–d). Verlit yaklaşık olarak %63 olivin, %36 klinopiroksen ve %1 spinel minerallerinden oluşmakta olup, olivin mineralleri genellikle kırıkları boyunca serpantinleşmeye uğramıştır (Saka vd., 2014). Çoğunlukla iri daneli ve öz şekilsiz klinopiroksenlerin bulunduğu olivin–klinopiroksenitler %13–38 arasında olivin, %4 ortopiroksen ve yaklaşık %1 oranında spinel içermektedir (Saka vd., 2014). Klinopiroksenitler, klinopiroksen minerallerinin hâkim olduğu, %8'e kadar çok küçük kristalli ve öz şekilsiz olivinler ile %2'ye kadar ortopiroksenlerin bulunduğu kümülat kayalardır (Saka vd., 2014).

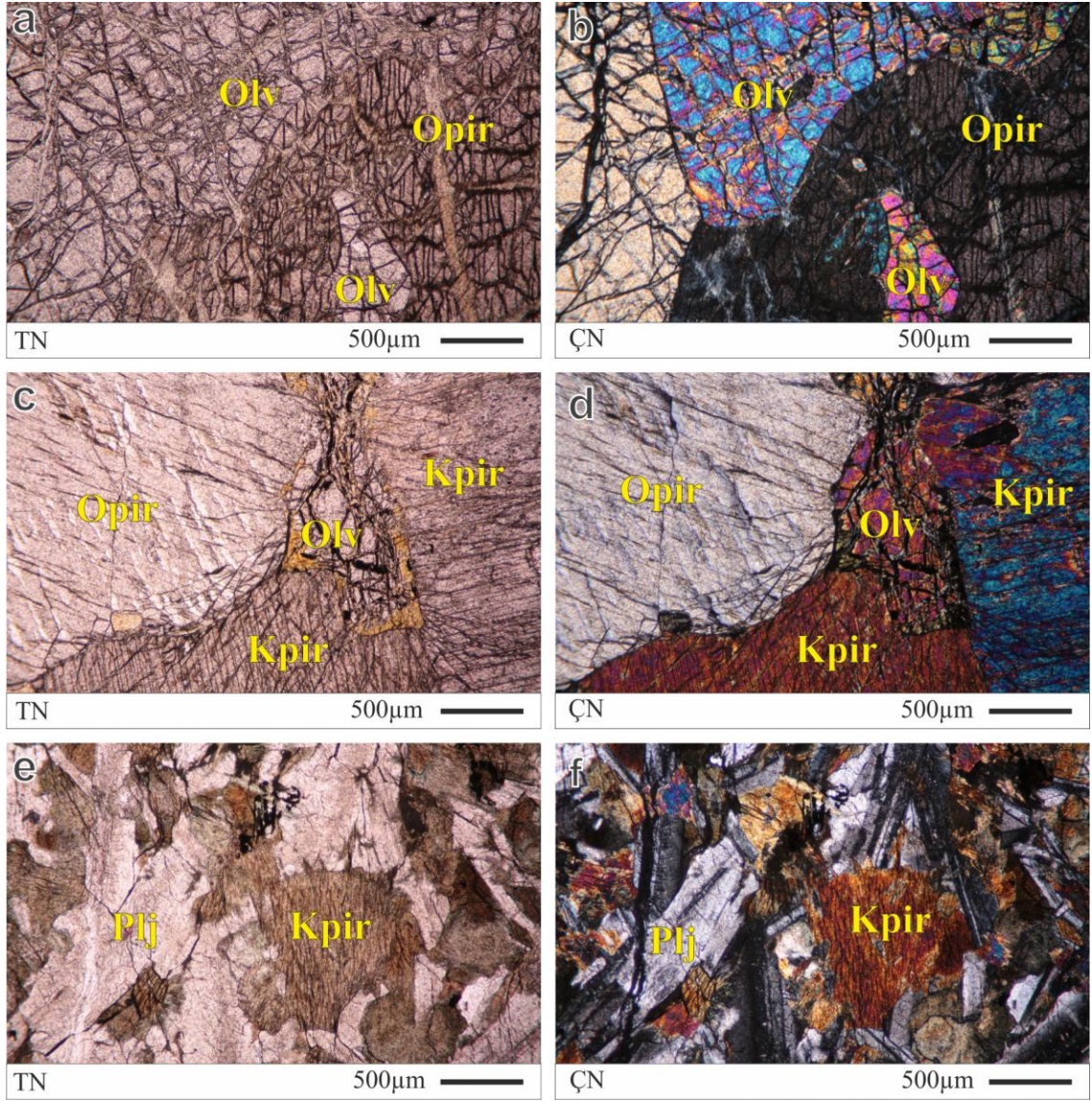
Mafik kümülatları temsil eden gabrolar bolluk sırasına göre plajiyoklas, klinopiroksen, olivin, ortopiroksen ve az oranda manyetit ve ilmenit minerallerinden oluşurken, gabronoritler bolluk sırasına göre plajiyoklas, klinopiroksen ve ortopiroksenden oluşmakta olup, olivin içermemektedir (Saka vd., 2014).

İzotrop gabrolar genellikle öz şekilsiz plajiyoklas, klinopiroksen, amfibol ve yaklaşık %4 oranında ortopiroksen ve %6 oranında manyetit ve ilmenit içermekte olup, plajiyoklas kristalleri çoklukla alterasyona uğramıştır (Şekil 4e–f) (Saka vd., 2014).

3.2.2. Podiform Kromitler

Pozanti–Karsanti ofiyoliti ile ilişkili podiform kromitler çoklukla harzburjit ve dunit türü kayalar içerisinde masif, bantlı, saçınımlı ve yer yer de damar şeklinde bulunmaktadır (Şekil 5a–d). Çoklukla dunitler tarafından çevrelenen kromitit kütleleri, bu türden kayalara keskin geçişler göstermelerinin yanı sıra bazı durumlarda Cr–spinel kristalleri yan kayaca masiften saçınımlı bir yapıya doğru geçiş sunmaktadır (Şekil 5e–f).

Ofiyolitik istifin özellikle manto kesiminde gözlenen kromititler masif dokuları ile temsil edilirken, kabuksal kayalara daha yakın olan ve mantonun daha sığ kesimlerini temsil eden manto–kabuk geçiş zonuna yakın kesimlerde gözlenen kromititler çoklukla bantlı yapı sunmaktadır.



Şekil 4. Pozantı–Karsanti ofiyolitine ait manto ve kabuksal kesimleri temsil eden kayalara ait polarizan mikroskop görüntüleri (Saka, 2013, yüksek lisans tez çalışmasından alınmıştır). a–b: harzburgit, c–d: olivinli vebsterit, e–f: izotrop gabro. Olv: olivin, Kpir: klinopiroksen, Opir: ortopiroksen, Plj: plajiyoklas, TN: tek nikol, ÇN: çapraz nikol.

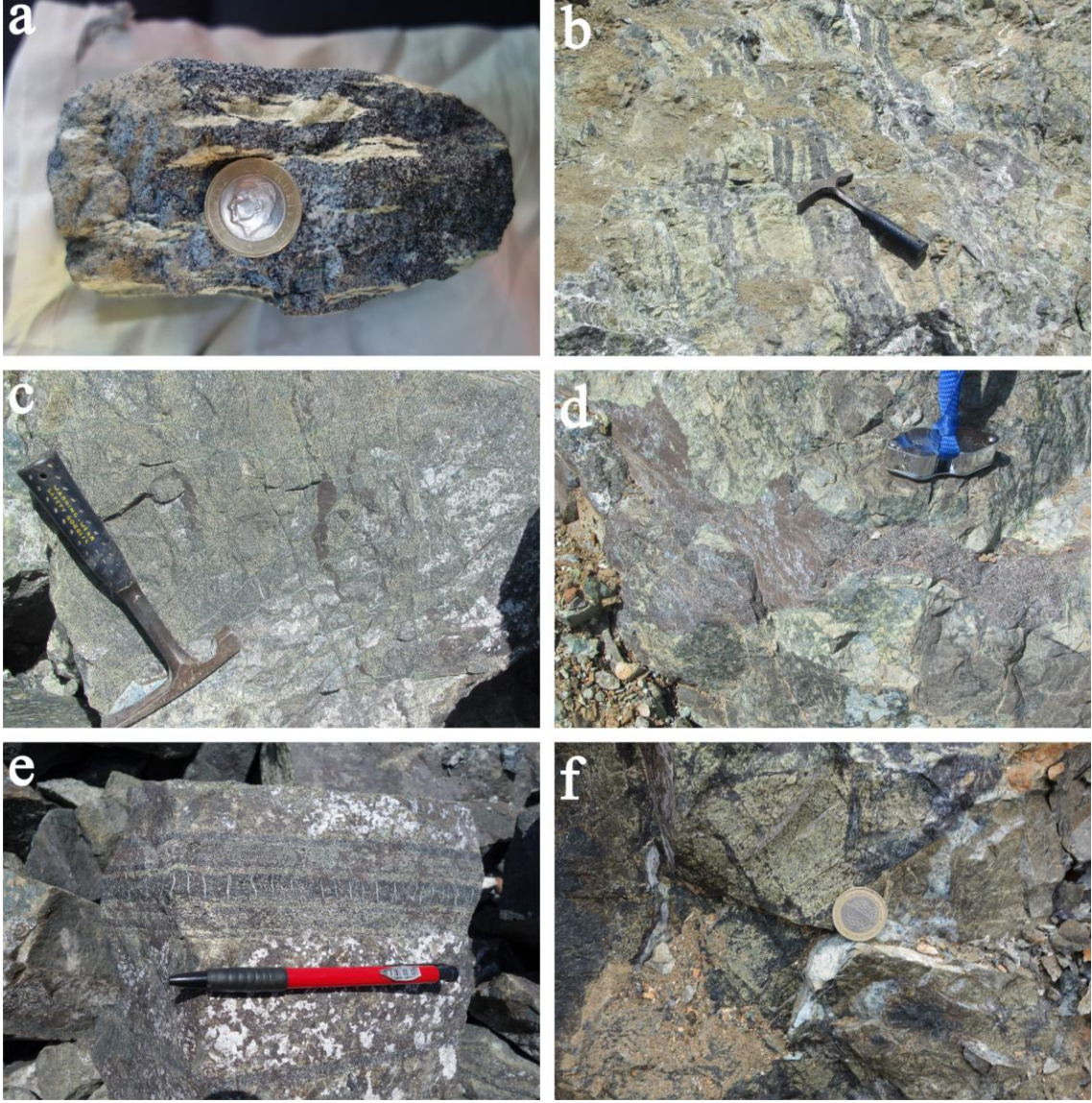
Kızılyüksek kromitleri genellikle masif yapılı olup, kromitlere ait Cr–spinel kristalleri dokusal olarak çoklukla çatlaklı ve breşiktir (Şekil 6a,b). Tektonik deformasyon ürünü olan parçalanmış Cr–spinel kristalleri kataklastik dokunun gelişmesini sonuçlamış olup (Şekil 6a), bu durum Kızılyüksek kromitlerinde oldukça sık gözlenir. Masif yapılı kromitlerin yanı sıra bantlı ve saçınımlı kromitler de çalışma alanında gözlenmekte olup, kromitleri oluşturan Cr–spinel kristalleri çoğunlukla serpantinleşmiş matriks içerisinde dağılmış hâlde bulunmaktadır (Şekil 6c,d). Kromitlerde serpantin matriksle birlikte Cr–spinel kristallerinin aralarında taze olivin kristallerinin de bulunduğu gözlenmiştir (Şekil 6d–f). Ayrıca bazı kayaç örneklerinde kromit ile yan kayaç olan dunitin bir dokanağa sahip olduğu gözlemlenmiş olup, kromitte masiften saçınımlıya doğru bir geçişin olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 6e,f).

3.3. Mineral Kimyası

Pozantı–Karsantı ofiyoliti ile ilişkili kromitlerden hazırlanan parlak kesitler detaylı bir şekilde cevher mikroskobu ile incelenmiş ve Cr–spinel kristallerine ait dokusal özelliklerin belirlenmesi yanı sıra, Cr–spinel kristalleri bünyesindeki katı fazların (silikat, PGM ve BMM) ortaya konması amaçlanmıştır. Bu kapsamda, Cr–spinel kristalleri bünyesindeki kapanımlar sistematik inceleme sonrasında belirlenmiş ve mineral kimyalarının belirlenmesi için elektron mikroprob ile analiz edilmiştir. Bunun yanı sıra, her bir parlak kesitteki farklı Cr–spinel kristalleri de elektron mikroprob ile analiz edilerek kimyasal bileşimleri ortaya konmuştur.

3.3.1. Cr–spinel Kimyası

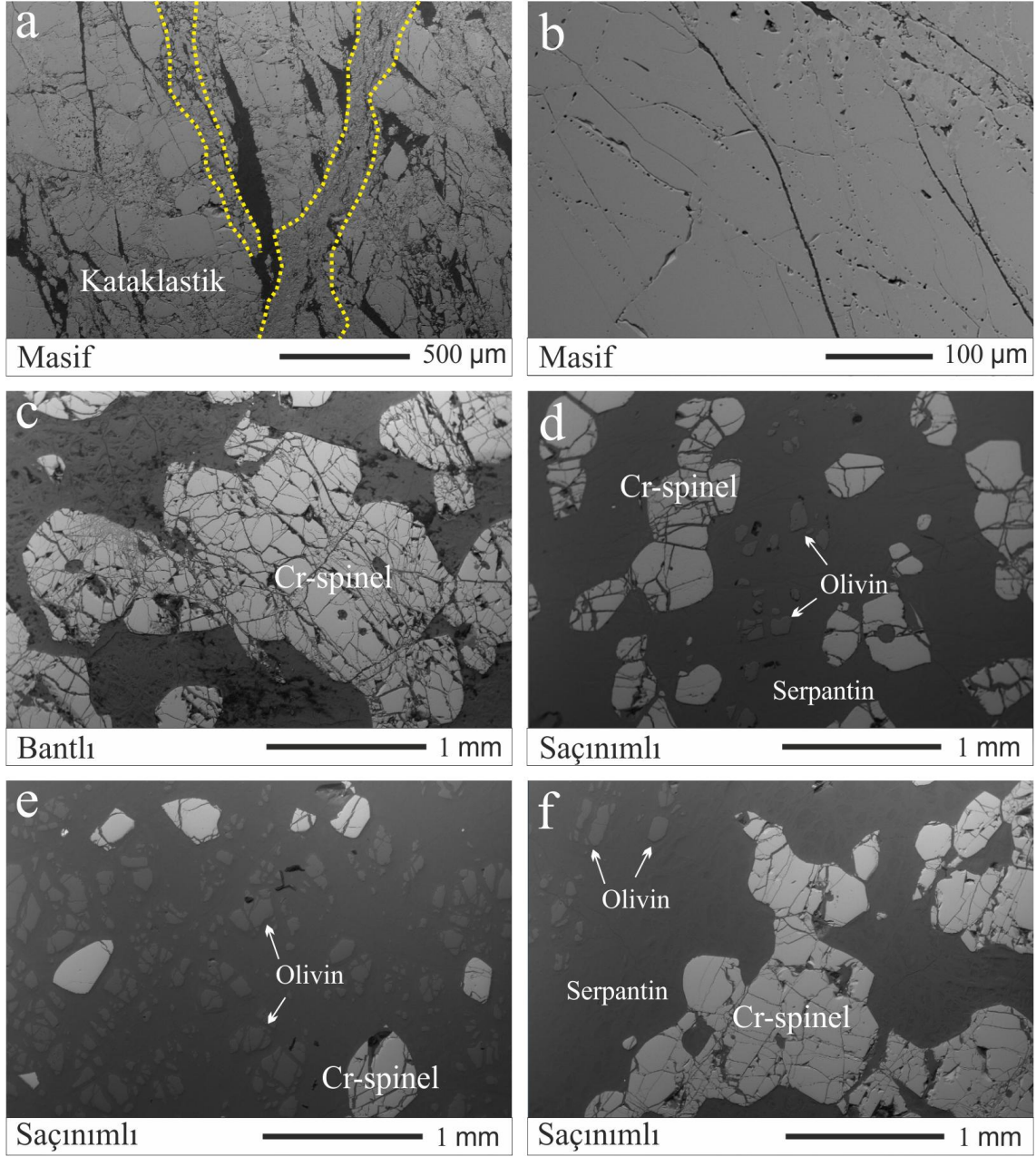
Pozantı–Karsantı ofiyolitine ait kromit örneklerinden hazırlanan parlak kesitlerdeki Cr–spinel kristalleri üzerinde ana oksit ve bazı iz element içeriklerinin belirlenmesi amacıyla elektron mikroprob ve LA–ICPMS analiz teknikleriyle analizler gerçekleştirilmiştir. Söz konusu Cr–spinellere ait ana oksit analizleri Tablo 1’de verilmiştir.



Şekil 5. Kızılyüksek kromititlerin arazi görüntüleri. a: masif yapılı kromitit, b: dunit içerisinde bulunan bantlı kromititler, c: saçınımlı kromitit, d: dunit içerisine sokulum şeklinde yerleşmiş masif yapılı kromitit örneği e: bantlı kromitit örneği, f: masif yapılıdan saçınımlı yapıya geçişin gözlemlendiği kromitit ve yan kayaç örneği.

3.3.1.1. Ana Oksit Kimyası

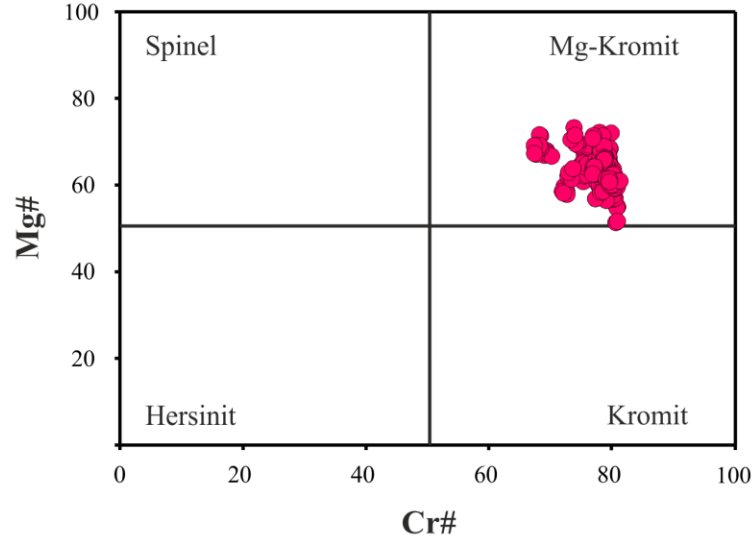
Kromititlere ait Cr–spinel kristallerinin Cr_2O_3 içerikleri 51.65 ilâ 61.35 ağı. % arasında değişirken Al_2O_3 içerikleri 9.66 ilâ 16.62 ağı. % arasındadır. Düşük Fe_2O_3 içerikleri (0.94–5.31 ağı. %) ile temsil edilen Cr–spinel fazlarının TiO_2 içerikleri 0.15 ilâ 0.27 ağı. % arasında değişim sunar (Tablo 1).



Şekil 6. Kıızıyüksek kromitlerine ait Cr–spinel kristallerinin dokusal özelliklerini gösteren BSE (Back Scattered Electron) görüntüleri. a: kataklastik doku gösteren kromitit örneği b: masif kromitit, c: bantlı kromitit, d: saçınımlı kromitit, e–f: kromitit ile dunit dokanağına ait örnek.

Kromitlere ait Cr–spinel kristallerinin Cr# değerlerinin 67.7 ilâ 80.7 arasında değiştiği, buna karşılık Mg# değerlerinin ise 53.7 ilâ 71.7 gibi kısmen daha geniş bir aralık sunduğu gözlenmiştir. Elektron mikroprob analizi gerçekleştirilen Cr–spinel fazlarına ait Cr# değerlerinin 65'ten büyük oluşu, söz konusu kromititlerin yüksek–Cr bileşimli kromititler

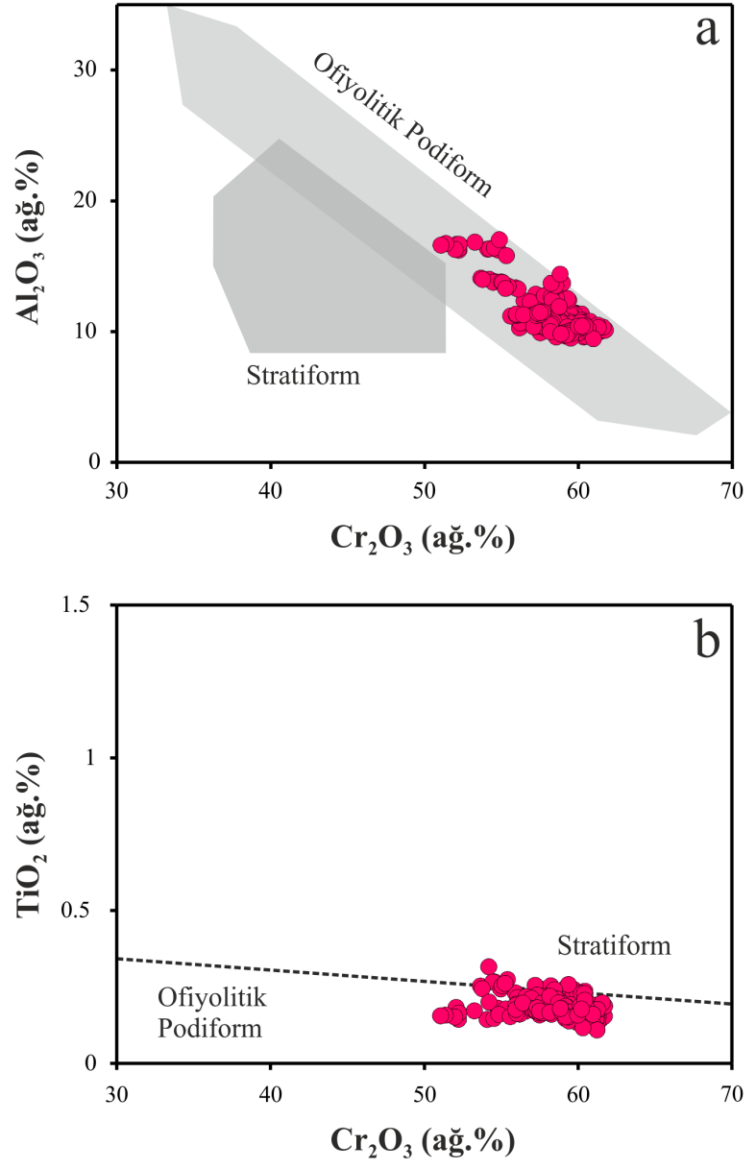
olduğunu göstermekle birlikte, Mg# değerlerine karşılık Cr# değerlerinin karşılaştırıldığı diyagramda Cr–spinel fazlarının Mg–kromit alanında yer aldığı görülmüştür (Şekil 7).



Şekil 7. Pozantı–Karsantı ofiyolitleri ile ilişkili kromitlere ait Cr–spinel kristallerinin Mg#–Cr# sınıflama diyagramındaki yerleri.

Kızılyüksek kromitlerine ait Mg–kromit kristallerinden elde edilen kimyasal veriler Al_2O_3 – Cr_2O_3 ve TiO_2 – Cr_2O_3 ikili diyagramlarında değerlendirilmiş ve söz konusu verilerin “ofiyolitik podiform” alanında dağılım sunduğu gözlenmiştir (Şekil 8a,b).

Mg–kromit kristalleri için hesaplanan Mg# değerleri kısmen yüksek olup, söz konusu veriler Şekil 9’da verilen Mg#–Cr# diyagramında gösterilen metamorfik kromit alanı dışında dağılım sunarlar. Yüksek Cr# değerlerine karşılık kısmen yüksek Mg# değerleri, söz konusu Mg–kromit kristallerinin metamorfik süreçlerden önemli derecede etkilenmediğine işaret eder (Evans ve Frost, 1975; Garuti vd., 2012).



Şekil 8. Kızılyüksek kromitlerine ait Mg–kromit kristallerinin a: Al_2O_3 (ağ.%) içeriklerine karşılık Cr_2O_3 (%ağ) ve b: TiO_2 (%ağ) içeriklerine karşılık Cr_2O_3 (ağ.%) içeriklerindeki değişimler. Ofiyolitik podiform ve stratiform kromitit alanları Bonavia vd. (1993)'den alınmıştır.

Kızılyüksek kromitlerine ait bir örnekteki Mg–kromit kristali üzerinde kenar–merkez–kenar hattı boyunca gerçekleştirilen elektron mikroprob profil analizleri sonucunda merkezden her iki kenara doğru belirgin bir zonlanmanın olduğu gözlenmektedir (Şekil 10).

Tablo 1. Pozantı-Karsantı ofiyolitne ait yüksek-Cr bileşimli kromitit örneklerine ait Mg-kromit kristalleri üzerinde gerçekleştirilmiş elektron mikroprob analizi sonuçlarının ortalama değerleri. $Cr\# = 100 \times Cr / (Cr + Al)$, $Mg\# = 100 \times Mg / (Mg + Fe^{2+})$, $Fe^{3+\#} = 100 \times Fe^{3+} / (Cr + Al + Fe^{3+})$, N: analiz sayısı, dla: deteksiyon limiti altında, *: ilksel ergiyik bileşimi

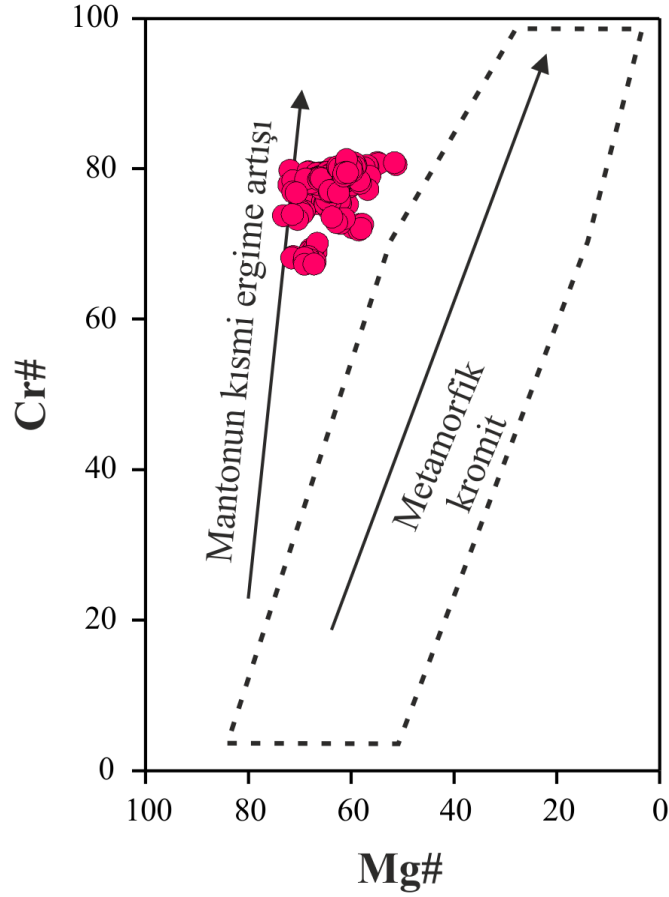
Örnek#	PK4-1	PK6	PK7	PK12B	PK13B	PK13-1	PK15	PK20	PK20B	PK21	PK22	PK22B	PK25	PK25B
N	5	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5	3	5	4
SiO ₂	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla
TiO ₂	0.17	0.23	0.19	0.20	0.21	0.19	0.20	0.17	0.16	0.22	0.21	0.22	0.27	0.26
Al ₂ O ₃	9.67	12.77	11.37	11.34	12.51	12.26	10.16	10.29	10.04	12.59	13.63	13.65	13.93	13.58
Cr ₂ O ₃	60.19	57.80	59.92	59.37	58.98	56.94	59.15	59.56	60.74	58.09	58.57	56.92	54.12	55.16
Fe ₂ O ₃	1.63	2.27	1.74	2.16	2.12	3.09	4.15	2.65	2.01	2.33	1.76	3.31	1.15	2.55
FeO	16.75	14.21	14.16	14.94	13.61	12.35	11.96	14.94	15.69	13.20	11.66	10.83	15.05	14.01
MnO	0.15	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	0.12	dla
NiO	dla	dla	dla	dla	dla	dla	0.11	dla	dla	0.13	0.13	0.17	dla	dla
MgO	10.88	13.21	13.07	12.60	13.69	13.99	14.18	12.32	11.94	13.71	14.96	15.39	11.90	13.04
Σ	99.45	100.49	100.45	100.61	101.12	98.82	99.90	99.93	100.59	100.27	100.92	100.49	96.55	98.60
Si	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ti	0.004	0.006	0.004	0.005	0.005	0.005	0.005	0.004	0.004	0.005	0.005	0.005	0.007	0.006
Al	0.377	0.479	0.430	0.429	0.466	0.466	0.385	0.395	0.384	0.472	0.502	0.504	0.543	0.517
Cr	1.574	1.455	1.519	1.508	1.474	1.450	1.505	1.532	1.559	1.462	1.447	1.408	1.415	1.409
Fe ³⁺	0.040	0.054	0.042	0.052	0.050	0.075	0.100	0.065	0.049	0.056	0.041	0.078	0.029	0.062
Fe ²⁺	0.463	0.379	0.380	0.402	0.360	0.333	0.322	0.406	0.426	0.351	0.305	0.283	0.416	0.378
Mn	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000
Ni	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.003	0.003	0.004	0.000	0.000
Mg	0.537	0.627	0.625	0.603	0.645	0.672	0.680	0.598	0.578	0.651	0.697	0.718	0.587	0.628
Σ	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
Mg#	53.7	62.4	62.2	60.0	64.2	66.9	67.9	59.5	57.6	64.9	69.6	71.7	58.5	62.4
Cr#	80.7	75.2	77.9	77.8	76.0	75.7	79.6	79.5	80.2	75.6	74.3	73.7	72.3	73.2
Fe ³⁺ #	2.0	2.7	2.1	2.6	2.5	3.8	5.0	3.3	2.5	2.8	2.1	3.9	1.4	3.1
Al ₂ O ₃ *	10.79	12.24	11.64	11.62	12.13	12.03	11.05	11.12	10.99	12.17	12.58	12.59	12.69	12.56
TiO ₂ *	0.27	0.35	0.29	0.31	0.32	0.30	0.30	0.27	0.26	0.33	0.32	0.34	0.39	0.38
FeO/MgO*	1.16	0.86	0.84	0.92	0.79	0.69	0.63	0.92	0.99	0.76	0.63	0.56	1.05	0.87

Tablo 1'in devamı

Örnek#	PK26	PK26B	PK26-1	PK36	PK37	PK37B	PK37-1	PK49	PK49B	PK50	PK50B	PK50-1-1	PK50-1-2	PK50-2-1
N	5	5	4	5	5	5	3	5	5	5	4	5	5	5
SiO₂	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla
TiO₂	0.17	0.17	0.16	0.17	0.15	0.17	0.16	0.24	0.21	0.20	0.20	0.18	0.19	0.20
Al₂O₃	16.21	16.62	16.57	10.14	10.21	10.23	10.44	10.71	10.95	10.97	10.90	10.61	10.29	10.68
Cr₂O₃	54.57	52.91	51.65	58.27	61.13	60.86	59.81	59.93	58.39	58.37	58.35	57.01	57.96	57.55
Fe₂O₃	2.34	3.72	2.96	4.98	2.15	2.10	2.31	2.32	2.96	0.94	2.44	3.29	4.07	3.35
FeO	12.54	11.84	11.79	12.52	13.85	14.42	14.01	14.80	13.23	14.29	13.48	12.95	12.33	12.27
MnO	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	0.18	dla	0.11	dla	0.10
NiO	0.13	0.14	0.17	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla
MgO	14.54	14.99	14.45	13.86	13.17	12.80	12.87	12.65	13.35	12.14	13.04	13.00	13.74	13.58
Σ	100.50	100.38	97.74	99.95	100.66	100.58	99.59	100.65	99.09	97.09	98.41	97.14	98.60	97.73
Si	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ti	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.006	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
Al	0.594	0.608	0.622	0.385	0.387	0.389	0.400	0.407	0.419	0.430	0.420	0.415	0.396	0.413
Cr	1.343	1.298	1.300	1.486	1.554	1.552	1.536	1.526	1.499	1.536	1.510	1.494	1.495	1.494
Fe³⁺	0.055	0.087	0.071	0.121	0.052	0.051	0.057	0.056	0.072	0.024	0.060	0.082	0.100	0.083
Fe²⁺	0.326	0.307	0.314	0.338	0.372	0.389	0.381	0.399	0.359	0.398	0.369	0.359	0.336	0.337
Mn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	0.003	0.000	0.003
Ni	0.003	0.003	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mg	0.674	0.693	0.686	0.666	0.631	0.615	0.623	0.607	0.646	0.602	0.636	0.642	0.668	0.665
Σ	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
Mg#	67.4	69.3	68.6	66.4	62.9	61.3	62.1	60.4	64.3	60.2	63.3	64.1	66.5	66.4
Cr#	69.3	68.1	67.7	79.4	80.1	80.0	79.4	79.0	78.2	78.1	78.2	78.3	79.1	78.3
Fe³⁺#	2.8	4.4	3.6	6.1	2.6	2.6	2.8	2.8	3.6	1.2	3.0	4.1	5.0	4.2
Al₂O₃*	13.48	13.61	13.60	11.04	11.07	11.08	11.19	11.32	11.44	11.45	11.41	11.27	11.11	11.31
TiO₂*	0.27	0.27	0.26	0.27	0.25	0.28	0.25	0.35	0.32	0.31	0.31	0.29	0.30	0.31
FeO/MgO*	0.73	0.67	0.70	0.67	0.80	0.85	0.83	0.89	0.76	0.92	0.79	0.76	0.67	0.69

Tablo 1'in devamı

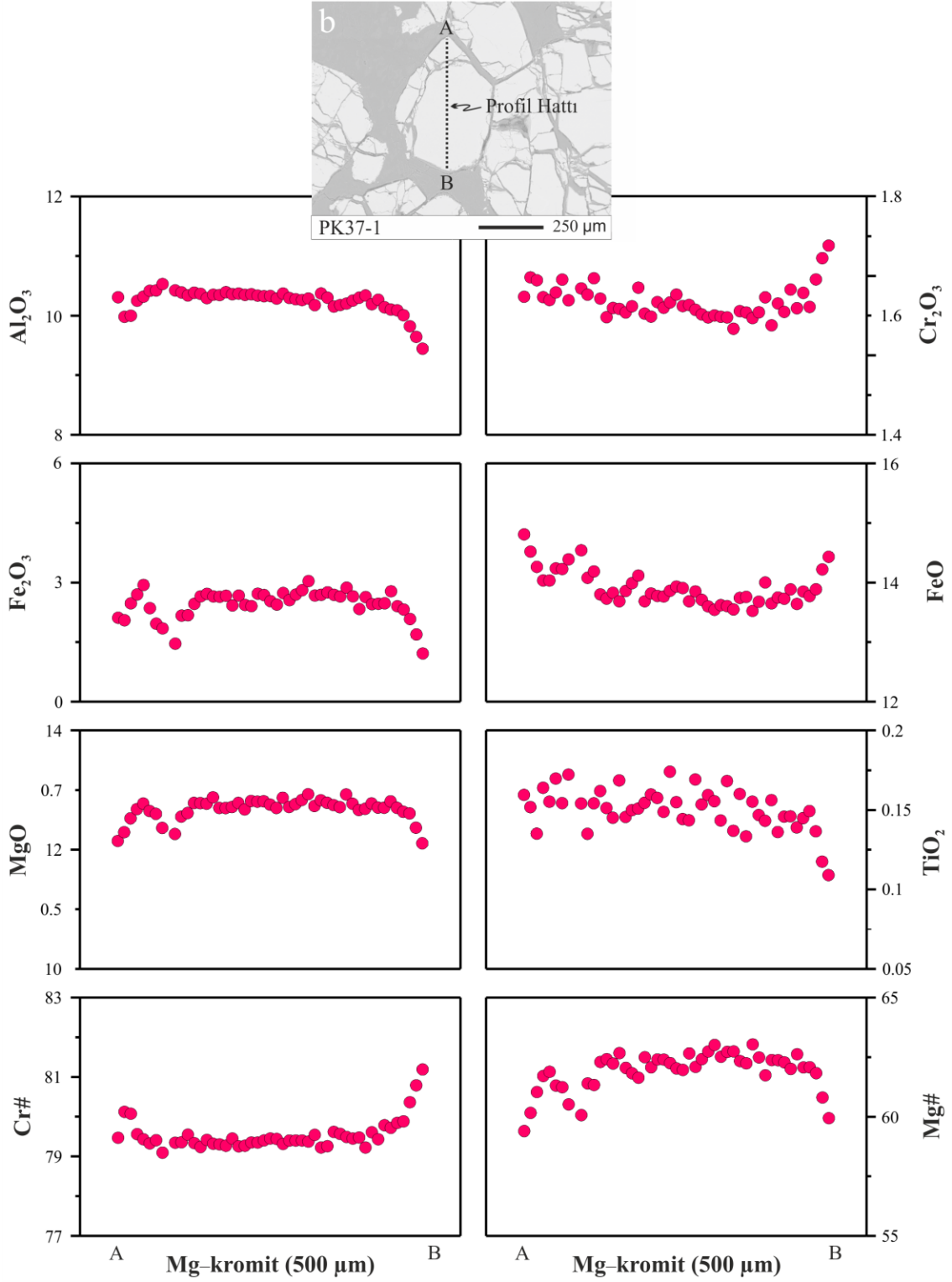
Örnek#	PK50-2-2	PK55-1	PK56	PK56B	PK56-2	PK59	PK59B	PK63	PK63B	PK63-1	PK63-2	PK64	PK64-2	PK65
N	5	5	5	5	5	5	4	3	5	4	5	5	2	5
SiO₂	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla
TiO₂	0.19	0.18	0.17	0.19	0.19	0.18	0.18	0.18	0.16	0.15	0.16	0.16	0.17	0.17
Al₂O₃	10.63	11.23	10.69	10.65	10.43	11.28	11.56	9.66	10.11	1dla	9.81	10.31	9.83	10.52
Cr₂O₃	57.04	56.30	58.46	60.68	57.94	56.61	57.80	59.19	60.99	59.06	59.16	61.35	60.78	60.21
Fe₂O₃	3.66	3.86	4.30	2.37	3.36	5.31	3.40	2.54	1.84	2.83	2.61	1.59	2.13	2.49
FeO	12.06	13.20	11.93	13.58	12.86	12.66	13.55	14.47	14.80	14.09	13.66	14.75	14.58	14.45
MnO	0.09	0.13	dla	dla	0.09	0.18	dla	dla	dla	0.15	0.11	dla	0.09	dla
NiO	0.11	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	0.10
MgO	13.57	13.05	14.30	13.47	13.27	13.79	13.34	12.22	12.49	12.50	12.66	12.63	12.48	12.76
Σ	97.35	97.94	99.86	100.94	98.13	100.01	99.83	98.26	100.39	98.78	98.18	100.79	100.06	100.70
Si	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ti	0.005	0.004	0.004	0.005	0.005	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004
Al	0.413	0.434	0.404	0.401	0.404	0.427	0.438	0.377	0.386	0.388	0.382	0.391	0.377	0.399
Cr	1.487	1.461	1.483	1.533	1.504	1.436	1.470	1.551	1.562	1.535	1.545	1.562	1.563	1.532
Fe³⁺	0.091	0.095	0.104	0.057	0.083	0.128	0.082	0.063	0.045	0.070	0.065	0.039	0.052	0.060
Fe²⁺	0.333	0.362	0.320	0.363	0.353	0.340	0.365	0.401	0.401	0.387	0.377	0.397	0.397	0.389
Mn	0.002	0.004	0.000	0.000	0.002	0.005	0.000	0.000	0.000	0.004	0.003	0.000	0.002	0.000
Ni	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003
Mg	0.667	0.638	0.684	0.642	0.649	0.660	0.640	0.603	0.603	0.612	0.624	0.607	0.605	0.612
Σ	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
Mg#	66.7	63.8	68.1	63.9	64.8	66.0	63.7	60.1	60.1	61.3	62.3	60.4	60.4	61.2
Cr#	78.3	77.1	78.6	79.3	78.8	77.1	77.0	80.4	80.2	79.8	80.2	80.0	80.6	79.3
Fe³⁺#	4.6	4.8	5.2	2.9	4.2	6.4	4.1	3.2	2.3	3.5	3.3	1.9	2.6	3.0
Al₂O₃*	11.28	11.57	11.31	11.29	11.18	11.59	11.72	10.79	11.02	10.97	10.87	11.12	10.87	11.23
TiO₂*	0.30	0.28	0.28	0.30	0.30	0.28	0.28	0.28	0.25	0.25	0.26	0.26	0.27	0.27
FeO/MgO*	0.67	0.77	0.63	0.77	0.73	0.69	0.78	0.89	0.90	0.85	0.81	0.89	0.88	0.86



Şekil 9. Kızılyüksek kromitlerine ait Mg-kromit kristallerinin Cr# değerlerine karşılık Mg# değerlerindeki değişimler (Garuti vd., 2012). Metamorfik kromit alanı Evans ve Frost 1975'den alınmıştır..

