

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**KOPDAĞI (KD TÜRKİYE) KROMİT YATAKLARININ OLUŞUM VE
YANKAYAÇ İLİŞKİSİNİN MİNERALOJİK-JEOKİMYASAL İNCELEMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jeoloji Müh. Özgür BİLİCİ

**HAZİRAN 2010
TRABZON**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**KOPDAĞI (KD TÜRKİYE) KROMİT YATAKLARININ OLUŞUM VE
YANKAYAÇ İLİŞKİSİNİN MİNERALOGİK-JEOKİMYASAL İNCELEMESİ**

Jeo. Müh. Özgür BİLİCİ

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
“Jeoloji Yüksek Mühendisi”
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 07.06. 2010
Tezin Savunma Tarih : 23.06.2010**

**Tez Danışmanı : Yrd. Doç Dr. Hasan KOLAYLI
Jüri Üyesi : Prof. Dr. Mehmet ARSLAN
Jüri Üyesi : Doç. Dr. İbrahim ALP**



Enstitü Müdürü: Prof. Dr. Salih TERZİOĞLU

Trabzon 2010

ÖNSÖZ

Bu çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Tez danışmanı olarak çalışmanın tüm aşamasında bilgi ve desteğini esirgemeyen, çalışmanın gerçekleştirilmesi için gerekli ortamı hazırlayarak karşılaşılan güçlüklerin aşılmasında yol gösterici olan kıymetli hocam Yrd. Doç. Dr. Hasan KOLAYLI' ya teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca her türlü desteğinden dolayı değerli hocalarım Prof. Dr. Mehmet ARSLAN' a ve Yrd. Doç. Dr. Emel ABDİOĞLU' na ayrı ayrı teşekkür ederim.

Laboratuvar çalışmaları esnasında yardımlarını esirgemeyen bölümümüz teknik elemanlarından, Mak. Müh. Murat KAYIKÇI'ya, teşekkürü borç bilirim.

Tez çalışmasının çoğu aşamalarında yardımcı olan Jeo. Yük. Müh. Mustafa KANIK'a, Jeo. Yük. Müh. Derya KANIK' a, laboratuvar çalışmalarında yardımını esirgemeyen Jeo. Yük. Müh. Neslihan ASLAN' a ve arazi çalışmalarının bir kısmında yanımda olan Jeo. Müh. İsmail ALİOĞLU' na içten teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışması sırasında göstermiş olduğu maddi, manevi her türlü fedakârlığı için, babama, anneme, kardeşlerime en içten teşekkürlerimi sunarım.

Özgür BİLİCİ
Trabzon 2010

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ	I
İÇİNDEKİLER.....	II
ÖZET.....	IV
SUMMARY	V
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VI
TABLolar DİZİNİ.....	VIII
SEMBOLLER DİZİNİ.....	IX
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. İnceleme Alanının Coğrafi Özellikleri	1
1.1.1. İnceleme Alanının Konumu.....	1
1.1.2. İklim ve Bitki Örtüsü	1
1.1.3. Topografya ve Akarsular	1
1.1.4. Yerleşim Durumu	3
1.2. Önceki Çalışmalar	3
1.3. Çalışmanın Amacı	4
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	5
2.1. Materyal ve Yöntemler	5
2.1.1. Arazi Çalışmaları	5
2.1.2. Laboratuvar Çalışmaları	5
2.1.2.1. Mikroskopik İncelemeler.....	5
2.1.2.2. Kimyasal Analizler	6
2.1.3. Büro Çalışmaları	7
3. BULGULAR	8
3.1. Mineraloji ve Petrografi.....	8
3.1.1. Giriş	8
3.1.2. Ultramafik Kayaçlar	8
3.1.2.1. Dünitler	9
3.1.2.2. Harzburjitler.....	11
3.1.2.3. Piroksenitler.....	15

3.1.2.3.1.	Klinopiroksenitler	16
3.1.2.3.2.	Ortopiroksenitler	18
3.1.2.3.3.	Vebsteritler	20
3.1.3.	Kromititler	23
3.1.3.1.	Dünitik Ana Kayaç İçindeki Kromitler	25
3.1.3.2.	Harzburjitik Ana Kayaç İçindeki Kromititler	26
3.2.	Jeokimya	28
3.2.1.	Kayaç Kimyası.....	28
3.2.2.	Mineral Kimyası.....	35
3.2.2.1.	Olivin Kristal Kimyası.....	36
3.2.2.2.	Piroksen Kristal Kimyası	36
3.2.2.2.1	Ortopiroksenler.....	36
3.2.2.2.2.	Klinopiroksenler	37
3.2.2.3.	Kromit Kristal Kimyası	48
4.	TARTIŞMA	59
5.	SONUÇLAR.....	62
6.	KAYNAKLAR	63
7.	EKLER.	66
ÖZGEÇMİŞ		

ÖZET

Bu çalışmada, Geç Kretase öncesi yaşlı Kop ultramafitlerinde (KD Türkiye) yer alan kromit yataklarının oluşumu ve yan kayaç ile olan mineralojik-petrografik ve jeokimyasal ilişkileri incelenmiştir. Bu amaçla kromit yatağı içeren dunitik ve harzburjitik iki sahada çalışma gerçekleştirilmiştir.

Çalışma sahalarından biri olan Çamlıtepe ve civarı, başlıca dunit ve piroksenitlerden oluşmakta olup, büyük ölçekli kromit yatakları dunitik alan içerisinde bulunmaktadır. İkinci saha olan Delavlar Dağı ve civarı, başlıca harzburjit ve piroksenitlerden oluşmakta olup, küçük ölçekli kromit yatakları kendisini çevreleyen dunitik zarf ile birlikte harzburjit içerisinde bulunmaktadır.

Dunitler aşırı derecede, harzburjitler orta derecede serpantinleşmiş iken piroksenitler ise düşük derecede serpantinleşmiştir. Dunitlerde olivin tamamen serpantinleşmiş olup, kalıntı ilksel doku izleri korunmuştur. Buna karşın harzburjit ve piroksenitlerde birincil dokuyu gözlemek mümkündür. Harzburjit içindeki ortopiroksenler enstatit, klinopiroksenit ve vebsterit içindeki piroksenler diyopsit bileşimlidir. Dunit ve harzburjit içerisindeki olivinler ise genellikle forsterit bileşimlidir.

Dunit ve harzburjit içerisinde yer alan kromitlere ait kromit ile aksesuar kromitler alpin tip karakterlidir. Peridotitlerdeki olivin ve kromit mineral kimyasına göre, harzburjitler manto dizisi içerisinde yer alırken dunitlerin bu diziyeye uyumlu olmadığı tespit edilmiştir. Benzer şekilde her iki peridotit içinde yer alan kromit mineral kimyasına dayanılarak harzburjitlerin tüketilmiş peridotit oldukları dunitlerin ise boninitik magma ile ilişkili oldukları ileri sürülmüştür. Harzburjit ve piroksenitlerin toplam kayaç iz ve nadir toprak element dağılımları boninitik kayaçlarla karşılaştırıldığında piroksenitlerin boninitik magma ile ilişkili oldukları ve harzburjitik kayaçlardan türedikleri sonucuna varılmıştır. Kromitlerin oluşumunda yönü belli olmasa da eski bir yitimin etkili olduğu söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: Kop Ultramafiti, Podiform Kromitit, Piroksenit, Kopdağı, Türkiye

SUMMARY

Mineralogical-Geochemical Investigation of the Chromite Deposits and The Relationship Between Chromite Occurrences and Country Rocks on the Kop Mountain (NE Turkey)

In this study, the occurrence of chromite deposits and their mineralogical-petrographical and geochemical relationship with their surrounding rocks were investigated in Late Cretaceous aged Kop ultramafics (NE Turkey). The study was performed at two selected areas covering dunitic and harzburgitic outcrops.

The Çamlıtepe and vicinity as one of the studied area consists of mainly dunite and pyroxenites, and has large chromite deposits in dunitic area. The Delavlar Mountain and vicinity as second studied area consists of mainly harzburgite and pyroxenites, and has small chromite deposits surrounded by dunitic envelopes within harzburgite.

Dunites are heavily serpentinized, harzburgites are moderately serpentinized and pyroxenites are rarely serpentinized. Olivines in dunites are serpentinized almost completely with relict primary textures. However, primary textures are observed commonly in harzburgite and pyroxenite. Orthopyroxenes in harzburgites are enstatitic whereas clinopyroxenes in clinopyroxenite and websterite are diopsitic in composition. Olivines in dunites and harzburgites are generally forsteritic in composition.

Chromite in the chromitites and accessory chromites in the peridotites show alpine type characteristics. Based olivine and chromite mineral chemistry in the peridotites; harzburgite plots in the olivine-spinel mantle array whereas dunite is inconsistent with this array. Similarly, chromite mineral chemistry in both peridotites suggests that the harzburgite is depleted peridotite in origin but the dunite is related to boninitic magmas. While whole-rock trace and rare earth element patterns of harzburgite and pyroxenite, compared to boninitic rocks, pyroxenites can be related to boninitic magmas and have derived from harzburgitic rocks. It may be suggested that a paleo-subduction was important in the formation of chromite occurrences although there is no data about its dipping direction.

Key Words: Kop Ultramafite, Podiform Chromitite, Pyroxenite, Kop Mountain, Turkey

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1.	Çalışma Alanlarının Yerbulduru Haritaları	2
Şekil 3.1.	Çalışma alanındaki ultramafik kayaçların modal analiz sınıflaması	8
Şekil 3.2.	Dünitlerin arazideki görünümü.....	9
Şekil 3.3.	Tamamen serpantinleşmiş dünitlerde ayrışma ürünü olarak gelişen ikincil kayaç dokuları ve mineralleri	10
Şekil 3.4.	Yoğun bir şekilde ayrışmış dünitlerde kalıntı olivin kristalleri ve ayrışma ürünü serpantin mineralleri.....	11
Şekil 3.5.	Harzburjitlerin arazideki görünümü	12
Şekil 3.6.	Harzburjit el örneğinde bastitleşmiş hipersten kristalleri	12
Şekil 3.7.	Harzburjit içerisinde bastitleşmiş hipersten kristalleri	13
Şekil 3.8.	Harzburjitlerden alınan örneklerin ince kesitteki görünümleri	14
Şekil 3.9.	Piroksenitlerin arazideki görünümü.....	15
Şekil 3.10.	Piroksenitlerin arazideki görünümü.....	15
Şekil 3.11.	Dünit içerisinde piroksenit daykından bir görünüm	16
Şekil 3.12.	Klinopiroksenitlerden alınan örneklerin mikroskobik görünümleri	17
Şekil 3.13.	Dünit harzburjit sınırına yakın alanlarda yer alan ortopiroksenitler	18
Şekil 3.14.	Dünit harzburjit sınırına yakın alanlarda yer alan ortopiroksenitler	18
Şekil 3.15.	Ortopiroksenitlerden alınan örneklerin mikroskobik görünümleri.....	19
Şekil 3.16.	Harzburjit içerisinde vebsterit damarcıkları	20
Şekil 3.17.	Harzburjit içerisinde vebsterit bantçığı	21
Şekil 3.18.	Vebsteritten alınan örneklerin ince kesitteki görünümleri	22
Şekil 3.19.	Kromitlerin mekânsal dağılımları.....	23
Şekil 3.20.	Harzburjit içerisinde işletilmiş küçük ölçekli kromit yatakları	24
Şekil 3.21.	Dünit içerisinde açık işletme yapılan kromit yatağı	24
Şekil 3.22.	Ezilmiş, parçalanmış (kataklastik), fay zonunda gelişmiş cevherleşme	26
Şekil 3.23.	Harzburjit içerisinde bantlı yapıda kromitit	27
Şekil 3.24.	İnceleme alanı içindeki ultramafik kayaçlardan alınan örneklere ait Al ₂ O ₃ -CaO-MgO üçgen diyagramı	29
Şekil 3.25.	SiO ₂ ' ye karşı ana oksit değişim diyagramları.	30

Şekil 3.26. MgO' ya karşı ana oksit değişim diyagramları	31
Şekil 3.27. SiO ₂ ' ye karşı iz element diyagramları	33
Şekil 3.28. MgO' ya karşı iz element diyagramları	34
Şekil 3.29. Harzburjit ve klinopiroksenitlerin Kondrite (C1) göre normalleştirilmiş NTE örümcek diyagramı	35
Şekil 3.30. Kop ultramafitleri içinde yer alan harzburjit, klinopiroksenit ve vebsteritlerdeki piroksenlerin vollastonit-enstatit-ferrosilit üçgen diyagramındaki dağılımları	36
Şekil 3.31. SiO ₂ ' ye karşı ana oksit değişim diyagramları	46
Şekil 3.32. MgO' ya karşı ana oksit değişim diyagramları	47
Şekil 3.33. Al ₂ O ₃ ' e karşı ana oksit değişim diyagramları	49
Şekil 3.34. Kromitlere ait Cr#-TiO ₂ diyagramı.....	50
Şekil 3.35. Kromitlere ait Fo-Cr# diyagramı	50
Şekil 3.36. Kop ultramafik masifindeki peridotit ve kromitlere ait kromitlerin Cr#-Mg# diyagramındaki dağılımları.....	58
Şekil 4.1. Harzburjitik kayalarda boninitik magma etkisiyle dünit, piroksenit ve kromit gelişimi.....	60

TABLULAR DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1.	Toplam kayaç ana oksit (%) analiz sonuçları (D:Dünit ,H:Harzburjit, P:Piroksenit)	28
Tablo 2.	İz (ppm) ve nadir toprak element (ppb) jeokimyasal analiz değerleri (D: Dünit, H: Harzburjit, P:Piroksenit).....	32
Tablo 3.	Harzburjit içerisindeki (K-19 – KB-10B) olivinlerin mikroprob analiz sonuçları ve 4 oksijen’ e göre hesaplanmış katyon değerleri	38
Tablo 4.	Harzburjit içerisindeki (K-19 – KB-10B) ortopiroksenlerin mikroprob analiz sonuçları ve 6 Oksijene’ e göre hesaplanmış katyon değerleri	39
Tablo 5.	Harzburjit içerisindeki (KB-47 – KP-98) ortopiroksenlerin mikroprob analiz sonuçları ve 6 Oksijen’ e göre hesaplanmış katyon değerleri.....	40
Tablo 6.	Piroksenitler içerisindeki (B2.1-C3.7) klinoproksenlerin mikroprob analiz sonuçları ve 6 Oksijen’ e göre hesaplanmış katyon değerleri	41
Tablo 7.	Piroksenitler içerisindeki C4.1-F3.8) klinoproksenlerin mikroprob analiz sonuçları ve 6 Oksijen’ e göre hesaplanmış katyon.....	42
Tablo 8.	Piroksenitler içerisindeki (SK-28A, SK29) klinoproksenlerin mikroprob analiz sonuçları ve 6 Oksijen’ e göre hesaplanmış katyon değerleri.....	43
Tablo 9.	Piroksenitler içerisindeki (SK-33, KB-43P) klinoproksenlerin mikroprob analiz sonuçları ve 6 Oksijen’ e göre hesaplanmış katyon değerleri	44
Tablo 10.	Harzburjit içerisindeki (KB-10A, SK-35) klinoproksenlerin mikroprob analiz sonuçları ve 6 Oksijen’ e göre hesaplanmış katyon değerleri.....	45
Tablo 11.	Dünit içerisindeki (B2-YK – KB-43P) kromitlerin mikroprob analiz sonuçları ve 32 Oksijen’ e göre hesaplanmış katyon değerleri	51
Tablo 12.	Dünit içerisindeki (SK-28A –SK-35) kromitlerin mikroprob analiz sonuçları ve 32 Oksijen’ e göre hesaplanmış katyon değerleri	52
Tablo 13.	Dünit içerisindeki (KB-41A – K1) kromitlerin mikroprob analiz sonuçları ve 32 Oksijen’ e göre hesaplanmış katyon değerler	53
Tablo 14.	Dünit içerisindeki (K-3 – SK-32) kromitlerin mikroprob analiz sonuçları ve 32 Oksijen’ e göre hesaplanmış katyon değerleri	54
Tablo 15.	Harzburjit içerisindeki (K-19 – KB-10B) kromitlerin mikroprob analiz sonuçları ve 32 Oksijen’ e göre hesaplanmış katyon değerleri	55
Tablo 16.	Harzburjit içerisindeki (KB-47 – KB-9) kromitlerin mikroprob analiz sonuçları ve 32 Oksijen’ e göre hesaplanmış katyon değerleri	56
Tablo 17.	Harzburjit içerisindeki (SK-3 – SK-2) kromitlerin mikroprob analiz sonuçları ve 32 Oksijen’ e göre hesaplanmış katyon değerleri	57

SEMBOLLER DİZİNİ

Bst	: Bastit
D	: Dünit
Dy	: Diyopsit
Ens	: Enstatit
Fo	: Forsterit
Fs	: Ferrosillit
H	: Harzburjit
Hp	: Hipersten
Kpr	: Klinopiroksen
Kr	: Kromit
Krz	: Krizotil
M	: Manyetit
Mz	: Manyezit
N	: Ortalama Prob Deęeri
NTE	: Nadir Toprak Element
Oj	: Ojit
Ol	: Olivin
Olk	: Olivin Kalıntısı
Opir	: Ortopiroksen
P	: Piroksenit
S	: Serpantin
Vo	: Vollastonit
Cr#	: Krom Numarası
Mg#	: Magnezyum Numarası

1.GENEL BİLGİLER

1.1. İnceleme Alanının Coğrafi Özellikleri

1.1.1. İnceleme Alanının Konumu

İnceleme alanı Doğu Pontid Güney Zonu ile Anatolitlerin geçiş bölgesinde Erzurum-Erzincan-Bayburt illerinin ortak noktasında yer alan Kop ultramafitlerinin bir bölümünü kapsar. Çalışma alanları Aşkale' ye (Erzurum) 30, Çayırlı'ya (Erzincan) 40 km, güneyde Bayburt' a 40 km mesafededir (Şekil 1). Çalışma alanı, Karadeniz Bölgesi'nin güneyi ile Doğu Anadolu Bölgesi' nin kuzeyinin kesişimi olan 1/25000 ölçekli Bayburt H₄₄.C₄ paftası ve 1/25000 ölçekli Bayburt H₄₄-C₃ içerisinde yer almaktadır. Çalışma alanları iki parça halinde olup toplam olarak 15 km²' lik bir alanı kapsamaktadır.

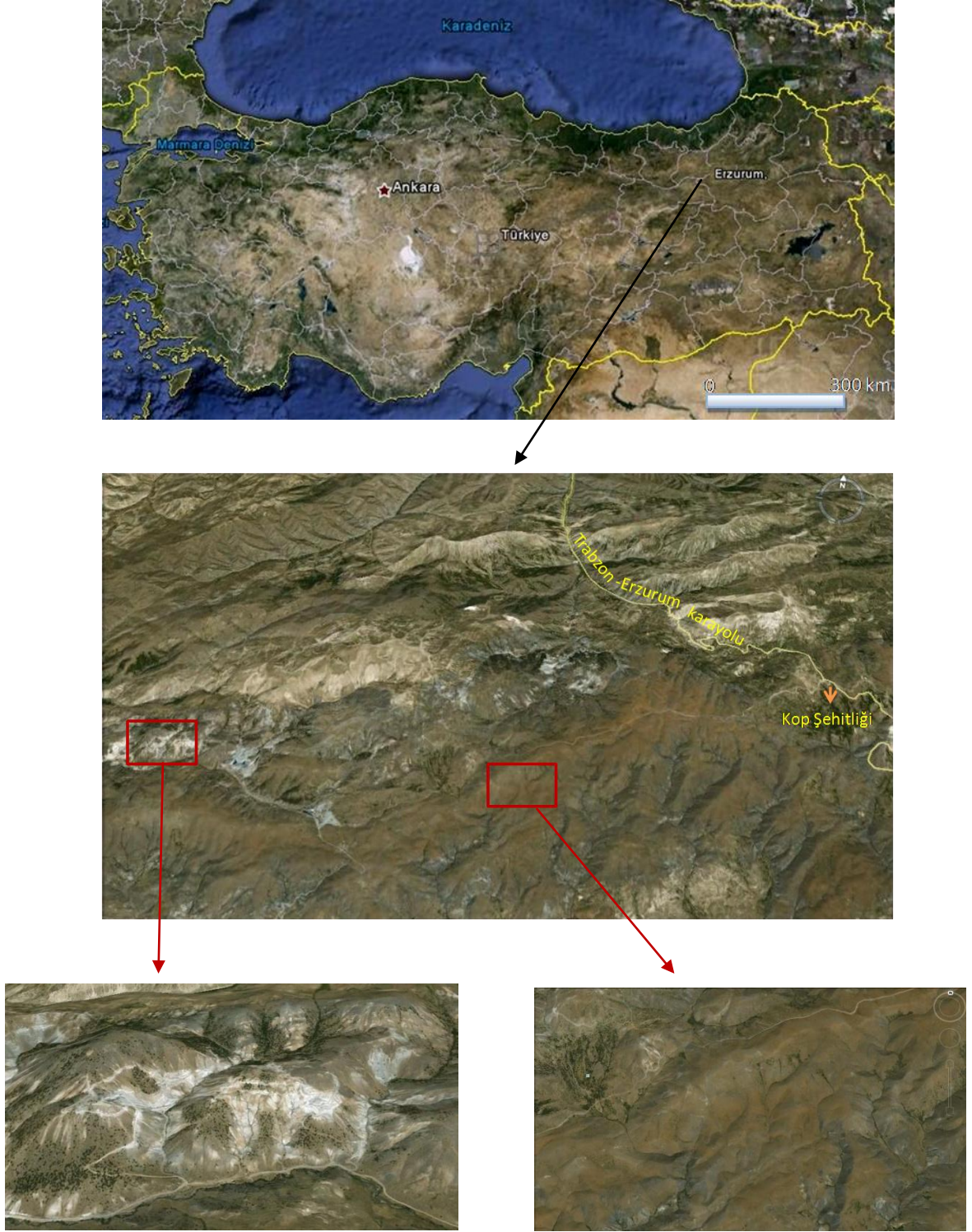
1.1.2. İklim ve Bitki Örtüsü

İnceleme alanı karasal bir iklime sahiptir. Yılın büyük bir bölümü soğuk ve yağışlı geçmektedir. Yoğun kar yağışı ve havanın soğuk olmasından dolayı ekim ayından mayıs ayına kadar arazinin büyük bir bölümü karla kaplıdır. Yazları ise sıcak ve kurak geçmektedir.

Bölgenin büyük bir kısmının ultramafitlerden oluşması, toprak örtüsünün tarıma elverişli olmamasına ve bitki örtüsünün çok seyrek olmasına dolayısıyla mevcut olan ormanlık alanların da bodur ağaçlardan oluşmasına sebep olmuştur.

1.1.3. Topografya ve Akarsular

İnceleme alanının topoğrafyası Karadeniz genel coğrafyası ile Orta Anadolu coğrafyasının ortak izlerini taşır. Yer yer hafif yer yer de sert topoğrafik özelliklerin hakim olduğu çalışma alanında en yüksek alanlar 2500 metrenin üzerinde Delavlar, ve Coşan dağlarıdır. Çukurçam mevki nispeten düşük engebeli bir arazi yapısına sahiptir. Çalışma alanlarındaki akarsular küçük ölçekli olup debileri düşüktür. Genellikle ilkbaharda etken olan, yaz aylarında kuruyan dere niteliğindedirler.



Şekil 1.1. Çalışma Alanlarının Yerbulduru Hava Fotoğrafları

1.1.4. Yerleşim Durumu

Genelde dağlık ve tarıma elverişsiz olan inceleme alanı, krom madenciliğinden dolayı da yerleşim yeri olarak uygun bir bölge değildir. Çalışma alanına yaklaşık 2 ila 10 km' lik mesafede terk edilmiş eski yerleşim birimleri (köyler) bulunmaktadır.

1.2. Önceki Çalışmalar

Ketin (1951) , inceleme alanına yakın, Bayburt civarında ilk ayrıntılı çalışmayı yapmıştır. Bölgenin 1/100000 ölçekli haritasını çıkarıp daha çok tortul kayaçlarda stratigrafik anlamda çalışmıştır.

Gattinger v.d. (1962), çalışma alanını da kapsayan 1/500000 ölçekli haritasını hazırlamışlardır.

Kaaden (1962), Kop Dağı batısında kromit yataklarının değerlendirilmesine yönelik ilk çalışmayı yapmıştır.

MTA (1966), Türkiye genelinde bütün kromit yataklarının incelenmesine yönelik çalışmanın bir parçası olarak Kop kromitlerini incelemiştir.

MTA, (Türk-Japon Ekibi) (1979), Kop Dağı-Tunceli arasındaki ultramafit kütlelerde kromit aramalarına yönelik çalışmalar yapmışlardır. 1981 yılında Batı Kop Dağı sahasında genel jeolojik, jeokimyasal ve jeofizik çalışmalar sonucu yarma ve sondajlar yapılmıştır.

Korkmaz ve Baki (1984), Demirözü (Bayburt) güneyinde yaptıkları çalışmada 430 km² lik bölgenin jeolojik haritasını çıkarıp, bölgede Dogger'de başlayan çökmenin Alt Kretase sonuna kadar kesintisiz devam ettiğini belirtmişlerdir. Ayrıca, bölgede sık rastlanan melanjların da Alt Kretase yaşlı olduklarını vurgulamışlardır.

Kipman (1989), Kop Dağı batısının yapısal gelişimini ve ofiyolitik olarak nitelediği ultramafitlerin metamorfizmasını incelemiştir.

Tarhan v.d. (1992), inceleme alanının yakın bir çevresinde Aşkale-Çat arasında 1/25000 ölçekli jeolojik haritasını çıkarmışlardır. Alt Miyosen-Orta Miyosen arasında da bölgenin K-G yönünde sıkışarak güneye doğru bindirmelerin geliştiğini belirtmişlerdir. Bu tür sıkışmalar ile de kıta kabuğunun kalınlaştığını vurgulamışlardır.

Kolaylı (1996) , inceleme alanını da kapsayan bölgede Kop Dağları (Erzurum-Erzincan-Bayburt) ultramafik ve mafik kayaçların jeolojik, petrolojik ve metalojenik incelenmesi adlı doktora çalışması yapmıştır.

1.3. Çalışmanın Amacı

Çalışma, inceleme alanı içersinde bulunan kromit yataklarının yan kayaç ile olan ilişkilerinin mineralojik, petrografik ve jeokimyasal açıdan incelenmesidir. Kop ultramafitleri içerisinde bulunan kromititler, hem harzburjit hem de dünit içinde yer alırlar. Bu kapsamda kromit yataklarının aranmasında kullanılabilir bilgiler ve kriterlerin ortaya konulması çalışmanın asıl amacını oluşturmaktadır.

2.YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Materyal ve Yöntemler

İnceleme alanlarındaki peridotit-piroksenitler ve bunlara bağlı gelişen kromititlerin özelliklerinin belirlenmesine yönelik çalışmalar arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları olarak üç aşamada yürütülmüştür.