3.3.1.2. İz Element Bileşimleri

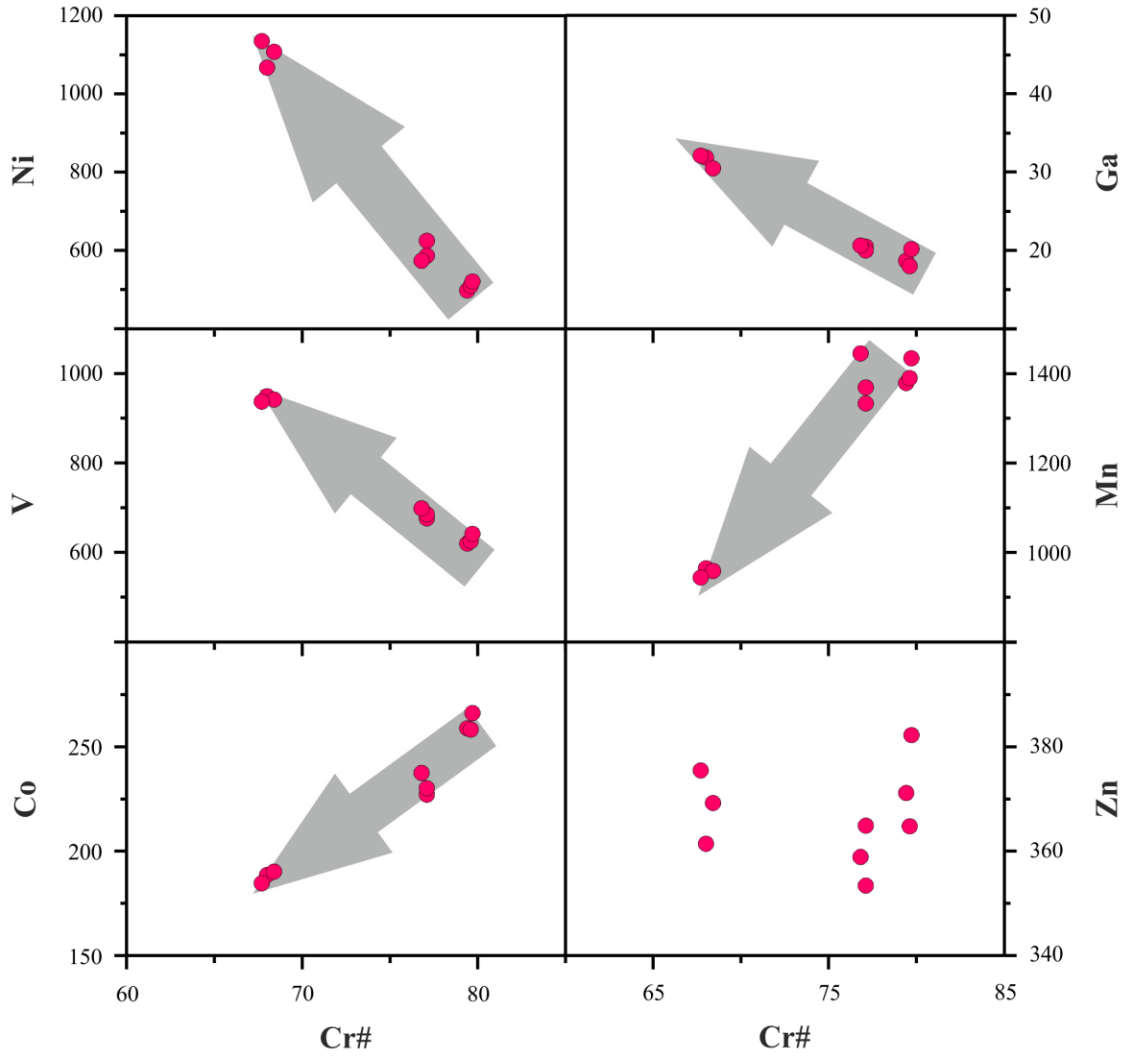
Kızılyüksek kromitlerini temsil eden üç farklı örnekteki farklı Mg-kromit kristallerinin bazı iz element içerikleri LA-ICPMS ile belirlenmiş olup, veriler Tablo 2'de sunulmuştur. Yüksek-Cr içerikleri ile temsil edilen Mg-kromitlere ait Ni, Mn, Ti, V, Zn, Co ve Ga içerikleri sırasıyla ortalama olarak 736, 1246, 915, 753, 356, 227 ve 24 ppm'dir (Tablo 2). Söz konusu kromitlere ait Mg-kromit kristallerinin iz element içeriklerinin Cr# değerleri ile karşılaştırıldığı Şekil 11'deki diyagramda, Ni, V ve Ga gibi elementlerin konsantrasyonlarının Cr# değerlerindeki artışa bağlı olarak azaldığı, buna karşılık Co ve Mn elementlerinin konsantrasyonlarının arttığı görülür. Mg-kromit Cr# değerlerindeki değişime karşılık Zn içeriklerinde ise sistematik bir değişim gözlenmemiştir (Şekil 11).



Şekil 10. Kızılyüksek kromitlerine ait bir örnekteki Mg-kromit kristali üzerinde kenar-merkez-kenar hattı boyunca gözlenen ana oksit bollukları (ağ.%) yanı sıra Cr# ve Mg# değerlerindeki değişimler.

Tablo 2. Kızılyüksek kromitlerine ait Mg-kromit kristallerinin bazı iz element konsantrasyonları (ppm) ve Cr# değerleri.

Element			Cr#	Ni	Mn	Ti	V	Zn	Co	Ga
Deteksiyon	Analiz#	Kromit Tipi								
Limitleri				10.7	4.7	2	1.1	0.6	0.3	0.4
PK20	1	Yüksek-Cr	79.40	498	1378	826	620	361	259	19
PK20	2	Yüksek-Cr	79.60	510	1389	829	626	353	258	18
PK20	3	Yüksek-Cr	79.70	520	1433	846	642	376	266	20
PK26B	1	Yüksek-Cr	68.00	1067	964	928	949	348	189	32
PK26B	2	Yüksek-Cr	68.40	1107	958	882	942	359	190	30
PK26B	3	Yüksek-Cr	67.70	1135	943	902	937	367	185	32
PK59B	1	Yüksek-Cr	77.10	624	1332	990	676	353	227	20
PK59B	2	Yüksek-Cr	77.10	586	1368	991	685	338	230	20
PK59B	3	Yüksek-Cr	76.80	573	1444	1043	699	345	237	21
Ortalama	N=9	Yüksek-Cr	72.00	736	1246	915	753	356	227	24



Şekil 11. Kızılyüksek kromitlerini temsil eden bazı örneklerdeki Mg-kromit kristallerinin iz element içerikleri ile Cr# değerleri arasındaki ilişki.

3.3.2. Mg–kromit Kristalleri Bünyesindeki Kapanımlar

3.3.2.1. Plâtin Grubu Mineral (PGM) Kapanımları

Kromitlere ait Mg–kromit kristalleri çoklukla birincil kapanımlar şeklinde, boyutları 10 mikrometreden küçük, öz şekilli PGM kapanımları içermektedir (Şekil 15). Bu kapanımlar genellikle Ru–Os–Ir içeren sülfid ve osmiyum–iridyum alaşımı türündeki fazlardan meydana gelmektedir. Laurit mineralleri Mg–kromit kristalleri bünyesinde en bol bulunan PGM’ler olup, bazı örneklerde iridyum ve BMM’lerle birlikte ikili fazlar oluşturmaktadır (Şekil 15). Osmiyum ve iridyum alaşımları Mg–kromit kristallerinde laurit minerallerinden sonra en bol bulunan PGM fazı olarak belirlenmiştir. PK26–1 numaralı kromitit örneğinde laurit ve osmiyuma ilaveten laurit ile birlikte ikili faz oluşturan sperillit minerali gözlenmiştir. Ayrıca yine söz konusu örnekte laurit–sperillit fazının yanı sıra tek fazlı ve oldukça küçük (1–2 mikrometre) olarak bulunan irarsit fazı da gözlenmiştir (Şekil 15). Laurit, osmiyum–iridyum alaşımı, irarsit ve sperillit minerallerinden farklı olarak şu ana kadar tanımlanmamış 3 farklı fazın varlığı da tespit edilmiştir (Şekil 15).

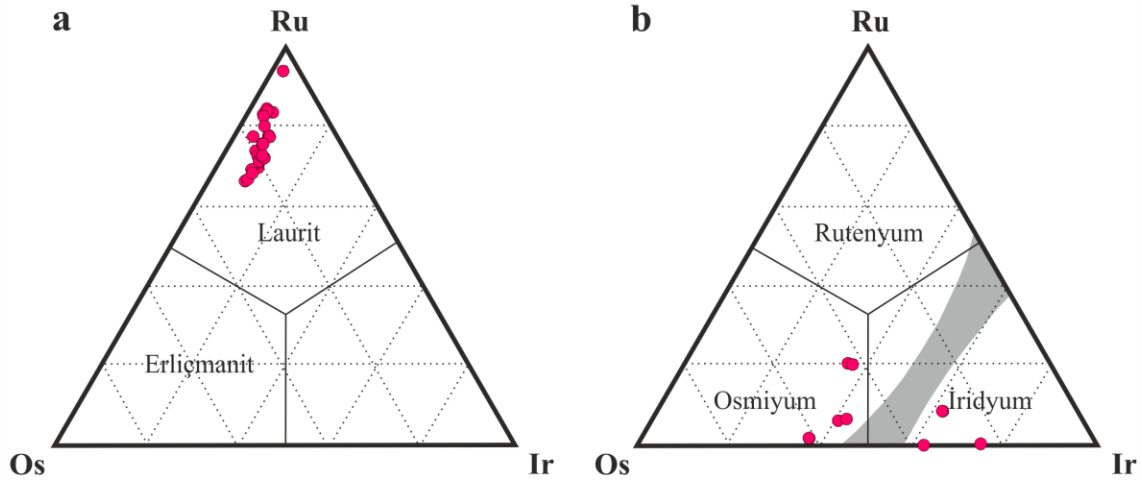
3.3.2.1.1. Laurit

Kromitlere ait Mg–kromit kristalleri bünyesindeki laurit mineralleri boyutları 2 ilâ 10 mikrometre arasında değişen birincil kapanımlardır. Çoklukla öz şekilli olan ve bazı durumlarda BMM ve iridyum ile ikili faz hâlinde bulunan (Şekil 15 #13, #15) laurit kristalleri kimyasal olarak Ru’ca zengindir [$Ru\# = 100 \times Ru / (Ru + Os) = 72.3 - 96.6$;] (Şekil 12a). Elektron mikroprob analiz yöntemiyle analiz edilen lauritlerin Ru, Os ve S içeriği sırasıyla 33.9–52.84 ağ.%, 3.55–24.5 ağ.% ve 32.26–37.15 ağ.% arasında değişmektedir. İridyum içerikleri 3.27 ilâ 9.51 ağ.% arasında değişen lauritlerin Rh içerikleri 1.85 ağ.% ve Pt içerikleri ise 0.85 ağ.%’den azdır (Tablo 3).

3.3.2.1.2. Osmiyum ve İridyum Alaşımları

Kızılyüksek kromitlerinde laurit türü PGM kapanımlarının yanı sıra boyutları yaklaşık 2 ilâ 8 mikrometre olan osmiyum ve iridyum alaşımları birincil fazlar şeklinde

gözlenmekte olup, söz konusu fazlar Ru–Os–Ir üçgen diyagramında değerlendirilmiştir (Şekil 12b). Osmiyum ve iridyum Mg–kromit kristallerinde çoklukla tek fazlı ve öz şekilli olarak bulunmaktadır. Bununla birlikte PK26–1 numaralı örnekte osmiyum, klinopiroksen ile ikili faz oluşturmakta olup (Şekil 15 #17), iridyum minerali de BMM ve laurit ile ikili fazlar oluşturmaktadır (Şekil 15 #13, #22, #23). Mg–kromit kristalleri bünyesinde birincil kapanımlar olarak gözlenen osmiyum fazlarının 47.33–61.06 ağırlık % aralığında Os, 37.0–43.13 ağırlık % aralığında Ir ve 0.89–11.8 ağırlık % aralığında Ru içerdiği gözlenmiştir (Tablo 3). Buna karşılık iridyum fazları 41.3–73.45 ağırlık % aralığında Ir, 24.36–35.11 ağırlık % aralığında Os ve 0.0–4.55 ağırlık % aralığında Ru içeriklerine sahiptir (Tablo 3). PK50–2–1 ve PK55–1 numaralı örneklerde gözlenen iridyum minerallerinin sırasıyla 1.6 ağırlık % ve 6.0 ağırlık % Pd içerdiği gözlenmiştir (Tablo 3).



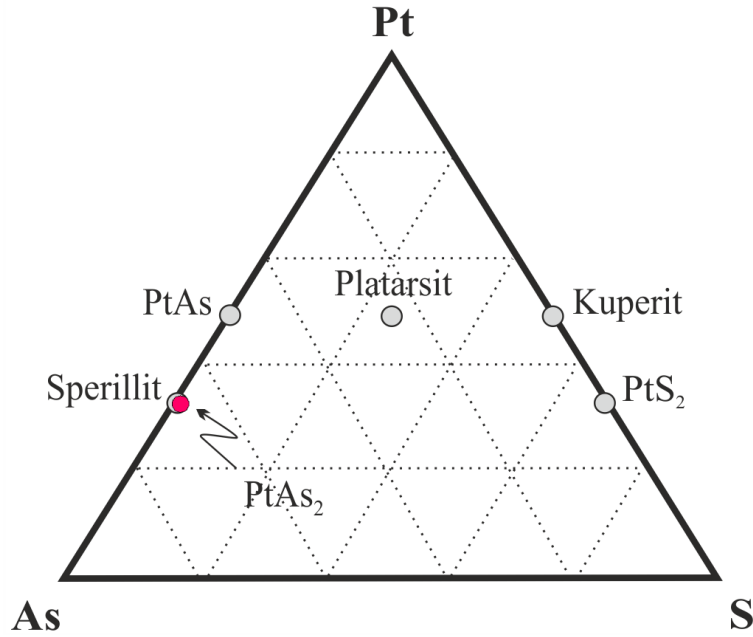
Şekil 12. Pozantı–Karsantı ofiyolitine ait kromitlerde a: lauritlerin ve b: osmiyum–iridyum alaşımlarının Ru–Os–Ir (at.%) üçgen diyagramlarındaki yerleri.

3.3.2.1.3. Sperillit

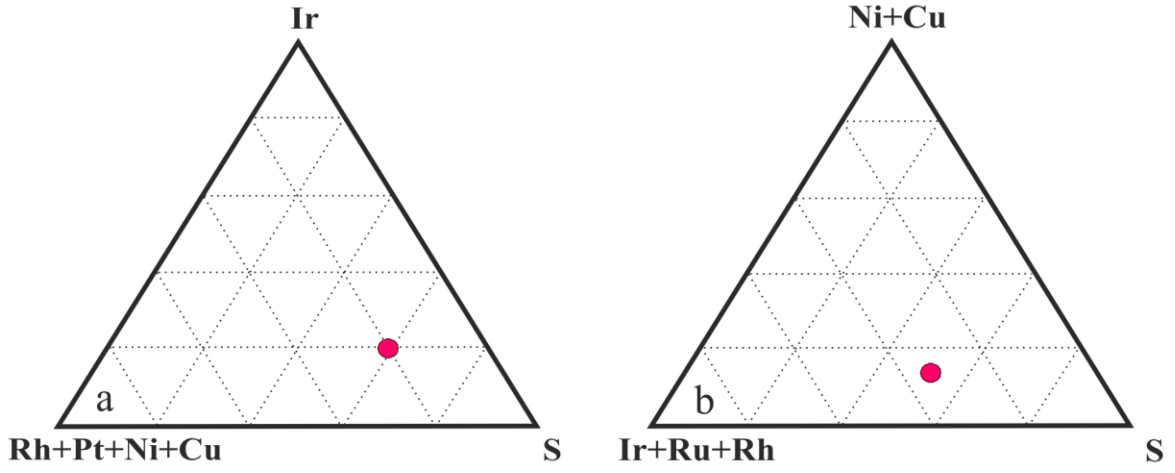
PK26–1 numaralı örnekte Mg–kromit kristali bünyesinde birincil laurit kapanımı ile birlikte ikili faz oluşturan ve yaklaşık olarak 2 mikrometre boyutunda olan sperillit ($PtAs_2$) minerali gözlemlenmiştir (Şekil 15 #24). Söz konusu mineral 57.24 ağırlık % Pt ve 42.36 ağırlık % As içermekte olup, az miktarda Os (0.2 ağırlık %), Ru (0.25 ağırlık %) ve Rh (0.12 ağırlık %) 'un mineral bileşimine katıldığı gözlenmiştir (Tablo 3; Şekil 13).

3.3.2.1.4. Tanımlanmamış PGE–BM Fazları

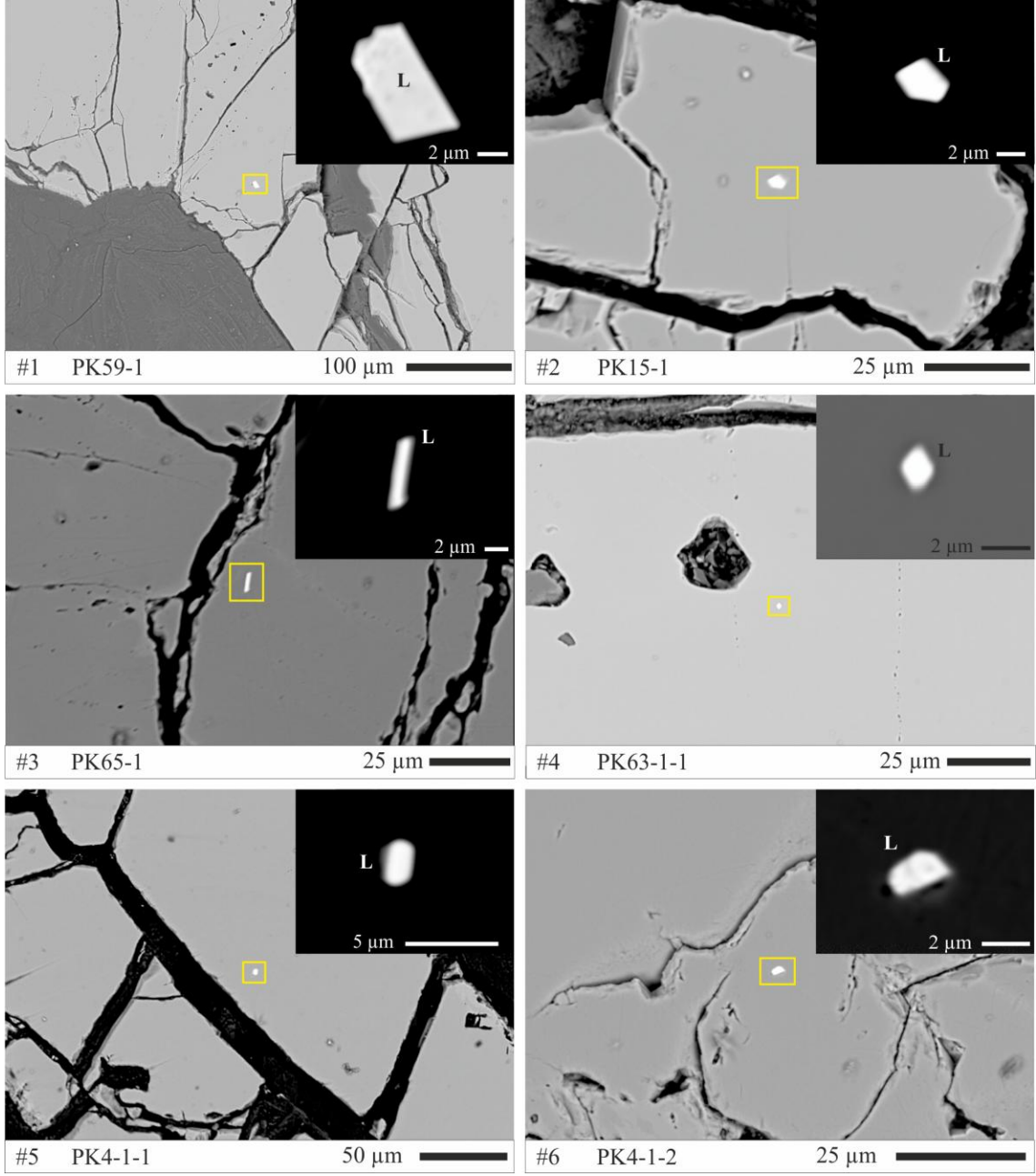
Laurit, Os–Ir alaşımları, irarsit ve sperillit gibi fazların yanı sıra Mg–kromit kristallerinde birincil kapanımlar hâlinde, literatürde şu ana kadar tanımlanmamış 3 farklı PGE ve/veya PGE–BM (baz metal) fazlarına rastlanılmıştır (Şekil 15 #25–#27). Tek fazlı ve öz şekilli olarak gözlenen bu kapanımlardan faz–1 43.65 ağırlık % Os, 11.87 ağırlık % Ir, 9.68 ağırlık % Ru, 1.28 ağırlık % Rh, 0.16 ağırlık % Pd ve 0.13 ağırlık % Fe içermekte olup (Tablo 3), söz konusu fazın (Os, Ru, Ir, Rh, Fe, Pd)₂S₅ kimsiyal formülüne sahip olduğu belirlenmiştir. Bunun yanı sıra faz–2 50.93 ağırlık % Ir, 8.03 ağırlık % Rh, 5.24 ağırlık % Pt, 1.13 ağırlık % Ni ve 9.24 ağırlık % Cu içermekte olup (Tablo 3), Ir (Rh, Pt, Ni, Cu)S₃ kimyasal bileşime sahiptir (Şekil 14a). Tanımlanmamış bir diğer faz olan faz–3 ise 43.17 ağırlık % Ir, 17.06 ağırlık % Rh, 2.86 ağırlık % Ru, 6.33 ağırlık % Ni ve 6.26 ağırlık % Cu içermekte olup (Tablo 3), söz konusu fazın (Ir, Rh, Ru)₂(Ni, Cu)S₃ kimyasal bileşimine yakın olduğu belirlenmiştir (Şekil 14b)



Şekil 13. PK26–1 numaralı kromitit örneğinde gözlenen sperillit mineralinin Pt–As–S diyagramındaki yeri.

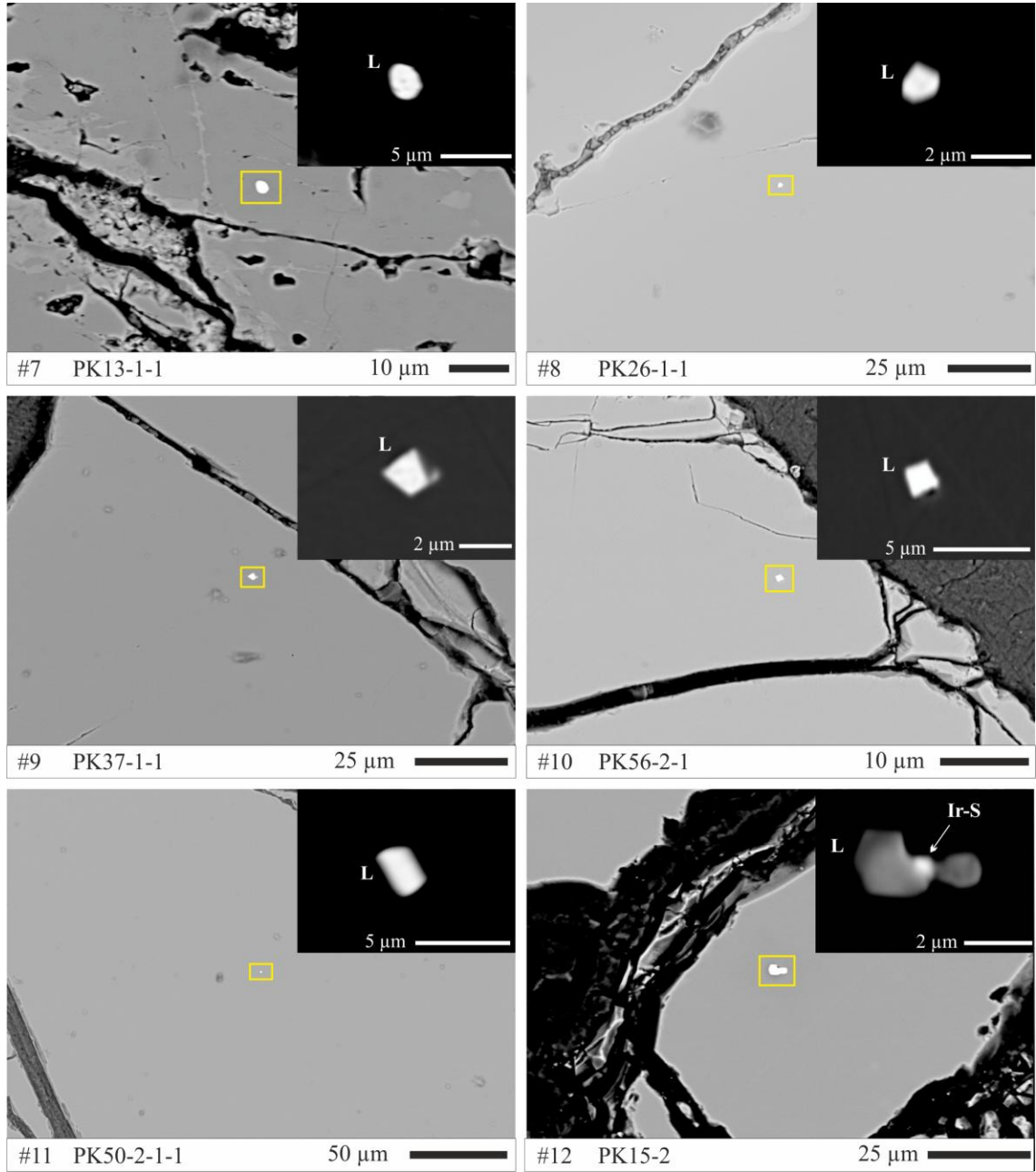


Şekil 14. Kızılyüksek ofiyolitik kromitlerine ait a: PK63-2 numaralı örnekte bulunan faz-2'nin Ir-(Rh+Pt+Ni+Cu)-S diyagramındaki yeri, b: PK49-2 numaralı örnekte bulunan faz-3'ün (Ni+Cu)-(Ir+Ru+Rh)-S diyagramındaki yeri.

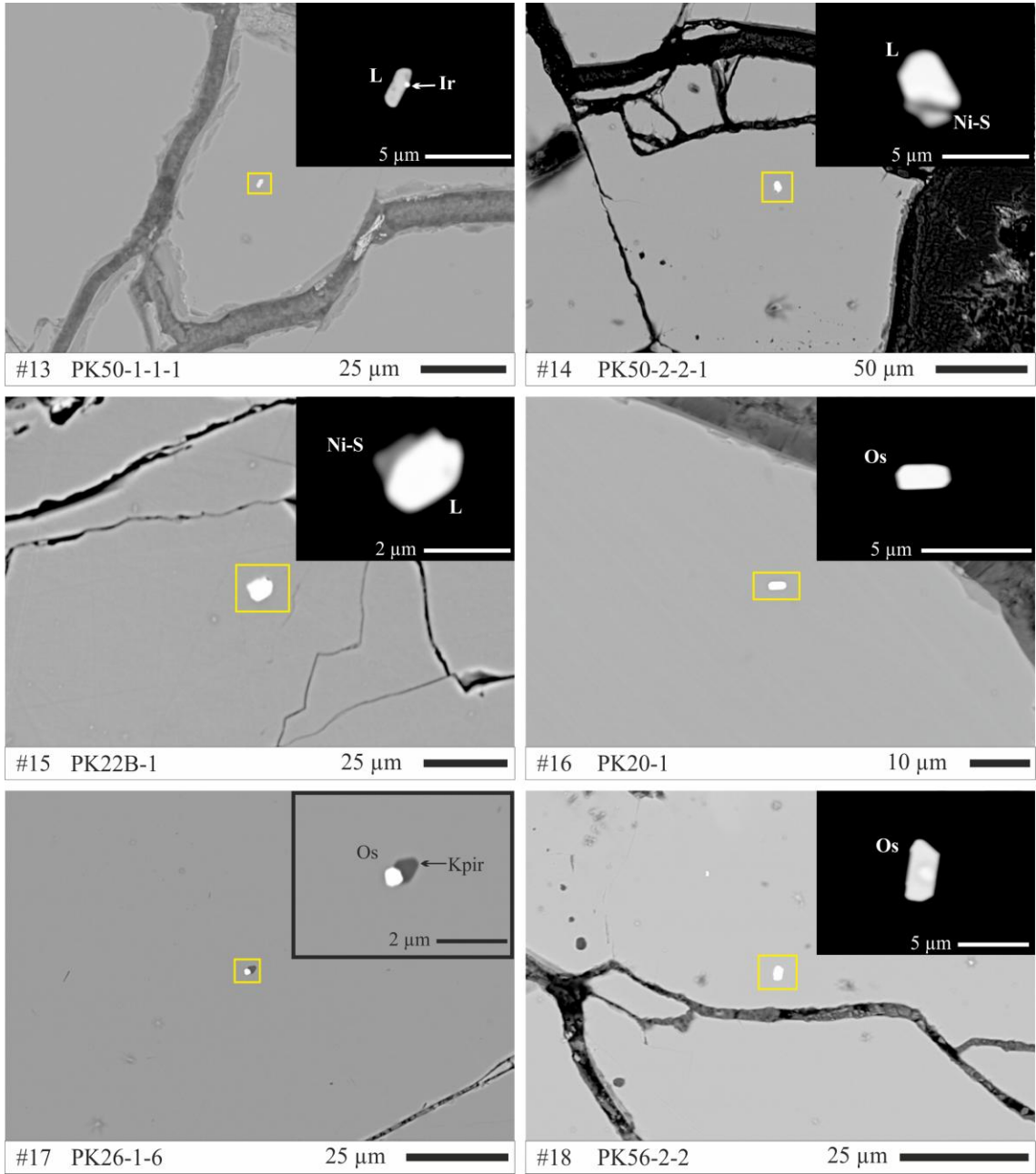


Şekil 15. Kızılyüksek kromitlerine ait Mg-kromit kristalleri bünyesinde gözlenen PGM'lerin dokusal ve morfolojik özelliklerini gösteren BSE görüntüleri. L: Laurit, Ir-S: İridyum-Sülfür fazı, Ir: İridyum, Os: Osmiyum, Ni-S: Nikel-sülfür fazı, Kpir: Klinopiroksen, Os-S: Osmiyum-sülfür fazı, BMM: Baz metal mineral, Örnek numaralarındaki son rakam kapanım numarasını ifade etmektedir.