2.1.1 Arazi Çalışmaları

Yüksek lisans tezi olarak hazırlanan bu çalışmanın arazi çalışmaları 2008 ve 2009 yılları temmuz-ağustos-eylül aylarında yürütülmüştür. Arazi çalışmaları sırasında jeolog pusulası, jeolog çekici, GPS (Küresel Yer Bulma Sistemi) ve benzeri araçlar kullanılmıştır. İnceleme alanlarının jeolojik haritası yapılırken bölgelerde daha önceden MTA' nın yapmış olduğu ve Yrd. Doç. Dr. Hasan KOLAYLI tarafından yapılmış olan jeolojik haritalardan yararlanılmıştır. Bu haritaların ışığında ve dokanak takibi yöntemi kullanılarak inceleme alanlarının 1/5.000 ölçekli jeolojik haritaları hazırlanmıştır (Ek 1 ve 2).

İnceleme alanları içinde yer alan harzburjit, dünit ve bunların içerisinde gelişen piroksenit dayklarından tek tek örnekler alınmıştır. Ayrıca, bunlara bağlı gelişen kromit yataklarında da sistematik örnekleme yapılmıştır.

2.1.2. Laboratuvar Çalışmaları

Bu çalışma kapsamında yürütülen laboratuvar aşaması, mikroskobik incelemeler ve kimyasal analizler olarak iki başlık altında açıklanacaktır.

2.1.2.1.Mikroskobik İncelemeler

Peridotit, piroksenit ve kromititlerden alınan örneklerin mineralojik ve petrografik incelemeleri için gerekli ince kesitler K.T.Ü. Jeoloji Mühendisliği Bölümü İnce Kesit Hazırlama Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir. Bu aşama için seçilmiş olan kromitit

dışında kalan örnekler için 0,5x2x4 cm boyutunda plakalar alınmış ve kanada balzamu yardımı ile bu plakalar 0.1x2,5x5 cm boyutundaki kesit camları üzerine yapıştırılmıştır. Daha sonra aşındırıcı tozlar kullanılarak 0.025 mm kalınlığına kadar inceltilmiş ve örnekler mikroskobik incelemeler için hazır hale getirilmiştir. Bu şekilde hazırlanan 57 ince kesitin mineralojik ve petrografik incelemeleri polarizan mikroskop kullanılarak yapılmıştır. Kayaçları oluşturan minerallerin birbirleriyle olan ilişkileri, optik özellikleri gözlenerek önemli olduğu düşünülen kesitlerden tek ve çapraz nikollerde fotoğrafları çekilmiştir. Modal analiz için Swift nokta sayacı kullanılmıştır. Sayım genel olarak 0,2 mm aralıklarla gerçekleştirilmiş olup her ince kesit için yaklaşık 600 nokta sayımı yapılmıştır.

Kromit örnekleri için ise, parlak kesitler hazırlanmıştır. Parlak kesitler, K.T.Ü. Jeoloji Mühendisliği Bölümü İnce Kesit Hazırlama Laboratuvarı'nda hazırlandıktan sonra Parlatma Laboratuvarında aşındırıcı tozlar kullanılarak parlatılmıştır.

2.1.2.2. Kimyasal Analizler

Kimyasal analizler için, hem arazi gözlemlerinin hem de mikroskobik incelemelerin sonuçlarından yararlanılarak en az altere olmuş ve inceleme alanlarını en iyi temsil edebilecek örnekler seçilmiştir. Seçilen bu örnekler öncelikle çekiç yardımıyla daha küçük boyuta indirgenmiştir. Daha sonra KTÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü Örnek Öğütme Laboratuvarı'nda çeneli kırıcı kullanılarak dane boyları daha da küçültülmüştür. Bu işlemten sonra ince dane eldesi için tungsten karbite halkalı öğütücüde öğütme süreleri belirlenerek örnekler ince toz haline getirilmiştir. Tüm aşamalarda örneklerin aletsel kirlilikten etkilenmesi en aza indirgenmeye çalışılmıştır. Sonuçta örnekler ana oksit, iz element ve nadir toprak element analizleri için Kanada'da ACME laboratuvarına gönderilmiş ve XRF (X-Ray Floresans) cihazıyla analiz edilmiştir.

Mineral kimyası için, mikroskobik incelemeler sırasında önemli olduğu düşünülen ince kesitler parlatılarak mikrokimyasal analizlere hazır hale getirilmiştir. Bu parlatılmış kesitlerdeki mineraller üzerindeki mikrokimyasal analizler Maine Üniversitesi' nin Yer Bilimleri Bölümü' Elektron Mikroprob Laboratuvarı'nda yaptırılmıştır.

2.1.3. Büro Çalışmaları

Arazi çalışmaları öncesinde literatür derlemesi yapılmıştır. Toplanan arazi bilgilerini yapılan jeolojik haritalarda göstermede ve elde edilen analiz sonuçlarının irdelenmesinde uygun bilgisayar programları kullanılmıştır. Bu kapsamda yürütülen arazi ve laboratuvar çalışmaları sonucunda elde edilen mineralojik, petrografik ve jeokimyasal veriler bilgisayar ortamında değerlendirilmiştir. Sonuç olarak tüm verilerin ışığında tez raporu yazılmıştır.

3. BULGULAR

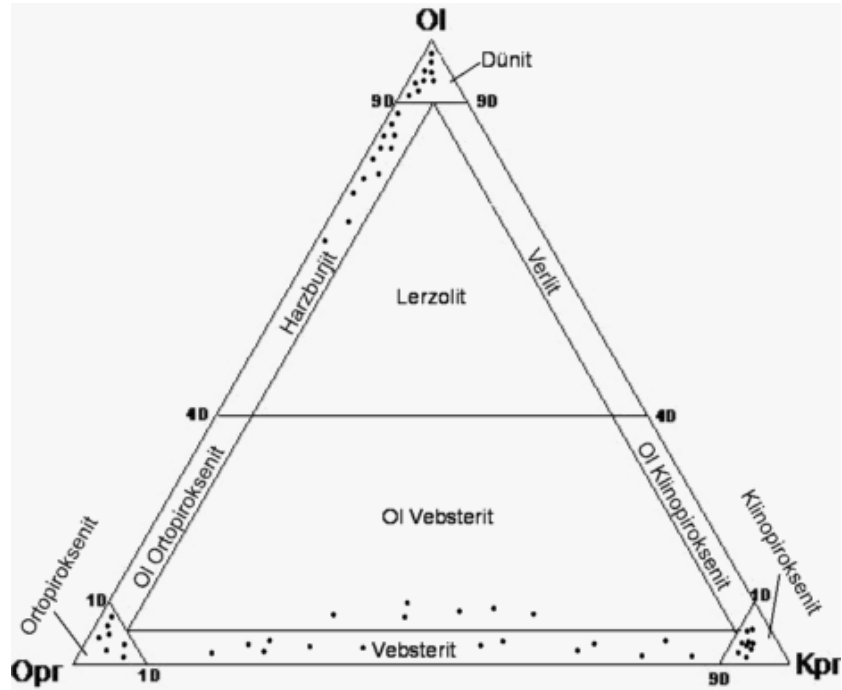
3.1. Mineraloji ve Petrografi

3.1.1. Giriş

İnceleme alanında yüzeylenen kayaçların tamamına yakını ultramafik kayaçlar oluşturur. Bu bölümde söz konusu kayaçların genel jeolojik , mineralojik ve petrografik özelliklerinden bahsedilecektir.

3.1.2. Ultramafik Kayaçlar

Çalışma alanında bulunan ultramafik kayaçlar dünit, harzburjit, piroksenitlerden ibarettir. Arazide çıplak gözle ayırt edilebilen kayaçlar oldukça azdır. Önemli bir kısmı mikroskop altında birbirlerinden ayırt edilerek modal analizleri yapılmış ve isimlendirilmişlerdir (Şekil 3.1.).



Şekil 3.1. Çalışma alanındaki ultramafik kayaç örneklerinin modal bileşimine göre sınıflaması (Streckeisen, 1976).

3.1.2.1. Dünitler

Piroksenit ve büyük rezervli kromit yataklarına ev sahipliği yapan dünitler son derece ayrılarak serpantin ve manyezit oluşuklarına vücut vermiştir (Şekil 3.2.). Tamamen serpantinleşmeden dolayı ilksel dokularını kaybeden dünitik kayalarda tektonizma izlerini belirten ikincil dokular hakimdir. Dünitler genellikle sadece olivinden oluşmaları yanında yer yer % 10 oranına kadar klinopiroksen içerebilmektedir. Bu durumda “piroksenli dünit” adı alırken, bazı alanlarda tamamen serpantinleşmiş vebsterit damarcıkları da içermelerinden dolayı “vebsterit ara bantlı dünit” adını alırlar.

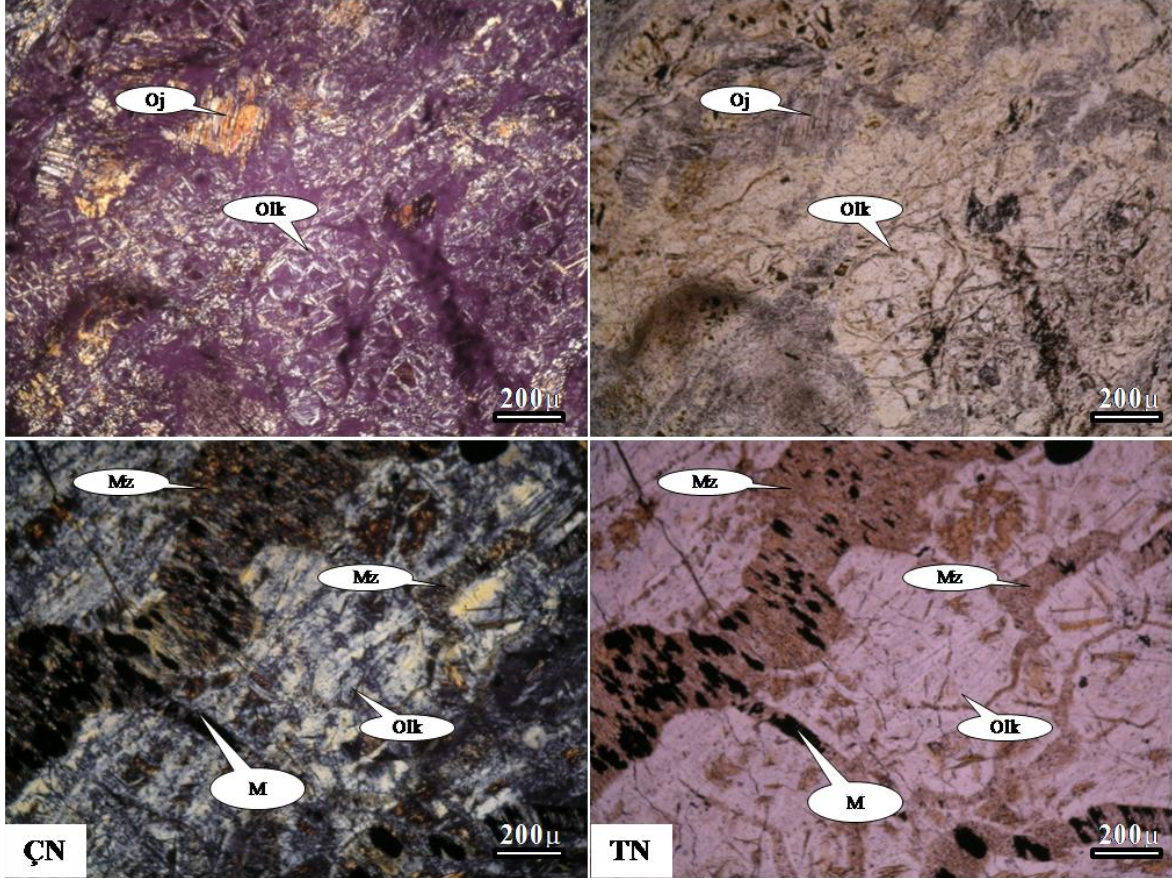


Şekil 3.2. Dünitlerin arazideki görünümü (Çamlıtepe 300 m doğusu)

Mikroskop altında dünitlerde ilksel (primer) dokuların izlerini yoğun serpantinleşmeye rağmen gözlemlemek mümkündür. Dünitlerde mevcut serpantin minerallerinin cinsleri genelde antigorit ve çok daha az oranda krizotil olduğu daha önceki araştırmacılarca tespit edilmiştir(Kolaylı, 1996). Birincil özşekilsiz taneli dokunun serpantinleşme ile ikincil ağsal veya balık pulu dokularına dönüştüğü, bu dokuların da özellikle tektonik hatlara yakın alanlarda çek-ayır (pull-apart) üçüncül dokularına dönüştüğü gözlenmiştir. Pull-apart dokulu serpantinlerde dokuyu oluşturan beyaz renkli kılcal damarlarda yoğun manyezit oluşumları mevcuttur.

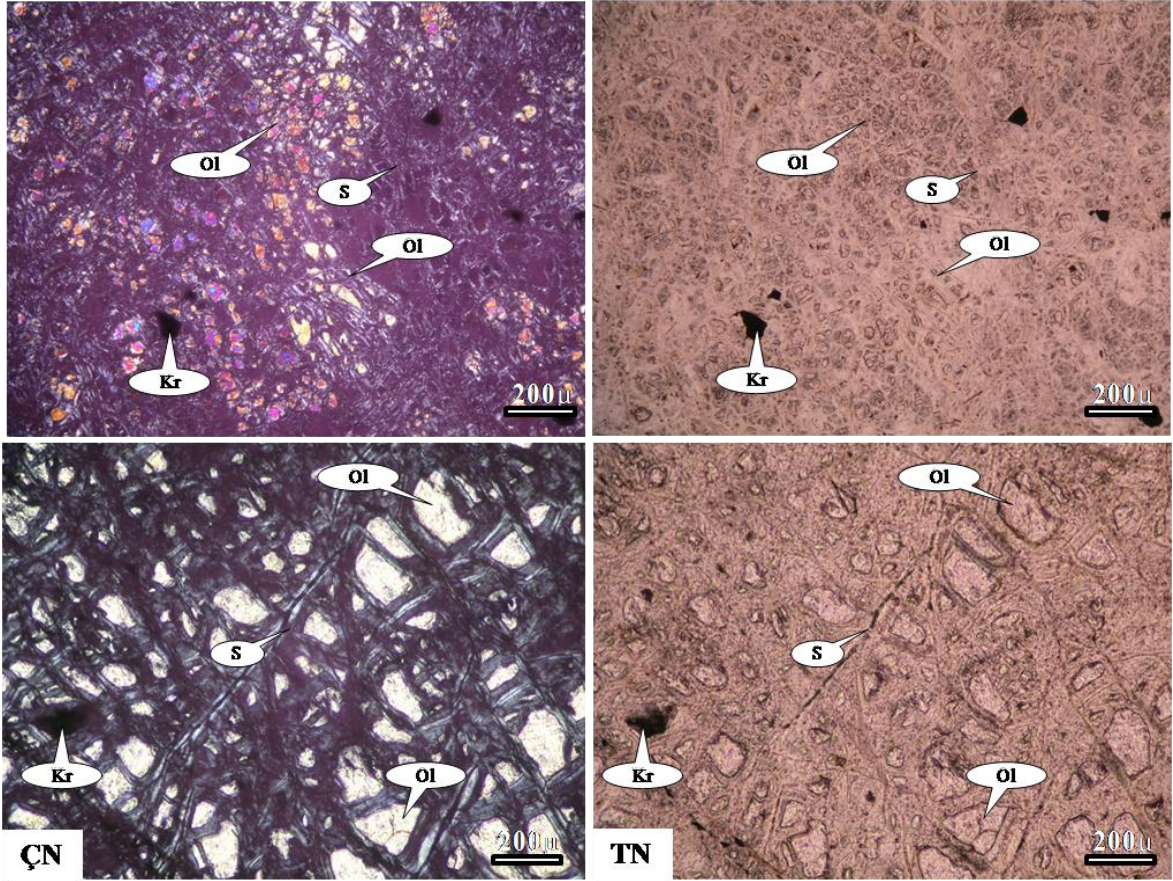
Seçilen çalışma alanı içersindeki dünitik bölümden alınan örneklerin ince kesitlerinde tüm silikat minerallerinin tamamı veya tamamına yakını serpantinleşmiştir. Bu yüzden silikat mineral tanımlamaları yapılamamıştır. Ancak mikroskop altında ilksel öz

şekilsiz taneli doku izlerinden ve ikincil ağsal ve balık pulu dokularından hareketle olivin oranının modal olarak %90 dan fazla olduğu belirlenmiştir. Tamamen ayrılmış olivin yanında primer kromit kristalleri ile ayrışma ürünü olan manyetit, kalsit, talk, klinoklor, klorit ve manyezit gözlenmiştir (Şekil 3.3 ve 4).



Şekil 3.3. Tamamen serpantinleşmiş dünitlerde ayrışma ürünü olarak gelişen ikincil kayaç dokuları ve mineralleri (İkincil ağsal doku; Primer taneli doku izleri hala belirgindir).(Kr: Kromit, M: Manyetit, Mz: Manyezit, Oj: Ojite, Olk: Olivin Kalıntısı)

Bölgede Kolaylı (1996) tarafından yapılan geniş ölçekli bir çalışmada dünit içerisindeki olivinlerin modal oranının % 95 civarında olduğu, olivinin bileşiminin fo_{65-95} ile hyalosiderit ile forsterit aralığında yer aldıkları belirlenmiştir. Aynı çalışmada dünitin yer yer %5 e kadar hipersten, % 1 e kadar diyopsit yanında %3-5 oranında kromit içerdikleri, ikincil olarak talk, kalsit, klorit, klinoklor, iddingsit, antigorit ve manyetit içerdikleri belirlenmiştir.



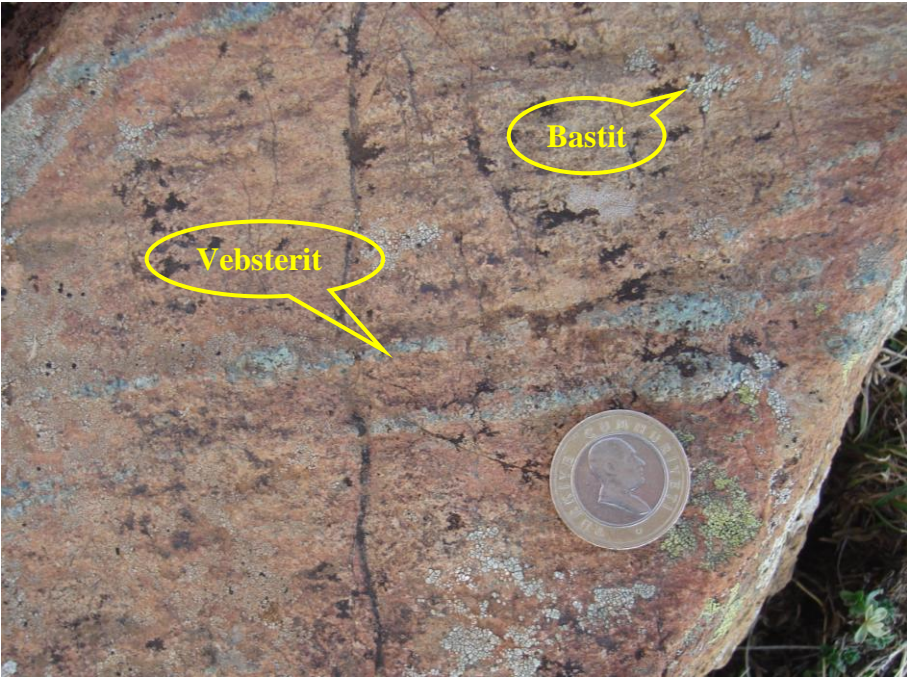
Şekil 3.4. Yoğun bir şekilde ayrılmış dünitlerde kalıntı olivin kristalleri ve ayrışma ürünü serpantin mineralleri (Kr: Kromit, Ol: Olivin, S: Serpantin)

3.1.2.2. Harzburjitler

Küçük rezervli ancak yüksek tenörlü kromit yataklarına ev sahipliği yapan harzburjitler dünitlere oranla çok daha sağlam yapılı olup serpantinleşme oranları %10-80 oranında değişir. Arazide az ayrılmış alanlarda sarımsı kahve-kahve renklerinde, çok ayrılmış alanlarda gri tonlarında gözlenir (Şekil 3.5). El örneklerinde olivin nadiren gözlenmekle beraber hemen tüm alanlarda hipersten minerallerini gözle ayırmak mümkündür (Şekil 3.6 ve 7). Özellikle tektonik hatlara yakın alanlarda % 80' e varan oranda serpantinleşen harzburjitlerde yoğun antigorit ve krizotil oluşumlarının geliştiği gözlenmiştir.



Şekil 3.5. Harzburgitlerin arazideki görünümü



Şekil 3.6. Harzburgit el örneğinde bastitleşmiş hipersten kristalleri ve vebsterit bantçıkları



Şekil 3.7. Harzburjit içerisinde bastitleşmiş hipersten kristalleri

Harzburjitlerin, polarizan mikroskopta yapılan incelemelerde genellikle özşekilsiz taneli ve bantlı dokulu oldukları, yer yer fay zonlarında kataklastik dokulu oldukları gözlenmiştir.

Olivin: Kayaçta modal olarak %60-85 oranında bulunmaktadır. Tamamen öz şekilsiz kristaller halinde görülürler. Forsterit içerikleri $f_{0.75-0.95}$ arasında değişir. Dolayısı ile cinslerinin forsterit kısmen de krizolit olduğu belirlenmiştir. Nadiren dilinime sahip olup, deformasyondan dolayı yoğun dalgalı sönme gösterir. Kristal içi kırıklar ve kristal kenarları boyunca kısmen veya tamamen serpantinleşmiştir. Mekanik etkilerle kristal kenarları boyunca ezilme ve ufalanma yapıları (otoklastik doku) tespit edilmiştir.

Hipersten: kayaçta birincil ferromagnezyen minerallerin %15-40' ını oluşturur. Genellikle öz şekilsiz kısmen de yarı öz şekilli ve olarak bulunur. Tek nikelde renksiz ve açık yeşil renklere bulunur. Deformasyondan dolayı sönme açılarında 8-9 derecelik sapmalar gözlenir (Kolaylı, 1996). Olivinde olduğu gibi hiperstende de yoğun dalgalı sönme özelliği mevcuttur. Olivine oranla ayrışmaya (özellikle serpantinleşmeye) karşı daha dayanıklıdır. Buna rağmen, yer yer kısmen veya tamamen serpantinleşerek bastit, çatlakları ve dilinimleri boyunca krizotile dönüşmüştür.

Ojit: Kayaç içinde modal olarak %3-5 oranında bulunur. Genelde kristaller arasında öz şekilsiz olarak bulunur. Olivin ve hiperstene oranla serpantinleşmesi nadirdir.

Pijonit: Kesitlerde nadiren gözlenir.

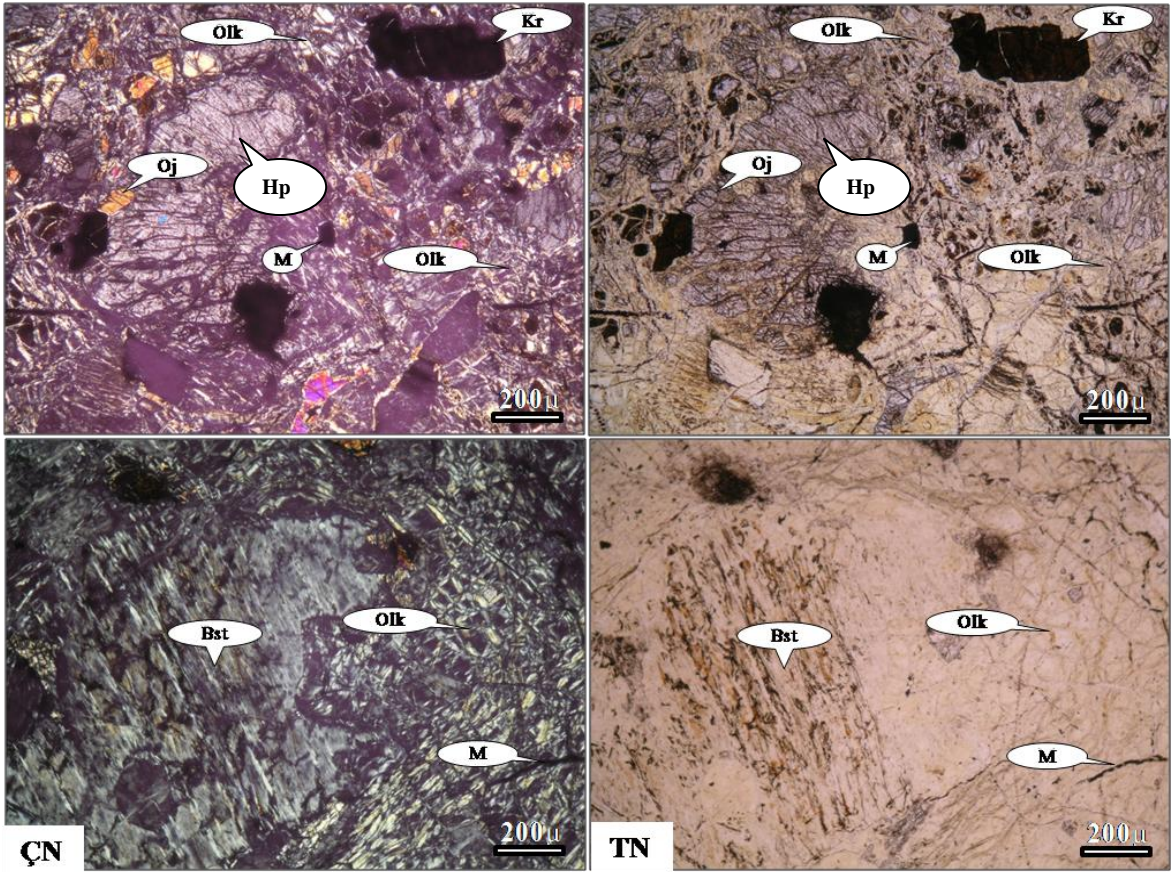
Kromit: Kayaç içinde en çok %3 oranında, yarı öz şekilli kristaller halinde bulunurlar. Genellikle vişne çürüğü renkte olmalarına karşın, kısmen kenarları boyunca ayrışarak manyetite dönüşmüş, tamamen opak karakter kazanmıştır.

Bastit: Sadece hiperstenlerin ayrışma ürünü olarak bulunur.

Krizotil: Hem olivin ve hem de hipersten kristallerinin çatlakları boyunca ve çatlağa dik lifi kristaller halinde gözlenir.

Klinoklor: Ayrışma ürünü olarak lifi kristalle şeklinde bulunur. Genellikle ikincil manyetit kristallerini saran zarflar şeklinde bulunurlar.