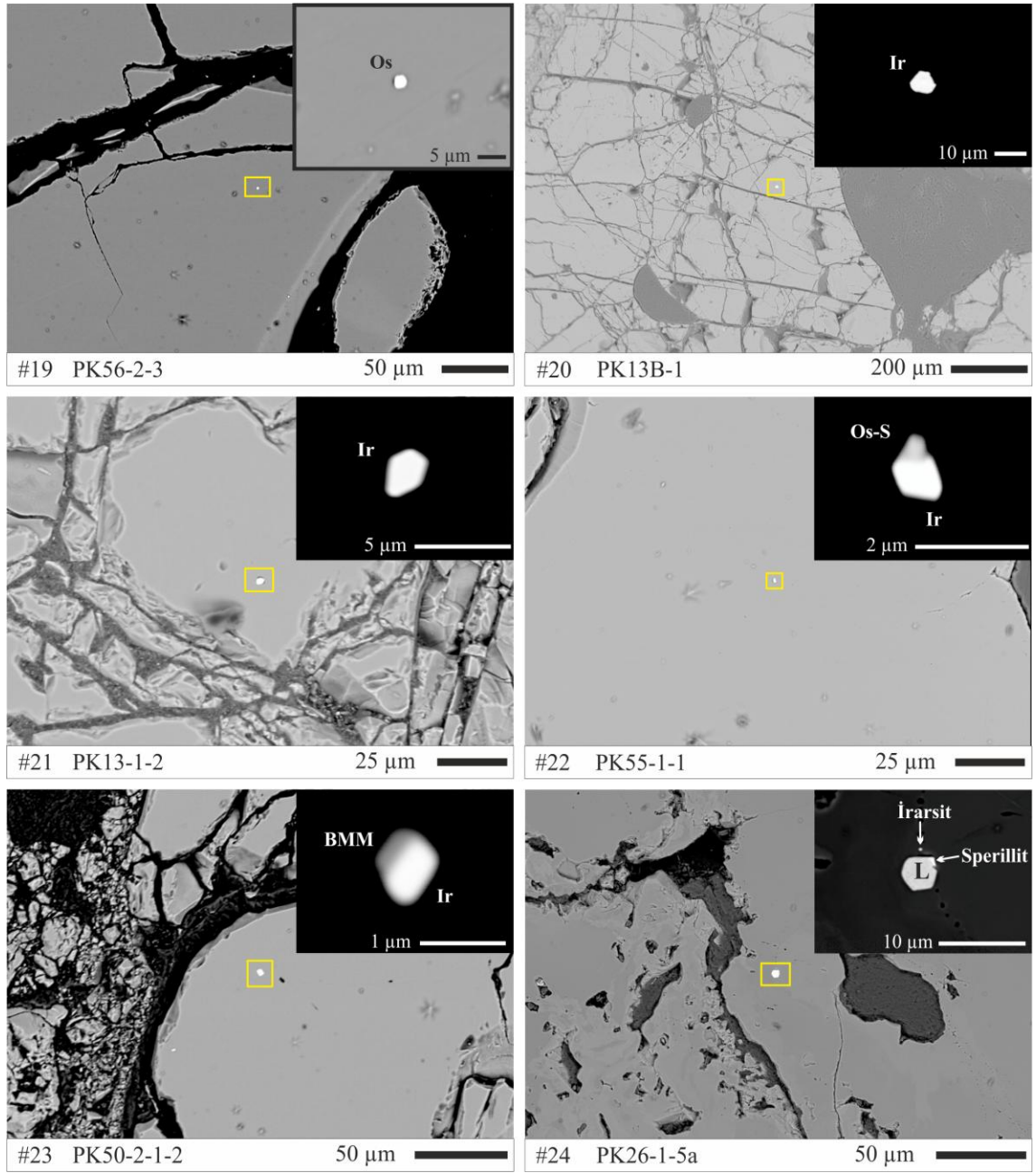
Şekil 15'in devamı



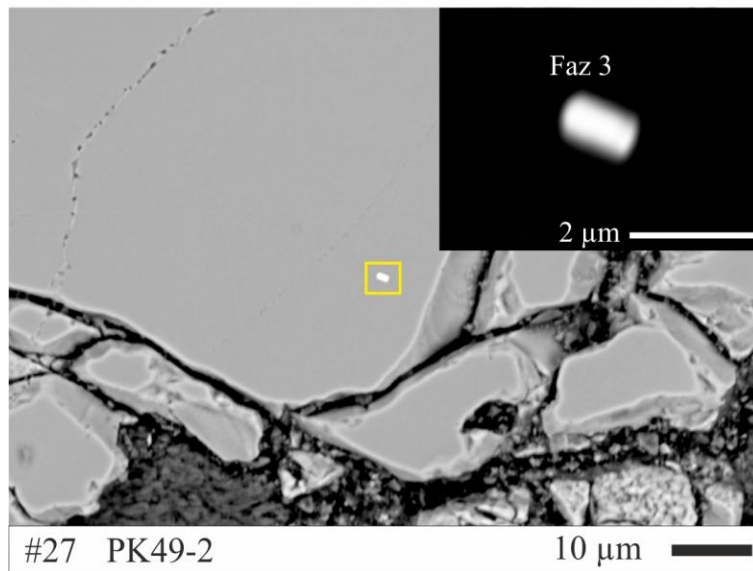
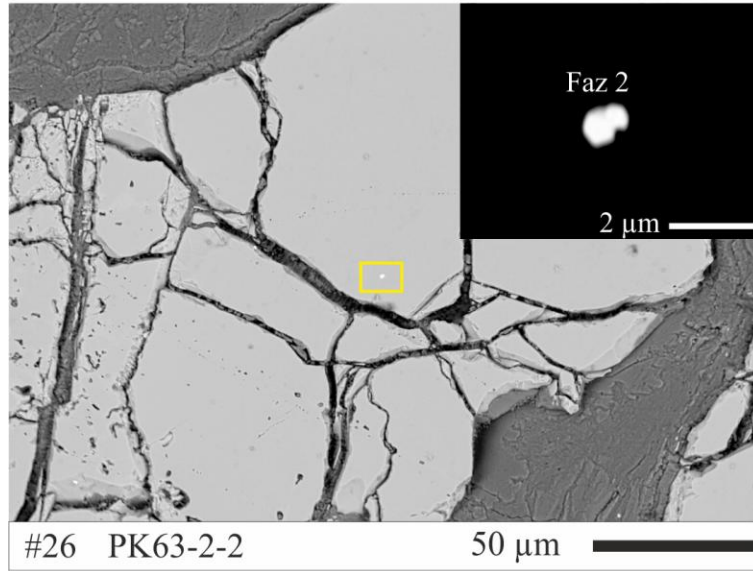
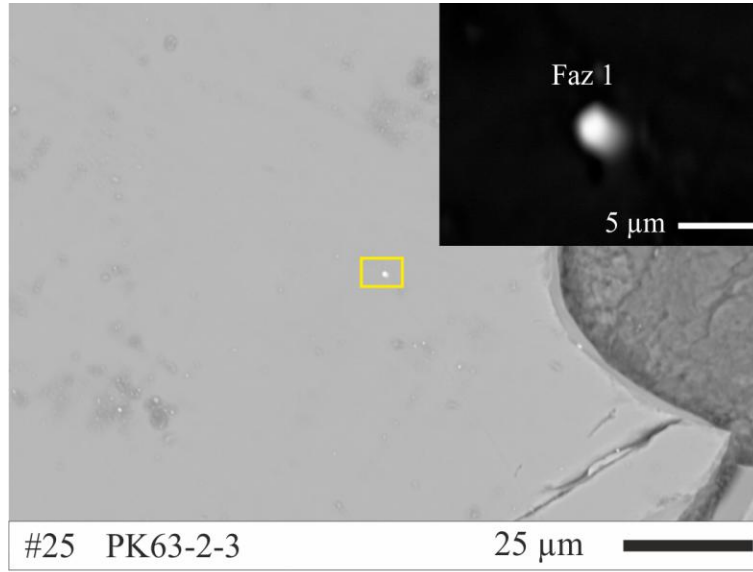
Şekil 15'in devamı



Şekil 15'in devamı



Şekil 15'in devamı



Tablo 3. Kızılyüksek kromitlerine ait Mg-kromit kristalleri bünyesindeki PGM'lerin mikroprob analizleri; L: Laurit, dla: deteksiyon limiti altında. 15,#5: Şekil 15, 5 numaralı fotoğraf, Ir: İridyum, Os: Osmiyum, Kap.#: Kapanım numarası.

Örnek	PK4-1	PK4-1	PK4-1	PK13-1	PK13-1	PK15	PK15	PK15	PK15	PK15	PK22B	PK22B	PK22B	PK26	PK26-1	PK26-1
Kapanım#	1	1	2	1	1	1	2	2	2	2	1	1	2	1	1	5b
Analiz#		1r			1r			2r		2r		1r				
Şekil#	15,#5	15,#5	15,#6	15,#7	15,#7	15,#2	15,#12	15,#12	15,#12	15,#12	15,#15	15,#15	15	15	15,#8	15,#24
Mineral	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
Os	24.50	23.35	19.98	12.08	12.40	11.46	19.15	19.33	18.20	18.90	13.22	13.44	12.51	16.88	18.06	21.28
Ir	8.25	8.52	9.39	4.38	4.86	6.76	8.93	8.91	9.03	8.74	4.50	4.23	4.20	8.38	4.73	8.06
Ru	33.90	33.66	35.42	46.54	46.79	43.40	36.16	36.76	37.57	36.62	44.80	45.22	41.19	35.36	41.01	34.65
Rh	dla	dla	dla	dla	dla	1.53	0.77	0.83	0.70	0.69	0.10	dla	0.62	0.78	0.44	1.45
Pt	0.43	0.29	0.20	0.36	0.42	dla	0.47	0.38	0.35	0.34	0.48	0.37	3.96	0.53	0.33	0.27
Pd	dla	dla	dla	dla	dla	0.80	0.31	dla	dla	dla	dla	0.30	dla	dla	dla	dla
Ni	dla	dla	0.82	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	0.63	0.77	0.56	0.89	0.71	dla
Fe	dla	0.12	0.13	0.14	0.08	dla	dla	dla	dla	dla	0.13	dla	2.02	dla	0.15	dla
Cu	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	0.09	dla	dla	dla	dla	dla
S	33.56	32.72	33.12	35.59	35.78	35.37	32.97	33.28	34.54	33.92	35.04	34.89	32.26	33.53	34.27	33.19
As	dla	dla	dla	dla	dla	0.02	dla	dla	dla	dla	dla	dla	0.14	1.14	dla	0.42
Σ	100.65	98.65	99.04	99.09	100.33	99.34	98.74	99.49	100.39	99.84	99.14	99.00	98.02	97.34	98.99	99.31
Os	0.248	0.242	0.203	0.115	0.117	0.109	0.195	0.195	0.179	0.188	0.126	0.129	0.125	0.170	0.178	0.216
Ir	0.083	0.087	0.094	0.041	0.045	0.063	0.090	0.089	0.088	0.086	0.043	0.040	0.041	0.083	0.046	0.081
Ru	0.646	0.656	0.676	0.831	0.830	0.775	0.694	0.699	0.696	0.686	0.806	0.817	0.772	0.670	0.759	0.662
Rh	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.027	0.015	0.016	0.013	0.013	0.002	0.000	0.011	0.014	0.008	0.027
Pt	0.004	0.003	0.002	0.003	0.004	0.000	0.005	0.004	0.003	0.003	0.004	0.003	0.038	0.005	0.003	0.003
Pd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.014	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000
Ni	0.000	0.000	0.027	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.020	0.024	0.017	0.029	0.023	0.000	0.000
Fe	0.000	0.004	0.004	0.005	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.068	0.000	0.005	0.000
Cu	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Σ metal	0.984	0.991	1.007	0.998	0.999	0.988	1.005	1.004	0.982	0.997	1.012	1.013	1.090	0.968	1.001	0.990
S	2.016	2.009	1.993	2.002	2.001	1.992	1.995	1.996	2.018	2.003	1.988	1.987	1.907	2.003	1.999	1.999
As	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.029	0.000	0.011
Σ anyon	2.016	2.009	1.993	2.002	2.001	1.992	1.995	1.996	2.018	2.003	1.988	1.987	1.910	2.032	1.999	2.010
Σ	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	2.979	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
Ru#	72.3	73.1	76.9	87.9	87.7	87.7	78.0	78.2	79.5	78.5	86.4	86.4	86.1	79.8	81.0	75.4

Tablo 3'ün devamı

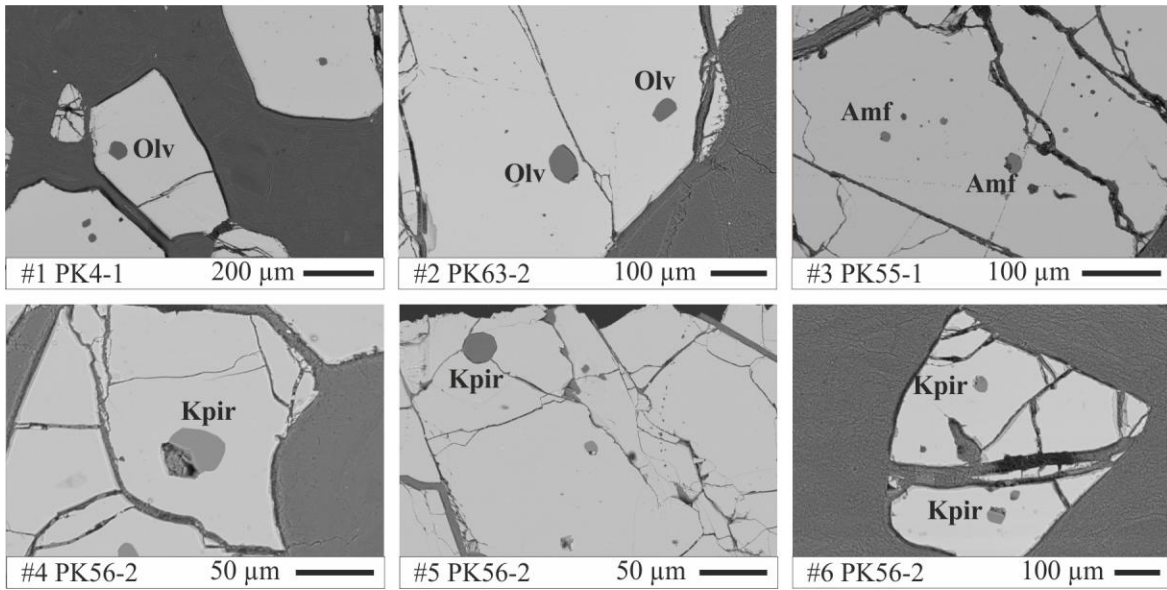
Örnek	PK26-1	PK37-1	PK37-1	PK49B	PK49B	PK49B	PK50-1-1	PK50-2-1	PK50-2-2	PK56-2	PK59	PK59	PK63-1	PK65	PK13-1	PK13-1
Kap.#	5b	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
Analiz#	1r		1r	1	1r							1r				2r
Şekil#	15,#24	15,#9	15,#9				15,#13	15,#11	15,#14	15,#10	15,#1	15,#1	15,#4	15,#3	15,#21	15,#21
Mineral	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	Ir	Ir
Os	21.34	13.91	13.61	13.80	16.13	15.73	10.68	3.55	18.90	19.15	11.44	11.41	17.48	5.01	29.55	29.70
Ir	8.60	7.61	7.92	5.70	7.34	7.34	5.97	3.27	6.91	8.01	10.74	11.06	9.51	5.70	63.86	63.88
Ru	33.93	39.25	38.55	41.03	38.20	37.40	43.94	52.84	38.27	37.77	39.71	39.95	36.55	52.36	4.59	4.62
Rh	1.85	1.12	1.16	0.57	0.79	0.79	0.57	0.77	0.11	0.28	1.54	1.55	1.21	0.60	0.25	0.22
Pt	0.35	0.34	0.39	1.12	1.34	1.34	0.42	0.18	0.15	0.34	dla	dla	0.18	0.05	0.44	0.50
Pd	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	0.71	0.64	dla	0.74	dla	dla
Ni	dla	dla	dla	1.34	1.45	0.45	1.00	0.66	0.59	dla	0.13	0.10	dla	0.21	dla	dla
Fe	dla	0.24	0.20	dla	dla	dla	0.08	0.21	0.17	dla	0.22	0.23	0.20	dla	0.81	0.84
Cu	dla	dla	dla	0.09	0.08	0.08	0.05	dla	dla	dla	dla	0.04	dla	0.04	0.05	0.05
S	33.14	34.00	33.49	34.90	34.09	34.09	34.50	37.15	33.68	33.65	34.82	35.22	33.20	35.45	dla	dla
As	0.87	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla
Σ	100.07	96.46	95.32	98.59	99.46	97.26	97.21	98.63	98.77	99.20	99.31	100.20	98.33	100.15	99.54	99.81
Os	0.216	0.139	0.138	0.133	0.158	0.157	0.104	0.032	0.189	0.192	0.110	0.110	0.177	0.047	0.280	0.281
Ir	0.086	0.075	0.079	0.055	0.071	0.073	0.057	0.029	0.068	0.080	0.103	0.106	0.095	0.053	0.598	0.598
Ru	0.646	0.738	0.735	0.746	0.706	0.703	0.803	0.901	0.719	0.714	0.721	0.725	0.698	0.918	0.082	0.082
Rh	0.035	0.021	0.022	0.010	0.014	0.015	0.010	0.013	0.002	0.005	0.027	0.028	0.023	0.010	0.004	0.004
Pt	0.003	0.003	0.004	0.011	0.013	0.013	0.004	0.002	0.001	0.003	0.000	0.000	0.002	0.000	0.004	0.005
Pd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.011	0.000	0.012	0.000	0.000
Ni	0.000	0.000	0.000	0.042	0.046	0.015	0.032	0.019	0.019	0.000	0.004	0.003	0.000	0.006	0.000	0.000
Fe	0.000	0.008	0.007	0.000	0.000	0.000	0.002	0.007	0.006	0.000	0.007	0.008	0.007	0.000	0.026	0.027
Cu	0.000	0.000	0.000	0.003	0.002	0.003	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.002	0.001
Σ metal	0.988	0.985	0.986	1.000	1.013	0.979	1.013	1.003	1.005	0.996	0.985	0.991	1.003	1.047	0.995	0.998
S	1.989	2.015	2.014	2.000	1.987	2.021	1.987	1.997	1.995	2.004	1.994	2.015	1.997	1.959	0.000	0.000
As	0.022	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Σ anyon	2.012	2.015	2.014	2.000	1.987	2.021	1.987	1.997	1.995	2.004	1.994	2.015	1.997	1.959	0.000	0.000
Σ	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	2.979	3.006	3.000	2.980	0.995	0.998
Ru#	75.0	84.2	84.2	84.8	81.7	81.7	88.6	96.6	79.2	78.8	86.7	86.8	79.7	95.2		

Tablo 3'ün devamı

Örnek	PK13B	PK13B	PK20	PK26-1	PK26-1	PK50-2-1	PK55-1	PK56-2	PK56-2	PK56-2	PK26-1	PK63-2	PK63-2	PK63-2	PK49
Kapanım#	1	1	1	6	6	2	1	2	2	3	5a	3	3	2	2
Analiz#		1r			1r			2r				3r			
Şekil#	15,#20	15,#20	15,#16	15,#17	15,#17	15,#23	15,#22	15,#18	15,#18	15,#19	15,#24	15,#25	15,#25	15,#26	15,#27
Mineral	Ir	Ir	Os	Os	Os	Ir	Ir	Os	Os	Os	Sperillit	faz-1	faz-1	faz-2	faz-3
Os	30.12	30.23	53.25	61.55	61.15	34.82	24.04	47.84	46.80	51.54	0.20	43.65	43.78	0.12	0.17
Ir	67.66	68.49	41.51	37.30	36.88	58.59	72.47	39.62	40.80	43.40	dla	11.87	11.66	50.93	44.28
Ru	0.46	0.42	3.29	0.90	0.95	dla	0.18	11.93	11.74	3.52	0.25	9.68	9.32	0.00	2.93
Rh	0.38	0.36	0.33	0.12	0.14	0.10	0.13	0.62	0.58	0.52	0.12	1.28	1.10	8.03	17.50
Pt	dla	dla	0.05	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	57.24	dla	dla	5.24	0.00
Pd	dla	dla	dla	dla	dla	5.95	1.94	dla	dla	0.65	dla	0.16	0.52	0.00	0.00
Ni	0.08	0.10	0.98	dla	dla	dla	dla	0.66	0.57	dla	0.08	dla	dla	1.13	6.49
Fe	0.17	0.17	dla	dla	dla	0.17	dla	dla	dla	0.12	dla	0.13	0.11	0.00	0.00
Cu	0.02	0.02	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	9.24	6.43
S	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	0.22	32.08	31.30	24.82	20.53
As	dla	dla	dla	dla	dla	0.16	dla	0.03	dla	0.04	42.36	dla	dla	0.00	0.00
Σ	98.91	99.78	99.42	99.87	99.12	99.80	98.76	100.69	100.21	99.79	100.47	98.85	97.79	99.51	98.32
Os	0.299	0.300	0.504	0.582	0.608	0.346	0.228	0.453	0.465	0.512	0.004	1.144	1.170	0.002	0.004
Ir	0.665	0.674	0.389	0.349	0.363	0.576	0.679	0.371	0.401	0.427	0.000	0.308	0.308	1.007	1.060
Ru	0.009	0.008	0.059	0.016	0.018	0.000	0.003	0.212	0.220	0.066	0.008	0.477	0.469	0.000	0.133
Rh	0.007	0.007	0.006	0.002	0.003	0.002	0.002	0.011	0.011	0.010	0.004	0.062	0.054	0.296	0.782
Pt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.009	0.000	0.000	0.102	0.000
Pd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.106	0.033	0.000	0.000	0.011	0.000	0.008	0.025	0.000	0.000
Ni	0.003	0.003	0.030	0.000	0.000	0.000	0.000	0.020	0.018	0.000	0.005	0.000	0.000	0.073	0.509
Fe	0.006	0.006	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.012	0.010	0.000	0.000
Cu	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.553	0.465
Σ metal	0.989	0.998	0.988	0.950	0.990	1.036	0.945	1.067	1.115	1.030	1.031	2.011	2.037	2.033	2.953
S	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.024	4.989	4.963	2.942	2.946
As	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.001	0.000	0.001	1.945	0.000	0.000	0.000	0.000
Σ anyon	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.001	0.000	0.001	1.969	4.989	4.963	2.942	2.946
Σ	0.989	0.998	0.988	0.950	0.990	1.040	0.945	1.068	1.115	1.031	3.000	7.000	7.000	4.976	5.892

3.3.2.2. Silikat Kapanımları

Kromitlere ait Mg–kromit kristalleri bünyesinde boyutları 100 mikrometreden küçük, birincil kapanımlar şeklinde olivin, klinopiroksen ve amfibol minerallerine rastlanılmıştır (Şekil 16). Bununla birlikte alterasyon ürünü olan serpantin türü silikat kapanımları da gözlenmiştir. Olivin ve klinopiroksen, Mg–kromit kristalleri bünyesinde en sık gözlenen birincil silikat kapanımlarını oluştururken bazı örneklerde birincil amfibol kapanımlarının daha bol olduğu gözlenmiştir.



Şekil 16. Kızılyüksek kromitlerine ait Mg–kromit kristalleri bünyesindeki birincil silikat kapanımlarının BSE görüntüleri. Kpir: Klinopiroksen; Oliv: Olivin; Amf: Amfibol.

3.3.2.2.1. Olivin

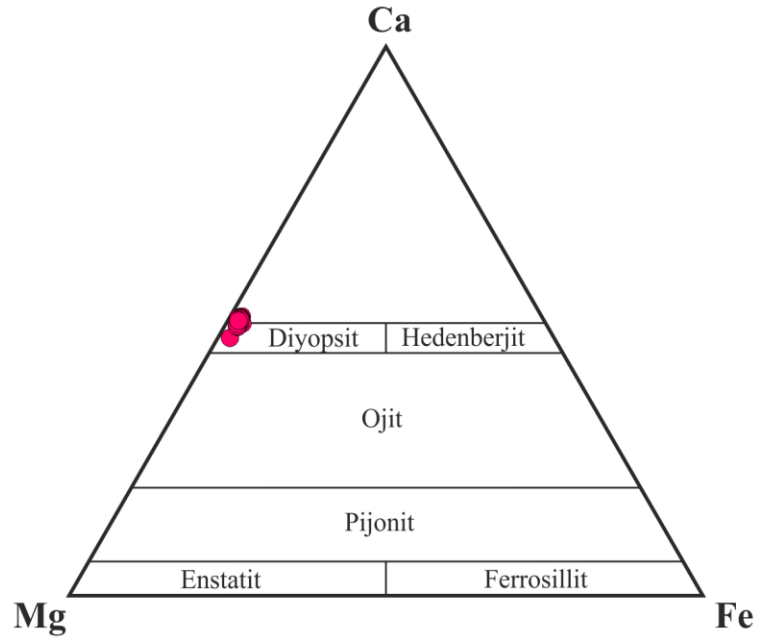
Mg–kromit kristalleri bünyesinde birincil silikat kapanımı olarak bulunan olivinlerin mikrokimyasal analizleri Tablo 4’te verilmiştir. Yüksek Mg# değerleri ile (Mg#=95.3–96.4) forsteritik bileşimde olan olivinlerin NiO içerikleri kısmen yüksek olup, 0.48 ilâ 0.68 ağırlık % arasında değişmekte. Cr₂O₃ içerikleri ise 0.4 ilâ 0.93 ağırlık % arasında bir aralıktadır (Tablo 4). Olivin kapanımları genellikle tek fazlı olup nadir durumlarda kenar kesimlerinin serpantinleştiği gözlenir (Şekil 16 #1, #2).

Tablo 4. Kızılyüksek kromitlerine ait Mg–kromit kristalleri bünyesindeki olivin minerallerinin ortalama mikroprob analizleri. Mineral formülleri 4 oksijen baz alınarak hesaplanmıştır. $Mg\# (Fo)=100 \times Mg / (Mg + Fe^{2+})$, N: Analiz sayısı, dla: deteksiyon limiti altında.

Örnek#	PK4-1	PK50B	PK50-2-1	PK50-2-2	PK55-1	PK56-2	PK63-2
N	6	9	3	5	5	2	5
SiO ₂	41.54	42.82	41.14	41.85	42.38	42.94	41.26
TiO ₂	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla
Al ₂ O ₃	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla
Cr ₂ O ₃	0.79	0.79	0.93	0.76	0.78	0.40	0.80
FeO	4.39	3.15	3.23	3.06	3.52	3.14	3.33
MnO	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla
NiO	0.48	0.63	0.62	0.68	0.56	0.66	0.56
MgO	50.34	52.89	50.86	51.23	54.71	54.68	50.53
CaO	0.03	0.09	0.07	0.08	0.01	0.10	dla
Na ₂ O	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla
K ₂ O	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla
Σ	97.58	100.37	96.84	97.67	101.97	101.91	96.48
Si	1.018	1.015	1.013	1.020	0.993	1.004	1.019
Ti	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Al	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cr	0.015	0.015	0.018	0.015	0.014	0.007	0.016
Fe ²⁺	0.090	0.063	0.066	0.062	0.069	0.061	0.069
Mn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ni	0.009	0.012	0.012	0.013	0.011	0.012	0.011
Mg	1.840	1.870	1.867	1.861	1.912	1.905	1.860
Ca	0.001	0.002	0.002	0.002	0.000	0.002	0.000
Na	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Σ	2.974	2.977	2.978	2.973	2.999	2.993	2.974
Mg# (Fo)	95.3	96.8	96.6	96.8	96.5	96.9	96.4

3.3.2.2.2. Klinopiroksen

Mg–kromit kristalleri bünyesinde birincil kapanımlar olarak gözlenen klinopiroksenlerin elektron mikroprob analizleri Tablo 5’te verilmiştir. Kızılyüksek kromitlerinde en sık rastlanan birincil kapanım olan klinopiroksenler (Şekil 16 #4–#6) diyopsit bileşiminde olup (Şekil 17), bu kapanımların Vo, En ve Fs değerleri sırasıyla 48.9–50.5, 47.4–49.3 ve 1.6–2.3 aralığında değişmektedir (Tablo 5). Bununla birlikte klinopiroksenlere ait Al₂O₃ içerikleri 0.78 ilâ 2.83 ağı. % arasında değişirken TiO₂ içerikleri oldukça düşüktür (<0.09 ağı. %). Na₂O içerikleri tüm klinopiroksen kapanımları için kısmen benzer olup, 0.24–0.39 ağı. % arasında bir değişim sunar (Tablo 5).



Şekil 17. Kızılyüksek kromitlerine ait Mg–kromit kristalleri bünyesindeki birincil piroksen kapanımlarının Ca–Mg–Fe üçgen diyagramdaki yerleri (Poldevaart ve Hess, 1951).

3.3.2.2.3. Amfibol

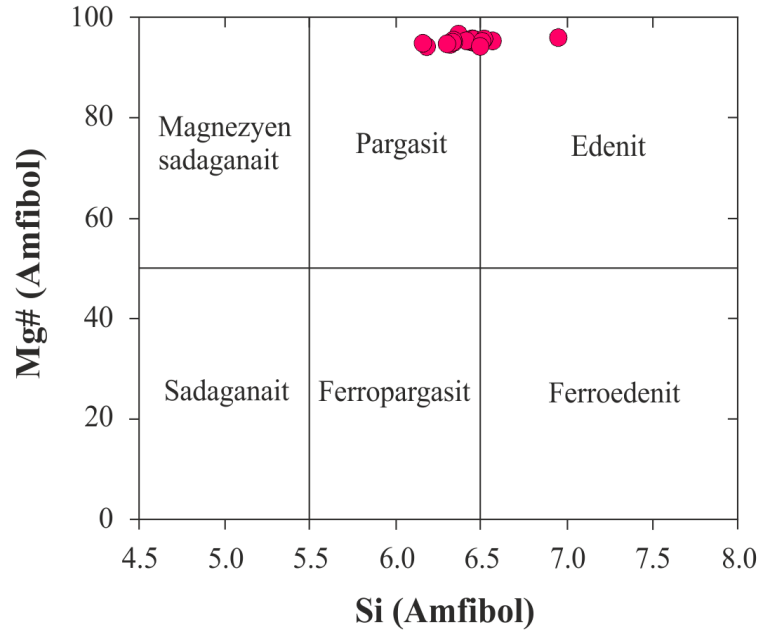
Amfibol, Mg–kromit kristalleri bünyesinde olivin ve klinopiroksenlerden sonra en bol bulunan birincil silikat kapanımıdır (Şekil 16). Amfibollere ait elektron mikroprob analiz verileri Tablo 6’da verilmiş olup, bu kapanımlar ortalama 95 civarında yüksek Mg# değerleri ile karakteristiktir. Cr_2O_3 içerikleri ortalama 3.6 ağırlık % civarında olan amfibollerin Na_2O içerikleri ise ortalama 3.3 ağırlık % civarındadır. TiO_2 içerikleri oldukça düşük olan amfiboller (0.27–0.54 ağırlık %) genellikle düşük K_2O içerikleri ile temsil edilmektedir. Uluslararası Mineraloji Birliğinin sınıflandırma kriterleri dikkate alındığında Kızılyüksek kromitlerine ait amfibol kapanımlarının kalsik özellikte olduğu saptanmıştır. Ayrıca birliğin önerdiği Ca (at.%) >1.50 ve Na+K (at.%) >0.50 eşitlik kullanılarak amfibollerin silisyum katyon ve Mg# değerleri dikkate alındığında, söz konusu amfibol kapanımlarının *pargasit–edenit* bileşiminde olduğu görülmektedir (Şekil 18).

Tablo 5. Kızılyüksek kromitlerine ait Mg–kromit kristalleri bünyesinde birincil kapanımlar hâlinde gözlenen klinopiroksenlere ait ortalama mikroprob analizleri. Mineral formülleri 6 oksijen baz alınarak hesaplanmıştır. $Mg\# = 100 \times Mg / (Mg + Fe^{2+})$, $Vo = 100 \times Ca / (Ca + Mg + Fe)$, $En = 100 \times Mg / (Ca + Mg + Fe)$, $Fs = 100 \times Fe / (Ca + Mg + Fe)$, N: Analiz sayısı, dla: deteksiyon limiti altında.

Örnek#	PK4-1	PK15	PK50B	PK50-2-1	PK56	PK56-2	PK63-2
N	3	2	2	3	5	30	4
SiO ₂	53.21	55.19	55.77	51.77	53.36	54.82	53.76
TiO ₂	0.04	0.09	0.03	0.06	0.07	0.06	0.01
Al ₂ O ₃	0.80	1.26	0.78	2.83	1.30	0.85	1.23
Cr ₂ O ₃	1.57	1.42	1.84	1.56	1.81	1.66	1.55
FeO	1.43	1.13	1.09	0.99	1.15	1.14	1.26
MgO	17.06	17.32	16.81	16.61	16.99	17.36	17.25
CaO	24.52	23.97	25.09	24.37	24.76	24.93	24.22
Na ₂ O	0.24	0.31	0.33	0.31	0.38	0.39	0.30
K ₂ O	dla	0.27	dla	dla	dla	dla	dla
Σ	98.86	100.97	101.75	98.49	99.83	101.21	99.58
Si	1.960	1.979	1.988	1.912	1.946	1.968	1.960
Ti	0.001	0.002	0.001	0.002	0.002	0.002	0.000
Al	0.035	0.053	0.033	0.122	0.057	0.036	0.053
Cr	0.046	0.040	0.052	0.046	0.052	0.047	0.045
Fe ²⁺	0.044	0.034	0.033	0.030	0.035	0.034	0.038
Mg	0.937	0.926	0.893	0.915	0.924	0.929	0.938
Ca	0.968	0.921	0.958	0.964	0.967	0.959	0.946
Na	0.017	0.022	0.023	0.022	0.027	0.027	0.021
K	0.000	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Σ	4.007	3.989	3.980	4.013	4.011	4.003	4.002
Mg#	95.5	96.5	96.5	96.8	96.3	96.4	96.1
Vo	49.7	48.9	50.9	50.5	50.2	49.9	49.2
En	48.1	49.3	47.4	47.9	48.0	48.3	48.8
Fs	2.3	1.8	1.7	1.6	1.8	1.8	2.0

3.3.2.2.4. Serpantin

Serpantin mineralleri olivin, klinopiroksen ve amfibol türü birincil silikat kapanımlarının yanı sıra Kızılyüksek kromitlerinde ikincil olarak bulunan kapanımlardır ve bu fazlara ait mikrokimyasal veriler Tablo 7’de sunulmuştur. Serpantin minerallerine ait MgO değerleri ortalama olarak 41.6 ağırlık %, Al₂O₃ değerleri ise genellikle çok düşük hatta genellikle deteksiyon limiti altında olup, PK55–1 numaralı örnekte bu değer ortalama olarak 4.56 ağırlık %’ya kadar çıkmaktadır (Tablo 7).



Şekil 18. Kızılyüksek kromitlerine ait Mg–kromit kristalleri bünyesindeki birincil amfibol kapanımlarının Mg#–Si sınıflama diyagramındaki yerleri.

3.3.2.3. Baz Metal Mineral Kapanımları

Kızılyüksek kromitlerinde birincil PGM ve silikat fazlarının yanı sıra birincil BMM kapanımlarına da rastlanılmıştır. Bununla birlikte kromit çatlak ve kırıklarında ya da silikat matriks bünyesinde ikincil oluşuklar şeklinde BMM'lerin varlığı da belirlenmiştir. Boyutları yaklaşık 10 mikrometreden küçük olan BMM'ler Mg–kromit kristalleri içersinde tek fazlı ya da silikat, PGM ve diğer BMM'ler ile birlikte ikili faz olarak gözlenirler (Şekil 15 #23). En sık gözlenen BMM'ler hezlavudit olup, avaruvit ve pentlandit minerallerine de rastlanılmıştır (Şekil 19).

3.3.2.3.1. Hezlavudit

Kromit kristallerinde birincil kapanım olarak gözlemlenen hezlavudit mineralleri genellikle 10 mikrometreden küçük olup (Şekil 19 #1), Fe (0.44–1.15 ağırlık %) ve As (<0.28 ağırlık %) içerikleri oldukça düşüktür.

Tablo 6. Kızılyüksek kromitlerine ait Mg–kromit kristalleri bünyesinde birincil kapanımlar şeklinde gözlenen amfibollere ait ortalama mikroprob analizleri. Mineral formülleri 23 oksijen baz alınarak hesaplanmıştır. $Mg\# = 100 \times Mg / (Mg + Fe^{2+})$, N: Analiz sayısı, dla: deteksiyon limiti altında.

Örnek#	PK15	PK50-2-1	PK55-1
N	2	1	16
SiO ₂	45.98	43.01	45.68
TiO ₂	0.41	0.36	0.42
Al ₂ O ₃	10.80	12.17	10.49
Cr ₂ O ₃	3.63	3.96	3.58
FeO	1.79	2.06	1.84
NiO	0.15	0.00	0.08
MgO	19.10	18.76	20.30
CaO	12.73	12.48	12.61
Na ₂ O	3.71	4.30	3.21
K ₂ O	0.09	0.16	0.05
Σ	98.38	97.25	98.26
Si	6.474	6.179	6.431
Ti	0.043	0.039	0.045
Al	1.792	2.060	1.741
Cr	0.404	0.449	0.402
Fe ²⁺	0.211	0.248	0.217
Ni	0.017	0.000	0.009
Mg	4.009	4.018	4.262
Ca	1.920	1.921	1.902
Na	1.013	1.197	0.877
K	0.016	0.028	0.010
Σ	15.899	16.139	15.896
Mg#	95.0	94.2	95.2

3.3.2.3.2. Pentlandit

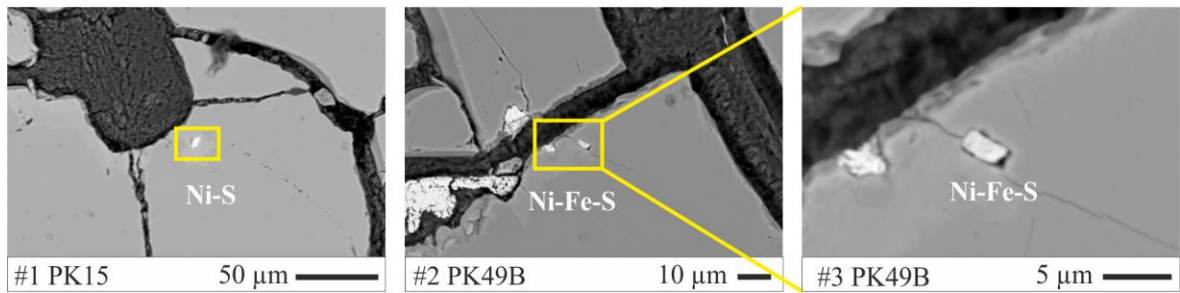
Mg–kromit kristalleri bünyesinde çoklukla öz şekilli, birincil kapanımlar şeklinde bulunan pentlandit kristalleri oldukça küçük olup (Şekil 19 #2,#3) sadece 1 adet pentlandit minerali elektron mikroprob ile analiz edilebilmiştir. Nikel içeriği 29.80 ağırlık % olan pentlandit mineralinin Fe içeriği 27.65 ağırlık %'tir (Tablo 8).

3.3.2.3.3. Avaruvit

Birincil BMM kapanımlarının alterasyonu sonucu geliştiği düşünülen avaruvit mineralleri genellikle Mg–kromit kristallerinde gelişen çatlak veya kırıklarla ilişkilidir. Bünyelerinde 0.72 ağırlık %'ye ulaşan Cu içerir.

Tablo 7. Kızılyüksek kromitlerine ait Mg-kromit kristalleri bünyesindeki ikincil serpantin minerallerine ait ortalama mikroprob analizleri. Mineral formülleri 28 oksijen baz alınarak hesaplanmıştır. $Mg\# = 100 \times Mg / (Mg + Fe^{2+})$, N: Analiz sayısı, dla: deteksiyon limiti altında.

Örnek#	PK22B	PK50B	PK55-1	PK63-2
N	1	5	2	1
SiO ₂	42.97	43.17	38.68	39.37
TiO ₂	dla	dla	dla	dla
Al ₂ O ₃	0.22	0.01	4.56	dla
Cr ₂ O ₃	0.53	0.67	3.06	0.49
FeO	2.07	2.66	2.19	2.74
MnO	dla	dla	dla	dla
NiO	dla	0.60	0.08	0.34
MgO	40.88	41.06	39.01	50.09
CaO	dla	0.01	0.03	dla
Na ₂ O	dla	dla	dla	dla
K ₂ O	dla	dla	dla	dla
Σ	86.68	88.19	87.61	93.04
Si	2.010	2.000	1.815	1.760
Ti	0.000	0.000	0.000	0.000
Al	0.012	0.001	0.252	0.000
Cr	0.020	0.025	0.114	0.017
Fe ²⁺	0.081	0.103	0.086	0.103
Mn	0.000	0.000	0.000	0.000
Ni	0.000	0.022	0.003	0.012
Mg	2.851	2.836	2.730	3.339
Ca	0.000	0.001	0.001	0.000
Na	0.000	0.000	0.000	0.000
K	0.000	0.000	0.000	0.000
Σ	4.974	4.987	5.002	5.231
Mg#	97.2	96.5	97.0	97.0



Şekil 19. Kızılyüksek kromitlerine ait Mg-kromit kristalleri bünyesindeki BMM'lerin dokusal ilişkilerini gösteren BSE görüntüleri.

Tablo 8. Kızılyüksek kromitlerine ait Mg–kromit kristalleri bünyesindeki BMM’lerin mikroprob analizleri. Hzl: Hezlavudit, Avr: Avaruvit, Pn: Pentlandit, dla: deteksiyon limiti altında. 19,#1: Şekil 19, 1 numaralı fotoğraf.

Örnek#	PK15	PK15	PK15	PK63-2	PK49B	PK49B	PK49B
Kapanım#	1	3	4	1	2a	2b	2c
Şekil#	19,#1	–	–	–	19,#2	–	–
Mineral	Hzl	Hzl	Hzl	Hzl	Avr	Avr	Pn
Ni	70.59	70.29	72.66	71.64	75.51	75.85	39.80
Fe	0.44	1.08	0.98	1.15	23.14	22.76	29.65
Cu	dla	0.03	dla	0.00	0.68	0.72	0.04
S	26.70	27.06	27.83	26.25	dla	dla	28.49
As	0.28	0.16	dla	0.27	0.20	0.15	0.03
Σ	98.00	98.63	101.47	99.31	99.53	99.47	98.00
Ni	2.976	2.943	2.956	2.937	3.006	3.019	4.550
Fe	0.020	0.051	0.042	0.049	0.968	0.952	4.437
Cu	0.000	0.001	0.000	0.000	0.025	0.027	0.005
Σkatyon	3.000	3.000	3.000	2.986	4.000	4.000	9.000
S	1.991	1.994	2.000	1.970	0.000	0.000	7.996
As	0.009	0.006	0.000	0.009	0.000	0.000	0.004
Σanyon	2.000	2.000	2.000	1.979	0.000	0.000	8.000
Σ	5.000	5.000	5.000	5.000	4.000	4.000	17.000

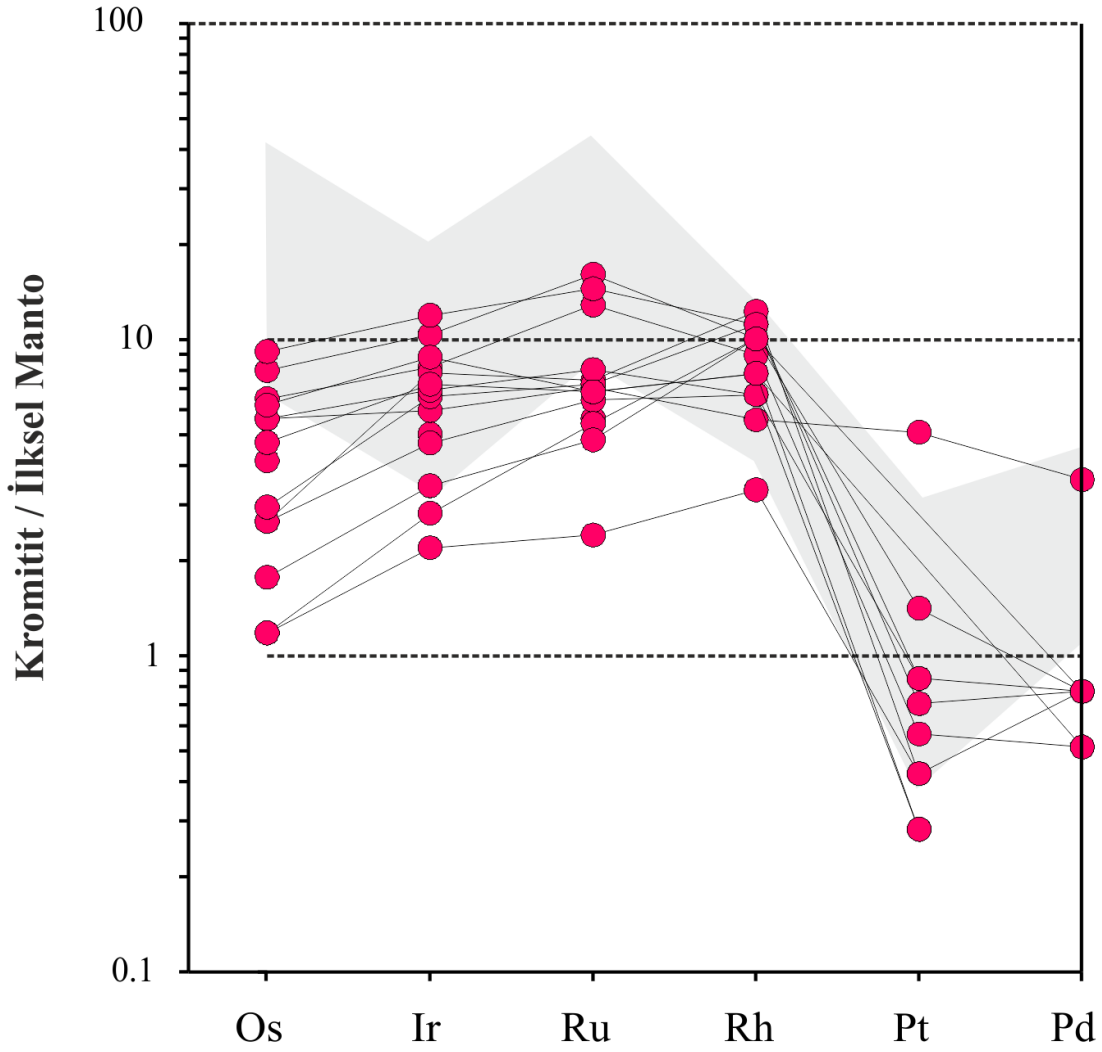
3.4. Tüm Kayaç Jeokimyası

3.4.1. Plâtin Grubu Element Jeokimyası

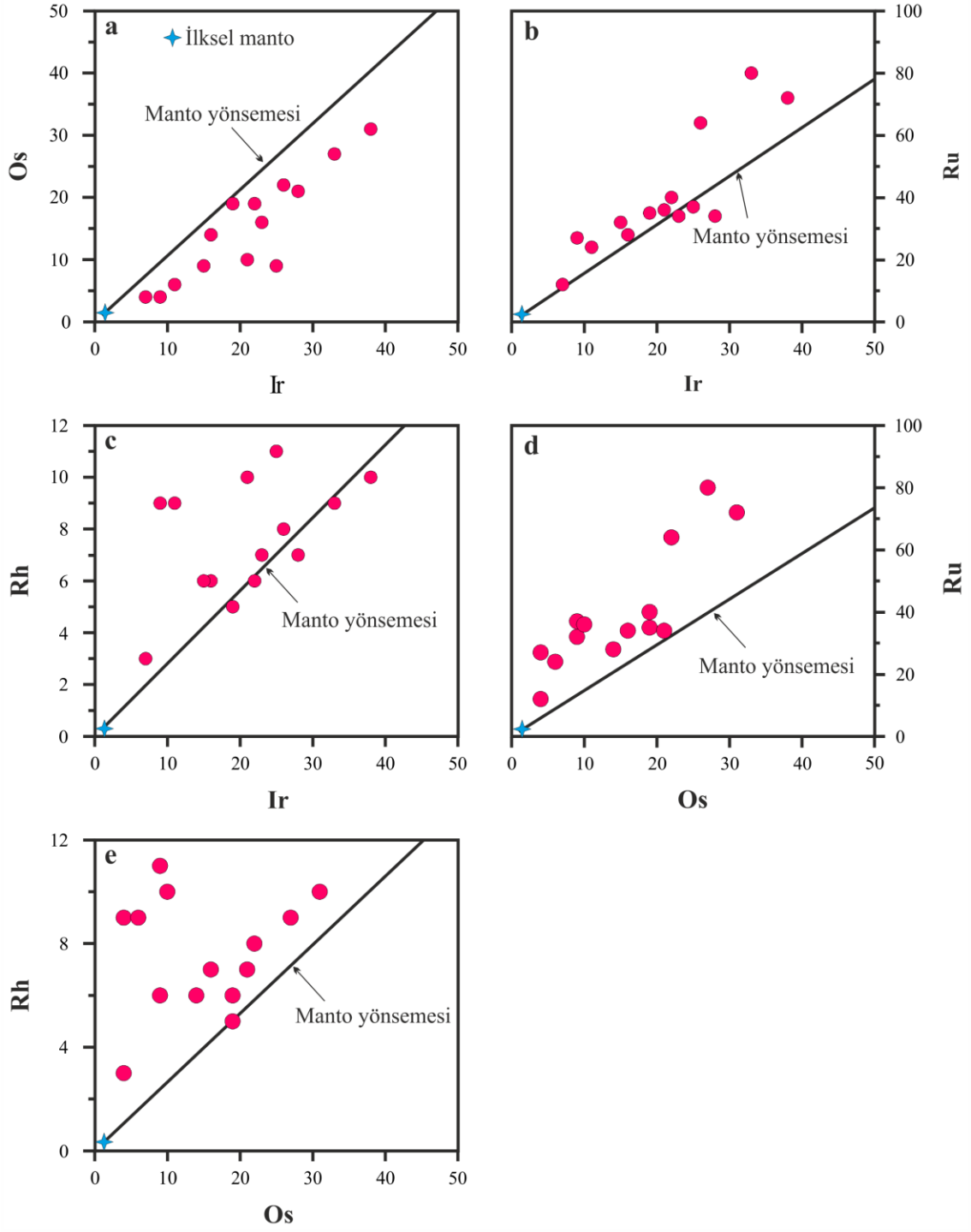
Kızılyüksek kromitlerinden alınan örneklerin tüm kayaç PGE içerikleri düşük olup, 32 ilâ 162 ppb arasında değişmektedir (ort: 94 ppb; Tablo 9). Elde edilen tüm kayaç PGE analiz değerleri ile ilsel manto değerlerine oranlanmış PGE dağılım diyagramı çizilmiş olup (Şekil 20), Kızılyüksek kromitlerine ait PGE değerleri dünya genelindeki manto tektonitlerine ait kromit PGE değerleri karşılaştırılmıştır. Bu diyagramda kromitlere ait PGE’lerin, genel olarak dünya geneli podiform kromitler ile birkaç örnek dışında benzer bir zenginleşmeye sahip olduğu görülmekle birlikte Os içeriklerinin oldukça düşük olduğu gözlenir. Ayrıca Kızılyüksek kromitlerinde ortalama 39.6 ppb değerle en bol bulunan PGE’nin Ru olduğu ve onu sırasıyla 20.9 ve 15.1 ppb ortalama değerlere sahip Ir ve Os’un takip ettiği görülmektedir (Tablo 9). Dünya üzerindeki ofiyolitik kromitlere benzer olarak Kızılyüksek kromitleri de PPGE bakımından oldukça tüketilmiştir ve IPGE bakımından ise kısmi bir zenginleşme göstermektedir (Şekil 20). Kromitlerin PPGE konsantrasyonları 8 ilâ 55 ppb, IPGE konsantrasyonları ise 23 ilâ 141 ppb arasında değişmektedir (Tablo 9). İlksel manto değerlerine oranlanmış PGE grafiğinde Os’dan Ru’ya

doğru pozitif bir yönseme mevcut iken, Ru'dan Pd'a kadar negatif bir yönseme gözlenir. Birçok örneğe ait Pd içeriği deteksiyon limiti altında kalırken sadece bir örnekte çok hafif pozitif Pt anomalisi gözlenir (Ŗekil 20).

Kızılyüksek kromititlerine ait Os, Ir, Ru ve Rh gibi PGE'lerin birbirleriyle olan iliŖkilerini görebilmek için ikili diyagramlar hazırlanmıŖ (Ŗekil 21), söz konusu PGE'ler aynı zamanda manto yönsemesini temsil eden doğrular ile kıyaslanmıŖtır. Osmiyum, Ru ve Rh'a karŖılık Ir grafiklerinde, artan Ir değerleri ile birlikte Os, Ru, Rh değerlerinde artıŖın meydana geldiği görülmektedir (Ŗekil 21a–c). Bununla birlikte Ru ve Rh'a karŖılık Os grafiklerinde de artan Os değerleri ile birlikte Ru ve Rh değerlerinde de artıŖın olduğu görülmektedir (Ŗekil 21d,e). İridyum–Os ikili diyagramında (Ŗekil 21a), Os değerlerinin hepsi manto yönsemesini temsil eden doğrunun altında kalmıŖ olup, Os'un ilksel mantoya kıyasla incelenen kromitit örneklerinde kısmen tktilmiŖ olduğu gözlenir. İridyum–Os diyagramının aksine Ir–Ru, Os–Ru ve Os–Rh diyagramlarında Ru ve Rh değerleri, manto yönsemesini temsil eden doğrusal hattın üst kısmında kalarak kısmen de olsa ilksel mantoya kıyasla zenginleŖmenin varlığına iŖaret etmektedir (Ŗekil 21b, d, e). İridyum–Rh diyagramında ise Rh değerleri manto ynsemesine ait doğrusal hattın hem üst hem de alt kısmında bulunmakta olup, dört örnekteki Rh değerleri manto ynsemesi hattının üst kısmında kalarak zenginleŖme göstermektedir (Ŗekil 21c).



Şekil 20. Yüksek-Cr bileşimli Kızılyüksek kromititlerinin ilksel manto değerlerine (McDonough ve Sun, 1995) oranlanmış PGE diyagramı. Gri alanın çiziminde kullanılan veriler: Page vd., 1982; Bacuta vd., 1990; Bonavia vd., 1993; Yang ve Seccombe, 1993; Auge ve Maurizot, 1995; Leblanc, 1995; Graham vd., 1996; Zhou vd., 1996, 1998; Uçurum vd., 2000, 2006; Uysal, 2007; Uysal vd., 2005, 2007a, b, 2009a; Prichard vd., 2008'den alınmıştır.



Şekil 21. Kızılyüksek kromitlerine ait bazı PGE'lerin birbirleri ile olan ilişkileri (Manto yönsemesini gösterir doğrular McDonough ve Sun (1995) ilksel manto verileri kullanılarak çizilmiştir).

Tablo 9. Kızılyüksek kromitlerine ait PGE konsantrasyonları (ppb) ve ilgili oranlar. İlksele manto değerleri McDonough ve Sun (1995)'dan alınmıştır. $Pt/Pt^*=(Pt/1020)/[(Rh/200)\times(Pd/545)]^{1/2}$, dla: deteksiyon limitinin altında.

Element		Os	Ir	Ru	Rh	Pt	Pd	Pd/Ir	Pt/Ir	Σ IPGE	Σ PPGE	Σ PGE	PPGE _N /IPGE _N	Pt/Pt*
İlksele Manto	Kromit Tipi	3.4	3.2	5.0	0.9	7.1	3.9							
Deteksiyon														
Limitleri		2	2	2	1	2	2							
PK6	Yüksek-Cr	14	16	28	6	3	dla	-	0.19	58	9	67	0.34	-
PK7	Yüksek-Cr	22	26	64	8	4	2	0.08	0.15	112	14	126	0.26	0.32
PK15	Yüksek-Cr	9	15	32	6	6	3	0.20	0.40	56	15	71	0.45	0.46
PK21	Yüksek-Cr	19	19	35	5	36	14	0.74	1.89	73	55	128	0.70	1.39
PK22	Yüksek-Cr	27	33	80	9	10	3	0.09	0.30	140	22	162	0.26	0.62
PK25	Yüksek-Cr	4	7	12	3	3	3	0.43	0.43	23	9	32	0.61	0.32
PK26	Yüksek-Cr	31	38	72	10	5	3	0.08	0.13	141	18	159	0.26	0.30
PK37	Yüksek-Cr	9	25	37	11	3	dla	-	0.12	71	14	85	0.49	-
PK49	Yüksek-Cr	21	28	34	7	dla	2	0.07	-	83	9	92	0.27	-
PK50	Yüksek-Cr	10	21	36	10	6	dla	-	0.29	67	16	83	0.51	-
PK56	Yüksek-Cr	19	22	40	6	2	dla	-	0.09	81	8	89	0.24	-
PK63	Yüksek-Cr	16	23	34	7	2	dla	-	0.09	73	9	82	0.30	-
PK64	Yüksek-Cr	6	11	24	9	dla	3	0.27	-	41	12	53	0.76	-
PK65	Yüksek-Cr	4	9	27	9	dla	dla	-	-	40	9	49	0.71	-

4. TARTIŞMA

4.1. Kızılyüksek Kromitlerine Ait Mg–kromit Kristallerinin İlksel Ergiyik Karakteristikleri

Son yıllarda podiform kromitlerin oluşum ortamını ve kromitleri kristallendiren ergiyiğin karakterini daha net bir şekilde açıklayabilmek için araştırmacılar kromitleri kristallendiren kromit minerallerinin Al_2O_3 ve TiO_2 değerlerinden yola çıkarak yorumlamalarda bulunmuşlardır (Uysal vd., 2007b; Rollinson, 2008; Pagé ve Barnes, 2009; González–Jiménez vd., 2011a; Zaccarini vd., 2011; Rollinson ve Adetunji, 2013; Akmaz, 2014; Zhou vd., 2014; Uysal vd., 2015). Ayrıca, Maurel (1984), kromitleri kristallendiren ergiyiğe ait FeO/MgO oranının belirlenmesi için aşağıdaki formülü önermiştir.

$$\ln(FeO/MgO)_{kromit} = 0.47 - 1.07Al\#_{kromit} + 0.64Fe^{3+}\#_{kromit} + \ln(FeO/MgO)_{ergiyik}$$
$$Al\# = Al/(Al+Cr+Fe^{3+}) \text{ ve } Fe^{3+}\# = Fe^{3+}/(Al+Cr+Fe^{3+})$$

Kızılyüksek kromitlerini kristallendiren ergiyiğe ait FeO/MgO oranı 0.6–1.2 aralığında olup, boninitik karakterdeki ergiyiğin FeO/MgO değeri (0.7–1.4) ile benzerlik göstermektedir (Tablo 10). Ayrıca söz konusu kromitler, ergiyik FeO/MgO bakımından, boninitik bir ergiyikten itibaren kristallenen Sagua de Tanamo (Doğu Küba) yüksek–Cr kromitleri ile de benzerlik sunmaktadır.

Kamenetsky (2001) tarafından, farklı tektonik ortamlara ait volkanik kayalardaki Cr–spinel kristallerinden elde edilen TiO_2 ve Al_2O_3 değerleri bir diyagrama aktararak söz konusu Cr–spinellerin temsil ettiği tektonik ortamların alanları belirlenmiştir. Elektron mikroprob yöntemiyle Kızılyüksek kromitlerine ait Mg–kromit minerallerinden elde edilen TiO_2 ve Al_2O_3 değerleri Kamenetsky (2001) tarafından önerilen diyagrama aktarıldığında bölgeye ait kromitlerin yay ortamında oluşan boninitik ve ada yayı toleyitleri (AYT) türündeki ergiyiklerden itibaren kristallenen kromit alanında dağılım bulunduğu görülmüştür (Şekil 22).

Kızılyüksek kromitlerine ait kromit kristallerinin Şekil 22’de AYT alanında da dağılım göstermesi, söz konusu kromitleri kristallendiren ergiyiğin bir yitim ortamında oluşan boninit–AYT türünde olduğunu göstermektedir.

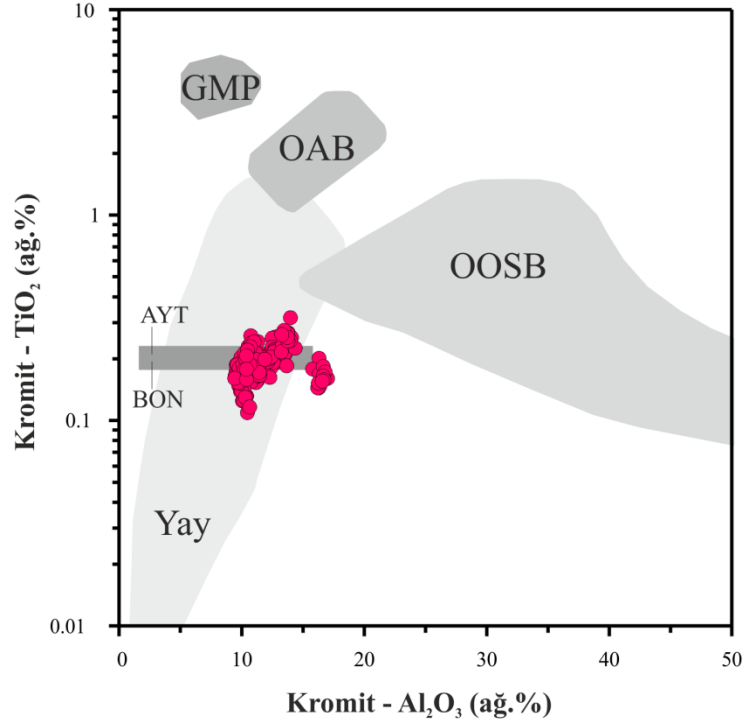
İlk olarak Maurel ve Maurel (1982) tarafından ortaya konulan $(Al_2O_3)_{spinel}=0.035 \times (Al_2O_3)^{2.42}$ formülü ile kromitleri kristallendiren ergiyiğin Al_2O_3 içeriği araştırmacılar tarafından ortaya konulmuştur. Daha sonra, Kamenetsky (2001) okyanus ortası sırtı (OOS), ada yayı ve levha içi tektonik ortamlarına ait volkanik kayalarındaki Cr–spinel kristalleri ve Cr–spinel kristalleri bünyesinde gözlediği ergiyik kapanımlarının Al_2O_3 ve TiO_2 içeriklerini belirlemiştir. Bu kapsamda, araştırmacı, volkanik kayaların bünyesinde bulunan Cr–spinel kristallerindeki ergiyik kapanımlarına ait Al_2O_3 ve TiO_2 değerleri ile Cr–spinel kristallerine ait Al_2O_3 ve TiO_2 değerleri arasındaki ilişkiyi ortaya koymuş olup, Cr–spinel kimyasından yola çıkarak Cr–spinel kristallendiren ergiyiğin karakterinin belirlenebileceğini belirtmiştir. Rollinson (2008) ve Zaccarini vd. (2011) ise, Kamenetsy (2001)’e ait veri setini kullanarak, kromit kristallerine ait Al_2O_3 ve TiO_2 değerlerinden yola çıkarak kromitleri kristallendiren ergiyiğin bileşimini belirleyen formüller ortaya koymuşlardır.

Tablo 10. Kızılyüksek kromitleri için hesaplanan ilksel ergiyik bileşimleri ve dünya genelindeki kromitlere ait ilksel ergiyik bileşimleri.

Lokasyon	Al_2O_3	TiO_2	FeO/MgO	Referans
Kızılyüksek	10.7–13.7	0.19–0.44	0.6–1.2	Bu çalışma
Orhaneli (Bursa)	10.0–10.9	0.23–0.43		Uysal vd., 2015
Harmancık (Bursa)	10.5–11.0	0.23–0.28		Uysal vd., 2015
Güneydoğu Türkiye	10.2–11.9	0.17–0.39		Akmaz vd., 2014
Lobusa (Çin)	13.8	0.31	0.97	Zhou vd., 2014
Doğu Küba (Sagua de Tanamo)	12.9–14.2	0.22–0.39	0.9–1.5	González–Jiménez vd., 2011a
Kanada (Thetford Mines Ofiyoliti)	9.3–13.0	0.12–0.30		Page ve Barnes, 2009
Umman (Umman Ofiyoliti)	11.8–12.9	0.23–0.34		Rollinson, 2008
Boninit	10.6–14.4		0.7–1.4	Wilson, 1989
OOSB	16		1.2–1.6	Wilson, 1989

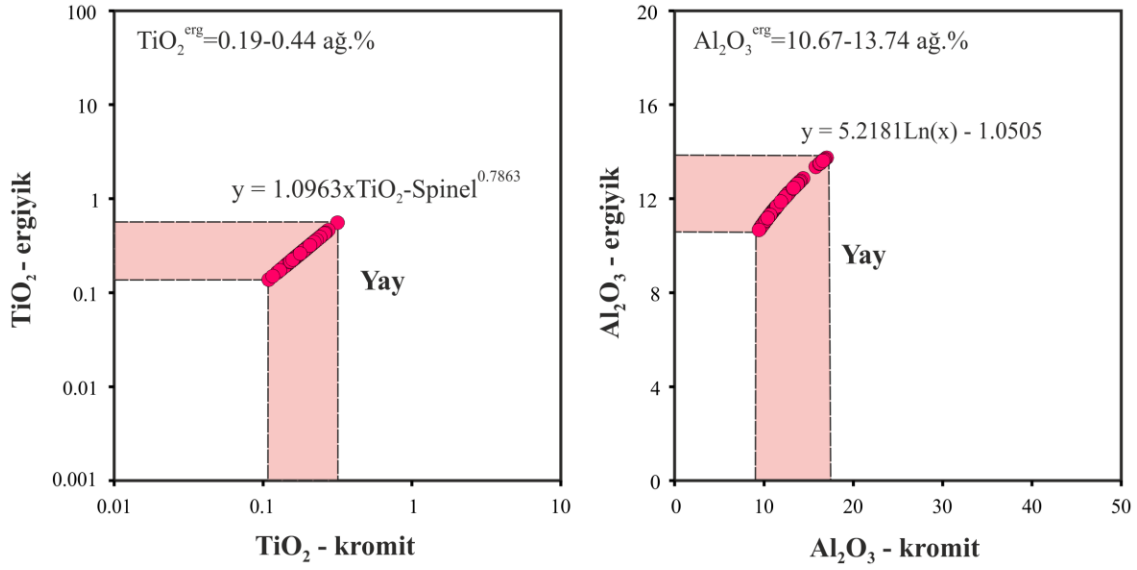
İncelenen kromit örneklerine ait Mg–kromit kristallerinin yüksek–Cr bileşimli karakterleri dikkate alındığında, Kızılyüksek kromitlerini kristallendiren ergiyiğin bileşimini ortaya koyabilmek için Rollinson (2008)’un yay ortamı için önermiş olduğu formüller kullanılmıştır. Bu durumda, Kızılyüksek kromitlerini kristallendiren ergiyiğin

Al_2O_3 içeriğinin 10.67–13.74 ağırlık % aralığında, TiO_2 içeriği ise 0.19–0.44 ağırlık % aralığında değiştiği belirlenmiştir (Şekil 23).



Şekil 22. Kızılyüksek kromititlerine ait Mg-kromit kristallerinin TiO_2 - Al_2O_3 diyagramındaki yerleri. Yay, OAB ve OOSB alanları Kamenetsky (2001)'den alınmıştır

Kızılyüksek kromititleri için elde edilen ergiyik Al_2O_3 ve TiO_2 değerleri dünya genelindeki diğer kromititleri kristallendiren ergiyiklerin bileşimi ile karşılaştırıldığında, Umman (Umman ofiyoliti), Kanada (Thetford Mines ofiyoliti), Doğu Küba (Sagua de Tanamo ofiyoliti), Çin (Loubusa ofiyoliti), Güneydoğu Türkiye (Kahramanmaraş, Malatya ve Gaziantep) ve Bursa (Orhaneli ve Harmancık ofiyoliti) bölgelerindeki kromititlerle benzerlik sunduğu görülmektedir (Tablo 10). Söz konusu bölgelere ait kromititlerin boninitik karakterdeki ergiyikten itibaren kristallendikleri belirtilmiş olup, bu bölgelerdeki kromititlerle benzerlik sunan Kızılyüksek kromititlerinin de boninitik ergiyikten itibaren kristallendiği düşünülmektedir.



Şekil 23. Kızılyüksek ofiyolitik kromitlerine ait kromit kristallerini oluşturan ergiyiğe ait hesaplanan Al_2O_3 ve TiO_2 değerlerine karşılık kromitlere ait kromit kristallerinin Al_2O_3 (ağ.%) ve TiO_2 (ağ.%) değerleri arasındaki ilişki. erg: ergiyik.

4.2. Mg–Kromit Kristallerindeki Ana ve İz Element Değişimleri ve Bu Değişimlerin Anlamları

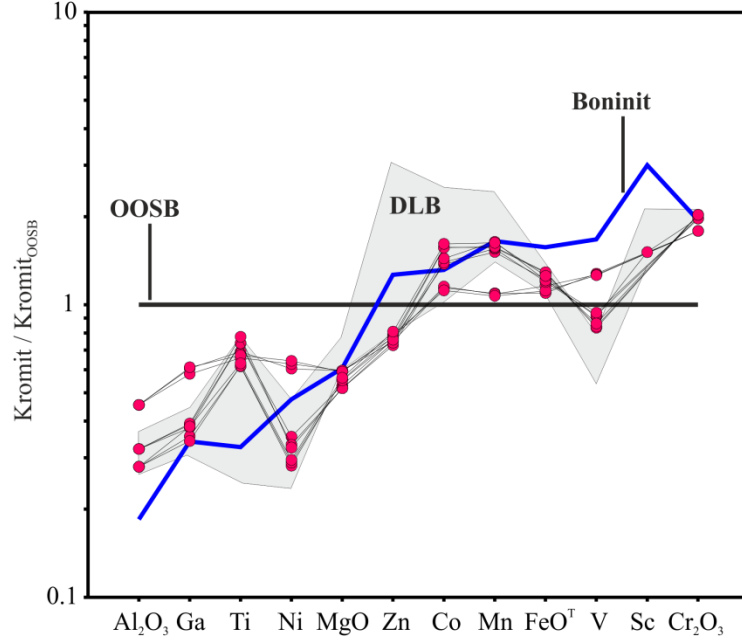
Mangan, Co, Zn ve Ni elementleri, mineraller için farklı paylaşım katsayılarına sahip olup, serpantinleşmeden önce olivin için uyumlu olan bu elementler serpantinleşmeden sonra olivin minerallerinin yerini alan serpantin mineralleri için uyumsuz bir davranış sunmaktadırlar. Bu kapsamda söz konusu elementler serpantinleşme sonucunda olivinlerden kromitlere geçiş göstermektedir (Gahlan ve Arai, 2007; Page ve Barnes, 2009). Kızılyüksek kromitleri genellikle dunitik zarflar tarafından sarılmış olup, söz konusu dunitler kırık ve çatlakları boyunca alterasyona uğrayarak serpantinleşmiştir (Saka vd. 2014). Bu doğrultuda, Kızılyüksek kromitlerine ait Mg–kromit kristallerinde artan Cr# ile birlikte Mn ve Co konsantrasyonlarındaki belirgin ve Zn konsantrasyonundaki kısmi artış, kromit kristalleriyle birlikte bulunan olivinlerin serpantinleşmesiyle olivinlerin bünyesindeki bu elementlerin kromitlerin bünyesine geçişiyle açıklanabilir. Bu süreçte olivin minerallerinin bünyesindeki Mn elementi, birlikte bulunduğu kromit kristalinin bünyesindeki Mg ile yer değiştirmektedir (Paraskevopoulos ve Economou, 1981; Economou, 2003). Kızılyüksek kromitlerine ait örneklerin mikroskopik incelemeleri neticesinde, kromit kristallerinin çatlak ve kırıklardan itibaren alterasyona uğradığı gözlenmiş olup, element değiş–tokuşunun bu alanlar boyunca gerçekleştiği

düşünülmektedir. Titanyum ve Ga elementlerinin Cr# ile negatif bir korelasyon sunması (Şekil 11), kromitlerin kısmen farklılaşan bir ergiyikten itibaren kristallendiğini göstermektedir (Page ve Barnes, 2009), Kızılyüksek kromitlerine ait Mg–kromit kristallerinde, azalan Cr# değerlerine karşılık Ga'un artması kromitleri kristallendiren ergiyiğin farklılaştığını göstermektedir. Kromitleri kristallendiren ergiyiğin farklılaşması devam ettikçe oksidasyon artmakta ve dolayısıyla yüksek oksidasyon koşullarında kristallenen kromit kristalinin V konsantrasyonunu etkilemektedir (Page ve Barnes, 2009). Kızılyüksek kromitlerini oluşturan Mg–kromit kristallerinde azalan Cr# değerleri ile birlikte artan V konsantrasyonları, söz konusu kromitleri oluşturan ergiyiğin farklılaşmasına işaret etmektedir.

Kızılyüksek kromitlerine ait bazı ana ve iz element değerlerinin okyanus ortası sırtı bazaltlarındaki (OOSB) Cr–spinel ana ve iz element değerlerine oranlandığı grafik Şekil 24'te verilmiştir. Kızılyüksek kromitlerini oluşturan kromit kristallerine ait Al, Ga, Ti, Ni, Mg ve Zn elementleri OOS bazaltlarındaki kromitlere kıyasla kısmen tüketilmiş olup, Co, Mn, Fe, V, Sc ve Cr elementleri ise OOS bazaltlarındaki kromitlere kıyasla zenginleşmiştir (Şekil 24). Ayrıca diyagramda Duck Lake Bloğu (DLB) (Page ve Barnes, 2009) podiform kromitlerine ait kromit ana ve iz element dağılımlarının yanı sıra bonitik ergiyiklerden kristallenen kromitlerin de kromit ana ve iz element dağılımları verilmiş ve Kızılyüksek kromitlerinin bu iki kromitler ile benzerlik sunduğu görülmüştür (Şekil 24).

PK37–1 numaralı örnekte Mg–kromit kristali üzerinde kenar–merkez–kenar hattı boyunca gerçekleştirilen elektron mikroprob analizi sonucu elde edilen ana oksit element (TiO_2 , Al_2O_3 , Cr_2O_3 , Fe_2O_3 , FeO ve MgO), Cr# ve Mg# değerleri söz konusu kromit kristallerindeki zonlanmayı açıkça göstermektedir (Şekil 10). Söz konusu örnekteki Mg–kromit kristaline ait Cr# değerinin merkezden kenara doğru artması ve Al_2O_3 ana oksit değerlerinin de Mg–kromitin merkezinden kenarına doğru azalma göstermesi kromitlerin alterasyonundan etkilendiğini göstermektedir. Kromit kristallerinin kenar kısımlarında Fe^{3+} iyon konsantrasyonunun artışı ikincil süreçlerin kromitler üzerinde etkili olduğunu göstermektedir (Akmaz vd., 2014); fakat Kızılyüksek kromitlerine ait PK37–1 numaralı örnekte Mg–kromit kristalinin kenar kısmından merkeze doğru Fe_2O_3 konsantrasyonunda azalma meydana gelmektedir. Bu durum, kromitlerin düşük oksidasyon koşullarında alterasyona uğraması (Kapsiotis, 2014) ve kromit kristalinin silikat mineralleri ile

etkelişime girmesiyle kenar kısımlarında Fe^{3+} değiş-tokuşu olmadan Al'un kromit kristalinden uzaklaşması (Barnes, 2000) ile açıklanmaktadır.



Şekil 24. Kızılyüksek podiform kromititlerine ait kromit kristallerinin ana ve iz element içeriklerinin OOSB'larda gözlenen kromit kristallerinin ana ve iz element değerlerine oranlanmış çoklu element diyagramı. $Kromit_{OOSB}$ ve Boninit değerleri Page ve Barnes (2009)'den alınmıştır.

4.3. PGM, BMM ve Silikat Kapanımlarının Petrolojik Anlamı

Kromit kristallerinin bünyesinde bulunan PGM ve BMM kapanımlarının dokusu ve şekli söz konusu katı fazların kökeni hakkında bilgiler vermektedir. Alterasyona uğramamış kromit kristalleri bünyesinde öz şekilli/yarı öz şekilli olarak bulunan PGM ve BMM kapanımları, söz konusu kapanımların, kromit kristalinin oluşumdan önce veya kromit kristali ile birlikte oluştuğunu göstermekte olup, magmatik bir kökeni ifade etmektedir (Prichard ve Tarkian, 1988; Garuti vd., 1999; Brenan ve Andrews, 2001; Uysal vd., 2004, 2007a, 2008; Akmaz vd., 2014).