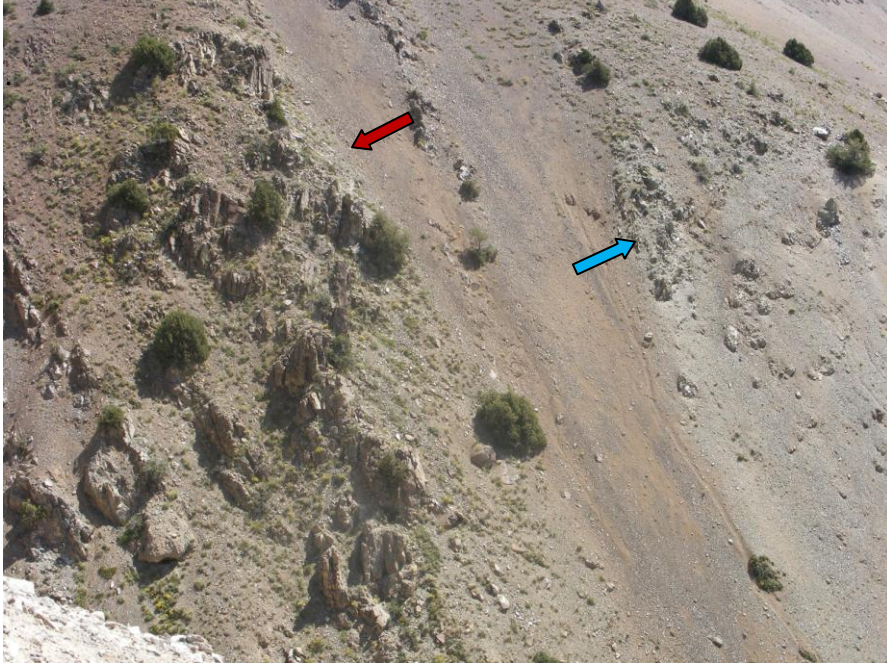
Manyetit: Hem olivin hem de hiperstenlerin ayrışma ürünü olarak genellikle kılcal damarcıklar şeklinde, nadiren öz şekilsiz yalın kristaller şeklinde bulunurlar (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Harzburgitlerden alınan örneklerin ince kesitteki görünüşleri (Bst: Bastit, Hp: Hipersten, M: Manyetit, Oj: Ojit, Olk: Olivin Kalıntısı)

3.1.2.3. Piroksenitler

Çalışma sahası içinde piroksenitler hem dünit ve hem de harzburjit içerisinde bulunurlar. Dünit içerisinde bulunanlar klinopiroksenit (diyopsitit), harzburjit içerisinde bulunanlar genellikle ortopiroksenit (hiperstenit) ve vebsterit damarcıkları şeklindedir (Şekil 3.9 ve 10).



Şekil 3.9. Piroksenitlerin arazideki görünümü



Şekil 3.10. Piroksenitlerin arazideki görünümü

3.1.2.3.1. Klinopiroksenitler

Tamamen dünit içerisinde bulunan klinopiroksenitler boyutları 1x3 ila 5x20 metrelik yeşil renkli irili ufaklı dayklar halinde, çevre kayaç olan dünitleri kesen ve birbirini takip eden dayklar şeklinde bulunurlar. Genel konumları K 40 D/ 60 KB ile K 75 D/ 70 KB arasındadır (Şekil 3.11).



Şekil 3.11. Dünit içerisinde piroksenit daykından bir görünüm

Genellikle yarı öz şekilli taneli, yer yer de öz şekilsiz taneli bir dokuya sahiptirler. Kristal boyutları ortalama 2 mm kadardır.

Diyopsit: Kayaç içinde modal olarak % 80-95 oranında bulunur. Kristal tane boyu 0,5 mm ile 3 mm arasında değişir. Tektonik hatlara yakınlığı ile ilişkili olarak değişik oranlarda serpantinleşmiştir. Serpantinleşme oranı % 5 ile % 100 arasında değişir. Dünitik alanın orta bölümlerinde ve özellikle kromit yataklanmalarına yakın alanlarda yer alan klinopiroksenitlerin tane boyları harzburjitlere yakın alanlardaki klinopiroksenitlerden daha küçüktür. Dayk şeklinde kütlelere sahip klinopiroksenitlerde tane boyu kenarlara doğru giderek küçülür. Serpantinleşme oranları da benzer şekilde harzburjitlere doğru azalır.

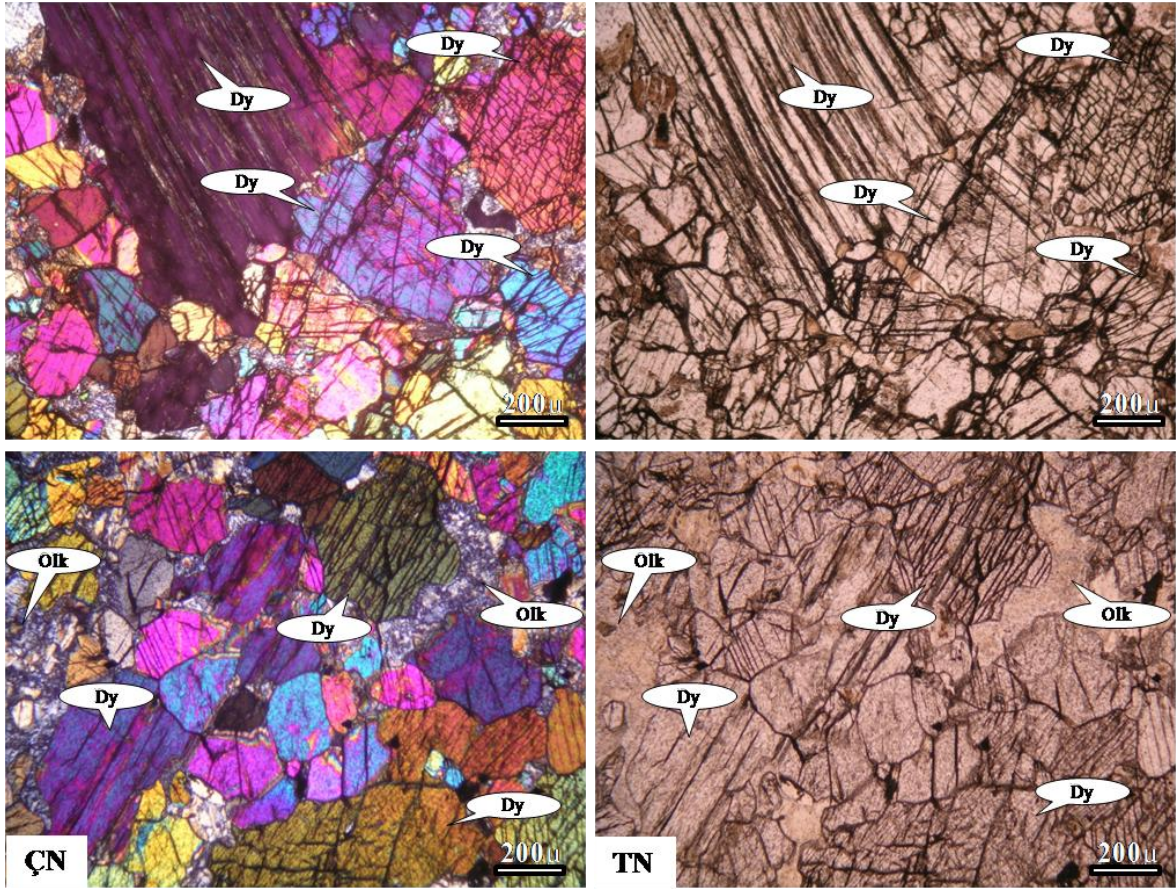
Olivin: Klinopiroksenitlerde en çok %10 oranında bulunur. Genellikle klinopiroksen kristalleri tarafından çevrenmiştir. Cinslerinin forsterit olduğu belirlenmiştir ($2V_Z=5$, f_{095}).

Enstatit: Bastılmış kristaller halinde ve ender olarak gözlenmiştir.

Kromit: Modal olarak en çok %1 oranında ve yarı öz şekilli kristaller halinde bulunur.

Krizotil: Kesitlerde ağ şeklinde ikincil bir dokuya sahip olarak hem olivin hem de piroksenlerin ayrışma ürünü şeklinde bulunur.

Manyetit: Serpantinleşmeye paralel olarak, serpantinleşmenin ürünü olarak ortaya çıkar. Genellikle kılcal damarcıklar şeklinde bulunurlar (Şekil 3.12).



Şekil 3.12. Klinopiroksenitlerden alınan örneklerin mikroskopik görünüşleri (Dy: Diyopsit, Olk: Olivin Kalıntısı)

3.1.2.3.2.Ortopiroksenitler

Genellikle harzburjit içerisinde ve dünit sınırına yakın alanlarda kalınlığı 50 cm den az, boyu 1-5 metre arasında değişen 3 m² den küçük mostralar halinde yüzeylenirler (Şekil 3.13 ve 14). Klinopiroksenlerden olan önemli farkları kristal boyutlarının onlara nazaran biraz daha büyük (genellikle 0,5-3 cm arasında) olmasıdır (Kolaylı, 1996).



Şekil 3.13. Dünit harzburjit sınırına yakın alanlarda yer alan ortopiroksenitler.



Şekil 3.14. Dünit harzburjit sınırına yakın alanlarda yer alan ortopiroksenitler

Ortopiroksenitler, klinopiroksenitler ile aynı dokuludur. Genellikle yarı öz şekilli taneli, yer yer de öz şekilsiz taneli bir dokuya sahiptirler. Polarizan mikroskoptaki genel özellikleri şu şekildedir:

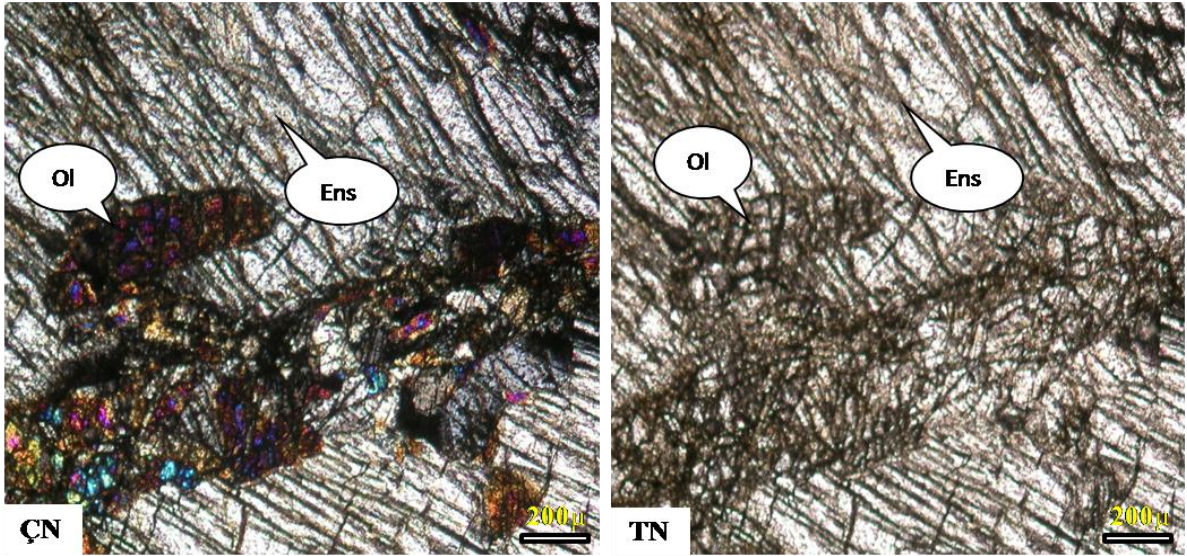
Enstatit: Ortopiroksenit içerisinde hakim mineral olarak bulunup modal anlamda taşın % 95 ila % 100 ünü oluştururlar. Yüksek oranda bastitleşmiş olup, bastit kristalleri yer yer ikincil manyetit zarfları ile çevrenirler. Katı halde deformasyonun izi olarak dalgalı sönmeye sahip olup, yer yer 3 dereceye varan eğik sönmeye gösterirler. Optik işareti Biaks (+) tir.

Ojit: Kayaçta az oranda (en çok %5) görülür. Enstatite nazaran daha az serpantinleşmiştir.

Olivin: Kesitlerde nadiren gözlenir. Tespit edilen kesitlerde tamamen ayrışarak serpentine dönüşmüştür.

Kromit: Kayaç içinde eser miktarda tespit edilmiştir.

Manyetit: Kayaçta serpantinleşmeye bağlı olarak gelişme gösterir. Az miktarda bulunurlar (Şekil 3.15).



Şekil 3.15. Ortopiroksenitlerden alınan örneklerin mikroskobik görünüşleri (Ens: Enstatit, Ol: Olivin)

3.1.2.3.3. Vebsteritler

Özellikle harzburjit içerisinde yer alan ve kalınlıkları 1 ila 20 cm, boyları birkaç metre arasında değişen bu damar kayaçları yan kayaçların primer bantlaşmalarına paralel olarak yerleşmiştir. Koyu gri-yeşil tonlarında olan vebsteritlerde tane boyu 1 ila 5 mm arasında değişir. Damarların yan kayaçlarla olan sınırlarına doğru tane boyu giderek küçülür. Sıklıkları değişkendir. Harzburjitik alanın güney ve orta bölümlerinde çok nadiren gözlenirken, dünit-harzburjit sınırına yakın alanlarda yoğunlukları artar ve dekar başına 1 ila 2 damar kadardır. Şekil olarak genellikle iki kenarı birbirine paralel damarcıklar şeklinde bulunurken (Şekil 3.16), nadiren sucuk yapısını andıran boğumlu damarcıklar şeklinde de bulunurlar (Şekil.3.17).



Şekil 3.16. Harzburjit içerisinde vebsterit damarcıkları



Şekil 3.17. Harzburjit içerisinde vebsterit bantçığı

Vebsteritlerden alınan örneklerin ince kesitlerinin incelenmesi sonucunda şu bulgular derlenmiştir (Şekil 3.18).

Doku, yarı öz şekilli taneli, öz şekilsiz taneli ve yer yer pösilitik (poikilitik).

Enstatit: Genellikle yarı öz ve özşekilsizdir. Kayaç içerisinde modal olarak % 5 ila 35 oranında bulunur. Yoğun deformasyon etkisi sonucu daima dalgalı sönme gösterir. Sönme açıları 2-3 derece arasında değişir. Özellikle tektonik hatlara yakın alanlarda yer yer kısmen veya tamamen bastitleşmiştir. Dilinimleri boyunca kısmen ayrılım (ekssolüsyon) ürünü ojit lamelleri içerir.

Ojit: Kayaçta modal olarak %60 ila 80 oranında bulunur. Diğer minerallere oranla çok daha şekilsizdir. Genellikle hipersten ve olivin kristallerini çevrelerler. Sönme açıları 23-26 derece arasında değişir. Serpantinleşme nadirdir.

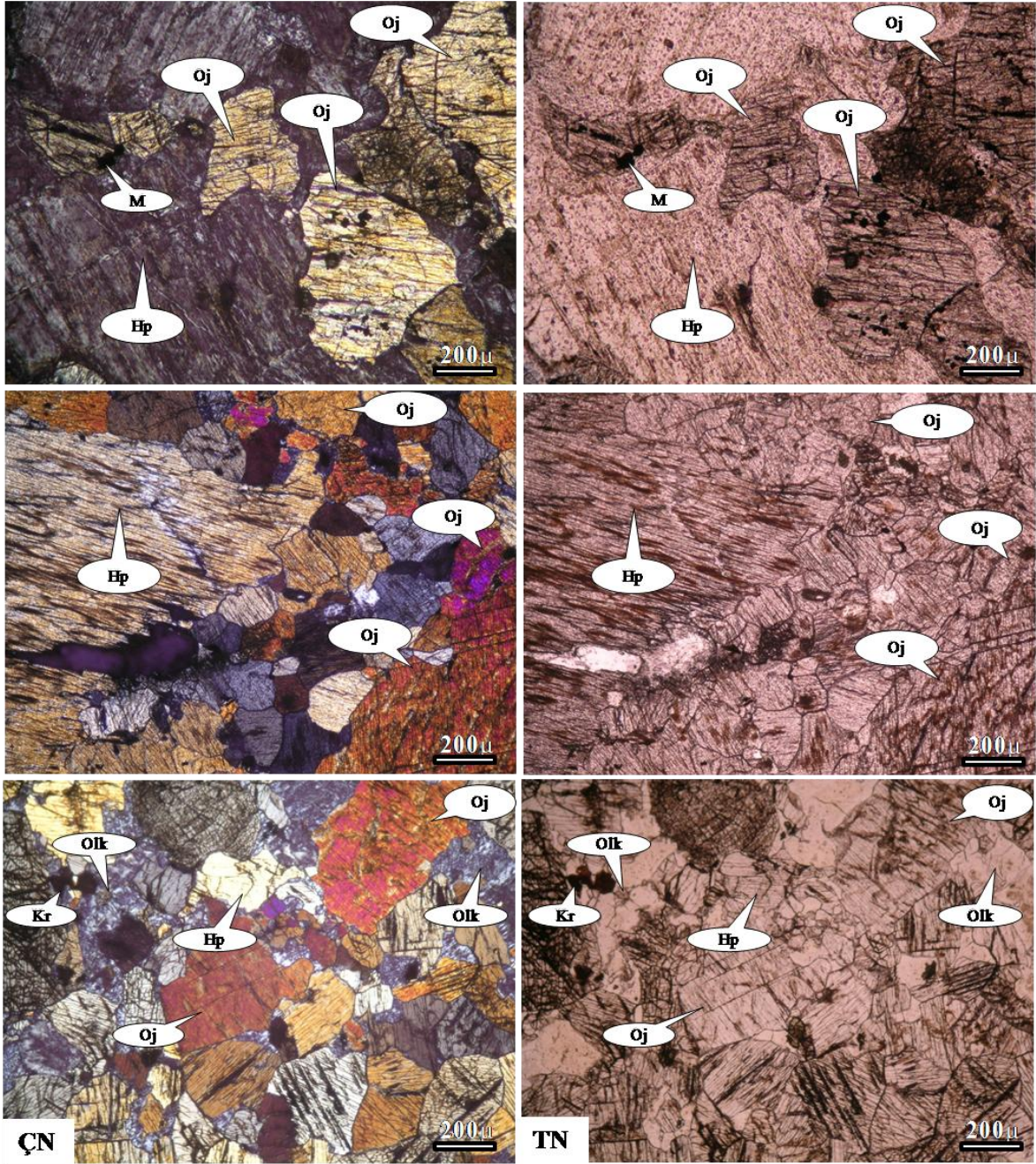
Olivin: Kayaçta en çok %10 oranında bulunur. Tamamına yakını serpantinleşmiştir. Cinsleri belirlenememiştir. Daha önceki çalışmalara göre modal oranlarının % 20 ye kadar yükseldiği ve cinslerinin hortonolit olduğu belirlenmiştir (Kolaylı, 1996).

Kromit: Eser miktarda yarı öz şekilli eni boyu birbirine yakın yalın kristal şeklinde bulunur.

Bastit: Serpantinleşme ürünü olarak tamamen enstatitlerde görülür.

Krizotil: İnce damarcıklar şeklinde hemen hemen tüm kristallerin çatlaklarında ve çatlak çeperine dik olarak gözlenmesine rağmen aktif fay veya kırık hatlarına yakın alanlarda çeper ile 75-85 derecelik açı yapacak şekilde kristalleşmiştir.

Manyetit: serpantinleşme ürünü olarak hemen her kesitte, %1-3 oranında ve özellikle kristal çeperleri boyunca yoğunlaşmışlardır.

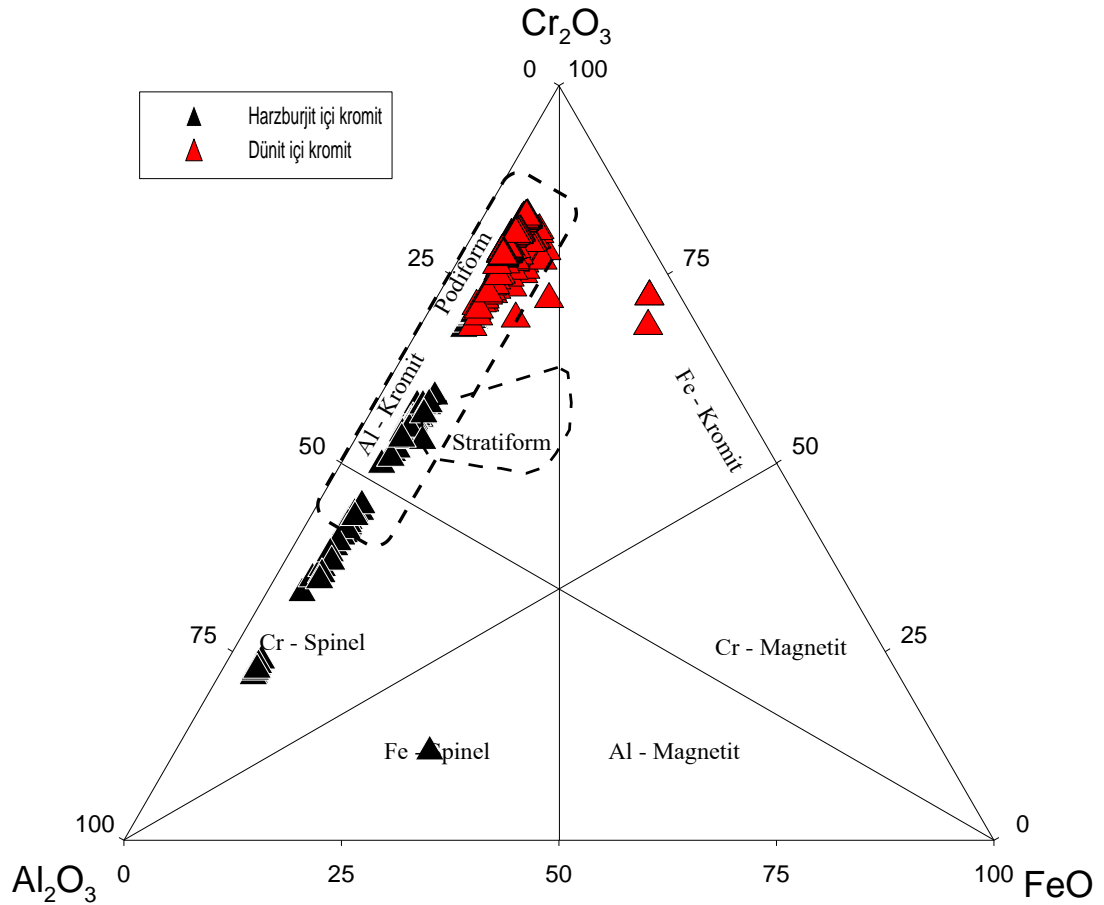


Şekil 3.18. Vebsteritten alınan örneklerin ince kesitteki görünüşleri (Kr: Kromit, Hp: Hipersten, M: Manyetit, Oj: Ojit, Olk: Olivin Kalıntısı)

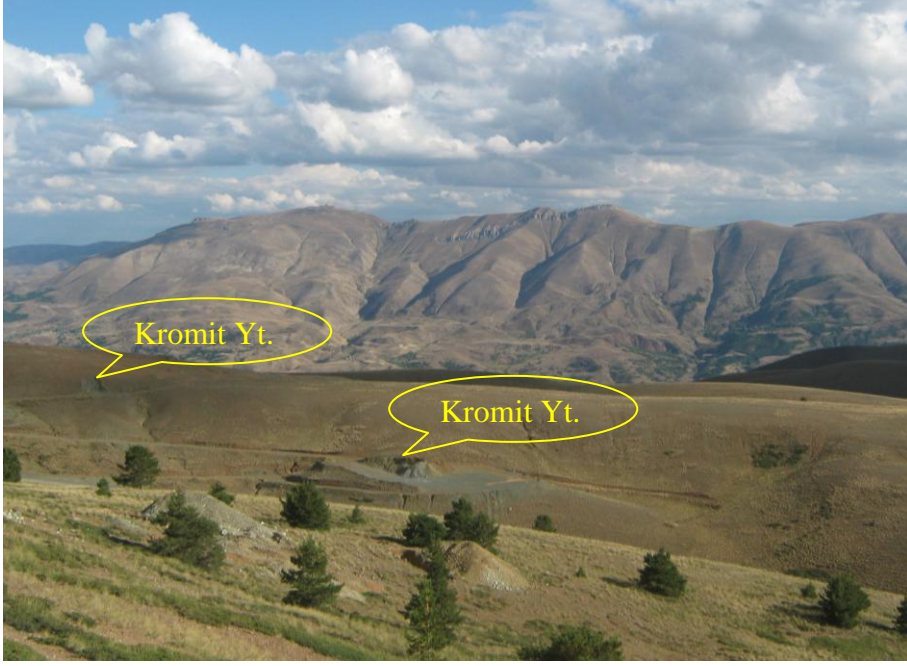
3.1.3. Kromititler

Kromitit yatakları, yataklanma şekline ve ana kaya mineralojisine bağlı olarak “Alpin (podiform)” ve “Stratiform” olarak iki ana gruba ayrılır (Thayer, 1969; Leblanc ve Timagoult, 1989) (Şekil 3.19). Podiform kromitlerin önceleri Moho sınırı altında, üst manto peridotitlerini kesen magmatik ceplerde yığılım (pod) şeklinde yer aldığı görüşü yaygın iken (Thayer, 1969; Paktunç, 1970; Üşümezsoy, 1986; Kolaylı, 1996), daha sonra yapılan çalışmalarda bunların boninitik magmatizma ile ilişkili oldukları görüşü hakimdir (Zhou, 1997).

Çalışmamızın asıl konusunu oluşturan kromititler, inceleme alanımızda hem dünit ve hem de harzburjit içerisinde yer alırlar. Rezerv olarak kromititlerin %99'u dünit (Şekil 3.20), yaklaşık %1'i de harzburjit içerisinde yer alır (Şekil 3.21). Çalışma alanı dışında yer alan kromitit yatakları genellikle açık işletme, yer yer de galeri yöntemiyle işletilirler. Çalışma alanında yer alanlar ise sadece açık işletme yöntemiyle işletilmektedirler.



Şekil 3.19. Kopdağı kromitlerinin kimyasal bileşimine göre sınıflaması (Stevens, 1944).



Şekil 3.20. Harzburjıt içerisinde işletilmiş küçük ölçekli kromit yatakları (Delavlar)



Şekil 3.21. Dünit içerisinde açık işletme yapılan kromit yatağı (Merkez ocak)

3.1.3.1. Dünitik Ana Kaya İçindeki Kromititler

Dünit içerisinde yer alan kromititler, dünit-harzburgit sınırının 200-400 m kuzeyinde yer alırlar. Genellikle KD-GB doğrultulu yer yer birbirini takip eden merccekler şeklinde bulunan kromititler dünitik zon içerisinde çok değişik boyutta bulunurlar. Küçük ölçekli zuhurlar, zaman zaman birleşerek büyük ölçekli kütlelere vücut verirler.

Kromititlerin yan kayacını oluşturan dünitler, özellikle kromitit kütlelerine yakın alanlarda yoğun serpantinleşme gösterir.

Dünit içerisinde yer alan klinopiroksenit daykları ile yine dünit içerisinde yer alan kromitit kütleleri arasında hem geometrik hem de jeokimyasal ilişki mevcuttur. Kromitit kütleleri, klinopiroksenit daykları ile aynı doğrultuya sahip olup, daykların 80 ila 120 metre kadar altında yer alırlar. Dünitik zon içerisinde klinopiroksenit daykları birbirine paralel bir veya birkaç sıra halinde bulunabilirler. Hemen her durumda (faylanma gibi ikincil olaylar hariç) klinopiroksenit dayklarının altında kromitit beklemek olasıdır.