Plâtin grubu mineraller kromitlerde alaşımlar ve sülfürlü fazlar şeklinde bulunmakta olup, söz konusu PGM çeşitliliği PGM'leri kristallendiren ergiyiğin sıcaklığı ve kükürt fugasitesi [$f(S_2)$] koşullarını ortaya koymaktadır (Augé, 1985; Ahmed ve Arai, 2003; Ahmed, 2007; Uysal vd., 2007a, 2008, 2015; González-Jiménez vd., 2011a, 2014a;

Zaccarini vd., 2011; Kapsiotis vd., 2011; Akmaz vd., 2014). Kromitlere ait kromit kristalleri bünyesinde bulunan PGM'leri kristallendiren ergiyiğin sıcaklık ve $f(S_2)$ koşullarını belirleyebilmek için Brenan ve Andrews, (2001) ve Bockrath vd., (2004) deneysel çalışmalar yapmışlardır. Bu deneysel çalışmalar kapsamında yüksek sıcaklık (1200–1300 °C) ve düşük kükürt fugasitesi ($\log f(S_2) = -2 - -1$) koşullarındaki bir ergiyikten itibaren saf RuS_2 bileşimine çok yakın laurit mineralleri oluşurken, sıcaklığın düşmesi ve $f(S_2)$ 'nin artmasıyla laurit mineralindeki Ru'nun yerini kısmen Os olarak Os'ca zengin laurit minerallerinin kristallendiğini gözlemlemişlerdir. Kromit kristalleri ile birlikte veya kromit kristallerinden önce oluşan PGM'ler, ilksel ergiyikten sırasıyla IPGE alaşımları, Ru'ca zengin laurit ve Os'ca zengin laurit olmak üzere kristallenmektedir (Westland, 1981; Stockman ve Hlava, 1984; Brenan ve Andrews, 2001; Bockrath vd., 2004; Distler vd., 2008).

Laurit mineralleri Kızılyüksek kromitlerinde en bol bulunan PGM olup, Ru'ca zengin bileşime sahiptir ($Ru\# = 72.3-96.6$). Laurit minerallerinin yanı sıra, osmiyum ve iridyum mineralleri söz konusu kromitlerde bulunan bir diğer mineral grubudur. Kromitlerde birincil kapanımlar hâlinde osmiyum, iridyum ve Ru'ca zengin laurit minerallerinin bulunması, söz konusu kromitlerin yüksek sıcaklık ve düşük $f(S_2)$ koşullarında oluştuğunu göstermektedir. PK50–1–1 numaralı kromit örneğinde, $Ru\#$ değeri 88.6 olan laurit ile iridyum mineralinin birlikte ikili faz hâlinde bulunuşu (Şekil 15 #13), söz konusu kromitlerin yüksek sıcaklık ve düşük $f(S_2)$ koşullarında oluştuğunu desteklemektedir (Şekil 25).

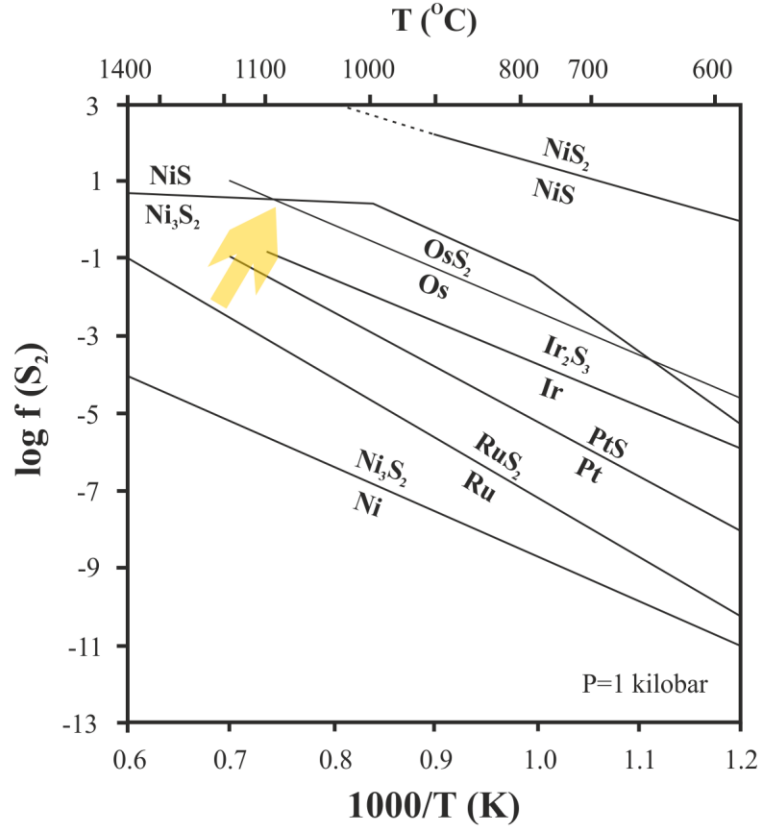
Sperillit mineraline genellikle kromit kristallerinin kırık ve çatlaklarında ve silikat matrikste hidrotermal alterasyon ürünü olarak rastlanılmış olup (Tarkian ve Prichard, 1987; Prichard ve Tarkian, 1988; Agué vd., 2002; Ahmed, 2007), nadir olarak magmatik kökenli fazlar şeklinde gözlenmiştir (Agué vd., 2002). Plâtin grubu mineralleri magmatik ve hidrotermal kökenli olmak üzere detaylı bir şekilde inceleyen Agué vd. (2002), kromitlerdeki sperillit minerallerinin hem magmatik hem de hidrotermal kökenli olabileceğini belirtmiştir. Araştırmacı, sperillit minerallerinin hidrotermal alterasyon ürünü olan lauritlerle birlikte bulunduğunu belirtmiş ve söz konusu lauritlerin magmatik kökenli lauritlere kıyasla daha fazla As (1.01–5.97 ağırlık %) içerdiğini belirtmiştir. Kızılyüksek kromitlerine ait PK26–1 numaralı örnekte laurit minerali ile sperillit minerali ikili faz oluşturacak şekilde kromit kristalinde birincil kapanım olarak bulunmakta olup (Şekil 15

#24), laurit mineralinin As içeriği 0.88 ağırlık %'den azdır. Bu durum laurit minerali ile birlikte bulunan sperillit mineralinin magmatik kökenli olduğunu desteklemektedir.

Kromitlerde PGM kapanımları ile birlikte ikili faz oluşturan birincil silikat kapanımlarının (Şekil 15 #17) varlığı, PGM'i kristallendiren sülfid ergiyiğinin bir miktar silikat ergiyiği ile birlikte kromit kristali bünyesinde kapanlandığını göstermektedir.

Hezlavudit ve pentlandit, Kızılyüksek kromitlerine ait taze Mg-kromit kristallerinde tek fazlı birincil kapanım olarak bulunmaktadır. Ayrıca avaruvit mineralleri de kromit kristallerinin kırık ve çatlaklarında ender olarak gözlenmektedir. Mg-kromit kristallerinde kırıklardan uzakta birincil kapanım olarak bulunan BMM'ler, hidrotermal süreçler sonucu oluşan fazlar olmayıp, magmatik kökeni ifade etmektedir. Bununla birlikte, kromit kristalinin çatlak ve kırıklarında bulunan BMM'lerin ise hidrotermal süreçler sonucu oluştuğu düşünülmektedir. Kızılyüksek kromitlerinde birincil kapanımlar hâlinde bulunan Ru'ca zengin laurit minerallerinin yanı sıra hezlavudit mineralleri de söz konusu kromitlerin yüksek sıcaklık ve düşük $f(S_2)$ koşullarında oluştuğunu göstermektedir (Şekil 25). Kızılyüksek kromitlerinde gözlemlenen PGM fazı olan lauritlerin Ru'ca zengin ($Ru \# > 72$) olması ve erliçmanit minerallerine rastlanılmaması, söz konusu kromitlerde bulunan hezlavudit minerallerinin duraylılık alanının 1200–1300 °C ve $-2 - -1 \log f(S_2)$ aralığında olduğunu göstermektedir (Şekil 25).

Kromitleri oluşturan kromit kristallerinin bünyesinde bulunan birincil silikat kapanımlarının türü, söz konusu kapanımları kristallendiren ergiyiğin sulu ya da susuz olduğunu ortaya koymaktadır. İlk olarak Lorand ve Ceuleneer (1989), kromit kristallerinde bulunan amfibol minerallerinin sulu bir ergiyikten itibaren kristallendiğini ortaya koymuş ve yiten okyanusal litosferi ise kaynak olarak göstermiştir. Son zamanlarda yapılan çalışmalar, Lorand ve Ceuleneer (1989)'ın yaptığı çalışmayı doğrular nitelikte olup, kromit kristallerinin bünyesinde bulunan amfibol kapanımlarının yitim zonlarında oluşan sulu bir ergiyikten itibaren kristallenmiş olabileceğini göstermektedir (McElduff ve Stumpfl, 1991; Uysal vd., 2009b; González-Jiménez vd., 2011a; Zhou vd., 2014). Kızılyüksek ofiyolitik kromitlerinde olivin, piroksen ve amfibol kapanımları kromit kristalleri birincil kapanımlar şeklinde bulunmakta olup, magmatik kökenli olduğu düşünülmektedir. Söz konusu kromit kristallerinde birincil amfibol kapanımlarının bulunması ise Kızılyüksek kromitlerinin sulu bir ergiyikten itibaren yitim zonu ortamında oluştuğunu desteklemektedir.



Şekil 25. Metal-sülfit dengeleme eğrileri diyagramı (Stockman ve Hlava, 1984). Şekilde verilen ok, Kızılyüksek ofiyolitik kromititleri için önerilen fS_2 - T magmatik yönsemesini göstermektedir.

4.4. Plâtin Grubu Element Dağılımları

Siderofil ve kalkofil özelliğe sahip olan plâtin grubu elementler çoğunlukla kükürtçe zengin olan yerkürenin çekirdek bölümünde yoğunlaşmış olup az da olsa yerkürenin manto kesiminde de bulunmaktadır. Plâtin grubu elementler çoğunlukla mantodaki sülfitli fazların bünyesinde bulunmakta olup, mantonun kısmi ergimesiyle birlikte ergiyiğin bünyesine geçmektedir (Zhou vd., 1998; Prichard vd., 2008; González-Jiménez vd., 2011a).

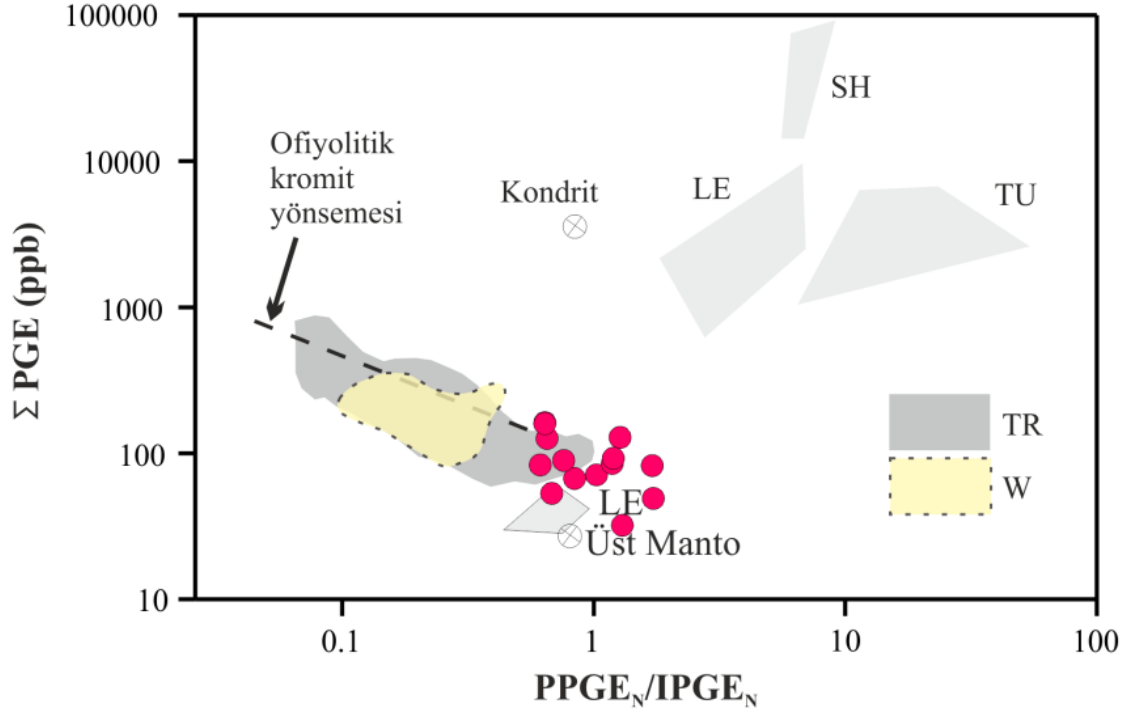
Okyanus ortası sırtı ortamlarındaki kısmi ergime derecesi %2-15 aralığında değişmekte olup (Beard vd., 2007; Hellebrand vd., 2001; Uysal vd., 2012, 2014a, 2015), söz konusu ortamlarda manto kayaçları düşük dereceli kısmi ergimeye uğrayarak bünyesinde bulunan PPGE'ler kısmi ergimeyle birlikte ergiyiğin bünyesine geçip, manto kayaçlarında söz konusu elementler bakımından tüketilmektedir (Barnes vd., 1985; Leblanc, 1991). Mono sülfit katı ergiyik serisi bünyesinde bulunan IPGE'lerin manto kaynağından ayrılabilmesi için daha yüksek derecede kısmi ergimenin gerçekleşmesi

gerekmektedir (Ahmed ve Arai, 2002; Prichard vd., 2008; González–Jiménez vd., 2011a; Akmaz vd., 2014; Uysal vd., 2015). Pozantı–Karsantı ofiyoliti, yaklaşık olarak %20–30 kısmi ergime kalıntısı manto kayaçlarından oluşmakta olup (Saka vd., 2014), söz konusu ofiyolitin bünyesinde bulunan kromititlerin de yitim zonunda boninitik bir ergiyikten itibaren kristallendiği düşünülmektedir. Pozantı–Karsantı ofiyolitine ait manto kayaçlarının en az iki evreli bir kısmi ergime kalıntısı olduğu, söz konusu manto kayaçlarının OOS tektonik ortamında ilk evre düşük dereceli kısmi ergime sonrasında bir yitim zonu ortamında tekrar ergimeye uğradığı ve dolayısıyla geride kalan manto kayaçlarının kısmen yüksek dereceli bir ergime kalıntısı olduğu önerilmektedir (Saka vd., 2014). İlk evre kısmi ergime süreçlerinde PPGE’ler bakımından önemli derecede tüketilmiş olan mantonun bir yitim zonu ortamında tekrar ve yiten okyanusal kabuktan türeyen uçucu ve suyun etkisiyle kısmen daha yüksek dereceli bir ergimeye uğraması, PPGE’lerce fakir fakat IPGE’lerce kısmen zengin bir ergiyiğin oluşumunu sonuçlayacaktır. Söz konusu ergiyikten itibaren kristallendiği düşünülen kromititlerin ise IPGE bakımından zengin, PPGE bakımından ise fakir olması beklenmektedir (Şekil 20). İridyum grubu plâtin grubu elementleri bakımından kısmen zengin olan ergiyikten itibaren öncelikle osmiyum–iridyum alaşımları ve Ru’ca zengin laurit mineralleri kristallenmekte, daha sonra sıcaklığın düşmesi ve $f(S_2)$ ’nin artmasıyla birlikte erliçmanit mineralleri ile BMM fazlarının kristallenmesi beklenmektedir (Brenen ve Andrews, 2001; Bockrath vd., 2004; González –Jiménez vd., 2011a; Uysal vd., 2015). Bu şekilde meydana gelen söz konusu PGM’ler Kızılyüksek kromititleri için PGE kaynağı olmaktadır. Boninitik bir ergiyikten itibaren olduğu düşünülen Kızılyüksek kromititleri Türkiye genelindeki kromititlere kıyasla PGE bakımından kısmen tüketilmiş olup (Şekil 26), toplam PGE içerikleri 32–162 ppb arasında değişmektedir.

Kızılyüksek kromititlerinin ilksel manto PGE değerlerine oranlanmış PGE diyagramında, özellikle Os içerikleri bakımından dünya genelindeki kromititlere kıyasla kısmen tüketilmiş olduğu görülmektedir (Şekil 20). Kızılyüksek kromititlerinde rastlanılan lauritlerin hemen hemen hepsinin Ru’ca zengin olması ve osmiyum minerallerinin de lauritlere kıyasla oldukça az olması söz konusu kromititleri kristallendiren ergiyiğin Os’ca fakir olduğunu göstermektedir. Söz konusu kromititlerin Os içerikleri bakımından kısmen tüketilmiş olması iki farklı muhtemel durum ile açıklanabilir.

1– Söz konusu kromititlerin, kısmen farklılaşmış bir ergiyikten kristallenmiş olması: Bu durumda, söz konusu ergiyiklerden daha önce (ve muhtemelen daha derin mantoda)

kristallenen kromitlerin uyumlu davranış sergileyen Os içerikleri bakımından daha zengin olması ve daha bol osmiyum–iridyum alaşımları içermesi beklenmelidir.

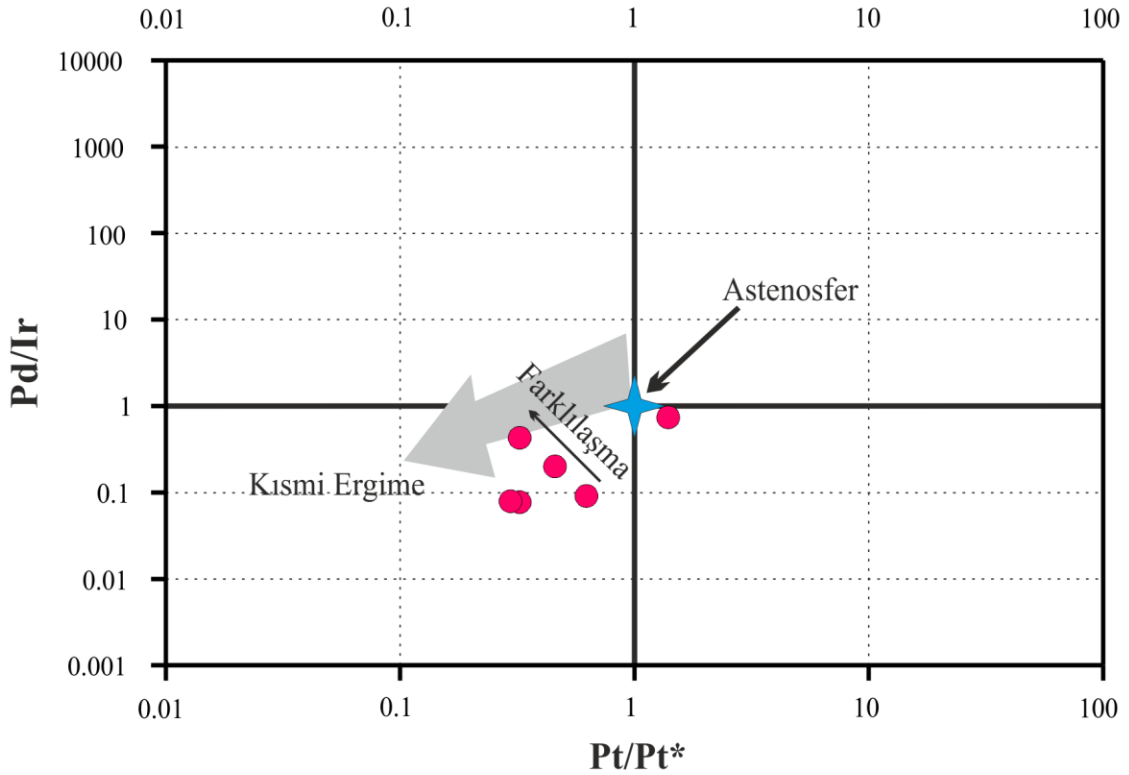


Şekil 26. Kızılyüksek kromitlerinin $PPGE_N/IPGE_N$ oranlarına karşılık ΣPGE değerleri arasındaki ilişki. Kondrit değerleri Naldrett ve Duke (1980) 'den, ofiyolitik kromit yönsemesi Melcher vd. 1999'den alınmıştır. SH: Shetland Kromititleri (Prichard vd., 1986); LE: Leka Kromititleri (Pedersen vd., 1993); TU: Tulameen Kromititleri (Nixon vd., 1990; Talkington ve Watkinson, 1986); TR: Türkiye Ofiyolitik Kromititleri (Uçurum vd., 2000, 2006; Uysal vd., 2005, 2007b, c, 2009b); W: Doğu Küba Ofiyolitik Kromititleri (González-Jiménez vd., 2011a), Kosta Rika Ofiyolitik Kromititleri (Zaccarini vd., 2011), Kuzeybatı Suudi Arabistan Kromititleri (Ahmed vd., 2012), İran Kromititleri (Jannessary vd., 2012).

2– Kısmi ergimeye uğrayan mantonun Os'ca fakir olması: Söz konusu kromitleri oluşturan ergiyikleri meydana getiren kısmi ergime süreçleri öncesinde gerçekleşmiş olan yüksek dereceli bir kısmi ergime mantonun bu element bakımından fakirleşmesini sonuçlanmış olabilir. Ancak bu durumda, Os'a göre Ir ve Ru içeriklerinin daha çok tüketilmesi beklenir. İncelenen kromitlerde Ir ve Ru içeriklerinin ilkel manto değerlerine oranlanmış PGE grafiklerinde (Şekil 20) Os'a göre kısmen daha bol oluşu, bu durumun pek olası olmadığını göstermektedir. Dolayısıyla Kızılyüksek kromitlerindeki Os konsantrasyonunun kısmen az olması, söz konusu kromitleri kristallendiren ergiyiğin

kısmen farklılaşmış olduğunu göstermektedir.

Garuti vd. (1997) tarafından önerilen $Pt/Pt^* [(Pt/1020)/[(Rh/200)*(Pd/545)]^{1/2}]$ değerleri ile Pd/Ir oranları arasındaki ilişkinin verildiği diyagramda tüm kromitit örnekleri için Pd/Ir oranlarının 1'den küçük, Pt anomali değerlerinin de 1 örnek hariç 1'den küçük olduğu gözlenmiştir. Söz konusu diyagramda her ne kadar kromitit örnekleri azalan Pd/Ir ve Pt/Pt^* değerleri ile farklı kısmi ergime derecesine sahip ergiyikler tarafından kristallenmiş olarak görülse de, bazı örneklerdeki azalan Pt/Pt^* değerlerine karşılık Pd/Ir oranlarındaki artış, bu kromititlerin kısmen farklılaşmış bir ergiyikten kristallendiğine işaret etmektedir (Şekil 27).



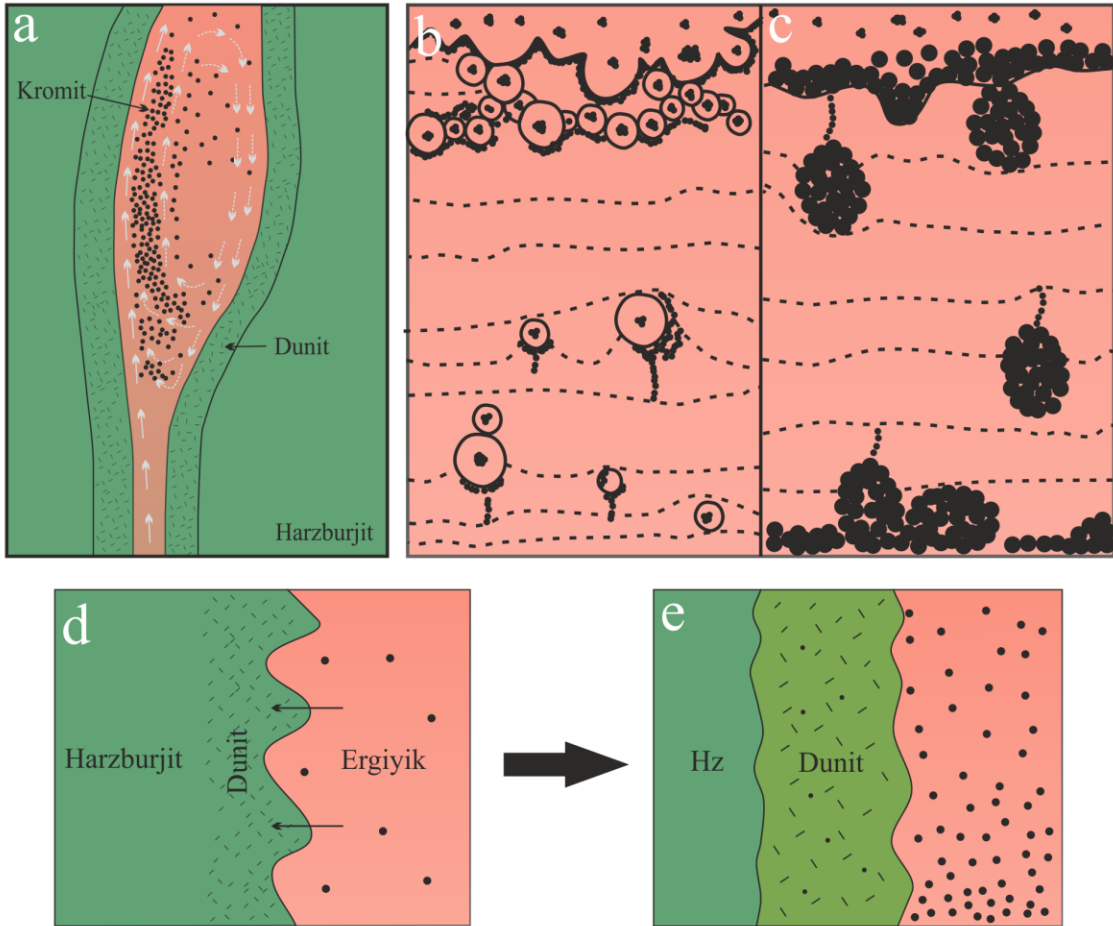
Şekil 27. Kızılyüksek ofiyolitik kromititlerinin $Pt/Pt^* [(Pt/1020)/[(Rh/200)*(Pd/545)]^{1/2}]$ değerleri ile Pd/Ir oranları arasındaki ilişki [Garuti vd. (1997)'den değiştirilmiştir].

4.5. Kızılıyüksek Kromitleri İçin Önerilen Tektonik Oluşum Modeli

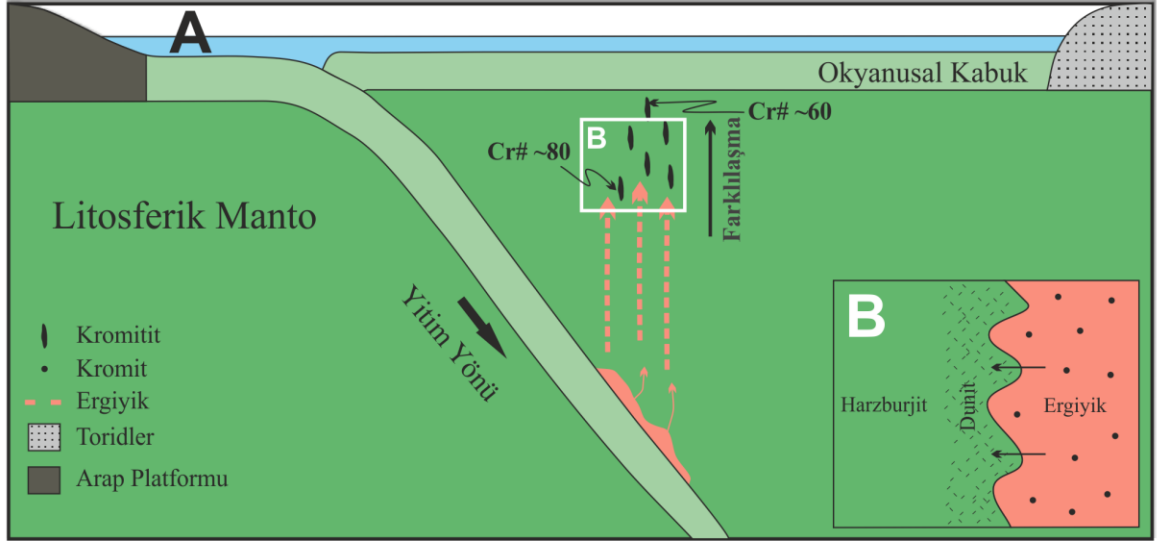
Oluşum modeli ve tektonik ortamı hâlâ tartışma konusu olan kromitler için geçmişten günümüze kadar farklı model ve oluşum ortamları önerilmiştir. İlk olarak Lago vd. (1982), kromit oluşumu için açılma zonlarında, manto kayaçlarındaki kırıklarda bazaltik ergiyiğin sürekli sirkülasyonu ile ergiyikteki kromit kristallerinin birikip, kromitleri oluşturduğunu savunmuştur (Şekil 28a). Ayrıca araştırmacılar, ergiyik–peridotitin etkileşimi neticesinde kromitlerin çevresinde dunit çeperlerinin geliştiğini de belirtmişlerdir. Kayaç–ergiyik etkileşim modeli kromitlerin oluşumu için önerilen bir diğer model olup (Arai ve Yurimoto, 1994; Zhou vd., 1994, 1996, 1998; Arai, 1997), son yıllarda çoğu araştırmacı tarafından desteklenmiştir (Robinson vd., 1997; Uysal vd., 2007b, 2009a, b, 2015; Rollinson, 2008; Kapsiotis vd., 2011; Gongalez–Jimenez vd., 2011a; Akmaz vd., 2014). Bu model kapsamında, OOS tektonik ortamında kısmen tüketilmiş manto kayacı olan harzburjitin yitim zonlarında oluşan bazaltik ergiyik ile etkileşimi (Şekil 28d) ve harzburjitin bünyesinde bulunan ortopiroksen minerallerinin ergiyik tarafından tüketildiği önerilmektedir. Ergiyik, bu etkileşim sonucunda SiO₂ bakımından gittikçe zenginleşmekte ve bünyesindeki krom elementi söz konusu ergiyikte duraylı kalmayarak Cr–spinel minerali olarak kristallenmektedir (Şekil 28e). Kayaç–ergiyik etkileşim modelinin yanı sıra son yıllarda Matveev ve Ballhaus (2002) tarafından önerilen yitim zonu ortamında silikat ergiyik ile akışkanların karışımı nodüler kromitlerin oluşum modeli olarak önerilmiştir. Bu model iki aşamalı bir süreç olarak önerilmekte olup, ilk etapta baloncuklar hâlindeki akışkanlar ergiyikteki kromit mikrolitlerini bünyesine alarak kromit kristallerini biriktirmektedir (Şekil 28b). İkinci aşamada ise kromit kristalleri baloncuklar hâlindeki akışkan fazlarda yeteri kadar biriktikten sonra çökelmeye başlar ve nodüler yapılı kromitleri oluşturur (Şekil 28c).

Kromitlerin oluşum ortamları için geçmişten günümüze kadar farklı yorumlamalarda bulunulmuş olup, yüksek–Cr kromitlerinin yitim zonunda boninitik karakterli ergiyikten itibaren oluştuğu önerilirken, yüksek–Al kromitlerinin ise yay gerisi havza ortamında okyanus ortası sırtı bazalt karakterindeki ergiyikten itibaren kristallendiği önerilmektedir (Zhou vd., 1994, 1996, 1997, 2014; Robinson vd., 1997; Uysal vd., 2007b, 2009a, b, 2015; Rollinson, 2008; Kapsiotis vd., 2011; Gongalez–Jimenez vd., 2011a; Zaccarini vd., 2011; Garuti vd., 2012; Akmaz vd., 2014).

Saka vd. (2014) tarafından yapılan çalışmada Kızılyüksek kromitlerini barındıran ofiyolitik istife ait manto peridotitlerin yüksek kısmi ergime kalıntısı oldukları belirtilmiştir. Söz konusu kromitlere ait kromit kristallerinin Cr# değerlerinin yüksek olması (67–81), kromit kristallerinde sulu mineral olan amfibol kapanımlarının bulunması ve kromitlerdeki IPGE'lerin PPGE'lere oranla fazlalığı, Kızılyüksek kromitlerinin bir yitim zonunda (Şekil 29A) ve farklılaşan boninitik ergiyikten itibaren kristallendiğini desteklemektedir (Şekil 29B). Ayrıca genellikle masif, saçınımlı ve kısmen bantlı yapı gösteren Kızılyüksek kromitlerinin dokusal özellikleri, söz konusu kromitlerin kayaç–ergiyik etkileşimi sonucu oluştuğunu göstermektedir.



Şekil 28. Geçmişten günümüze kadar kromit oluşumu için önerilen modeller a: Lago vd., 1982, b, c: Matveev ve Ballhaus, 2002, d, e; Arai ve Yurimoto, 1994; Zhou vd., 1994, 1996, 1998; Arai, 1997.



Şekil 29. Kızyüksek kromitlerinin oluşumu için önerilen tektonik ortam modeli.

5. SONUÇLAR

1. Dunitler tarafından çevrelenmiş Kızılyüksek kromitleri genellikle harzburjitler

içerisinde bulunmakta olup, yitim zonu ortamında oluşan boninitik karakterli ergiyiğin manto kayaçları ile etkileşimi sonucu oluştuğu düşünülmektedir. Genellikle masif ve saçınımlı yapı gösteren kromitler daha çok manto tektonitleri bünyesinde gözlemlenirken, bantlı yapı sunan kromitlerin ise ultramafik kümülatlarla ilişkili olduğu düşünülmektedir.

2. Kızılyüksek kromitlerini kristallendiren ilksel ergiyiğe ait Al_2O_3 , TiO_2 ve FeO/MgO değerleri sırasıyla 10.8–13.6 (ağ.%), 0.25–0.39 (ağ.%) ve 0.6–1.2 aralığındadır. Söz konusu değerler boninitik karaktere sahip ergiyikler için karakteristiktir ve Kızılyüksek kromitlerinin de boninitik karakterdeki ergiyikten itibaren kristallendiğini gösterir.

3. Kızılyüksek kromitlerinin PGE jeokimyası, PGM mineralizasyonu ve kromit kimyası, söz konusu kromitlerin farklılaşan ergiyikten itibaren oluştuğunu göstermektedir.

4. Kızılyüksek kromitlerine ait kromit kristallerinde gözlemlenen PGM'ler magmatik kökenli olmakla birlikte çoğunlukla laurit bileşimlidir. Kromit kristalleri ile birlikte veya öncesinde kristallendiği önerilen laurit minerallerinin Ru# değerlerinin oldukça yüksek olması (72.3–96.6), söz konusu kromitlerin yüksek sıcaklık ve düşük $f(S_2)$ koşullarında kristallendiği gösterir. Laurit minerallerinin yanı sıra kromitlerde osmiyum ve iridyum kapanımlarının bulunması kromitlerin yüksek sıcaklık ve düşük $f(S_2)$ koşullarında kristallendiğini desteklemektedir.

5. Kızılyüksek kromitlerinde gözlemlenen birincil amfibol kapanımları, kromitleri kristallendiren ergiyiğin sulu bir ergiyik olduğunu ve dolayısıyla kromitlerin oluşum ortamı için yitim zonu ortamını işaret etmektedir.

6. Kızılyüksek kromitleri genellikle düşük konsantrasyonlarda PGE içermekte olup, ekonomik değere sahip bir zenginleşme göstermemektedir. İridyum grubu plâtin grubu elementler PPGE'lere kıyasla zenginleşme göstermekte olup, tipik ofiyolitik podiform kromitlerle benzerlik göstermektedir.

6. ÖNERİLER

Pozantı-Karsantı ofiyolitine ait kromitlerin kromit kimyası, PGE jeokimyası ve PGM bileşimi kromitlerin kısmen farklılaşan boninitik bir ergiyikten itibaren oluştuğunu ortaya koymaktadır. Söz konusu kromitleri kristallendiren ergiyiğin farklılaşmasıyla öncelikle Os'ca zengin PGM'ler kristallenmektedir. Kızılyüksek kromitlerinin Os bakımından fakir olduğu hem tüm kayaç PGE analizlerinde hem de kromit kristallerinin bünyesindeki PGM'lerle doğrulanmıştır. Söz konusu durum, Kızılyüksek kromitlerinin ergiyikten ilk olarak kristallenen kromitler olmadığını ve derinlerde ergiyikten ilk olarak kristallenen kromitlerin olabileceğini göstermektedir. Geniş çaplı bir alanda yapılacak olan örnekleme ve akabinde kromit kimyası, PGE jeokimyası ve PGM analizleri alanda daha fazla kromit yataklarının olup olmadığına ışık tutabilir.