Kromitit kütlelerinde, ilksel geometrinin korunması son derece nadirdir. Genellikle faylarla sınırlanmış bir yapıya sahip olan kromitit kütleleri tenör bakımından da homojen yapı gözlenmez. Ortalama tenörün %30-45 aralığında olduğu (Kolaylı, 1996) bu tip kromititlerde taban kısım genellikle masif yapılı iken, tavan kısımlar saçınımlı veya bantlı bir yapı arzederler. Kütlelerin kenar kısımları genellikle faylı olup bu zonlarda ezilmiş, parçalanmış (kataklastik) fay cevheri yapısı yaygındır (Şekil 3.22). Cevher tenörü, genellikle cevher kütlesi tabanında ve fay dokanaklı sınırlarda artarken, tavan kısımlarda azalır.

İnceleme alanlarından dünitik sahada yer alan (Ek 1.) Çamlıtepe kromitit yatağı dünit-harzburgit sınırından 360 metre kuzeyde 2250 metre kotunda yer alır. Çamlıtepe kromitit yatağı altta bulunan vebsterit-klinopiroksenit daykının 340 metre kadar üzerinde, üstte bulunan klinopiroksenit zonunun ise 110 metre kadar altında yer alır. Cevher kütlelerinin genel doğrultusu K45D-G45B ile K35D-G35B arasında değişir. Cevherin eğim açısı 35 ila 55 derece arasında değişip KB yönündedir. Cevherin dalımı 70 derece ile KD yönündedir. Cevher kalınlığı 2 ila 5 metre arasında ortalama olarak 3 metre civarındadır. Cevher boyu yaklaşık 50 metre takip edilebilmektedir. Cevheri parçalayan küçük ölçekli değişik yönlü faylanmalar olmakla beraber genellikle KB-GD ve KD-GB yönlü faylar hakimdir. Faylar genellikle krizotil dolguludur. Son zamanlara kadar açık işletme olarak

işletilen bu yatağın üzerindeki dünitik malzemenin kalın olmasından dolayı kapalı işletmeye geçileceği Kop Krom Madencilik A.Ş. tarafından belirtilmiştir.



Şekil 3.22. Ezilmiş, parçalanmış (kataklastik), fay zonunda gelişmiş cevherleşme (Çamlıtepe)

3.1.3.2. Harzburjitik Ana Kaya İçindeki Kromititler

Harzburjiti içerisinde yer alan kromititler, dünit içerisinde bulunanların aksine harzburjitik masifin hemen her alanında bulunmalarına rağmen dünit-harzburjiti sınırının 1200-1500 m güneyinde daha yoğundurlar. Bunlar da dünit içerisindeki kromititler gibi genellikle KD-GB doğrultulu, birbirini uzak ara (500-700 m) takip eden merceler şeklinde bulunurlar. Harzburjiti içi kromititler, dünit içi kromititlere oranla çok daha küçük ölçekli olup, boyları birkaç on metreyi, kalınlıkları 1-2 metreyi geçmez. Rezerv olarak en büyüğü 1000 tonluk bir rezerve sahiptir. Ancak ortalama olarak boyları 10, kalınlıkları 1 metre kadar olup, ortalama rezervleri 100 ton kadardır. Harzburjiti içerisinde yatak oluşturmaz çok sayıda zuhur (boyu birkaç on cm, kalınlığı birkaç cm kadar) mevcuttur. Harzburjiti içi kromitit zuhurlarının dünit içi kromitit zuhurlarının aksine, cevher uzun eksenini yönünde birleşerek yatak oluşturmaları enderdir.

Dünitik kromititlerde olduğu gibi harzburjitik kromitit kütlelerinin piroksenit (klinopiroksenit ve vebsterit) oluşumları ile geometrik ve jeokimyasal ilişkileri belirlenmiştir. Dünit-harzburjiti sınırına 1200-1500 metre uzaklıkta ve yaklaşık 800 metre

genişliğinde KD-GB duruşlu harzburjitik bir koridorda kromititler ile piroksenit dayk ve damarcıkları, diğer harzburjitik alanlara oranla nispeten yoğun olarak bir arada bulunurlar (Ek 2.). Kromitit kütleleri ile piroksenit daykları arasındaki uzaklıklar değişkendir. Piroksenitler bazen kromititlerin güneyinde (taban tarafında) bazen da kuzeyinde (tavan tarafında) bulunurlar.

Kromititlerin rezervleri küçük olmakla birlikte tenörleri yüksektir. Kromititlerdeki Cr_2O_3 oranı yer yer %54'e kadar ulaşır. Yataklanma şekli dünit içi kromititlere oranla daha düzenli olup mercek şeklindedir. Zaman zaman bantlı dokulu olmalarına rağmen genellikle masif yapıdadırlar (Şekil 3.23). Dünitik kromititlere oranla tektonizmadan daha az etkilenmişlerdir. Cevher kütlesi, dünitik kromititlerde olduğu gibi masifin genel duruşuna uyumludur. Cevher konumu genellikle K30-50D/ 20-70 KB şeklindedir. Cevherin dalımı 40 ila 70 derece ile KD yönündedir.

Harzburjitik kromititler daima dünitik bir kılıf içinde bulunurlar. Cevher kütlesini saran dünitik kılıfın kalınlığı cevher kütlesinin boyutu ile uyumludur. Kromitit zuhurlarındaki kılıfın kalınlığı 1-3 cm arasında değişirken, yatak ölçeğindeki kromitit kütlelerini saran dünitik kılıf kalınlığı yer yer 2 metreye ulaşır. Daima serpantinleşmiş olan dünitik kılıfta serpantinleşme öncesi kayaç dokusunun izlerini görmek mümkündür. Serpantinleşme türü dünitik masifte olduğu gibi lifli (krizotil) değil, kriptokristalendir (antigorit).



Şekil 3.23. Harzburjit içerisinde bantlı yapıda kromitit (Delavlar)

3.2. Jeokimya

Jeokimyasal analizler hem toplam kayaç kimyası, hem de kristal kimyası şeklindedir. Dünitik kayaçlardan üç, harzburjitlerden dört ve piroksenitlerden dört örneğin ana oksit, iz ve nadir toprak element analizleri yapılmıştır. Kristal kimyası analizleri mikroprob analizleri şeklindedir. Dünit, harzburjit, piroksenit ve kromitlerde değişik minerallerden kristal kimyası analizleri yapılmıştır.

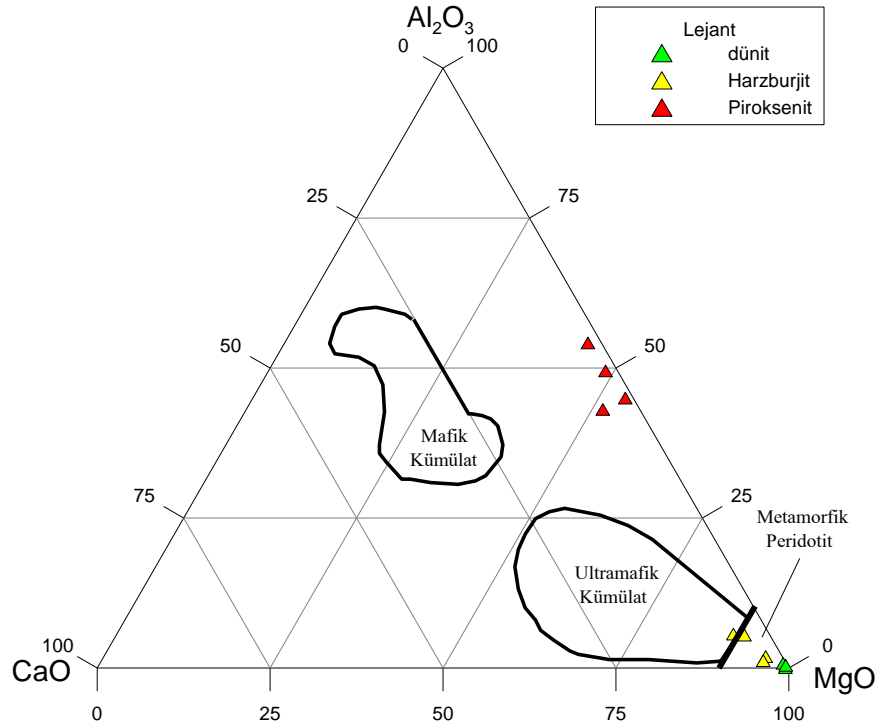
3.2.1. Kayaç Kimyası

Dünit, harzburjit ve piroksenitlerden alınan örnekler, değişik oranlarda % 1 ila 95 oranında serpantinleşmiştir. Piroksenit örnekleri oldukça ayrışmasız ve sağlam örnekler olup serpantinleşme oranları en çok %2' dir. Harzburjitler orta ileri derece ayrışmış olup, seçilen örnekler nispeten serpantinleşmesi az olan (en çok %15) örneklerdir. Dünitik kayaçlar % 95-100 oranında serpantinleşmiştir. Dolayısı ile analiz için seçilen dünitik örneklerde kalıntı sağlam mineral oranı en çok %5' tir. Toplam kayaç kimyasal analiz sonuçları yoğun alterasyondan dolayı pek sağlıklı olmasa da iz ve nadir toprak element analizlerinin değerlendirilebileceği düşünülmüştür.

Tablo 1. Toplam kayaç ana oksit (%) analiz sonuçları (D:Dünit,H:Harzburjit,P:Piroksenit)

Örnek No	D1	D2	D3	H1	H2	H4	H5	P1	P2	P3	P4
SiO ₂	33,03	37,17	34,07	39,77	38,4	42,37	43	51,05	50,3	48,65	53,23
Al ₂ O ₃	0,2	0,18	0,1	0,93	1,14	2,34	1,66	0,48	0,72	2,22	0,81
Fe ₂ O ₃	6,96	7,41	7,76	7,36	7,48	8,36	8,45	3,2	3,57	5,24	2,84
MgO	42,48	40,27	42,39	37,13	35,37	40,24	40,93	22,42	20,33	21,35	18,18
CaO	0,03	0,32	0,19	0,74	0,45	2,55	2,47	18,73	20,66	17,85	22,46
Na ₂ O	0,005	0,005	0,02	0,01	0,01	0,18	0,12	0,1	0,22	0,18	0,11
K ₂ O	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,01	0,015	0,01	0,02	0,015
TiO ₂	0,005	0,005	0,005	0,01	0,005	0,06	0,05	0,02	0,03	0,08	0,04
P ₂ O ₅	0,005	0,005	0,005	0,005	0,006	0,005	0,007	0,005	0,005	0,006	0,006
MnO	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,12	0,12	0,08	0,08	0,11	0,07
Cr ₂ O ₃	0,947	0,322	0,452	0,33	0,358	0,338	0,348	0,49	0,51	0,725	0,556
LOI %	15,8	13,7	14,6	13,1	16,3	3,1	2,5	3,3	3,4	3,4	1,6
TOT/C %	0,08	0,06	0,03	0,06	0,06	0,005	0,02	0,03	0,26	0,02	0,02
TOT/S %	0,01	0,01	0,005	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
TOTAL	99,84	99,74	99,87	99,76	99,91	99,96	99,93	99,94	99,89	99,94	99,95
Ba (ppm)	8	6	5	16	9	3,5	5	3,5	43	9	4
Ni (ppm)	2232	2012	1409	2139	2270	2076	2092	514	436	857	259
Sc (ppm)	3	6	3	8	11	13	15	34	52	43	35

Ultramafik kayaçlar olan dünit, harzburjit ve piroksenitler Al_2O_3 -CaO-MgO diyagramında (Coleman,1977) birlikte değerlendirilmiştir. Buna göre dünit ve harzburjitler metamorfik peridotit diye tanımlanan alana düşerken piroksenitler (vebsterit) ultramafik kümülat alanından uzak bölgeye düşmüştür (Şekil 3.24). Metamorfik peridotitler ilk oluşum yeri olan rift bölgelerinden uzak alanları temsil ederler. Dünitik kayaçların tamamına yakınının serpantinleşmesi diyagramda fazla etkili olmayacağı düşünülmüştür. Zira oluşan serpantin minerallerinin bileşimi dikkate alınırsa serpantinleşme ile dünitlerde MgO açısından fazla bir değişimin olmayacağı açıktır.



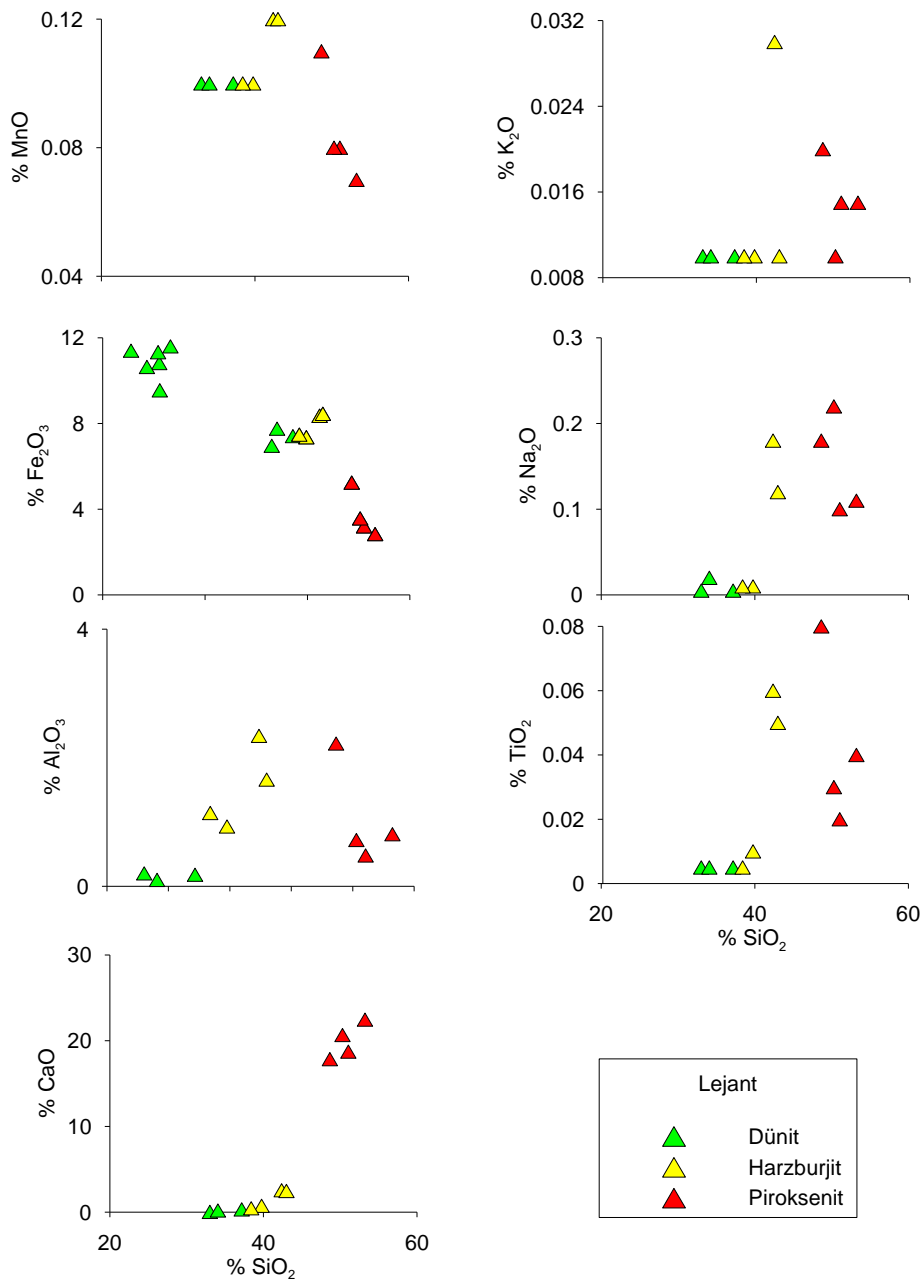
Şekil 3.24. İnceleme alanı içindeki ultramafik kayaçlardan alınan örneklere ait Al_2O_3 -CaO-MgO üçgen diyagramı (Coleman,1977)

Ultramafitlerin SiO_2 ve MgO'ya göre değişim diyagramları Şekil 3.25 ve Şekil 3.26 da sergilenmiştir. SiO_2 ye dayalı CaO, Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MnO, TiO_2 , Na_2O , K_2O diyagramlarında (Şekil 3.25), SiO_2 -CaO diyagramında dünit ve harzburjitler piroksenitlerden farklı olarak belli bir alanda kümelenirken, piroksenitler Ca artışı yönünde yönseme gösterirler. SiO_2 - Al_2O_3 diyagramında her ne kadar kümelenme olsa ve Al_2O_3 değerleri birbirlerine yakın olsa da SiO_2 içeriğinden dolayı piroksenitler diğerlerinden biraz daha farklılık sunarlar.

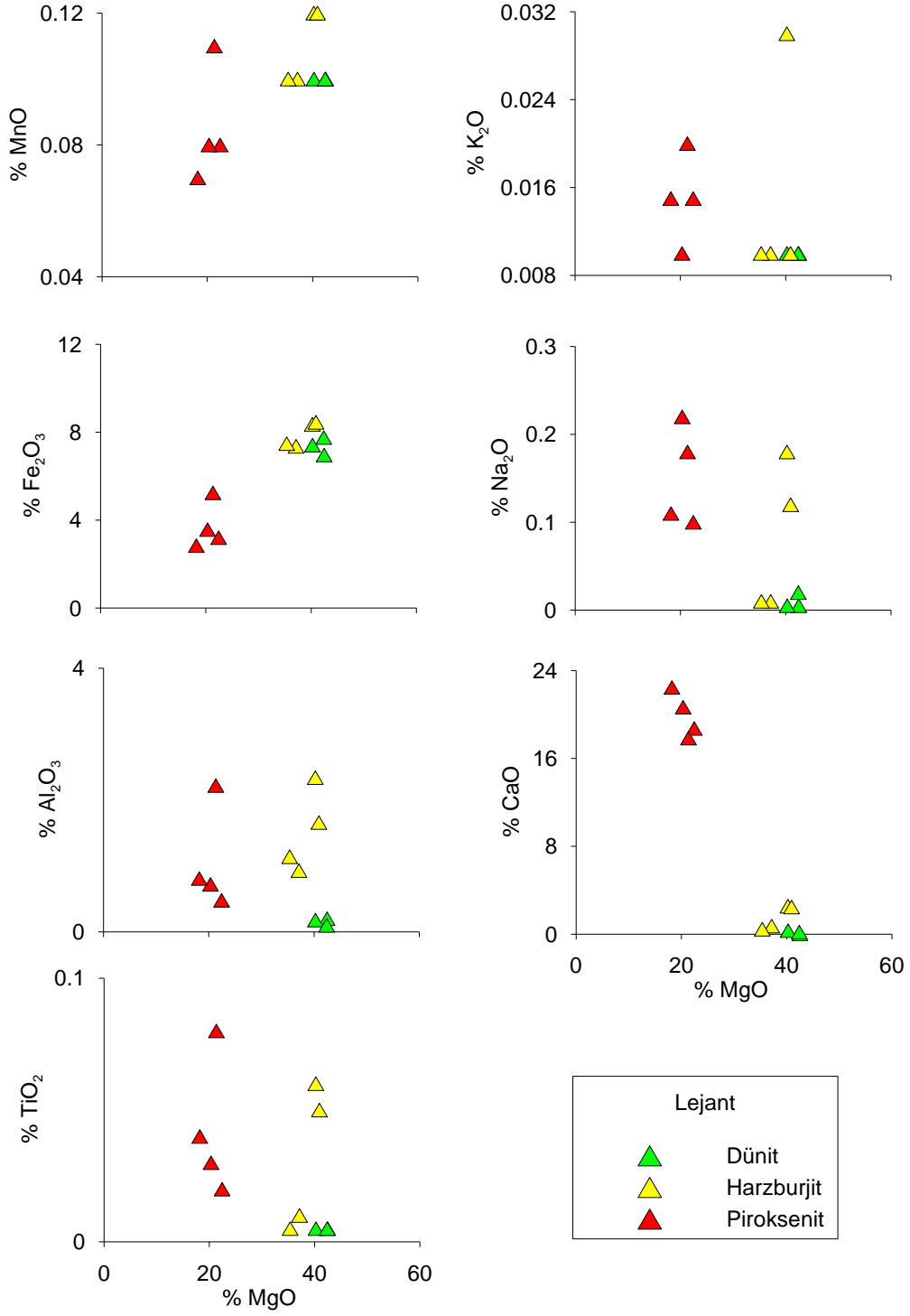
SiO_2 - Fe_2O_3 ve SiO_2 -MnO diyagramlarında peridotitler kümelenme gösterirken piroksenitlerde negatif bir yönseme ortaya çıkar. SiO_2 - TiO_2 , SiO_2 - Na_2O ve SiO_2 - K_2O

diyagramlarında da benzer bir durum mevcut olup, piroksenitlerin peridotitlerden ayrı kümelenip yönseme gösterdikleri görülür. Bu durum piroksenitlerin oluşumunda bazik veya ortaç bileşimli mağmanın etkili olduğunu gösterir.

MgO ya dayalı diyagramlarda da benzer veriler elde edilmiştir (Şekil 3.26). MgO'ya bağlı TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MnO , Na_2O , K_2O , CaO diyagramlarında peridotit ve piroksenitler farklı alanlarda kümelenmiş olmalarına rağmen, Na_2O , CaO , FeO diyagramlarında piroksenitlerin yönseme gösterdikleri açıktır. Bu da kökensel anlamda farklılık olduğunu işaretidir.



Şekil 3.25. SiO_2 'ye karşı ana oksit değişim diyagramları



Şekil 3.26. MgO 'ya karşı ana oksit değişim diyagramları diyagramları

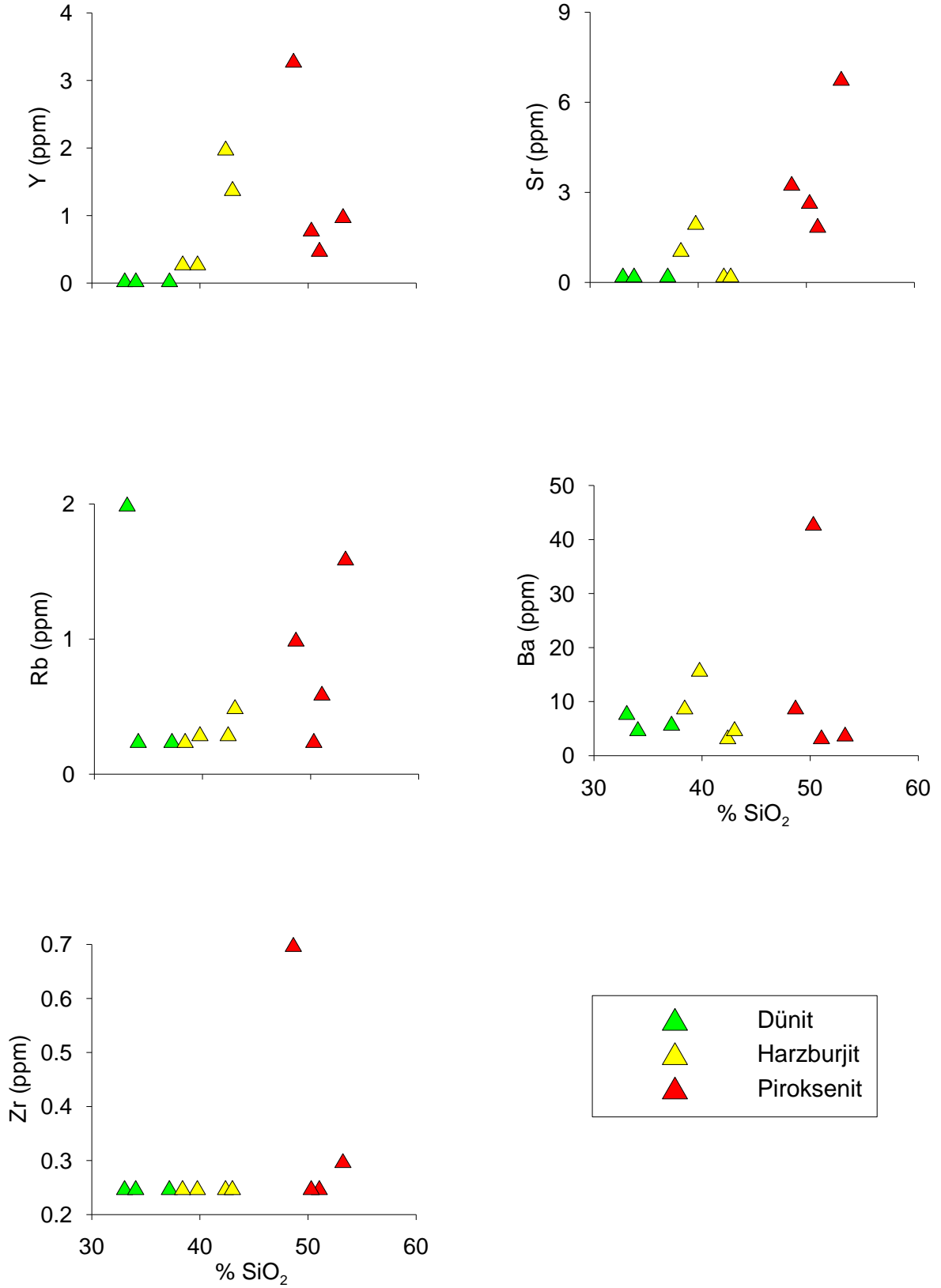
Peridotit ve piroksenitlerin SiO₂ ve MgO ya bağlı iz element diyagramlarında birbirlerinden farklı alanlarda gruplandıkları görülmektedir (Şekil 3.27 ve 28). Özellikle Rb, Sr ve Zr değerlerinde gruplanma ve yönseme belirgin olarak ortaya çıkar. Bu durum

peridotit içindeki piroksenlerin ergimesi ile uyumsuz element olan Rb, Sr ve Zr nin oluşan ergiyiğe katılması ile açıklanmıştır.