7. KAYNAKLAR

- Ahmed, A., H. ve Arai, S., 2002. Unexpectedly High-PGE Chromitite from the Deeper Mantle Section of the Northern Oman Ophiolite and Its Tectonic Implications, Contributions to Mineralogy and Petrology, 143, 263–278.
- Ahmed, A., H. ve Arai, S., 2003. Plâtinum-Group Minerals in Podiform Chromitites of the Oman Ophiolite, The Canadian Mineralogist, 41, 597–616.
- Ahmed, A., H., Arai, S., Abdel-Aziz, Y., M., Ikenne, M. ve Rahimi, A., 2009. Plâtinum-Group Elements Distribution and Spinel Composition in Podiform Chromitites and Associated Rocks from the Upper Mantle Section of the Neoproterozoic Bou Azzer Ophiolite, Anti-Atlas, Morocco, Journal of African Earth Sciences, 55, 92–104.
- Ahmed, 2007. Diversity of Plâtinum-Group Minerals in Podiform Chromitites of the Late Proterozoic Ophiolite, Eastern Desert, Genetic Implications, Ore Geology Review, 32, 1–19.
- Ahmed, A., H., Harbi, H., M. ve Habtoor, A., M., 2012. Compositional Variations and Tectonic Settings of Podiform Chromitites and Associated Ultramafic Rocks of the Neoproterozoic Ophiolite at Wadi Al Hwanet, Northwestern Saudi Arabia, Journal of Asian Earth Sciences, 56, 118–134.
- Akmaz, R., M., Uysal, İ. ve Saka, S., 2014. Compositional Variations of Chromite and Solid Inclusions in Ophiolitic Chromitites from the Southeastern Turkey: Implications for Chromitite Genesis, Ore Geology Review, 58, 208–224.
- Alan, İ., Şahin, Ş., Kop, A., Bakırhan, B., ve Böke, N., 2011. The Tectonostratigraphic Features of the Beledik Tectonic Window and Its Surroundings, Bulletin of The Mineral Research and Exploration Institute (Turkey, MTA), 143, 13–35.
- Arai, S. ve Yurimoto, H., 1994. Podiform Chromitites of the Tari-Misaka Ultramafic Complex, Southwestern Japan, as Mantle-melt Interaction Products, Economic Geology, 89, 1279–1288.
- Arai S., 1997. Origin of Podiform Chromitites, Journal of Asian Earth Sciences, 15, 303–310.
- Augé, T., 1985. Plâtinum-Group Mineral Inclusions in Ophiolitic Chromitite from the Vourinos Complex, Greece, The Canadian Mineralogist, 23, 163–171.
- Augé, T. ve Maurizot, P., 1995. Stratiform and Alluvial Plâtinum Mineralization in the New Caledonia Ophiolite Complex, The Canadian Mineralogist, 33, 1023–1045.

- Augé, T., Salpeteur, I. ve Bailly, L., 2002. Magmatic and Hydrothermal Plâtinum–Group Minerals and Base–Metal Sulfides in the Baula Complex, India, The Canadian Mineralogist, 40, 277–309.
- Bacuta, G., C., Kay, R., W., Gibbs, A., K. ve Lipin, B., R., 1990. Plâtinum–Group Element Abundance and Distribution in Chromite Deposits of the Acoje Block, Zambales Ophiolite Complex, Philippines, Journal of Geochemical Exploration, 37, 113–145.
- Bingöl, A., F., 1978. Petrologie du Masif Ophiolitique de Pozantı–Karsantı (Taurus Cilicien, Turquie): Etude de la Orientale, These 3^e Cycle, Universite Strasbourg.
- Ballhaus, C., 1998. Origin of Podiform Chromite Deposits by Magma Mingling, Earth and Planetary Science Letters, 156, 185–193.
- Barnes, S., J., Naldrett, A., J. ve Gorton, M., P., 1985. The origin of the Fractionation of the Plâtinum–Group Elements in Terrestrial Magmas, Chemical Geology, 53, 303–323.
- Barnes, S., J., 2000. Chromite in komatiites, II. Modification during greenschist to mid–amphibolite facies metamorphism, Journal of Petrology, 41, 387–409.
- Beard, A., D., Downes, H., Mason, P., R., D. ve Vetrin, V., R., 2007. Depletion and Enrichment Processes in the Lithospheric Mantle Beneath the Kola Peninsula (Russia): Evidence from Spinel Lherzolites and Wehrlite Xenoliths, Lithos, 94, 1–24.
- Bockrath, C., Ballhaus, C. ve Holzheid, A., 2004. Stabilities of Laurite RuS₂ and Monosulfide Liquid Solution at Magmatic Temperature, Chemical Geology, 208, 265–271.
- Bonavia, F., F., Diella, V. ve Ferrario, A., 1993. Precambrian Podiform Chromitites from Kenticha Hill, Southern Ethiopia, Economic Geology, 88, 198–202.
- Brenan, J., M. ve Andrews, D., R., A., 2001. High–Temperature Stability of Laurite and Ru Os–Ir Alloys and Their Role in PGE Fractionation in Mafic Magmas, The Canadian Mineralogist, 39, 341–360.
- Çakır, Ü., 1978. Petrologie Du Masisf De Pozantı–Karsantı (Taurus Cilicien, Turquie): Etude La Partie Centralla. These De Doctorat d’Ing. Univ. Strasbourg, 251.
- Çapan, U., 1980. Toros Kuşağı Ofiyolit Masiflerinin (Marmaris, Mersin, Pozantı, Pınarbaşı, ve Divriği) İç Yapıları, Petroloji ve Petrokimyalarına Yaklaşımlar, Doktora Tezi, H.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Çataklı, A., S., 1978. Petrographie et Geochimie des Filons de la Partie Occidentale du Masif Ophiolitique de Pozantı–Karsantı (Turqie), 6 eme R.A.S.T. Orsay, Paris, 94.

- Dilek, Y. ve Moores, E., M., 1990. Regional Tectonics of the Eastern Mediterranean Ophiolites. In: Malpas J., Moores E., Panayiotou A. ve Xenophontos C. (Eds.), *Ophiolites–Oceanic Crustal Analogues. Proc Troodos Ophiolite Symp*, Geological Survey, Cyprus 1987, 295–309.
- Dilek, Y. ve Flower, M., F., J., 2003. Arc–Trench Rollback and Forearc Accretion: A Model Template for Ophiolites in Albania, Cyprus and Oman, Geological Society, London, 218, 43–68.
- Dinter, D., A., 1988. Late Cenozoic Extension of the Alpine Collisional Orogen, Northeastern Greece: Origin of the North Aegean Basin, Geological Society of America Bulletin, 110, 1208–1230.
- Distler, V., V., Kryachko, V., V. ve Yudovskaya, M., A., 2008. Ore Petrology of Chromite–PGE Mineralization in the Kempirsai Ophiolite Complex, Mineralogy and Petrology, 92, 31–58.
- Economou–Eliopoulos, M., 1993. Plâtinum–group Elements (PGE) Distribution in Chromite Ores from Ophiolite Complexes of Greece: Implications for Chromite Exploration, Ofioliti, 18, 83–97.
- Economou–Eliopoulos, M. ve Vacondios, M., 1995. Geochemistry of the Chromitites and Host Rocks from the Pindos Ophiolite Complex, Northwestern Greece, Chemical Geology, 122, 99–108.
- Economou–Eliopoulos, M., 1996. Plâtinum–Group Element Distribution in Chromite Ores from Ophiolite Complexes: Implications for Their Exploration, Ore Geology Reviews, 11, 363–381.
- Economou–Eliopoulos, M., 2003. Apatite and Mn, Zn, Co–Enriched Chromite in Ni–Laterites of Northern Greece and Their Genetic Significance, Journal of Geochemical Exploration, 80, 41–54.
- Evans B., W. ve Frost B., R., 1975. Chrome–spinel I Progressive Metamorphism–a Reliminary Analysis, Geochimica et Cosmochimica Acta, 39, 959–972.
- Gahlan, H., A. ve Arai, S., 2007. Genesis of Peculiarly Zoned Co, Zn and Mn–Rich Chromian Spinel in Serpentinite of Bou–Azzer Ophiolite, Anti–Atlas, Morocco, Journal of Mineralogical and Petrological Sciences, 102, 69–85.
- Garuti, G., Fershtater, G., Bea, F., Montero, P., Pushkarev, E., V. ve Zaccarini, F., 1997. Plâtinum–Group Elements As Petrological Indicators in Mafic–Ultramafic Complexes of the Central and Southern Urals, Preliminary Results, Tectonophysics, 276, 181–194.
- Garuti, G., Zaccarini, F., Moloshag, V. ve Alimov, V., 1999. Plâtinum–Group Minerals As Indicators of Sulfur Fugacity in Ophiolitic Upper Mantle: An Example from Chromitites of the Ray–Iz Ultramafic Complex, Polar Urals, Russia, The Canadian Mineralogist, 37, 1099–1115.

- Garuti, G., Pushkarev, V., E., Thalhammer, O., A., R. ve Zaccarini, F., 2012. Chromitites of the Urals (Part 1): Overview of Chromite Mineral Chemistry and Geo-Tectonic Setting, Ofioliti, 37, 1, 27–53.
- González-Jiménez, J., M., Proenza, J., A., Gervilla, F., Melgarejo, J., C., Blanco-Moreno, J.A., Ruiz-Sanchez, R. ve Griffin, W., L., 2011a. High-Cr and high-Al chromitites from the Sagua de Tanamo District, Mayari-Cristal ophiolitic massif (Eastern Cuba): constraints on their origin from mineralogy and geochemistry of chromian spinel and plâtinumgroup elements, Lithos, 125, 101–121.
- González-Jiménez, J., M., Griffin, W., L., Gervilla, F., Proenza, J., A., O'Reilly, S., Y. ve Pearson, N., J., 2014a. Chromitites in Ophiolites: How, Where, When, Why?, Part 1. A Review and New Ideas on the Origin and Significance of Plâtinum-Group Minerals, Lithos, 189, 127–139.
- Graham, I., T., Franklin, B., J. ve Marshall, B., 1996. Chemistry and Mineralogy of Podiform Chromitite Deposits, Southern NSW, Australia: A Guide to Their Origin and Evolution, Mineralogy and Petrology, 37, 129–150.
- Harris, D., C. ve Cabri, L., J., 1991. Nomenclature of Plâtinum Group Element Alloys: Review and Revision, The Canadian Mineralogist, 29, 231–237.
- Hellebrand, E., Snow, J., E., Dick, H., J., B. ve Hofmann, A., W., 2001. Coupled Major and Trace Elements as Indicators of the Extent of Melting in Mid-Ocean-Ridge Peridotites, Nature, 410, 677–681.
- Jannessary, R., M., Melcher, F., Lodziak, J. ve Meisel, C., T., 2012. Review of Plâtinum-Group Element Distribution and Mineralogy in Chromitite Ores from Southern Iran, Ore Geology Reviews, 48, 278–305.
- Juteau, T., 1980. Ophiolites of Turkey, Ofioliti 2, 199–237.
- 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.
- Kapsiotis, A., Grammatikopoulos, A., T., Tsikouras, B., Hatzipanagiotou, K., Zaccarini, F. ve Garuti, G., 2011. Mineralogy, Composition and PGM of Chromitites from Pefki, Pindos Ophiolite Complex (NW Greece): Evidence for Progressively Elevated fAs Conditions in the Upper Mantle Sequence, Mineralogy and Petrology, 101, 129–150.
- Kapsiotis, A., 2013. Genesis of Chromitites from Korydallos, Pindos Ophiolite Complex, Greece, Based on Spinel Chemistry and PGE-Mineralogy, Journal of Geosciences, 58, 49–69.
- Kapsiotis, A., 2014. Alteration of chromitites from the Voidolakkos and Xerolivado mines, Vourinos ophiolite complex, Greece: implications for deformation-induced metamorphism, Geological Journey, Published online in Wiley Online Library, DOI: 10.1002/gj.2590.

- Kostantopoulou, G. ve Economou–Eliopoulos, M., 1991. Distribution of Plâtinum–Group Elements and Gold Within the Vourinos Chromitite Ores, Greece, Economic Geology, 86, 1672–1682.
- Lago, B., Rabinowicz, M. ve Nicolas, A., 1982. Podiform Chromite Ore Bodies, a Genetic Model, Journal of Petrology, 23, 103–125.
- Leblanc, M., 1991. Plâtinum–Group Elements and Gold in Ophiolitic Complexes: Distribution and Fractionation from Mantle to Oceanic Floor. In: Petters, T., J., Nicolas, A. ve Coleman, R. (Eds.), Ophiolite Genesis and Evolution of the Oceanic Lithosphere, Ministry of Petroleum and Minerals, Sultanate of Oman, 5, 231–260.
- Leblanc, M. ve Ceuleneer, G., 1992. Chromite Crystallization in a Multicellular Magma Flow, Evidence from a Chromitite Dike in the Oman Ophiolite, Lithos, 27, 231–257.
- Leblanc, M., 1995. Chromitite and Ultramafic Rock Compositional Zoning Through a Paleotransform Fault, Poom, New Caledonia, Economic Geology, 90, 2028–2039.
- Lorand, J., P. ve Ceuleneer, G., 1989. Silicate and Base–Metal Sulfide Inclusions in Chromites from the Maqsad Area (Oman Ophiolite, Gulf of Oman): a Model for Entrapment, Lithos, 22, 173–190.
- Maurel, C. ve Maurel, P., 1982. Etude Experimentale de la Distribution de L'aluminium Entre Bain Silicate Basique et Spinnelle Chromifere, Implications Petrogenetiques, Teneur en Chrome Des Spinnelles, Bull Mineral, 105, 197–202.
- Maurel, C., 1984. Etude Expérimentale de L'équilibre Spinnelle Chromifere Liquide Silicate Basique, SFMC Meet., "Les spinnelles", Lille.
- Matveev, S. ve Ballhaus, C., 2002. Role of Water in the Origin of Podiform Chromitite Deposits, Earth and Planetary Science Letters, 203, 235–243.
- McDonough, W., F. ve Sun, S.,–S., 1995. The Composition of the Earth, Chemical Geology, 120, 223–253.
- McElduff, B. ve Stumpfl, E., E., 1991. The Chromite Deposits of the Troodos Complex, Cyprus–Evidence for the Role of a Fluid Phase Accompanying Chromite Formation, Mineralium Deposita, 26, 307–318.
- Melcher, F., Grum, W., Simon, G., Thalhammer, T., V. ve Stumpfl, E., F., 1997. Petrogenesis of the ophiolitic giant chromite deposits of Kempirsai, Kazakhstan: a study of solid and fluid inclusions in chromite, Journal of Petrology, 38, 1419–1458.
- Melcher, F., Grum, W., Thalhammer, T., V. ve Thalhammer, O., A., R., 1999. The Giant Chromite Deposits at Kempirsai, Urals, Constraints from Trace Element (PGE, REE) and Isotope Data, Mineralium Deposita, 34, 250–272.
- Naldrett, A., J. ve Duke, J., M., 1980. Pt Metals in Magmatic Sulfide Ores, Science, 208, 1417–1424.

- Nixon, G., T., Cabri, L., J. ve Laflamme, J., H., G., 1990. Plâtinum–Group–Element Mineralization in Lode and Placer Deposits Associated with the Tulameen Alaskan–Type Complex, British Columbia, The Canadian Mineralogist, 28, 503–535.
- Okay, A., I., 2008. Geology of Turkey: A Synopsis, Anschnitt, 21, 19–42.
- Pagé, P. ve Barnes, S., J., 2009. Using Trace Elements in Chromites to Constrain the Origin of Podiform Chromitites in the Thetford Mines Ophiolite, Québec, Canada, Economic Geology, 104, 997–018.
- Paraskevopoulos, G., M., ve Economou–Eliopoulos, M., 1981. Zoned Mn–Rich Chromite from Podiform Type Chromite Ore in Serpentinites of Northern Greece, American Mineralogist, 66, 1013–1019.
- Parlak, O., Höck, V. ve Delaloye, M., 2002. The Suprasubduction Zone Pozantı–Karsantı Ophiolite, Southern Turkey: Evidence for High–Pressure Crystal Fractionation of Ultramafic Cumulates, Lithos, 65, 205–224.
- Pedersen, R., B., Johannesen, G., M. ve Boyd, R., 1993. Stratiform Plâtinum–Group Element Mineralizations in the Ultramafic Cumulates of the Leka Ophiolite Complex, Central Norway, Economic Geology, 88, 782–803.
- Poldevaart, A. ve Hess, H., H., 1951. Pyroxenes in the Crystallization of Basaltic Magmas, Journal of Geology, 59, 472–489.
- Prichard, H., M., Neary, C., R. ve Potts, P., J., 1986. Plâtinum Group Minerals in the Shetland Ophiolite, in *Metallogeny of Basic and Ultrabasic Rocks* (M.P. Gallagher, R.A. Ixer, C.R. Neary and H.M. Prichard, eds.), Institution of Mining and Metallurgy, London, U.K., 395–414.
- Prichard, M., H. ve Tarkian, M., 1988. Plâtinum and Palladium Minerals from Two PGE–Rich Localities in the Shetland Ophiolite Complex, The Canadian Mineralogist, 26, 979–990.
- Prichard, H., M., Neary, C., R., Fisher, F., C. ve O’Hara, M., J., 2008. PGE–Rich Podiform Chromitites in the Al’Ays Ophiolite Complex, Saudi Arabia: an Example of Critical Mantle Melting to Extract and Concentrate PGE, Economic Geology, 103, 1507–1529.
- Robinson, P., T., Zhou, M., F., Malpas, J. ve Bai, W., J., 1997. Podiform Chromitites, Their Composition, Origin and Environment of Formation, Episodes, 20, 247–252.
- Rollinson, H., 2008. The Geochemistry of Mantle Chromitites from the Northern Part of the Oman Ophiolite: Inferred Parental Melt Composition, Contributions to Mineralogy and Petrology, 156, 273–288.
- Rollinson, H. ve Adetunji, J., 2013. The Geochemistry and Oxidation State of Podiform Chromitites from the Mantle Section of the Oman Ophiolite: A Review, Gondwana Research, 27, 543–554.

- Saka, S., 2013. Pozantı–Karsantı Ofiyolitinin (Adana, Güney Türkiye) Petrolojisi: Üst Mantodaki Kısmi Ergime ve Ergiyik–Peridotit Etkileşim Süreçlerinin Tüm Kayaç ve Mineral Kimyası Üzerine Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Saka, S., Uysal, İ., Akmaz, R., M., Kaliwoda, M. ve Hochleitner, R., 2014. The Effects of Partial Melting, Melt–Mantle Interaction and Fractionation on Ophiolite Generation: Constraints from the Late Cretaceous Pozantı–Karsantı Ophiolite, Southern Turkey, Lithos, 202–203, 300–316.
- Stockman H., W. ve Hlava P., F., 1984. Plâtinum–Group Minerals in Alpine Chromitites from Gouthwestern Oregon, Economic Geology, 79, 491–508.
- Talkington, R., W. ve Watkinson, D., H., 1986. Whole Rock Plâtinum–Group Element Trends in Chromite–Rich Rocks in Ophiolitic and Stratiform Igneous Complexes. In *Metallogeny of Basic and Ultrabasic Rocks* (M.J. Gallagher, R.A. Ixer, C.R. Neary & H.M. Prichard, eds.), Institution of Mining and Metallurgy, London, U.K, 427–440.
- Tarkian, M. ve Prichard, H., M., 1987. Irarsite–Hollingworthite Solid–Solution Series and Other Associated Ru–, Os–, Ir–, and Rh–bearing PGM’s from the Shetland Ophiolite Complex, Mineralium Deposita, 22, 178–184.
- Tekeli, O., 1980. Toroslar’da Aladağlar’ın Yapısal Evrimi, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 23, 11–14.
- Tekeli, O., 1981. Toroslar’da Aladağ Ofiyolitli Melanjının Özellikleri, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 24, 57–64.
- Tekeli, O., Aksay, A., Ürgün, B., M. ve Işık, A., 1984. Geology of the Aladağ Mountains. In: Tekeli, O., ve Göncüoğlu M., C. (Eds.), *Geology of the Taurus Belt*, MTA, 143–158.
- Uçurum, A., Lechler, P., J. ve Larson, L., T., 2000. Plâtinum–Group Element Distribution in Chromite Ores from Ophiolite Complexes, Western Turkey, Trans. Inst. Min. Metall. (Sect B: Appl. Earth Sci.), 109, 112–120.
- Uçurum, A., Koptagel, O. ve Lechler, P., J., 2006. Main–Component Geochemistry and Plâtinum–Group–Element Potential of Turkish Chromite Deposits, With Emphasis on the Muğla Area, International Geology Review, 48, 241–254.
- Uysal, İ., Sadıklar, M., B., Tarkian, M., Karsli O. ve Aydın, F., 2005. Mineralogy and Composition of the Chromitites and Their Plâtinum–Group Minerals from Ortaca (Muğla SW Turkey): Evidence for Ophiolitic Chromitite Genesis, Mineralogy and Petrology, 83, 219–242.

- Uysal, İ., 2007. Muğla (GB–Türkiye) Üst Manto Peridotitleri ve Ofiyolitik Kromititler’inin Petrolojileri: Mineral Kimyası, Ana Oksit–İz Element–NTE–PGE Jeokimyası, PGE Mineralojisi ve Re–Os İzotop Sistematiği, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Uysal, İ., Tarkian, M., Sadıklar, M., B. ve Şen, C., 2007a. Plâtinum–Group–Elements Geochemistry and Mineralogy in Ophiolitic Chromitites from the Kop Mountains, Northeastern Turkey, The Canadian Mineralogist, 45, 355–377.
- Uysal, İ., Zaccarini, F., Garuti, G., Meisel, T., Tarkian, M., Bernhardt, H., J. ve Sadıklar, M., B., 2007b. Ophiolitic Chromitites from the Kahramanmaraş Area, Southeastern Turkey: Their Plâtinum–Group Elements (PGE) Geochemistry, Mineralogy and Os–isotope Signature, Ofioliti, 32, 151–161.
- Uysal, İ., 2008. Plâtinum–Group Minerals (PGM) and Other Solid Inclusions in the Elbistan–Kahramanmaraş, Mantle–hosted Ophiolitic Chromitites, South–Eastern Turkey: Their Petrogenetic Significance, Turkish Journal Earth Sciences, 17, 729–740.
- Uysal, İ., Tarkian, M., Sadıklar, M., B., Zaccarini, F., Meisel, T., Garuti, G. ve Heidrich, S., 2009a. Petrology of Al– and Cr–rich Ophiolitic Chromitites from the Muğla, SW Turkey: Implications from Composition of Chromite, Solid Inclusions of Plâtinum–Group Mineral, Silicate, and Base–metal mineral, and Os–isotope Geochemistry, Contributions to Mineralogy and Petrology, 158, 659–674.
- Uysal, İ., Zaccarini, F., Sadıklar, M., B., Tarkian, M., Thalhammer, O., A., R. ve Garuti, G., 2009b. The Podiform Chromitites in the Dağküpü and Kavak Mines, Eskişehir Ophiolite (NW–Turkey): Genetic Implications of Mineralogical and Geochemical Data, Geologica Acta, 7, 3, 351–362.
- Uysal, İ., Ersoy, Y., Karlı, O., Dilek, Y., Sadıklar, M., B., Ottley, C., J., Tiepolo, M. ve Meisel, T., 2012. Coexistence of Abyssal and Ultra–Depleted SSZ Type Mantle Peridotites in a Neo–Tethyan Ophiolite in SW Turkey: Constrains from Mineral Composition, Wholerock Geochemistry (Major–Trace–REE–PGE) and Re–Os Isotope Systematics, Lithos, 132–133, 50–69.
- Uysal, İ., Şen, A., D., Ersoy, E., Y., Dilek, Y., Saka, S., Zaccarini, F., Escayola, M. ve Karlı, O., 2014a. Geochemical Make–up of Oceanic Peridotites from NW Turkey and the Multi–Stage Melting History of the Tethyan Upper Mantle, Mineralogy and Petrology, 108, 49–69.
- Uysal, İ., Ersoy, E., Y., Dilek, Y., Escayola, M., Sarıfakıoğlu, E., Saka, S. ve Hirata, T., 2015. Depletion and Refertilization of the Tethyan Oceanic Upper Mantle as Revealed by the Early Jurassic Refahiye Ophiolite, NE Anatolia–Turkey, Gondwana Research, 27, 594–611.

- Uysal, İ., Akmaz, R., M., Kapsiotis, A., Demir, Y., Saka, S., Avcı, E. ve Müller, D., 2015. Genesis and Geodynamic Significance of Chromitites from the Orhaneli and Harmancık Ophiolites (Bursa, NW Turkey) as Evidenced by Mineralogical and Compositional Data, Ore Geology Reviews, 65, 26–41.
- Westland, A., D., 1981. Inorganic Chemistry of Plâtinum Group Elements, In: Cabri, L., J. (Ed.), Plâtinum–Group Elements: Mineralogy, Geology, Recovery, Can. Inst. Mining Metall., Spec., 23, 7–17.
- Yang, K. ve Seccombe, P., K., 1993. Plâtinum–Group Minerals in the Chromitites from the Great Serpentine Belt, NSW, Australia, Mineralogy and Petrology, 47, 263–286.
- Zaccarini, F., Garuti, G., Proenza, A.J., Thalhammer, O., A., R., Aiglsperger, T. ve Lewis, J., F., 2011. Chromite and Plâtinum Group Elements Mineralization in the Santa Elena Ultramafic Nappe (Costa Rica): Geodynamic Implications, Geologica Acta, 9, 407–423.
- Zhou, M., F. ve Robinson, P., T., 1994. High–chromium and High–aluminium Podiform Chromitites, Western China, Relationship to Partial Melting and Melt/Rock Interaction in the Upper Mantle, International Geology Review, 36, 678–686.
- Zhou, M., F., 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.
- Zhou, M., F., Sun, M., Keays, R., R. ve Kerrich, R., 1998. Controls on Plâtinum–group Elemental Distributions of Podiform Chromitites, a Case Study of High–Cr and High–Al Chromitites from Chinese Orogenic Belts, Geochimica et Cosmochimica Acta, 62, 677–688.
- Zhou, M.F., Robinson, P., T., Su, B., X., Gao, J., F., Li, J., W., Yang, J., S. ve Malpas, J., 2014. Compositions of chromite, associated minerals, and parental magmas of podiform chromite deposits: the role of slab contamination of asthenospheric melts in suprasubduction zone environments, Gondwana Research, 26, 262–283.

8. EKLER

Ek Tablo 1. Pozantı-Karsantı ofiyolitine ait yüksek-Cr bileşimli kromitit örneklerine ait Mg-kromit kristalleri üzerinde gerçekleştirilmiş elektron mikroprob analizi sonuçları. $Cr\# = 100 \times Cr / (Cr + Al)$, $Mg\# = 100 \times Mg / (Mg + Fe^{2+})$, $Fe^{3+\#} = 100 \times Fe^{3+} / (Cr + Al + Fe^{3+})$, dla: deteksiyon limiti altında, *: ilksel ergiyik bileşimi

Örnek#	PK4-1	PK4-1	PK4-1	PK4-1	PK4-1	PK6	PK6	PK6	PK6	PK6	PK7	PK7	PK7	PK7
SiO ₂	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla
TiO ₂	0.18	0.19	0.17	0.15	0.17	0.19	0.24	0.25	0.21	0.26	0.16	0.20	0.21	0.19
Al ₂ O ₃	9.79	9.58	9.58	9.79	9.63	12.77	12.70	12.74	12.78	12.85	11.32	11.40	11.50	11.31
Cr ₂ O ₃	60.53	58.53	60.33	61.09	60.47	58.00	57.69	58.22	57.87	57.20	60.11	59.80	59.50	60.03
Fe ₂ O ₃	1.48	1.97	1.40	1.43	1.85	2.03	2.34	2.31	2.29	2.74	2.00	1.35	2.02	2.09
FeO	17.69	15.66	16.26	16.56	17.58	14.32	14.76	14.35	14.04	13.30	14.02	14.45	13.59	14.43
MnO	0.18	0.13	0.14	0.11	0.19	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla
NiO	dla	dla	dla	dla	dla	dla	0.11	0.14	0.11	0.11	0.13	dla	0.11	0.11
MgO	10.45	11.13	11.11	11.22	10.51	13.10	12.81	13.19	13.25	13.68	13.14	12.80	13.37	12.95
Σ	100.30	97.19	98.99	100.36	100.39	100.41	100.65	101.19	100.56	100.12	100.88	10dla	100.31	101.11
Si	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ti	0.004	0.005	0.004	0.004	0.004	0.005	0.006	0.006	0.005	0.006	0.004	0.005	0.005	0.005
Al	0.380	0.381	0.374	0.377	0.373	0.480	0.478	0.475	0.479	0.482	0.426	0.433	0.434	0.425
Cr	1.575	1.560	1.582	1.580	1.573	1.462	1.455	1.458	1.456	1.440	1.518	1.524	1.507	1.515
Fe ³⁺	0.037	0.050	0.035	0.035	0.046	0.049	0.056	0.055	0.055	0.066	0.048	0.033	0.049	0.050
Fe ²⁺	0.487	0.442	0.451	0.453	0.484	0.382	0.394	0.380	0.374	0.354	0.375	0.390	0.364	0.385
Mn	0.005	0.004	0.004	0.003	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ni	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.000	0.003	0.003
Mg	0.513	0.559	0.549	0.547	0.515	0.623	0.609	0.623	0.629	0.649	0.626	0.615	0.638	0.616
Σ	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
Mg#	51.3	55.9	54.9	54.7	51.6	62.0	60.7	62.1	62.7	64.7	62.6	61.2	63.7	61.5
Cr#	80.6	80.4	80.9	80.7	80.8	75.3	75.3	75.4	75.2	74.9	78.1	77.9	77.6	78.1
Fe ³⁺ #	1.8	2.5	1.8	1.8	2.3	2.4	2.8	2.8	2.8	3.3	2.4	1.6	2.5	2.5
Al ₂ O ₃ *	10.86	10.74	10.74	10.85	10.77	12.24	12.21	12.23	12.25	12.27	11.61	11.65	11.69	11.60
TiO ₂ *	0.28	0.29	0.28	0.24	0.27	0.30	0.36	0.37	0.32	0.37	0.26	0.31	0.32	0.30
FeO/MgO*	1.28	1.06	1.11	1.12	1.26	0.87	0.91	0.86	0.84	0.77	0.83	0.88	0.79	0.86

Ek Tablo 1'in devamı

Örnek#	PK7	PK12B	PK12B	PK12B	PK12B	PK12B	PK13B	PK13B	PK13B	PK13B	PK13B	PK13-1	PK13-1	PK13-1
SiO₂	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla
TiO₂	0.17	0.24	0.18	0.21	0.20	0.19	0.18	0.21	0.19	0.25	0.21	0.19	0.21	0.16
Al₂O₃	11.33	11.33	11.33	11.50	11.22	11.32	12.38	12.57	12.60	12.51	12.50	12.15	12.34	12.31
Cr₂O₃	60.17	59.72	58.88	59.46	59.38	59.43	59.35	58.84	58.87	59.27	58.56	56.96	56.44	57.50
Fe₂O₃	1.55	1.86	2.64	2.29	2.00	2.17	2.52	1.54	2.12	2.23	2.43	3.24	3.28	2.78
FeO	14.02	15.09	14.43	14.96	15.09	14.98	14.24	14.24	13.06	13.22	13.07	12.30	12.31	12.32
MnO	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	0.12	dla
NiO	0.12	dla	0.12	dla	dla	0.11	0.12	dla	0.11	dla	0.12	dla	0.12	0.15
MgO	13.07	12.56	12.77	12.71	12.42	12.51	13.40	13.19	13.93	14.06	13.90	14.02	13.85	13.99
Σ	100.43	100.81	100.35	101.11	100.32	100.71	102.20	100.59	100.87	101.53	100.78	98.87	98.68	99.22
Si	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ti	0.004	0.006	0.004	0.005	0.005	0.005	0.004	0.005	0.005	0.006	0.005	0.005	0.005	0.004
Al	0.428	0.428	0.430	0.433	0.427	0.429	0.458	0.472	0.469	0.463	0.466	0.461	0.470	0.466
Cr	1.526	1.515	1.498	1.502	1.515	1.510	1.473	1.481	1.471	1.472	1.466	1.451	1.440	1.459
Fe³⁺	0.037	0.045	0.064	0.055	0.049	0.052	0.060	0.037	0.050	0.053	0.058	0.079	0.080	0.067
Fe²⁺	0.376	0.405	0.388	0.400	0.407	0.402	0.374	0.379	0.345	0.347	0.346	0.331	0.332	0.331
Mn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000
Ni	0.003	0.000	0.003	0.000	0.000	0.003	0.003	0.000	0.003	0.000	0.003	0.000	0.003	0.004
Mg	0.625	0.601	0.613	0.605	0.598	0.599	0.627	0.626	0.656	0.659	0.656	0.673	0.666	0.669
Σ	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
Mg#	62.4	59.7	61.2	60.2	59.5	59.8	62.6	62.3	65.5	65.5	65.5	67.0	66.7	66.9
Cr#	78.1	78.0	77.7	77.6	78.0	77.9	76.3	75.8	75.8	76.1	75.9	75.9	75.4	75.8
Fe³⁺#	1.9	2.3	3.2	2.8	2.4	2.6	3.0	1.9	2.5	2.6	2.9	4.0	4.0	3.4
Al₂O₃*	11.62	11.62	11.62	11.69	11.57	11.61	12.08	12.16	12.17	12.13	12.13	11.98	12.06	12.05
TiO₂*	0.27	0.36	0.28	0.32	0.31	0.30	0.28	0.32	0.30	0.37	0.32	0.30	0.32	0.26
FeO/MgO*	0.83	0.93	0.87	0.91	0.94	0.93	0.83	0.86	0.74	0.74	0.74	0.69	0.70	0.69

Ek Tablo 1'in devamı

Örnek#	PK13-1	PK15	PK15	PK15	PK15	PK20	PK20	PK20	PK20	PK20	PK20B	PK20B	PK20B	PK20B
SiO₂	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla
TiO₂	0.20	0.20	0.20	0.18	0.20	0.16	0.16	0.16	0.17	0.17	0.14	0.16	0.14	0.19
Al₂O₃	12.25	10.32	9.96	10.24	10.13	10.35	10.16	10.30	10.40	10.25	9.92	10.14	10.01	10.11
Cr₂O₃	56.83	59.42	58.70	59.42	59.04	60.47	59.01	59.82	59.77	58.75	60.05	60.60	61.43	60.85
Fe₂O₃	3.43	3.16	6.02	3.12	4.30	2.35	3.10	2.00	2.12	3.77	2.34	2.06	1.86	1.78
FeO	12.14	12.55	10.61	12.87	11.80	15.34	14.69	15.06	15.46	14.06	15.81	15.64	16.01	15.75
MnO	0.11	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla
NiO	dla	0.15	dla	0.17	0.10	dla	dla	dla	dla	0.11	0.11	dla	dla	dla
MgO	14.11	13.71	15.27	13.46	14.27	12.27	12.37	12.15	12.00	12.81	11.64	11.99	11.88	11.94
Σ	99.07	99.52	100.78	99.47	99.85	100.94	99.51	99.50	99.92	99.92	100.02	100.59	101.33	100.61
Si	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ti	0.005	0.005	0.005	0.004	0.005	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.003	0.004	0.003	0.005
Al	0.464	0.394	0.373	0.391	0.384	0.393	0.391	0.397	0.400	0.392	0.383	0.388	0.381	0.387
Cr	1.444	1.520	1.474	1.524	1.502	1.542	1.524	1.546	1.540	1.507	1.553	1.554	1.567	1.561
Fe³⁺	0.083	0.077	0.144	0.076	0.104	0.057	0.076	0.049	0.052	0.092	0.058	0.050	0.045	0.043
Fe²⁺	0.326	0.340	0.282	0.349	0.318	0.414	0.401	0.412	0.421	0.382	0.433	0.424	0.432	0.427
Mn	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ni	0.000	0.004	0.000	0.004	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.003	0.000	0.000	0.000
Mg	0.676	0.661	0.723	0.651	0.685	0.590	0.603	0.592	0.583	0.620	0.568	0.580	0.571	0.577
Σ	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
Mg#	67.5	66.1	72.0	65.1	68.3	58.8	60.0	59.0	58.0	61.9	56.8	57.7	56.9	57.5
Cr#	75.7	79.4	79.8	79.6	79.6	79.7	79.6	79.6	79.4	79.4	80.2	80.0	80.5	80.1
Fe³⁺#	4.2	3.9	7.2	3.8	5.2	2.9	3.8	2.5	2.6	4.6	2.9	2.5	2.3	2.2
Al₂O₃*	12.02	11.13	10.94	11.09	11.03	11.14	11.05	11.12	11.17	11.10	10.92	11.04	10.97	11.02
TiO₂*	0.31	0.31	0.31	0.29	0.30	0.26	0.26	0.26	0.28	0.27	0.23	0.26	0.24	0.29
FeO/MgO*	0.67	0.69	0.51	0.72	0.61	0.95	0.89	0.94	0.98	0.82	1.02	0.99	1.02	1.00