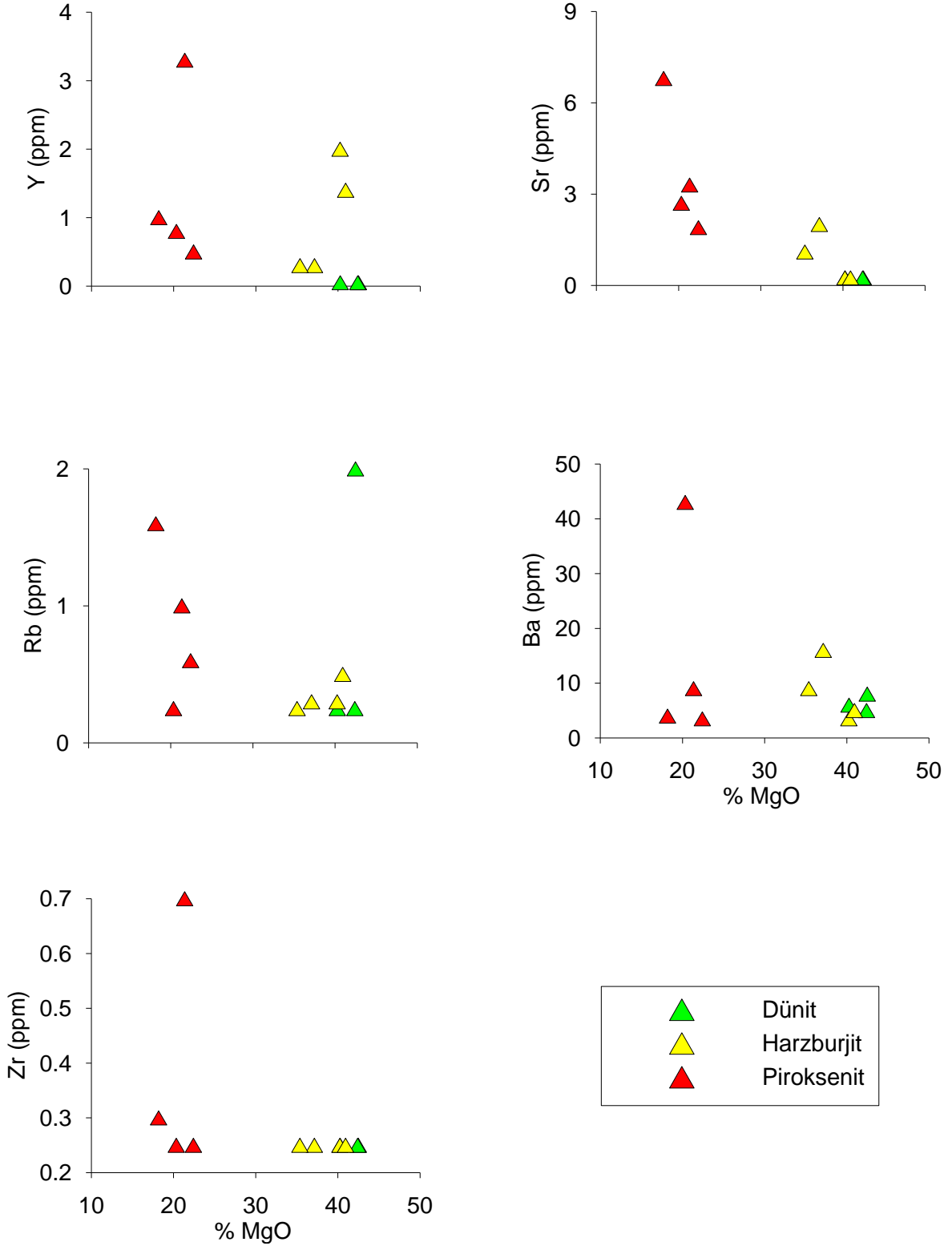
Harzburjıt ve harzburjıt içinde yer alan mercek ve damar tipi piroksenitlere ait toplam kayaç iz ve nadir toprak element analiz sonuçları Tablo 2' de sunulmuştur.

Tablo 2. İz (ppm) ve nadir toprak element (ppb) analizleri (D: Dünit, H: Harzburjıt, P:Piroksenit)

Örnek no	D1	D2	D3	H1	H2	H4	H5	P1	P2	P3	P4
Co	117,2	112,1	120,8	103,9	99	104,7	105,3	44,3	44,1	50,2	27,8
Cs	4	0,7	0,05	0,3	0,06	0,4	0,05	0,9	0,3	1,2	0,05
Ga	0,9	0,5	0,4	1,1	1	2,4	1,8	0,6	0,9	2,6	1,1
Hf	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Nb	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Rb	2	0,25	0,25	0,3	0,25	0,3	0,5	0,6	0,25	1	1,6
Sn	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Sr	0,25	0,25	0,25	2	1,1	0,25	0,25	1,9	2,7	3,3	6,8
Ta	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Th	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
U	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
V	21	21	11	35	51	67	66	59	103	144	66
W	0,3	0,3	0,5	0,6	0,3	0,2	0,05	0,05	0,05	0,2	0,05
Zr	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,7	0,3
Y	0,05	0,05	0,05	0,3	0,3	2	1,4	0,5	0,8	3,3	1
La	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Ce	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,6	0,25	0,25	0,25
Pr	0,03	0,03	0,01	0,02	0,3	0,2	0,01	0,06	0,02	0,05	0,03
Nd	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Sm	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,2	0,05
Eu	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,7	0,03
Gd	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,14	0,19	0,03	0,11	0,38	0,13
Tb	0,005	0,005	0,005	0,01	0,005	0,03	0,04	0,03	0,03	0,01	0,04
Dy	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,28	0,24	0,1	0,19	0,47	0,16
Ho	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,07	0,03	0,03	0,03	0,12	0,03
Er	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,16	0,14	0,03	0,06	0,31	0,1
Tm	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Yb	0,03	0,03	0,03	0,08	0,03	0,22	0,22	0,03	0,09	0,36	0,12
Lu	0,005	0,01	0,005	0,02	0,01	0,03	0,03	0,01	0,02	0,04	0,01



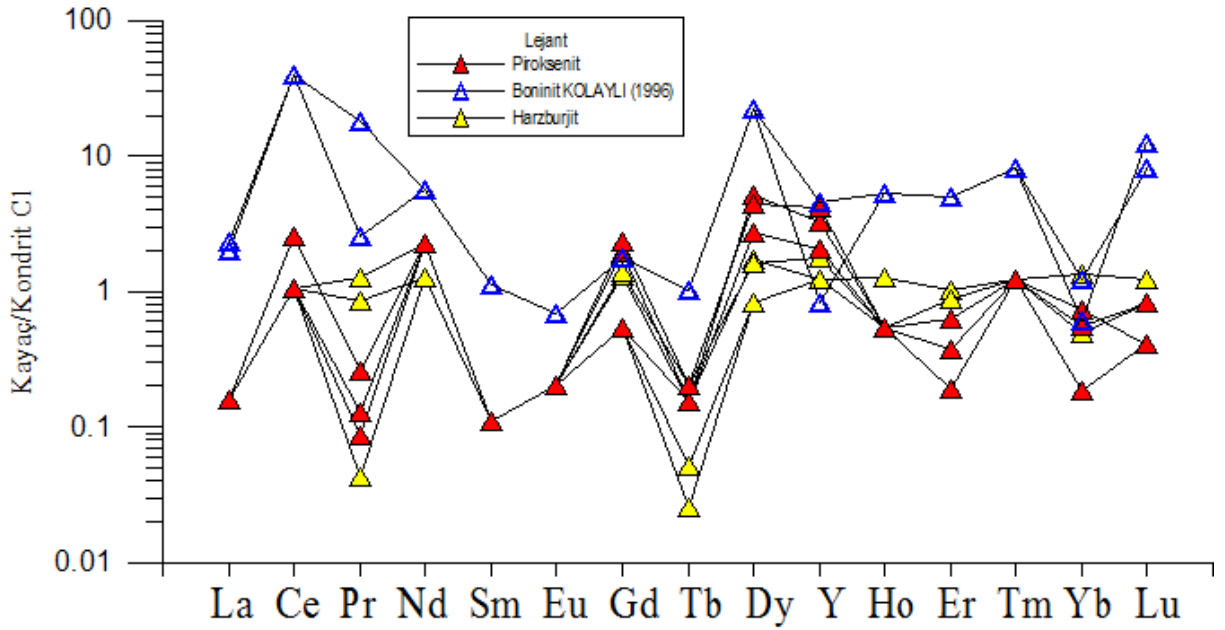
Şekil 3.27. SiO₂' ye karşı iz element değişim diyagramları



Şekil 3.28. MgO' ya karşı iz element değişim diyagramları

Harzburjit ve klinopiroksenitlerin Kondrite (C1) göre normalleştirilmiş NTE örümcek diyagramı Şekil 3.29' de sunulmuştur. Aynı şekil üzerinde dünit içi

klinopiroksenit dayklarına ait daha önceki çalışmalardan alınan NTE değerleri (Kolaylı, 1996) de normalleştirilerek gösterilmiştir.



Şekil 3.29. Harzburjit ve klinopiroksenitlerin Kondrite (C1) göre normalleştirilmiş NTE örümcek diyagramı (Anders E. ve Grevesse N., 1989)

Diyagramda harzburjite ait normalleştirilmiş NTE değerlerinin yataya yakın değerler sunduğu, klinopiroksenit damarlarının yataya yakın ancak küçük ve büyük iyon çaplı elementler bakımından çok hafif zenginleşme gösterdiği, klinopiroksenit dayklarının ise küçük ve büyük iyon çaplı elementler bakımından belirgin bir zenginleşme gösterdiği gözlemlenmiştir. Boninitik kayaçların kondrite göre (C1) normalleştirilmiş değerlerinde ise dağılımlardaki konkav yapı çok daha belirgindir. Bu durum, piroksenitlerin boninitik mağmanın etkisiyle harzburjitler içerisinde gelişmelerinin göstergesidir.

3.2.2. Mineral Kimyası

Peridotit, piroksenit ve kromitlerdeki değişik mineraller ait mikroprob analiz sonuçları Tablo 3 – 17' de sunulmuştur.

3.2.2.2.2. Klinopiroksenler

Harzburjit içerisinde % 2-3 oranında bulunan klinopiroksenler, dünit içi klinopiroksenit dayklarında yer alan klinopiroksenler ile harzburjit içinde yer alan piroksenit dayk ve vebsterit damarlarında yer alan klinopiroksenlere ait analiz sonuçları Tablo 6-10' da verilmiştir. SiO₂ ye dayalı Al₂O₃, Na₂O, FeO, CaO, MgO, K₂O diyagramları Şekil 3.31 ve MgO ya dayalı SiO₂, Cr₂O₃, , CaO, FeO, Al₂O₃ ve Na₂O diyagramları Şekil 3.32' de sunulmuştur. SiO₂-Na₂O değerlerinde belli bir yönseme mevcut iken, SiO₂-Na₂O haricinde tüm diyagramlarda ortopiroksen ile klinopiroksen kimyasından kaynaklanan gruplanmalar oluşmuştur. Harzburjit içi klinopiroksen ile dünit içi piroksenit dayklarında yer alan klinopiroksenlerde sadece Al₂O₃ bakımından bir farklılık göze çarpar. Diğer diyagramlarda tüm farklı kayaçlardaki klinopiroksenler aynı alanda kümelenme gösterirler. Dünit içinde dayk şeklinde yer alan klinopiroksenitlerdeki klinopiroksen kristallerinin Al₂O₃ oranları harzburjit içinde yer alan klinopiroksen kristallerinin Al₂O₃ değerinden belirgin olarak düşüktür.

Tablo 3. Harzburjit içerisindeki (K-19 – KB-10B) olivinlerin mikroprob analiz sonuçları ve 4 Oksijen' e göre hesaplanmış katyon değerleri (N: ortalama)

	K-19					KB-10A					KB-10B				
	A	C	D	F	G	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
Na₂O	0,01	0,00	0,02	0,03	0,00	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	-0,01	0,00	0,01
K₂O	0,00	0,01	0,00	0,01	-0,01	0,02	0,01	0,01	0,00	0,01	0,02	0,02	0,00	0,01	0,00
MgO	48,16	49,46	49,41	49,75	48,51	45,98	48,56	48,29	41,00	49,11	49,15	43,57	49,31	48,69	49,26
CaO	0,03	0,02	0,04	0,02	0,02	0,08	0,02	0,04	2,82	0,03	0,01	0,21	0,02	0,02	0,01
MnO	0,13	0,13	0,14	0,09	0,13	0,12	0,12	0,17	0,18	0,12	0,14	0,14	0,16	0,18	0,11
FeO	8,41	8,75	8,70	8,50	8,68	9,42	9,86	9,81	7,47	9,82	9,20	7,96	9,17	9,37	9,26
NiO	0,44	0,42	0,42	0,40	0,41	0,34	0,36	0,39	0,28	0,42	0,38	0,28	0,41	0,41	0,41
Al₂O₃	0,00	0,02	0,02	0,03	0,02	0,12	0,01	0,02	0,53	-0,01	0,01	0,49	0,02	0,02	-0,01
Cr₂O₃	0,04	0,00	0,00	-0,02	0,00	0,01	0,02	-0,02	0,07	0,03	0,01	0,15	-0,01	0,00	0,00
SiO₂	38,05	38,53	39,56	39,39	40,04	43,31	41,10	40,88	46,01	40,72	41,13	47,09	40,84	41,10	40,90
TOPLAM	95,26	97,34	98,32	98,20	97,81	99,44	100,08	99,60	98,38	100,28	100,07	99,91	99,90	99,79	99,95
	N:4	N:8	N:4	N:2	N:5	N:6	N:6	N:6	N:9	N:5	N:3	N:5	N:5	N:5	N:9
Na	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	14,78	14,87	14,67	14,78	14,45	13,39	14,18	14,18	11,94	14,34	14,32	12,42	14,40	14,23	14,38
Ca	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01	0,59	0,01	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00
Mn	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02
Fe	1,45	1,48	1,45	1,42	1,45	1,54	1,62	1,62	1,22	1,61	1,50	1,27	1,50	1,54	1,52
Ni	0,07	0,07	0,07	0,06	0,07	0,05	0,06	0,06	0,04	0,07	0,06	0,04	0,06	0,07	0,06
Al	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,03	0,00	0,00	0,12	0,00	0,00	0,11	0,00	0,01	0,00
Cr	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00
Si	7,83	7,59	7,88	7,85	8,00	8,46	8,05	8,05	8,99	7,98	8,04	9,00	8,00	8,06	8,01

Tablo 4. Harzburjit içerisindeki (K-19 – KB-10B) ortopiroksenlerin mikroprob analiz sonuçları ve 6 Oksijen' e göre hesaplanmış katyon değerleri (N: ortalama)

	K-19					KB-10A			KB-10B				
	B	D	E	F	H	A	B	C	A	B	D	E	F
Na₂O	0,03	0,03	0,02	0,14	0,03	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	0,00	0,02	0,01
K₂O	0,01	0,00	0,03	0,05	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	-0,01
MgO	34,79	34,69	35,16	35,73	34,87	33,13	33,08	33,29	34,01	34,37	34,23	33,96	34,27
CaO	0,87	0,82	0,55	0,66	0,76	0,57	1,03	0,68	0,73	0,42	0,44	0,80	0,58
MnO	0,14	0,11	0,13	0,12	0,13	0,14	0,13	0,16	0,13	0,15	0,15	0,15	0,16
FeO	5,77	5,79	5,78	5,82	5,82	6,40	6,35	6,54	5,91	6,21	6,08	6,02	6,15
NiO	0,14	0,12	0,07	0,09	0,08	0,10	0,09	0,03	0,10	0,05	0,04	0,08	0,06
Al₂O₃	2,37	2,41	2,08	2,34	2,58	3,69	3,33	3,12	1,82	1,52	1,52	1,60	1,62
V₂O₃	0,01	0,01	-0,01	0,02	0,04	0,00	0,01	0,01	0,00	0,03	-0,02	0,05	0,01
Cr₂O₃	0,52	0,59	0,51	0,54	0,60	0,50	0,46	0,39	0,56	0,39	0,42	0,45	0,39
SiO₂	55,20	54,34	55,85	54,63	56,43	55,47	55,41	56,17	56,90	57,41	57,43	56,81	57,08
TiO₂	0,02	-0,01	0,02	0,01	0,02	0,06	0,06	0,12	0,05	0,03	0,07	0,04	0,08
TOPLAM	99,85	98,89	100,20	100,16	101,38	100,07	99,97	100,50	100,26	100,60	100,38	99,99	100,40
	N:6	N:5	N:5	N:5	N:5	N:4	N:6	N:5	N:5	N:5	N:4	N:6	N:7
Na	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	1,80	1,81	1,81	1,84	1,77	1,71	1,71	1,71	1,74	1,76	1,75	1,75	1,76
Ca	0,03	0,03	0,02	0,02	0,03	0,02	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,03	0,02
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,18	0,18	0,19	0,17	0,18	0,17	0,17	0,18
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al	0,10	0,10	0,08	0,10	0,10	0,15	0,14	0,13	0,07	0,06	0,06	0,07	0,07
V	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
Si	1,91	1,90	1,93	1,89	1,92	1,92	1,92	1,93	1,96	1,97	1,97	1,96	1,96
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr#	12,83	13,88	14,14	13,37	13,57	8,36	8,50	7,68	17,20	14,78	15,65	15,93	13,89
Mg#	91,49	91,44	91,55	91,63	91,43	90,22	90,28	90,08	91,12	90,79	90,93	90,95	90,86
Fo	0,91	0,91	0,92	0,92	0,91	0,90	0,90	0,90	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91

Tablo 5. Harzburjit içerisindeki (KB-47 – KP-98) ortopiroksenlerin mikroprob analiz sonuçları ve 6 Oksijen'e göre hesaplanmış katyon değerleri (N: ortalama)

	KB-47						KP-98	
	B	C	D	E	F	G	C	D
Na₂O	0,01	0,02	0,02	0,04	0,01	0,02	0,02	0,02
K₂O	0,01	0,02	0,01	0,01	-0,01	0,02	0,01	0,01
MgO	34,22	34,51	34,21	34,02	34,55	33,52	33,04	32,90
CaO	0,49	0,37	0,57	0,78	0,44	0,70	0,65	0,70
MnO	0,15	0,19	0,18	0,15	0,13	0,16	0,13	0,16
FeO	6,41	6,32	6,34	6,33	6,35	6,28	7,02	7,08
NiO	0,02	0,03	0,07	0,10	0,07	0,03	0,10	0,11
Al₂O₃	1,61	1,01	1,51	1,46	1,02	1,58	2,62	2,35
V₂O₃	0,00	-0,01	0,03	-0,04	0,03	0,01	0,00	0,05
Cr₂O₃	0,41	0,19	0,40	0,41	0,25	0,46	0,60	0,40
SiO₂	57,37	57,66	57,15	56,52	57,38	56,23	56,06	56,60
TiO₂	0,06	0,02	0,01	0,07	0,02	0,10	0,07	0,09
TOPLAM	100,76	100,34	100,49	99,86	100,24	99,11	100,31	100,48
	N:4	N:3	N:7	N:5	N:2	N:9	N:5	N:3
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	1,75	1,77	1,75	1,77	1,77	1,74	1,70	1,69
Ca	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03
Mn	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,20	0,20
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al	0,06	0,04	0,06	0,06	0,04	0,07	0,11	0,10
V	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01
Si	1,97	1,98	1,96	1,98	1,97	1,96	1,94	1,95
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr#	14,74	11,43	15,17	15,17	14,04	16,18	13,39	10,36
Mg#	90,49	90,69	90,59	90,59	90,66	90,48	89,35	89,22
Fo	0,90	0,91	0,91	0,91	0,91	0,90	0,89	0,89

Tablo 6. Piroksenitler içerisindeki (B2.1-C3.7) klinoproksenlerin mikroprob analiz sonuçları ve 6 Oksijen'e göre hesaplanmış katyon değerleri (N: ortalama)

	B2.1		C2.1					C 1			C2.2				C3.7	
	B	C	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	A	B	C
Na2O	0,22	0,24	0,17	0,16	0,13	0,13	0,13	0,15	0,13	0,17	0,25	0,15	0,14	0,06	0,06	0,06
K2O	0,02	0,02	0,04	0,03	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,03	0,09	0,05	0,04	0,01	0,00	0,00
MgO	17,59	17,58	18,21	17,98	17,95	18,03	17,97	18,16	18,01	17,76	17,81	17,78	17,76	17,91	17,82	18,04
CaO	23,77	23,51	23,82	23,99	24,04	24,16	24,31	23,98	24,05	23,79	24,27	24,01	24,14	24,63	24,52	24,25
MnO	0,08	0,08	0,10	0,08	0,08	0,06	0,09	0,11	0,08	0,09	0,07	0,09	0,08	0,06	0,09	0,05
FeO	1,98	2,03	1,94	1,87	1,92	1,89	1,70	1,81	1,84	1,81	1,53	1,92	1,98	1,78	1,93	1,93
NiO	0,03	0,04	-0,02	0,04	0,03	0,04	0,01	0,04	0,02	0,05	0,00	-0,01	0,05	-0,01	0,02	0,01
Al2O3	0,58	0,72	0,62	0,60	0,67	0,52	0,52	0,71	0,55	0,73	0,56	0,59	0,72	0,78	0,80	0,77
V2O3	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03	0,01	0,07	0,03	0,02	0,03	0,02	-0,01	0,04	0,02
Cr2O3	0,53	0,60	0,41	0,42	0,56	0,34	0,32	0,52	0,34	0,55	0,27	0,39	0,44	0,39	0,44	0,34
SiO2	54,19	54,04	54,22	54,36	54,36	54,46	54,30	54,10	54,09	54,38	54,56	54,45	54,05	54,34	54,18	54,21
TiO2	0,05	0,01	0,04	0,00	0,04	0,02	0,00	0,04	0,06	-0,03	0,04	0,00	0,04	0,07	0,02	0,07
TOPLAM	99,04	98,90	99,58	99,57	99,84	99,69	99,40	99,65	99,23	99,37	99,48	99,44	99,48	100,01	99,92	99,74
	N=9	N=6	N=6	N=10	N=4	N=5	N=3	N=5	N=6	N=5	N=3	N=7	N=4	N=6	N=6	N=10
Na	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	0,96	0,96	0,99	0,98	0,97	0,98	0,98	0,99	0,98	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,98	0,98
Ca	0,93	0,92	0,93	0,94	0,94	0,94	0,95	0,94	0,94	0,93	0,95	0,94	0,95	0,96	0,97	0,95
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06	0,06	0,05	0,00	0,06
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
V	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Si	1,99	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,97	1,98	1,98	1,99	1,99	1,98	1,97	1,99	1,97
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr#	38,13	35,75	30,97	32,12	35,93	30,46	29,37	32,82	29,72	33,62	24,26	30,98	28,90	25,23	26,72	22,77
Mg#	94,05	93,93	94,35	94,49	94,33	94,43	94,96	94,69	94,59	94,60	95,39	94,28	94,10	94,71	99,98	94,34

Tablo 7. Piroksenitler içerisindeki C4.1-F3.8) klinoproksenlerin mikroprob analiz sonuçları ve 6 Oksijen' e göre hesaplanmış katyon değerleri (N: ortalama)

	C4.1					C5.6			D7.4					F3.8			
	A	C	D	E	A	B	C	A	B	C	D	A	B	C	D	E	F
Na2O	0,15	0,15	0,16	0,13	0,15	0,18	0,21	0,16	0,15	0,14	0,14	0,14	0,12	0,14	0,12	0,15	0,10
K2O	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01	0,04	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
MgO	17,86	17,95	18,07	18,01	18,02	17,99	17,79	18,20	17,87	18,13	14,31	17,86	18,06	17,80	18,01	17,98	17,88
CaO	24,25	24,45	23,89	24,27	24,28	24,20	23,97	23,90	23,83	23,85	25,26	24,05	23,77	24,06	24,21	23,77	24,65
MnO	0,08	0,05	0,09	0,09	0,09	0,07	0,06	0,06	0,10	0,07	0,07	0,08	0,09	0,07	0,08	0,08	0,07
FeO	1,94	1,75	2,03	1,99	1,93	1,87	1,97	1,64	1,65	1,74	7,20	1,90	2,04	1,89	1,85	1,99	1,69
NiO	-0,02	0,06	0,01	0,02	-0,01	0,03	0,04	-0,02	0,06	-0,01	0,05	0,03	0,03	0,00	0,04	-0,03	0,03
Al2O3	0,69	0,61	0,66	0,56	0,75	0,64	0,67	0,56	0,66	0,59	0,58	0,59	0,56	0,62	0,52	0,63	0,45
V2O3	0,01	0,02	-0,02	0,04	0,01	0,03	-0,02	0,06	0,02	0,04	0,00	0,02	0,02	0,00	-0,02	0,05	0,03
Cr2O3	0,56	0,46	0,46	0,42	0,56	0,51	0,63	0,40	0,47	0,37	0,53	0,51	0,51	0,57	0,43	0,54	0,39
SiO2	54,30	53,84	53,59	53,37	55,32	55,12	54,94	53,79	54,41	54,39	49,67	54,45	54,64	54,77	54,81	54,36	54,96
TiO2	0,05	0,06	0,05	0,01	0,10	0,01	0,05	0,10	0,05	0,03	0,06	0,04	0,00	0,05	0,03	0,07	0,04
TOPLAM	99,87	99,41	99,01	98,92	101,21	100,65	100,33	98,85	99,28	99,34	97,91	99,69	99,87	99,99	100,08	99,60	100,32
	N=5	N=3	N=9	N=6	N=5	N=3	N=9	N=3	N=6	N=3	N=4	N=5	N=4	N=5	N=4	N=3	N=3
Na	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	0,97	0,98	0,99	0,99	0,96	0,97	0,96	1,00	0,97	0,99	0,82	0,97	0,98	0,96	0,98	0,98	0,96
Ca	0,95	0,96	0,94	0,96	0,93	0,93	0,93	0,94	0,93	0,93	1,04	0,94	0,92	0,94	0,95	0,93	0,96
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe	0,06	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,23	0,06	0,06	0,06	0,00	0,06	0,05
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0,02	0,03	0,02
V	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01
Si	1,98	1,97	1,97	1,96	1,98	1,99	1,99	1,98	1,99	1,98	1,91	1,98	1,98	1,99	2,00	1,98	1,99
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr#	35,24	33,61	31,68	33,22	33,47	35,10	38,78	32,16	32,18	29,62	37,95	36,65	37,91	37,98	35,87	36,42	36,85
Mg#	94,27	94,81	94,06	94,15	94,33	94,49	94,15	95,20	95,07	94,88	77,99	94,36	94,03	94,36	99,98	94,15	94,96

Tablo 8. Piroksenitler içerisindeki (SK-28A, SK29) klinoproksenlerin mikroprob analiz sonuçları ve 6 Oksijen'e göre hesaplanmış katyon değerleri (N: ortalama)

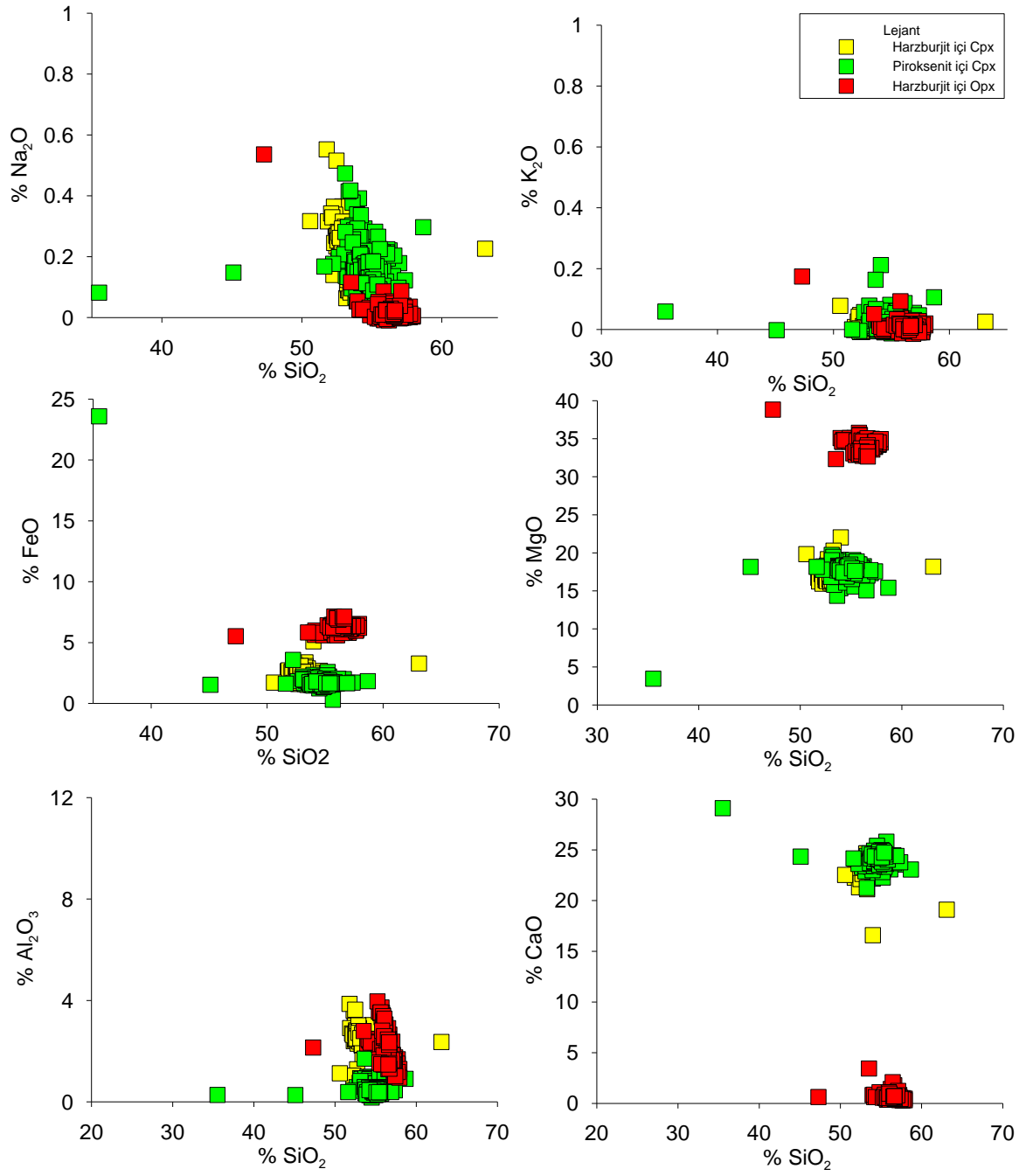
	SK-28 A							SK-29					
	A	B	C	D	E	F	G	A	B	C	D	E	F
Na₂O	0,24	0,26	0,23	0,28	0,25	0,25	0,23	0,21	0,21	0,28	0,20	0,24	0,24
K₂O	0,05	0,03	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,03	0,01	0,03	0,04
MgO	16,77	17,50	17,82	17,39	17,77	17,63	17,26	17,77	17,28	18,02	18,24	17,51	17,48
CaO	24,09	23,77	23,69	23,68	23,40	23,90	23,99	23,83	23,89	23,32	23,47	23,84	23,65
MnO	0,09	0,09	0,07	0,05	0,10	0,06	0,07	0,07	0,06	0,08	0,09	0,09	0,11
FeO	1,80	2,01	1,94	1,95	2,00	1,92	1,83	2,00	1,98	2,06	1,93	1,98	1,94
NiO	0,03	0,02	0,03	0,03	0,01	0,03	0,04	0,02	0,01	0,04	0,01	0,01	0,07
Al₂O₃	0,69	0,74	0,67	0,74	0,72	0,70	0,55	0,78	0,77	0,86	0,73	0,81	0,76
V₂O₃	0,02	0,00	0,02	0,02	0,04	0,01	0,03	0,06	0,05	0,04	0,03	0,03	0,01
Cr₂O₃	0,42	0,67	0,59	0,65	0,58	0,67	0,62	0,45	0,43	0,43	0,44	0,44	0,42
SiO₂	55,19	54,30	54,66	54,21	54,46	54,60	54,68	54,65	55,19	54,46	54,92	54,54	54,97
TiO₂	0,05	0,07	0,05	0,06	0,05	0,04	0,04	0,07	0,07	0,03	0,07	0,09	-0,02
TOPLAM	99,44	99,46	99,76	99,08	99,39	99,81	99,35	99,92	99,95	99,66	100,14	99,60	99,67
	N=6	N=6	N=9	N=8	N=11	N=7	N=7	N=16	N=10	N=10	N=7	N=9	N=15
Na	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	0,91	0,95	0,97	0,95	0,97	0,96	0,94	0,96	0,93	0,98	0,98	0,95	0,95
Ca	0,94	0,93	0,92	0,93	0,91	0,93	0,94	0,93	0,93	0,91	0,91	0,93	0,92
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03
V	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Si	2,01	1,98	1,99	1,99	1,99	1,98	2,00	1,98	2,00	1,98	1,99	1,99	2,00
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr#	28,91	37,63	37,01	36,97	35,04	39,21	43,28	27,81	27,22	25,05	28,65	26,99	27,23
Mg#	94,31	93,94	94,25	94,07	94,07	94,25	94,40	94,07	93,97	93,98	94,39	94,04	94,15

Tablo 9. Piroksenitler içerisindeki (SK-33, KB-43P) klinoproksenlerin mikroprob analiz sonuçları ve 6 Oksijen' e göre hesaplanmış katyon değerleri (N: ortalama)

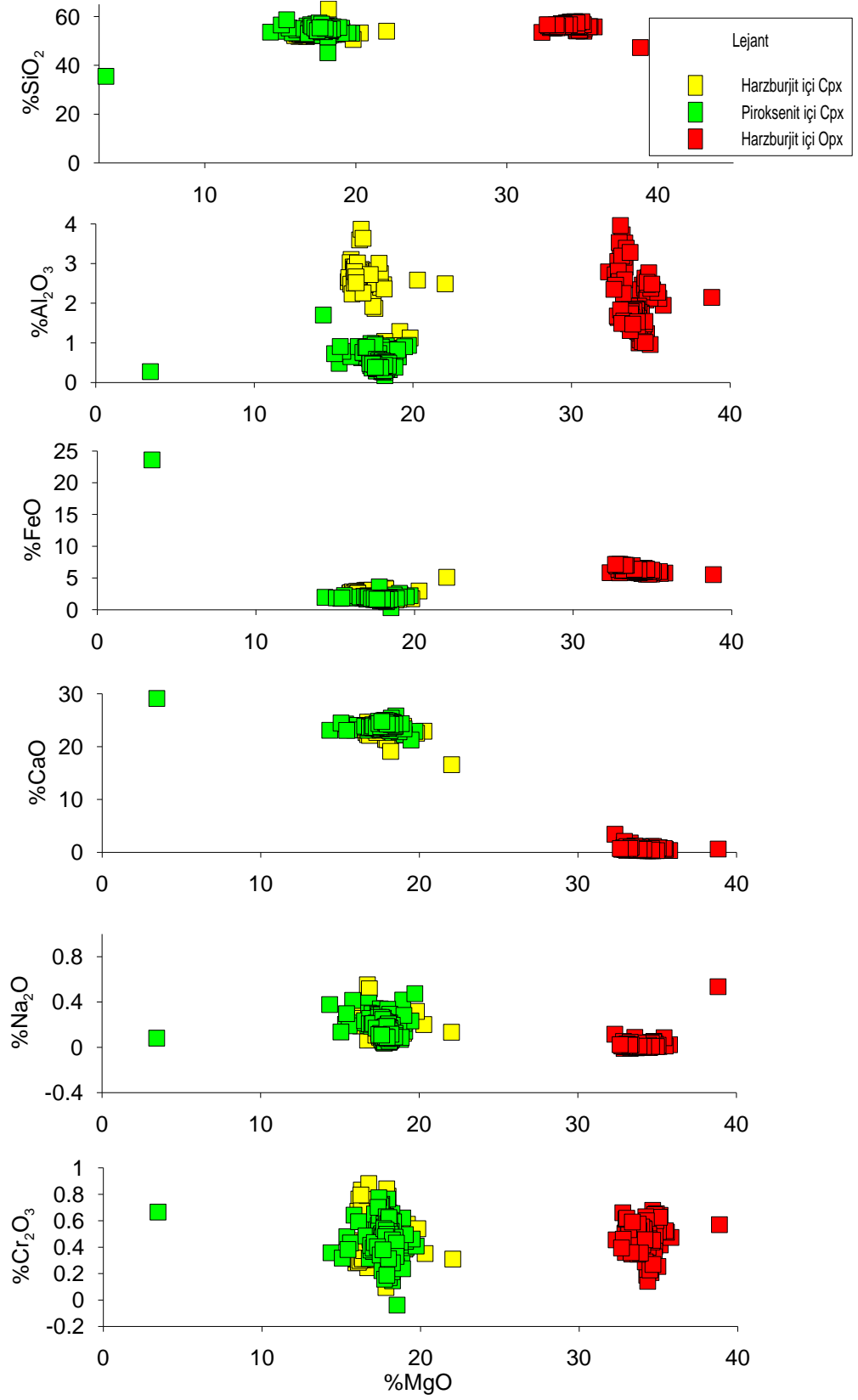
	SK-33								KB-43P						
	A	B	C	D	E	F	G	H	A	B	C	D	E	F	G
Na₂O	0,18	0,19	0,19	0,17	0,20	0,17	0,16	0,15	0,10	0,10	0,12	0,14	0,13	0,10	0,12
K₂O	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01
MgO	18,04	18,03	18,00	18,08	17,93	18,06	18,00	18,01	18,13	18,11	18,06	17,94	18,04	18,20	17,85
CaO	24,11	24,03	23,83	24,34	23,97	24,13	24,24	24,42	24,27	24,37	24,23	24,29	23,98	24,23	24,41
MnO	0,06	0,06	0,09	0,06	0,05	0,05	0,05	0,06	0,07	0,07	0,06	0,08	0,07	0,07	0,02
FeO	1,67	1,66	1,88	1,54	1,65	1,72	1,56	1,56	1,68	1,70	1,69	1,66	1,68	1,66	1,68
NiO	0,04	0,01	0,03	0,06	0,05	0,02	0,03	-0,02	0,00	0,04	0,03	0,04	-0,02	0,05	0,01
Al₂O₃	0,45	0,50	0,47	0,40	0,52	0,48	0,40	0,38	0,47	0,44	0,43	0,44	0,47	0,39	0,41
V₂O₃	0,00	0,01	0,00	-0,01	0,04	0,00	0,02	0,04	0,05	0,04	0,02	0,03	0,03	-0,01	-0,01
Cr₂O₃	0,50	0,53	0,46	0,39	0,56	0,43	0,50	0,45	0,42	0,33	0,42	0,47	0,42	0,25	0,30
SiO₂	54,55	54,57	54,02	54,77	54,21	54,94	52,86	54,53	54,90	55,17	55,14	55,18	55,14	55,77	55,01
TiO₂	0,06	-0,01	0,01	0,04	0,06	0,03	0,02	0,06	0,02	0,07	0,02	0,03	0,11	0,06	0,02
TOPLAM	99,66	99,57	98,99	99,83	99,26	100,03	97,84	99,64	100,12	100,44	100,24	100,31	100,07	100,80	99,83
	N=15	N=4	N=11	N=9	N=7	N=5	N=8	N=10	N=7	N=13	N=7	N=7	N=4	N=7	N=6
Na	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	0,98	0,99	0,98	0,98	0,98	0,98	1,00	0,98	0,98	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97
Ca	0,94	0,94	0,94	0,95	0,94	0,94	0,97	0,95	0,94	0,94	0,94	0,94	0,93	0,93	0,95
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe	0,05	0,00	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
V	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Si	1,99	2,00	1,98	1,99	1,98	1,99	1,97	1,99	1,99	1,99	1,99	1,99	2,00	2,00	2,00
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr#	43,01	41,46	39,73	39,62	41,71	37,27	45,77	43,87	37,93	33,29	39,44	41,61	37,28	29,51	32,75
Mg#	95,06	99,98	94,46	95,44	95,08	94,94	95,35	95,38	95,06	94,99	95,01	95,05	95,04	95,12	94,99

Tablo 10. Harzburjıt içerisindeki (KB-10A, SK-35) klinopiroksenlerin mikroprob analiz sonuçları ve 6 Oksijen' e göre hesaplanmış katyon değerleri (N: ortalama)

	KB-10A		KP-98												SK-35		
	C	D	A	B	E	E	G	H	I	J	L	M	N	O	A	B	D
Na2O	0,06	0,10	0,28	0,27	0,26	0,37	0,28	0,28	0,24	0,28	0,27	0,21	0,24	0,25	0,13	0,24	0,11
K2O	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02	0,01	0,04	0,01
MgO	17,16	17,46	16,76	16,81	16,19	16,87	17,01	16,54	16,65	16,56	16,63	17,77	16,78	16,75	18,30	19,07	18,47
CaO	24,60	23,89	23,11	23,02	23,83	22,45	22,78	23,63	23,17	23,57	23,61	22,23	23,61	23,51	23,67	22,80	23,96
MnO	0,07	0,07	0,12	0,09	0,10	0,11	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,08	0,07	0,04	0,09	0,07
FeO	1,82	2,17	2,81	2,70	2,58	2,74	2,78	2,68	2,84	2,77	2,82	3,26	2,76	2,75	1,74	1,70	1,60
NiO	0,05	0,06	0,05	0,06	0,02	0,09	0,08	0,06	0,05	0,09	0,04	-0,03	0,02	0,01	0,04	0,05	0,01
Al2O3	1,98	2,13	2,67	2,89	2,84	3,35	2,57	2,48	2,57	2,77	2,55	2,52	2,58	2,54	0,89	1,15	0,84
V2O3	0,05	0,02	0,05	0,06	0,06	0,04	0,04	0,05	-0,01	0,11	0,06	0,05	0,06	0,08	0,00	0,03	0,02
Cr2O3	0,34	0,32	0,39	0,73	0,74	0,83	0,31	0,30	0,34	0,34	0,33	0,38	0,33	0,40	0,44	0,55	0,45
SiO2	53,66	53,44	53,08	52,56	53,65	52,09	52,49	52,89	54,03	52,89	52,80	53,29	52,99	53,15	53,22	51,85	53,62
TiO2	0,29	0,21	0,23	0,34	0,24	0,29	0,26	0,27	0,25	0,30	0,26	0,26	0,25	0,30	0,03	-0,01	0,01
TOPLAM	100,09	99,87	99,58	99,54	100,52	99,23	98,71	99,28	100,20	99,76	99,49	100,05	99,69	99,81	98,51	97,56	99,17
	N:4	N:4	N:7	N:4	N:3	N:4	N:4	N:5	N:9	N:11	N:4	N:5	N:9	N:4	N:4	N:3	N:5
Na	0,00	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	0,93	0,95	0,91	0,92	0,88	0,92	0,94	0,91	0,90	0,90	0,91	0,96	0,92	0,91	1,01	1,06	1,04
Ca	0,96	0,93	0,91	0,90	0,93	0,88	0,90	0,93	0,90	0,92	0,93	0,87	0,93	0,92	0,93	0,91	0,89
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe	0,06	0,07	0,09	0,08	0,08	0,08	0,09	0,08	0,09	0,08	0,09	0,10	0,08	0,08	0,05	0,05	0,05
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al	0,09	0,09	0,12	0,13	0,12	0,15	0,11	0,11	0,11	0,12	0,11	0,11	0,11	0,11	0,04	0,05	0,05
V	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
Si	1,95	1,95	1,94	1,93	1,95	1,92	1,94	1,94	1,96	1,94	1,94	1,94	1,94	1,94	1,96	1,93	1,90
Ti	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
Cr#	10,35	9,27	8,94	14,46	14,81	14,22	7,46	7,47	8,12	7,64	8,04	9,29	7,84	9,45	24,79	24,38	24,38
Mg#	94,39	93,49	91,39	91,73	91,80	91,63	91,60	91,67	91,28	91,43	91,31	90,67	91,56	91,56	94,95	95,24	95,24



Şekil 3.31. Klinopiroksenlerin ve ortopiroksenlerin SiO₂' ye karşı ana oksit değişim diyagramları



Şekil 3.32. Klinopiroksen ve ortopiroksenlerin MgO'ya karşı ana oksit değişim diyagramları

3.2.2.3. Kromit Kristal Kimyası

Dünit içindeki kromititler, harzburjit içi kromititlerdeki kromitler ile aksesuar olarak dünit, harzburjit ve piroksenit içinde yer alan aksesuar kromit kristallerine ait mikrokimyasal analiz verileri Tablo 11-17' de sunulmuştur.

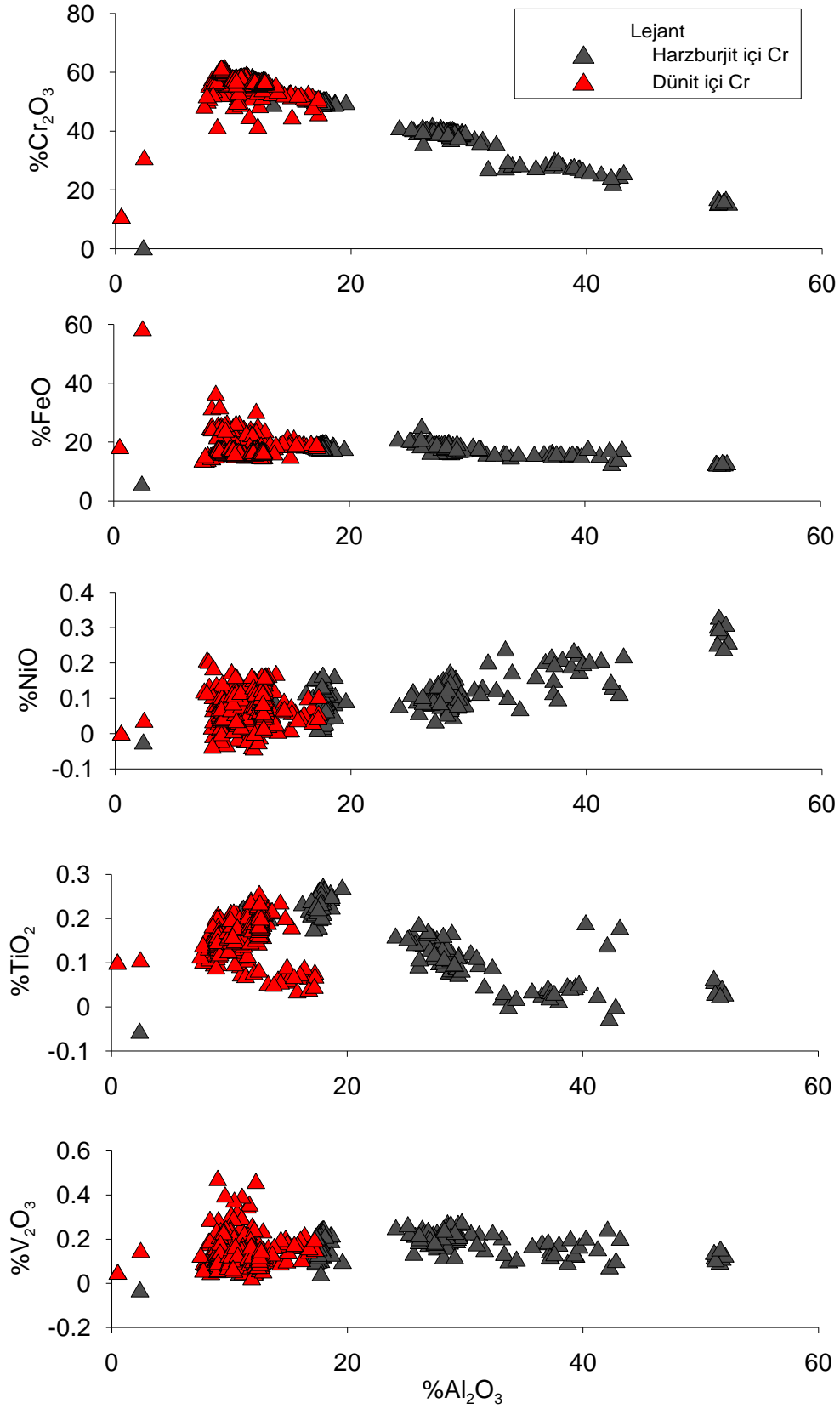
Kromitlerin Al_2O_3 e dayalı Cr_2O_3 , Fe_2O_3 , NiO , TiO_2 ve V_2O_3 diyagramlarındaki dağılımları Şekil 3.33' de verilmiştir. Harzburjitlere bağlı kromititlere ait kromit kristallerinin Al_2O_3 içerikleri geniş bir aralıkta (%10-51 Al_2O_3) yer alırken dünit içi kromititler içindeki kromit kristallerinin Al_2O_3 içerikleri daha dar bir aralıkta (%9-18 Cr_2O_3) dağılım gösterir. Dünitik kromititlere ait kromitlerde FeO değerleri daha geniş aralıkta yer alırken, harzburjitik kromititlere ait kromitlerde bu değer daha dar aralıkta yer alır. Bu durum, harzburjitik kromititlerin Al içeriğinin diğerlerine oranla daha yüksek olmasına ve dolayısı ile de alterasyona karşı daha dirençli olmasına bağlanmıştır. Harzburjite bağlı kromititlerde Al_2O_3 ile NiO arasında doğrusal pozitif bir ilişki varken Cr_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 ve V_2O_3 arasında doğrusal negatif bir ilişki mevcuttur.

Aksesuar kromitlerdeki Al_2O_3 içeriği %50' nin üzerindedir. Bu değer okyanus ortası sırtlarda riftleşme ürünü olan peridotit içi aksesuar kromitlerin değerleri ile uyum gösterir. Bu durum harzburjit içi aksesuar kromitlerin manto kayaçları ile eş zamanlı oluşum olduklarını (benzer tektonik ortamda geliştiklerini) gösterir.

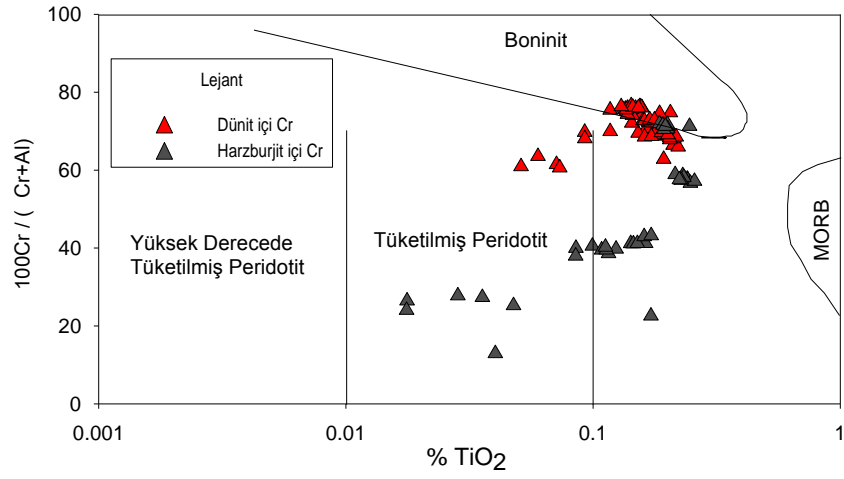
Kromitit içi kromit ve aksesuar kromitlere ait $Cr\#-TiO_2$ diyagramında harzburjit içinde yer alan kromititlere ait kromit kristalleri ile harzburjit içinde yer alan aksesuar kromitlerin tüketilmiş peridotit alanında dağılım gösterdikleri, dünit içi kromitlere ait kromit ile piroksenitler içerisinde yer alan kromit kristallerinin boninitik kayaçlara ait kromit kristallerine ait alana düştükleri gözlenmiştir (Şekil 3.34).

$Fo-Cr\#$ diagramında harzburjit içerisindeki kromitlerden aksesuar olanlar, olivin değerlerine göre oranlanmıştır ve manto dizisi içerisine düştüğü, dünit içerisinde oluşan kromitlerin ise manto dizisi içine düşmeyip dağınık bir dağılım gösterdikleri gözlenmiştir (Şekil 3.35).

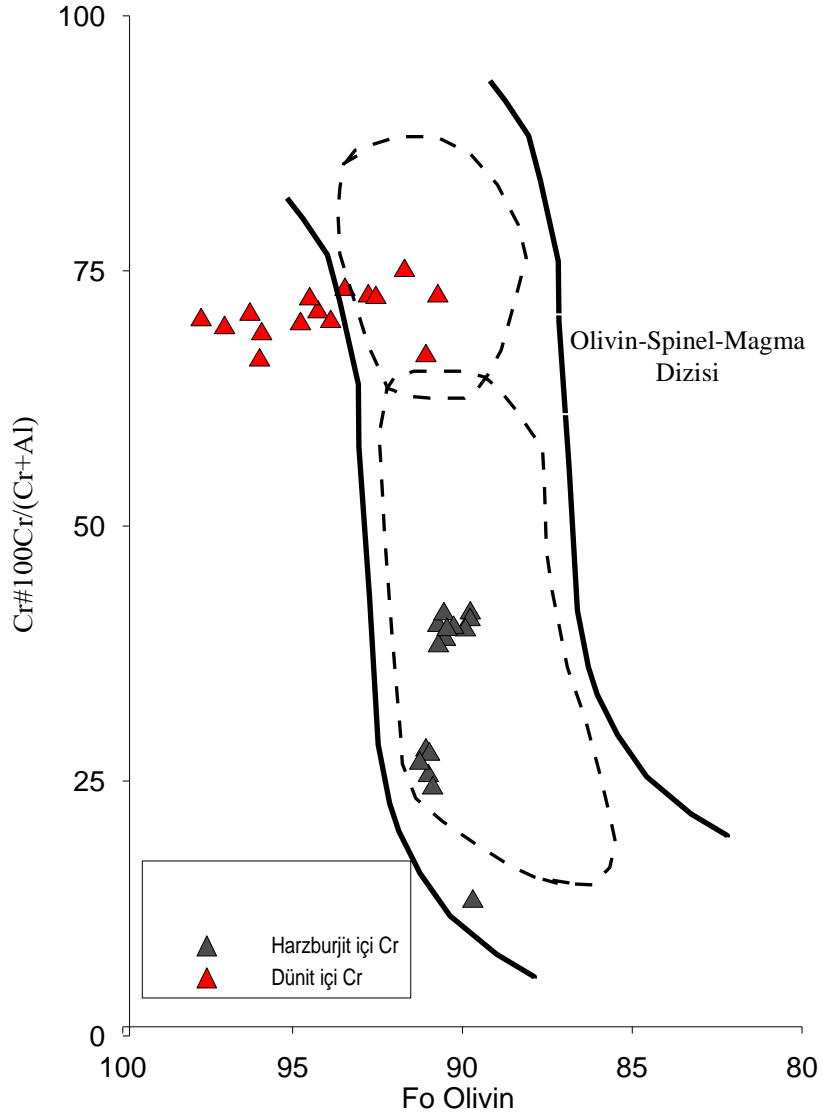
$Cr\#$ ve $Mg\#$ diyagramında tüm kromitit içi kromit kristalleri alpin tip alanına düşerler. Ancak aksesuar kromitlerden bir bölümü hem alpin hem de stratiform tip kromit alanında yoğunlaşırlar (Şekil 3.36).