Ek Tablo 1'in devamı

Örnek#	PK20B	PK21	PK21	PK21	PK21	PK21	PK22	PK22	PK22	PK22	PK22	PK22B	PK22B	PK22B
SiO ₂	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla
TiO ₂	0.17	0.23	0.22	0.22	0.21	0.20	0.21	0.22	0.22	0.21	0.18	0.22	0.23	0.22
Al ₂ O ₃	10.03	12.50	12.67	12.73	12.65	12.40	13.55	13.70	13.69	13.51	13.69	14.38	13.33	13.25
Cr ₂ O ₃	60.79	58.21	58.02	57.76	58.21	58.27	58.73	58.95	58.46	58.50	58.20	58.79	55.91	56.06
Fe ₂ O ₃	2.15	2.10	2.13	2.53	2.46	2.42	1.37	1.79	1.88	1.83	1.93	1.71	4.65	3.57
FeO	15.11	12.93	13.10	13.17	13.53	13.26	11.76	11.64	11.71	11.54	11.67	11.48	10.23	10.76
MnO	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla
NiO	0.11	0.13	0.12	0.10	0.18	0.12	0.17	0.24	dla	0.13	0.13	0.24	0.12	0.15
MgO	12.26	13.81	13.73	13.77	13.59	13.67	14.80	15.07	15.04	14.98	14.90	15.36	15.69	15.11
Σ	100.63	99.91	99.99	100.28	100.82	100.33	100.59	101.61	100.99	100.71	100.70	102.19	100.17	99.11
Si	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ti	0.004	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.004	0.005	0.005	0.005
Al	0.383	0.470	0.476	0.477	0.473	0.465	0.501	0.501	0.504	0.498	0.505	0.521	0.493	0.496
Cr	1.556	1.469	1.463	1.452	1.459	1.467	1.457	1.447	1.442	1.448	1.441	1.429	1.387	1.408
Fe ³⁺	0.052	0.050	0.051	0.061	0.059	0.058	0.032	0.042	0.044	0.043	0.045	0.039	0.110	0.085
Fe ²⁺	0.409	0.345	0.349	0.350	0.359	0.353	0.309	0.302	0.306	0.302	0.306	0.295	0.268	0.286
Mn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ni	0.003	0.003	0.003	0.003	0.005	0.003	0.004	0.006	0.000	0.003	0.003	0.006	0.003	0.004
Mg	0.592	0.657	0.653	0.652	0.642	0.649	0.692	0.697	0.700	0.699	0.695	0.704	0.734	0.715
Σ	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
Mg#	59.1	65.6	65.1	65.1	64.2	64.8	69.2	69.8	69.6	69.8	69.5	70.5	73.2	71.5
Cr#	80.3	75.8	75.4	75.3	75.5	75.9	74.4	74.3	74.1	74.4	74.0	73.3	73.8	73.9
Fe ³⁺ #	2.6	2.5	2.6	3.0	2.9	2.9	1.6	2.1	2.2	2.2	2.3	2.0	5.5	4.3
Al ₂ O ₃ *	10.98	12.13	12.20	12.22	12.19	12.09	12.55	12.61	12.60	12.53	12.60	12.86	12.46	12.43
TiO ₂ *	0.27	0.34	0.33	0.33	0.33	0.31	0.32	0.34	0.33	0.32	0.29	0.34	0.35	0.33
FeO/MgO*	0.93	0.74	0.76	0.76	0.79	0.76	0.64	0.62	0.63	0.62	0.63	0.61	0.51	0.57

Ek Tablo 1'in devamı

Örnek#	PK26B	PK26B	PK26B	PK26B	PK26B	PK26-1	PK26-1	PK26-1	PK26-1	PK36	PK36	PK36	PK36	PK36
SiO₂	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla
TiO₂	0.14	0.17	0.18	0.16	0.17	0.16	0.15	0.16	0.16	0.17	0.17	0.16	0.17	0.18
Al₂O₃	16.22	16.35	16.67	17.02	16.83	16.67	16.27	16.73	16.60	10.23	10.24	9.90	10.22	10.10
Cr₂O₃	52.22	52.20	52.07	54.84	53.25	52.22	51.97	51.36	51.05	58.61	58.27	57.50	58.89	58.08
Fe₂O₃	4.60	4.71	3.82	2.85	2.61	2.89	3.09	2.63	3.33	4.63	4.76	6.36	4.18	5.11
FeO	10.98	10.94	12.63	12.43	12.20	11.68	11.60	11.56	12.23	12.31	12.85	11.76	12.47	13.10
MnO	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	0.13	dla	dla	dla	dla	dla
NiO	0.16	0.11	0.11	0.15	0.14	0.19	0.18	0.17	0.13	dla	dla	dla	0.19	dla
MgO	15.31	15.47	14.40	15.10	14.68	14.68	14.54	14.48	14.09	14.02	13.67	14.33	13.78	13.52
Σ	99.64	99.94	99.88	102.55	99.90	98.49	97.81	97.09	97.72	99.98	99.96	10dla	99.90	100.10
Si	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ti	0.003	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004
Al	0.597	0.599	0.614	0.610	0.618	0.620	0.611	0.630	0.624	0.388	0.389	0.376	0.389	0.384
Cr	1.289	1.283	1.287	1.318	1.312	1.303	1.308	1.299	1.288	1.491	1.487	1.463	1.502	1.483
Fe³⁺	0.108	0.110	0.090	0.065	0.061	0.069	0.074	0.063	0.080	0.112	0.116	0.154	0.101	0.124
Fe²⁺	0.287	0.285	0.330	0.316	0.318	0.308	0.309	0.309	0.327	0.331	0.347	0.316	0.336	0.354
Mn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ni	0.004	0.003	0.003	0.004	0.004	0.005	0.005	0.004	0.003	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000
Mg	0.713	0.717	0.671	0.684	0.682	0.691	0.690	0.690	0.670	0.673	0.658	0.687	0.663	0.651
Σ	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
Mg#	71.3	71.6	67.0	68.4	68.2	69.1	69.1	69.1	67.2	67.0	65.5	68.5	66.3	64.8
Cr#	68.4	68.2	67.7	68.4	68.0	67.8	68.2	67.3	67.4	79.3	79.2	79.6	79.4	79.4
Fe³⁺#	5.4	5.5	4.5	3.3	3.1	3.4	3.7	3.2	4.0	5.6	5.8	7.7	5.1	6.2
Al₂O₃*	13.49	13.53	13.63	13.74	13.68	13.63	13.51	13.65	13.61	11.09	11.09	10.91	11.08	11.01
TiO₂*	0.24	0.27	0.29	0.26	0.27	0.26	0.25	0.26	0.25	0.27	0.28	0.26	0.27	0.29
FeO/MgO*	0.60	0.59	0.74	0.70	0.71	0.68	0.68	0.69	0.74	0.65	0.70	0.60	0.67	0.72

Ek Tablo 1'in devamı

Örnek#	PK37	PK37	PK37	PK37	PK37	PK37B	PK37B	PK37B	PK37B	PK37B	PK37-1	PK37-1	PK37-1	PK49
SiO₂	dla	dla	0.06	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	0.06	dla	dla
TiO₂	0.15	0.19	0.12	0.13	0.15	0.18	0.19	0.16	0.16	0.19	0.16	0.17	0.13	0.24
Al₂O₃	10.14	10.23	10.08	10.42	10.20	10.24	10.18	10.28	10.28	10.14	10.61	10.42	10.29	10.76
Cr₂O₃	61.71	60.94	60.44	61.25	61.31	60.46	60.98	61.22	60.34	61.30	59.94	59.58	59.91	60.43
Fe₂O₃	2.06	2.09	2.64	2.02	2.06	2.45	2.17	1.97	2.25	1.84	2.32	2.35	2.41	1.93
FeO	14.54	13.64	14.05	13.32	13.57	14.15	14.36	14.78	14.46	14.21	13.76	14.24	13.90	14.20
MnO	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	0.12	dla	dla
NiO	dla	0.14	0.10	0.10	dla	0.14	dla	0.11	dla	dla	0.11	0.12	dla	dla
MgO	12.89	13.19	12.95	13.48	13.35	12.87	12.88	12.60	12.68	12.95	13.06	12.65	12.90	13.04
Σ	101.50	100.42	100.44	100.72	100.63	100.50	100.76	101.13	100.18	100.62	99.96	99.71	99.54	100.60
Si	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000
Ti	0.004	0.005	0.003	0.003	0.004	0.004	0.005	0.004	0.004	0.005	0.004	0.004	0.003	0.006
Al	0.382	0.388	0.383	0.394	0.386	0.390	0.386	0.389	0.392	0.385	0.404	0.399	0.394	0.407
Cr	1.561	1.552	1.543	1.551	1.557	1.542	1.552	1.555	1.545	1.561	1.532	1.531	1.540	1.535
Fe³⁺	0.050	0.051	0.064	0.049	0.050	0.060	0.053	0.048	0.055	0.045	0.056	0.057	0.059	0.047
Fe²⁺	0.389	0.367	0.379	0.357	0.365	0.382	0.387	0.397	0.392	0.383	0.372	0.387	0.378	0.381
Mn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000
Ni	0.000	0.004	0.003	0.003	0.000	0.004	0.000	0.003	0.000	0.000	0.003	0.003	0.000	0.000
Mg	0.615	0.634	0.623	0.644	0.639	0.619	0.618	0.604	0.612	0.622	0.629	0.613	0.625	0.624
Σ	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
Mg#	61.3	63.3	62.2	64.3	63.7	61.9	61.5	60.3	61.0	61.9	62.9	61.3	62.3	62.1
Cr#	80.3	80.0	80.1	79.8	80.1	79.8	80.1	80.0	79.7	80.2	79.1	79.3	79.6	79.0
Fe³⁺#	2.5	2.5	3.2	2.4	2.5	3.0	2.6	2.4	2.8	2.2	2.8	2.9	3.0	2.3
Al₂O₃*	11.04	11.08	11.01	11.18	11.07	11.09	11.06	11.11	11.11	11.04	11.27	11.18	11.11	11.35
TiO₂*	0.25	0.30	0.21	0.22	0.25	0.28	0.30	0.26	0.26	0.30	0.26	0.27	0.23	0.35
FeO/MgO*	0.85	0.78	0.82	0.75	0.77	0.83	0.84	0.89	0.86	0.83	0.80	0.86	0.82	0.83

Ek Tablo 1'in devamı

Örnek#	PK49	PK49	PK49	PK49	PK49B	PK49B	PK49B	PK49B	PK49B	PK50	PK50	PK50	PK50	PK50
SiO₂	dla	dla	0.07	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla
TiO₂	0.22	0.23	0.23	0.26	0.20	0.20	0.24	0.18	0.24	0.20	0.20	0.19	0.20	0.20
Al₂O₃	10.63	10.56	10.87	10.76	11.06	10.93	10.76	10.98	11.02	10.92	10.76	10.61	11.54	11.02
Cr₂O₃	59.69	59.94	60.22	59.37	58.87	57.73	58.46	58.45	58.46	57.71	58.27	59.51	58.42	57.97
Fe₂O₃	2.42	2.47	2.23	2.78	0.02	4.89	3.29	3.51	3.26	1.69	dla	dla	dla	5.59
FeO	15.19	15.41	14.33	14.70	15.16	12.01	13.16	12.55	13.11	13.73	15.00	15.05	14.85	10.52
MnO	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	0.16	0.23	0.12	0.19	0.19
NiO	0.13	0.17	0.17	dla	dla	0.14	dla	0.11	dla	0.12	dla	dla	dla	0.11
MgO	12.28	12.19	13.02	12.71	11.68	14.25	13.44	13.81	13.57	12.39	11.13	10.93	10.95	15.27
Σ	100.56	100.96	101.13	100.58	96.98	100.15	99.36	99.59	99.66	96.92	95.59	96.41	96.15	100.87
Si	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ti	0.005	0.006	0.005	0.006	0.005	0.005	0.006	0.004	0.006	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
Al	0.405	0.401	0.409	0.408	0.435	0.412	0.411	0.417	0.419	0.428	0.431	0.422	0.457	0.410
Cr	1.525	1.528	1.522	1.512	1.554	1.461	1.497	1.489	1.490	1.519	1.565	1.587	1.554	1.447
Fe³⁺	0.059	0.060	0.054	0.067	0.001	0.118	0.080	0.085	0.079	0.042	0.000	0.000	0.000	0.133
Fe²⁺	0.411	0.415	0.383	0.396	0.423	0.321	0.357	0.338	0.353	0.382	0.426	0.425	0.418	0.278
Mn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.007	0.004	0.005	0.005
Ni	0.003	0.005	0.004	0.000	0.000	0.004	0.000	0.003	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.003
Mg	0.592	0.586	0.620	0.610	0.582	0.680	0.649	0.663	0.652	0.615	0.564	0.550	0.549	0.719
Σ	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	2.997	2.991	2.989	3.000
Mg#	59.0	58.5	61.8	60.6	57.9	67.9	64.6	66.2	64.9	61.7	56.9	56.4	56.8	72.1
Cr#	79.0	79.2	78.8	78.7	78.1	78.0	78.5	78.1	78.1	78.0	78.4	79.0	77.3	77.9
Fe³⁺#	3.0	3.0	2.7	3.4	0.0	5.9	4.0	4.3	4.0	2.1	0.0	0.0	0.0	6.7
Al₂O₃*	11.28	11.25	11.40	11.35	11.49	11.43	11.35	11.45	11.47	11.42	11.35	11.27	11.71	11.47
TiO₂*	0.34	0.35	0.34	0.38	0.30	0.31	0.35	0.29	0.36	0.31	0.31	0.30	0.31	0.31
FeO/MgO*	0.94	0.96	0.84	0.88	1.02	0.63	0.74	0.69	0.74	0.86	1.06	1.08	1.08	0.51

Ek Tablo 1'in devamı

Örnek#	PK50B	PK50B	PK50B	PK50B	PK50-1-1	PK50-1-1	PK50-1-1	PK50-1-1	PK50-1-1	PK50-1-2	PK50-1-2	PK50-1-2	PK50-1-2
SiO₂	dla	dla	dla	dla	dla	dla	0.06	dla	dla	dla	dla	dla	dla
TiO₂	0.19	0.20	0.20	0.21	0.17	0.19	0.18	0.21	0.17	0.18	0.21	0.21	0.17
Al₂O₃	10.85	10.98	10.94	10.84	10.63	10.41	10.78	10.64	10.59	10.27	10.35	10.26	10.28
Cr₂O₃	58.20	58.29	58.15	58.78	57.17	57.48	56.38	57.41	56.58	56.15	58.60	57.83	59.10
Fe₂O₃	4.63	3.83	0.65	0.72	3.41	3.25	3.54	2.98	3.39	4.61	3.96	4.28	4.04
FeO	11.55	12.38	14.92	15.00	13.18	13.00	12.19	13.00	13.27	11.54	12.34	12.46	12.35
MnO	dla	dla	dla	dla	0.11	0.11	0.11	0.09	0.11	0.11	dla	dla	0.09
NiO	dla	dla	0.11	dla	dla	0.11	0.14	dla	0.10	dla	0.16	dla	0.13
MgO	14.60	14.02	11.68	11.85	12.94	12.95	13.39	13.04	12.66	13.76	13.83	13.69	13.88
Σ	100.01	99.70	96.66	97.39	97.62	97.50	96.77	97.38	96.87	96.64	99.45	98.74	100.04
Si	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ti	0.005	0.005	0.005	0.005	0.004	0.005	0.004	0.005	0.004	0.005	0.005	0.005	0.004
Al	0.409	0.416	0.432	0.425	0.414	0.406	0.421	0.415	0.416	0.402	0.395	0.394	0.390
Cr	1.471	1.481	1.541	1.547	1.493	1.504	1.478	1.501	1.491	1.474	1.499	1.491	1.504
Fe³⁺	0.111	0.093	0.016	0.018	0.085	0.081	0.088	0.074	0.085	0.115	0.096	0.105	0.098
Fe²⁺	0.309	0.333	0.418	0.417	0.364	0.360	0.338	0.360	0.370	0.320	0.334	0.340	0.332
Mn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.000	0.000	0.002
Ni	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.003	0.004	0.000	0.003	0.000	0.004	0.000	0.003
Mg	0.696	0.672	0.584	0.588	0.637	0.639	0.662	0.643	0.629	0.681	0.667	0.665	0.666
Σ	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
Mg#	69.3	66.9	58.3	58.5	63.6	64.0	66.2	64.1	63.0	68.0	66.7	66.2	66.7
Cr#	78.3	78.1	78.1	78.4	78.3	78.7	77.8	78.4	78.2	78.6	79.2	79.1	79.4
Fe³⁺#	5.6	4.7	0.8	0.9	4.3	4.1	4.4	3.7	4.3	5.8	4.8	5.3	4.9
Al₂O₃*	11.39	11.45	11.43	11.38	11.29	11.17	11.35	11.29	11.26	11.11	11.14	11.10	11.11
TiO₂*	0.30	0.31	0.31	0.32	0.27	0.29	0.28	0.32	0.27	0.29	0.32	0.33	0.28
FeO/MgO*	0.59	0.67	1.00	0.99	0.77	0.76	0.69	0.76	0.80	0.63	0.67	0.68	0.66

Ek Tablo 1'in devamı

Örnek#	PK50-1-2	PK50-2-1	PK50-2-1	PK50-2-1	PK50-2-1	PK50-2-1	PK50-2-2	PK50-2-2	PK50-2-2	PK50-2-2	PK50-2-2	PK55-1	PK55-1	
SiO₂	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	0.06	dla	dla
TiO₂	0.19	0.19	0.22	0.19	0.17	0.22	0.20	0.19	0.22	0.19	0.22	0.16	0.18	0.15
Al₂O₃	10.29	10.41	10.59	11.20	10.57	10.63	10.65	10.62	10.69	10.55	10.65	11.28	11.18	
Cr₂O₃	58.13	57.28	58.11	57.07	57.94	57.32	58.00	57.28	56.62	57.12	56.19	56.98	55.58	
Fe₂O₃	3.92	3.73	3.25	3.39	3.21	3.40	3.34	3.89	3.66	3.74	3.56	3.70	4.17	
FeO	12.58	11.86	12.55	12.46	12.08	12.20	12.32	11.94	11.99	12.17	12.00	13.18	12.88	
MnO	dla	0.14	0.14	0.10	0.14	dla	0.08	0.15	0.12	dla	0.09	0.13	0.13	
NiO	0.11	dla	dla	0.16	0.14	dla	0.12	0.14	0.15	0.12	dla	0.13	0.13	
MgO	13.55	13.70	13.52	13.47	13.59	13.64	13.60	13.70	13.51	13.56	13.48	13.14	12.99	
Σ	98.78	97.31	98.37	98.04	97.84	97.43	98.32	97.89	96.95	97.45	96.19	98.72	97.22	
Si	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	
Ti	0.005	0.005	0.005	0.005	0.004	0.006	0.005	0.005	0.005	0.005	0.004	0.004	0.004	
Al	0.396	0.405	0.408	0.432	0.409	0.413	0.410	0.410	0.417	0.410	0.418	0.433	0.436	
Cr	1.499	1.494	1.502	1.476	1.504	1.492	1.498	1.485	1.481	1.488	1.480	1.467	1.453	
Fe³⁺	0.096	0.093	0.080	0.083	0.079	0.084	0.082	0.096	0.091	0.093	0.089	0.091	0.104	
Fe²⁺	0.343	0.327	0.343	0.341	0.332	0.336	0.337	0.327	0.332	0.335	0.334	0.359	0.356	
Mn	0.000	0.004	0.004	0.003	0.004	0.000	0.002	0.004	0.003	0.000	0.002	0.004	0.004	
Ni	0.003	0.000	0.000	0.004	0.004	0.000	0.003	0.004	0.004	0.003	0.000	0.004	0.004	
Mg	0.659	0.674	0.659	0.657	0.665	0.670	0.663	0.669	0.666	0.666	0.669	0.638	0.640	
Σ	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	
Mg#	65.7	67.3	65.8	65.8	66.7	66.6	66.3	67.2	66.8	66.5	66.7	64.0	64.3	
Cr#	79.1	78.7	78.6	77.4	78.6	78.3	78.5	78.4	78.0	78.4	78.0	77.2	76.9	
Fe³⁺#	4.8	4.6	4.0	4.2	4.0	4.2	4.1	4.8	4.6	4.7	4.5	4.6	5.2	
Al₂O₃*	11.12	11.17	11.26	11.56	11.25	11.28	11.29	11.28	11.31	11.24	11.29	11.59	11.55	
TiO₂*	0.30	0.29	0.33	0.30	0.27	0.34	0.30	0.29	0.33	0.29	0.26	0.28	0.25	
FeO/MgO*	0.70	0.65	0.70	0.71	0.67	0.68	0.69	0.66	0.67	0.68	0.68	0.77	0.76	

Ek Tablo 1'in devamı

Örnek#	PK55-1	PK55-1	PK55-1	PK56	PK56	PK56	PK56	PK56	PK56B	PK56B	PK56B	PK56B	PK56B	PK56-2
SiO₂	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla
TiO₂	0.19	0.16	0.21	0.17	0.20	0.17	0.17	0.16	0.18	0.20	0.18	0.23	0.15	0.18
Al₂O₃	11.26	11.24	11.18	10.61	10.63	10.77	10.86	10.61	10.50	10.58	10.66	10.72	10.77	10.36
Cr₂O₃	55.99	56.00	56.96	58.93	58.90	58.37	57.84	58.26	60.87	60.65	60.73	60.41	60.73	59.26
Fe₂O₃	3.88	3.95	3.76	3.65	3.50	5.27	4.74	4.65	2.68	2.40	2.42	2.10	2.36	2.79
FeO	13.28	13.31	13.18	12.45	12.50	10.81	12.02	11.61	13.32	13.59	13.80	13.35	13.78	13.97
MnO	0.10	0.12	0.15	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	0.10
NiO	dla	dla	dla	0.18	dla	0.14	dla	0.10	dla	dla	dla	dla	0.12	dla
MgO	12.97	12.92	13.21	13.83	13.89	15.11	14.25	14.41	13.68	13.45	13.37	13.53	13.32	12.80
Σ	97.67	97.70	98.65	99.80	99.62	100.65	99.87	99.79	101.23	100.86	101.16	100.34	101.24	99.46
Si	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ti	0.005	0.004	0.005	0.004	0.005	0.004	0.004	0.004	0.004	0.005	0.004	0.006	0.004	0.005
Al	0.437	0.436	0.429	0.403	0.404	0.403	0.410	0.401	0.394	0.399	0.401	0.406	0.405	0.397
Cr	1.457	1.458	1.468	1.501	1.502	1.463	1.467	1.479	1.533	1.534	1.532	1.533	1.531	1.525
Fe³⁺	0.096	0.098	0.092	0.088	0.085	0.126	0.114	0.112	0.064	0.058	0.058	0.051	0.057	0.068
Fe²⁺	0.366	0.366	0.359	0.335	0.337	0.287	0.323	0.312	0.355	0.364	0.368	0.358	0.367	0.380
Mn	0.003	0.003	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003
Ni	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	0.004	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000
Mg	0.636	0.634	0.642	0.664	0.668	0.714	0.681	0.690	0.650	0.641	0.636	0.647	0.633	0.621
Σ	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
Mg#	63.5	63.4	64.1	66.4	66.4	71.4	67.9	68.9	64.7	63.8	63.3	64.4	63.3	62.0
Cr#	76.9	77.0	77.4	78.8	78.8	78.4	78.1	78.7	79.5	79.4	79.3	79.1	79.1	79.3
Fe³⁺#	4.8	4.9	4.6	4.4	4.3	6.3	5.7	5.6	3.2	2.9	2.9	2.6	2.8	3.4
Al₂O₃*	11.58	11.57	11.55	11.27	11.28	11.35	11.39	11.27	11.22	11.26	11.30	11.33	11.35	11.15
TiO₂*	0.30	0.26	0.32	0.27	0.31	0.28	0.27	0.26	0.29	0.31	0.28	0.34	0.25	0.29
FeO/MgO*	0.78	0.79	0.76	0.68	0.68	0.53	0.63	0.60	0.74	0.77	0.79	0.75	0.79	0.83

Ek Tablo 1'in devamı

Örnek#	PK56-2	PK56-2	PK56-2	PK56-2	PK59	PK59	PK59	PK59	PK59	PK59B	PK59B	PK59B	PK59B	PK63
SiO ₂	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla
TiO ₂	0.18	0.20	0.22	0.18	0.19	0.18	0.17	0.16	0.20	0.17	0.18	0.17	0.20	0.19
Al ₂ O ₃	10.52	10.41	10.49	10.36	11.26	11.33	11.23	11.31	11.28	11.49	11.40	11.45	11.90	9.65
Cr ₂ O ₃	57.58	57.66	58.15	57.07	55.95	55.95	57.26	57.50	56.40	57.66	57.33	57.49	58.73	59.17
Fe ₂ O ₃	3.43	3.41	3.40	4.02	7.13	8.49	3.51	3.69	3.85	3.62	3.86	3.72	2.40	2.53
FeO	12.19	13.10	12.39	12.40	10.80	11.25	13.75	13.66	13.69	13.40	13.38	13.33	14.09	14.78
MnO	0.12	dla	0.09	0.12	0.20	0.18	0.17	0.16	0.19	dla	dla	dla	dla	dla
NiO	0.16	dla	0.21	dla	dla	dla	0.10	0.11	dla	dla	dla	dla	dla	0.11
MgO	13.48	13.12	13.53	13.40	15.11	15.22	12.82	13.01	12.80	13.40	13.36	13.41	13.18	11.98
Σ	97.66	97.90	98.49	97.56	100.65	102.61	99.01	99.59	98.41	99.74	99.52	99.57	100.50	98.40
Si	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ti	0.004	0.005	0.005	0.004	0.005	0.004	0.004	0.004	0.005	0.004	0.004	0.004	0.005	0.005
Al	0.408	0.404	0.404	0.403	0.420	0.416	0.431	0.431	0.435	0.436	0.434	0.435	0.448	0.377
Cr	1.498	1.501	1.502	1.488	1.401	1.377	1.475	1.471	1.460	1.468	1.463	1.466	1.484	1.551
Fe ³⁺	0.085	0.085	0.083	0.100	0.170	0.199	0.086	0.090	0.095	0.088	0.094	0.090	0.058	0.063
Fe ²⁺	0.336	0.361	0.338	0.342	0.286	0.293	0.375	0.370	0.375	0.361	0.361	0.360	0.377	0.410
Mn	0.003	0.000	0.003	0.003	0.005	0.005	0.005	0.004	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ni	0.004	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000	0.003	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003
Mg	0.661	0.644	0.659	0.659	0.713	0.706	0.622	0.627	0.625	0.643	0.643	0.645	0.628	0.592
Σ	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
Mg#	66.3	64.1	66.1	65.8	71.4	70.7	62.4	62.9	62.5	64.1	64.0	64.2	62.5	59.1
Cr#	78.6	78.8	78.8	78.7	76.9	76.8	77.4	77.3	77.0	77.1	77.1	77.1	76.8	80.5
Fe ³⁺ #	4.3	4.3	4.2	5.0	8.5	10.0	4.3	4.5	4.8	4.4	4.7	4.5	2.9	3.2
Al ₂ O ₃ *	11.23	11.18	11.22	11.15	11.59	11.62	11.57	11.61	11.59	11.69	11.65	11.67	11.87	10.78
TiO ₂ *	0.29	0.31	0.33	0.28	0.30	0.28	0.28	0.27	0.31	0.27	0.29	0.27	0.31	0.29
FeO/MgO*	0.68	0.75	0.69	0.70	0.53	0.54	0.82	0.80	0.82	0.77	0.77	0.76	0.83	0.92

Ek Tablo 1'in devamı

Örnek#	PK63	PK63	PK63B	PK63B	PK63B	PK63B	PK63B	PK63-1	PK63-1	PK63-1	PK63-1	PK63-2	PK63-2	PK63-2
SiO₂	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	0.07	dla	dla	dla	0.11	dla	0.11
TiO₂	0.16	0.18	0.13	0.16	0.14	0.18	0.18	0.17	0.15	0.16	0.14	0.17	0.17	0.15
Al₂O₃	9.48	9.86	10.16	10.03	10.20	10.04	10.12	9.98	9.94	10.09	10.01	9.84	9.79	9.88
Cr₂O₃	59.48	58.93	60.73	60.89	61.15	61.28	60.90	58.16	59.16	59.54	59.39	59.54	58.90	59.34
Fe₂O₃	2.52	2.74	2.11	1.66	1.63	2.00	1.83	3.33	2.73	2.55	2.67	2.11	2.73	2.38
FeO	14.69	13.80	14.96	15.02	14.70	14.91	14.41	14.05	13.90	14.48	13.93	14.09	13.52	13.82
MnO	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	0.10	0.20	0.10	0.22	dla	0.15	0.15
NiO	dla	0.14	dla	dla	dla	dla	dla	dla	0.13	dla	dla	dla	dla	dla
MgO	12.08	12.58	12.38	12.26	12.56	12.53	12.71	12.53	12.47	12.40	12.59	12.63	12.68	12.70
Σ	98.43	98.22	100.47	100.02	100.37	100.94	100.15	98.39	98.68	99.32	98.95	98.49	97.94	98.53
Si	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.004
Ti	0.004	0.004	0.003	0.004	0.003	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.003	0.004	0.004	0.004
Al	0.370	0.384	0.388	0.385	0.389	0.381	0.387	0.388	0.385	0.389	0.387	0.382	0.382	0.383
Cr	1.558	1.539	1.555	1.567	1.565	1.562	1.560	1.516	1.540	1.540	1.540	1.550	1.542	1.543
Fe³⁺	0.063	0.068	0.051	0.041	0.040	0.048	0.045	0.083	0.068	0.063	0.066	0.052	0.068	0.059
Fe²⁺	0.407	0.381	0.405	0.409	0.398	0.402	0.390	0.388	0.383	0.396	0.382	0.388	0.374	0.380
Mn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.006	0.003	0.006	0.000	0.004	0.004
Ni	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mg	0.597	0.620	0.598	0.595	0.606	0.602	0.614	0.616	0.612	0.605	0.615	0.620	0.626	0.623
Σ	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
Mg#	59.4	61.9	59.6	59.3	60.4	60.0	61.1	61.4	61.5	60.4	61.7	61.5	62.6	62.1
Cr#	80.8	80.0	80.0	80.3	80.1	80.4	80.1	79.6	80.0	79.8	79.9	80.2	80.1	80.1
Fe³⁺#	3.2	3.4	2.6	2.0	2.0	2.4	2.2	4.2	3.4	3.2	3.3	2.6	3.4	3.0
Al₂O₃*	10.69	10.89	11.05	10.98	11.07	10.98	11.03	10.96	10.93	11.01	10.97	10.88	10.86	10.90
TiO₂*	0.27	0.28	0.21	0.26	0.24	0.28	0.28	0.27	0.24	0.26	0.23	0.27	0.27	0.25
FeO/MgO*	0.91	0.82	0.91	0.93	0.89	0.90	0.86	0.84	0.84	0.88	0.83	0.84	0.80	0.82

Ek Tablo 1'in devamı

Örnek#	PK63-2	PK63-2	PK64	PK64	PK64	PK64	PK64	PK64-2	PK64-2	PK65	PK65	PK65	PK65	PK65
SiO₂	dla	dla	dla	dla	0.12	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	0.08	dla
TiO₂	0.15	0.18	0.19	0.20	0.13	0.11	0.18	0.18	0.16	0.12	0.19	0.21	0.16	0.18
Al₂O₃	9.73	9.81	10.10	10.33	10.31	10.48	10.29	10.21	9.44	10.66	10.69	10.41	10.41	10.41
Cr₂O₃	59.19	58.84	61.73	61.57	60.94	61.23	61.26	60.60	60.95	60.31	60.13	60.42	59.97	60.22
Fe₂O₃	2.89	2.67	1.42	1.86	1.38	1.75	1.60	1.88	2.47	2.35	2.50	2.36	2.62	2.50
FeO	13.57	13.54	14.48	14.80	14.91	14.94	14.57	14.72	14.37	14.52	14.37	14.52	14.40	14.58
MnO	0.12	0.15	dla	dla	dla	dla	dla	0.08	0.10	dla	dla	dla	dla	dla
NiO	dla	0.17	0.12	0.12	dla	0.11	dla	0.12	dla	0.13	0.13	0.12	dla	0.13
MgO	12.74	12.57	12.72	12.72	12.51	12.49	12.72	12.39	12.56	12.70	12.86	12.74	12.87	12.65
Σ	98.39	97.93	100.76	101.60	100.31	101.11	100.63	100.18	100.06	100.78	100.86	100.77	100.50	100.66
Si	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000
Ti	0.004	0.004	0.005	0.005	0.003	0.003	0.004	0.004	0.004	0.003	0.005	0.005	0.004	0.004
Al	0.378	0.383	0.384	0.389	0.393	0.397	0.391	0.390	0.362	0.404	0.404	0.395	0.395	0.396
Cr	1.543	1.541	1.573	1.556	1.559	1.555	1.561	1.555	1.569	1.533	1.526	1.538	1.528	1.535
Fe³⁺	0.072	0.067	0.034	0.045	0.034	0.042	0.039	0.046	0.061	0.057	0.060	0.057	0.063	0.061
Fe²⁺	0.374	0.375	0.390	0.396	0.403	0.402	0.393	0.399	0.391	0.390	0.386	0.391	0.388	0.393
Mn	0.003	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ni	0.000	0.004	0.003	0.003	0.000	0.003	0.000	0.003	0.000	0.003	0.003	0.003	0.000	0.003
Mg	0.626	0.621	0.611	0.606	0.604	0.598	0.611	0.599	0.610	0.609	0.615	0.611	0.618	0.608
Σ	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
Mg#	62.6	62.3	61.0	60.5	59.9	59.8	60.9	60.0	60.9	60.9	61.5	61.0	61.4	60.7
Cr#	80.3	80.1	80.4	80.0	79.9	79.7	80.0	79.9	81.2	79.1	79.1	79.6	79.4	79.5
Fe³⁺#	3.6	3.3	1.7	2.3	1.7	2.1	2.0	2.3	3.0	2.8	3.0	2.9	3.2	3.1
Al₂O₃*	10.82	10.87	11.02	11.14	11.13	11.21	11.12	11.07	10.67	11.30	11.31	11.18	11.17	11.18
TiO₂*	0.25	0.28	0.29	0.31	0.22	0.19	0.28	0.28	0.26	0.20	0.29	0.32	0.26	0.28
FeO/MgO*	0.80	0.81	0.86	0.88	0.91	0.91	0.87	0.90	0.85	0.87	0.85	0.87	0.85	0.87

Ek Tablo 2. Kızılyüksek kromitlerine ait PK-37 numaralı örnekteki Mg-kromit kristali üzerinde kenar-merkez-kenar hattı boyunca gerçekleştirilmiş elektron mikroprob analizi sonuçları. $Cr\#=100\times Cr/(Cr+Al)$, $Mg\#=100\times Mg/(Mg+Fe^{2+})$, $Fe^{3+\#}=100\times Fe^{3+}/(Cr+Al+Fe^{3+})$, dla: deteksiyon limiti altında, *: ilksel ergiyik bileşimi.