Şekil 3.33. Kromitlerin Al_2O_3 ' e karşı ana oksit değişim diyagramları



Şekil 3.34. Kromitlere ait Cr#-TiO₂ diyagramı (Kepezhinskas, 1993)



Şekil 3.35. Kromitlere ait Fo-Cr# diyagramı (Arai, 1987, 1994)

Tablo 11. Dünit içerisindeki (B2-YK – KB-43P) kromitlerin mikroprob analiz sonuçları ve 32 Oksijen'e göre hesaplanmış katyon değerleri (N: ortalama)

	B2-YK		C2.1		C.1		C2	C4.1			C5.6	F3-8			F9-YK		KB-43P
	A	B	A	B	A	B	A	B	C	A	A	B	C	A	B	G	
MgO	12,36	12,81	9,56	7,84	8,01	9,47	6,66	5,03	5,03	8,61	9,40	9,59	8,22	8,73	8,78	4,10	
CaO	0,03	0,02	0,17	0,02	0,02	0,09	0,16	9,76	9,76	0,24	0,14	0,06	0,22	0,02	0,02	0,14	
MnO	0,31	0,35	0,28	0,37	0,35	0,26	0,32	0,37	0,37	0,32	0,32	0,22	0,37	0,50	0,27	0,44	
FeO	18,67	18,39	21,49	24,52	24,27	21,36	25,87	22,91	22,91	22,40	23,03	22,47	24,51	28,92	26,08	31,98	
NiO	0,05	0,15	0,07	-0,01	0,03	0,05	0,00	0,09	0,09	0,05	0,05	0,03	0,07	0,09	-0,03	-0,01	
ZnO	0,07	0,05	0,12	0,13	0,04	0,13	0,15	0,19	0,19	0,12	0,11	0,14	0,09	0,13	0,17	0,18	
Al₂O₃	13,15	13,32	11,60	10,84	11,19	11,24	10,75	7,23	7,23	11,20	10,21	9,04	9,86	9,70	9,43	8,67	
V₂O₃	0,14	0,11	0,36	0,36	0,20	0,24	0,42	0,22	0,22	0,22	0,27	0,25	0,25	0,18	0,15	0,39	
Cr₂O₃	54,23	53,87	54,31	54,70	53,91	54,61	51,24	39,42	39,42	50,96	54,83	56,11	53,33	48,40	53,09	53,31	
SiO₂	0,12	0,09	0,03	0,00	0,02	0,03	0,26	11,03	11,03	0,21	0,05	0,01	0,41	0,09	0,02	0,03	
TiO₂	0,21	0,22	0,20	0,16	0,09	0,12	0,15	0,17	0,17	0,16	0,20	0,21	0,14	0,20	0,18	0,19	
PdO₂	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00	-0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	-0,01	0,01	0,00	0,00	-0,01	
PtO₂	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04	0,11	0,07	0,07	0,05	0,02	0,03	0,07	0,04	0,01	0,03	
TOPLAM	99,37	99,38	98,21	98,96	98,14	97,63	96,08	96,50	96,50	94,53	98,63	98,15	97,54	96,99	98,17	99,42	
	N:5	N:6	N:2	N:2	N:3	N:2	N:3	N:3	N:3	N:3	N:2	N:3	N:2	N:4	N:1	N:2	
Mg	2,96	3,07	2,35	1,92	1,98	2,35	1,68	1,27	1,27	2,20	2,33	2,42	2,06	2,22	2,21	1,02	
Ca	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,01	0,03	1,62	1,62	0,04	0,02	0,01	0,04	0,00	0,00	0,02	
Mn	0,11	0,13	0,11	0,14	0,13	0,10	0,12	0,14	0,14	0,12	0,12	0,09	0,14	0,20	0,10	0,17	
Fe	4,95	4,87	5,83	6,65	6,61	5,85	7,21	6,37	6,37	6,31	6,31	6,26	6,80	8,13	7,25	8,82	
Ni	0,01	0,03	0,02	0,00	0,01	0,01	0,00	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	-0,01	0,00	
Zn	0,01	0,01	0,03	0,03	0,01	0,03	0,03	0,04	0,04	0,03	0,02	0,03	0,02	0,03	0,04	0,04	
Al	5,23	5,29	4,73	4,41	4,58	4,62	4,50	3,02	3,02	4,74	4,20	3,79	4,11	4,09	3,94	3,59	
V	0,04	0,03	0,11	0,11	0,06	0,07	0,13	0,07	0,07	0,07	0,08	0,08	0,08	0,06	0,05	0,12	
Cr	10,60	10,52	10,87	10,94	10,84	11,03	10,53	8,09	8,09	10,60	11,09	11,54	10,92	10,04	10,90	10,85	
Si	0,03	0,02	0,01	0,00	0,01	0,01	0,07	2,86	2,86	0,06	0,01	0,00	0,11	0,02	0,00	0,01	
Ti	0,04	0,04	0,04	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04	0,04	
Pd	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Pt	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Cr#	66,95	66,53	69,70	71,26	70,31	70,49	70,09	72,82	72,82	69,10	72,53	75,30	72,66	71,02	73,45	75,14	
Mg#	37,46	38,67	28,69	22,43	23,00	28,64	18,90	16,58	16,58	25,81	26,98	27,87	23,28	21,45	23,35	10,39	

Tablo 12. Dünit içerisindeki (SK-28A –SK-35) kromitlerin mikroprob analiz sonuçları ve 32 Oksijen’ e göre hesaplanmış katyon değerleri (N: ortalama)

	SK-28A			SK33					SK35				
	A	C	D	A	E	F	G	H	A	C	D	E	F
MgO	6,07	8,53	9,13	7,50	8,98	6,70	7,88	7,77	10,56	10,07	10,96	8,81	11,05
CaO	0,22	0,02	0,13	0,06	0,09	0,05	0,09	0,07	0,07	0,10	0,03	0,13	0,04
MnO	0,21	0,28	0,20	0,40	0,26	0,40	0,39	0,42	0,32	0,26	0,30	0,30	0,32
FeO	22,04	22,90	21,71	25,14	21,96	25,58	24,72	24,53	19,54	17,84	19,55	29,34	19,52
NiO	0,06	-0,02	0,04	0,05	0,04	0,06	0,07	0,05	0,07	0,08	0,04	0,04	0,04
ZnO	0,14	0,21	0,12	0,10	0,01	0,01	0,06	0,23	0,20	0,18	0,15	0,18	0,21
Al₂O₃	11,80	11,62	15,03	8,64	9,15	8,79	8,76	9,35	15,66	15,24	15,81	10,48	14,55
V₂O₃	0,18	0,18	0,19	0,21	0,22	0,21	0,20	0,21	0,14	0,17	0,18	0,17	0,18
Cr₂O₃	53,31	55,88	52,88	57,36	57,81	56,60	56,90	56,01	52,05	48,82	51,31	46,72	52,86
SiO₂	0,69	0,04	0,09	0,03	0,03	0,12	0,02	0,01	0,19	0,57	0,15	0,76	0,08
TiO₂	0,15	0,18	0,19	0,16	0,14	0,12	0,14	0,14	0,07	0,07	0,05	0,09	0,06
PdO₂	-0,01	-0,01	0,00	0,00	0,00	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	0,00	0,00	0,00
PtO₂	0,02	0,02	0,02	0,01	0,03	0,05	0,00	0,02	0,00	0,05	0,02	0,06	0,02
TOPLAM	94,89	99,83	99,73	99,65	98,70	98,68	99,22	98,80	98,87	93,44	98,54	97,10	98,92
	N:3	N:3	N:2	N:2	N:2	N:4	N:2	N:2	N:4	N:6	N:5	N:5	N:3
Mg	1,03	2,06	2,14	1,87	2,25	1,68	1,97	1,94	2,48	2,48	2,58	2,22	2,62
Ca	0,02	0,00	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,00	0,02	0,01
Mn	0,17	0,10	0,07	0,15	0,10	0,16	0,15	0,16	0,12	0,10	0,11	0,12	0,12
Fe	8,86	6,12	5,62	6,92	6,07	7,09	6,83	6,76	5,07	4,86	5,08	8,15	5,12
Ni	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01
Zn	0,04	0,04	0,02	0,02	0,00	0,00	0,01	0,05	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04
Al	3,60	4,66	5,84	3,57	3,80	3,66	3,63	3,87	6,10	6,24	6,17	4,38	5,73
V	0,12	0,05	0,05	0,06	0,07	0,07	0,06	0,06	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05
Cr	10,90	11,01	10,10	11,66	11,79	11,58	11,60	11,40	9,96	9,82	9,84	9,58	10,23
Si	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,03	0,00	0,00	0,05	0,14	0,04	0,20	0,02
Ti	0,04	0,03	0,04	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01
Pd	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pt	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr#	75,14	70,27	63,36	76,55	75,65	75,99	76,15	74,65	62,02	61,16	61,46	68,65	64,10
Mg#	10,39	25,20	27,57	21,26	27,01	19,15	22,39	22,27	32,85	33,81	33,65	21,38	33,88

Tablo 13. Dünit içerisindeki (KB-41A – K1) kromitlerin mikroprob analiz sonuçları ve 32 Oksijen' e göre hesaplanmış katyon değerleri (N: ortalama

	KB-41A						KB43						K1					
	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
MgO	13,19	15,34	12,79	14,04	13,55	15,10	12,16	12,29	12,26	12,28	12,39	12,43	12,72	13,00	12,67	13,01	13,01	12,81
CaO	0,01	0,01	0,01	0,01	0,06	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
MnO	0,21	0,31	0,23	0,20	0,22	0,23	0,24	0,25	0,25	0,27	0,24	0,27	0,25	0,23	0,25	0,23	0,23	0,26
FeO	16,39	15,50	16,42	16,02	16,02	15,64	18,12	17,44	17,32	17,46	17,61	17,46	18,07	17,69	17,81	17,57	17,77	17,81
NiO	0,08	0,16	0,11	0,08	0,09	0,10	0,05	0,06	0,04	0,07	0,07	0,07	0,10	0,05	0,11	0,07	0,08	0,08
ZnO	0,03	0,02	-0,01	0,05	0,06	0,02	0,07	0,05	0,10	0,01	0,05	0,06	0,11	0,01	0,03	0,07	-0,01	0,03
Al₂O₃	9,10	8,55	9,61	8,83	8,85	8,57	8,86	9,11	9,05	9,05	9,11	9,17	11,96	12,02	12,16	12,01	12,02	12,05
V₂O₃	0,11	0,13	0,11	0,10	0,10	0,09	0,12	0,11	0,10	0,11	0,11	0,11	0,13	0,10	0,11	0,11	0,10	0,13
Cr₂O₃	58,99	55,76	58,35	58,45	58,68	55,50	60,74	61,17	61,23	61,19	60,97	61,09	57,13	56,54	57,01	56,74	56,54	56,96
SiO₂	0,39	2,16	0,23	1,00	0,40	3,00	0,00	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,09	0,01	0,00
TiO₂	0,13	0,14	0,14	0,15	0,14	0,14	0,14	0,14	0,15	0,13	0,16	0,15	0,20	0,19	0,21	0,19	0,19	0,20
PdO₂	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,00
PtO₂	0,12	0,03	0,02	0,21	0,02	-0,01	0,01	-0,12	0,01	0,02	-0,13	0,00	-0,01	0,12	0,01	-0,03	-0,01	-0,01
TOPLAM	98,73	98,10	97,99	99,13	98,19	98,40	100,53	100,52	100,52	100,59	100,60	100,84	100,67	99,95	100,38	100,06	99,91	100,32
	N:6	N:6	N:6	N:6	N:6	N:6	N:6	N:6	N:6	N:6	N:6	N:6	N:6	N:6	N:6	N:6	N:6	N:6
Mg	3,30	3,85	3,21	3,51	3,54	3,76	3,01	3,02	3,02	3,03	3,05	3,05	3,05	3,14	3,04	3,13	3,14	3,08
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mn	0,08	0,12	0,09	0,08	0,08	0,09	0,09	0,10	0,10	0,10	0,09	0,10	0,09	0,09	0,09	0,08	0,09	0,10
Fe	4,54	4,30	4,55	4,42	4,47	4,30	4,95	4,74	4,72	4,76	4,79	4,74	4,79	4,72	4,72	4,68	4,74	4,73
Ni	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02
Zn	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,00	0,01	0,01	0,02	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01
Al	3,78	3,56	4,00	3,66	3,70	3,54	3,63	3,72	3,70	3,70	3,72	3,74	4,76	4,82	4,84	4,80	4,81	4,80
V	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04
Cr	12,05	11,41	11,94	11,90	12,03	11,26	12,24	12,28	12,31	12,30	12,23	12,24	11,17	11,13	11,15	11,14	11,12	11,16
Si	0,10	0,56	0,06	0,26	0,26	0,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00
Ti	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Pd	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pt	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr#	76,11	76,23	74,91	76,48	76,48	76,08	77,11	76,75	76,89	76,87	76,69	76,59	70,12	69,79	69,74	69,90	69,81	69,91
Mg#	42,14	47,24	41,34	44,23	44,23	46,63	37,79	38,93	39,05	38,90	38,90	39,19	38,92	39,94	39,17	40,13	39,85	39,42

Tablo 14. Dünit içerisindeki (K-3 – SK-32) kromitlerin mikroprob analiz sonuçları ve 32 Oksijen' e göre hesaplanmış katyon değerleri (N: ortalama)

	K3						501						SK-32					
	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
MgO	13,54	13,90	13,64	13,42	13,48	13,60	13,97	13,85	13,92	13,98	14,08	13,89	13,14	13,43	13,29	12,72	13,33	13,06
CaO	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00
MnO	0,20	0,18	0,24	0,20	0,23	0,22	0,21	0,18	0,18	0,17	0,19	0,22	0,19	0,24	0,21	0,24	0,26	0,27
FeO	16,69	16,35	16,89	16,67	17,40	17,09	16,03	16,36	16,19	15,80	15,55	16,37	17,06	17,19	16,77	17,00	16,81	16,69
NiO	0,07	0,08	0,07	0,08	0,11	0,09	0,11	0,11	0,10	0,11	0,11	0,10	0,08	0,10	0,08	0,05	0,08	0,08
ZnO	0,09	0,05	0,02	0,03	0,01	0,05	0,04	0,06	0,00	0,04	0,06	0,02	0,02	0,08	0,07	0,07	0,01	0,03
Al₂O₃	10,70	10,77	10,50	10,60	10,31	10,36	12,31	12,04	12,21	12,30	12,42	11,88	12,45	12,61	12,87	12,50	12,61	12,20
V₂O₃	0,12	0,11	0,12	0,12	0,11	0,13	0,10	0,11	0,11	0,10	0,10	0,10	0,10	0,11	0,11	0,13	0,11	0,12
Cr₂O₃	58,56	58,39	58,57	58,26	58,21	58,27	56,62	56,98	56,72	57,37	56,81	56,94	56,52	56,15	56,70	56,88	56,87	57,04
SiO₂	0,02	0,00	0,01	0,21	-0,01	0,00	-0,01	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00
TiO₂	0,17	0,17	0,16	0,16	0,17	0,18	0,18	0,18	0,19	0,19	0,17	0,19	0,21	0,21	0,20	0,22	0,20	0,20
PdO₂	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PtO₂	0,00	0,01	0,01	0,00	-0,01	0,02	0,00	-0,01	-0,03	0,00	0,03	-0,01	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,01	-0,01
TOPLAM	100,15	100,02	100,22	99,83	100,01	100,00	99,58	99,90	99,62	100,06	99,53	99,71	99,77	100,11	100,32	99,85	100,31	99,67
	N:6	N:6	N:6	N:6	N:6	N:6	N:6	N:6	N:6	N:6	N:6	N:6	N:6	N:6	N:6	N:6	N:6	N:6
Mg	3,30	3,39	3,33	3,34	3,31	3,33	3,37	3,34	3,36	3,36	3,40	3,36	3,16	3,22	3,17	3,05	3,19	3,15
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mn	0,08	0,07	0,09	0,09	0,09	0,08	0,08	0,07	0,07	0,06	0,07	0,08	0,07	0,09	0,08	0,09	0,10	0,10
Fe	4,50	4,41	4,56	4,56	4,72	4,63	4,28	4,36	4,32	4,20	4,15	4,38	4,54	4,55	4,42	4,51	4,44	4,45
Ni	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02
Zn	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,02	0,01	0,02	0,00	0,01
Al	4,33	4,36	4,26	4,26	4,19	4,21	4,93	4,82	4,89	4,91	4,97	4,77	4,97	5,01	5,09	4,98	5,00	4,88
V	0,04	0,03	0,04	0,04	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03
Cr	11,65	11,62	11,67	11,68	11,64	11,65	11,15	11,22	11,17	11,25	11,18	11,24	11,09	10,97	11,02	11,13	11,09	11,22
Si	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
Ti	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Pd	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pt	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr#	72,90	72,70	73,26	73,26	73,51	73,43	69,32	69,92	69,54	69,63	69,21	70,19	69,06	68,64	68,40	69,09	68,91	69,67
Mg#	42,32	43,48	42,23	42,23	41,21	41,86	44,09	43,38	43,76	44,46	45,04	43,44	41,08	41,42	41,76	40,38	41,78	41,46

Tablo 15. Harzburjit içerisindeki (K-19 – KB-10B) kromitlerin mikroprob analiz sonuçları ve 32 Oksijen' e göre hesaplanmış katyon değerleri (N: ortalama)

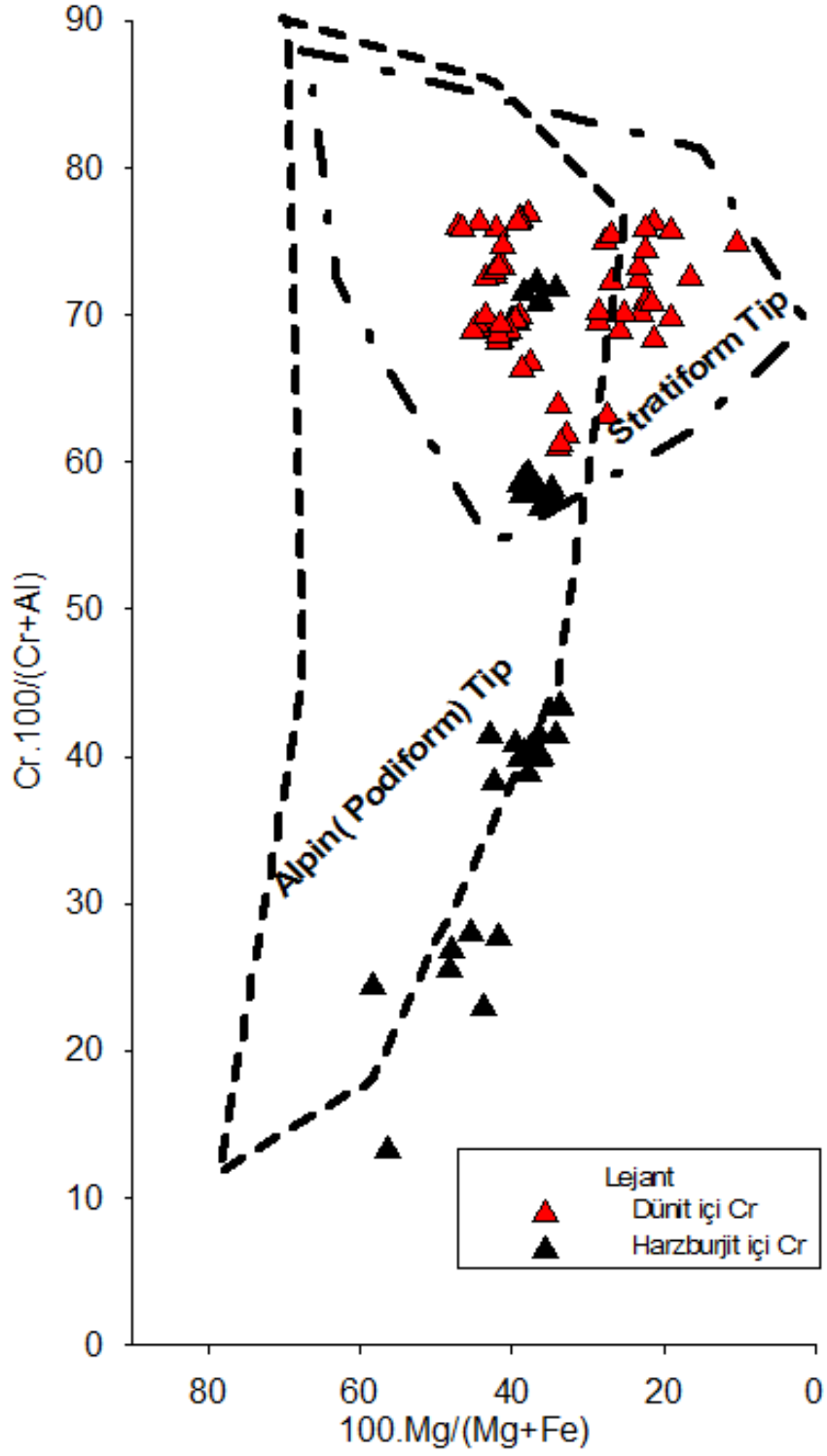
	K19					KB-10A	KB-10B					
	A	B	D	F	G	E	A	B	C	D	E	F
MgO	15,08	12,88	16,22	15,67	20,69	18,32	13,96	13,12	12,74	12,88	12,78	13,93
CaO	0,04	0,04	0,02	0,04	0,16	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
MnO	0,15	0,13	0,17	0,09	0,07	0,10	0,15	0,19	0,11	0,21	0,14	0,19
FeO	16,42	16,24	15,81	15,37	13,33	12,89	16,73	18,09	18,52	18,20	19,06	17,07
NiO	0,20	0,21	0,20	0,13	0,16	0,29	0,13	0,11	0,07	0,13	0,10	0,10
ZnO	0,16	0,18	0,24	0,13	0,17	0,20	0,03	0,24	0,24	0,23	0,23	0,23
Al₂O₃	35,62	35,55	39,14	37,13	30,57	51,50	28,07	28,40	28,71	29,01	29,57	30,21
V₂O₃	0,18	0,18	0,12	0,12	0,13	0,13	0,21	0,24	0,21	0,23	0,22	0,23
Cr₂O₃	28,62	27,98	27,69	27,97	20,28	16,33	40,92	40,29	39,80	39,49	38,72	38,51
SiO₂	0,12	0,31	0,01	0,29	13,00	0,00	0,02	0,04	0,02	0,02	0,02	0,00
TiO₂	0,03	0,04	0,05	0,02	0,02	0,04	0,14	0,10	0,09	0,11	0,12	0,09
PdO₂	0,00	-0,01	-0,01	-0,01	-0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01
PtO₂	0,06	0,02	0,07	-0,01	-0,03	0,02	0,03	0,03	0,01	0,05	0,02	0,01
TOPLAM	96,68	93,75	99,74	96,94	98,51	99,83	100,40	100,85	100,54	100,57	100,97	100,57
	N:3	N:3	N:3	N:9	N:4	N:8	N:5	N:4	N:4	N:11	N:3	N:4
Mg	3,05	2,66	3,13	3,12	4,04	3,23	2,91	2,72	2,64	2,66	2,62	2,85
Ca	0,01	0,01	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mn	0,05	0,04	0,05	0,03	0,02	0,03	0,05	0,06	0,03	0,07	0,04	0,06
Fe	3,67	3,70	3,37	3,39	2,88	2,51	3,86	4,14	4,24	4,16	4,32	3,86
Ni	0,04	0,04	0,03	0,02	0,03	0,04	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02
Zn	0,03	0,03	0,04	0,02	0,03	0,03	0,01	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Al	11,96	12,17	12,52	12,28	9,90	15,06	9,72	9,77	9,88	9,95	10,07	10,27
V	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,05	0,06	0,05	0,06	0,06	0,06
Cr	4,72	4,71	4,35	4,55	3,23	2,35	6,96	6,81	6,73	6,66	6,48	6,43
Si	0,03	0,07	0,00	0,06	2,62	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Ti	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01
Pd	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pt	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr#	28,31	27,89	25,80	27,01	24,59	13,48	41,73	41,08	40,52	40,08	39,16	38,52
Mg#	45,38	41,77	48,15	47,99	58,42	56,26	43,03	39,63	38,38	39,03	37,76	42,48

Tablo 16. Harzburjit içerisindeki (KB-47 – KB-9) kromitlerin mikroprob analiz sonuçları ve 32 Oksijen' e göre hesaplanmış katyon değerleri (N: ortalama)

	KB-47									KP-98	KB-9					
	A	C	D	E	F	G	H	I	F	A	B	C	D	E	F	
MgO	12,42	12,38	12,46	11,20	12,29	11,71	12,86	11,72	15,31	11,57	11,52	12,09	11,64	11,97	11,76	
CaO	0,01	0,00	0,00	0,04	0,00	0,03	0,01	0,02	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	
MnO	0,16	0,21	0,20	0,26	0,25	0,19	0,17	0,28	0,12	0,27	0,25	0,26	0,28	0,24	0,24	
FeO	19,55	19,67	19,75	19,42	19,85	20,97	19,51	20,97	17,79	19,71	19,45	19,19	19,54	19,10	19,57	
NiO	0,10	0,08	0,12	0,06	0,10	0,09	0,11	0,11	0,19	0,08	0,08	0,06	0,08	0,10	0,09	
ZnO	0,16	0,31	0,22	0,17	0,23	0,23	0,23	0,31	0,32	0,03	0,06	0,08	0,08	0,08	0,09	
Al₂O₃	27,73	28,20	28,56	26,99	26,52	25,78	27,78	25,62	41,84	17,58	17,75	17,70	17,80	18,21	17,93	
V₂O₃	0,21	0,20	0,22	0,16	0,23	0,23	0,19	0,24	0,22	0,22	0,20	0,22	0,21	0,22	0,23	
Cr₂O₃	40,27	38,76	38,91	39,36	40,37	40,41	38,97	40,57	25,61	50,26	50,23	50,28	50,08	49,54	49,78	
SiO₂	0,02	0,03	0,01	0,18	0,02	0,06	0,07	0,00	0,01	0,00	0,01	0,03	0,00	0,01	0,02	
TiO₂	0,15	0,12	0,11	0,16	0,15	0,16	0,11	0,17	0,17	0,23	0,24	0,24	0,24	0,25	0,26	
PdO₂	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
PtO₂	0,02	0,02	0,05	0,02	0,01	0,02	0,00	0,09	-0,03	0,07	0,05	-0,01	-0,06	-0,01	0,00	
TOPLAM	100,78	99,98	100,61	98,02	100,01	99,89	100,01	100,11	101,57	100,01	99,83	100,15	99,88	99,72	99,96	
	N:4	N:5	N:3	N:3	N:4	N:5	N:9	N:2	N:3	N:6	N:6	N:6	N:6	N:6	N:6	
Mg	2,59	2,59	2,59	2,40	2,37	2,50	2,70	2,50	2,85	2,65	2,64	2,76	2,66	2,73	2,68	
Ca	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Mn	0,05	0,07	0,06	0,09	0,08	0,06	0,06	0,09	0,04	0,09	0,09	0,09	0,10	0,08	0,09	
Fe	4,51	4,55	4,53	4,59	4,55	4,95	4,52	4,95	3,66	4,98	4,92	4,84	4,93	4,81	4,93	
Ni	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	
Zn	0,03	0,06	0,04	0,03	0,03	0,04	0,04	0,06	0,05	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	
Al	9,60	9,79	9,84	9,58	9,49	9,14	9,67	9,08	12,93	6,68	6,74	6,70	6,74	6,89	6,79	
V	0,05	0,05	0,06	0,04	0,04	0,06	0,05	0,06	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	
Cr	6,85	6,61	6,59	6,87	6,80	7,04	6,67	7,07	3,89	9,38	9,37	9,36	9,33	9,21	9,26	
Si	0,00	0,01	0,00	0,04	0,04	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	
Ti	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0,02	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	
Pd	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Pt	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Cr#	41,65	40,31	40,11	41,75	41,75	43,51	40,81	43,76	23,13	58,42	58,17	58,26	58,03	57,21	57,71	
Mg#	36,50	36,29	36,34	34,30	34,30	33,57	37,37	33,59	43,78	34,69	34,90	36,32	35,03	36,19	35,21	

Tablo 17. Harzburjit içerisindeki (SK-3 – SK-2) kromitlerin mikroprob analiz sonuçları ve 32 Oksijen’ e göre hesaplanmış katyon değerleri (N: ortalama)

	SK3 BANT						SK2					
	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
MgO	11,75	11,77	11,54	10,98	11,55	12,15	12,74	12,84	12,49	12,91	12,60	12,37
CaO	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02
MnO	0,34	0,26	0,26	0,25	0,27	0,26	0,20	0,22	0,23	0,21	0,18	0,25
FeO	18,25	18,26	18,41	19,10	18,26	17,61	18,62	18,54	18,61	18,24	17,99	18,00
NiO	0,07	0,05	0,07	0,10	0,05	0,07	0,12	0,11	0,10	0,09	0,10	0,11
ZnO	0,04	0,05	0,04	0,12	0,02	0,09	0,07	0,06	0,07	0,06	0,06	0,10
Al₂O₃	10,83	11,00	11,51	11,03	11,66	11,19	17,80	17,20	17,04	17,26	17,65	17,66
V₂O₃	0,10	0,12	0,11	0,10	0,12	0,11	0,14	0,15	0,16	0,13	0,14	0,14
Cr₂O₃	58,11	58,52	57,77	58,02	58,11	58,04	50,52	50,70	50,81	49,98	49,55	49,91
SiO₂	0,02	0,01	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,01	0,01	0,07	0,01	0,07
TiO₂	0,19	0,20	0,20	0,19	0,19	0,20	0,25	0,23	0,21	0,23	0,23	0,22
PdO₂	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PtO₂	-0,01	0,01	0,01	-0,02	0,03	0,00	-0,02	0,02	-0,03	-0,02	-0,02	-0,07
TOPLAM	99,68	100,27	99,93	99,88	100,27	99,75	100,43	100,09	99,71	99,18	98,49	98,79
	N:6	N:6	N:6	N:6	N:6	N:6	N:6	N:6	N:6	N:6	N:6	N:6
Mg	2,87	2,85	2,79	2,67	2,78	2,96	2,77	2,95	2,88	2,99	2,92	2,85
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mn	0,13	0,10	0,10	0,09	0,10	0,10	0,09	0,08	0,08	0,07	0,07	0,09
Fe	4,92	4,89	4,92	5,13	4,86	4,73	4,43	4,70	4,74	4,66	4,61	4,59
Ni	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Zn	0,01	0,01	0,01	0,02	0,00	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
Al	4,39	4,43	4,62	4,45	4,66	4,52	4,23	6,56	6,52	6,63	6,79	6,77
V	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05	0,04	0,04	0,04
Cr	11,57	11,57	11,40	11,51	11,41	11,51	10,78	9,50	9,55	9,43	9,37	9,40
Si	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,02
Ti	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Pd	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pt	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr#	72,50	72,33	71,16	72,10	71,01	71,82	71,82	59,16	59,44	58,73	57,98	58,13
Mg#	36,81	36,85	36,20	34,23	36,40	38,43	38,43	38,52	37,80	39,04	38,79	38,34



Şekil 3.36. Kop ultramafik masifindeki peridotit ve kromititlere ait kromitlerin Cr#-Mg# diyagramındaki dağılımları

4. TARTIŞMA

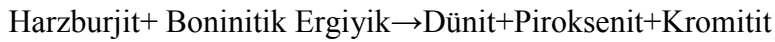
İnceleme alanını da kapsayan geniş bir bölgede yapılan daha önceki çalışmalara göre Kop ultramafik masifinin normal bir okyanus kabuğu istifinde yer alan 2-3 km kalınlığında izotropik gabro ve bantlı gabrolar ile yastık debili bazalt ve derin deniz sedimanları bakımından eksikli bir istif olduğu, Geç Kretase öncesinde yiten bir okyanus plakasının ark gerisi ortamında başarısız bir riftleşme ürünü olarak geliştikleri belirtilmiştir (Kolaylı, 1996). Bu çalışmada peridotit, piroksenit ve kromitit toplam kayaç, iz ve NTE analizleri ile mikroprob analizlerin sonuçlarına göre yönü belli olmasa da bir yitimin varlığı teyit edilmektedir.

Dünitlerin harzburjitlere oranla yoğun bir şekilde ayrışmalarından ve dünit içi olivinlerden sınırlı sayıda analiz yapılmasından dolayı dünitlere ait değerlendirmeler kısıtlı kalmıştır. Harzburjit ve dünit içinde yer alan aksesuar kromit kristallerinin Cr# değerleri ile olivin kristallerinin fo (forsterit) içeriği dikkate alındığında, harzburjitlerin olivin-spinel-manto dizisi içinde çizgisele yakın bir biçimde yer almalarına karşın, dünitlerin dağınık bir dağılım gösterdikleri ve manto dizisi içinde kalmadıkları gözlenir. Bu durum, dünitlerin harzburjitler ile aynı jeotektonik ortamda gelişmediğini gösterir (Şekil 3.36). Bu durum bunların yay gerisi bir ortamda başarısız riftleşme ürünü oldukları tezine (Kolaylı, 1996) ters düşmez. Zira, yay gerisi bir ortamdaki riftleşme, okyanus ortası riftleşmenin ilk aşamasına karşılık gelir.

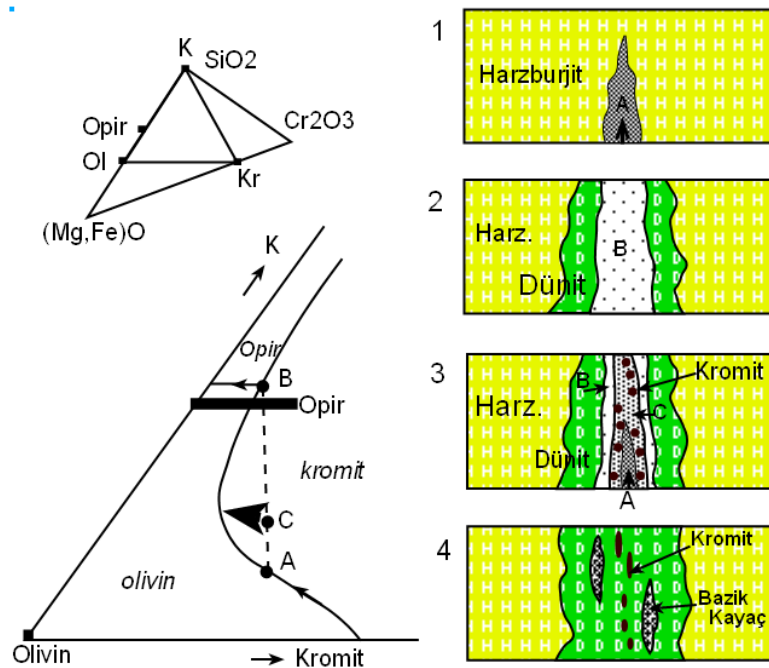
Kromitlere ait Cr#-TiO₂ diyagramında harzburjit içinde yer alan ve yataklanma oluşturan kromitlere ait kromit kristalleri ile yine harzburjit içinde yer alan aksesuar kromitlerin tüketilmiş peridotit alanında dağılım göstermeleri, dünit içi kromitlere ait kromit ile piroksenitler içerisinde yer alan aksesuar kromit kristallerinin boninitik kayalara ait alana düşmeleri, peridotitlerdeki kromit/kromitit oluşumunun iki farklı ortam ve zamanda geliştiğini gösterir. Birincisi peridotitlerin ilk yerleşimi sırasında manto malzemesinin kristalizasyonu esnasında gelişen kromit/kromititler, bir diğeri de zaman ve jeotektonik açıdan daha farklı bir ortamda gelişen kromit/kromititler olmak üzere iki grupta toplanabilir. Dünit içinde yer alan kromitlere ait bazı kromit kristallerinin boninitik alan dışında gruplanmaları dünitin türemiş olduğu harzburjit içindeki ilksel aksesuar kromitler ve kromit kristallerinin çevresinde gelişen manyetitleşme ile ilişkilendirilmiştir.

Harzburjit ve harzburjit içerisindeki vebsterit damarlarından alınan örneklerin kondrite göre normalleştirilmiş örümcek diyagramları Şekil 3.29' da verilmiştir. Buna göre harzburjitlerin kondrite göre normalleştirilmiş değerleri 0.1-1 kat, piroksenitlerin 0.9- 3 kat ve boninitlerin ise 1-40 kat zenginleştikleri görülmektedir. Dünit içi klinopiroksenit dayklar ile harzburjit içi vebsterit (piroksenit) damarlarına ait normalleştirilmiş NTE dağılımları biraz daha konkav bir durumdayken, boninitik kayaçların net bir konkav dağılım sergiledikleri açıktır. Bu durumda klinopiroksenit daykları ile vebsteritlerin ara malzeme oldukları, harzburjit ve boninitlerin uç üye oldukları anlaşılmaktadır.

Kop bölgesinde yer alan dünit, piroksenit ve bazı tip kromitlerin oluşumu Geç Kretase öncesi yitim ile ilişkilendirilmiştir. Yitim zonlarında gelişen yüksek magnezyumlu ortaç karakterli boninitik bir magma, harzburjitik kayaçlar ile reaksiyon girmesi sonucu piroksen minerallerinin kısmen veya tamamen ergimesi ile piroksenden arındırılmış kayaçlar olan dünitler oluşmuştur. Bu durum şu şekilde ifade edilebilir.



Dünit oluşumunda yüksek oranda Mg ve daha az oranda Si tüketilmiştir. Dünit oluşumundan açığa çıkan Si fazlası, dünit içi klinopiroksenit daykları ile harzburjit içi vebsterit damarlarının oluşumunu sağlar. Harzburjit içi piroksen kristal yapısında bulunan Cr' de uygun alanlarda yığışım göstererek kromitit yataklarının ortaya çıkmasına neden olur. Bu durum Şekil 4.1' de sergilenmiştir (Irvine 1975, 1977).



Şekil.4. 1. Harzburjitik kayaçlarda boninitik magma etkisiyle dünit, piroksenit ve kromitit gelişimi (Irvine 1975, 1977)

Harzburjitler başlıca olivin ve daha az oranda ortopiroksenden oluşurlar. Soba vazifesi de gören boninitik bir magma uygun koşullarda olivine kıyasla daha düşük sıcaklıkta oluşan ortopiroksenleri ergitirler. Oluşan ergiyikten açığa çıkan yüksek Mg' nin bir bölümü tekrar olivin oluşumuna neden olurken, bir bölüm Mg de Si ve Ca fazlalığı karşısında klinopiroksen (diyopsit) oluşumuna neden olmaktadır. Artık harzburjit içerisinde olivin oranı artmış ve dünitik seviyeler oluşmuşken ortaya çıkan diyopsitik bileşikler yoğunlaşarak klinopiroksenit dayklarını oluştururlar. Ortopiroksenin (hipersten) bozulmasından açığa çıkan Cr, Si fazlalığı nedeniyle silikat fazda kalmayıp elementer fazı tercih ederek olivin ile birlikte yığılacaktır. Böylelikle kromit-dünit-klinopiroksenit beraberliği ortaya çıkacaktır.

Kop bölgesinde yer alan dünitik kayalar, bunları kesen piroksenit daykları ile büyük ölçekli Kromitit yataklarının oluşumu bu modele tamamen uymaktadır. Dünit zonunun genişliği, kromitit kütlelerinin büyüklüğü ile orantılı olarak ortaya çıkar. Harzburjit içerisinde büyük ölçekli (yüz bin ton üzeri) kromitit yatağı ile büyük piroksenit dayklarının bulunmaması bu modeli doğrulamaktadır.

Kop ultramafik masifinde dünit ve büyük ölçekli kromitit yataklarının gelişimleri boninitik magma ve dolayısıyla da yitim ile ilişkilendirilmiştir. Kromitit yataklanmaları ile piroksenit daykları arasında mekansal anlamda olduğu gibi jenetik açıdan da önemli bir ilişki mevcuttur. Piroksenit dayklarının boyutları kromititit yataklarının rezervi ile doğru orantılıdır.

5. SONUÇLAR

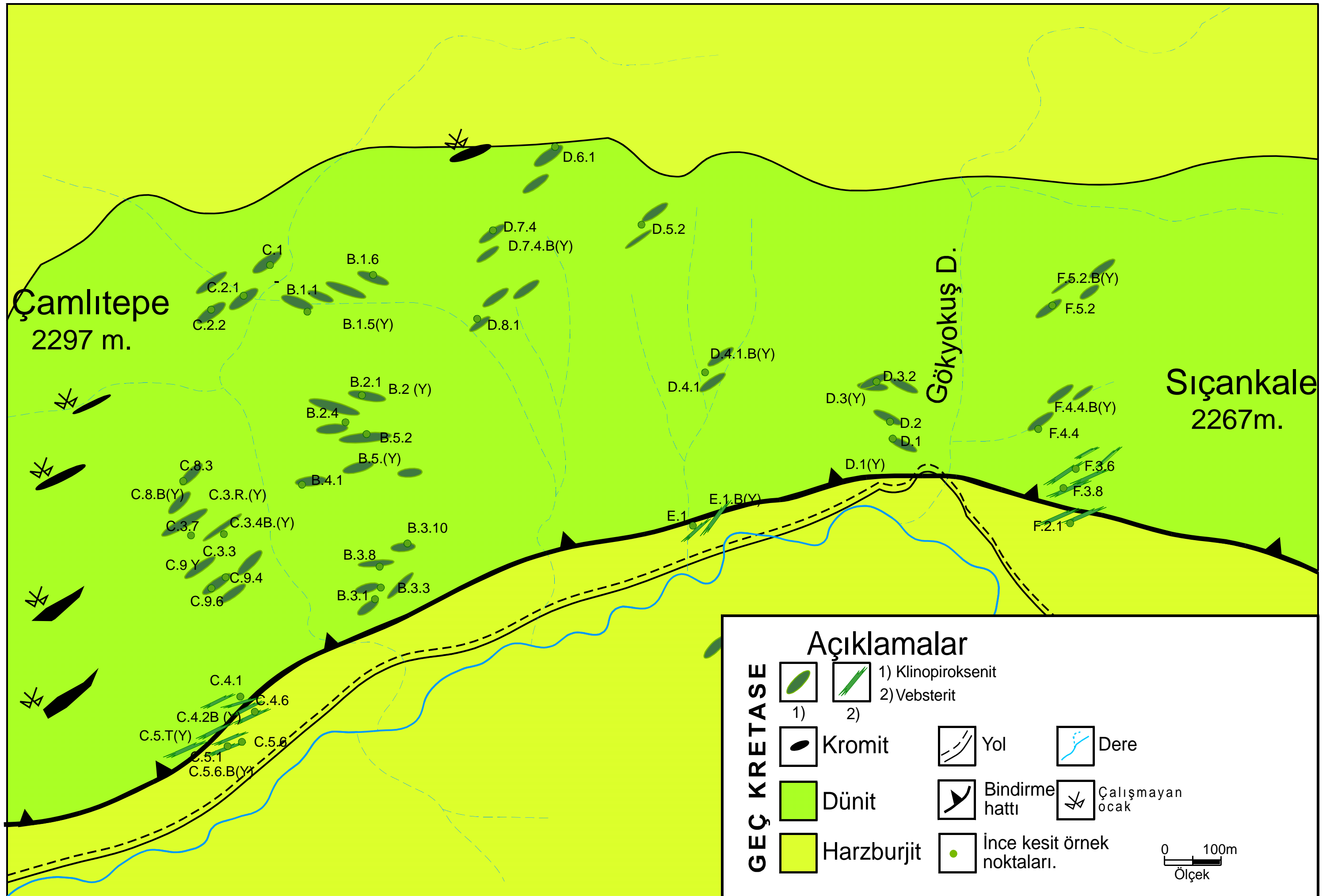
1. Kromite ev sahipliği yapan ana kayalar Dünit ve Harzburjitlerdir.
2. Dünit içi kromitler büyük rezervli (> 100.000 Ton) ve orta-düşük tenörlüdür.
3. Harzburjit içi kromitler küçük rezervli (1-1000 Ton) ve orta-yüksek tenörlüdür (% 30-54 Cr₂O₃).
4. Harzburjit içi kromitler dünitik bir kılıf içinde yer alırlar ve dünitik kılıfın kalınlığı cevher kütesinin boyutu ile uyumludur.
5. Klinopiroksenitler genellikle dünit içinde yer alıp cevhere klavuzluk ederler ve cevherin yakınında bulunurlar.
6. Vebsteritler sadece harzburjit içinde bulunurlar ve damar/ damarcık şekillidirler.
7. Dünit içi kromitler dünit-harzburjit sınırından 200-400 m uzaklıkta yer alırlar.
8. Harzburjit içi kromitler vebsterit damarlarının yakınında (altında) yer alırlar.
9. Kromitit yataklarının oluşumunda boninitik magmanın etkilerini görmek mümkündür, piroksenitlerin kondrite oranlanmış NTE değerleri harzburjit ile boninit arasındadır.
10. Piroksenitlerin Si, K, Na, Ti, Sr, Rb ve NTE değerleri peridotitlerden yüksektir.
11. Kromititler Alpin tip karakterlidir.
12. Harzburjitler tüketilmiş peridotit karakterli iken, dünit ve piroksenitler boninitik magma ile ilişkilidirler.

6. KAYNAKLAR

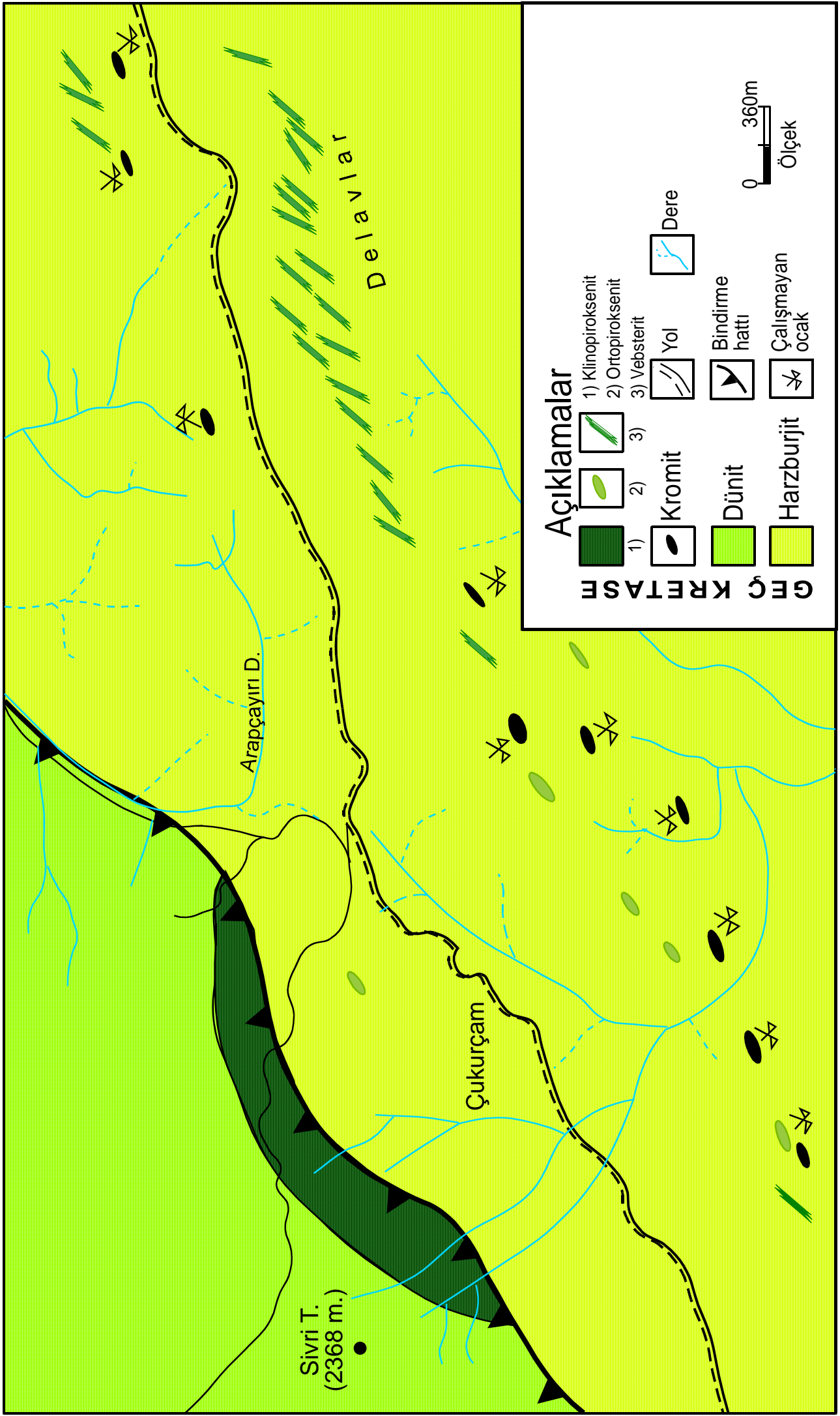
- Anders E. ve Grevesse N., 1989. Abundances of The Elements: Meteoric ve Solar. *Geochim Cosmochim Acta*, 53, 197–214
- Arai, S., 1987. An Estimation of The Least Depleted Spinel Peridotite on The Basis of Olivine-Spinel Mantle Array. *N. Jb. Miner. Mh.*, 347-354.
- Arai, S., 1994. Composition of Variation of Olivine-Chromian Spinel in Mg-Rich Magmas as a Guide to Their Residual Spinel Peridotites. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 59, 279-294.
- Coleman, R.G., 1977. *Ophiolites Ancient Oceanic Lithosphere*, Springer-Verlag, New York, 229.
- Gattinger, T.E., 1962. Explanatory Text of The Geological Map of Turkey Trabzon, 1:500000, MTA Yayını, Ankara.
- Herbert, R., 1982. Petrography ve Mineralogy of Oceanicperidotites ve Gabbros: Some Comparisons With Ophiolite Examples. *Ofioliti*, 7, 299– 324.
- Irvine, T.N., 1975. Crystallization Sequences in The Muskox Intrusion Andother Layered Intrusions: II. Origin of Chromitite Layers ve Similar Deposits of Other Magmatic Ores. *Geochim. Cosmochim Acta*, 39, 991–1021.
- Irvine, T.N., 1977. Origin of Chromite Layers in The Muskox İntrusion ve Other İntrusions: A New İnterpretation. *Geology*, 5, 273–277.
- Jan, M.Q. ve Windley, B.F., 1990. Chromian spinel–silicate chemistry in ultramafic rocks of the Jijal complex, northwest Pakistan. *J. Petrol*, 31, 667–715.
- Kaaden, G., 1962. Ziraat Bankası Kromit Şirketi Adına Kopdağ Batısındaki Kromit Ruhsatlarının Değerlendirilmesi, MTA Yayını, Ankara.
- Kepezhinskas, P.K., Taylor, R.N. ve Tanaka, H., 1993. Geochemistry of Plutonic Spinels From The North Kamchatka Arc: Comparisons With Spinels From Other Tectonic Settings. *Mineralogical Magazine*, 57, 575–589.
- Ketin, İ., 1951. Über Die Geologie Der Gegand Von Bayburt in Nordost Anatolien. *Rev. Fac. Sc. Üniv.* Bd. 16, 113-127.

- Kipman, E., 1989. Batı Kopdağı ve Güneyinin Temel Jeolojisi Özellikleri ve Yapısal Evrimi, İTÜ. Müh. Fak. İstanbul.
- Kolaylı, H., 1996. Kop Dağları (Erzincan-Erzurum-Bayburt) Ultramafik ve Mafik Kayaçlarının Jeolojik, Petrolojik ve Metalojenik İncelemesi, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Korkmaz, S. ve Baki, Z., 1984. Demirözü (Bayburt) Güneyinin Stratigrafisi, TJK Bül, 5, 107-115.
- Leblanc, M. ve Timagoult, A., 1989. Chromite Pods in A Lherzolite Massif (Collo, Algeria): Evidence of Oceanic-Type Mantle Rocks Along the West Mediterranean Alpine Belt. Lithos, 23, 153-162.
- McDonough W. F. ve Sun S., 1995. " The Composition of The Earth" Chemical Geology, 120, 223–253.
- MTA, 1966. Chromite Deposits of Turkey, MTA Yayını, Ankara.
- MTA - Japon Ekibi, 1981. Report on Geological Survey of Tunceli ve Kopdağ Areas, Eastern Turkey (Phase III), MTA Yayını.
- Paktunç, A. D., 1970. Origin of Podiform Chromite Deposits By Multistage Melting, Melt Regregation ve Magma Mixing in The Upper Mantle, Ore Geol. Rev., 5, 211-222.
- Poldevaart, A. Ve Hess, H. H., 1951. Pyroxenes in The Crystallization of Basaltic Magmas, Journal of Geology, 59, 472-489.
- Stevens, R.E., 1944. Composition of Some Chromites of The Western Hemisphere: Am. Miner., 29, 1-34.
- Streckeisen, A., 1976. To Each Plutonic Rocks ITS Proper Name, Earth Sci. Rev., 12,1-33.
- Tarhan, N., 1992. Bingöl- Karlıova Yedisu Dolayının Jeolojisi. MTA Yayını, Ankara.
- Thayer, T. P., 1969. Gravity Differentiation ve Magmatic Re-Emplacement of Podiform Chromite Deposits. Economic Geology Mono-Graphs, 4, 132–146.
- Üşümezsoy, Ş., 1986. Kefdağ ve Soridağ (Guleman) Kromit Kütellerinin Oluşumu Üzerine Yeni Bir Yaklaşım, J.M.O. Derg., 29, 47-60.
- Zhou, M.-F. ve Kerrich, R.W., 1992. Morphology ve Composition of Chromite in Komatiites From The Belingwe Greenstone Belt, Zimbabwe. Can. Mineral. 30, 303– 317.

- Zhou, M.-F., Lightfoot, P.C., Keays, R.R., Moore, M.L. ve Morrison, G.G., 1997. Petrogenetic Significance of Chromian Spinels From The Sudbury Igneous Complex, Ontario, Canada. *Can. J. Earth Sci*, 34, 1405–1419.
- Zhou, M., Robinson, P. T., Malpas, J. ve Li, Z., 1996. Podiform Chromitites in The Luobusa Ophiolite (Southern Tibet), *Journal of Petrology*, 37, 3-21.



Ek 2. DELAVLAR DAĞLARI VE CİVARININ (KOPDAĞI) JEOLJİK HARİTASI



ÖZGEÇMİŞ

Özgür BİLİCİ 1983 yılında Trabzon' da doğdu. İlk ve ortaöğrenimini Trabzon'da, Lise eğitimini ise Giresun'da tamamlayarak 2001 yılında Giresun Anadolu Öğretmen Lisesi'nden mezun oldu. 2002 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde lisans eğitimine başladı. 2008 yılında Jeoloji Bölümü'nden mezun oldu ve aynı yıl yüksek lisans eğitimine başladı. Özgür BİLİCİ iyi derecede İngilizce bilmektedir.