Örnek#	PK37-1	PK37-1	PK37-1	PK37-1	PK37-1	PK37-1	PK37-1	PK37-1	PK37-1	PK37-1	PK37-1	PK37-1	PK37-1	PK37-1	PK37-1	PK37-1
SiO₂	dla	dla	dla	dla	dla	0.06	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla
TiO₂	0.16	0.15	0.14	0.16	0.16	0.17	0.15	0.17	0.15	0.14	0.15	0.16	0.15	0.15	0.17	0.15
Al₂O₃	10.31	9.98	1dla	10.25	10.32	10.42	10.42	10.53	10.42	10.39	10.34	10.38	10.36	10.29	10.35	10.34
Cr₂O₃	59.47	59.96	59.89	59.46	59.39	59.58	59.91	59.38	59.68	59.53	59.94	59.43	58.96	59.19	59.17	59.08
Fe₂O₃	2.15	2.04	2.45	2.70	2.98	2.35	1.95	1.85	1.39	2.10	2.11	2.42	2.64	2.71	2.66	2.60
FeO	14.77	14.53	14.28	14.03	13.99	14.24	14.23	14.38	14.60	14.14	14.25	13.84	13.73	13.82	13.67	13.89
MnO	0.10	0.12	0.09	0.10	0.10	0.12	0.12	0.11	dla	0.12	0.11	0.16	0.11	0.12	0.13	0.11
NiO	0.11	dla	dla	0.11	0.11	0.12	dla	0.11	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla
MgO	12.15	12.29	12.53	12.68	12.78	12.65	12.60	12.37	12.26	12.55	12.62	12.78	12.78	12.77	12.88	12.70
Σ	99.22	99.07	99.37	99.50	99.82	99.71	99.39	98.89	98.52	98.96	99.50	99.17	98.75	99.06	99.02	98.87
Si	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ti	0.004	0.004	0.003	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.003	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004
Al	0.398	0.386	0.385	0.394	0.395	0.399	0.400	0.407	0.404	0.401	0.397	0.399	0.400	0.396	0.398	0.399
Cr	1.541	1.556	1.548	1.532	1.525	1.531	1.544	1.539	1.553	1.541	1.544	1.533	1.527	1.530	1.528	1.530
Fe³⁺	0.053	0.050	0.060	0.066	0.073	0.057	0.048	0.046	0.034	0.052	0.052	0.059	0.065	0.067	0.065	0.064
Fe²⁺	0.405	0.399	0.390	0.382	0.380	0.387	0.388	0.394	0.402	0.387	0.388	0.378	0.376	0.378	0.374	0.380
Mn	0.003	0.003	0.002	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.000	0.003	0.003	0.004	0.003	0.003	0.004	0.003
Ni	0.003	0.000	0.000	0.003	0.003	0.003	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mg	0.593	0.602	0.610	0.616	0.618	0.613	0.612	0.604	0.602	0.613	0.613	0.622	0.624	0.622	0.627	0.620
Σ	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
Mg#	59.5	60.1	61.0	61.7	62.0	61.3	61.2	60.5	60.0	61.3	61.2	62.2	62.4	62.2	62.7	62.0
Cr#	79.5	80.1	80.1	79.6	79.4	79.3	79.4	79.1	79.3	79.4	79.5	79.3	79.2	79.4	79.3	79.3
Fe³⁺#	2.7	2.5	3.0	3.3	3.7	2.9	2.4	2.3	1.7	2.6	2.6	3.0	3.3	3.4	3.3	3.2
Al₂O₃*	11.12	10.95	10.96	11.09	11.13	11.18	11.18	11.23	11.18	11.16	11.14	11.16	11.15	11.12	11.14	11.14
TiO₂*	0.26	0.25	0.23	0.26	0.25	0.27	0.25	0.28	0.25	0.23	0.25	0.26	0.25	0.24	0.27	0.24
FeO/MgO*	0.93	0.89	0.86	0.84	0.83	0.86	0.86	0.89	0.91	0.86	0.86	0.82	0.82	0.82	0.80	0.83

Ek Tablo 2'nin devamı

Örnek#	PK37-1	PK37-1	PK37-1	PK37-1	PK37-1	PK37-1	PK37-1	PK37-1	PK37-1	PK37-1	PK37-1	PK37-1	PK37-1	PK37-1	PK37-1	PK37-1
SiO₂	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla
TiO₂	0.15	0.15	0.15	0.16	0.16	0.15	0.17	0.15	0.14	0.14	0.17	0.15	0.16	0.16	0.14	0.17
Al₂O₃	10.39	10.36	10.37	10.35	10.36	10.34	10.32	10.33	10.29	10.37	10.30	10.27	10.26	10.29	10.17	10.37
Cr₂O₃	59.24	59.70	59.05	58.97	59.34	59.20	59.33	59.53	59.24	59.27	59.15	59.03	58.95	59.00	58.97	58.95
Fe₂O₃	2.71	2.42	2.67	2.41	2.49	2.67	2.58	2.52	2.47	2.69	2.53	2.73	2.75	2.97	2.62	2.65
FeO	13.94	14.11	13.68	13.83	13.69	13.80	13.95	13.94	13.88	13.72	13.87	13.68	13.65	13.60	13.66	13.64
MnO	0.14	0.10	0.13	0.11	0.11	dla	dla	0.15	dla	0.13	0.11	0.11	dla	0.11	0.12	0.16
NiO	0.10	dla	0.10	dla	0.11	0.11	dla	dla	0.10	dla	dla	0.11	0.10	dla	dla	dla
MgO	12.70	12.72	12.78	12.68	12.82	12.81	12.81	12.76	12.70	12.87	12.72	12.76	12.83	12.93	12.73	12.83
Σ	99.37	99.56	98.95	98.51	99.08	99.07	99.17	99.37	98.82	99.19	98.84	98.85	98.70	99.05	98.42	98.77
Si	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ti	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004
Al	0.399	0.397	0.400	0.401	0.399	0.398	0.397	0.397	0.397	0.399	0.397	0.397	0.396	0.396	0.394	0.400
Cr	1.527	1.536	1.527	1.532	1.532	1.529	1.531	1.534	1.535	1.528	1.532	1.529	1.528	1.523	1.534	1.526
Fe³⁺	0.067	0.059	0.066	0.060	0.061	0.066	0.063	0.062	0.061	0.066	0.062	0.067	0.068	0.073	0.065	0.065
Fe²⁺	0.380	0.384	0.374	0.380	0.374	0.377	0.381	0.380	0.380	0.374	0.380	0.375	0.374	0.371	0.376	0.373
Mn	0.004	0.003	0.004	0.003	0.003	0.000	0.000	0.004	0.000	0.004	0.003	0.003	0.000	0.003	0.003	0.004
Ni	0.003	0.000	0.003	0.000	0.003	0.003	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.003	0.003	0.000	0.000	0.000
Mg	0.617	0.617	0.623	0.621	0.624	0.624	0.623	0.620	0.620	0.626	0.621	0.623	0.627	0.630	0.624	0.626
Σ	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
Mg#	61.9	61.6	62.5	62.0	62.5	62.3	62.1	62.0	62.0	62.6	62.0	62.5	62.6	62.9	62.4	62.6
Cr#	79.3	79.5	79.3	79.3	79.4	79.3	79.4	79.5	79.4	79.3	79.4	79.4	79.4	79.4	79.5	79.2
Fe³⁺#	3.4	3.0	3.3	3.0	3.1	3.3	3.2	3.1	3.1	3.4	3.2	3.4	3.4	3.7	3.3	3.3
Al₂O₃*	11.17	11.15	11.15	11.14	11.15	11.14	11.13	11.13	11.11	11.15	11.12	11.11	11.10	11.11	11.05	11.15
TiO₂*	0.25	0.25	0.25	0.26	0.26	0.25	0.28	0.25	0.24	0.24	0.27	0.25	0.26	0.25	0.24	0.27
FeO/MgO*	0.83	0.84	0.81	0.83	0.81	0.82	0.83	0.83	0.83	0.81	0.83	0.81	0.80	0.79	0.81	0.81

Ek Tablo 2'nin devamı

Örnek#	PK37-1	PK37-1	PK37-1	PK37-1	PK37-1	PK37-1	PK37-1	PK37-1	PK37-1	PK37-1	PK37-1	PK37-1	PK37-1	PK37-1	PK37-1	PK37-1
SiO₂	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla
TiO₂	0.14	0.16	0.13	0.16	0.15	0.14	0.16	0.14	0.15	0.15	0.14	0.14	0.15	0.14	0.12	0.11
Al₂O₃	10.30	10.15	10.18	10.20	10.25	10.30	10.34	10.19	10.27	10.14	10.10	10.09	10.01	9.82	9.64	9.44
Cr₂O₃	58.67	59.11	59.08	58.94	59.08	59.46	58.76	59.31	59.09	59.66	59.19	59.57	59.22	59.91	60.45	60.76
Fe₂O₃	2.72	2.67	2.56	2.90	2.61	2.36	2.66	2.42	2.34	2.45	2.77	2.31	2.35	2.10	1.64	1.19
FeO	13.58	13.75	13.83	13.49	13.71	13.97	13.62	13.77	13.83	13.90	13.64	13.93	13.74	13.86	14.27	14.45
MnO	0.09	0.11	dla	0.10	0.11	0.13	0.16	dla	dla	0.16	dla	dla	0.11	0.09	dla	0.08
NiO	dla	dla	dla	dla	dla	dla	0.14	dla	dla	dla	0.12	dla	dla	dla	dla	dla
MgO	12.79	12.75	12.71	12.93	12.77	12.67	12.69	12.78	12.71	12.70	12.81	12.70	12.64	12.61	12.37	12.11
Σ	98.27	98.70	98.49	98.71	98.68	99.03	98.52	98.60	98.39	99.16	98.77	98.75	98.20	98.54	98.48	98.15
Si	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ti	0.003	0.004	0.003	0.004	0.004	0.004	0.004	0.003	0.004	0.004	0.003	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003
Al	0.400	0.393	0.394	0.394	0.396	0.397	0.400	0.394	0.398	0.391	0.390	0.390	0.389	0.381	0.375	0.370
Cr	1.526	1.534	1.536	1.527	1.532	1.538	1.526	1.539	1.537	1.542	1.534	1.546	1.545	1.560	1.578	1.595
Fe³⁺	0.067	0.066	0.063	0.072	0.064	0.058	0.066	0.060	0.058	0.060	0.068	0.057	0.058	0.052	0.041	0.030
Fe²⁺	0.374	0.377	0.380	0.370	0.376	0.382	0.374	0.378	0.380	0.380	0.374	0.382	0.379	0.382	0.394	0.401
Mn	0.002	0.003	0.000	0.003	0.003	0.004	0.004	0.000	0.000	0.005	0.000	0.000	0.003	0.003	0.000	0.002
Ni	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mg	0.627	0.624	0.623	0.631	0.624	0.618	0.621	0.625	0.623	0.619	0.626	0.621	0.622	0.619	0.609	0.599
Σ	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
Mg#	62.7	62.3	62.1	63.1	62.4	61.8	62.4	62.3	62.1	62.0	62.6	61.9	62.1	61.9	60.7	59.9
Cr#	79.3	79.6	79.6	79.5	79.4	79.5	79.2	79.6	79.4	79.8	79.7	79.8	79.9	80.4	80.8	81.2
Fe³⁺#	3.4	3.3	3.2	3.6	3.3	2.9	3.3	3.0	2.9	3.0	3.5	2.9	2.9	2.6	2.0	1.5
Al₂O₃*	11.12	11.04	11.06	11.07	11.09	11.12	11.14	11.06	11.10	11.04	11.02	11.01	10.97	10.87	10.77	10.67
TiO₂*	0.23	0.26	0.22	0.25	0.24	0.24	0.25	0.23	0.24	0.24	0.23	0.24	0.25	0.23	0.20	0.19
FeO/MgO*	0.80	0.81	0.82	0.79	0.81	0.84	0.81	0.82	0.83	0.83	0.80	0.83	0.82	0.83	0.87	0.90

Ek Tablo 3. Kızılyüksek kromitlerine ait Mg–kromit kristalleri bünyesindeki olivin minerallerinin mikroprob analizleri. Mineral formülleri 4 oksijen baz alınarak hesaplanmıştır. $Mg\# = 100 \times Mg / (Mg + Fe^{2+})$, dla: deteksiyon limiti altında.

Örnek#	PK4-1	PK4-1	PK4-1	PK4-1	PK4-1	PK4-1	PK50B	PK50B	PK50B	PK50B	PK50B	PK50B	PK50B	PK50B	PK50B
SiO₂	40.61	41.67	41.59	41.88	41.80	41.70	42.76	42.30	43.01	42.95	43.06	42.40	43.08	42.74	43.05
TiO₂	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla
Al₂O₃	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla
Cr₂O₃	0.59	0.90	0.88	0.65	0.74	0.96	1.13	0.98	0.74	0.58	0.64	0.74	0.80	0.86	0.64
FeO	4.82	4.30	4.29	4.19	4.50	4.24	3.03	3.17	3.06	3.42	3.21	3.02	3.09	3.09	3.27
MnO	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla
NiO	0.44	0.54	0.45	0.46	0.49	0.48	0.61	0.66	0.69	0.60	0.57	0.61	0.67	0.67	0.63
MgO	49.08	50.24	50.76	51.10	50.61	50.27	52.84	53.61	53.04	52.53	52.93	52.78	52.56	52.89	52.80
CaO	0.07	0.04	0.08	dla	dla	dla	0.08	0.06	0.09	0.12	0.10	0.08	0.10	0.11	0.06
Na₂O	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla
K₂O	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla
Σ	95.62	97.70	98.05	98.29	98.14	97.66	100.46	100.79	100.63	100.19	100.51	99.63	100.30	100.37	100.44
Si	1.018	1.020	1.015	1.018	1.019	1.021	1.014	1.001	1.017	1.020	1.019	1.013	1.021	1.014	1.020
Ti	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Al	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cr	0.012	0.017	0.017	0.013	0.014	0.019	0.021	0.018	0.014	0.011	0.012	0.014	0.015	0.016	0.012
Fe²⁺	0.101	0.088	0.088	0.085	0.092	0.087	0.060	0.063	0.061	0.068	0.064	0.060	0.061	0.061	0.065
Mn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ni	0.009	0.011	0.009	0.009	0.010	0.010	0.012	0.013	0.013	0.011	0.011	0.012	0.013	0.013	0.012
Mg	1.834	1.833	1.846	1.851	1.839	1.834	1.867	1.892	1.870	1.861	1.867	1.880	1.858	1.871	1.865
Ca	0.002	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000	0.002	0.002	0.002	0.003	0.003	0.002	0.003	0.003	0.001
Na	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Σ	2.976	2.971	2.977	2.976	2.974	2.970	2.976	2.989	2.976	2.974	2.975	2.980	2.971	2.978	2.974
Mg#	94.8	95.4	95.5	95.6	95.3	95.5	96.9	96.8	96.9	96.5	96.7	96.9	96.8	96.8	96.6

Ek Tablo 3'ün devamı

Örnek#	PK50-2-1	PK50-2-1	PK50-2-1	PK50-2-2	PK50-2-2	PK50-2-2	PK50-2-2	PK50-2-2	PK50-2-2	PK55-1	PK55-1	PK55-1	PK55-1	PK55-1
SiO₂	40.36	41.64	41.41	41.45	41.74	42.16	41.98	41.92	42.51	42.55	42.36	41.94	42.54	
TiO₂	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	
Al₂O₃	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	
Cr₂O₃	0.66	1.08	1.06	0.75	0.55	0.61	0.86	1.05	0.73	0.89	0.93	0.74	0.62	
FeO	3.02	2.90	3.76	3.22	3.00	3.11	3.08	2.90	3.59	3.33	3.38	3.71	3.61	
MnO	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	
NiO	0.65	0.68	0.52	0.75	0.68	0.56	0.74	0.67	0.54	0.60	0.50	0.58	0.58	
MgO	50.04	51.36	51.18	50.51	51.17	51.56	51.30	51.62	54.82	54.71	54.98	54.62	54.43	
CaO	0.10	0.05	0.05	0.09	0.07	0.11	0.07	0.08	dla	dla	dla	0.05	dla	
Na₂O	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	
K₂O	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	
Σ	94.82	97.73	97.98	96.76	97.22	98.10	98.04	98.23	102.18	102.09	102.15	101.62	101.78	
Si	1.014	1.015	1.010	1.020	1.021	1.022	1.020	1.016	0.994	0.995	0.991	0.988	0.998	
Ti	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
Al	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
Cr	0.013	0.021	0.021	0.015	0.011	0.012	0.016	0.020	0.013	0.016	0.017	0.014	0.011	
Fe²⁺	0.063	0.059	0.077	0.066	0.061	0.063	0.063	0.059	0.070	0.065	0.066	0.073	0.071	
Mn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
Ni	0.013	0.013	0.010	0.015	0.013	0.011	0.014	0.013	0.010	0.011	0.009	0.011	0.011	
Mg	1.874	1.866	1.861	1.854	1.866	1.863	1.857	1.865	1.911	1.908	1.917	1.918	1.904	
Ca	0.003	0.001	0.001	0.002	0.002	0.003	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	
Na	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
Σ	2.980	2.975	2.980	2.972	2.974	2.973	2.972	2.974	2.999	2.996	3.001	3.005	2.996	
Mg#	96.7	96.9	96.0	96.5	96.8	96.7	96.7	96.9	96.5	96.7	96.7	96.3	96.4	

Ek Tablo 3'ün devamı

Örnek#	PK56-2	PK56-2	PK63-2	PK63-2	PK63-2	PK63-2	PK63-2
SiO ₂	42.98	42.90	41.43	41.42	42.21	40.90	40.36
TiO ₂	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla
Al ₂ O ₃	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla
Cr ₂ O ₃	0.46	0.34	1.11	1.02	0.69	0.46	0.72
FeO	3.12	3.16	3.10	3.16	3.34	3.53	3.52
MnO	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla
NiO	0.72	0.60	0.50	0.52	0.65	0.62	0.49
MgO	54.90	54.45	51.04	50.56	51.13	50.10	49.82
CaO	0.09	0.10	dla	dla	dla	dla	dla
Na ₂ O	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla
K ₂ O	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla
Σ	102.26	101.56	97.17	96.67	98.02	95.62	94.92
Si	1.002	1.006	1.015	1.020	1.025	1.019	1.014
Ti	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Al	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cr	0.008	0.006	0.022	0.020	0.013	0.009	0.014
Fe ²⁺	0.061	0.062	0.063	0.065	0.068	0.074	0.074
Mn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ni	0.014	0.011	0.010	0.010	0.013	0.012	0.010
Mg	1.907	1.903	1.864	1.856	1.850	1.861	1.866
Ca	0.002	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Na	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Σ	2.994	2.991	2.974	2.970	2.969	2.976	2.979
Mg#	96.9	96.8	96.7	96.6	96.5	96.2	96.2

Ek Tablo 4. Kızılyüksek kromitlerine ait Mg-kromit kristalleri bünyesinde birincil kapanımlar hâlinde gözlenen klinopiroksenlere ait mikroprob analizleri. Mineral formülleri 6 oksijen baz alınarak hesaplanmıştır. $Mg\# = 100 \times Mg / (Mg + Fe^{2+})$, $Vo = 100 \times Ca / (Ca + Mg + Fe)$, $En = 100 \times Mg / (Ca + Mg + Fe)$, $Fs = 100 \times Fe / (Ca + Mg + Fe)$, dla: deteksiyon limiti altında.

Örnek#	PK4-1	PK4-1	PK4-1	PK15	PK15	PK50B	PK50B	PK50-2-1	PK50-2-1	PK50-2-1	PK56	PK56	PK56	PK56
SiO ₂	53.08	53.11	53.45	54.69	55.69	55.79	55.75	49.84	52.12	53.35	54.56	53.93	48.60	55.34
TiO ₂	0.07	0.04	dla	0.05	0.12	0.06	dla	0.05	0.05	0.09	0.11	0.09	dla	0.08
Al ₂ O ₃	0.84	0.84	0.73	0.74	1.79	0.80	0.77	6.88	0.83	0.77	0.79	0.79	3.43	0.82
Cr ₂ O ₃	1.62	1.57	1.53	1.20	1.65	1.91	1.77	1.26	1.86	1.56	1.50	1.97	2.44	1.54
FeO	1.60	1.32	1.36	1.10	1.15	1.14	1.04	1.03	1.05	0.88	1.11	1.16	1.23	1.11
MgO	16.85	17.08	17.25	16.96	17.68	16.79	16.83	16.08	16.62	17.14	17.02	17.13	16.26	17.39
CaO	24.37	24.53	24.65	25.29	22.66	25.19	24.99	23.39	24.53	25.17	25.26	25.31	22.72	25.18
Na ₂ O	0.21	0.27	0.23	0.28	0.35	0.35	0.31	0.31	0.33	0.27	0.34	0.39	0.47	0.36
K ₂ O	dla	dla	dla	dla	0.53	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla
Σ	98.63	98.76	99.19	100.30	101.63	102.03	101.46	98.83	97.39	99.23	100.69	100.76	95.15	101.82
Si	1.961	1.958	1.962	1.980	1.977	1.985	1.991	1.828	1.952	1.957	1.970	1.953	1.867	1.973
Ti	0.002	0.001	0.000	0.001	0.003	0.002	0.000	0.001	0.001	0.003	0.003	0.002	0.000	0.002
Al	0.036	0.036	0.032	0.031	0.075	0.033	0.032	0.297	0.036	0.033	0.033	0.034	0.155	0.034
Cr	0.047	0.046	0.044	0.034	0.046	0.054	0.050	0.037	0.055	0.045	0.043	0.056	0.074	0.043
Fe ²⁺	0.049	0.041	0.042	0.033	0.034	0.034	0.031	0.032	0.033	0.027	0.034	0.035	0.040	0.033
Mg	0.928	0.939	0.944	0.915	0.936	0.890	0.896	0.879	0.928	0.938	0.916	0.924	0.931	0.925
Ca	0.964	0.969	0.969	0.981	0.862	0.960	0.956	0.919	0.984	0.989	0.977	0.982	0.935	0.962
Na	0.015	0.019	0.016	0.020	0.024	0.024	0.021	0.022	0.024	0.019	0.024	0.028	0.035	0.025
K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.024	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Σ	4.003	4.009	4.008	3.996	3.983	3.982	3.978	4.015	4.013	4.011	4.000	4.014	4.036	3.998
Mg#	94.9	95.8	95.8	96.5	96.5	96.3	96.6	96.5	96.6	97.2	96.5	96.3	95.9	96.5
Vo	49.7	49.7	49.6	50.8	47.0	50.9	50.8	50.2	50.6	50.6	50.7	50.6	49.1	50.1
En	47.8	48.2	48.3	47.4	51.1	47.2	47.6	48.0	47.7	48.0	47.5	47.6	48.9	48.2
Fs	2.5	2.1	2.1	1.7	1.9	1.8	1.7	1.7	1.7	1.4	1.7	1.8	2.1	1.7

Ek Tablo 4'ün devamı

Örnek#	PK56	PK56-2	PK56-2	PK56-2	PK56-2	PK56-2	PK56-2	PK56-2	PK56-2	PK56-2	PK56-2	PK56-2	PK56-2	PK56-2
SiO₂	54.39	55.37	54.60	53.34	55.25	55.54	55.19	55.01	55.33	55.25	55.00	55.63	55.25	55.64
TiO₂	0.07	0.08	0.06	0.04	0.07	0.06	0.07	dla	0.09	0.05	0.05	0.06	0.07	0.05
Al₂O₃	0.69	0.78	0.80	1.18	0.81	0.83	0.77	0.75	0.77	0.88	0.84	0.78	0.86	0.79
Cr₂O₃	1.60	1.00	1.70	2.20	1.54	1.94	1.36	1.61	1.18	1.48	1.26	1.67	1.71	1.76
FeO	1.12	1.09	1.20	1.21	1.16	1.24	1.10	1.17	0.95	1.06	1.02	1.13	1.22	1.21
MgO	17.17	17.54	17.61	17.18	17.52	17.83	17.61	17.16	17.49	17.41	17.37	17.60	17.50	17.59
CaO	25.35	25.35	25.07	24.49	24.97	24.94	24.98	25.14	25.38	25.22	25.04	24.87	24.82	24.93
Na₂O	0.36	0.34	0.33	0.55	0.41	0.31	0.31	0.33	0.35	0.41	0.32	0.39	0.42	0.35
K₂O	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla
Σ	100.76	101.54	101.37	100.20	101.74	102.68	101.38	101.16	101.53	101.76	100.89	102.12	101.86	102.32
Si	1.965	1.978	1.960	1.942	1.972	1.965	1.975	1.976	1.977	1.972	1.977	1.976	1.970	1.974
Ti	0.002	0.002	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.000	0.002	0.001	0.001	0.002	0.002	0.001
Al	0.029	0.033	0.034	0.050	0.034	0.034	0.032	0.032	0.032	0.037	0.036	0.033	0.036	0.033
Cr	0.046	0.028	0.048	0.063	0.043	0.054	0.038	0.046	0.033	0.042	0.036	0.047	0.048	0.049
Fe²⁺	0.034	0.033	0.036	0.037	0.035	0.037	0.033	0.035	0.028	0.032	0.031	0.033	0.036	0.036
Mg	0.925	0.934	0.942	0.932	0.932	0.940	0.939	0.919	0.931	0.926	0.931	0.932	0.930	0.930
Ca	0.981	0.970	0.964	0.955	0.955	0.945	0.958	0.967	0.971	0.964	0.964	0.947	0.948	0.948
Na	0.026	0.024	0.023	0.039	0.028	0.021	0.021	0.023	0.024	0.028	0.023	0.027	0.029	0.024
K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Σ	4.008	4.001	4.009	4.020	4.002	3.999	3.999	3.997	4.000	4.002	3.997	3.996	4.001	3.995
Mg#	96.5	96.6	96.3	96.2	96.4	96.2	96.6	96.3	97.0	96.7	96.8	96.5	96.2	96.3
Vo	50.6	50.1	49.6	49.6	49.7	49.2	49.6	50.4	50.3	50.2	50.1	49.5	49.5	49.5
En	47.7	48.2	48.5	48.4	48.5	48.9	48.7	47.8	48.2	48.2	48.3	48.7	48.6	48.6
Fs	1.7	1.7	1.9	1.9	1.8	1.9	1.7	1.8	1.5	1.6	1.6	1.7	1.9	1.9

Ek Tablo 4'ün devamı

Örnek#	PK56-2	PK56-2	PK56-2	PK56-2	PK56-2	PK56-2	PK56-2	PK56-2	PK56-2	PK56-2	PK56-2	PK56-2	PK56-2	PK56-2
SiO₂	55.36	54.95	55.22	55.53	55.45	54.17	54.64	55.66	55.55	55.51	54.48	55.78	53.55	53.53
TiO₂	0.08	0.05	0.05	0.05	0.06	0.11	0.07	0.04	0.06	0.11	0.08	dla	dla	0.05
Al₂O₃	0.87	1.07	0.84	0.96	0.94	0.91	0.86	0.89	0.77	0.83	0.99	0.75	0.72	0.76
Cr₂O₃	1.71	1.95	1.72	1.86	1.60	1.78	1.81	1.26	1.52	1.85	2.37	1.03	1.76	2.03
FeO	1.23	1.21	1.14	1.17	1.18	1.10	1.15	1.16	1.17	1.04	1.10	1.08	1.12	1.34
MgO	17.29	17.11	17.23	17.64	17.44	17.15	17.82	17.55	17.49	17.89	17.45	17.81	16.95	17.02
CaO	24.82	24.59	25.02	24.89	24.82	25.24	25.01	24.92	24.91	24.99	24.84	25.33	24.67	24.82
Na₂O	0.36	0.48	0.36	0.42	0.45	0.39	0.39	0.42	0.35	0.38	0.48	0.34	0.39	0.43
K₂O	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla
Σ	101.72	101.42	101.57	102.53	101.94	100.86	101.75	101.91	101.81	102.60	101.79	102.11	99.15	99.97
Si	1.975	1.968	1.974	1.967	1.974	1.956	1.954	1.980	1.979	1.965	1.950	1.980	1.965	1.954
Ti	0.002	0.001	0.001	0.001	0.002	0.003	0.002	0.001	0.001	0.003	0.002	0.000	0.000	0.001
Al	0.037	0.045	0.035	0.040	0.040	0.039	0.036	0.037	0.032	0.035	0.042	0.031	0.031	0.033
Cr	0.048	0.055	0.049	0.052	0.045	0.051	0.051	0.035	0.043	0.052	0.067	0.029	0.051	0.058
Fe²⁺	0.037	0.036	0.034	0.035	0.035	0.033	0.034	0.035	0.035	0.031	0.033	0.032	0.034	0.041
Mg	0.920	0.914	0.918	0.931	0.925	0.923	0.950	0.930	0.929	0.944	0.931	0.942	0.927	0.926
Ca	0.949	0.944	0.958	0.945	0.947	0.977	0.959	0.950	0.951	0.948	0.952	0.963	0.970	0.971
Na	0.025	0.033	0.025	0.029	0.031	0.027	0.027	0.029	0.024	0.026	0.033	0.023	0.028	0.030
K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Σ	3.993	3.997	3.995	4.000	3.998	4.010	4.014	3.997	3.994	4.002	4.010	4.001	4.007	4.014
Mg#	96.2	96.2	96.4	96.4	96.3	96.5	96.5	96.4	96.4	96.8	96.6	96.7	96.4	95.8
Vo	49.8	49.8	50.2	49.4	49.6	50.5	49.3	49.6	49.7	49.3	49.7	49.7	50.2	50.1
En	48.3	48.3	48.1	48.7	48.5	47.8	48.9	48.6	48.5	49.1	48.6	48.6	48.0	47.8
Fs	1.9	1.9	1.8	1.8	1.8	1.7	1.8	1.8	1.8	1.6	1.7	1.7	1.8	2.1

Ek Tablo 4'ün devamı

Örnek#	PK56-2	PK56-2	PK56-2	PK63-2	PK63-2	PK63-2	PK63-2
SiO₂	51.61	53.59	53.57	54.00	53.18	54.22	53.64
TiO₂	0.07	0.05	0.05	0.00	0.00	0.04	0.00
Al₂O₃	0.92	0.75	0.89	0.58	3.24	0.49	0.61
Cr₂O₃	2.28	1.45	1.32	1.59	1.71	1.40	1.49
FeO	1.15	1.11	1.03	1.24	1.37	1.23	1.21
MgO	16.00	16.82	16.81	17.63	16.51	17.05	17.81
CaO	24.60	24.78	24.57	24.26	23.49	24.64	24.49
Na₂O	0.38	0.45	0.46	0.34	0.35	0.27	0.25
K₂O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Σ	97.01	99.00	98.70	99.63	99.86	99.33	99.49
Si	1.945	1.969	1.971	1.969	1.929	1.982	1.960
Ti	0.002	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000
Al	0.041	0.033	0.039	0.025	0.139	0.021	0.026
Cr	0.068	0.042	0.038	0.046	0.049	0.040	0.043
Fe²⁺	0.036	0.034	0.032	0.038	0.042	0.037	0.037
Mg	0.899	0.921	0.922	0.958	0.893	0.929	0.970
Ca	0.993	0.976	0.969	0.948	0.913	0.965	0.959
Na	0.028	0.032	0.033	0.024	0.024	0.019	0.018
K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Σ	4.012	4.008	4.005	4.008	3.989	3.996	4.014
Mg#	96.1	96.4	96.7	96.2	95.6	96.1	96.3
Vo	51.5	50.5	50.4	48.8	49.4	50.0	48.8
En	46.6	47.7	48.0	49.3	48.3	48.1	49.3
Fs	1.9	1.8	1.6	1.9	2.2	1.9	1.9

Ek Tablo 5. Kızılyüksek kromitlerine ait Mg-kromit kristalleri bünyesinde birincil kapanımlar şeklinde gözlenen amfibollere ait mikroprob analizleri. Mineral formülleri 23 oksijen baz alınarak hesaplanmıştır. Mg#=100×Mg/(Mg+Fe²⁺), dla: deteksiyon limiti altında.

Örnek#	PK15	PK15	PK50-2-1	PK55-1	PK55-1	PK55-1	PK55-1	PK55-1	PK55-1	PK55-1	PK55-1	PK55-1
SiO ₂	45.90	46.06	43.01	46.10	45.55	45.89	38.66	45.94	46.85	45.55	49.85	46.82
TiO ₂	0.42	0.39	0.36	0.44	0.41	0.36	0.46	0.51	0.42	0.46	0.32	0.43
Al ₂ O ₃	10.59	11.00	12.17	10.00	10.20	10.84	10.25	10.45	11.03	10.90	7.19	9.85
Cr ₂ O ₃	3.60	3.66	3.96	3.24	3.66	3.20	9.16	3.29	3.26	3.34	2.23	3.04
FeO	1.75	1.83	2.06	1.79	1.86	1.59	3.00	1.85	1.74	1.74	1.61	1.80
NiO	0.14	0.16	0.00	0.00	0.00	0.11	0.18	0.13	0.10	0.00	0.13	0.00
MgO	19.24	18.95	18.76	20.40	20.42	20.05	18.98	20.41	20.63	19.93	21.65	20.66
CaO	12.67	12.78	12.48	12.76	12.49	12.88	11.57	12.86	12.75	12.87	12.00	12.47
Na ₂ O	3.68	3.74	4.30	3.18	3.16	3.50	3.12	3.24	3.04	3.28	2.99	3.17
K ₂ O	0.18	0.00	0.16	0.12	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00	0.14	0.00	0.00
Σ	98.19	98.57	97.25	98.03	97.73	98.43	95.38	98.79	99.82	98.20	97.98	98.25
Si	6.479	6.470	6.179	6.500	6.446	6.445	5.798	6.439	6.468	6.417	6.948	6.564
Ti	0.045	0.041	0.039	0.047	0.043	0.038	0.052	0.054	0.043	0.049	0.033	0.046
Al	1.762	1.821	2.060	1.662	1.702	1.793	1.812	1.727	1.795	1.811	1.182	1.628
Cr	0.402	0.406	0.449	0.361	0.409	0.356	1.086	0.364	0.355	0.372	0.246	0.337
Fe ²⁺	0.207	0.215	0.248	0.211	0.220	0.186	0.376	0.217	0.200	0.205	0.188	0.212
Ni	0.016	0.018	0.000	0.000	0.000	0.013	0.022	0.014	0.011	0.000	0.015	0.000
Mg	4.049	3.969	4.018	4.288	4.308	4.196	4.244	4.265	4.247	4.185	4.498	4.317
Ca	1.916	1.924	1.921	1.927	1.893	1.938	1.859	1.931	1.886	1.942	1.792	1.873
Na	1.008	1.019	1.197	0.871	0.868	0.953	0.907	0.880	0.814	0.897	0.809	0.862
K	0.032	0.000	0.028	0.021	0.000	0.000	0.000	0.022	0.000	0.025	0.000	0.000
Σ	15.914	15.884	16.139	15.888	15.889	15.919	16.155	15.913	15.820	15.903	15.710	15.839
Mg#	95.1	94.9	94.2	95.3	95.1	95.8	91.9	95.2	95.5	95.3	96.0	95.3

Ek Tablo 5'in devamı

Örnek#	PK55-1	PK55-1	PK55-1	PK55-1	PK55-1	PK55-1	PK55-1	PK56-2	PK56-2	PK56-2	PK56-2
SiO₂	45.76	46.40	45.67	44.98	45.68	44.89	46.26	45.09	44.57	47.25	44.85
TiO₂	0.44	0.41	0.42	0.44	0.42	0.45	0.38	0.30	0.32	0.32	0.27
Al₂O₃	10.44	10.19	11.18	12.67	11.80	10.72	10.09	12.00	12.40	12.49	15.68
Cr₂O₃	3.04	3.12	3.22	3.43	3.46	3.34	3.27	3.58	3.97	3.71	3.37
FeO	1.66	1.63	1.75	1.93	1.87	1.76	1.82	1.80	1.88	2.02	1.79
NiO	0.15	0.14	0.00	0.14	0.18	0.00	0.00	0.18	0.13	0.12	0.21
MgO	20.37	20.47	20.14	19.13	20.18	20.92	20.45	19.39	18.98	18.47	18.52
CaO	12.78	12.57	12.91	12.49	12.79	12.75	12.78	12.78	12.34	12.52	12.27
Na₂O	3.34	3.33	3.04	3.16	3.35	3.29	3.20	3.38	3.33	3.16	3.09
K₂O	0.11	0.00	0.11	0.00	0.11	0.16	0.00	0.31	0.19	0.26	0.47
Σ	98.10	98.24	98.43	98.36	99.83	98.29	98.25	98.80	98.10	100.33	100.53
Si	6.451	6.515	6.410	6.318	6.338	6.334	6.503	6.330	6.297	6.491	6.157
Ti	0.047	0.044	0.044	0.046	0.044	0.047	0.041	0.032	0.034	0.033	0.028
Al	1.735	1.686	1.850	2.096	1.930	1.783	1.672	1.987	2.066	2.021	2.537
Cr	0.339	0.346	0.357	0.380	0.379	0.373	0.363	0.398	0.443	0.402	0.365
Fe²⁺	0.195	0.191	0.205	0.226	0.217	0.208	0.214	0.211	0.222	0.232	0.205
Ni	0.017	0.016	0.000	0.016	0.020	0.000	0.000	0.020	0.015	0.013	0.024
Mg	4.282	4.284	4.213	4.004	4.174	4.401	4.285	4.058	3.997	3.783	3.791
Ca	1.931	1.891	1.941	1.880	1.902	1.928	1.925	1.922	1.868	1.843	1.805
Na	0.913	0.905	0.827	0.860	0.901	0.901	0.871	0.919	0.912	0.843	0.822
K	0.020	0.000	0.019	0.000	0.019	0.028	0.000	0.055	0.035	0.046	0.083
Σ	15.931	15.878	15.866	15.828	15.923	16.005	15.874	15.933	15.888	15.708	15.817
Mg#	95.6	95.7	95.4	94.6	95.1	95.5	95.2	95.1	94.7	94.2	94.9

Ek Tablo 6. Kızılyüksek Mg-kromitlerine ait kromit kristalleri bünyesindeki ikincil serpantin minerallerine ait mikroprob analizleri. Mineral formülleri 28 oksijen baz alınarak hesaplanmıştır. $Mg\# = 100 \times Mg / (Mg + Fe^{2+})$, dla: deteksiyon limiti altında.

Örnek#	PK22B	PK50B	PK50B	PK50B	PK50B	PK50B	PK55-1	PK55-1	PK63-2
SiO ₂	42.97	43.10	42.13	43.49	44.47	42.68	36.05	41.31	39.37
TiO ₂	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al ₂ O ₃	0.22	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	7.33	1.78	0.00
Cr ₂ O ₃	0.53	0.37	0.74	0.80	0.97	0.49	4.66	1.47	0.49
FeO	2.07	2.43	2.40	2.66	3.78	2.02	2.07	2.30	2.74
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NiO	0.00	0.64	0.75	0.17	0.71	0.74	0.15	0.00	0.34
MgO	40.88	40.89	41.52	40.50	40.01	42.40	37.83	40.20	50.09
CaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.06	0.00
Na ₂ O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K ₂ O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Σ	86.68	87.43	87.53	87.63	90.06	88.32	88.10	87.12	93.04
Si	2.010	2.010	1.971	2.021	2.026	1.973	1.696	1.935	1.760
Ti	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Al	0.012	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.406	0.098	0.000
Cr	0.020	0.013	0.027	0.029	0.035	0.018	0.173	0.054	0.017
Fe ²⁺	0.081	0.095	0.094	0.103	0.144	0.078	0.081	0.090	0.103
Mn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ni	0.000	0.024	0.028	0.006	0.026	0.027	0.006	0.000	0.012
Mg	2.851	2.842	2.896	2.805	2.718	2.922	2.652	2.808	3.339
Ca	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.003	0.000
Na	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Σ	4.974	4.984	5.016	4.965	4.955	5.018	5.014	4.989	5.231
Mg#	97.2	96.8	96.9	96.4	95.0	97.4	97.0	96.9	97.0

ÖZGEÇMİŞ

Erdi AVCI, 1988 yılında Pasinler'de (Erzurum) doğdu. 1994–2002 yılları arasında ilk ve orta öğrenimini (13 Mart İlköğretim Okulu) ve 2002–2005 yılları arasında lise öğrenimini (Pasinler Lisesi) tamamladıktan sonra, 2007 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde lisans programına başladı. Bu bölümden 2012 yılında onur öğrencisi unvânı ile mezun oldu. 2012 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı. 2012–2013 yılları arasında Londra'da (İngiltere) İngilizce eğitim alan yazar iyi derecede İngilizce bilmektedir.